

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA)

Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Tomo I

Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras



Cantones de Bagaces, Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya de la provincia de Guanacaste

Estudio desarrollado por:
Instituto Costarricense de Electricidad

Expediente:
2017



1. Tabla de Contenido

1. Tabla de Contenido	I
Tabla de Cuadros	X
Tabla de figuras	XVIII
2. Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)	1
3. Introducción	1
4. Información general	2
4.1 Información sobre el equipo profesional que elaboró la EIA	4
4.2 Términos de referencia del EsIA realizado	10
5. Descripción del Proyecto	13
5.1 Ubicación geográfica	13
5.2 Ubicación político – administrativa	14
5.3 Justificación técnica del Proyecto y sus opciones.	14
5.3.1 Objetivos del proyecto.	15
5.3.2 Alcance del Proyecto.	16
5.3.3 Beneficiarios del Proyecto.	16
5.3.4 Descripción general de las obras constructivas de PAACUME.	17
5.4 Concordancia con el plan de uso de la tierra	20
5.5 Área estimada del Proyecto y área de influencia.	39
5.5.1 Descripción área de influencia social.	41
5.6 Fases de desarrollo	45
5.6.1 Tiempo de ejecución	45
5.6.2 Flujograma de actividades	45
5.6.3 Infraestructura a desarrollar	48
5.6.3.1 Construcción y ampliación caminos de acceso.	49
5.6.3.2 Obras Presa	52
5.6.3.3 Obras de desvío.	53
5.6.3.4 Construcción de rellenos de presa.	56
5.6.3.5 Construcción de obras civiles de presa.	58
5.6.3.6 Toma de aguas.	63
5.6.3.7 Casa Maquinas	65
5.6.3.8 Embalse	67
5.6.3.9 Obras de excedencias.	67
5.6.3.10 Centro de producción de concreto	71
5.6.3.11 Escombreras	72
5.6.3.12 Canal Oeste Tramo III	76
5.6.3.12 Red de Distribución	83
5.7 Fase de construcción	86
5.7.1 Equipo y materiales a utilizar	86
5.7.1.1 Materiales a utilizar	87
5.7.1.2 Rutas de movilización de equipo	88
5.7.1.3 Frecuencia de movilización	89
5.7.1.4 Mapeo de rutas más transitadas por efecto del proyecto	89
5.7.2 Necesidad de recursos	91
5.7.2.1 Energía eléctrica	92
5.7.2.2 Alcantarillado (aguas residuales)	92
5.7.2.3 Mano de obra	94
5.7.2.4 Campamentos	95
5.7.3 Disposición de desechos residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos	98
5.7.3.1 Sólidos	98
5.7.3.1.1 Área de almacenamiento temporal y áreas de transferencia.	102
5.7.3.1.2 Residuos de tierra y escombros (material geológico)	104
5.7.3.2 Líquidos	106

Elaborado por	Desarrollador
5.7.3.2.1 Aguas residuales tipo ordinario _____	107
5.7.3.2.2 Aguas residuales tipo especial _____	108
5.7.3.3 Gaseosos _____	108
5.7.3.4 Reciclable _____	108
5.7.4 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase ____	109
5.7.4.1 Condiciones de almacenamiento de sustancias peligrosas _____	113
5.7.4.2 Condiciones de almacenamiento de sustancias peligrosas _____	114
5.8 Fase de operación _____	114
5.8.1 Equipo y materiales a utilizar _____	114
5.8.1.1 Materiales a utilizar _____	114
5.8.1.2 Equipos a utilizar _____	115
5.8.1.3 Rutas de movilización de equipo _____	115
5.8.1.4 Frecuencia de movilización _____	115
5.8.1.5 Mapeo de rutas más transitadas por efecto del Proyecto _____	116
5.8.2 Necesidades de recursos en esta fase _____	116
5.8.2.1 Energía eléctrica _____	116
5.8.2.2 Alcantarillado (aguas residuales) _____	116
5.8.2.3 Mano de obra _____	117
5.8.3 Disposición de desechos residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos _____	117
5.8.3.1 Sólidos _____	117
5.8.3.2 Líquidos _____	119
5.8.3.3 Gaseosos _____	119
5.8.3.4 Reciclables _____	119
5.8.4 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase ____	120
6. Descripción de la normativa legal _____	121
6.1 Marco jurídico _____	121
7. Descripción del ambiente físico _____	142
7.1 Geología _____	142
7.1.1 Aspectos geológicos regionales _____	142
7.1.2 Aspectos geológicos locales _____	150
7.1.2.1 Unidades Geológicas Locales presentes en el área de embalse _____	151
7.1.2.2 Unidades Geológicas locales presentes en el canal de conducción y zona de distribución y riego _____	161
7.1.3 Análisis estructural y evaluación _____	164
7.1.3.1 Estructuras presentes en el área de embalse _____	165
7.1.3.2 Estructuras presentes en el canal de conducción y zona de distribución y riego _____	168
7.1.4 Mapa geológico del AP y AID _____	168
7.1.5 Caracterización geotécnica _____	168
7.1.5.1 Unidades geotécnicas presentes en sitio _____	169
7.1.5.2 Ensayos de campo _____	169
7.1.5.3 Ensayos de laboratorio _____	170
7.1.5.4 Caracterización de la roca intacta _____	171
7.1.5.5 Caracterización del macizo rocoso _____	172
7.1.5.6 Caracterización geofísica _____	174
7.1.5.7 Caracterización de los materiales inconsolidados _____	175
7.1.5.8 Estimación de la capacidad de soporte _____	179
7.1.6 Estabilidad de taludes _____	180
7.2 Geomorfología _____	184
7.2.1 Introducción _____	184
7.2.2 Descripción geomorfológica regional _____	184
7.2.3 Descripción geomorfológica local _____	185
7.2.3.1 Modelado Volcánico _____	185
7.2.3.2 Modelado Sedimentario _____	187
7.2.3.2.2 Llanura del Tempisque _____	188
7.2.3.3 Procesos y Formas _____	191

Elaborado por	Desarrollador
7.2.4 Denudación _____	191
7.2.5 Conos de Deyección _____	192
7.2.6 Terrazas Fluviales _____	193
7.2.7 Transgresión Flandense _____	194
7.2.8 Procesos morfodinámicos externos _____	195
7.2.9 Mapa geomorfológico _____	195
7.3 Suelos _____	197
7.3.1 Clases de capacidad de uso de la tierra _____	197
7.3.2 Breve descripción de los principales suelos presentes. _____	197
7.3.3 Descripción de los principales suelos _____	198
7.4 Clima _____	199
7.4.1 Climatología de la zona del embalse _____	199
7.4.1.1 Información disponible en la zona del embalse _____	200
7.4.1.2 Precipitación en la zona del embalse _____	202
7.4.1.3 Temperatura en la zona del embalse _____	204
7.4.1.4 Humedad relativa en la zona del embalse _____	206
7.4.1.5 Viento en la zona del embalse _____	207
7.4.1.6 Radiación Solar en la zona del embalse _____	211
7.4.1.7 Evapotranspiración en la zona del embalse _____	212
7.4.1.8 Evapotranspiración del cultivo de referencia _____	212
7.4.1.9 Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar _____	213
7.4.1.10 Horas Sol en la zona del embalse _____	213
7.4.2 Climatología de la zona del canal de conducción _____	214
7.4.2.1 Información disponible en la zona del canal de conducción _____	215
7.4.2.2 Precipitación en la zona del canal de conducción _____	217
7.4.2.3 Temperatura en la zona del canal de conducción _____	220
7.4.2.4 Humedad relativa en la zona del canal de conducción _____	223
7.4.2.5 Viento en la zona del canal de conducción _____	224
7.4.2.6 Radiación Solar en la zona del canal de conducción _____	227
7.4.3 Climatología de la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque _____	228
7.4.3.1 Información disponible en la zona de riego _____	229
7.4.3.2 Precipitación en la zona de riego _____	230
7.4.3.3 Temperatura en la zona de riego _____	233
7.4.3.4 Humedad relativa en la zona de riego _____	235
7.4.3.5 Viento en la zona de riego _____	236
7.4.3.6 Radiación Solar en la zona de riego _____	239
7.5 Hidrología _____	240
7.5.1 Aguas superficiales _____	240
7.5.1.1 Aguas superficiales en la zona del embalse _____	240
7.5.1.2 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona del embalse. _____	244
7.5.1.3 Cotas de inundación en la zona del embalse _____	257
7.5.1.4 Corrientes, mareas y oleaje _____	258
7.5.1.5 Recomendaciones generales para la zona del embalse _____	258
7.5.1.6 Aguas superficiales en la zona del canal de conducción oeste tramo II y III _____	259
7.5.1.7 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona del canal de conducción _____	287
7.5.1.8 Cotas de inundación en la zona del canal de conducción _____	309
7.5.1.9 Corrientes, mareas y oleajes en la zona del canal de conducción _____	310
7.5.1.10 Aguas superficiales en la zona de riego en margen derecha del río Tempisque _____	310
7.5.1.11 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona de riego _____	329
7.5.1.12 Cotas de inundación en la zona de riego _____	340
7.5.1.13 Corrientes, mareas y oleajes en la zona del canal de conducción _____	341
7.5.1.14 Calidad de aguas superficiales _____	341
7.5.2 Aguas subterráneas _____	348
7.5.2.1 Vulnerabilidad _____	354
7.5.2.1.1 Zona de embalse _____	354

Elaborado por		Desarrollador
7.5.2.2	Mapa de elementos hidrogeológicos _____	357
7.6	Calidad del aire _____	359
7.6.1	Ruido y vibraciones _____	361
7.6.2	Olores _____	361
7.6.3	Gases _____	362
7.7	Amenazas naturales _____	362
7.7.1	Amenaza sísmica _____	362
7.7.2	Fallas geológicas activas _____	363
7.7.3	Amenaza volcánica _____	366
7.7.4	Movimientos en masa _____	368
7.7.5	Erosión _____	368
7.7.6	Inundaciones _____	369
7.7.7	Licuefacción, Subsistencia y Hundimiento. _____	370
7.7.8	Mapa de susceptibilidad _____	373
8.	Descripción del Ambiente Biológico _____	374
8.1	Introducción _____	374
8.1.1	Ambiente terrestre _____	374
8.1.1.1	Estatutos de protección del AP _____	379
8.1.1.1.1	Sector Embalse _____	379
8.1.1.1.2	Sector Canal del Oeste _____	379
8.1.1.1.3	Sector Distribución _____	379
8.1.1.2	Zonas de vida _____	379
8.1.1.3	Asociaciones naturales presente _____	382
8.1.1.3.1	Sector del embalse _____	382
8.1.1.3.2	Sector del canal oeste _____	382
8.1.1.3.3	Sector de distribución en la margen derecha del río Tempisque _____	383
a.	Subsector norte _____	383
b.	Subsector este _____	383
c.	Subsector oeste _____	384
8.1.1.4	Cobertura vegetal actual por asociación natural _____	384
8.1.1.4.1	Bosque maduro ripario _____	384
8.1.1.4.2	Charral o matorral _____	397
8.1.1.4.3	Potreo o pastizal con árboles aislados _____	398
8.1.1.5	Especies indicadoras por ecosistema natural _____	399
8.1.1.5.1	Flora _____	399
8.1.1.5.1.1	Bosque maduro ripario _____	399
8.1.1.5.1.2	Bosque secundario _____	399
8.1.1.5.2	Fauna _____	400
8.1.1.5.2.1	Metodología para la realización del Diagnóstico de Fauna _____	400
8.1.1.5.2.2	Avifauna de la zona 1, Embalse _____	402
8.1.1.5.2.3	Mastofauna de la zona 1, Embalse _____	410
8.1.1.5.2.4	Herpetofauna zona 1, Embalse _____	413
b.	Reptiles _____	413
c.	Anfibios _____	415
8.1.1.5.2.5	Zona 2 y 3 _____	417
a.	Avifauna _____	417
b.	Mastofauna _____	422
c.	Herpetofauna _____	424
8.1.1.6	Especies endémicas con poblaciones reducidas o en vías de extinción _____	426
8.1.1.6.1	Avifauna zona 1, Embalse. _____	426
8.1.1.6.2	Avifauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución _____	428
8.1.1.6.3	Mastofauna zona 1, Embalse. _____	430
8.1.1.6.4	Mastofauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución _____	430
8.1.1.6.5	Herpetofauna zona 1, Embalse. _____	431
a.	Reptiles _____	431

Elaborado por	Desarrollador
b. Anfibios	431
8.1.1.6.6 Herpetofauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución de riego.	432
8.1.1.7 Fragilidad de ecosistemas	433
8.1.1.8 Caracterización del área a inundar en la Reserva Biológica Lomas de Barbudal y del sitio de eventual compensación.	434
8.1.2 Ambiente marítimo	437
8.1.3 Ambiente acuático (aguas continentales)	438
8.1.3.1 Fauna acuática	441
a. Listados de especies	441
b. Crustáceos	443
8.1.3.1.1 Ictiofauna de la zona 1, Embalse.	445
8.1.3.1.2 Ictiofauna de las zonas 2 y 3, Canal Oeste y Canales de distribución	447
8.1.3.2 Caracterización del ecosistema ripaio	449
a. Sector Embalse	449
b. Sector Canal Oeste	449
c. Subsector norte	450
d. Subsector este	450
e. Subsector oeste	450
8.1.3.3 Especies indicadoras	450
8.1.3.4 Especies endémicas con poblaciones reducidas o en vías de extinción	451
8.1.3.5 Fragilidad del ambiente acuático continental	451
9. Descripción del ambiente socioeconómico	452
Introducción	452
a. Metodología	453
b. Descripción área de influencia social	455
Área de proyecto (AP)	455
Área de influencia social directa (AID)	456
Área de influencia social indirecta (AII)	456
9.1 Área de estudio I: Embalse y Canal Oeste.	459
9.1.1 Tenencia y uso de la tierra en sitios aledaños	459
9.1.2 Uso actual de la tierra	459
9.1.2.1 Entorno regional, cantón de Liberia y Bagaces.	460
9.1.2.2 Usos de la tierra área de influencia del proyecto.	462
9.1.2.2.1 Bagaces	462
9.1.2.2.2 Liberia	465
a. El Pelón de la Bajura.	467
b. Central Azucarera Tempisque S.A, CATSA.	467
c. Agrorice de Milano S.A	468
9.1.2.3 Cuenca del Río Bebedero	470
9.1.2.4 Áreas protegidas	472
9.1.2.4.1 Área de Conservación Arenal Tempisque, ACA-T.	472
9.1.2.4.2 Parque Nacional Palo Verde	473
9.1.2.4.3 Reserva biológica Lomas Barbudal	475
9.1.3 Tenencia de la tierra del área de proyecto y sus alrededores	477
9.1.3.1 Tenencia de la tierra área de Embalse del proyecto	478
9.2 Caracterización de la población	479
9.2.1 Índice de Desarrollo Social (IDS) de los distritos del área en estudio.	480
9.2.2 Condiciones demográficas	481
9.2.2.1 Datos de población	481
9.2.2.2 Dinámica migratoria	483
9.2.2.3 Condiciones de vivienda	483
9.2.2.4 Condiciones económicas	484
9.2.3 Identificación de grupos de interés	486
9.2.3.1 Organizaciones a nivel comunal del área de influencia social.	487
9.3 Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular	488

Elaborado por		Desarrollador	
9.3.1	Análisis de vialidad _____		489
9.4	Servicios de emergencia disponibles _____		494
9.5	Servicios básicos _____		494
9.5.1	Servicios médicos _____		494
9.5.2	Abastecimiento de agua potable _____		495
9.5.3	Disposición de excretas _____		497
9.5.4	Disposición de desechos _____		497
9.5.5	Cobertura eléctrica _____		499
9.5.6	Cobertura telefónica _____		500
9.6	Percepción local sobre el Proyecto y sus posibles impactos _____		502
9.6.1	Investigación social enfoque cualitativo y cuantitativo _____		502
9.6.2	Resultados Instrumento de percepción local. _____		504
9.6.2.1	Información general de la comunidad _____		505
9.6.2.2	Condiciones socioeconómicas y sentido de pertenencia comunal. _____		508
9.6.2.3	Nivel de Información del Proyecto _____		514
9.6.2.4	Potenciales Impactos del Proyecto _____		516
9.6.3	Percepción local de los Propietarios, Área de Embalse. _____		536
9.6.3.1	Información general de los propietarios. _____		537
9.6.3.2	Nivel de información del Proyecto PAACUME _____		541
9.6.3.3	Percepción de los posibles impactos positivos y negativos. _____		544
9.6.4	Percepción local Actores Socioeconómicos. _____		551
9.7	Caracterización de las comunidades del área de influencia social. _____		552
9.7.1	Cabecera distrital de Bagaces _____		552
9.7.2	Falconiana _____		554
9.7.3	Llanos de cortes _____		554
9.7.4	Valle Dorado _____		556
9.7.5	Bagatzi _____		557
9.7.6	San Ramón _____		558
9.7.7	Playitas _____		560
9.7.8	Actores Socioeconómicos del Área de Influencia Social. _____		561
9.7.8.1	Pelón de la Bajura S.A. _____		561
9.7.8.2	Central Azucarera Tempisque S.A, Catsa. _____		562
9.7.8.3	Agrorice de Milano S.A _____		563
9.8	Área de Estudio Dos: Red de Distribución. _____		563
9.8.1	Tenencia y uso de la tierra en sitios aledaños _____		563
9.8.1.1	Uso actual de la tierra _____		564
9.8.1.2	Usos de la tierra área de influencia del proyecto _____		567
9.8.1.2.1	Cantón de Carrillo _____		569
9.8.1.2.2	Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte S.A _____		569
9.8.1.2.3	Azucarera el Viejo S.A _____		570
9.8.1.2.4	Exporkpack _____		570
9.8.1.3	Santa Cruz _____		571
9.8.1.4	Nicoya _____		573
9.8.2	Cuenca Río Tempisque _____		575
9.8.3	Uso del suelo Áreas protegidas _____		577
9.8.3.1	Humedal Rio Cañas _____		577
9.8.3.2	Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí _____		578
9.8.4	Tenencia de la tierra del área de proyecto y sus alrededores _____		580
9.8.4.1	Tenencia de la tierra área de proyecto _____		581
9.9	Caracterización de la población _____		595
9.9.1	Condiciones demográficas _____		596
9.9.1.1	Datos de población _____		596
9.9.1.2	Dinámica migratoria _____		598
9.9.1.3	Condiciones de vivienda _____		599
9.9.1.4	Condiciones económicas _____		600

Elaborado por	Desarrollador	
9.9.2		Identificación de actores sociales _____ 604
9.9.2.1		Organizaciones a nivel comunal del área de influencia social. _____ 605
9.10		Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular _____ 607
9.10.1		Análisis de vialidad _____ 607
9.10.1.1		Carrillo _____ 608
9.10.1.2		Santa cruz _____ 609
9.10.1.3		Nicoya _____ 610
9.11		Servicios de emergencia disponibles _____ 611
9.12		Servicios básicos _____ 612
9.12.1		Servicios médicos _____ 612
9.12.2		Abastecimiento de agua potable _____ 614
9.12.3		Disposición de excretas _____ 616
9.12.4		Disposición de desechos _____ 617
9.12.5		Cobertura eléctrica _____ 619
9.12.6		Cobertura telefónica _____ 620
9.13		Percepción Local Área de Estudio II _____ 622
9.13.1		Investigación social enfoque cualitativo y cuantitativo _____ 623
9.13.2		Resultados Instrumento de Percepción local a representantes comunales. _____ 625
9.13.2.1		Información general de las comunidades _____ 626
9.13.2.2		Condiciones Socioeconómicas y sentido de pertenencia comunal _____ 629
9.13.2.3		Nivel de Información del Proyecto _____ 633
9.13.2.4		Potenciales Impactos del Proyecto _____ 638
9.13.3		Resultados Instrumento Percepción local a propietarios de la red de distribución. _____ 641
9.13.3.1		Características del entrevistado (a) _____ 642
9.13.3.2		Datos de la Finca _____ 644
9.13.3.3		Nivel de información del Proyecto _____ 657
9.13.4		Percepción local Actores Socioeconómicos _____ 665
9.14		Caracterización de las comunidades del área de influencia social. _____ 667
9.14.1		Cantón Carrillo _____ 667
9.14.1.1		Filadelfia _____ 667
9.14.1.2		Palmira _____ 668
9.14.1.3		Sardinal _____ 669
9.14.1.4		Belén _____ 670
9.14.2		Cantón Santa Cruz _____ 671
9.14.2.1		Santa Cruz _____ 672
9.14.2.2		Diriá _____ 673
9.14.2.3		Bolsón _____ 674
9.14.2.4		Veintisiete de Abril _____ 675
9.14.3		Cantón Nicoya _____ 676
9.14.3.1		San Antonio _____ 676
9.14.4		Actores Socioeconómicos del Área de Influencia Social, Red de Distribución. _____ 677
9.14.4.1		Exporkpack S.A _____ 677
9.14.4.2		Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte S.A _____ 678
9.14.4.3		Azucarera el Viejo S.A _____ 679
9.15		Proceso participativo interactivo _____ 679
9.16		Patrimonio arqueológico _____ 680
9.16.1		Antecedentes de investigación arqueológica en el área del proyecto _____ 680
9.16.2		Estrategia metodológica _____ 682
9.16.2.1		Etapa de gabinete _____ 682
9.16.2.2		Etapa de campo _____ 682
9.16.3		Resultados de la prospección arqueológica _____ 686
9.16.3.1		Embalse _____ 686
9.16.3.2		Sitios aledaños al embalse _____ 695
9.16.3.3		Presa y obras asociadas _____ 702
9.16.3.4		Escombreras _____ 707

Elaborado por	Desarrollador
9.16.3.5 Instalaciones provisionales _____	707
9.16.3.6 Canal Oeste Tramo III _____	707
9.16.3.7 Red de conducción y distribución _____	712
9.16.4 Consideraciones finales _____	721
9.17 Paisaje _____	723
9.17.1 Unidades de Paisaje _____	724
9.17.1.1 Unidades de Paisaje (UP) en el Sector 1 Río Piedras _____	726
9.17.1.1.1 Unidad 1 Cañón del Río Piedras (Predominio Abiótico sobre el biótico). ___	727
9.17.1.1.2 Unidad 2 Lomas (Predominio biótico sobre el abiótico) _____	728
9.17.1.1.3 Unidad 3 Las Mesetas (Predominio Biótico sobre antrópico con evidencias abióticas). _____	729
9.17.1.1.4 Unidad 4 Planicies Aluviales (Predominio antrópico sobre biótico) _____	730
9.17.1.2 Unidades de Paisaje Sector 2 Área de Riego Cuenca del Tempisque _____	732
9.17.1.3 UP Unidad Cerros aislados del Tempisque _____	736
9.17.1.4 UP Meseta de Liberia _____	737
9.17.1.5 UP planicies Fluviales del Tempisque _____	738
9.17.1.6 UP Riberinos del Tempisque _____	739
9.17.1.7 Urbano rurales _____	740
9.17.1.8 Valorización de la Calidad del Paisaje en el AE. _____	741
9.17.1.9 Calidad del Paisaje del Sector 1 Río Piedras _____	746
9.17.1.10 Calidad del Paisaje del Sector 2 Área de Riego Cuenca del río Tempisque. ___	750
9.17.1.11 Inventario de elementos escénicos importantes del Paisaje – Singularidades _	754
9.17.2 Percepción del Paisaje del área de estudio Sector 1 Embalse Río Piedras. _____	760
9.17.2.1 Taller de percepción del paisaje. _____	762
9.17.2.1.1 Resultados del taller de percepción del paisaje. _____	766
9.18 Áreas socialmente sensibles _____	777
10. Diagnóstico ambiental _____	782
10.1 Resumen del proyecto y de las opciones contempladas _____	782
10.2 Elementos del proyecto generadores de impactos ambientales _____	784
10.3 Factores del medio Ambiente susceptibles de ser impactados _____	785
10.4 Identificación y pronósticos de impactos ambientales _____	788
10.4.1 Enfoque Metodológico _____	788
10.5 Impactos ambientales que producirán el proyecto y sus opciones _____	794
10.6 Selección de la opción del proyecto. _____	821
10.7 Mapa de susceptibilidad ambiental integral vrs componentes del proyecto. _____	821
11. Evaluación de impactos y medidas correctivas _____	823
11.1 Medio físico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo físico) _____	823
11.2 Medio biótico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo biológico) _	824
11.3 Medio socioeconómico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo socioeconómico) _____	826
11.4 Impactos positivos de PAACUME. _____	828
11.5 Aplicación de criterio de valoración impactos críticos (SIA \geq 75 puntos) _____	829
11.6 Análisis de los efectos acumulativos _____	834
11.7 Análisis de los efectos sinérgicos de otros proyectos en construcción y operación _	840
11.8 Síntesis de la evaluación de impactos ambientales _____	842
12. Pronósticos-Plan de Gestión ambiental (PGA) _____	843
12.1 Organización del proyecto y ejecutor de las medidas _____	843
12.2 Cuadro del Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental _____	843
12.2.1 Actividades generales preliminares _____	844
Ley de Protección de las Cuencas Hidrográficas N° 68. _____	880
12.3 Descripción de medidas de control ambiental propuesta en el PGA-PAACUME. _____	915
12.4 Organización del Proyecto y Ejecutor de las medidas. _____	951
12.5 Monitoreo-Regencia _____	952
13. Análisis de riesgo y planes de contingencia _____	952
13.1 Fuentes de riesgo ambiental y evaluación. _____	952

Elaborado por	Desarrollador
13.2 Plan de contingencia _____	956
14. Análisis financiero y económico _____	960
14.1 Análisis financiero y económico _____	960
Tratamiento de las externalidades _____	962
14.2 Análisis financiero _____	963
14.2.1 Costo de la inversión _____	963
14.2.2 Costo de operación y mantenimiento _____	963
14.2.3 Ingresos del Proyecto _____	965
14.2.4 Flujo de caja _____	969
14.2.5 Cálculo del VAN y la TIR _____	974
14.2.6 Financiamiento _____	974
14.3 Análisis económico _____	975
14.3.1 Ajustes económicos por concepto de precios sociales (ajustes por transderencias, precio social de la mano de obra, precio social de la divisa) _____	975
14.3.1.1 Costos de inversión corregidos a precios sociales _____	975
14.3.1.2 Costos de operación y mantenimiento corregidos a precios sociales. _____	975
14.3.1.3 Beneficios económicos del Proyecto _____	977
14.3.1.4 Flujo de caja económico del Proyecto _____	978
14.3.1.5 Cálculo del VAN y la TIR social _____	984
14.4 Externalidades Sociales y Ambientales positivas _____	984
14.4.1 Beneficios económicos por recarga de acuíferos y aguas superficiales _____	985
14.5 Externalidades sociales y ambientales negativas _____	986
14.5.1 Valoración monetaria de impactos sobre el bosque maduro ripario y bosque secundario. _____	987
14.6 Ajuste económico por Externalidades Sociales y Ambientales y análisis costo beneficio final _____	988
14.7 Conclusiones y recomendaciones _____	988
15. Calidad Ambiental del AP y el Área de Influencia Biofísica y Social (directa e indirecta) _____	989
15.1 Pronóstico de la calidad ambiental del Área de Influencia Biofísica y Social (directa e indirecta). _____	989
15.2 Síntesis de Compromisos ambientales del Proyecto _____	991
15.3 Política Ambiental del Proyecto _____	994
16. Monto Global de la Inversión de la opción seleccionada _____	996
17. Referencias bibliográficas _____	997

Tabla de Cuadros

Cuadro n° 3. 1 Información Desarrollador del Proyecto.	1
Cuadro n° 5. 1 Ubicación político administrativo de las obras de PAACUME.	14
Cuadro n° 5. 2 Distribución de los productores beneficiarios por cantón, PAACUME.	17
Cuadro n° 5. 3 Áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras.	42
Cuadro n° 5. 4 Tiempos de ejecución obras PAACUME.	45
Cuadro n° 5. 5 Flujograma de actividades PAACUME.	47
Cuadro n° 5. 6 Características caminos PAACUME.	52
Cuadro n° 5. 7 Características Presa PAACUME.	53
Cuadro n° 5. 8 Características principales casa maquinas PAACUME.	65
Cuadro n° 5. 9 Características principales embalse PAACUME.	67
Cuadro n° 5. 10 Características Generales obras de excedencia PAACUME.	68
Cuadro n° 5. 11 Cantidades de excavación por margen en m3 en banco.	74
Cuadro n° 5. 12 Cantidades de excavación por margen en m3 sueltos.	74
Cuadro n° 5. 13 Capacidad escombreras PAACUME.	74
Cuadro n° 5. 14 Cantidad de equipos para construcción PAACUME.	87
Cuadro n° 5. 15 Materiales principales a utilizar en PAACUME.	87
Cuadro n° 5. 16 Rutas zona de distribución.	88
Cuadro n° 5. 17 Proyección de consumo de agua.	91
Cuadro n° 5. 18 Consumo eléctrico PAACUME.	92
Cuadro n° 5. 19 Flujo de mano obra construcción PAACUME.	94
Cuadro n° 5. 20 Cantidad de construcción para campamentos y oficinas PAACUME.	97
Cuadro n° 5. 21 Manejo de los residuos sólidos generados en las obras del proyecto.	99
Cuadro n° 5. 22 Cantidad de material excavado suelto por obra del proyecto.	104
Cuadro n° 5. 23 Capacidad de las escombreras del proyecto.	104
Cuadro n° 5. 24 Manejo de los residuos líquidos generados en las obras del proyecto.	106
Cuadro n° 5. 25 Manejo de los residuos reciclables generados en las obras del proyecto.	108
Cuadro n° 5. 26 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase.	109
Cuadro n° 5. 27 Frecuencia de movilización.	115
Cuadro n° 5. 28 Manejo de los residuos sólidos generados durante la operación del proyecto.	117
Cuadro n° 5. 29 Manejo de los residuos reciclables generados durante la operación del proyecto.	119
Cuadro n° 5. 30 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase.	120
Cuadro n° 7. 1 Fallas normales observadas en Tajo Cortés.	166
Cuadro n° 7. 2 Unidades geotécnicas presentes en el proyecto.	169
Cuadro n° 7. 3 Prospecciones realizadas en los sitios de obras.	170
Cuadro n° 7. 4 Tipos de ensayos de campo realizados en los sitios de obras.	170
Cuadro n° 7. 5 Propiedades determinadas para la roca intacta.	172
Cuadro n° 7. 6 Propiedades determinadas para el macizo rocoso.	173
Cuadro n° 7. 7 Parámetros geofísicos determinados para el macizo rocoso.	174
Cuadro n° 7. 8 Capacidad de soporte admisible por tipo de obra.	179
Cuadro n° 7. 9 Parámetros de las discontinuidades en el macizo de lavas fracturadas.	180
Cuadro n° 7. 10 Potenciales fallas según resultados del análisis de admisibilidad cinemática.	181
Cuadro n° 7. 11 Porcentaje de pendientes en el Área de Estudio PAACUME.	185
Cuadro n° 7. 12 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología de la cuenca del P.H. Río Piedras Blancas, coordenadas CRTM-05.	200
Cuadro n° 7. 13 Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 76026 Bagaces localizada al este de la cuenca del P.H. Río Piedras Blancas.	206
Cuadro n° 7. 14 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2015.	209
Cuadro n° 7. 15 Patrón de variación mensual de la evapotranspiración de referencia (mm) en la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.	213

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 7. 16 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología área de ubicación del canal de conducción para el sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras, coordenadas CRTM-05	215
Cuadro n° 7. 17 Estimación de la precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona con el canal de conducción	218
Cuadro n° 7. 18 Temperatura (°C) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción	221
Cuadro n° 7. 19 Humedad Relativa (%) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción.....	223
Cuadro n° 7. 20 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2016.....	225
Cuadro n° 7. 21 Radiación Global Horizontal (MJ/m2) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción.	227
Cuadro n° 7. 22 Estimación de la precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona con los canales de riego.	231
Cuadro n° 7. 23 Temperatura (°C) mensual de la estación meteorológica 74038 Subestación Santa Cruz.	233
Cuadro n° 7. 24 Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 74038 Subestación Santa Cruz.....	235
Cuadro n° 7. 25 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.....	237
Cuadro n° 7. 26 Patrón de variación mensual de la radiación solar global horizontal para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.....	239
Cuadro n° 7. 27 Resumen características morfológicas de los principales ríos de la red de drenaje de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa.....	243
Cuadro n° 7. 28 Caudal promedio mensual y anual estimado en sitio de presa embalse río Piedras.	245
Cuadro n° 7. 29 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el S.P. del embalse del río Piedra.	247
Cuadro n° 7. 30 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 20-03 Rancho Rey.	248
Cuadro n° 7. 31 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en el sitio de presa del proyecto embalse río Piedras.....	249
Cuadro n° 7. 32 Caudales aforados en el río Piedras	250
Cuadro n° 7. 33 Caudales máximos instantáneos para varios períodos de retorno estimados en S.P. del embalse río Piedras.....	256
Cuadro n° 7. 34 Estimación del área de drenaje de ríos principales hasta el sitio de cruce con el canal oeste tramo II y III.....	287
Cuadro n° 7. 35 Resumen de las principales propiedades morfológicas de las subcuencas estudiadas en la zona del canal oeste tramo II y III.	287
Cuadro n° 7. 36 Propiedades de las estaciones hidrológicas de referencia en la zona del canal oeste tramo II y III.....	288
Cuadro n° 7. 37 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Barbudal, Cabuyo, Pijije y El Salto.	288
Cuadro n° 7. 38 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Barbudal.	288
Cuadro n° 7. 39 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Barbudal.	289
Cuadro n° 7. 40 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Cabuyo.	290
Cuadro n° 7. 41 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Cabuyo.	291
Cuadro n° 7. 42 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Pijije.....	292
Cuadro n° 7. 43 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Pijije.....	293
Cuadro n° 7. 44 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Salto. ...	293

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 7. 45 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Salto.	294
Cuadro n° 7. 46 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Zopilota, El Morral, Liberia y Matapalo.	295
Cuadro n° 7. 47 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Zopilota.	295
Cuadro n° 7. 48 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Zopilota.	296
Cuadro n° 7. 49 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Liberia.	297
Cuadro n° 7. 50 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Liberia.	297
Cuadro n° 7. 51 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Matapalo.	298
Cuadro n° 7. 52 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Matapalo.	298
Cuadro n° 7. 53 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río El Morral.	299
Cuadro n° 7. 54 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río El Morral.	300
Cuadro n° 7. 55 Estimación del factor de traslado para el sitio de cruce en el río Tempisque.	300
Cuadro n° 7. 56 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Tempisque.	301
Cuadro n° 7. 57 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Tempisque.	302
Cuadro n° 7. 58 Resumen del traslado de caudales medios mensuales, en m ³ /s, en los sitios de cruce del canal oeste tramo II y III con los principales ríos de la zona de estudio.	302
Cuadro n° 7. 59 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 19-07 El Salto.	303
Cuadro n° 7. 60 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en los sitios de cruce de los ríos: Barbudal, Cabuyo, Pijije, Salto, Zopilota, Morral, Liberia y Matapalo.	304
Cuadro n° 7. 61 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 19-01 Guardia.	305
Cuadro n° 7. 62 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en el sitio de cruce del río Tempisque.	306
Cuadro n° 7. 63 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Barbudal, Cabuyo, Pijije y Salto.	307
Cuadro n° 7. 64 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en el sitio de cruce del río Tempisque.	308
Cuadro n° 7. 65 Parámetros de entrada del programa Tucán utilizados en los sitios de cruce de los ríos Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo.	308
Cuadro n° 7. 66 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Zopilota, El Morral, Liberia y Matapalo.	309
Cuadro n° 7. 67 Estimación del área de drenaje de ríos principales hasta el sitio de cruce con la red de distribución de la zona de riego.	329
Cuadro n° 7. 68 Resumen de las principales propiedades morfológicas de las subcuencas estudiadas en la zona de riego.	329
Cuadro n° 7. 69 Propiedades de las estaciones hidrológicas de referencia en la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque.	330
Cuadro n° 7. 70 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diriá, Charco y Bolsón.	330
Cuadro n° 7. 71 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Las Palmas.	330
Cuadro n° 7. 72 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Las Palmas.	331
Cuadro n° 7. 73 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Belén. ..	331
Cuadro n° 7. 74 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Belén.	332

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 7. 75 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Diríá.	333
Cuadro n° 7. 76 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Diríá.	333
Cuadro n° 7. 77 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Cañas..	334
Cuadro n° 7. 78 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Cañas.	335
Cuadro n° 7. 79 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Charco.	335
Cuadro n° 7. 80 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Charco.	336
Cuadro n° 7. 81 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Bolsón.	337
Cuadro n° 7. 82 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Bolsón.	337
Cuadro n° 7. 83 Resumen de las estimaciones de caudales promedio diarios en los sitios de cruce de los ríos de la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque.	338
Cuadro n° 7. 84 Parámetros de entrada del programa Tucán utilizados en los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diríá, Charco y Bolsón.	339
Cuadro n° 7. 85 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diríá, Charco y Bolsón.	339
Cuadro n° 7. 86 Calidad de Agua Biológica.	341
Cuadro n° 7. 87 Resultados de estudio de línea base (sin proyecto), análisis fisicoquímicos in situ y BMWP, del agua del Proyecto Embalse Río Piedras (P.E.R.P) en los puntos: río Potrero, río Cabuyo, Río Piedras1, Río Piedras 2 y Río Piedras3, durante mayo, julio y set.	343
Cuadro n° 7. 88 Resultados físico-químicos de agua superficial Embalse.	344
Cuadro n° 7. 89 Índices de calidad*.	344
Cuadro n° 7. 90 Resultados del BMWP-CR, para los ríos del Canal Oeste Tramo III del proyecto PAACUME.	345
Cuadro n° 7. 91 Resultado de los análisis bacteriológicos del agua para los ríos del Canal Oeste Tramo III del proyecto PAACUME.	346
Cuadro n° 7. 92 Resultados del BMWP-CR, para los principales ríos de la Red de Distribución del proyecto PAACUME.	346
Cuadro n° 7. 93 Resultado de los análisis bacteriológicos del agua para los principales ríos de la Red de Distribución del proyecto PAACUME.	347
Cuadro n° 7. 94 Tiempo de tránsito de contaminantes.	354
Cuadro n° 7. 95 Resultados del Método GOD.	355
Cuadro n° 7. 96 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará la zona de riego de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).	356
Cuadro n° 7. 97 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Bagaces. Tramo: 0+00 – 40+00.	357
Cuadro n° 7. 98 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).	357
Cuadro n° 7. 99 Método de Análisis Ejecutado para medición de calidad de aire en área de influencia del proyecto PAACUME.	359
Cuadro n° 7. 100 Resultado de los análisis de medición de calidad de aire en área de influencia del proyecto PAACUME.	360
Cuadro n° 7. 101 Escenarios sísmicos específicos relacionados con el sitio de presa y valores de aceleración horizontal pico para cada uno de ellos. (Climent et al., 2016)	365
Cuadro n° 7. 102 Resultados de la amenaza sísmica probabilística en el sitio de presa del embalse río Piedras. (Climent et al., 2016).	366
Cuadro n° 7. 103 Clasificación de la Severidad de Licuación.	372
Cuadro n° 7. 104 Resumen de los valores de Potencial de Licuación para los DMTs realizados en los canales de distribución.	373

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 7. 105 Comparación de área por tipo de cobertura entre el área afectada de la RBLB y el área total propuesta para la compensación.	437
Cuadro n° 8. 1 Variables dasométricas de estructura y riqueza florística por tipo de bosque, en el AP del PAACUME. Muestreo forestal, oct. – dic. 2016.	390
Cuadro n° 8. 2 Riqueza y variables dasométricas de bosques secundarios del Pacífico Seco de Costa Rica, según la fase de desarrollo.	390
Cuadro n° 8. 3 Especies de plantas observadas en las áreas de influencia de PAACUME.	391
Cuadro n° 8. 4 Sitios de muestreo de Fauna en zonas 1, 2 y 3.	401
Cuadro n° 8. 5 Lista total de aves presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la reserva biológica Lomas Barbudal, ASTX-QB: Finca Asetrex en el sector.	405
Cuadro n° 8. 6 Lista total de mamíferos presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la reserva biológica Lomas Barbudal, EJP: eje de presa en finca IN)	412
Cuadro n° 8. 7 Lista total de reptiles presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la Reserva Biológica Lomas Barbudal, EJP: eje de presa en finca INVENIO).....	415
Cuadro n° 8. 8 Lista total de anfibios presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, FGMV: finca Golden Mountain Valley, FIN: finca INVENIO).	416
Cuadro n° 8. 9 Lista total de aves presente en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución.)	417
Cuadro n° 8. 10 Lista total de mamíferos presente en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución.)	423
Cuadro n° 8. 11 Lista total de reptiles y anfibios presentes en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución.)	424
Cuadro n° 8. 12 Listado de especies florísticas con algún grado de amenaza presentes en el AP.	426
Cuadro n° 8. 13 Estado de conservación de las aves presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.	427
Cuadro n° 8. 14 Estado de conservación de las aves presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACuMe.	428
Cuadro n° 8. 15 Estado de conservación de mastofauna presente en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.	430
Cuadro n° 8. 16 Estado de conservación de mamíferos presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACUME.	431
Cuadro n° 8. 17 Estado de conservación de reptiles presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.	431
Cuadro n° 8. 18 Estado de conservación de anfibios presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.	432
Cuadro n° 8. 19 Estado de conservación de reptiles presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACUME.	433
Cuadro n° 8. 20 Sitios de muestreo para peces y crustáceos de las zonas 1, 2 y 3.	443
Cuadro n° 8. 21 Abundancia relativa (%) de crustáceos según sitio de monitoreo. (QB: quebrada Biscoyol, RD: río Diríá, RPJ: río Pijije, RPP: río piedras a nivel de la carretera interamericana aguas arriba del área de inundación, RPT: río Potrero cerca de confluencia con río Piedras y poblado Llanos de Cortés, RPE: río Piedras en la finca INVENIO zona que será inundada cercana al eje de presa.)	444
Cuadro n° 8. 22 Abundancia relativa (%) de peces según especie y sitio de muestreo. (QB: quebrada Biscoyol, situada en la finca INVENIO zona que será inundada, RPCB: río Piedras aguas abajo del puente de Falconiana donde no será inundado, en el sector que pasa por la finca Cabo Blanco, RPE: río Piedras en la finca INVENIO zona que será inundada cercana al eje de presa, RPP: río piedras a	

Elaborado por

Desarrollador

nivel de la carretera interamericana aguas arriba del área de inundación, RPT: río Potrero cerca de confluencia con río Piedras y poblado Llanos de Cortés).....	446
Cuadro n° 8. 23 Abundancia relativa (%) de peces según sitio de muestreo para las zonas 2 (canal oeste) y zona 3 (canal de distribución) del proyecto PAACUME. QEM: quebrada El Moral, QZ: quebrada Zopilota, RB: río Belén, RC: río Cabuyo, RCÑ: río Cañas, RD: río Diríá, RLP: RÍO Las Palmas, RL: río Liberia, RPJ: río Pijije, RS: río El Salto.	448
Cuadro n° 9. 1 Áreas de estudio por obras de PAACUME.....	453
Cuadro n° 9. 2 Área de influencia del proyecto por total de hectáreas, PAACUME.....	455
Cuadro n° 9. 3 Áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras.	456
Cuadro n° 9. 4 Provincia de Guanacaste: Extensión territorial y población según sexo por cantón.	460
Cuadro n° 9. 5 Estimación del área y producción de las principales actividades agropecuarias, 2010.	460
Cuadro n° 9. 6 Región Chorotega, SENARA: Asentamientos en el distrito de Arenal Tempisque, 2011.....	463
Cuadro n° 9. 7 Cobertura de usos, Área de Estudio I, PAACUME 2017.....	465
Cuadro n° 9. 8 Total de fincas y extensión en hectáreas por tipo de uso de la tierra, según provincia y cantón, 2014.....	466
Cuadro n° 9. 9 Proveedores de insumos agroindustriales de la región Chorotega.....	466
Cuadro n° 9. 10 Superficies de Áreas Protegidas, Área de conservación Arenal-Tempisque.....	473
Cuadro n° 9. 11 Total de fincas y extensión en hectáreas por parcelas según provincia y cantón.	477
Cuadro n° 9. 12 Total de fincas y extensión en hectáreas por forma de tenencia de la tierra, según provincia y cantón.	477
Cuadro n° 9. 13 Tenencia de la tierra área de Embalse, 2016.....	478
Cuadro n° 9. 14 Índice de Desarrollo Social Área de estudio I, 2017.....	480
Cuadro n° 9. 15 Población total por zona y sexo, según provincia, cantón y distrito.	481
Cuadro n° 9. 16 Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito.	482
Cuadro n° 9. 17 Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito.	482
Cuadro n° 9. 18 Característica migratoria reciente, saldo y tasa de migración neta (2006-2011), según cantón de residencia actual y sexo.	483
Cuadro n° 9. 19 Indicadores de disponibilidad de servicios básicos, según provincia, cantón y distrito.	483
Cuadro n° 9. 20 Indicadores económicos, según provincia, cantón y distrito.	484
Cuadro n° 9. 21 Indicadores económicos, según provincia, cantón y distrito.	484
Cuadro n° 9. 22 Indicadores económicos, según distrito.....	485
Cuadro n° 9. 23 Grupos organizados en el área de influencia social.	487
Cuadro n° 9. 24 Actores socioeconómicos área de Liberia, 2017.....	488
Cuadro n° 9. 25 Actores socioeconómicos del área de Proyecto, Sitio de Embalse.	488
Cuadro n° 9. 26 Condiciones viales del cantón de Bagaces.	489
Cuadro n° 9. 27 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal-Falconiana, MOPT-2012.	490
Cuadro n° 9. 28 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal- Bagatzí, MOPT-2012.....	491
Cuadro n° 9. 29 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal-Playitas, MOPT-2012.....	491
Cuadro n° 9. 30 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal-San Ramón, MOPT-2012.....	492
Cuadro n° 9. 31 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal-Llanos de Cortes, MOPT-2012....	492
Cuadro n° 9. 32 Cuadro Base de datos de la red vial cantonal-Valle Dorado, MOPT.	493
Cuadro n° 9. 33 Servicio de emergencias disponibles.	494
Cuadro n° 9. 34 Servicios de la Clínica del Cantón de Bagaces.	494
Cuadro n° 9. 35 Saneamiento básico por vivienda, según abastecimiento de agua potable.....	496
Cuadro n° 9. 36 Saneamiento básico por vivienda, según disposición de excretas.	497
Cuadro n° 9. 37 Saneamiento básico por vivienda, según disposición de desechos.....	498
Cuadro n° 9. 38 Encuestas realizadas a propietarios, 2017.....	503
Cuadro n° 9. 39 Muestra de encuestas aplicadas por comunidad, PAACUME 2016.	504
Cuadro n° 9. 40 Total de Instrumento de percepción local aplicados a propietarios, 2017.	536

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 9. 41 Instrumento de percepción local a propietarios área del embalse	547
Cuadro n° 9. 42 Provincia de Guanacaste: Extensión territorial y población según sexo por cantón	564
Cuadro n° 9. 43 Organizaciones atendidas por el sector agropecuario, 2010.	565
Cuadro n° 9. 44 Capacidad uso de la tierra (área km ²), según cantón.	566
Cuadro n° 9. 45 Categorías de cobertura de uso de la tierra, Área de Estudio I “PAACUME”, 2016.	568
Cuadro n° 9. 46 Región Chorotega, IDA: Distribución de asentamientos campesinos por cantón, 2011.....	569
Cuadro n° 9. 47 Uso del suelo actual en hectáreas, según actividades productivas.	571
Cuadro n° 9. 48 Región Chorotega, IDA: Distribución de asentamientos campesinos por cantón, 2011.....	572
Cuadro n° 9. 49 Total de fincas y extensión en hectáreas por parcelas según provincia y cantón.	580
Cuadro n° 9. 50 Total de fincas y extensión en hectáreas por forma de tenencia de la tierra, según provincia y cantón.	580
Cuadro n° 9. 51 Tenencia de la tierra propietarios Red de Distribución, 2017.....	581
Cuadro n° 9. 52 Índice de Desarrollo Social, 2013.	595
Cuadro n° 9. 53 Población total por zona y sexo, según provincia, cantón y distrito.	596
Cuadro n° 9. 54 Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito.	597
Cuadro n° 9. 55 Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito.	598
Cuadro n° 9. 56 Característica migratoria reciente, saldo y tasa de migración neta (2006-2011), según cantón de residencia actual y sexo.	599
Cuadro n° 9. 57 Total de viviendas, según provincia, cantón y distrito.	599
Cuadro n° 9. 58 Indicadores económicos, según provincia, cantón y distrito.	600
Cuadro n° 9. 59 Indicadores económicos, según provincia, cantón y distrito.	601
Cuadro n° 9. 60 Indicadores económicos, según distrito.....	603
Cuadro n° 9. 61 Grupos organizados en el área de influencia social, Área de estudio II.	606
Cuadro n° 9. 62 Actores socioeconómicos área de Liberia, 2017.	606
Cuadro n° 9. 63 Red vial intervenida con PAACUME.....	608
Cuadro n° 9. 64 Longitud de la Red vial a nivel del Cantón de Carrillo, 2007.....	609
Cuadro n° 9. 65 Condiciones viales del cantón de Carrillo, 2011.....	609
Cuadro n° 9. 66 Condiciones viales del cantón de Santa Cruz, 2012.	610
Cuadro n° 9. 67 Condiciones viales del cantón de Nicoya, 2012.	611
Cuadro n° 9. 68 Servicios de emergencia, área red de distribución.....	611
Cuadro n° 9. 69 Servicios de EBAIS del Cantón de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.....	612
Cuadro n° 9. 70 Servicios de abastecimiento de agua.	615
Cuadro n° 9. 71 Disposición de excretas.	616
Cuadro n° 9. 72 Disposición de excretas, según porcentaje de vivienda por cantón.....	617
Cuadro n° 9. 73 Cobertura eléctrica.....	619
Cuadro n° 9. 74 Encuestas realizadas a Grupos organizados comunales, 2017.....	623
Cuadro n° 9. 75 Muestra propietarios Área de Estudio II, red de distribución.....	625
Cuadro n° 9. 76 Distribución de comunidades a nivel cantonal.....	626
Cuadro n° 9. 77 Ancho y longitud de canales de conducción y distribución	683
Cuadro n° 9. 78 Reclasificación de los tipos de cobertura de la tierra para el área de estudio en general.....	725
Cuadro n° 9. 79 Reclasificación de los tipos de cobertura de la tierra para el área de estudio en general.....	725
Cuadro n° 9. 80 Unidades de Paisaje del Sector 1 Río Piedras – Lomas de Barbudal	726
Cuadro n° 9. 81 Unidades de Paisaje del Sector 1 Río Piedras – Lomas de Barbudal	727
Cuadro n° 9. 82 Relaciones de Dominancia de elementos por unidad Paisajística	727
Cuadro n° 9. 83 Reclasificación de los tipos de cobertura de la tierra para el área de estudio en general.....	732
Cuadro n° 9. 84 Distribución de la Unidades de Paisaje por subsectores.	734
Cuadro n° 9. 85 Distribución de la Unidades de Paisaje por subsectores.	736

Elaborado por	Desarrollador
Cuadro n° 9. 86 Elementos del Paisaje para cada unidad.	736
Cuadro n° 9. 87 Valores de Calidad de Paisaje.	743
Cuadro n° 9. 88 Valores de Calidad Intrínseca.	743
Cuadro n° 9. 89 Criterios de Calidad del entorno y fondo escénico.	743
Cuadro n° 9. 90 Valores de Calidad Escénica por puntos de observación.	744
Cuadro n° 9. 91 Asignación de Pesos a las variables en el modelo de Calidad de Paisaje.	745
Cuadro n° 9. 92 Puntuación de valores de calidad de Paisaje por cada sector.	745
Cuadro n° 9. 93 Puntuación de valores de calidad de Paisaje por rangos para cada sector.	745
Cuadro n° 9. 94 Puntuación de valores de calidad de Paisaje por rangos para cada sector.	746
Cuadro n° 9. 95 Calidad del Paisaje por Unidades del Paisaje del Sector 2.	750
Cuadro n° 9. 96 Elementos singulares del paisaje.	754
Cuadro n° 9. 97 Instrumento de percepción local, Paisaje 2016.	760
Cuadro n° 9. 98 Tipos de paisajes consultados en el taller de percepción de paisaje.	763
Cuadro n° 9. 99 Áreas Socialmente Sensibles, comunidades del área de influencia social.	778
Cuadro n° 10. 1 Acciones del proyecto definidas para la Matriz Interactiva Causa- Efecto.	784
Cuadro n° 10. 2 Matriz Interactiva de Impactos Ambientales (MIIA).	787
Cuadro n° 10. 3 Datos básicos para la valoración de impactos ambientales.	792
Cuadro n° 10. 4 Matriz de Importancia de Impactos ambientales para la etapa constructiva.	795
Cuadro n° 10. 5 Matriz de Importancia de Impactos ambientales para la etapa operativa-PAACUME.	817
Cuadro n° 11. 1 Síntesis de impactos negativos del medio físico.	823
Cuadro n° 11. 2 Síntesis de impactos negativos del medio biótico.	824
Cuadro n° 11. 3 Síntesis de impactos negativos del medio social.	826
Cuadro n° 11. 4 Impactos positivos PAACUME.	828
Cuadro n° 11. 5 Impactos ambientales determinados como acumulativos para la etapa constructiva.	834
Cuadro n° 11. 6 Impactos ambientales acumulativos determinados para la etapa operativa-PAACUME.	839
Cuadro n° 12. 1 Pronóstico Plan de Gestión Ambiental- PAACUME.	851
Cuadro n° 12. 2 Comparación de área por tipo de cobertura entre el área afectada de la RBLB y el área total propuesta para compensación.	921
Cuadro n° 13. 1 Tiempo de tránsito de contaminantes.	953
Cuadro n° 13. 2 Resultados del Método GOD.	954
Cuadro n° 13. 3 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Bagaces. Tramo: 0+00 – 40+00.	954
Cuadro n° 13. 4 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción y distribución de riego de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).	955
Cuadro n° 13. 5 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará la zona de riego de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).	956
Cuadro n° 13. 6 Acciones en caso de emergencia.	958
Cuadro n° 14. 1 Procedimiento para convertir costos y beneficios del proyecto a precios de frontera.	961
Cuadro n° 14. 2 Factores de conversión a precios de frontera.	962
Cuadro n° 14. 3 Costos de inversión del proyecto.	963
Cuadro n° 14. 4 Costos de operación del proyecto.	963
Cuadro n° 14. 5 Costos de mantenimiento del proyecto.	964
Cuadro n° 14. 6 Demandas de agua mensuales para áreas de cultivo.	965
Cuadro n° 14. 7 Ingresos mensuales e ingreso anual esperado.	966
Cuadro n° 14. 8 Pliego tarifario vigente para distribuidores de energía.	968
Cuadro n° 14. 9 Estimaciones de energía promedio mensual, ingresos mensuales e ingreso total anual.	968
Cuadro n° 14. 10 Flujo de Caja Financiero del Proyecto.	970

Elaborado por

Desarrollador

Cuadro n° 14. 11 Indicadores de rentabilidad financiera del proyecto	974
Cuadro n° 14. 12 Indicadores de rentabilidad del proyecto con financiamiento	974
Cuadro n° 14. 13 Inversión corregida a precios sociales	975
Cuadro n° 14. 14 Costos de operación corregidos a precios sociales	975
Cuadro n° 14. 15 Costos de mantenimiento corregidos a precios sociales	976
Cuadro n° 14. 16 Cultivos potenciales, épocas de siembra, cosecha y áreas potencialmente regables.	977
Cuadro n° 14. 17 Flujo de caja económico del Proyecto	979
Cuadro n° 14. 18 Indicadores de rentabilidad social del proyecto	984
Cuadro n° 14. 19 Externalidades positivas del proyecto PAACUME	985
Cuadro n° 14. 20 Canon de agua anual por actividad de interés	985
Cuadro n° 14. 21 Agua anual por consumo humano y acueductos rurales.	986
Cuadro n° 14. 22 Externalidades negativas del proyecto PAACUME.	986
Cuadro n° 14. 23 Indicadores de rentabilidad social del proyecto incluyendo externalidades sociales y ambientales.	988

Tabla de figuras

Figura n° 5. 1 Mapa de área de influencia PAACUME	40
Figura n° 5. 2 Mapa de área de influencia social PAACUME.	44
Figura n° 5. 3 Mapa de ubicación de obras.	48
Figura n° 5. 4 Caminos de obra, P.H. Reventazón.	49
Figura n° 5. 5 Ampliación Camino 1 PAACUME.	50
Figura n° 5. 6 Caminos nuevos, obras presa-PAACUME	51
Figura n° 5. 7 Ejemplo paso alcantarillado por río.	52
Figura n° 5. 8 Obras presa PAACUME	53
Figura n° 5. 9 Sistema desvío PAACUME	54
Figura n° 5. 10 Tramo seco río Piedras Maniobra de Cierre	55
Figura n° 5. 11 Ataguía P.H. Reventazón	56
Figura n° 5. 12 Propuesta Presa enrocado con Cara de Concreto PAACUME	56
Figura n° 5. 13 Excavación MD Presa PH Reventazón	57
Figura n° 5. 14 Estabilización MD Presa PH Reventazón.	57
Figura n° 5. 15 Proceso de colocación de rellenos presa PH Reventazón.	58
Figura n° 5. 16 Bordillo rellenos de Presa PH Reventazón.	58
Figura n° 5. 17 Imagen Obras Civiles Presa, P.H. Reventazón.	59
Figura n° 5. 18 Estructura plinto cauce presa PAACUME	59
Figura n° 5. 19 Excavación y construcción sello plinto margen izquierda PH Reventazón	60
Figura n° 5. 20 Losa de nivelación y pernos plinto margen derecha PH Reventazón.	60
Figura n° 5. 21 Acero plinto margen derecha PH Reventazón.	61
Figura n° 5. 22 Deslizado plinto margen derecha PH Reventazón	61
Figura n° 5. 23 Colocación de acero de refuerzo losas Cara en concreto, Presa P.H.R.	62
Figura n° 5. 24 Colocación de concreto losa 34, Cara de concreto, Presa P.H.R.	63
Figura n° 5. 25 Colocación de concreto módulos Parapeto, Presa P.H.R.	63
Figura n° 5. 26 Sección Toma de aguas.	64
Figura n° 5. 27 Central de compensación ecológica PH Reventazón	66
Figura n° 5. 28 Vertedero de excedencias	68
Figura n° 5. 29 Excavación y Estabilización Vertedor PH Reventazón	69
Figura n° 5. 30 Puente Vertedor PH Reventazón	70
Figura n° 5. 31 Estructura disipadora vertedero PH Reventazón.	71
Figura n° 5. 32 Ubicación centro de producción de concreto	72
Figura n° 5. 33 Planta de concreto PH Reventazón.	72
Figura n° 5. 34 Ubicación de escombreras PAACUME	73
Figura n° 5. 35 Filtros piedra y geotextil para escombreras.	75

Elaborado por	Desarrollador
Figura n° 5. 36 Diques retención con materiales de excavación.	75
Figura n° 5. 37 Acomodo material escombrera 15 PH. Reventazón.	76
Figura n° 5. 38 Etapas del canal principal proyecto PAACUME.	77
Figura n° 5. 39 Sección canal oeste tramo II, Etapa I.	78
Figura n° 5. 40 Excavación canal derivación PH Reventazón.	78
Figura n° 5. 41 Conformación talud de relleno dique compactado en canales	79
Figura n° 5. 42 Proceso de colocación de acero y revestimiento en canales con encofrado deslizante.	80
Figura n° 5. 43 Relleno típico de juntas con emulsión asfáltica.	80
Figura n° 5. 44 Sección típica sifón canal oeste Tramo 1.	81
Figura n° 5. 45 Sifón Canal Sur SENARA.	81
Figura n° 5. 46 Excavación típica sifón.	82
Figura n° 5. 47 Sifón colado en sitio.	82
Figura n° 5. 48 Estructuras para sifones prefabricadas.	83
Figura n° 5. 49 Estructura de entrada sifón canal del Sur SENARA.	83
Figura n° 5. 50 Área de influencia zona de distribución.	84
Figura n° 5. 51 Excavación canales secundarios	85
Figura n° 5. 52 Encofrado deslizante para canales secundarios.	85
Figura n° 5. 53 Revestimiento prefabricado para canales.	86
Figura n° 5. 54 Puentes para caminos y carreteras para canal.	86
Figura n° 5. 55 Rutas de movilización.	90
Figura n° 5. 56 Diagrama de planta de tratamiento	93
Figura n° 5. 57 Área de instalaciones provisionales	95
Figura n° 5. 58 Caseta Vigilancia Casa Maquinas P.H. Reventazón.	95
Figura n° 5. 59 Módulo de campamentos general.	96
Figura n° 5. 60 Módulo de campamentos para técnicos.	96
Figura n° 5. 61 Módulo de campamento para profesionales.	96
Figura n° 5. 62 Ejemplo oficinas PH Reventazón	97
Figura n° 5. 63 Separación de residuos ordinarios (reciclables y no reciclables)	102
Figura n° 5. 64 Sitio de transferencia de residuos en frente de obra.	103
Figura n° 5. 65 Esquema básico de los procesos unitarios en el tratamiento de aguas residuales del proyecto PAACUME.	107
Figura n° 5. 66 Rutas zona de Bagaces, Cañas, Carrillo y Nicoya.	116
Figura n° 7. 1 Columna estratigráfica regional.	148
Figura n° 7. 2 Intercalación de areniscas finas y lodolitas de la unidad Fluvio-lacustres 2. En la imagen de la derecha se observa bioturbación y estructuras de carga, y en la de la izquierda un pequeño pliegue sin-sedimentario.	151
Figura n° 7. 3 Brecha Rama de Nance	153
Figura n° 7. 4 Lavas Agua Fría, lajeadas a la izquierda y blocosa a la derecha.	154
Figura n° 7. 5 Ignimbrita Pan de Azúcar (Ignimbrita poco soldada a la izquierda y bien soldada a la derecha).	155
Figura n° 7. 6 Ignimbrita Río Colorado.	156
Figura n° 7. 7 Depósito de flujo de pómez Cañas.	157
Figura n° 7. 8 Areniscas con laminación cruzada convoluta de la Unidad Fluvio-lacustres 1.	158
Figura n° 7. 9 Ignimbrita Monte Negro	159
Figura n° 7. 10 Columna estratigráfica local (área de embalse).	160
Figura n° 7. 11 Basaltos del Complejo de Nicoya	161
Figura n° 7. 12 Radiolaritas del Complejo de Nicoya	162
Figura n° 7. 13 Calcarenitas plegadas del Miembro Zapotal.	162
Figura n° 7. 14 Lavas de la Fm. Bagaces	163
Figura n° 7. 15 Ignimbritas de la Fm. Bagaces, Miembro Inferior.	163
Figura n° 7. 16 Depósitos fluviales de la Fm. Bagaces, Miembro Medio.	164
Figura n° 7. 17 Depósitos lacustres, Recientes	164
Figura n° 7. 18 Velocidad de onda cortante Vp de varias unidades geotécnicas.	175
Figura n° 7. 19 Tipo de material de acuerdo a los ensayos DMT.	176

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 7. 20 Clasificación de los materiales inconsolidados del sitio de presa en la carta de plasticidad de Casagrande.....	177
Figura n° 7. 21 Resumen de resultados obtenidos de la resistencia al corte no drenada por diferentes metodologías.....	178
Figura n° 7. 22 Definición de sets de discontinuidades presentes en las lavas fracturadas	181
Figura n° 7. 23 Topografía natural y litologías determinadas en el eje de presa.	182
Figura n° 7. 24 Resultados de análisis de estabilidad pseudoestático para falla circular del vertedor de excedencias durante la etapa constructiva (con y sin sismo).....	183
Figura n° 7. 25 Mapa de pendientes del Área de Estudio PAACUME.	186
Figura n° 7. 26 Detalle geomorfológico del área de estudio. (1) Meseta ignimbrítica. (2) Conos de deyección. (3) Depresiones lacustres.	187
Figura n° 7. 27 Trazo del perfil longitudinal entre la Península de Nicoya (A) y Meseta Ignimbrítica (B).....	189
Figura n° 7. 28 Perfil longitudinal entre las serranías de la Península de Nicoya (A) y la meseta Ignimbrítica (B) que evidencia la posición en graben de la llanura del Tempisque.....	189
Figura n° 7. 29 Detalle geomorfológico sector del río Cañas. (1) Zonas Lacustres. (2) Glacis de Acumulación. (3) Fondo de valle plano del río Cañas.	190
Figura n° 7. 30 Laguna Jicote. Zona deprimida en la llanura del río Tempisque	191
Figura n° 7. 31 Detalle geomorfológico sector Cerros Relictos	191
Figura n° 7. 32 Detalle geomorfológico de los conos de deyección de los ríos Liberia (1), Zopilota (2), Pijije (3) y Cabuyo (4).	192
Figura n° 7. 33 Terrazas Fluvio-Tectónicas del río Piedras.....	193
Figura n° 7. 34 Zona de Transgresión Flandense (1). Relieves cretácicos paleocénicos aislados (2). Glacis de acumulación (3). Conos de deyección (4).	194
Figura n° 7. 35 Mapa Geomorfológico Proyecto PAACUME	196
Figura n° 7. 36 Suelos desarrollados en sitios de depositación: a) Leptic Haplusterts; b) Typic Ustorthents	198
Figura n° 7. 37 Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático del embalse del río Piedras.....	201
Figura n° 7. 38 Isoyetas medias anuales en mm en el área del embalse del río Piedras para el periodo de 1970-2015.	202
Figura n° 7. 39 Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona del P.H. Río Piedras Blancas, basado en las estaciones a) 76026 Bagaces y b) 76033 Aguabal.	203
Figura n° 7. 40 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 76026 Bagaces durante el periodo 1973 al 2009.....	204
Figura n° 7. 41 Temperaturas promedio mensuales de la estación 76026 Bagaces, en °C. Periodo 1983-2015.	205
Figura n° 7. 42 Rangos de temperaturas máximas y mínimas absolutas (°C) de la estación 76026 Bagaces, periodo 1979-2015	206
Figura n° 7. 43 Humedad relativa promedio mensual de la estación 76026 Bagaces, periodo 1981-2015.....	207
Figura n° 7. 44 Velocidad promedio mensual (m s ⁻¹) del viento en la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2015.....	208
Figura n° 7. 45 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.	208
Figura n° 7. 46 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 76096 Bagaces. Periodo 2001-2015.	210
Figura n° 7. 47 Radiación solar promedio mensual en las estaciones 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.....	211
Figura n° 7. 48 Patrón de variación mensual de la evapotranspiración de referencia (mm) estimada a nivel mensual según los datos de la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.	213
Figura n° 7. 49 Patrón de variación mensual de las horas sol registrado en la estación 76026 Bagaces, periodo 1974-1989.	214

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 7. 50 Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático del área donde se ubicará el Canal de Conducción del EsIA del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.	217
Figura n° 7. 51 Isoyetas medias anuales en mm del área donde se ubicará el canal de conducción del proyecto del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.	218
Figura n° 7. 52 Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona de riego del proyecto del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras, basado en la estación 74008 Pelón de la Bajura.	219
Figura n° 7. 53 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 74008 Pelón de la Bajura durante el periodo 1968-2007.	220
Figura n° 7. 54 Temperaturas promedio mensuales de las estaciones cercanas al canal de conducción, en °C.	221
Figura n° 7. 55 Temperatura anual (°C) con datos del periodo 1961-1980, basado en el Atlas Climático 2009 del IMN.	222
Figura n° 7. 56 Humedad relativa promedio mensual de las estaciones cercanas al canal de conducción.	223
Figura n° 7. 57 Velocidad promedio mensual (m s-1) del viento en la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2016.	225
Figura n° 7. 58 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para las estaciones a) 76026 Bagaces, periodo 2001-2016.	225
Figura n° 7. 59 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 76096 Bagaces. Periodo 2001-2016.	226
Figura n° 7. 60 Radiación solar promedio mensual en las estaciones cercanas al canal de conducción.	228
Figura n° 7. 61 Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático para la Zona de Riego del EsIA del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.	230
Figura n° 7. 62 Isoyetas medias anuales en mm en la zona de riego del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.	231
Figura n° 7. 63 Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona de riego del proyecto del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras, basado en la estación 74003 Santa Cruz.	232
Figura n° 7. 64 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 74003 Santa Cruz durante el periodo 1984-1995.	233
Figura n° 7. 65 Temperaturas promedio mensuales de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, en °C. Periodo 2009-2016.	234
Figura n° 7. 66 Rangos de temperatura máxima y mínima absoluta (°C) de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.	235
Figura n° 7. 67 Humedad relativa promedio mensual de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.	236
Figura n° 7. 68 Velocidad promedio mensual (m s-1) del viento en la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.	237
Figura n° 7. 69 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.	237
Figura n° 7. 70 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.	238
Figura n° 7. 71 Radiación solar promedio mensual en las estaciones 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.	240
Figura n° 7. 72 Ubicación del embalse río Piedras.	241
Figura n° 7. 73 Modelo de Elevación Digital de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa.	242
Figura n° 7. 74 Red de drenaje de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa.	243
Figura n° 7. 75 Información utilizada en la determinación del factor de traslado de la metodología área-lluvia para el traslado de caudales al sitio de presa del embalse río Piedras.	245

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 7. 76 Variación del caudal promedio mensual estimado en el S.P. del embalse río Piedras.	247
Figura n° 7. 77 Variación del caudal promedio anual estimados en sitio de presa del embalse río Piedras.	248
Figura n° 7. 78 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 20-03 Rancho Rey.	249
Figura n° 7. 79 Caudales totales de ingreso al embalse y demanda total. Fuente: ICE, 2016.	251
Figura n° 7. 80 Fluctuación del nivel del embalse río Piedras según demanda total y porcentaje acumulado de volumen vertido. Fuente: ICE, 2016.	251
Figura n° 7. 81 Nivel del embalse río Piedras bajo el esquema de operación de riego, solamente, y el esquema de operación de riego y generación. Fuente: ICE, 2016.	252
Figura n° 7. 82 Régimen de caudales promedio diarios estimados en el río Piedras con y sin proyecto.	253
Figura n° 7. 83 Resultado de la simulación del calado en el río Piedras para un caudal de 50 m ³ /s según el programa Iber.	254
Figura n° 7. 84 Nivel del agua en varias secciones transversales del tramo analizado en el río Piedras para un caudal de 50 m ³ /s.	255
Figura n° 7. 85 Resultado análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos de la estación 20-03 Rancho Rey.	256
Figura n° 7. 86 Áreas de inundación en la zona del embalse del río Piedras.	258
Figura n° 7. 87 Ubicación del Canal Oeste Tramo II y III.	259
Figura n° 7. 88 Cruce quebrada Barbudal. Fuente: Digital Globe 2016-03-26.	260
Figura n° 7. 89 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada Barbudal.	261
Figura n° 7. 90 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Barbudal.	262
Figura n° 7. 91 Cruce río Cabuyo. Fuente: Digital Globe 2014-12-14.	263
Figura n° 7. 92 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Cabuyo.	264
Figura n° 7. 93 Red de drenaje de la cuenca del río Cabuyo.	265
Figura n° 7. 94 Cruce río Pijije. Fuente: Imagen Digital Globe 2015-01-02.	266
Figura n° 7. 95 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Pijije.	267
Figura n° 7. 96 Red de drenaje de la cuenca del río Pijije.	268
Figura n° 7. 97 Cruce río Salto. Fuente: Imagen Digital Globe 2015-01-02.	269
Figura n° 7. 98 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Salto.	270
Figura n° 7. 99 Red de drenaje de la cuenca del río Salto.	271
Figura n° 7. 100 Cruce quebrada Zopilota. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.	272
Figura n° 7. 101 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada Zopilota.	273
Figura n° 7. 102 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Zopilota.	274
Figura n° 7. 103 Cruce quebrada El Morral Fuente: Digital Globe 2015-03-24.	275
Figura n° 7. 104 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada El Morral.	276
Figura n° 7. 105 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada El Morral.	277
Figura n° 7. 106 Cruce río Liberia. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.	278
Figura n° 7. 107 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Liberia.	279
Figura n° 7. 108 Red de drenaje de la cuenca del río Liberia.	280
Figura n° 7. 109 Cruce quebrada Matapalo. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.	281
Figura n° 7. 110 Modelo de elevación digital de la quebrada Matapalo.	282
Figura n° 7. 111 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Matapalo.	283
Figura n° 7. 112 Cruce río Tempisque. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.	284
Figura n° 7. 113 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Tempisque.	285
Figura n° 7. 114 Red de drenaje de la cuenca del río Tempisque.	286
Figura n° 7. 115 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Barbudal.	290
Figura n° 7. 116 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Cabuyo.	291
Figura n° 7. 117 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Pijije.	293

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 7. 118 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Salto.	295
Figura n° 7. 119 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Zopilota.	296
Figura n° 7. 120 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Liberia.	297
Figura n° 7. 121 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Matapalo.	299
Figura n° 7. 122 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río El Morral.	300
Figura n° 7. 123 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Tempisque.	302
Figura n° 7. 124 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 19-07 El Salto.	304
Figura n° 7. 125 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 19-01 Guardia.	306
Figura n° 7. 126 Áreas de riesgo de inundación en la zona del canal de conducción.	310
Figura n° 7. 127 Ubicación de la red de distribución y el cruce de ésta con los principales ríos.	311
Figura n° 7. 128 Cruce río Las Palmas. Fuente: Digital Globe 2014-12-14.	312
Figura n° 7. 129 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Las Palmas.	313
Figura n° 7. 130 Red de drenaje de la cuenca del río Las Palmas.	314
Figura n° 7. 131 Cruce río Belén. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.	314
Figura n° 7. 132 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Belén.	315
Figura n° 7. 133 Red de drenaje de la cuenca del río Belén.	316
Figura n° 7. 134 Cruce río Cañas. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.	317
Figura n° 7. 135 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Cañas.	318
Figura n° 7. 136 Red de drenaje de la cuenca del río Cañas.	319
Figura n° 7. 137 Cruce río Diríá. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.	320
Figura n° 7. 138 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Diríá.	321
Figura n° 7. 139 Red de drenaje de la cuenca del río Diríá.	322
Figura n° 7. 140 Cruce río Charco. Fuente: Digital Globe 2015-01-02.	323
Figura n° 7. 141 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Charco.	324
Figura n° 7. 142 Red de drenaje de la cuenca del río Charco.	325
Figura n° 7. 143 Cruce río Bolsón. Fuente: Digital Globe 2015-01-02.	326
Figura n° 7. 144 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Bolsón.	327
Figura n° 7. 145 Red de drenaje de la cuenca del río Bolsón.	328
Figura n° 7. 146 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Las Palmas.	331
Figura n° 7. 147 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Belén.	332
Figura n° 7. 148 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Diríá.	334
Figura n° 7. 149 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Cañas.	335
Figura n° 7. 150 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Charco.	336
Figura n° 7. 151 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Bolsón.	338
Figura n° 7. 152 reas de riesgo de inundación en la zona de riego de la margen derecha del río Tempisque.	340
Figura n° 7. 153 Mapa de ubicación general de PAACUME.	349
Figura n° 7. 154 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de embalse de PAACUME.	350
Figura n° 7. 155 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de riego de PAACUME.	352

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 7. 156 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de riego de PAACUME.	353
Figura n° 7. 157 Fotografía Muestreo Calidad de Aire, 2017.	361
Figura n° 7. 158 Perfil SO-NE de la sismicidad en la región noreste de Costa Rica, (Climent et al., 2016).	363
Figura n° 7. 159 Distancia mínima de los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles con el área de Proyecto.	367
Figura n° 7. 160 Valores de KD obtenidos de las pruebas con DMT.	371
Figura n° 8. 1. Sector Embalse.	376
Figura n° 8. 2 Sector Canal oeste, tramos I y II.	377
Figura n° 8. 3. Sector Distribución y conducción del riego.	378
Figura n° 8. 4. Zonas de Vida.....	381
Figura n° 8. 5. Bosque ripario en las márgenes del río Piedras en la zona central del embalse. ..	386
Figura n° 8. 6 Especies arbóreas con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) por tipo de bosque, en el AP del PAACUME. Muestreo forestal, oct. – dic. 2016.....	389
Figura n° 8. 7 Vista de bosque secundario caducifolio de ladera en las serranías del sector Embalse.	395
Figura n° 8. 8 Bosque secundario caducifolio de ladera en sitio de presa, al centro a la orilla del canal hay un árbol de cocobolo (<i>Dalbergia retusa</i>) especie en peligro de extinción Foto 3472 18/03/2016.	396
Figura n° 8. 9 Bosque secundario caducifolio en partes altas de las serranías del sector Embalse con predominancia de árboles delgados de porte medio.	396
Figura n° 8. 10 Bosque secundario caducifolio en zona baja de topografía plana con estructura vertical de dos estratos y abundancia de árboles de porte bajo, en el sector Embalse.	397
Figura n° 8. 11 Charral en la ribera del río Piedras en la parte baja del sector Embalse.	397
Figura n° 8. 12. Gavilán de Swainson (<i>Buteo swainsoni</i>) rapáz migratoria que abunda cerca de los campos arados y quemados donde aprovecha para alimentarse.	403
Figura n° 8. 13 Cernicalo americano (<i>Falco sparverius</i>), especie migratoria indicadora de ecosistemas de pastizales y potreros arbolados.	403
Figura n° 8. 14. Gorrión savanero (<i>Ammodramus savannarum</i>) especie indicadora de pastizales y matorrales observada huyendo de una quema de cañales y en la zona de inundación.	404
Figura n° 8. 15. Gavilán negro mayor (<i>Buteogallus urubitinga</i>), especie indicadora de áreas boscosas y frecuentemente observada en bordes de bosque, especialmente cerca de ríos.	404
Figura n° 8. 16. Mapache (<i>Procyon lotor</i>) observado en las instalaciones temporales de exploración geotécnica en el sitio de presa.....	411
Figura n° 8. 17. Oso hormiguero (<i>Tamandua mexicana</i>) transitando entre un arrozal y un potrero arbolado contiguo al canal oeste, sitio de presa.	411
Figura n° 8. 18. Tolomuco (<i>Eira barbara</i>) cruzando un camino interno en un bosque secundario dentro del área de embalse.	412
Figura n° 8. 19. Lagartija (<i>Holcosus undulatus</i>) observada en bosque secundario.	413
Figura n° 8. 20. Serpiente cascabel (<i>Crotalus durissus</i>), observada en bosque secundario y en campos de cultivo de caña.	414
Figura n° 8. 21. Culebra ciega (<i>Epicta goudotii</i>), observada en la finca INVENIO en un sector compuesto por matorral espinoso.	414
Figura n° 8. 22. Sapo oveja (<i>Hypopachus variolosus</i>) observado en época lluviosa en charcas temporales, en zonas abiertas como campos de cultivo y pastizales arbolados fuera del área del AP.	416
Figura n° 8. 23. Rana Tungara (<i>Engystomops pustulosus</i>), observada en época lluviosa en charcas temporales en zonas abiertas como campos de cultivo y pastizales arbolados.	417
Figura n° 8. 24. Interacciones entre las diferentes especies de aves. Tilapiera de la Finca Pelón de la Bajura.	422
Figura n° 8. 25 Puma (<i>Puma concolor</i>) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.	423
Figura n° 8. 26. Manigordo (<i>Leopardus pardalis</i>) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.	423
Figura n° 8. 27 Coyote (<i>Canis latrans</i>) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.	423
Figura n° 8. 28 Boa béquer (<i>Boa constrictor</i>) encontrada en canal Oeste Tramo III.....	425

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 8. 29. Cocodrilo (<i>Crocodylus acutus</i>), Canal Oeste Tamo II.	425
Figura n° 8. 30. Sapo amarillo (<i>Incilius luetkenii</i>) observado en un sector de matorral espinoso en una colina de la finca ASETREX.	432
Figura n° 8. 31 Esquema de desarrollo del proceso de sucesión natural en la región del Pacífico Seco de Costa Rica. Modificado por Spittler (2001). (Quesada. 2008)	434
Figura n° 8. 32 Propuesta de compensación por la inundación de 113 ha de la RBLB con un área de 571 ha distribuidas en tres fincas colindantes con la reserva (color anaranjado). Mapa cortesía SENARA.	437
Figura n° 8. 33 Martín pescador (<i>Megaceryle americana</i>) en las márgenes de los ríos y canales de SENARA.	439
Figura n° 8. 34 Gavilán caracolero (<i>Rostrhamus sociabilis</i>), se alimenta de caracoles que colecta en el canal oeste y reservorios del mismo.	439
Figura n° 8. 35 Aves acuáticas migratorias. Patos (<i>Anas discors</i>) y monjitas (<i>Himantopus mexicanus</i>) en el canal oeste y reservorios del mismo.	440
Figura n° 8. 36 Cocodrilo (<i>Cocodrilus acutus</i>) observado en los tramos II y III en Hacienda el Pelón de la Bajura y CATSA	440
Figura n° 8. 37 Rana (<i>Lithobates forreri</i>) común en toda el AP.	441
Figura n° 8. 38 Distribución de sitios de muestreo de peces y crustáceos en toda el área de proyecto.	442
Figura n° 8. 39. <i>Macrobrachium americanum</i>	444
Figura n° 8. 40. Mojarra masamiche (<i>Amphilophus rostratus</i>) especie típica de la vertiente Atlántica.	447
Figura n° 8. 41. Alteración del cauce del Río Liberia. Arriba cauce previo a la construcción del dique de la fotografía de abajo.	447
Figura n° 8. 42. Olomina endémica <i>Brachyrhaphis olomina</i>	451
Figura n° 9. 1 Mapa área de influencia social, Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras, 2017.	458
Figura n° 9. 2 Actividades agropecuarias Bagaces, 2016.	464
Figura n° 9. 3 Usos del suelo Liberia, 2016.	467
Figura n° 9. 4 Uso del suelo de las actividades agropecuarias, Pelón de la Bajura.	467
Figura n° 9. 5 Uso del suelo de las actividades agropecuarias, CATSA.	468
Figura n° 9. 6 Usos del suelo de las actividades agropecuarias, Agrorice de Milano S.A.	468
Figura n° 9. 7 Mapa cobertura de usos del suelo, área del embalse y canal oeste 2017.	469
Figura n° 9. 8 Distribución porcentual por usos de agua otorgados en la cuenca del río Bebedero.	470
Figura n° 9. 9 Cuenca Bebedero y obras del proyecto, 2017.	471
Figura n° 9. 10 Parque Nacional Palo Verde, 2016.	474
Figura n° 9. 11 Reserva Biológica Lomas Barbudal, 2016.	475
Figura n° 9. 12 Áreas protegidas y obras de proyecto, área de estudio I, 2017.	476
Figura n° 9. 13 Condiciones de las principales vías de acceso de las comunidades del área de influencia social, 2016.	493
Figura n° 9. 14 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Salud.	495
Figura n° 9. 15 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Agua potable.	497
Figura n° 9. 16 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Agua potable Recolección de basura.	499
Figura n° 9. 17 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio del servicio de Electricidad.	500
Figura n° 9. 18 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de telefonía fija.	501
Figura n° 9. 19 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de telefonía celular.	501
Figura n° 9. 20 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según Sexo.	505

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 9. 21 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Edad.	506
Figura n° 9. 22 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según Nivel de Educación.....	506
Figura n° 9. 23 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según Procedencia.....	507
Figura n° 9. 24 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Ocupación.	508
Figura n° 9. 25 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según las Oportunidades de Empleo.....	509
Figura n° 9. 26 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según las Oportunidades de Empleo Existentes.	509
Figura n° 9. 27 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según lo que más le gusta de la comunidad.....	510
Figura n° 9. 28 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, si ha escuchado o no acerca del Proyecto.	514
Figura n° 9. 29 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, acuerdo o desacuerdo con el Proyecto.....	516
Figura n° 9. 30 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio público del agua potable existente en las comunidades.	517
Figura n° 9. 31 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio público de luz/energía existente en las comunidades.....	518
Figura n° 9. 32 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio público de telecomunicaciones existente en las comunidades.	519
Figura n° 9. 33 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio de Internet, existente en las comunidades.....	520
Figura n° 9. 34 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio del transporte público existente en las comunidades.	520
Figura n° 9. 35 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio de educación existente en las comunidades	521
Figura n° 9. 36 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio de salud existente en las comunidades.	522
Figura n° 9. 37 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el servicio de seguridad pública en las comunidades.	522
Figura n° 9. 38 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en las viviendas.	523
Figura n° 9. 39 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en los centros de salud.	524
Figura n° 9. 40 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en los centros educativos.	524
Figura n° 9. 41 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en los caminos.	525
Figura n° 9. 42 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en los puentes.....	526
Figura n° 9. 43 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en las áreas recreativas.....	526
Figura n° 9. 44 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia según los potenciales impactos en la infraestructura comunal en los locales comerciales.	527
Figura n° 9. 45 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el ambiente natural de las fuentes de agua.	528
Figura n° 9. 46 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el ambiente natural de los paisajes.	529
Figura n° 9. 47 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el ambiente natural de los bosques.....	530

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 9. 48 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en el ambiente natural de la fauna silvestre.	531
Figura n° 9. 49 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en las actividades productivas agrícolas.	532
Figura n° 9. 50 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en las actividades productivas pecuarias.	532
Figura n° 9. 51 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en las actividades productivas comerciales.	533
Figura n° 9. 52 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según los potenciales impactos en las actividades productivas turística potencial o existente.	534
Figura n° 9. 53 Ciudad de Bagaces Centro, 2016.	553
Figura n° 9. 54 Comunidad de Falconiana, 2016.	554
Figura n° 9. 55 Comunidad de Llanos del Cortes, 2016.	556
Figura n° 9. 56 Comunidad Valle Dorado, 2016.	557
Figura n° 9. 57 Comunidad de Bagatzi, 2016.	558
Figura n° 9. 58 Comunidad de San Ramón, 2016.	559
Figura n° 9. 59 Comunidad de Playitas, 2016.	560
Figura n° 9. 60 Colonia Pelón de la Bajura, 2016.	562
Figura n° 9. 61 Fabrica Central Azucarera Tempisque, 2016.	562
Figura n° 9. 62 Agrorice de Milano S.A, 2017.	563
Figura n° 9. 63 Porcentaje de área por capacidad de uso para cada cantón.	567
Figura n° 9. 64 Actividad agropecuarias cantón de Carrillo, 2017.	569
Figura n° 9. 65 Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte S.A, 2017.	570
Figura n° 9. 66 Azucarera el Viejo S.A, 2017.	570
Figura n° 9. 67 Exporpack, 2017.	571
Figura n° 9. 68 Actividad productiva Santa Cruz, 2017.	573
Figura n° 9. 69 Actividad productiva Nicoya, 2017.	573
Figura n° 9. 70 Mapa Cobertura uso de la tierra área de influencia social, red de distribución 2017.	574
Figura n° 9. 71 Cuenca del Río Tempisque, 2017.	576
Figura n° 9. 72 Sitios protegidos, Área de Estudio II “PAACUME”, 2017.	579
Figura n° 9. 73 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Salud.	613
Figura n° 9. 74 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Agua potable.	615
Figura n° 9. 75 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Recolección de basura.	618
Figura n° 9. 76 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Electricidad.	620
Figura n° 9. 77 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Telefonía fija.	621
Figura n° 9. 78 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según la calidad y prestación del servicio de Telefonía celular.	622
Figura n° 9. 79 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según Sexo.	627
Figura n° 9. 80 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Edad.	627
Figura n° 9. 81 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Ocupación.	628
Figura n° 9. 82 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según las Oportunidades de Empleo.	629
Figura n° 9. 83 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según proyectos, en desarrollo comunal.	631
Figura n° 9. 84 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, si ha escuchado o no acerca del Proyecto.	633

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 9. 85 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, qué conoce del Proyecto.	634
Figura n° 9. 86 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, las obras del proyecto afectarían a la comunidad.	635
Figura n° 9. 87 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, acuerdo o desacuerdo con el Proyecto.	636
Figura n° 9. 88 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, le gustaría recibir información del proyecto.	637
Figura n° 9. 89 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, cómo le gustaría recibir información del proyecto.	637
Figura n° 9. 90 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, principales beneficios del proyecto.	638
Figura n° 9. 91 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, principales impactos negativos del proyecto.	639
Figura n° 9. 92 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según Sexo.	642
Figura n° 9. 93 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Edad.	643
Figura n° 9. 94 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según la Ocupación.	644
Figura n° 9. 95 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según total de hectáreas de la finca.	645
Figura n° 9. 96 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, principal actividad realizada.	645
Figura n° 9. 97 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según aprovechamiento y superficie agrícola.	646
Figura n° 9. 98 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según aprovechamiento y superficie pecuaria.	647
Figura n° 9. 99 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según aprovechamiento y superficie forestal.	648
Figura n° 9. 100 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según principal fuente de ingresos en la finca.	649
Figura n° 9. 101 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según ingreso económico en la finca, estable o por temporada.	650
Figura n° 9. 102 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según mano de obra empleada en labores de la finca.	650
Figura n° 9. 103 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según tipo de cultivo realizado en la finca.	651
Figura n° 9. 104 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según cuántas cosechas al año.	652
Figura n° 9. 105 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según tipo de cultivo.	653
Figura n° 9. 106 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según tipo de animales en las fincas.	654
Figura n° 9. 107 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según cantidad de animales en la finca.	654
Figura n° 9. 108 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según tipo de producción.	655
Figura n° 9. 109 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según superficie Forestal.	656
Figura n° 9. 110 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia, según hectáreas destinadas a la actividad forestal.	657
Figura n° 9. 111 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, si ha escuchado o no acerca del Proyecto.	658

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 9. 112 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, la obtención de información del Proyecto.	658
Figura n° 9. 113 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, nivel de información del Proyecto.	659
Figura n° 9. 114 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, las obras del proyecto afectarían directamente.	660
Figura n° 9. 115 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, las obras de qué manera afectarían.	661
Figura n° 9. 116 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, acuerdo o desacuerdo con el Proyecto.	662
Figura n° 9. 117 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, le gustaría recibir información del proyecto.	662
Figura n° 9. 118 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, principales beneficios del proyecto.	663
Figura n° 9. 119 Distribución de la población de las Comunidades del área de influencia, según, principales impactos del proyecto.	664
Figura n° 9. 120 Fotografía comunidades distrito de Sardinal, 2016.	670
Figura n° 9. 121 Fotografía comunidades distrito de Belén, 2016.	671
Figura n° 9. 122 Fotografía comunidades distrito de Santa Cruz, 2016.	673
Figura n° 9. 123 Fotografía comunidades distrito de Diriá, 2016.	674
Figura n° 9. 124 Fotografía comunidades distrito de Bolsón, 2016.	675
Figura n° 9. 125 Fotografía comunidades distrito de Veintisiete de Abril, 2016.	676
Figura n° 9. 126 Fotografía comunidades distrito de Talolinga, 2016.	677
Figura n° 9. 127 Esquema del Proceso Participativo Interactivo.	680
Figura n° 9. 128 Delimitación de terrenos para prospección arqueológica, área de embalse, PAACUME.	684
Figura n° 9. 129 Selección de canales para prospección arqueológica en la red de conducción y distribución del PAACUME.	685
Figura n° 9. 130 Sitios arqueológicos identificados en el área de embalse y alrededores, PAACUME.	687
Figura n° 9. 131 Sectores con evidencia precolombina, sitios Montaña Dorada y Las Tejas ubicados en el área de embalse.	693
Figura n° 9. 132 CHerramientas líticas halladas en el sector 1 del sitio arqueológico Montaña Dorada (a-g). Fragmento de obsidiana procedente del sitio Presa (h).	694
Figura n° 9. 133 Asientos de piedra reportados en el sitio San Gerardo (a y b), hacha pulida sitio Mirador (c), implementos de molienda hallados en áreas funerarias (d, e) y de uso doméstico (f, g, h, i, j, k).	697
Figura n° 9. 134 Mojones de piedra reportados en los diferentes sitios funerarios del periodo Bagaces (a-b-c-d). Posible cantera precolombina, obsérvese los bloques de ignimbritas con formas similares a los mojones (e-f).	698
Figura n° 9. 135 Rasgo funerario denominado Rodela (a). Conjunto de rasgos funerarios sitio arqueológico Invenio, sector 1 (b).	703
Figura n° 9. 136 Montículo funerario sitio arqueológico San Gerardo (a). Rasgos funerarios hallados debajo de un bloque de arenisca (b).	704
Figura n° 9. 137 Cerámica fragmentada hallada en los diferentes sitios arqueológicos del área de embalse, estilísticamente se asocia al periodo Bagaces.	705
Figura n° 9. 138 Particularidades estilísticas de la cerámica proveniente de sitios arqueológicos funerarios del área de embalse y alrededores, periodo Bagaces.	706
Figura n° 9. 139 Panorámica del terreno donde se construirán los almacenes, talleres, campamentos y oficinas.	707
Figura n° 9. 140 Sitios arqueológicos identificados en el canal Oeste Tramo III, PAACUME.	710
Figura n° 9. 141 Sitio arqueológico Mirador, obsérvese en el recuadro el diseño de los tres petroglifos reportados, PAACUME.	711
Figura n° 9. 142 Sitios arqueológicos identificados en la Red de conducción y distribución, Valle del Tempisque.	713

Elaborado por

Desarrollador

Figura n° 9. 143 Sitio arqueológico Palmira identificado en el trazado del canal (50 m) y sitio San Blas (15 m).....	717
Figura n° 9. 144 Sitios arqueológicos existentes en el trazado de canales secundarios (20 m)....	718
Figura n° 9. 145 Sitio arqueológico Tecal identificado en el trazado	719
Figura n° 9. 146 Atributos de la cerámica de los periodos Sapoá y Ometepe, observada en varios de los sitios arqueológicos existentes en la red de conducción y distribución, PAACUME	720
Figura n° 9. 147 División de los dos Sectores de estudio.....	724
Figura n° 9. 148 Tipos y representación gráfica de elementos estructurales del paisaje y sus correlaciones	725
Figura n° 9. 149 Unidad de Paisaje Río Piedras.....	728
Figura n° 9. 150 Unidad de Paisaje Lomas.....	729
Figura n° 9. 151 Unidad Paisaje Mesetas	730
Figura n° 9. 152 Unidad de Paisaje Planicie aluvial.	730
Figura n° 9. 153 Mapa de Unidades de Paisaje del Sector 1 Embalse Río Piedras.	731
Figura n° 9. 154 División de los dos Sub sectores de estudio para el Sector 2.	733
Figura n° 9. 155 Mapa de Unidades de Paisaje del Sector 2 Área de Riego Cuenca del río Tempisque.	735
Figura n° 9. 156 Unidad de Paisaje Cerros aislados.	737
Figura n° 9. 157 Unidad Paisaje Meseta de Liberia.....	738
Figura n° 9. 158 Unidad de Paisaje de Planicies Fluviales.....	739
Figura n° 9. 159 Unidad de Paisajes Riberinos	740
Figura n° 9. 160 Unidad de Paisajes Urbanos	741
Figura n° 9. 161 Modelo de Calidad de Paisaje de Escribano.....	742
Figura n° 9. 162 Mapa de Calidad del Paisaje del Sector 1 Embalse Río Piedras	749
Figura n° 9. 163 Calidad del Paisaje del Sector 2 Área de Riego Cuenca del río Tempisque.	753
Figura n° 9. 164 Recursos escénicos importantes del área de estudio ambiental de PAACUME.	759
Figura n° 9. 165 Apreciación del paisaje por parte de las comunidades del área de influencia social. Sector 1	761
Figura n° 9. 166 Valoración del paisaje por parte de las comunidades del área de influencia.	761
Figura n° 9. 167 Nivel de Importancia del paisaje según comunidades.	762
Figura n° 9. 168 Ejemplos de Fotografías por tipos de paisajes usados en el taller.....	764
Figura n° 9. 169 Material de apoyo usado para aplicar la encuesta	764
Figura n° 9. 170 Registro fotográfico del desarrollo de los talleres en las comunidades.	766
Figura n° 9. 171 Valoración de los paisajes Naturales por parte de los habitantes de las comunidades encuestadas.	767
Figura n° 9. 172 Calificativos usados en los paisajes Naturales.	767
Figura n° 9. 173 Elementos más representativos del paisaje.....	768
Figura n° 9. 174 Valoración de los paisajes agrícolas.	769
Figura n° 9. 175 Calificativos usados en los paisajes agrícolas.	770
Figura n° 9. 176 Elementos más representativos de paisajes agrícolas	771
Figura n° 9. 177 Valoración de los paisajes de cuerpos de agua.....	772
Figura n° 9. 178 Calificativos usados en los paisajes de cuerpos de agua	772
Figura n° 9. 179 Elementos representativos en los paisajes de cuerpos de agua	773
Figura n° 9. 180 Valoración de los paisajes de época lluviosa	774
Figura n° 9. 181 Calificativos usados en los paisajes de época lluviosa.....	775
Figura n° 9. 182 Elementos significativos de paisajes en época lluviosa.....	776
Figura n° 9. 183 Factores de que han incidido en el cambio del paisaje del área	777
Figura n° 9. 184 Mapa de áreas socialmente sensibles	781
Figura n° 10. 1 Hoja de cálculo para la valoración de impacto PAACUME.	794
Figura n° 10. 2 Mapa de susceptibilidad ambiental integral vrs componentes del proyecto	822
Figura n° 12. 1 Búsqueda de fauna durante el proceso de llenado de embalse.	917
Figura n° 12. 2 Captura de fauna durante el proceso de llenado de embalse.	917
Figura n° 12. 3 Liberación de fauna capturada durante el proceso de llenado de embalse.	918
Figura n° 12. 4 Propuesta SENARA de Compensación por la inundación de 113 hectáreas de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal.	920



Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)



Elaborado por	Desarrollador
Figura n° 12. 5 Pasos de Fauna Terrestre.....	923
Figura n° 12. 6 Paso de Fauna aéreos.	924
Figura n° 12. 7 Ubicación del sitio de la ubicación de la acera.....	940
Figura n° 12. 8 Imagen de referencia para el diseño del paso para peces.	941
Figura n° 12. 9 Recomendaciones Incendio Forestal	946
Figura n° 12. 10 Propuesta de corredor biológico Río Piedras- RBLB.....	948
Figura n° 12. 11 Estructura organizacional del Desarrollador del Proyecto.	952

2. Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)

Se entregó a las Municipalidades correspondientes previo a la entrega del documento a la Secretaría Técnica Nacional Ambiental. Se entrega documento con los sellos de recibido correspondientes.

3. Introducción

El presente documento, corresponde al Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME) el cual se remitirá a revisión por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

El presente estudio se realizó con el aporte de profesionales de varias disciplinas del Instituto Costarricense de Electricidad, los cuales en términos generales utilizaron la siguiente metodología:

- Recopilación de la información secundaria existente sobre el AP, la cual incluyó la búsqueda de mapas, fotografías aéreas, informes de trabajos anteriores, recursos electrónicos (software, atlas digitales, sitios web), entre otros.
- Ejecución de trabajos de campo, dentro de los cuales se incluyen el reconocimiento general de los elementos del AP (en función de cada disciplina), ensayos geotécnicos, prospección arqueológica, estudios de flora y fauna, entrevistas a grupos focales e informantes claves, proceso de comunicación y participación social en el área de influencia entre otros.
- Análisis de la información recopilada, identificación de los impactos ambientales y propuesta de las medidas de prevención, mitigación y compensación.
- Elaboración del informe final del Estudio de Impacto Ambiental.

El estudio se desarrollo desde el mes de enero del año 2016 y finalizó en agosto del 2017. Los trabajos de campo se realizaron desde el mes de enero 2016 hasta marzo del 2017.

A continuación se indica la información referida al desarrollador:

Cuadro n° 3. 1 Información Desarrollador del Proyecto.

Razón Social:	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
Cédula Jurídica:	3 – 007 – 042041
Dirección	Calle Blancos, del Puente de Cinco Esquinas de Tibás 500 metros Este
Fax para notificaciones:	2222 – 8750
Representante legal:	Ing. Patricia Quiros Quiros

Elaboración propia, 2017.

4. Información general

El “Programa Integral para el Abastecimiento de Agua para Guanacaste (Pacífico Norte)” está contemplado en el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 Alberto Cañas Escalante como un programa específico del Sector de Ambiente, Energía, Mares y Ordenamiento Territorial y en el Plan Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH 2008-2030), ambos bajo la Rectoría del Ministro de Ambiente y Energía.

Con el Decreto Ejecutivo 38665-MP-MIDEPLAN-MAG, del 12 de noviembre del 2014, se crea la Comisión de Alto Nivel (coordinada por el Ministro del MINAE), así como la Secretaría Técnica de la Comisión de Alto Nivel (coordinada por el Director de la Dirección de Aguas del MINAE) para el Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste (Pacífico Norte), denominado PIAAG, que contempla 4 ejes principales, a saber:

- a. Seguridad hídrica para las comunidades: Sistemas de AyA y las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS)
- b. Seguridad Alimentaria: Incremento de la producción alimentaria con sistemas de riego a cargo del Senara.
- c. Necesidades de agua de los ecosistemas: Promover la sostenibilidad de los ecosistemas.
- d. Gestión de aprovechamiento sostenible: Mejorar el aprovechamiento del agua disponible en la provincia, con prioridad el agua subterránea.

Dentro del PIAAG, instituciones como el SENARA, el AyA y la misma Dirección de Aguas del MINAE, incorporan los proyectos específicos que se van a desarrollar, de tal forma que sean considerados dentro del planeamiento general que se está realizando.

En el eje correspondiente a Seguridad Alimentaria, el Senara tiene incorporado el **Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras**, anteriormente llamado como Agua para Guanacaste o Embalse río Piedras.

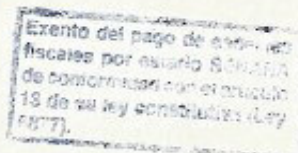
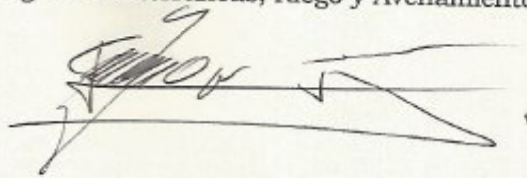
Este proyecto, considera la utilización de las aguas del embalse Arenal, para conducir las hasta un embalse de almacenamiento y regulación en el río Piedras. Posteriormente, éstas aguas serán llevadas hasta la margen derecha del río Tempisque para diferentes usos, tales como: agua potable, riego para producción agropecuaria, riego de áreas verdes en proyectos turísticos, y potencialmente utilizada para generación hidroeléctrica en el sitio de la presa.

Información sobre la persona física o jurídica

LIC. GIOVANNI LÓPEZ JIMÉNEZ
NOTARIO PÚBLICO DE SAN JOSÉ

CERTIFICA:

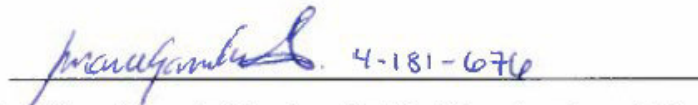
Con vista en el acuerdo de su nombramiento tomado por la Junta Directiva del **Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA)** acuerdo firme número cuatro mil setecientos cuarenta y seis, tomado en la sesión ordinaria número seiscientos cincuenta y uno-catorce, celebrada el día diecinueve de mayo del año dos mil catorce, publicado en La Gaceta número noventa y ocho del veintitrés de mayo de dos mil catorce, CERTIFICO que **PATRICIA QUIRÓS QUIRÓS**, mayor, casada una vez, cédula de identidad número tres-doscientos diecinueve-cero cero ocho, Licenciada en Ingeniería Agrícola, y Master en Administración de Empresas (MBA), vecina de Paraíso de Cartago, es GERENTE GENERAL CON FACULTADES DE APODERADA GENERALÍSIMA SIN LIMITE DE SUMA, por el periodo comprendido entre el veintiséis de mayo del dos mil catorce al veinticinco de mayo del dos mil dieciocho, del **Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA)**, cédula de persona jurídica número tres- cero cero siete-cero cuatro dos cero cuatro uno, domiciliado en San José, entidad creada mediante Ley número seis mil ochocientos setenta y siete del dieciocho de julio de mil novecientos ochenta y tres. Asimismo certifico, que el citado nombramiento se encuentra vigente. **ES CONFORME**. Expido la presente certificación a solicitud de Ericka López Soto, funcionaria de SENARA, en forma literal y para efectos oficiales de SENARA, en la ciudad de San José, Costa Rica, al ser las siete horas cincuenta y siete minutos del día veintiocho de agosto del dos mil diecisiete y de conformidad con el artículo ciento diez del Código Notarial. Exenta de timbres y especies fiscales de conformidad con el artículo trece de la Ley de Creación del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Ley N° 6877).



4.1 Información sobre el equipo profesional que elaboró la EIA

El presente Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME), fue ejecutado por los profesionales abajo firmantes funcionarios del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en correspondencia a lo solicitado por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas y Avenamiento (SENARA).

Equipo profesional responsable:



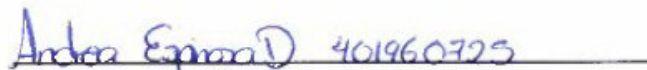
Socióloga Marcela Gamboa Cortés (Coordinadora del EsIA)

Número de registro Consultor en la SETENA CI 069-07



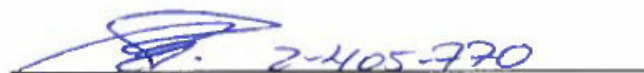
Arqueóloga Ana Cristina Hernández Alpizar

Número de registro Consultor en la SETENA CI 089-15



Socióloga Andrea Espinoza Delgado

Número de registro Consultor en la SETENA CI 253-14



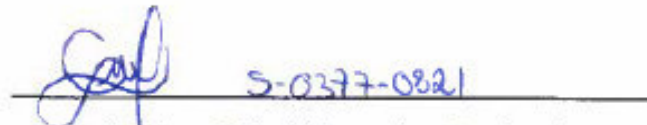
Comunicadora Maritza Rojas Molina

Número de registro Consultor en la SETENA CI 253-16


1-861-857

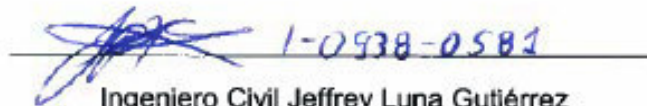
Economista Dora Carias Vega

Número de registro Consultor en la SETENA CI 120-16


5-0377-0821

Geóloga Geisell Barrantes Sandoval

Número de registro Consultor en la SETENA CI 320-15


1-0938-0581

Ingeniero Civil Jeffrey Luna Gutiérrez

Número de registro Consultor en la SETENA CI 115-11


1-1316-0879

Ingeniero Civil Fernando Fallas Barrantes

Número de registro Consultor en la SETENA CI 287-15


204280132

Biólogo Alex Molina Arias

Número de registro Consultor en la SETENA CI 140-06


402050938

Biólogo José Pablo Molina Rodríguez

Número de registro Consultor en la SETENA CI 019-16

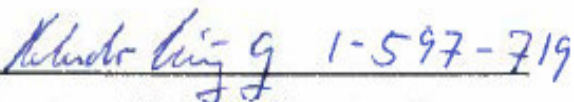


Elaborado por

Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)




Desarrollador

 1-597-719

Ing. Forestal Rolando Núñez González

Número de registro Consultor en la SETENA CI 211-12

 2-475-571

Ing. Forestal Diego Lorenzo Arguello Murillo

Número de registro Consultor en la SETENA CI 039-04

 1-234-917

Geógrafo Joaquín Alfonso Méndez Argüello

Número de registro Consultor en la SETENA CI 227-14

 6-364-944

Geógrafo Oscar Mario Barrientos Ortiz

Número de registro Consultor en la SETENA CI 305-14

HANS ANTONIO JIMENEZ LASCAREZ
1 0 6 0 5 0 1 2 3



RAZÓN DE AUTENTICACIÓN

El suscrito, **HANS ANTONIO JIMÉNEZ LÁSCAREZ**, Notario Público Institucional al servicio del **Instituto Costarricense de Electricidad**, entidad autónoma con domicilio en San José y cédula de persona jurídica número cuatro-cero cero cero-cero cuarenta y dos mil ciento treinta y nueve, con oficina abierta en el Edificio Central, ubicado en Sabana Norte, a solicitud de dicho instituto, **AUTENTICO** las catorce firmas que se encuentran en el documento que antecede, denominado "**Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME)**", y que corresponden a los profesionales que participaron en la elaboración de dicho estudio de impacto ambiental: **Marcela Gamboa Cortés**, cédula de identidad número cuatro-cero ciento ochenta y uno-cero seiscientos setenta y seis; **Ana Cristina Hernández Alpízar**, cédula de identidad número uno-cero quinientos cincuenta y uno-cero novecientos noventa y tres; **Andrea Espinoza Delgado**, cédula de identidad número cuatro-cero ciento noventa y seis-cero setecientos veinticinco; **Maritza Rojas Molina**, cédula de identidad número dos-cero cuatrocientos cinco-cero setecientos setenta; **Dora Carías Vega**, cédula de identidad número uno-cero ochocientos sesenta y uno-cero ochocientos cincuenta y siete; **Gelsell Barrantes Sandoval**, cédula de identidad número cinco-cero trescientos setenta y siete-cero ochocientos veintiuno; **Jeffrey Luna Gutiérrez**, cédula de identidad número uno-cero novecientos treinta y ocho-cero quinientos ochenta y uno; **Fernando Fallas Barrantes**, cédula de identidad número uno-mil trescientos dieciséis-cero ochocientos setenta y nueve; **Alex Molina Arias**, cédula de identidad número dos-cero cuatrocientos veintiocho-cero ciento treinta y dos; **José Pablo Molina Rodríguez**, cédula de identidad número cuatro-cero doscientos cinco-cero novecientos treinta y ocho; **Rolando Núñez González**, cédula de identidad número uno-cero quinientos noventa y siete-cero setecientos diecinueve; **Diego Lorenzo Arguello Murillo**, cédula de identidad número dos-cero cuatrocientos setenta y cinco-cero quinientos setenta y uno; **Joaquín Alfonso Méndez Argüello**, cédula de identidad número uno-cero ochocientos treinta y cuatro-cero novecientos diecisiete y **Oscar Mario Barrientos Ortiz**, cédula de identidad número seis-cero trescientos sesenta y cuatro-cero novecientos cuarenta y cuatro; a quienes

HANS ANTONIO JIMENEZ LASCAREZ



5840=44325735

Elaborado por

Desarrollador

plenamente identifiqué en dicha diligencia efectuada en esta fecha, para lo cual doy fe que las firmas fueron puestas en mi presencia y en forma voluntaria de su puño y letra, como funcionarios del Instituto Costarricense de Electricidad, dejando constancia que la firma estampada en este pliego es la propia y que el sello blanco que aparece es el debidamente registrado a mi nombre ante la Dirección Nacional de Notariado. San José, a las trece horas veinticinco minutos del veinticinco de agosto del dos mil diecisiete.-----





Elaborado por

Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)



Desarrollador

Colaboración profesional y técnica

Annie Chinchilla Mata
Yeudín Chaves Rodríguez
Jonathan Cortés Mena
Alexis Vindas Vargas
David Guadamuz Leal
Luis Fernando Artavia Alpízar
Wendy Hernández Brenes
Laura Fournier Gutiérrez
Gustavo Gamboa Arias
Jorge Rosales Blandino
Laurent Lostalo Ignacio
Gerardo Alvarado Araya
Karla Bermúdez Vargas
Erick Barrantes Barrantes
Krysia Castillo Picado
Tonny Sánchez Rivera
Daniel Mora Barrantes
José Carlos Bustos Ramos
Jose Arturo Arley Varga

Randall Acuña Torres
Andrea Quesada Ríos
Nelson Rodríguez Noguera
Sindy Rojas Meléndez
Alonso Zúñiga Madrigal
Jorge Ulloa Morera
Grettel Monge Muñoz
Luis Ernesto Acuña Acuña
José Aguirre Aguirre
Reinaldo Vargas Morales
Martha Rebeca Lobo Murillo
Olman Salazar Arguedas
Kermith Carvajal Salas
Naomi Roper Small
Francini Aguilar Carballo
Luis Fernando Mesén Juárez
Freddy Quesada Calvo
Juan Carlos González Carranza

Apoyo y colaboración de los funcionarios de la Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos (INDEP), funcionarios del Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT) y de la Unidad PAACUME del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA).

4.2 Términos de referencia del EsIA realizado

Se realizó el uso directo de la Guía General para la elaboración de instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental (Guía EIA). Considerando que el Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME) cumple con lo correspondiente a proyectos de Clase A tipo Megaproyecto de Alto Impacto Ambiental Potencial; apegado al Decreto Ejecutivo N° 34375-MINAE. Modificaciones al Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA – PARTE II) - Documento de Evaluación Ambiental D1 y otras regulaciones en materia ambiental.

Se desarrollaron los siguientes apartados:

N°	Tema
1.	Índice
2.	Declaratoria de Impacto Ambiental
3.	Introducción
4.	Información general
4.1	Información sobre la persona física o jurídica
4.2	Información sobre el equipo profesional que elaboró el EsIA
4.3	Términos de referencia del EsIA
5.	Descripción del proyecto
5.1	Ubicación geográfica
5.2	Ubicación político administrativa
5.3	Justificación técnica del proyecto y sus opciones
5.4	Concordancia con el plan de uso de la tierra
5.5	Área estimada del proyecto y área de influencia
5.6	Fases de desarrollo o actividades a realizar en cada fase del proyecto
5.6.1	Tiempo de ejecución
5.6.2	Flujograma de actividades
5.6.3	Infraestructura a desarrollar
5.7	Fase de construcción
5.7.1	Equipo y materiales a utilizar
5.7.1.1	Materiales a utilizar
5.7.1.2	Rutas de movilización de equipo
5.7.1.3	Frecuencia de movilización
5.7.1.4	Mapeo de rutas más transitadas por efecto del proyecto, incluyendo acceso
5.7.2	Necesidad de recursos en esta fase o agua
5.7.2.1	Energía eléctrica
5.7.2.2	Alcantarillado (aguas residuales)
5.7.2.3	Vías de acceso
5.7.2.4	Mano de obra
5.7.2.5	Campamentos
5.7.3	Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos
5.7.3.1	Sólidos
5.7.3.2	Líquidos (incluyendo drenajes)
5.7.3.3	Gaseosos
5.7.3.4	Reciclaje y/o reusables
5.7.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase
5.8	Fase de operación
5.8.1	Equipo y materiales a utilizar
5.8.1.1	Rutas de movilización de equipo

Elaborado por

Desarrollador

N°	Tema
5.8.1.2	Frecuencia de movilización
5.8.1.3	Mapeo de recursos en esta fase o agua
5.8.2	Necesidad de recursos en esta fase o agua
5.8.2.1	Energía eléctrica
5.8.2.2	Alcantarillado (aguas servidas)
5.8.2.3	Mano de obra
5.8.3	Disposición de desechos residuos, especiales, industriales, peligrosos
5.8.3.1	Sólidos
5.8.3.2	Líquidos (incluyendo drenaje)
5.8.3.3	Gaseosos
5.8.3.4	Reciclaje y/o reusables
5.8.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase
5.9	Fase de cierre
6.	Descripción de la normativa legal
6.1	Marco jurídico
7.	Descripción del ambiente físico
7.1	Geología o aspectos geológicos regionales
7.1.1	Aspectos geológicos locales
7.1.2	Análisis estructural y evaluación
7.1.3	Mapa geológico del AP y AID
7.1.4	Caracterización geotécnica
7.1.5	Estabilidad de taludes
7.2	Geomorfología
7.2.1	Descripción geomorfológica regional
7.2.2	Descripción geomorfológica local
7.2.3	Mapa geomorfológico
7.3	Suelos
7.4	Clima
7.5	Hidrología
7.5.1	Aguas superficiales
7.5.1.1	Calidad del agua
7.5.1.2	Cotas de inundación
7.5.1.3	Caudales (máximos, mínimos y promedio)
7.5.1.4	Corrientes, mareas y oleaje
7.5.2	Aguas subterráneas
7.5.2.1	Vulnerabilidad a la contaminación
7.5.2.2	Mapa de elementos hidrogeológicos
7.6	Calidad del aire
7.6.1	Ruido y vibraciones
7.6.2	Olores
7.6.3	Gases
7.7	Amenazas naturales
7.7.1	Amenaza sísmica
7.7.2	Fallas geológicas activas
7.7.3	Amenaza volcánica
7.7.4	Movimientos en masa
7.7.5	Erosión
7.7.6	Inundaciones
7.7.7	Licuefacción, subsidencias y hundimientos
7.7.8	Mapa de susceptibilidad
8.	Descripción del ambiente biológico

Elaborado por

Desarrollador

Nº	Tema
8.1	Introducción
8.1.1	Ambiente terrestre
8.1.1.1	Estatus de protección del AP
8.1.1.2	Zonas de vida
8.1.1.3	Asociaciones naturales presentes
8.1.1.4	Cobertura vegetal actual por asociación natural
8.1.1.5	Especies indicadoras por ecosistema natural
8.1.1.6	Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extensión
8.1.1.7	Fragilidad de ecosistemas
8.1.2	Ambiente Marítimo
8.1.3	Ambiente acuático
8.1.3.1	Fauna acuática
8.1.3.2	Caracterización del ecosistema ripario
8.1.3.3	Especies indicadoras
8.1.3.4	Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción
8.1.3.5	Fragilidad del ambiente acuático continental
9	Descripción del ambiente socioeconómico
9.1	Uso actual de la tierra en sitios aledaños
9.2	Tenencia de la tierra en sitios aledaños
9.3	Características de la población
9.3.1	Demográficas
9.3.2	Culturales y sociales
9.3.3	Económicas
9.4	Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular
9.4.1	Análisis de vialidad
9.5	Servicios de emergencia disponibles
9.6	Servicios básicos
9.7	Percepción local sobre el proyecto y sus posibles impactos
9.7.1	Estudio cualitativo
9.7.2	Estudio cuantitativo
9.7.3	Proceso participativo interactivo
9.8	Infraestructura comunal
9.9	Sitios arqueológicos
9.9.1	Sitios registrados
9.9.2	Materiales o rasgos culturales identificados en el AP
9.9.3	Densidad de material encontrado y extensión del sitio en el AP
9.9.4	Análisis de la información arqueológica recuperada en el AP
9.9.5	Posibilidad de recuperación de información adicional en el AP
9.10	Sitios históricos culturales
9.11	Paisaje
9.12	Mapa de áreas socialmente sensibles
10.	Diagnóstico ambiental
10.1	Resumen del proyecto y de las opciones contempladas
10.2	Elementos del proyecto generadores de impactos ambientales
10.3	Factor del medio ambiente susceptibles de ser impactados
10.4	Identificación y pronóstico de impactos ambientales
10.5	Impactos ambientales que producirá el proyecto y sus opciones
10.6	Selección de la opción del proyecto
10.7	Mapa de susceptibilidad ambiental integral vrs componentes del proyecto
11.	Evaluación impactos medidas correctivas
11.1	Medio físico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo físico)

Elaborado por

Desarrollador

N°	Tema
11.2	Medio biótico (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo físico)
11.3	Medio (en cada uno de los componentes analizados en el capítulo físico)
11.4	Análisis de los efectos acumulativos
11.5	Análisis de los efectos sinérgicos de otros proyectos en construcción y operación
11.6	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales
12	Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental (PGA)
12.1	Organización del proyecto y ejecutor de las medidas
12.2	Cuadro del Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental
12.3	Monitoreo regencia
12.4	Cronograma de ejecución
12.5	Plan recuperación ambiental post-operacional
12.6	Costo de la gestión ambiental
13.	Análisis de riesgo y planes de contingencia
13.1	Fuentes de riesgo ambiental
13.2	Evaluación de riesgo ambiental
13.3	Plan de contingencia
14.	Análisis financiero y económico
14.1	Análisis financiero
14.1.1	Flujo de caja
14.1.2	Cálculo del VAN y la TIR
14.1.3	Financiamiento
14.2	Ajuste económico por concepto de transferencias
14.3	Ajuste económico por concepto de precios sociales
14.3.1	Ajuste por FATC
14.3.2	Ajuste por FAMO
14.3.3	Ajuste por FADT
14.4	Recalculo del VAN y la TIR
14.5	Ajuste económico por externalidades sociales y ambientales y análisis costo-beneficio final
14.6	Valoración monetaria de las externalidades sociales
14.7	Valoración monetaria de las externalidades sociales
14.8	Calculo del VAN social
15.	Calidad ambiental del AP y el área de influencia biofísica y social (directa e indirecta)
15.1	Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia biofísica y social (directa e indirecta)
15.2	Síntesis de compromisos ambientales del Proyecto
15.3	Política Ambiental del Proyecto
16.	Monto Global de la Inversión de la opción seleccionada
17.	Referencias bibliográficas

5. Descripción del Proyecto

5.1 Ubicación geográfica

Se ubica entre las coordenadas planas 366384.46 – 312223.32 F. E y 1159753.3 – 1136311.41 F. N del sistema de proyección CRTM05. Se encuentra en las hojas cartográficas Belén, Carrillo Norte, Diriá, Monteverde, Talolinga y Tempisque, escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional.

Ver anexo n° 5.1 Mapa Ubicación Geográfica de PAACUME (Documento Anexos Tomo I).

5.2 Ubicación política – administrativa

El desarrollo de las obras de PAACUME se ubica en la región Chorotega, provincia de Guanacaste. Su área de influencia comprende los cantones de 4 Bagaces, 1 Liberia, 5 Carrillo, 3 Santa Cruz y 2 Nicoya. Sin embargo, el área de riego, solo cubre algunos distritos de los cantones de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.

En el siguiente cuadro se detallan los distritos de los cantones donde se localiza PAACUME:

Cuadro n° 5. 1 Ubicación político administrativo de las obras de PAACUME.

Obras de PAACUME	Provincia	Cantón	Distrito
Embalse y canal oeste	Guanacaste	Bagaces	Bagaces
		Liberia	Liberia
Red de conducción y distribución	Guanacaste	Carrillo	Palmira
			Filadelfia
			Sardinal
			Belén
		Santa Cruz	Santa Cruz
			Diriá
			Bolsón
			Veintisiete de Abril
		Nicoya	San Antonio

Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.3 Justificación técnica del Proyecto y sus opciones.

El “Programa Integral para el Abastecimiento de Agua para Guanacaste (Pacífico Norte)” está contemplado en el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 Alberto Cañas Escalante como un programa específico del Sector de Ambiente, Energía, Mares y Ordenamiento Territorial y en el Plan Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH 2008-2030), ambos bajo la Rectoría del Ministro de Ambiente y Energía.

Con el Decreto Ejecutivo 38665-MP-MIDEPLAN-MAG, del 12 de noviembre del 2014, se crea la Comisión de Alto Nivel (coordinada por el Ministro del MINAE), así como la Secretaría Técnica de la Comisión de Alto Nivel (coordinada por el Director de la Dirección de Aguas del MINAE) para el Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste (Pacífico Norte), denominado PIAAG, que contempla 4 ejes principales, a saber:

- Seguridad hídrica para las comunidades: Sistemas de AyA y las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS)
- Seguridad Alimentaria: Incremento de la producción alimentaria con sistemas de riego a cargo del Senara.
- Necesidades de agua de los ecosistemas: Promover la sostenibilidad de los ecosistemas.
- Gestión de aprovechamiento sostenible: Mejorar el aprovechamiento del agua disponible en la provincia, con prioridad el agua subterránea.

Elaborado por

Desarrollador

Dentro del PIAAG, instituciones como el SENARA, el AyA y la misma Dirección de Aguas del MINAE, incorporan los proyectos específicos que se van a desarrollar, de tal forma que sean considerados dentro del planeamiento general que se está realizando.

En el eje correspondiente a Seguridad Alimentaria, el Senara tiene incorporado el **Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME)**, anteriormente llamado como Agua para Guanacaste o Embalse río Piedras.

Se plantea como la mejor alternativa para desarrollar en el marco de atención al problema del déficit hídrico en la provincia de Guanacaste, PAACUME consiste en la construcción de un embalse de almacenamiento y regulación en el río Piedras, para aprovechar las aguas del Sistema Hidroeléctrico ARDESA y conducirla hasta la margen derecha del río Tempisque para suministro de agua potable, riego agropecuario y en desarrollos turísticos en los cantones de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.

Es importante resaltar que con este proyecto se abastecería de agua potable a unas 500.000 personas en un horizonte de 50 años.

Con esta alternativa de solución al problema del déficit hídrico para la cuenca media del río Tempisque, se lograría mejorar el desarrollo socioeconómico de la provincia de Guanacaste.

5.3.1 Objetivos del proyecto.

Objetivo general

Incrementar la disponibilidad del agua en la margen derecha del río Tempisque, mediante la construcción de obras de infraestructura, como medidas de adaptación al cambio climático para un mejor aprovechamiento del agua, estimulando el desarrollo socioeconómico de la región.

Objetivos específicos del proyecto

- Estimular la inclusión social y territorial de la región, mediante la generación de oportunidades, para acceder a la actividad productiva y satisfacción de las necesidades hídricas de la población.
- Disminuir el uso del agua extraída de los acuíferos y de las fuentes superficiales del área de influencia del proyecto, para actividades agropecuarias, por agua proveniente del proyecto con el fin de contribuir a la sostenibilidad y preservación de las fuentes de agua.
- Reducir la brecha existente entre oferta y demanda de agua para los diferentes usos: agua potable, riego para producción agropecuaria, riego de áreas verdes en proyectos turísticos y para generación hidroeléctrica.
- Aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua, mediante el estímulo de prácticas culturales y tecnológicas, basadas en el uso óptimo del recurso.

5.3.2 Alcance del Proyecto.

En la definición del alcance del Proyecto, se han establecido los siguientes principios esenciales:

- a. Utilización de agua del Embalse Arenal a partir de su utilización por el ICE en el Complejo Hidroeléctrico ARDESA y otras fuentes identificadas como el río Corobicí y el río Tenorio, que puedan integrarse dentro de la infraestructura de conducción y distribución que se proponga y que vengan a mejorar la disponibilidad de agua para la margen derecha del río Tempisque.
- b. Optimización de la captación de agua en la presa derivadora Miguel Pablo Dengo B., que permita la máxima utilización del agua proveniente del Embalse Arenal.
- c. Aprovechar al máximo la energía potencial que permita cubrir por gravedad la mayor cantidad de área.
- d. Los usos potenciales del agua serán, agua potable, riego agropecuario, apoyo al riego en el sector turístico y generación eléctrica.
- e. Uso eficiente y equitativo del agua para riego, para lo cual, reviste principal importancia la entrega volumétrica que motive a los usuarios del agua la implementación de sistemas de riego tecnificados y eficientes, que permitan cultivos más rentables que mejoren su condición socioeconómica.
- f. Cobertura con riego de la mayor cantidad de áreas potenciales desde el río Tempisque hasta las comunidades costeras con bajos índices de desarrollo dentro del área de estudio.
- g. No utilizar caudal de la época seca del río Piedras, para mantener sus condiciones actuales.
- h. Cubrir las necesidades técnicamente establecidas de las áreas declaradas con riego en el Distrito de Riego Arenal Tempisque.
- i. Sustitución de agua subterránea para riego por aguas superficiales, promoviendo la liberación de acuíferos y que el agua subterránea se convierta en una reserva futura principalmente para abastecimiento de agua potable.
- j. Se debe contemplar la formación y capacitación del productor agropecuario, para lograr una efectiva conversión, así como un proceso de concienciación local que también ayude a optimizar el uso del agua y disminuir los conflictos que en relación con el recurso hídrico se pudieran generar.

5.3.3 Beneficiarios del Proyecto.

Con la ejecución del Proyecto se beneficiarán con riego a tres cantones de la provincia de Guanacaste, a saber: Carrillo, Santa Cruz y Nicoya. Adicionalmente, PAACUME destinará 2 metros cúbicos por segundo de agua para consumo humano (cuyo tratamiento y distribución estará a cargo del AyA), lo que implica solucionar el déficit con un horizonte de 50 años de aproximadamente 500.000 personas, la generación de 7 MW por año y el riego de un área estimada en 1.875 ha en el sector turístico.

Los beneficiarios potenciales del proyecto están compuestos por la población general de la provincia de Guanacaste. La cual cuenta con una población proyectada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), de 371.375 habitantes para el 2.016, más la población flotante que está compuesta por el turismo nacional y extranjero estimándose en más de un millón de personas al año, a esto se le suma otra población compuesta por

Elaborado por

Desarrollador

trabajadores de las diferentes empresas que incluye el turismo y que permanecen entrando y saliendo del área.

El Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA), ha estimado que para el 2025 habrá una población, dentro del área del proyecto, equivalente a más de 220.000 habitantes como usuarios de los acueductos principales de la zona (SENARA, 2006).

En el año 2002 se registró el ingreso de 1.113.359 turistas. La tendencia al crecimiento es constante ya que para el 2014, se duplicó el número de visitación al país. Estas poblaciones de turistas serían atendidas principalmente en alrededor de 20 desarrollos turísticos que ocuparían aproximadamente 5.000 hectáreas en el polo de desarrollo Papagayo.

En el área de riego se estaría beneficiando a productores de todos los niveles, correspondiendo a empresas grandes que ya existen como los ingenios azucareros y las meloneras, donde se concentran las actividades productivas con mayor tecnología.

Por otro lado, los productores medianos de caña de azúcar y ganadería principalmente, que también disponen de tierras de buena calidad y que se caracterizan por usar paquetes tecnológicos.

También se encuentran los productores pequeños, en su mayoría en los asentamientos campesinos como Hacienda Filadelfia, COOPEBELEN, Los Molinos, La Cascada y Daniel Oduber, entre otros. Estos productores se dedican a actividades varias de acuerdo al mercado y, además, se caracterizan por demandar mayor apoyo por parte de las instituciones del sector agropecuario.

El área de riego agropecuario se estima en 17.000 ha en donde se podrían beneficiar 1.067 productores agropecuarios entre grandes, medianos y pequeños. La distribución de los propietarios se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro n° 5. 2 Distribución de los productores beneficiarios por cantón, PAACUME.

Cantón	Número de beneficiarios
Nicoya	84
Santa Cruz	482
Carrillo	505
Total	1.067

Fuente: Senara, 2017.

Resumen de los usos potenciales de PAACUME:

- Generación eléctrica: 7 MW
- Agua para riego sector agropecuario: 16.5 metros cúbicos por segundo
- Agua potable: 2 metros cúbicos por segundo
- Agua para riego del sector turístico: 1.5 metros cúbicos por segundo.

5.3.4 Descripción general de las obras constructivas de PAACUME.

El proyecto de “Abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras” (PAACUME), anteriormente conocido como “Agua para

Elaborado por

Desarrollador

Guanacaste” o “Embalse río Piedras”, está incluido en el marco del Programa Integral de Abastecimiento de Agua para Guanacaste (PIAAG), creado por decreto ejecutivo N° 38665-MP-MIDEPLAN-MINAE-MAG del 12 de noviembre de 2014; PAACUME forma parte del eje de “Seguridad Alimentaria”. El proyecto cuenta con el Decreto N° 34678-MP-MINAE-MAG que declara la conveniencia pública y nacional como una acción estratégica para el sector productivo “Declaración de interés público y conveniencia nacional del proyecto presa-embalse regulatorio del canal del oeste del distrito de riego arenal- tempisque, denominado también embalse piedras” (ver anexo n° 5.2 Declaratoria de Interés Público y Conveniencia Nacional-Tomo I)

La propuesta técnica del Proyecto tiene los siguientes componentes fundamentales:

Embalse Río Piedras

La construcción del Embalse en el Río Piedras, permitirá almacenar cerca de 90 millones de metros cúbicos provenientes del Sistema Hidroeléctrico ARDESA para ser utilizados aguas abajo, aprovechando la diferencia de nivel entre la cota 50 msnm (llegada del Canal Oeste Tramo I) y la cota 27 msnm, considerando la salida del Canal Oeste Tramo II. Es el elemento principal de almacenamiento y regulación del agua que llega al Proyecto, específicamente del Sistema Hidroeléctrico ARDESA y de los trasvases de los ríos Corobicí (ya construido) y Tenorio. Sus funciones principales son el almacenamiento y la regulación del agua, a efecto de ser utilizada en las áreas de riego del DRAT aguas abajo y para distintos usos en la margen derecha del río Tempisque.

Se estima un espejo de agua cercano a las 850 ha. y un área total necesaria para el mismo de alrededor de 1350 ha., considerando un anillo de protección entre 50 y 100 metros de ancho. Dentro del área del Embalse Río Piedras se han identificado 24 propiedades que deben ser adquiridas para la ejecución del Proyecto.

Una de las propiedades dentro del área del Embalse pertenece al Reserva Biológica Lomas Barbudal, con un área requerida de 113 ha. Esta área debe de ser compensada con un área aledaña de similares características ecológicas, para lo cual se realizó el estudio de línea base de biodiversidad que determinó la equivalencia de las áreas. Este estudio se lo elaboró la Organización de Estudios Tropicales (OET) a través de un convenio suscrito con el SENARA; se concluyó en junio del 2017. Una vez realizado el estudio y definida técnicamente la equivalencia de áreas, se requirió de la gestión para la aprobación del mismo por parte del Consejo Regional del Área de Conservación Arena Tempisque (CORACAT) y luego remitido al Consejo Nacional de Áreas de Conservación (CONAC), para luego, por medio de una ley de la República aprobada por la Asamblea Legislativa, se permita el cambio de uso y la compensación de áreas como se establece en el artículo 38 de la Ley Orgánica del Ambiente N 7554. En julio del año 2017 se presentó el Proyecto de Ley denominado “Ley para la modificación de límites de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal para el desarrollo del Proyecto de Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del río Tempisque y comunidades costeras” al cual se le asignó el expediente N° 20465.

La compensación de áreas es un elemento esencial para poder realizar la construcción del Embalse.

Canal Oeste Tramo II

Corresponde al tramo de canal que conduce el agua desde el Embalse Río Piedras hasta el río Cabuyo, con una longitud de aproximadamente 20 Km. Este tramo de canal está construido con una sección transversal en tierra y con una capacidad de conducción de aproximadamente 15 m³/seg. La capacidad del canal construido es menor a la requerida una vez puesto en funcionamiento el Embalse Río Piedras.

Por tanto, se requiere la ampliación y construcción del Canal Oeste Tramo II, revestido y con una sección transversal capaz de conducir los 20 m³/seg que se llevarán a la margen derecha del río Tempisque y el caudal necesario para suplir las necesidades de las áreas puestas bajo riego en el marco del DRAT.

El SENARA ya es propietario del terreno necesario para alojar este tramo de Canal Oeste, incluso las modificaciones requeridas ya cuentan con el aval de la Secretaria Nacional Ambiental por medio del expediente administrativo 087-1993 Proyecto Arenal – Tempisque.

Para efectos de este estudio de impacto ambiental, solamente se incluye en la evaluación los primeros 2.5 km del canal oeste, que estarían haciendo la conexión con la presa y el embalse Río Piedras.

Canal Oeste Tramo III

Se refiere al tramo de canal desde el río Cabuyo hasta el río Tempisque, con una longitud aproximada a los 35 Km y una sección transversal con capacidad de conducir los 20 m³/seg para ser utilizados en la margen derecha del río Tempisque.

Se estima que el agua podrá ser colocada en la margen derecha del río Tempisque a una elevación aproximada a los 21.5 msnm en las cercanías de la comunidad de Palmira del cantón Carrillo.

Este tramo de canal cruza tres propiedades, a efecto de realizar los trámites de adquisición de los derechos de paso, que corresponden a una franja de terreno aproximadamente 50 metros de ancho.

Obras para generación eléctrica.

El Canal Oeste Tramo I llega al sitio del Embalse Río Piedras en la cota 50 msnm, mientras que el Canal Oeste Tramo II, sale del Embalse en la cota 27 msnm.

Esta diferencia de nivel, que precisamente es la que permite el embalse de aguas, también permite la generación de electricidad, la cual se ha estimado entre 8 y 9 MW.

En este caso, la generación eléctrica debe conceptualizarse bajo un esquema de producción a partir de las demandas de agua para riego, pues de ninguna forma se puede condicionar el agua para riego a la generación de electricidad.

Dado que, en la margen derecha del río Tempisque algunas de las redes de distribución de agua requieren bombeo con energía eléctrica, el planteamiento inicial del Proyecto es que los beneficios de la generación eléctrica en el embalse río Piedras se utilice para cancelar

Elaborado por

Desarrollador

total o parcialmente el costo de bombeo del agua, de tal forma que, se pueda disminuir el costo de operación del Proyecto.

Red de conducción y distribución de riego.

Con el Canal Oeste Tramo III, se estaría llevando el agua (20 m³/seg) a la margen derecha del río Tempisque, a partir de donde se debe establecer la red de conducción y distribución del agua hasta las propiedades de los usuarios de riego o los sitios de entrega para agua potable y para los desarrollos turísticos conforme con la asignación de agua definida en los mecanismos de distribución.

La red de distribución considera la construcción de canales abiertos, tuberías a baja presión por gravedad, sistemas de bombeo y redes presurizadas de conducción y distribución, conforme con las condiciones topográficas y sitios de entrega establecidos. Se estima que, en total, esta red puede ser de aproximadamente 350 km de longitud.

5.4 Concordancia con el plan de uso de la tierra

Se indagó en las Municipalidades circunscritas donde se desarrollarán las obras del proyecto, para conocer si se contaba con planes de ordenamiento territorial en las áreas definidas o en su defecto si con los mecanismos de planificación actual de alguna manera las obras planteadas podrían ser no compatibles con lo determinado por las unidades técnicas de los municipios.

Se adjuntan las notas emitidas por las Municipalidades, donde en todos los casos Municipalidad de Bagaces, Municipalidad de Liberia, Municipalidad de Carrillo, Municipalidad de Santa Cruz y Municipalidad de Nicoya determinan que las obras de PAACUME se consideran conforme a la planificación existente.

Municipalidad de Bagaces

BAGACES

MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO
Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN (USO DE SUELO)

EXPEDIENTE No. U-363-2017-1

DATOS GENERALES

SOLICITANTE:	SENARA / PROYECTO PAACUME		
CEDULA:	3007-042041-11	PLANOS NUMEROS:	CANAL OESTE TRAMO II G-0902577-1990 G-393458-1997 G-393456-1997 G-393456-1997 G-393456-1997 G-395119-1997
PROPIETARIO:	SENARA / PROYECTO PAACUME	Folio real	5-139157-000 5-104241-001 5-104241-002 5-104240-001 5-104240-002
CEDULA (FISICA O JURIDICA)	3007-042041-11	AREA:	
DISTRITO:	BAGACES	Viabilidad	N/A
DIRECCION EXACTA:	PROYECTO DE RIEGO RIO PIEDRAS		

USO:	Resolución municipal de ubicación para trámite de PROYECTO AMPLIACION Y CONSTRUCION DE CANAL DE RIEGO RIO PIEDRAS.
-------------	--

RESOLUCION DE SOLICITUD

EN AUSENCIA DEL PLAN REGULADOR URBANO DE LA MUNICIPALIDAD DE BAGACES, LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE ESTA MUNICIPALIDAD – NO VE INCONVENIENTE PARA QUE SE CONSTRUYA ESTE PROYECTO.

2690-1333/2690-1331/2690-1300 - FAX: 2690-1350 TEL-FAX 2690-1351 - BAGACES, GUANACASTE
"Bagaces Cuna de la Ecología"

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

OBSERVACIONES

1. POR TODO LO ANTERIOR DEBERA CUMPLIRSE CON TODAS LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES PARA ESTE TIPO DE PROYECTO.

EL OTORGAMIENTO DE LA RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN NO OBLIGA A LA ADMINISTRACIÓN A OTORGAR PERMISOS DE NINGUN TIPO. EL INTERESADO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES EN LA MATERIA PARA SU RESPECTIVO PROYECTO.

- ESTE DOCUMENTO TIENE VALIDEZ POR UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION DEL MISMO.

LA PRESENTE RESOLUCIÓN SE EXTIENDE A SOLICITUD DE LOS INTERESADOS, A LOS 23 DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017.

Álvaro Duarte Montes
Encargado de Catastro



NULO SIN SELLOS Y TIMBRES

C.C // Archivo.

2690-1333/2690-1331/2690-1300 - FAX: 2690-1350 TEL-FAX 2690-1351 - BAGACES, GUANACASTE

"Bagaces Cuna de la Ecología"

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN (USO DE SUELO)

EXPEDIENTE No. U-363-2017-1*

DATOS GENERALES

SOLICITANTE :	SENARA / PROYECTO PAACUME		
CEDULA:	3007-042041-11	PLANOS NUMEROS:	CANAL OESTE TRAMO II G-623870-2000- NO INDICA G-623870-2000 G-547031-1984 NO INDICA G-568687-1999 G-568687-1999
PROPIETARIO:	SENARA / PROYECTO PAACUME	Folio real	5-120123-000 5-037200-000 5-120124-000 5-052493-000 5-034934-000 5-114990-001 5-114990-002
CEDULA (FISICA O JURIDICA)	3007-042041-11	AREA:	
DISTRITO :	BAGACES	Viabilidad	N/A
DIRECCION EXACTA:	PROYECTO DE RIEGO RIO PIEDRAS		

USO:	Resolución municipal de ubicación para trámite de PROYECTO AMPLIACION Y CONSTRUCION DE CANAL DE RIEGO RIO PIEDRAS.
-------------	--

RESOLUCION DE SOLICITUD

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331 / 26901300

EN AUSENCIA DEL PLAN REGULADOR URBANO DE LA MUNICIPALIDAD DE BAGACES, LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE ESTA MUNICIPALIDAD – NO VE INCONVENIENTE PARA QUE SE CONSTRUYA ESTE PROYECTO.

OBSERVACIONES

1. POR TODO LO ANTERIOR DEBERA CUMPLIRSE CON TODAS LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES PARA ESTE TIPO DE PROYECTO.

EL OTORGAMIENTO DE LA RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN NO OBLIGA A LA ADMINISTRACIÓN A OTORGAR PERMISOS DE NINGUN TIPO. EL INTERESADO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES EN LA MATERIA PARA SU RESPECTIVO PROYECTO.

- ESTE DOCUMENTO TIENE VALIDEZ POR UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION DEL MISMO.

LA PRESENTE RESOLUCIÓN SE EXTIENDE A SOLICITUD DE LOS INTERESADOS, A LOS 23 DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017.



BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331 / 26901300

NULO SIN SELLOS Y TIMBRES

C.C // Archivo.

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN (USO DE SUELO)

EXPEDIENTE No. U-363-2017-1***

DATOS GENERALES

SOLICITANTE :	SENARA / PROYECTO PAACUME		
CEDULA:	3007-042041-11	PLANOS NUMEROS:	CANAL OESTE TRAMO II G-177971-1994 G-177971-1994 G-648060-1987 G-648060-1987 G-648061-1987 G-648061-1987 G-648048-1986 G-648055-1986 G-608049-1986 G-648049-1986 G-648056-1986
PROPIETARIO:	SENARA / PROYECTO PAACUME	Folio real	5-117360-001 5-117360-002 5-59302-001 5-59302-001 5-59304-001 5-59304-002 5-59275-000 5-59274-000 5-59273-002 5-59273-003 5-59272-000
CEDULA (FISICA O JURIDICA)	3007-042041-11	AREA:	
DISTRITO :	BAGACES	Viabilidad	N/A
DIRECCION EXACTA:	PROYECTO DE RIEGO RIO PIEDRAS		

2690-1333/2690-1331/2690-1300 - FAX: 2690-1350 TEL-FAX 2690-1351 - BAGACES, GUANACASTE

"Bagaces Cuna de la Ecología"

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

USO:	Resolución municipal de ubicación para trámite de PROYECTO AMPLIACION Y CONSTRUCION DE CANAL DE RIEGO RIO PIEDRAS.
-------------	--

RESOLUCION DE SOLICITUD

EN AUSENCIA DEL PLAN REGULADOR URBANO DE LA MUNICIPALIDAD DE BAGACES, LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE ESTA MUNICIPALIDAD - NO VE INCONVENIENTE PARA QUE SE CONSTRUYA ESTE PROYECTO.

OBSERVACIONES

1. POR TODO LO ANTERIOR DEBERA CUMPLIRSE CON TODAS LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES PARA ESTE TIPO DE PROYECTO.

EL OTORGAMIENTO DE LA RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN NO OBLIGA A LA ADMINISTRACIÓN A OTORGAR PERMISOS DE NINGUN TIPO. EL INTERESADO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES EN LA MATERIA PARA SU RESPECTIVO PROYECTO.

- ESTE DOCUMENTO TIENE VALIDEZ POR UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION DEL MISMO.

LA PRESENTE RESOLUCIÓN SE EXTIENDE A SOLICITUD DE LOS INTERESADOS, A LOS 23 DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017.

Alvaro Duarte Montes
 Encargado de Catastro
 CATASTRO



NULO SIN CATASTRAL TIMBRES

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300



C.C// Archivo.

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN (USO DE SUELO)

EXPEDIENTE No. U-363-2017-1***

DATOS GENERALES

SOLICITANTE:	SENARA / PROYECTO PAACUME		
CEDULA:	3007-042041-11	PLANOS NUMEROS:	CANAL OESTE TRAMO II G-177971-1994 G-177971-1994 G-648060-1987 G-648060-1987 G-648061-1987 G-648061-1987 G-648048-1986 G-648055-1986 G-608049-1986 G-648049-1986 G-648056-1986
PROPIETARIO:	SENARA / PROYECTO PAACUME	Folio real	5-117360-001 5-117360-002 5-59302-001 5-59302-001 5-59304-001 5-59304-002 5-59275-000 5-59274-000 5-59273-002 5-59273-003 5-59272-000
CEDULA (FISICA O JURIDICA)	3007-042041-11	AREA:	
DISTRITO:	BAGACES	Viabilidad	N/A
DIRECCION EXACTA:	PROYECTO DE RIEGO RIO PIEDRAS		

2690-1333/2690-1331/2690-1300 - FAX: 2690-1350 TEL-FAX 2690-1351 - BAGACES, GUANACASTE

"Bagaces Cuna de la Ecología"

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

USO:	Resolución municipal de ubicación para trámite de PROYECTO AMPLIACION Y CONSTRUCION DE CANAL DE RIEGO RIO PIEDRAS.
-------------	--

RESOLUCION DE SOLICITUD

EN AUSENCIA DEL PLAN REGULADOR URBANO DE LA MUNICIPALIDAD DE BAGACES, LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE ESTA MUNICIPALIDAD – NO VE INCONVENIENTE PARA QUE SE CONSTRUYA ESTE PROYECTO.

OBSERVACIONES

1. POR TODO LO ANTERIOR DEBERA CUMPLIRSE CON TODAS LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES PARA ESTE TIPO DE PROYECTO.
EL OTORGAMIENTO DE LA RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN NO OBLIGA A LA ADMINISTRACIÓN A OTORGAR PERMISOS DE NINGUN TIPO. EL INTERESADO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES EN LA MATERIA PARA SU RESPECTIVO PROYECTO.
 - ESTE DOCUMENTO TIENE VALIDEZ POR UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION DEL MISMO.

 LA PRESENTE RESOLUCIÓN SE EXTIENDE A SOLICITUD DE LOS INTERESADOS, A LOS 23 DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017.

Alvaro Duarte Montes
 Encargado de Catastro



BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES

DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331/ 26901300

RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN (USO DE SUELO)

EXPEDIENTE No. U-363-2017-1****

DATOS GENERALES

SOLICITANTE :	SENARA / PROYECTO PAACUME		
CEDULA:	3007-042041-11	PLANOS NUMEROS:	SECTOR PELON DE BAJURA G-289623-1977 G-289625-1977 G-289622-1977 G-289624-1977 -- G-1640994-13
PROPIETARIO:	SENARA / PROYECTO PAACUME	Folio real	5-38216-000 5-38218-000 5-38214-000 5-16014-000 -- 5-202683-000
CEDULA (FISICA O JURIDICA)	3007-042041-11	AREA:	
DISTRITO :	BAGACES	Viabilidad	N/A
DIRECCION EXACTA:	PROYECTO DE RIEGO RIO PIEDRAS		

USO:	Resolución municipal de ubicación para trámite de PROYECTO AMPLIACION Y CONSTRUCCION DE CANAL DE RIEGO RIO PIEDRAS.
-------------	--

RESOLUCION DE SOLICITUD

2690-1333/2690-1331/2690-1300 - FAX: 2690-1350 TEL-FAX 2690-1351 - BAGACES, GUANACASTE

"Bagaces Cuna de la Ecología"

BAGACES



MUNICIPALIDAD DE BAGACES
DEPARTAMENTO DE CATASTRO

Web: www.bagaces.go.cr Tel: 26901333 / 26901331 / 26901300

EN AUSENCIA DEL PLAN REGULADOR URBANO DE LA MUNICIPALIDAD DE BAGACES, LA COMISIÓN DE PROYECTOS DE ESTA MUNICIPALIDAD – NO VE INCONVENIENTE PARA QUE SE CONSTRUYA ESTE PROYECTO.

OBSERVACIONES

1. POR TODO LO ANTERIOR DEBERA CUMPLIRSE CON TODAS LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES PARA ESTE TIPO DE PROYECTO.

EL OTORGAMIENTO DE LA RESOLUCIÓN MUNICIPAL DE UBICACIÓN NO OBLIGA A LA ADMINISTRACIÓN A OTORGAR PERMISOS DE NINGUN TIPO. EL INTERESADO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS LEYES Y REGLAMENTOS VIGENTES EN LA MATERIA PARA SU RESPECTIVO PROYECTO.

- ESTE DOCUMENTO TIENE VALIDEZ POR UN AÑO A PARTIR DE LA FECHA DE EMISION DEL MISMO.

LA PRESENTE RESOLUCIÓN SE EXTIENDE A SOLICITUD DE LOS INTERESADOS, A LOS 23 DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2017.



Alvaro Duarte Montes
Encargado de Catastro



C.C// Archivo.

Municipalidad de Liberia



MUNICIPALIDAD DE LIBERIA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN URBANA
Y CONTROL CONSTRUCTIVO.

Tel. 2666-0929 / jimenezrj@muniliberia.go.cr



Liberia 23 de Octubre del 2017.

OFICIO: SPUCC-120-10-2017.

Ing. Patricia Quiros Quiros
Gerente General
SENARA

ASUNTO: Respuesta oficio SENARA-INDEP-PAACUME-0067-2017.

Estimada señora:

Luego de saludarla aprovecho dar respuesta su oficio N° 10653-201 del 3 de Octubre del 2017 donde solicita Certificado de Uso de Suelo para las fincas inscritas bajo matrícula:

- 16014, 38214, 13462, 202683, 160068, 23588, 187032, 54052, 54051, 54030, 113786, 63615, 63616 y 202687.

Este oficio no sustituye un certificado de Uso de Suelo pero puedo certificar que sobre las fincas supra mencionadas no alcanza el Plan Regulador Vigente publicado en La Gaceta # 200 del 17 de Octubre del 2002.

Por lo tanto la Construcción del Proyecto de Riego y Abastecimiento de Agua denominado PAACUME es permitido.

No omito recordar el cumplimiento del bloque legal nacional vinculante para este tipo de proyecto.

Deseando suerte y éxito en la consecución de este importante proyecto.

Sin más;


Ing. José Rafael Jiménez Rojas
Planificación Urbana y Control Constructivo
Municipalidad de Liberia



CC.
Ing. Renan Zamora Álvarez, Coordinador DCU
Archivo.

Municipalidad de Carrillo



MUNICIPALIDAD DE CARRILLO

CONSTRUCCIONES

OFICIO MC-IM-296-2017

CONSTANCIA

Por este medio la suscrita Ing. Maureen Brenes Acuña y a solicitud de la interesada ING. PATRICIA QUIROS QUIROS, GERENTE, GERENCIA GENERAL, SENARA, hace constar que: En el cantón de Carrillo **no existen lineamientos preestablecidos para el uso de los terrenos que lo conforman, pues se adolece de un Plan Regulador Urbano que determine las actividades a ejecutar en la región indicada (únicamente existen planes reguladores costeros)**, por lo tanto, la disposición de los terrenos para el desarrollo de proyectos de interés, en el caso específico el Proyecto de Abastecimiento de Agua para la cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (Paacume), se verá circunscrito al cumplimiento de los lineamientos que las leyes determinen, al igual que las directrices de las Instituciones que tenga injerencia en el proyecto que se plantee, siendo en ese efecto y en el momento oportuno que esta Institución fiscaliza el cumplimiento los parámetros establecidos en la normativa vigente.

Se otorga en Filadelfia, al ser las trece horas con treinta minutos del veinte de octubre del dos mil diecisiete.


Ing. Maureen Brenes Acuña

Jefe Depto. Desarrollo Territorial



C/mba

Cc: consecutivo

Municipalidad de Santa Cruz



MUNICIPALIDAD DE SANTA CRUZ
DIRECCION DE DESARROLLO URBANO Y RURAL
PLANIFICACION URBANA Y CONTROL CONSTRUCTIVO
DEPARTAMENTO DE CATASTRO Y TOPOGRAFIA
OFICIO: DDUR-DCT-AL-1412-2017



11 de octubre del 2017

Señora:
MSc. María Rosa López Gutiérrez
Alcaldesa

Ref.: Respuesta al Oficio SM-0761-Ord.31-2017, Solicitud sobre Plan Regulador y Uso de Suelo.

Estimada Señora:

En respuesta a la solicitud planteada por SENARA, bajo el oficio SENARA-GG-0540-2017, en el cual se requiere indicar si el Proyecto de Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (Paacume) se encuentra conforme a la planificación existente, se tiene que el Cantón de Santa Cruz únicamente cuenta con Plan Regulador en las Zonas Costeras bajo el régimen de Zona Marítimo Terrestre (Concesiones). En cuanto al Uso de Suelo se refiere se tiene que al no existir un Plan Regulador el Proyecto debe apegarse estrictamente a la normativa establecida en la Ley de Planificación Urbana y su Reglamento, Ley General de Salud, Ley Orgánica del Ambiente, Ley Forestal y sus Reglamentos, Ley de Zona Marítimo Terrestre, Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo y sus Reglamentos, Código de Minería y su Reglamento y en general la Legislación Ambiental vigente. Además, en lo que concierne a los parámetros de densidad, cobertura, altura de edificación y retiros, debe cumplirse cabalmente con la normativa establecida en la Ley de Construcciones y su Reglamento, además de cualquier decreto Ejecutivo vigente.

Atentamente

Ing. José Francisco Moreno Zapata
Jefatura, Dpto. Ingeniería y Construcción



Cc. Consecutivo



Ing. Alejandra Sancho Perlaza
Jefatura, Dpto. Catastro y Topografía

Ing. Diego Rodríguez Galagarza
Director, Dirección de Desarrollo Urbano y Rural



Municipalidad de Nicoya



MUNICIPALIDAD DE NICOYA
PLANIFICACION URBANA



30 de octubre del 2017
Oficio N° OF-DPU-246-PU-2017

Señora:
Ing. Patricia Quirós Quirós
Gerente
Gerente General
SENARA

Presente

En Atención al oficio SENARA GG-0539-2017 del 25 de agosto del 2017, en el cual se solicita que indique si el proyecto de Abastecimiento de Aguas para la cuenca Media del Río Tempisque y comunidades Costeras (Paacume) se encuentra conforme a la planificación existente.

En el Cantón de Nicoya se encuentran dos planes reguladores Aprobados un plan regulador urbano (Ciudad de Nicoya) y un plan regulador costero (Playa Samara):

- Plan Regulador Urbano Ciudad de Nicoya

Imagen del Plan Regulador de
Nicoya Aprobado para el distrito
primero que fue publicado en
gaceta # 18 del 26-01-1983



Acuerdo del consejo Acta de la
sección ordinaria 32 celebrada el 11
de octubre del 1982



MUNICIPALIDAD DE NICOYA
PLANIFICACION URBANA
Plan Regulador Costero Ciudad de Samara

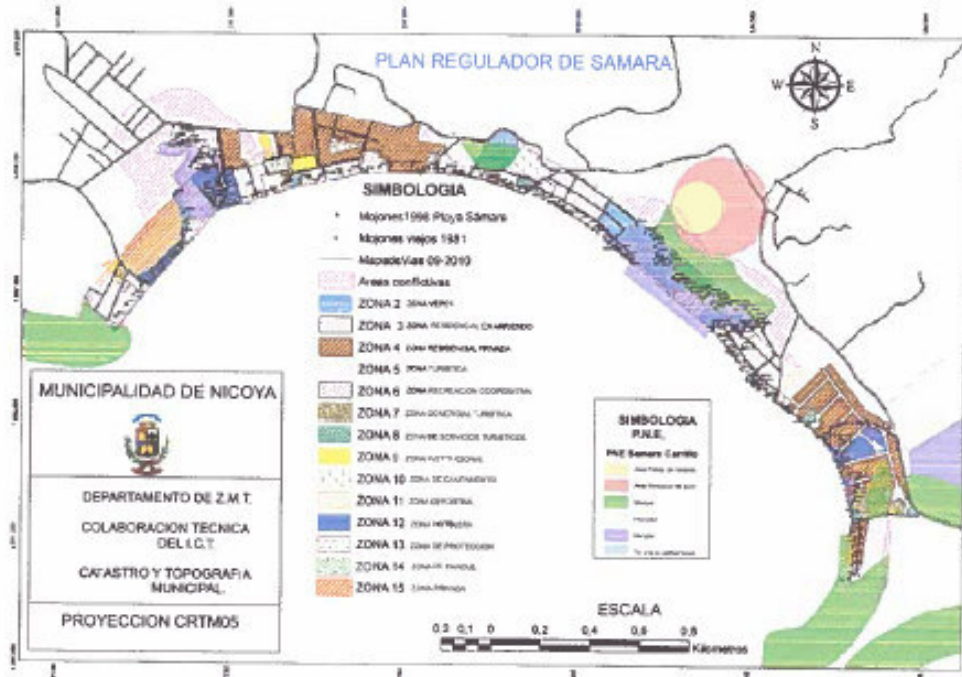


Imagen del Plan Regulador costero de Playa Samara, Aprobado para el distrito quinto que fue publicado en gaceta # 208 del 30-11-1981.

Para la zona solicitada según croquis, no se encuentra delimitada por los planes reguladores vigentes, por lo tanto se debe apegar a los siguientes lineamientos:

Para la eventual construcción se debe de respetar los retiros de Ley (Rutas nacional, Cantonal o cualquier otro que corresponda según la ubicación del terreno).

Debiendo coordinar el permiso de corta de árboles existente en la propiedad ante el MINAE a lo cual, debe de cumplir.

Si se realiza movimientos de Tierra se debe solicitar el permiso Respectivo ante el departamento de Control Constructivo.

La altura máxima y la cobertura deberán estar apegadas a lo dispuesto en la Ley de Planificación Urbana, Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo N° 7779, Ley forestal N°7575 y demás Legislación Vigente.

De previo a desarrollar el proyecto debe garantizar que toda posible molestia debe quedar completamente confinada dentro del inmueble; así como realizar todos los análisis para verificar la viabilidad ambiental, vial, patrimonial, de afectaciones de las aguas pluviales, de infraestructura, de mecánica de suelos, de escorrentía, de riesgos naturales, de

El SEÑOR dará fuerza a su pueblo; el SEÑOR bendecirá a su pueblo con paz. Salmos 29:11

Elaborado por

Desarrollador



MUNICIPALIDAD DE NICOYA
PLANIFICACION URBANA



disponibilidad de servicios, de transporte público, etc., para conocer si realmente la propiedad en este caso privada es apta para la construcción de este tipo de proyecto.

Además en lo que respecta a los lineamientos de densidad, cobertura, altura de edificaciones y retiros debe cumplir con lo normado en la Ley de Construcciones y sus reglamentos, además de cualquier decreto ejecutivo vigente.

Atentamente,


Arq. Jonatan Solís Segura
Coordinador de Planificación Urbana


Ing. Byron Rosales
Coordinador de Catastro Municipal




Ing. Ricardo Rivas Guerrero
Coordinador de Control Construcción


Lic. Adriana Rodríguez Cárdenas
Visto Bueno Alcaldía





Municipalidad de Nicoya
C/ Archivo.

El área de influencia del proyecto, comprende comunidades de los cantones de Bagaces, Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya de la provincia de Guanacaste.

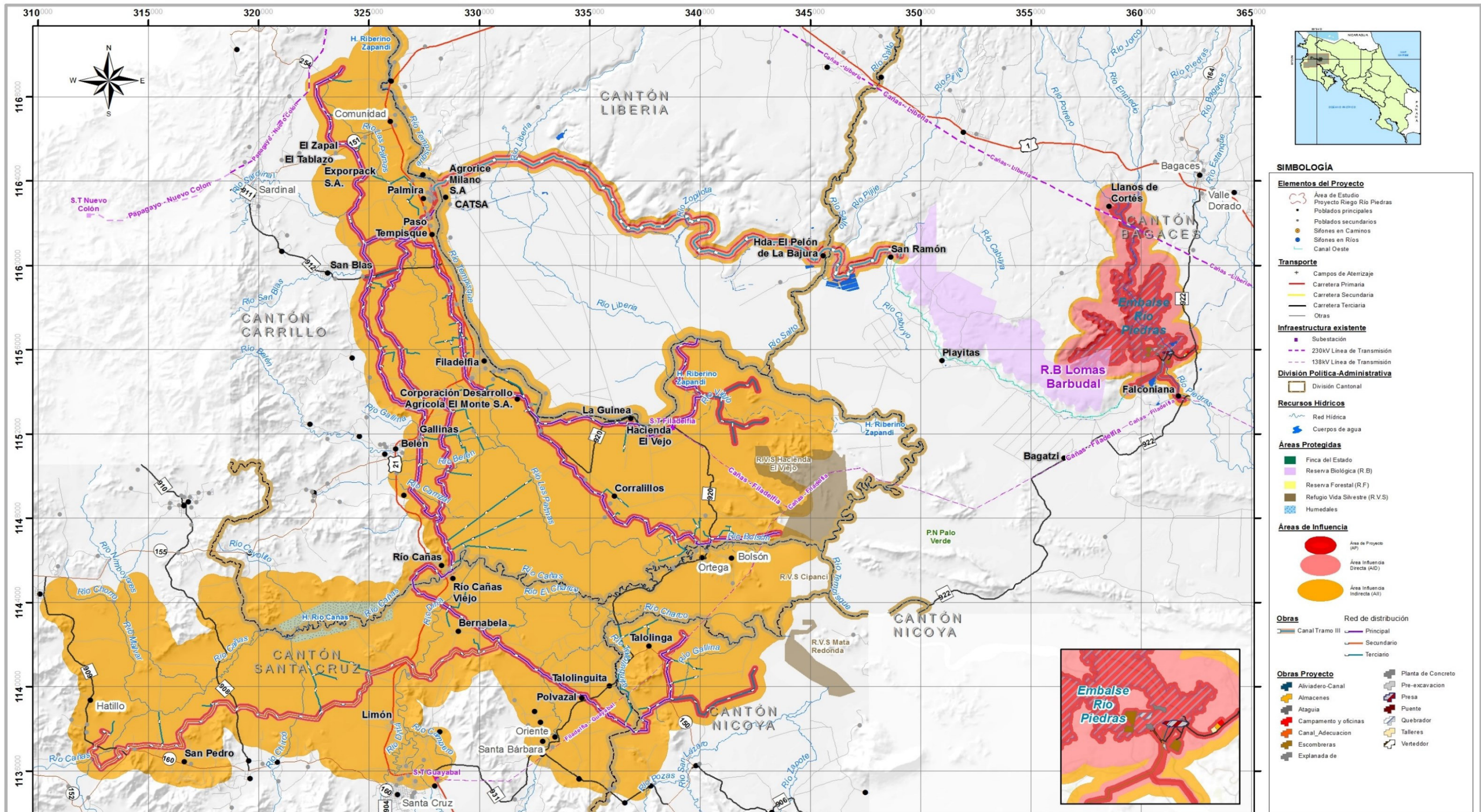
De acuerdo a la Guía General para la Elaboración de Instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental (Guía de EIA), la cual se encuentra en el Decreto Ejecutivo No 32966-MINAE Manual de Instrumentos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA) – Parte IV: “Guía Estudios de Impacto Ambiental y Pronósticos Plan de Gestión Ambiental, valoración de los impactos ambientales y términos de referencia”, el Área de Influencia Directa (AID) es el área que potencialmente recibirá los impactos biológicos, físicos y sociales ocasionados directamente por el proyecto. Por otro lado, el Área de Influencia Indirecta (All) es el área que recibirá los impactos biológicos, físicos y sociales ocasionados indirectamente por el proyecto. Basado en esta explicación, para PAACUME se define lo siguiente:

Área del Proyecto (AP): corresponde al territorio afectado directamente por las obras constructivas y actividades del proyecto; incluyendo áreas de construcción, instalaciones temporales, caminos a las principales obras, escombreras. Especificándose un área total de 1357.74 ha

Área de Influencia Directa (AID): corresponde a las áreas aledañas al AP que reciben los impactos ambientales biofísicos y sociales de las actividades del proyecto de forma directa. Como límite mínimo se estableció un lindero de 500 metros alrededor del AP. El AID total corresponde a 5681.58 ha

Área de Influencia Indirecta (All): territorio que recibirá potencialmente los impactos indirectos del proyecto. Principalmente el beneficio de riego en la zona de la conducción y distribución de riego. El All total es de 58878.25 ha.

En esta sección se presenta en la figura n° 5.1 de las áreas de influencia identificadas para PAACUME, a saber: Área del Proyecto (AP), Área de influencia directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (All) que abarca zonas de los cantones de Bagaces, Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya. Para mayor detalle dirigirse al documento Anexos Tomo I, anexo n° 5.3 Mapa área de influencia PAACUME.



SIMBOLOGÍA

Elementos del Proyecto

- Área de Estudio Proyecto Riego Río Piedras
- Pobladlos principales
- Pobladlos secundarios
- Sifones en Caminos
- Sifones en Ríos
- Canal Oeste

Transporte

- Campos de Aterrizaje
- Carretera Primaria
- Carretera Secundaria
- Carretera Terciaria
- Otras

Infraestructura existente

- Subestación
- 230KV Línea de Transmisión
- 138KV Línea de Transmisión

División Política-Administrativa

- División Cantonal

Recursos Hídricos

- Red Hídrica
- Cuerpos de agua

Áreas Protegidas

- Finca del Estado (R.B)
- Reserva Biológica (R.B)
- Reserva Forestal (R.F)
- Refugio Vida Silvestre (R.V.S)
- Humedales

Áreas de Influencia

- Área de Proyecto (AP)
- Área Influencia Directa (AID)
- Área Influencia Indirecta (AI)

Obras

- Red de distribución
- Canal Tramo III
- Principal
- Secundario
- Terciario

Obras Proyecto

- Aliviadero-Canal
- Almacenes
- Ataguia
- Campamento y oficinas
- Canal_Adecuacion
- Escombreras
- Explanada de
- Planta de Concreto
- Pre-excavacion
- Presas
- Puentes
- Quebrador
- Talleres
- Vetedor

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

ÁREAS DE INFLUENCIA del Proyecto de abastecimiento de agua para la cuenca media del Río Tempisque y comunidades Costeras (PAACuMe)

1:161,983
Proyección CRTM05

Fuente:
Atlas Digital, ITCR, 2008.
SIG/CSPA, IC, ICE, 2015
UEN Transporte de Energía, ICE, 2014

Créditos de capa de servicios: Sources: Esri, HERE, DeLorme, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User

Elaborado por: JMA
Solicitante: Proyecto PAACUME

INFORMACIÓN ARCHIVO
Nombre proyecto: Áreas de Influencia PAACuMe_11x17
Ruta archivo: D:\Proyectos\RIOPIEDRAS\Mapas\Áreas de Influencia PAACuMe_11x17.mxd

Mapa No.:
Fecha: 26/9/2017
Version: 1.0
Hoja No: 1 de 1

Figura nº 5. 1 Mapa de área de influencia PAACUME

5.5.1 Descripción área de influencia social.

El área de influencia social se utiliza para designar el espacio en el que un elemento influye en la dinámica de un lugar determinado, así comprendiendo el área geográfica, económica y social, que puedan obtener cambios o alteraciones por la obra, actividad o proyecto a desarrollar.

El Proyecto refiere al área del Embalse y canal oeste, influye de manera directa e indirectamente a veinte nueve propiedades privadas de la zona de Bagaces, y una propiedad que pertenece al Minae (Área de Conservación Arenal Tempisque), denominada la Reserva Biológica Lomas Barbudal y siete comunidades que se ubican en sus alrededores, siendo Valle Dorado, Falconiana, Bagatzi, Playitas, San Ramón, Llanos del Cortes y Bagaces centro.

El canal oeste se contempla tres propiedades privadas, siendo fincas que tienen gran desarrollo socioeconómico en la zona, El Pelón de la Bajura y Catsa, finalizando en la propiedad de Agrorice de Milano S.A (Los Cerritos), llegando al distrito de Palmira.

La segunda obra del proyecto, se desarrolla a partir de la construcción de la red de distribución, donde se ve influenciada el cantón de Carrillo, en los distritos de Palmira, Filadelfia, Belén y Sardinal; el cantón de Santa Cruz, con los distritos de Santa Cruz, Bolsón, Diría, Tempate y Veintisiete de Abril, además del cantón de Nicoya, en el distrito de San Antonio.

El Proyecto tendrá estrecha interacción con las actividades socioeconómicas en la red de distribución de las empresas Azucarera El Viejo S.A, Corporación de Desarrollo Agrícola El Monte S.A y Exporparck, ya que se ven influenciados directamente por obras constructivas del proyecto, que de una u otra manera alteran en la dinámica existente en estas propiedades en la ejecución de sus actividades.

A partir de ello, para la definición del área del proyecto y área de influencia social directa e indirecta, se contemplaron los siguientes criterios.

Área de proyecto (AP)

Área de ubicación de las principales obras de proyecto:

- Área de embalse.
- Área canal Oeste.
- Red de distribución agua de riego.

Área de influencia social directa (AID)

Incluye el Área de Proyecto (AP), así como el medio circundante inmediato donde las actividades de construcción y operación del proyecto inciden directamente en los sitios, como las comunidades y los diferentes actores socioeconómicos que se ubican alrededor del área de proyecto, donde tendrán constante interacción con las etapas del proyecto, presencia de obras de carácter permanente o temporal, flujo vehicular, presencia de personal del proyecto.

Área de influencia social indirecta (All)

Área donde se genera cambios en la dinámica socioeconómica por la presencia del proyecto, en cuanto al flujo vehicular que se va a destacar con los estudios técnicos (rutas de accesos), modificación del mercado de bienes y servicios durante la fase de estudios, constructiva y de operación, además de la contratación de mano de obra para el proyecto.

Cuadro n° 5. 3 Áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras.

Cantón	Distrito	Comunidades/ actores sociales	Influencia	Poblado y/o barrios
Bagaces	Bagaces	Bagaces	Indirecta	Distrito central.
		Valle Dorado	Indirecta	Valle Dorado.
		Falconiana	Directa	Falconiana.
		Llanos del Cortes	Directa	Llanos de Cortes y El Marañonal.
		San Ramón	Directa	San Ramón.
		Playitas	Directa	Playitas.
		Bagatzi	Directa	Bagatzi y Tamarindo.
Liberia	Liberia	Pelón de la Bajura	Directa	Asociados (dueños) y trabajadores de la empresa.
		Azucarera Catsa	Directa	Asociados (dueños) y trabajadores de la empresa.
		Agrorice de Milano S.A	Directa	Asociados (dueños) y trabajadores de la empresa.
Carrillo	Filadelfia	Filadelfia	Directa	Distrito central, La Cruz, Los Ángeles, Santa Lucía, San Miguel, Divino Niño, Hollywood, Bambú, San Francisco, Guanilama, Los Jocotes, La Isleta.
		Corralillo	Directa	El Moralito, El Congo, Las Palmeras (Canta Rana), Colonia la Esperanza, Puerto Ballena.
		Hacienda el Viejo	Directa	Asociados (dueños) y trabajadores de la empresa.
		La Guinea	Directa	La Guinea
		Corporación de Desarrollo agrícola el Monte S.A	Directa	Asociados (dueños) y trabajadores de la empresa.
	Palmira	Palmira	Directa	Distrito central, Los Ángeles, Las Amapolas, M. Auxiliadora, Prados del Río, San Pedro, La Coyolera, Cielo Azul, Invu Viejo, Invu Nuevo, Invu Dos, San Rafael, Pueblo Nuevo.
		Comunidad	Indirecta	Comunidad.
		Paso Tempisque	Directa	Paso Tempisque.
	Belén	Belén	Directa	Distrito central, Coopeabate, Coopesantana, Las Palmas,

Elaborado por

Desarrollador

Cantón	Distrito	Comunidades/ actores sociales	Influencia	Poblado y/o barrios	
				Gallinas, Palestina, Castilla de Oro.	
		Río Cañas Nuevo	Directa	Río Cañas Nuevo.	
	Sardinal	Sardinal	Indirecta	Sardinal	
		San Blas	Directa	El Moral y Lomas del Buey.	
		Tablazo	Directa	Carretera Nacional Comunidad-Sardinal-Coco	
		Exporkpack S.A	Directa	Asociados (dueños trabajadores de la empresa.	
		Sapal	Directa	Fincas privadas detrás del Caserío.	
Santa Cruz	Bolsón	Bolsón	Indirecta	Bolsón	
		Ortega	Indirecta	Ortega, Las Vegas del Río Cañas, El Carmen.	
	Diriá	Talolinguita	Directa	Talolinguita	
		Polvazal	Directa	Polvazal	
		Sata Bárbara	Indirecta	Santa Bárbara, Montelimar, Los Ángeles, Coopeespavelar.	
		Oriente	Indirecta	Oriente	
	Santa Cruz	Santa Cruz	Indirecta	Distrito central.	
		Bernabela	Directa	Bernabela y Chibolas.	
		San Pedro	Directa	San Pedro y Caimito.	
		Barrio Limón	Directa	Ba. Limón y Los Churucos	
		Río Cañas Viejo	Directa	Río Cañas Viejo	
	Veintisiete de Abril	Hatillo	Indirecta	Hatillo y San Jerónimo.	
	Nicoya	San Antonio	Tololinga	Directa	Talolinga.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

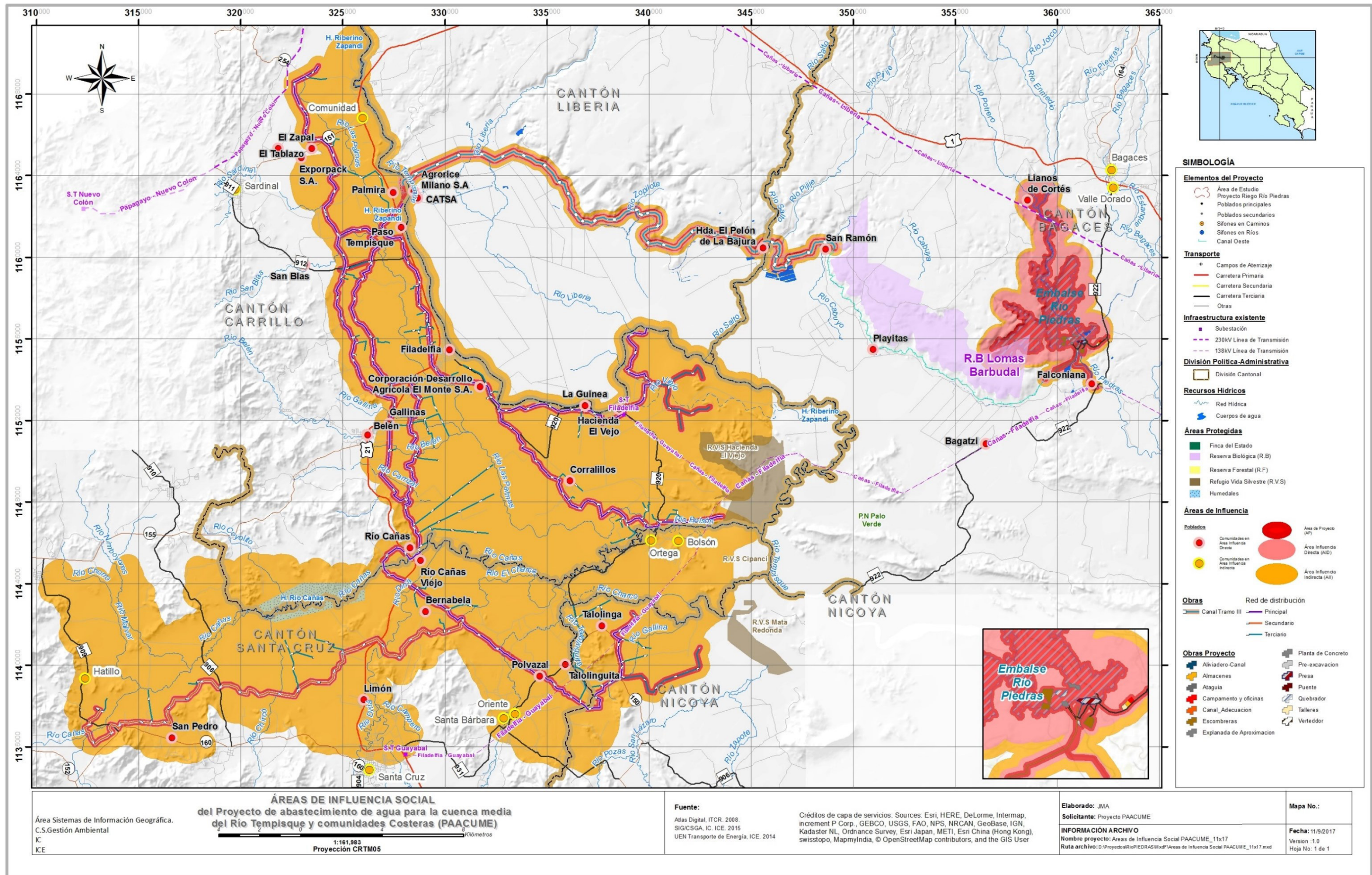


Figura n° 5. 2 Mapa de área de influencia social PAACUME.

5.6 Fases de desarrollo

5.6.1 Tiempo de ejecución

El proyecto PAACUME contempla la construcción de una serie de obras de ingeniería especializada para poder realizar el almacenamiento de agua en un embalse de 7.45 kilómetros cuadrados para lo cual se realizará la construcción de una presa de enrocado con cara de concreto de 40 metros de altura y un vertedero de excedencias por el cual saldrá la cantidad de agua no necesaria en el almacenamiento, para garantizar la seguridad de las estructuras, además de la instalación de una central de producción eléctrica al pie de presa con una potencia de 7 MW, la cual aprovechará el agua para generar electricidad antes de que esta sea incorporada al canal de riego, este canal de riego tiene una longitud de 55 kilómetros y es el que llevará el agua hasta los sitios de distribución en los cantones de Santa Cruz, Carrillo y Nicoya, en el siguiente cuadro se indican las duraciones aproximadas de cada obra:

Cuadro n° 5. 4 Tiempos de ejecución obras PAACUME.

Obra	Tiempo Aproximado de Ejecución(meses)
Sistema de Desvío	6
Presa	18
Casa Maquinas	12
Vertedero	18
Embalse	6
Canal Principal	18
Zona de Distribución	24

Fuente: Diseño-Construcción PAACUME, 2017.

5.6.2 Flujograma de actividades

Las actividades constructivas se dividen en 3 grandes grupos de obras, las cuales forman parte del programa macro de construcción de PAACUME:

- Obras Presa: Estas son las obras ubicadas en la zona de embalse y presa ubicadas en la comunidad de Bagaces, Guanacaste.
 - Zona de embalse
 - Obras de desvío
 - Presa
 - Vertedero
 - Casa maquinas

- Canal de conducción: Canal revestido de concreto con una longitud de 55 km, saliendo del pie de presa hasta el cruce con el río Tempisque en Palmira.
 - Canal principal
 - Sifones
 - Tomas



Elaborado por

Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)



Desarrollador

- Zona de distribución: Es una serie de canales secundarios y terciarios de menor tamaño que llevará el agua a los usuarios finales en las zonas de Santa Cruz, Carrillo y Nicoya.

- Canales
- Puentes

A continuación, se presenta el tiempo de duración y la secuencia de ejecución de las actividades a realizar en el proyecto PAACUME.

5.6.3 Infraestructura a desarrollar

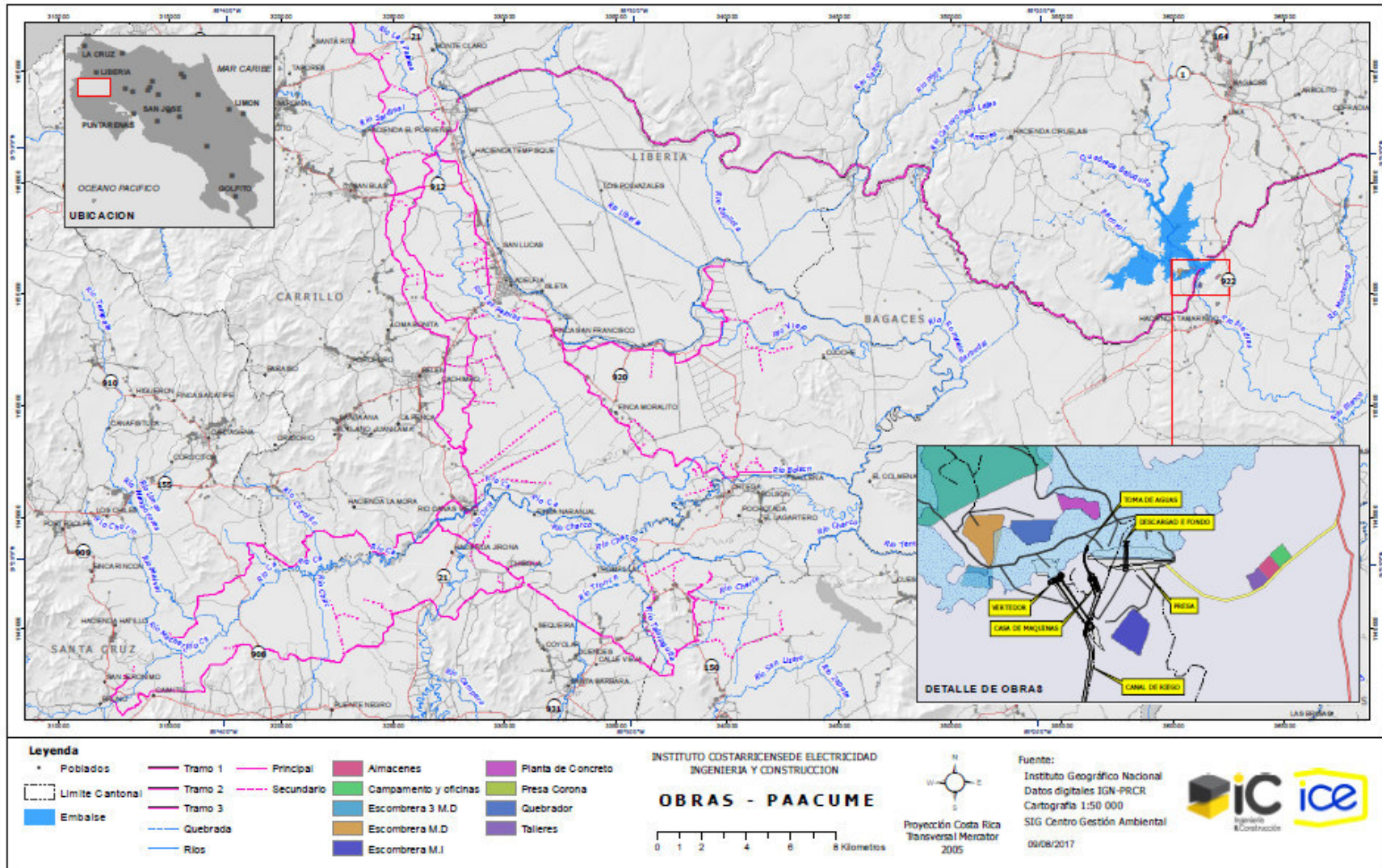


Figura n° 5. 3 Mapa de ubicación de obras.
 Fuente: Diseño-Construcción PAACUME, 2017.

5.6.3.1 Construcción y ampliación caminos de acceso.

Una de las primeras obras de PAACUME será el mejoramiento y ampliación de caminos existentes, así como la configuración de caminos para dar acceso a las obras.

Los caminos en las obras tendrán un ancho de 14.0 metros en los cuales se incluye los manejos de aguas laterales por medio de cunetas que en los casos necesarios serán revestidas de concreto, estos caminos serán utilizados para el traslado de maquinaria, equipos y materiales para la construcción, especialmente para el acarreo de materiales productos de las excavaciones y materiales para la conformación de los rellenos de presa.



Figura n° 5. 4 Caminos de obra, P.H. Reventazón.

Fuente: ICE, 2017.

Caminos existentes: Los caminos existentes serán mejorados mediante la ampliación de los anchos y radios de curvatura, conjuntamente con un mejoramiento de la superficie de rodamiento con la colocación y compactación de lastre, además de la conformación de manejos de agua laterales.

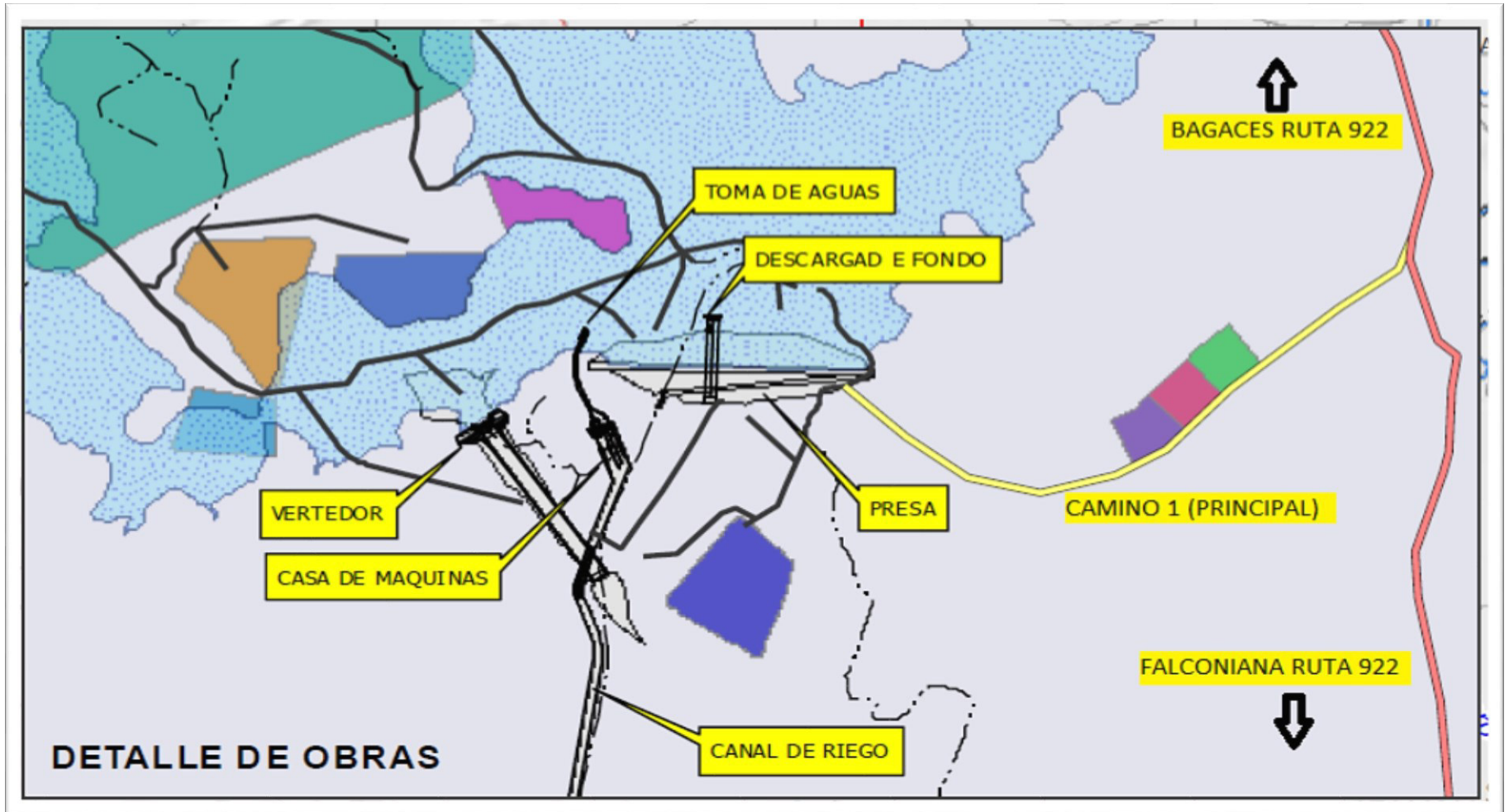


Figura n° 5. 5 Ampliación Camino 1 PAACUME.
Fuente: Diseño-Construcción PAACUME, 2017.

Caminos nuevos: Los caminos nuevos serán excavados según el trazo indicado, considerando el ancho y radios de curva necesarios, además de la construcción de manejos de aguas laterales.

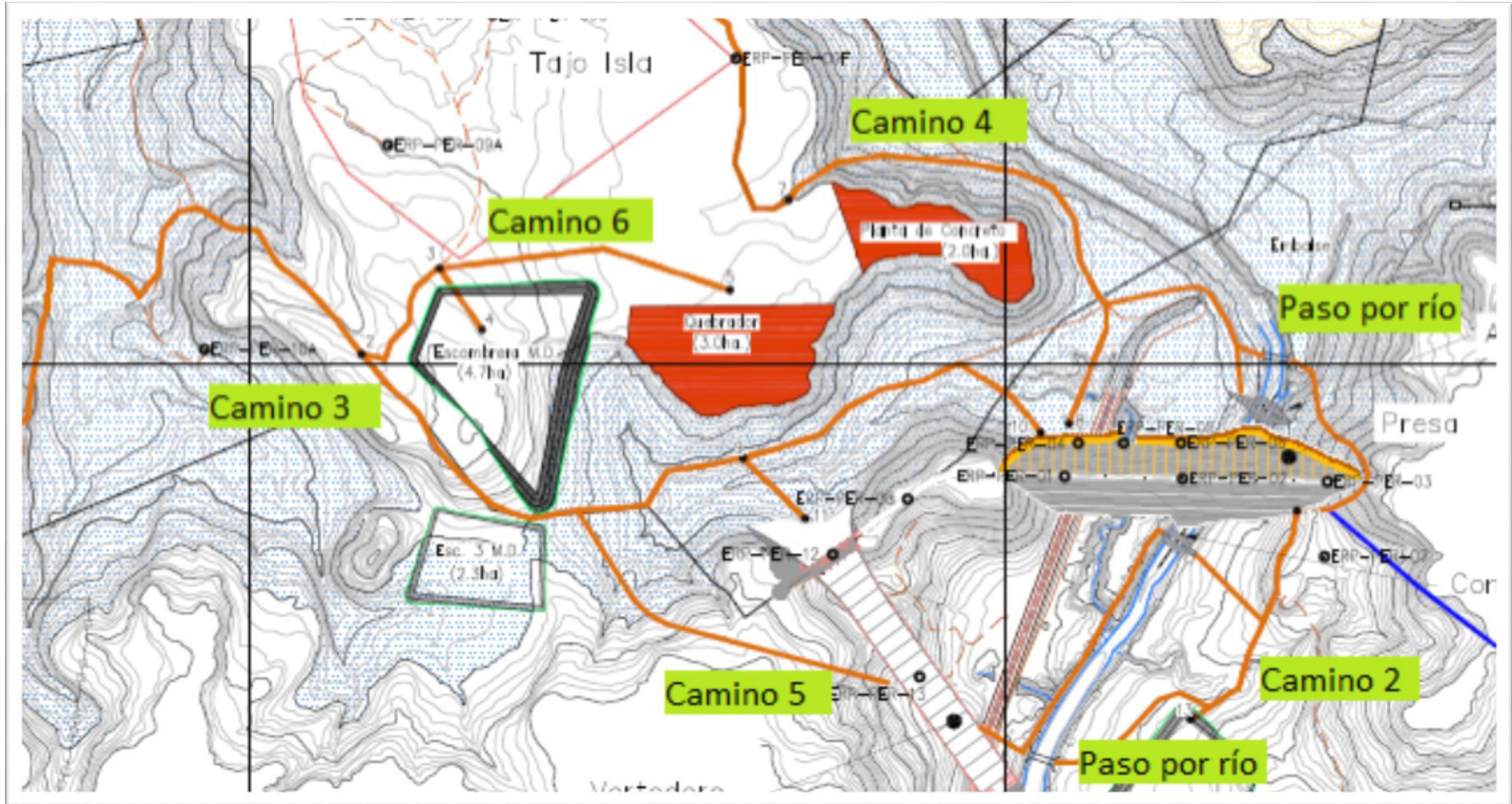


Figura n° 5. 6 Caminos nuevos, obras presa-PAACUME

 Fuente: Diseño-Construcción PAACUME, 2017.

Para los 2 tipos de caminos dependiendo de la pendiente se puede utilizar la colocación de asfalto o concreto para el mejoramiento de la superficie de rodamiento en zonas específicas.

Cuadro n° 5. 6 Características caminos PAACUME.

Camino	Longitud(m)	Ancho(m)	Intervención
Camino 1	1350.0	10.0	Ampliación
Camino 2	650.0	14.0	Nuevo
Camino 3	2035.0	14.0	Nuevo
Camino 4	965.0	14.0	Nuevo
Camino 5	1400.0	14.0	Nuevo
Camino 6	675.0	14.0	Nuevo

Fuente: Diseño-Construcción PAACUME, 2017.

Pasos por el río: Para la construcción de las obras presa de PAACUME se visualiza la construcción de 2 pasos por el río para dar acceso a la margen derecha en la construcción de las estructuras de desvío, éstas estructuras constan de un juego de alcantarillas embebidas en un muro de concreto para que el flujo de agua transite adecuadamente.



Figura n° 5. 7 Ejemplo paso alcantarillado por río.

Fuente: Imagen tomada de internet, 2017.

5.6.3.2 Obras Presa

La construcción de las obras presa se divide en las siguientes actividades: obras de desvío, rellenos y obras civiles de presa, toma de aguas. A continuación, las características generales:

Cuadro n° 5. 7 Características Presa PAACUME

Tipo de presa	Enrocamiento con cara de concreto	
Altura	40.00	m
Longitud de Cresta	485.00	m
Nivel de cresta	53.50	msnm
Volumen de Relleno	830,000.00	m ³

Fuente: Departamento Diseño PAACUME, 2017.

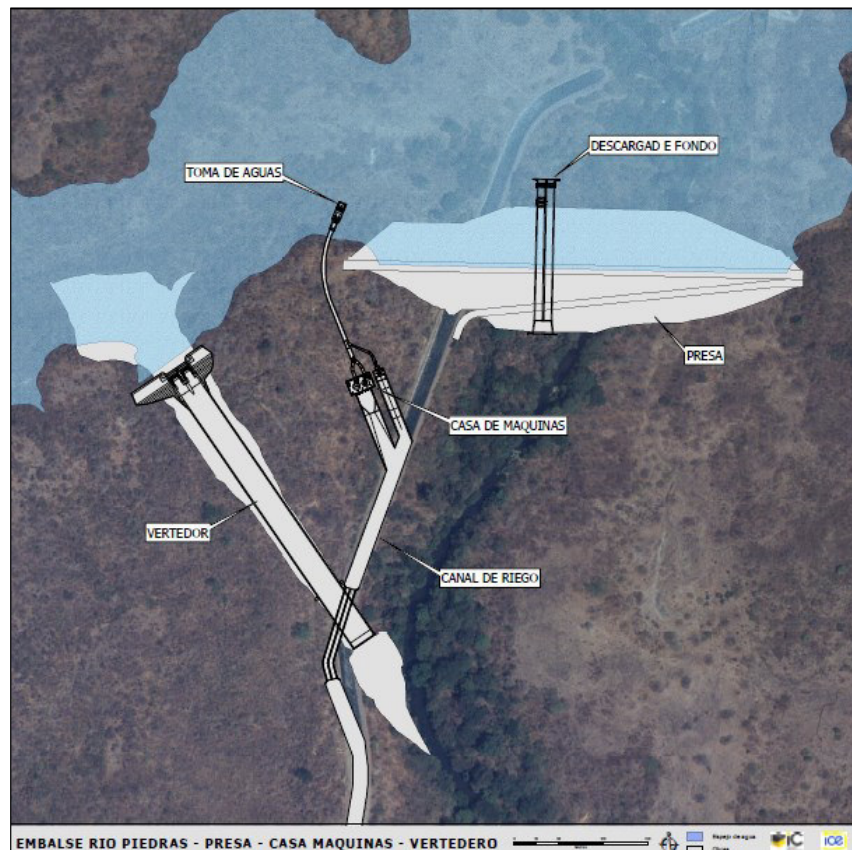


Figura n° 5. 8 Obras presa PAACUME
 Fuente departamento diseño PAACUME, 2017.

5.6.3.3 Obras de desvío.

La concepción del sistema de desvío se visualiza mediante la construcción de una alcantarilla rectangular en el fondo de la presa la cual funcionará posteriormente como descarga de fondo.

El río será desviado con la construcción de un relleno de ataguía y encausado hacia la estructura de desvío por medio de una canal, en la zona de aguas abajo de donde se ubicará la presa se construirá un relleno de contraataguía para evitar en una eventual avenida que el río inunde la zona de excavación de la presa.

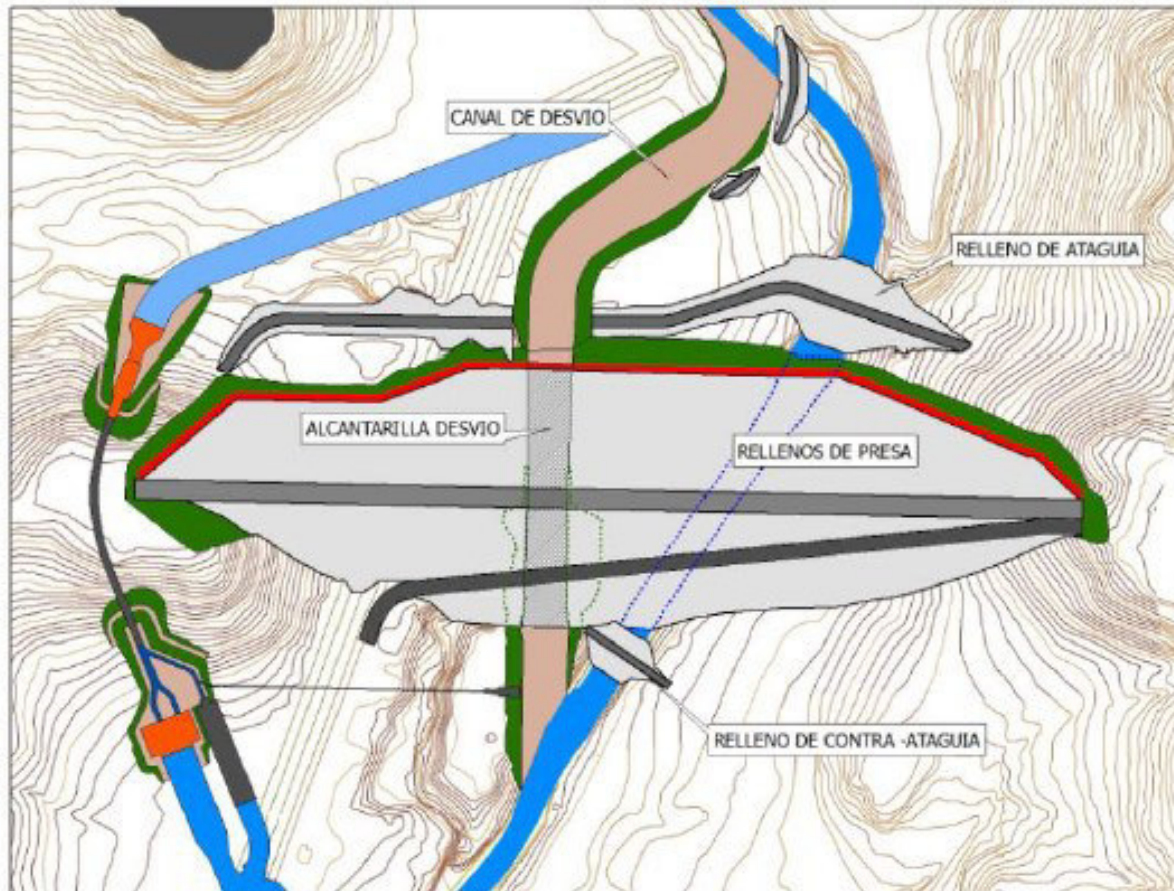


Figura n° 5. 9 Sistema desvío PAACUME
 Fuente: Estudio de Factibilidad SENARA, 2017.

Excavación canal de desvío: Se debe realizar la excavación del canal de desvío el cual funcionará como medio para encausar las aguas hacia la alcantarilla de fondo al pie de presa, la excavación de este canal se estima en aproximadamente 109 000 m³ de material en banco y tienen una longitud aproximada de 520 metros aguas arriba de la presa.

Construcción de alcantarilla de desvío: La estructura de la alcantarilla de desvío proporcionará área seca para la construcción de la presa, ya que a través de este elemento pasará el caudal del Río Piedras.

Primero se deberá realizar la excavación de la fundación de este elemento para posteriormente realizar la construcción, la cual será en concreto reforzado con acero y que tienen aproximadamente una dimensión de 6.0 metros de altura por 8.0 metros de ancho.

Maniobra de desvío: Una vez que están listas las estructuras del sistema de desvío se procede con la maniobra de desvío en la cual el río es guiado hacia la alcantarilla de desvío por un dique preliminar llamado Pre-Ataguía para dar área seca para la construcción de la ataguía.

En esta maniobra el río cambia su dirección por lo cual existe un tramo de aproximadamente 225 metros del río Piedras que va de la Ataguía hasta la Contra-Ataguía que será afectado por la disminución de caudal, por lo cual debe realizarse un programa antes, durante y posterior a la maniobra de desvío para el rescate de las especies en este tramo del río.

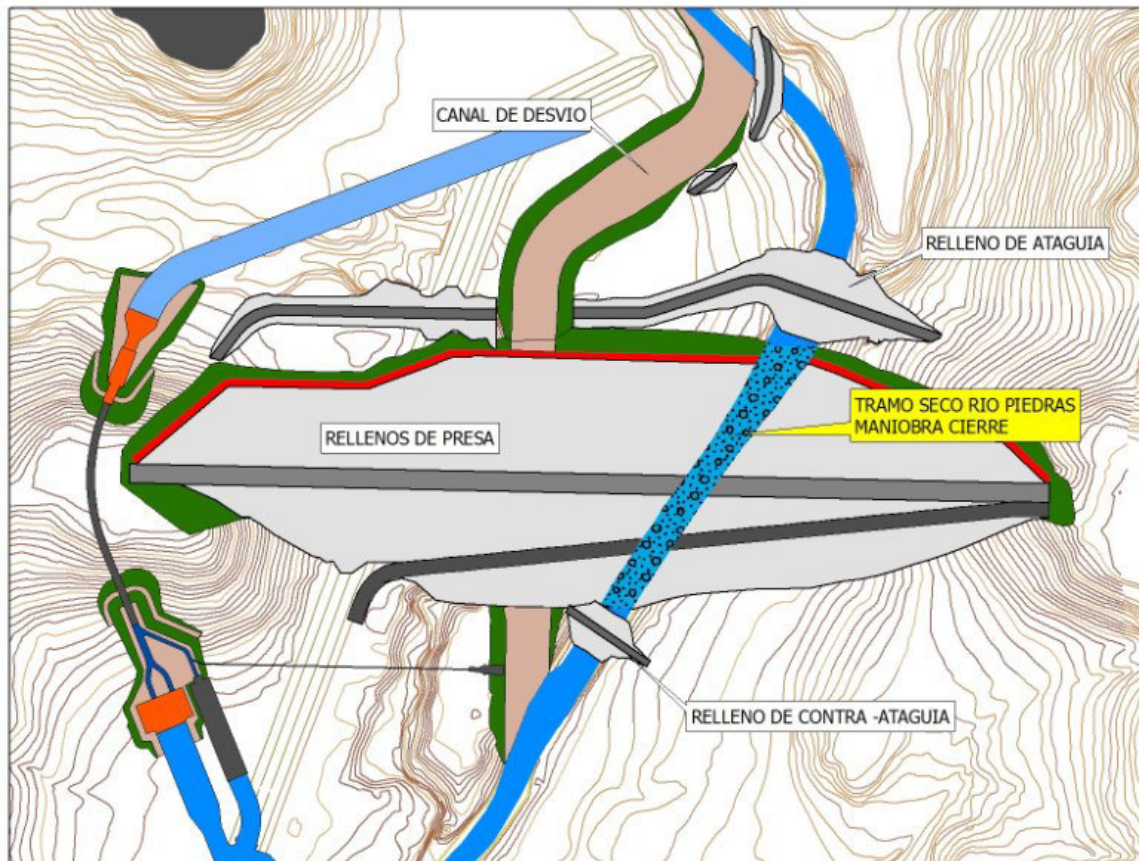


Figura n° 5. 10 Tramo seco río Piedras Maniobra de Cierre
 Fuente: Diseño PAACUME, 2017.

Relleno de Ataguía: La ataguía es un dique de cierre ubicado aguas arriba de la presa, construido sobre el lecho del río, que permitirá desviar el caudal hacia el canal de desvío y encausarla hacia la alcantarilla de fondo al pie de presa y con ello permitirá el inicio de la excavación en la fundación de la presa. Tiene un volumen estimado de relleno de 7500 m³ en banco.

Relleno de Contra-Ataguía: El dique de contraataguía tiene una configuración muy similar a la ataguía, con la gran diferencia que se ubica aguas abajo de la presa y su función es evitar el ingreso de agua a la zona de la excavación de la presa en una eventual avenida del río Piedras, estará constituida por aproximadamente 2600 m³ de material de relleno en banco.



Figura n° 5. 11 Ataguía P.H. Reventazón
Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.4 Construcción de rellenos de presa.

La construcción de los rellenos de presa del proyecto PAACUME es una de las obras más volumétricas ya que va a tener aproximadamente 830 000 m³ de materiales de rellenos compactados en distintas zonas.

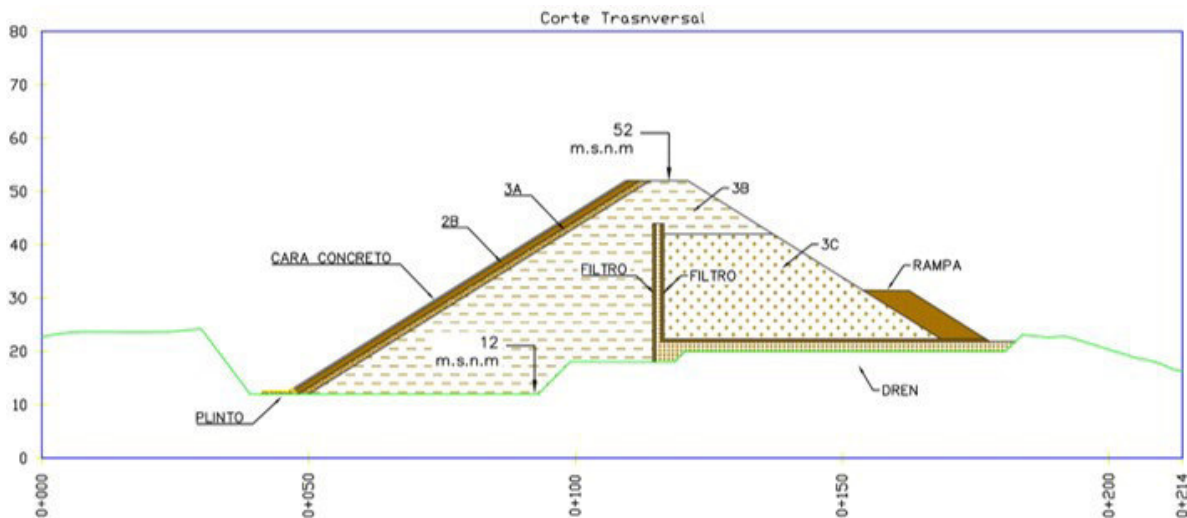


Figura n° 5. 12 Propuesta Presa enrocado con Cara de Concreto PAACUME
Fuente: Estudio Factibilidad SENARA, 2017.

Proceso de Excavación: Se debe realizar el proceso de excavación tanto de la fundación como de las márgenes, en el cual el material extraído deberá ser acarreado a las escombreras definidas para su tratamiento o posible recolocación en los rellenos de presa, esta excavación tendrá un volumen aproximado de 295 000 m³ en banco.

En este proceso se requiere la utilización de vagonetas articuladas, tractores, excavadoras y voladoras.



Figura n° 5. 13 Excavación MD Presa PH Reventazón
Fuente: ICE, 2017.

Proceso de Estabilización: La estabilización de las márgenes se realiza paralelamente al proceso de excavación, en la cual se va colocando concreto lanzado y acero de refuerzo según se especifique el diseño de cada zona, además de ser necesario se debe colocar drenajes y pernos de anclaje.



Figura n° 5. 14 Estabilización MD Presa PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

Proceso de Rellenos de Presa: La presa del proyecto PAACUME es de enrocado con cara de concreto y la misma será la segunda de este tipo en Costa Rica y Centroamérica.

El proceso de colocación de los rellenos se lleva a cabo por medio de acarreo de materiales de los sitios de explotación a través de caminos internos a la presa, este acarreo se realiza por medio de vagonetas articuladas las cuales son cargadas por excavadoras.

Los materiales ya en sitio son colocados en capas por medio de tractores de oruga los cuales uniformizan cada una de las capas y dan paso a que los compactadores de rodillo densifiquen los materiales.



Figura n° 5. 15 Proceso de colocación de rellenos presa PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

Además, para ir subiendo el nivel de relleno se utiliza un elemento de concreto llamado bordillo el cual se coloca capa a capa a lo largo del talud de la presa para confinar y darle protección de erosión a esta superficie, además de funcionar como superficie de trabajo para la construcción de la cara de concreto.



Figura n° 5. 16 Bordillo rellenos de Presa PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.5 Construcción de obras civiles de presa.

Las principales obras civiles de la presa de PAACUME se dividen en plinto, cara de concreto, parapetos y estructura de toma de aguas, a continuación, un ejemplo de estas estructuras:



Figura n° 5. 17 Imagen Obras Civiles Presa, P.H. Reventazón.
 Fuente: ICE, 2017.

Plinto: La estructura de plinto cumple la función como elemento de unión entre el macizo rocoso y la cara en concreto, además funge como base de la cara de concreto. Importante de mencionar que esta estructura sirve de base para ejecutar los tratamientos de perforación e inyección para impermeabilizar la zona aguas arriba de la presa.

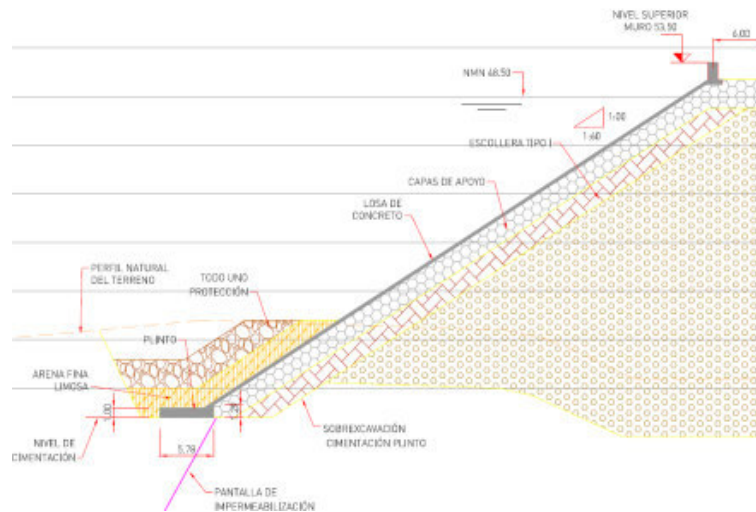


Figura n° 5. 18 Estructura plinto cauce presa PAACUME
 Fuente: Estudio de Factibilidad SENARA, 2017.

La primera etapa es la construcción de la losa de nivelación o sello de concreto pobre, conforme se avanza con la excavación del plinto se coloca el concreto de sello o nivelación para garantizar una superficie adecuada para la colocación de los pernos pasivos que soportan el plinto al macizo rocoso.



Figura n° 5. 19 Excavación y construcción sello plinto margen izquierda PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

Una vez que el sello está colocado se continúa con el proceso de colocación de pernos pasivos en acero mediante la utilización de perforadoras móviles. Cuando las perforaciones están listas, el perno se coloca en su respectiva perforación se alinea por medio de cuerda y se fija con lechada de cemento.



Figura n° 5. 20 Losa de nivelación y pernos plinto margen derecha PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

La colocación de acero en el plinto se realiza de una manera manual mediante la utilización de personal en sitio, el acero se coloca en su totalidad en cada uno de los plintos para poder iniciar con las labores de colocación de concreto por medio de un encofrado deslizante.



Figura n° 5. 21 Acero plinto margen derecha PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

El proceso de deslizado se utilizará en el plinto, una vez el acero está colocado se realiza la instalación del encofrado deslizante por medio de rieles y gatos hidráulicos para su desplazamiento.



Figura n° 5. 22 Deslizado plinto margen derecha PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

Cara de concreto: La presa de PAACUME es del tipo enrocado con cara de concreto, en la cual uno de los elementos que le da la impermeabilidad como estructura es una losa en concreto conocida como cara en concreto. Como tal la misma, tiene como objetivo principal impedir el paso de agua por el cuerpo de la presa o -relleno. Esta cara de concreto está

constituida por acero de refuerzo y concreto colocado en sitio por medio de encofrados deslizantes, este elemento tiene aproximadamente 29 500 m² de superficie de concreto.

La colocación del acero se realizará por medio de carritos especiales que, halados por malacates, logran desplazar por encima del bordillo, desde la zona más alta del relleno hasta la zona más baja que requería acero de refuerzo.



Figura n° 5. 23 Colocación de acero de refuerzo losas Cara en concreto, Presa P.H.R.
Fuente: ICE, 2017.

Para llevar a cabo la actividad de deslizado se debe contar con una serie de sub actividades debidamente aprobadas y liberadas. Tal es el caso de colocación de paneles laterales, tratamiento de junta inicial, colocación de rieles, desplazamiento de encofrado, colocación y aseguramiento de canoas, limpieza de superficie sobre bordillo, instalación de sistemas para trabajos en alturas. A continuación, se muestra imagen con lo mencionado anteriormente:



Figura n° 5. 24 Colocación de concreto losa 34, Cara de concreto, Presa P.H.R.
Fuente: ICE, 2017.

Parapetos: Los parapetos de la presa de PAACUME son muros de espesor y altura variable que permiten proteger a la presa de un evento extraordinario y además proporcionan el acceso de margen a margen de la presa, estos muros están constituidos por acero y concreto a lo largo de los paramentos del relleno de presa, tendrán un volumen aproximado de concreto de 1650 m³.



Figura n° 5. 25 Colocación de concreto módulos Parapeto, Presa P.H.R.
Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.6 Toma de aguas.

La estructura de toma de aguas es un elemento en concreto el cual se ubica al pie de presa y forma parte de las obras presa, la cual capta el agua proveniente del embalse para encausarla en una tubería de acero y hacerla llegar a la casa máquinas y canal principal.

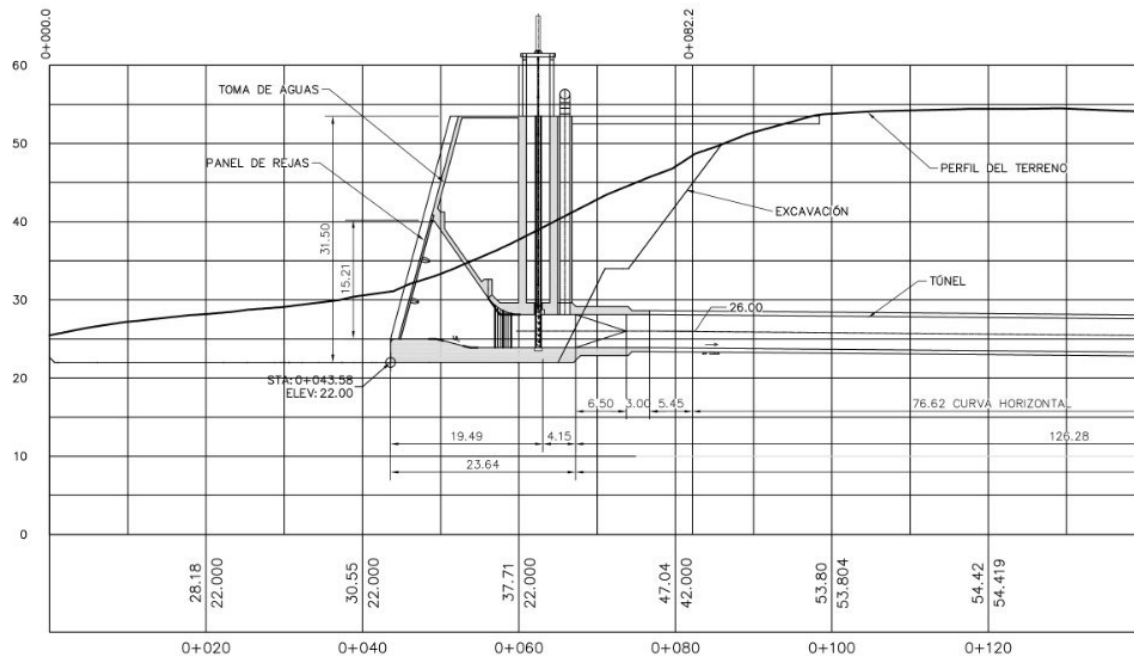


Figura n° 5. 26 Sección Toma de aguas.
 Fuente: Estudio Factibilidad SENARA, 2017.

Excavación: La excavación de la estructura de la toma de aguas es de aproximadamente 10 000 m³ y se realizará en conjunto con la excavación de la fundación de la presa, ya que es una estructura endosada a los rellenos, esta excavación se realizará con maquinaria pesada como tractores, excavadoras y vagonetas articuladas.

Excavación Túnel: Se realizará la excavación de un túnel de aproximadamente 250 metros de longitud en la margen derecha de la presa, con el fin de colocar la tubería de conducción.

Toma principal: El sistema de esta estructura cuenta con una compuerta de control, que tendrá acceso desde la parte superior de la toma mediante una caseta de operación donde se ubican los equipos de operación y tableros. El acceso se realizará por medio de un puente desde la cresta de la presa a la losa superior. La toma tendrá una capacidad de captación de 50 m³/s.

Concreto de pilares y losa superior: Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados, para estructuras como los pilares y la losa superior.

Concretos muros, losa de piso y compuertas: Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados, para estructuras como muros, losa de piso (cimentación) y concretos en zona de compuerta.

Compuerta: Es una estructura metálica de sección rectangular, que permite la regulación del caudal al ingreso de la conducción para casa de máquinas y canal principal.

Rejillas metálicas: Es una estructura metálica rectangular conformada por paneles de barras metálicas. Estas rejillas son frontales, pero tienen una inclinación de 15° respecto a la vertical. La principal función de la rejilla metálica es la de evitar el ingreso de objetos de sobre tamaño que puedan entrar a la conducción y provocar problemas a las turbinas a instalar en la casa de máquinas y esta agua después del proceso de generación será incorporada al canal principal de riego.

Limpia-rejas: Corresponde a la instalación del equipo de limpieza de los escombros o material de sobretamaño, atrapados en los paneles de rejillas metálicas de la toma principal; los cuales en caso de ingresar al sistema podrían dañar las turbinas de casa de máquinas.

Conducción: La conducción es una estructura conformada de una tubería de acero por la cual el agua fluye a través de los rellenos de presa hasta llegar a la casa de máquinas para la generación eléctrica y su incorporación al canal principal de riego.

5.6.3.7 Casa Maquinas

El edificio de casa maquinas se convierte en el lugar donde se genera la electricidad por medio del giro de 2 turbinas tipo Francis de 3.5 MW de capacidad cada una, por la fuerza del agua que viene de la tubería de conducción, a continuación, las características:

Cuadro n° 5. 8 Características principales casa maquinas PAACUME.

Casa de Máquinas		
Tipo	Superficial	
Número y tipo de unidades	2 und Kaplan eje vertical, 3.5 MW c/u	
Velocidad de rotación	300.0	rpm
Nivel nominal del embalse	44.0	msnm
Nivel de restitución	27.0	msnm
Caída bruta de diseño	17.0	m
Caudal de Diseño	50.0	m ³ /s
Capacidad Instalada	7.0	MW
Generación media anual	44.0	GWh
Ancho de casa de máquinas	14.0	m
Longitud de Casa de Máquinas	23.0	m

Fuente: Departamento de diseño PAACUME, 2017.

Obra Civil: La construcción se inicia con la losa de cimentación y posteriormente se prosigue con los muros. Conforme se avanza en la altura de los muros, se empiezan a colocar los entresijos con la ayuda de una grúa de llantas y de una torre grúa. Primero se instalan las columnas y las vigas metálicas y posteriormente, las losas prefabricadas de concreto. Primero se construye la placa de cimentación, luego se sigue con las columnas, las cuales se trabajarán en paralelo junto con las columnas del edificio principal, hasta llegar a la altura de la viga carrilera, la cual une o vincula todas las columnas, tanto del edificio

principal o sala de turbinas como de la sala de montaje. Como última etapa, se instala sobre la viga carrilera la estructura y la cubierta de techo y se construye el cerramiento o paredes.

En una segunda etapa, se inicia la construcción de la cámara de restitución. Esto es para aprovechar el recurso, mano de obra y equipos, que proviene de la construcción de la casa de máquinas. La construcción inicia con la losa de cimentación, prosigue con los muros y finaliza con los marcos de izaje, que son los que se encargan de soportar las compuertas.



Figura n° 5. 27 Central de compensación ecológica PH Reventazón
Fuente: ICE, 2017.

Montaje Electromecánico: La primera actividad constructiva que realiza el personal del montaje eléctrico es la colocación de la malla tierra, la cual se instala directamente en el suelo, antes de la losa de cimentación del edificio principal de la casa de máquinas. Posteriormente, se realizan varios trabajos de colocación de tubería eléctrica en los muros antes de ser colados, de manera que esa tubería quede embebida. El trabajo del montaje electromecánico se vuelve más intenso con la etapa constructiva de los concretos masivos, ya que involucra el montaje de equipos de muy poca tolerancia como los tubos de aspiración y las cajas de espiral, que deben quedar completamente embebidos dentro del concreto, por ello la interacción entre el personal de la obra civil y del montaje electromecánico se vuelve muy estrecha. La forma de colocar el concreto varía. Se tiene que controlar la velocidad y la forma de la colocación del concreto, la temperatura, la relación agua/concreto, el volumen y el espesor.

Posterior a esta etapa, el montaje electromecánico entra de lleno en el armado y montaje de las distintas partes de los equipos turbogeneradores como los rodets, rotores, turbinas y finalmente, los generadores. En forma paralela, se trabaja en la instalación de los tableros de control y del cableado eléctrico en los distintos niveles de entpiso. Un trabajo muy importante que se desarrolla posterior a la construcción de las vigas carrileras es el montaje de la grúa viajera o puente grúa, la cual se convierte luego en la herramienta vital para movilizar las partes del equipo turbogenerador dentro de la casa de máquinas.

La última etapa es la puesta en marcha de los equipos turbogeneradores, para lo cual se tienen que realizar distintas pruebas previas, entre las que se encuentran las pruebas secas y las húmedas, antes de iniciar con la operación normal.

5.6.3.8 Embalse

En el embalse de PAACUME es donde se acumula el agua proveniente del Río Piedras y aguas del complejo ARENAL sitio en la parte alta de la cuenca, el volumen total aproximado de este embalse será de 88.1 Hm³ de agua y tiene como nivel máximo de operación en la cota 48.5 m.s.n.m.

Cuadro n° 5. 9 Características principales embalse PAACUME

Embalse		
	Cantidad	Unidad
Nivel Máximo de Operación	48.50	msnm
Nivel Mínimo de Operación	35.00	msnm
Nivel Máximo extraordinario	50.28	msnm
Volumen útil del Embalse	71.40	Hm ³
Volumen total del embalse al nivel de operación	88.10	Hm ³
Área embalse al nivel máximo de operación	7.45	km ²
Longitud de embalse al nivel Máximo de operación	9.00	km
Tipo de regulación	estacional	
Carga anual de sedimentos	400000	ton

Fuente: Departamento Diseño PAACUME, 2017.

Adquisición de terrenos: Se debe realizar toda una campaña para la adquisición de terrenos donde estará ubicado el embalse ya que se debe negociar y compensar a los dueños de estos terrenos.

Mejoramiento de accesos: Para el monitoreo y rescate en la maniobra de llenado es necesario el mejoramiento de los caminos que dan al embalse, ya que estos se convertirán en la vía de traslado para el rescate animal y vegetal en la maniobra de llenado.

Llenado de embalse: El llenado del embalse inicia una vez que se baja la compuerta de la descarga de fondo y el agua se empieza a acular aguas arriba de la presa, el embalse de PAACUME tienen un área de 7.45 km², por lo cual para esta maniobra es necesario la coordinación del rescate animal y vegetal de la zona. Se estima que el proceso de actividades previas para rescate y ejecución del llenado tarde alrededor de 34 días. Ver mayor detalle el documento de Anexos Tomo I, anexo n° 5.4 Estimación del tiempo de llenado del Embalse PAACUME.

5.6.3.9 Obras de excedencias.

Vertedor de excedencias: El vertedero se localiza en la margen derecha del río Piedras y el flujo se controla mediante 2 compuertas radiales de 12,0 metros de ancho y 10,5 metros de alto ubicadas en el cimacio y con un pilar central, con sus respectivas ataguías. El canal

de aproximación es de forma trapezoidal, con un ancho de base de 30 metros y una longitud de 50 metros. El canal de descarga es un canal rectangular de 27 metros de ancho y 390 metros de longitud, concluyendo con una estructura disipadora que incorpora el agua nuevamente al río.

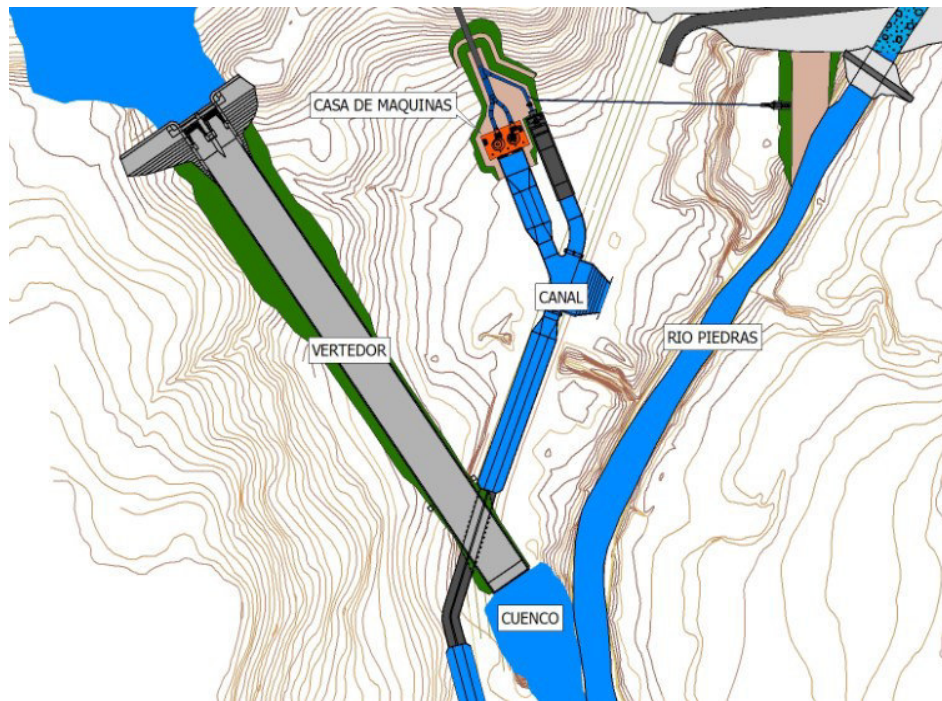


Figura n° 5. 28 Vertedero de excedencias
 Fuente: Departamento diseño PAACUME, 2017.

Cuadro n° 5. 10 Características Generales obras de excedencia PAACUME

Vertedor de Excedencias		
Tipo de compuertas	Radiales	
Número de compuertas	2.0	und
Ancho de cada compuerta	12.0	m
Altura de cada compuerta	10.5	m
Radio de curvatura de cada compuerta	10.0	m
Elevación del umbral de cada compuerta	38.5	msnm
Caudal máximo extraordinario en el vertido	1876.0	m ³ /s
Nivel de agua máximo extraordinario del embalse	50.3	msnm
Nivel de energía de aproximación máximo extraordinario	50.3	msnm
Elevación de cresta	39.0	msnm
Longitud de la cresta bruta	27.0	m
Número de pilares	1.0	pilar
Espesor de pilar	3.0	m
Longitud de la cresta neta	24.0	m
Pendiente de la cara aguas arriba del cimacio	1V: 2/3H	adim

Vertedor de Excedencias		
Carga máxima extraordinaria CV	11.28	m
Carga de diseño del perfil WES con "CV"	10.11	m
Carga de diseño del perfil WES sin "CV"	9.50	m
Carga máxima normal con "CV"	10.11	m
Coefficiente del perfil WES	1.94	adim
Exponente del perfil WES	1.81	adim
Radio de curvatura al pie del cimacio	33.00	m
Profundidad inicial de diseño de la curva	5.41	m
Velocidad inicial de diseño de la curva	14.44	m/s
Profundidad final de diseño de la curva	4.37	m
Velocidad final de diseño de la curva	17.87	m/s
Ancho de la rápida	27.00	m
Elevación inicial de la rápida	30.93	msnm
Profundidad inicial de diseño de la rápida	4.37	m
Velocidad inicial de diseño de la rápida	17.87	m/s
Pendiente de la rápida	1V: 139.664H	
Ancho de deflector vertical	27.00	m

Fuente: Departamento Diseño PAACUME, 2017.

Proceso de Excavación: Se debe realizar el proceso de excavación tanto de la fundación como de las márgenes, en el cual el material extraído deberá ser acarreado a las escombreras definidas para su tratamiento o posible recolocación en los rellenos de presa, esta excavación tendrá un volumen aproximado de 205 000 m³ en banco.

En este proceso se requiere la utilización de vagonetas articuladas, tractores, excavadoras y voladoras.

Proceso de Estabilización: La estabilización de las márgenes se realiza paralelamente al proceso de excavación, en la cual se va colocando concreto lanzado y acero de refuerzo según se especifique el diseño de cada zona, además de ser necesario se debe colocar drenajes y pernos de anclaje.



Figura n° 5. 29 Excavación y Estabilización Vertedor PH Reventazón

Fuente: ICE, 2017.

Losa de aproximación: Corresponde a la construcción de la estructura de concreto reforzado, que se ubica aguas arriba de la estructura de control del vertedor y su función es impermeabilizar el macizo.

Bloque de cimacios: Son estructuras de concreto masivo cuya geometría aproxima a la forma parabólica de un chorro de agua con caída libre, se deben construir 2 de estas estructuras en los vanos entre el pilar central de la zona de control del vertedor. Dentro de ellas se comunican mediante galerías de acceso y drenaje.

Concreto lanzado canal de aproximación: En el sector aguas arriba de la losa de aproximación se deben estabilizar los muros, mediante la aplicación de concreto lanzado.

Losas y muros de la transición y rápida: Corresponden a la construcción de estructuras de concreto reforzado, que forman parte del sector de la transición y rápida del vertedor. Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados.

Pilar y muros de aproximación: Se refiere a la construcción de estructuras de concreto reforzado, que forman parte del sector de control del vertedor. Esta actividad involucra los trabajos de limpieza, colocación de acero de refuerzo, encofrado, colocación del concreto, el desencofrado, curado y las posibles reparaciones superficiales por acabados.

Puente: Es la estructura de concreto reforzado, que estará apoyada sobre el pilar central por medio de vigas prefabricadas, en el sector de control del vertedero. Esta estructura permite la unión del vertedor con la presa y sobre ella tendrá que instalarse una grúa pórtico, que permite el mantenimiento en operación de las compuertas. Tiene una longitud de 27 metros.



Figura n° 5. 30 Puente Vertedor PH Reventazón
Fuente: ICE, 2017.

Compuerta y Ataguías: En el sector de control se deben instalar 2 compuertas de tipo radial y 2 ataguías. Durante la construcción del pilar central debe dejarse las placas de apoyo, que permiten la instalación de las guías y sellos, para su funcionamiento.

Estructura disipadora: Para disipar la energía que sale por el vertedero de excedencias, se debe construir una estructura en concreto para disipar la energía del agua y reincorporarla al río Piedras.



Figura n° 5. 31 Estructura disipadora vertedero PH Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.10 Centro de producción de concreto

Para la construcción de las obras presa y parte del canal principal del proyecto PAACUME se visualiza la instalación de una planta de concreto con una capacidad nominal de 250 m³/hora, esto para satisfacer la demanda pico para la construcción de la presa, vertedero y casa maquinas. Este centro de producción de concreto se ubicará en la terraza de la zona de explotación y abarcará un área aproximada de 2.0 Hectáreas, en la cual además de los mezcladores se ubicarán los apilamientos de agregados, las tolvas de alimentación, silos para cemento y sedimentadores para el control de aguas de trabajo.

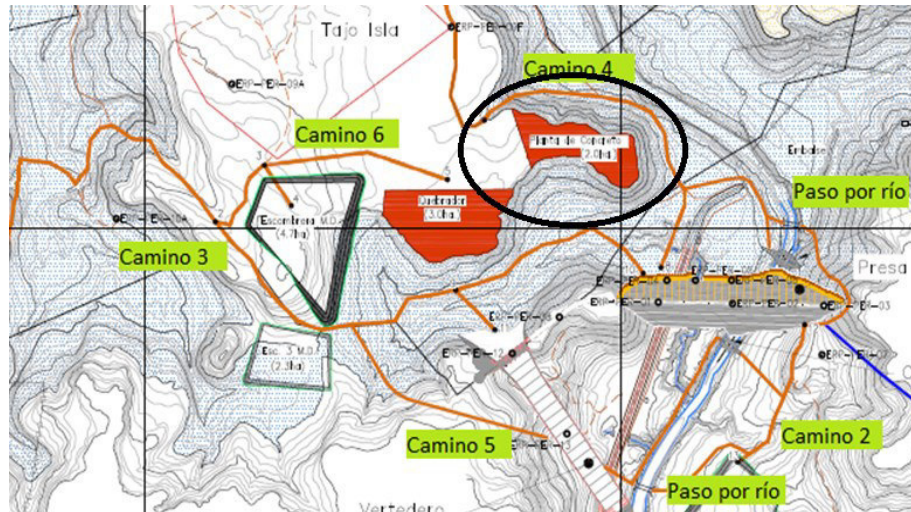


Figura n° 5. 32 Ubicación centro de producción de concreto
 Fuente: Planificación PAACUME, 2017.



Figura n° 5. 33 Planta de concreto PH Reventazón.
 Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.11 Escombreras

Las escombreras del proyecto PAACUME se ubican dos en margen derecha y una en margen izquierda del río Piedras, su configuración depende la topografía y cantidad de material a colocar. A continuación, una planta de distribución de las escombreras y sus respectivos caminos de acceso.

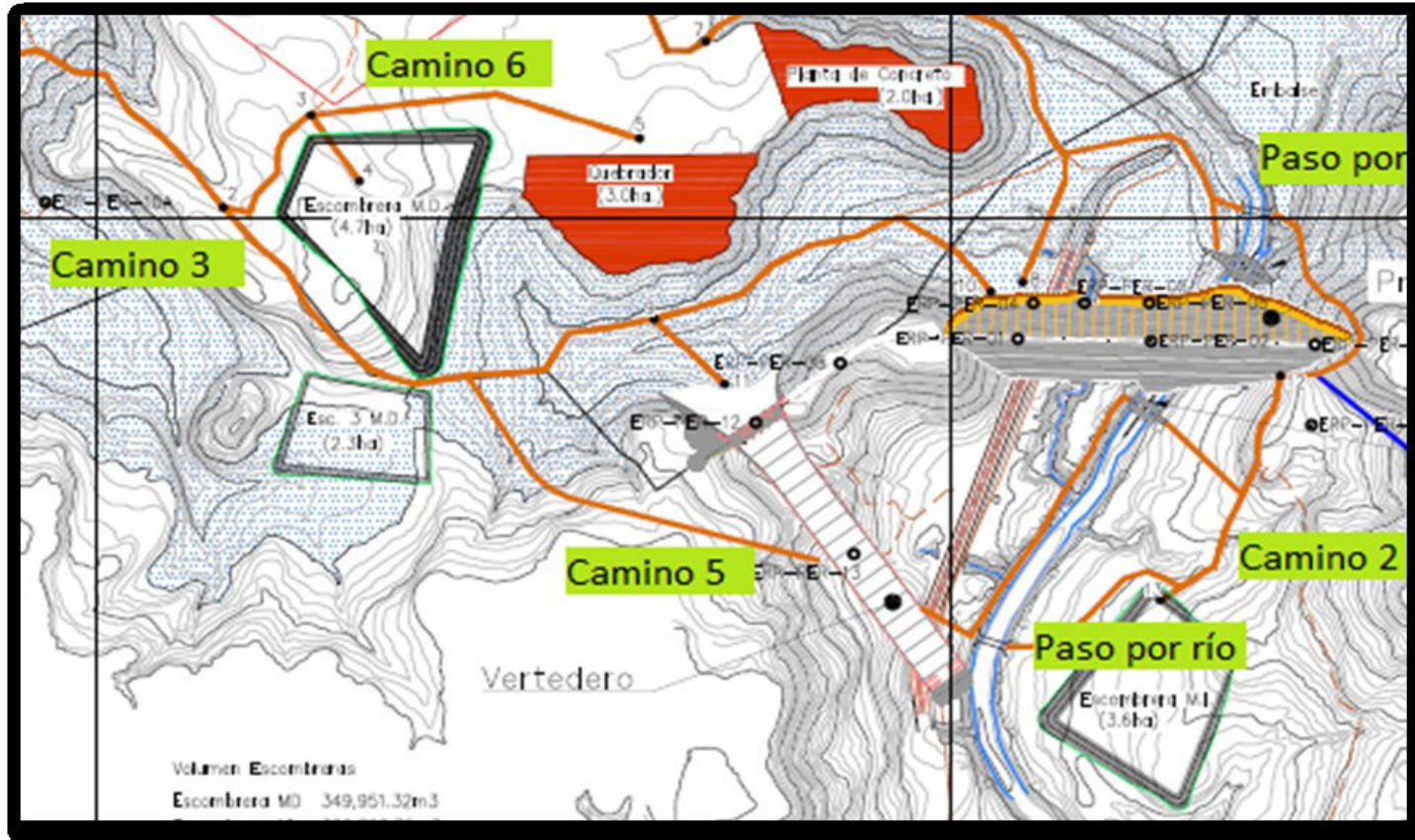


Figura n° 5. 34 Ubicación de escombreras PAACUME
Fuente: Construcción-Diseño PAACUME, 2017.

Cuadro n° 5. 11 Cantidades de excavación por margen en m3 en banco.

Obra	Excavación Margen Derecha (m3b)	Excavación Margen Izquierda (m3b)	Total (m3b)
Caminos de acceso	15,000.00	10,000.00	25,000.00
Obras Desvío	0.00	25,000.00	25,000.00
Presa	195,000.00	100,000.00	295,000.00
Tomas de agua	4,500.00	10,000.00	14,500.00
Vertedero	155,000.00	50,000.00	205,000.00
Casa Maquinas	0.00	3,500.00	3,500.00
TOTAL	354,500.00	188,500.00	543,000.00

Fuente: Departamento diseño PAACUME, 2017.

Cuadro n° 5. 12 Cantidades de excavación por margen en m3 sueltos.

Obra	Excavación Margen Derecha (m3S)	Excavación Margen Izquierda (m3S)	Total (m3S)
Caminos de acceso	18,750.00	12,500.00	31,250.00
Obras Desvío	0.00	31,250.00	31,250.00
Presa	243,750.00	125,000.00	368,750.00
Toma Aguas	5,625.00	12,500.00	12,500.00
Vertedero	193,750.00	62,500.00	256,250.00
Casa Maquinas	0.00	4,375.00	4,375.00
TOTAL	443,125.00	235,625.00	678,750.00

Fuente: Departamento diseño PAACUME, 2017.

A continuación, se presenta la capacidad total de las escombreras del proyecto PAACUME con su respectiva distribución:

Cuadro n° 5. 13 Capacidad escombreras PAACUME.

Escombrera	Ubicación	Capacidad (m3s)
Escombrera 1	Margen Derecha	350,000.00
Escombrera 2	Margen Izquierda	307,000.00
Escombrera 3	Margen Derecha	101,000.00
TOTAL		758,000.00

Fuente: Departamento diseño PAACUME, 2017.

Manejo de aguas: Se realizarán filtros en la base de cada escombrera con el fin de captar las aguas de los materiales depositados en cada escombrera, estos filtros se construyen con piedras tipo bolón envueltos en geo textiles para garantizar su buen funcionamiento.



Figura n° 5. 35 Filtros piedra y geotextil para escombreras.

Fuente: ICE, 2017.

Diques de retención: En las zonas perimetrales de las escombreras se debe colocar el material de las excavaciones de mejor calidad para la conformación de diques de retención y así garantizar la estabilidad de los taludes laterales, para poder depositar los materiales de menor calidad en la zona central de las escombreras.



Figura n° 5. 36 Diques retención con materiales de excavación.

Fuente: ICE, 2017.

Colocación y acomodo de materiales: La colocación de materiales en una escombrera se debe realizar de una manera ordenada y por capas, utilizando equipos pesados como lo son tractores y excavadoras, estos equipos distribuyen el material a lo largo de la capa para su debido acomodo.



Figura n° 5. 37 Acomodo material escombrera 15 PH. Reventazón.
Fuente: ICE, 2017.

5.6.3.12 Canal Oeste Tramo III

Uno de las partes fundamentales del proyecto PAACUME, es la construcción del canal principal, el cual se divide en 2 secciones, Tramo II y Tramo III ya que el Tramo I está aguas arriba del proyecto PAACUME y el mismo ya está construido y operando, a continuación, las etapas de cada tramo:

- **Canal oeste tramo II Etapa 1:** Esta etapa ya está construida y se prevé su ampliación para que el proyecto PAACUME pueda transitar la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda establecida, esta mejora está bajo el expediente 087-1993 Proyecto de riego Arrenal-Tempisque, ubicado en el sector de la comunidad de Falconiana iniciando en la estación 2+586 hasta la estación 19+880, ubicada en el Río Cabuyo, para un total de 17 293 metros.
- **Canal oeste tramo II Etapa 2:** Esta etapa será construida como parte integral del proyecto PAACUME y abarca desde las obras presa hasta el entronque con el estacionamiento 2+586 del canal oeste tramo II etapa 1.
- **Canal Oeste tramo III:** Esta etapa será construida como parte integral del proyecto PAACUME e iniciará en la estación 19+880, ubicada en el Río Cabuyo y donde finaliza la el Canal oeste tramo II etapa 1 y se extenderá aproximadamente hasta el estacionamiento 55+000 atravesando las fincas de CATSA, el Pelón de la Bajura, Finca Agrorice y finca el Milanio S.A finalizando con la construcción de un sifón que atraviese el río Tempisque en la zona de Palmira.

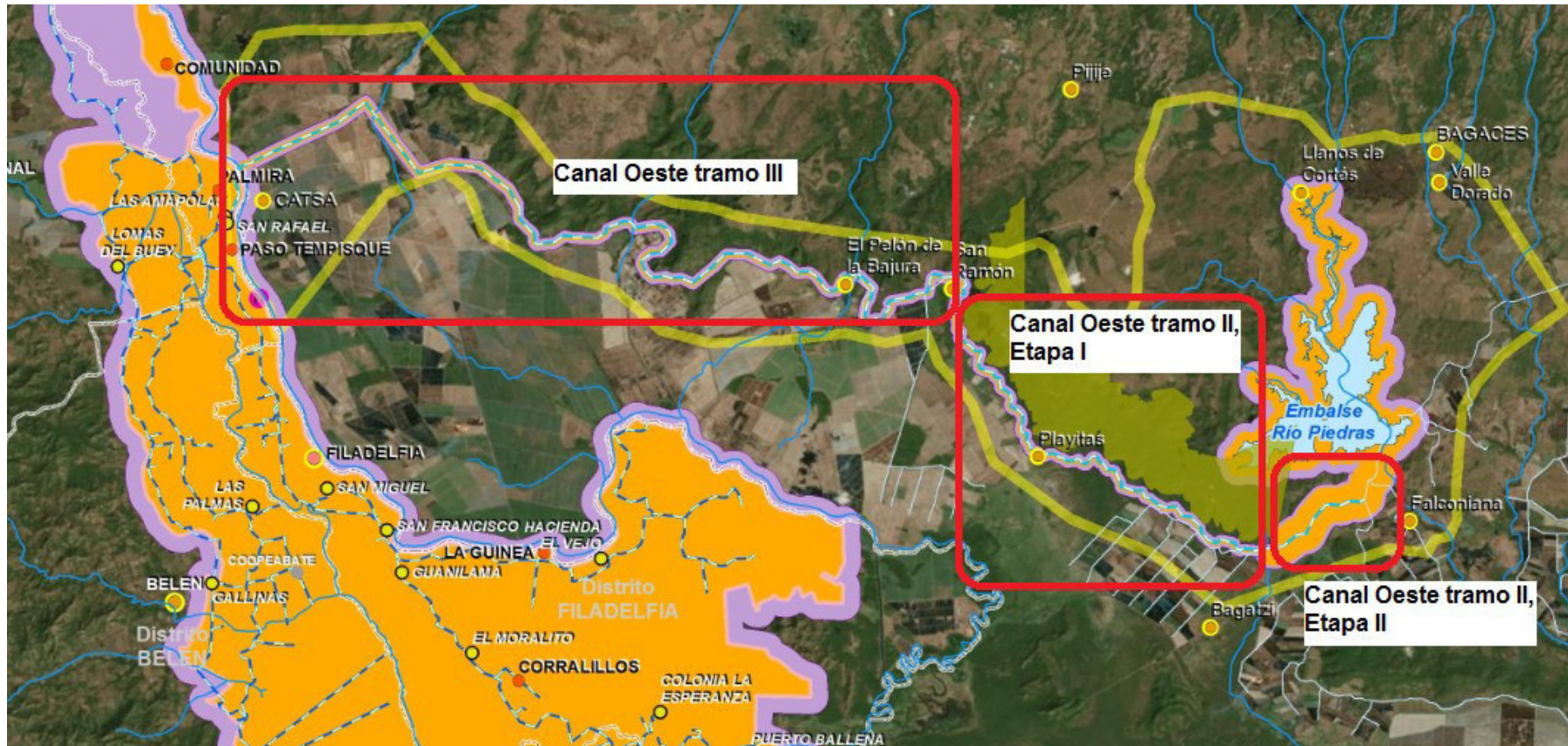


Figura n° 5. 38 Etapas del canal principal proyecto PAACUME.
Fuente: SENARA-ICE, 2017.

Construcción de canal principal: La construcción de canales en sitios con pendientes bajas conlleva una serie de procesos constructivos que se describen con detenimiento en el siguiente apartado, a continuación, una sección típica de canal en el tramo II del canal oeste, Etapa I iniciando al pie de presa:

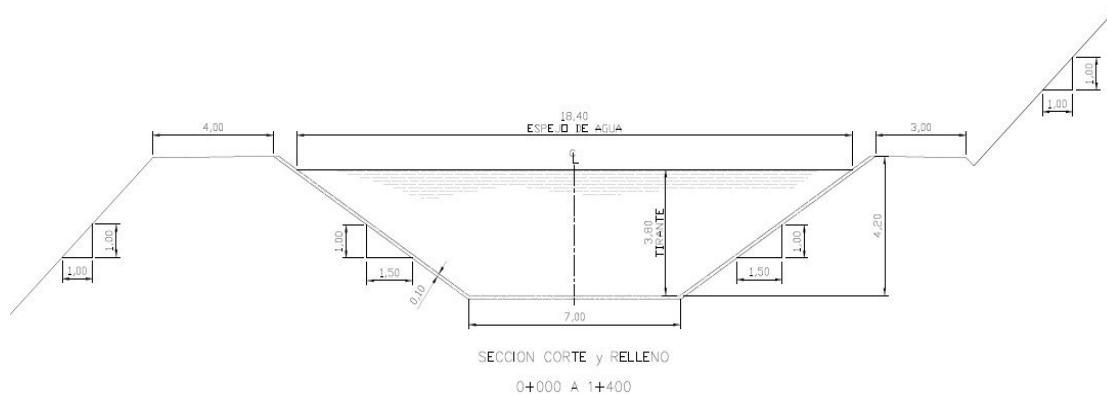


Figura n° 5. 39 Sección canal oeste tramo II, Etapa I.
 Fuente: Construcción-Diseño PAACUME, 2017.

Proceso de excavación: Los procesos de excavación conlleva el uso de maquinaria pesada como tractores, excavadoras y vagonetas ya que el material debe ser excavado y colocado ya sea al lado del canal o ser llevado a una escombrera.



Figura n° 5. 40 Excavación canal derivación PH Reventazón.
 Fuente: ICE, 2017.

Procesos de conformación de Rellenos: En zonas a lo largo del talud izquierdo del canal principal es necesario la conformación de rellenos compactados para apoyar el revestimiento del canal, para ello es necesario colocar materiales de la excavación o extraídos de cantera, dicha colocación se realizará por medio de capas de aproximadamente 50 cm de espesor y las mismas deben ser compactadas con rodillos

vibratorios de al menos 10 toneladas, además se debe realizar la conformación del talud por medio de excavadoras.



Figura n° 5. 41 Conformación talud de relleno dique compactado en canales
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Proceso de colocación de acero y revestimiento: Por un tema de durabilidad de la obra, disminución de pérdidas y estabilidad de los taludes es necesario realizar un revestimiento de concreto en las zonas laterales y piso de la estructura.

Para esta labor se visualiza la producción de concreto en plantas móviles que se ubicaran a lo largo del canal para poder cumplir con los ciclos de colocación o bien realizar la compra de concreto premezclado en centros de producción establecidos en la zona que cumplan con todos los requerimientos ambientales necesarios.

Además, la labor de colocación se realizará por medio de una estructura móvil, llamada encofrado deslizante, el cual va dando espesor y forma al concreto transportado por auto mezcladoras y que por medio de vibradores es colocado en sitio, aumentando los rendimientos de colocación y haciendo un proceso continuo y ordenado, que evita muchos desechos de madera y acero si se compara con una colada convencional.



Figura n° 5. 42 Proceso de colocación de acero y revestimiento en canales con encofrado deslizante.

Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Tratamiento de juntas: Se debe realizar el tratamiento de las juntas diseñadas en el canal, para que el mismo no sufra agrietamientos no programados, estas juntas son rellenas con una emulsión asfáltica o resina trastada para funcionar como sellantes.



Figura n° 5. 43 Relleno típico de juntas con emulsión asfáltica.

Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Construcción de sifones: A lo largo de la construcción del canal oeste Tramo II y Tramo III se deberá realizar la implementación de sifones para poder intersecar los ríos sin interferir con el curso que estos tienen, a continuación, un ejemplo se sifones implementados en la construcción del canal oeste tramo 1:



Figura n° 5. 44 Sección típica sifón canal oeste Tramo 1.
Fuente: SENARA, 2017.



Figura n° 5. 45 Sifón Canal Sur SENARA.
Fuente: SENARA, 2017.

Proceso de excavación: Los procesos de excavación para un sifón conlleva el trabajo en el cauce del río, el mismo durante este tiempo de ejecución es desviado de manera temporal por medio de un canal excavado en una de las márgenes para dar área seca a este trabajo.



Figura n° 5. 46 Excavación típica sifón.
Fuente: Imagen tomada de internet, 2017.

Proceso de construcción: Existen varias formas de realizar la construcción de los sifones:

Armado y colado en sitio: Se realiza el doblado, encofrado y colocación de concreto en sitio.



Figura n° 5. 47 Sifón colado en sitio.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Colocación de elementos prefabricados: Cuando las condiciones de acceso y manejo del río lo permite, se puede utilizar una metodología constructiva prefabricada, en la cual las alcantarillas de desvío ya sean rectangulares, cuadradas y circulares pueden ser armadas en otro sitio y por medio de camiones y grúas son colocadas en su lugar, este

proceso resulta sumamente atractivo para disminuir tiempos de construcción y en especial para ríos caudalosos para evitar la exposición de las excavaciones.



Figura n° 5. 48 Estructuras para sifones prefabricadas.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Construcción de regulación: Los sifones son regulados a su entrada y para lo cual se requiere la fabricación e instalación de compuertas, que mediante mecanismos de izaje bajan o suben las compuertas, para aumentar o disminuir los caudales de entrada en el sifón.



Figura n° 5. 49 Estructura de entrada sifón canal del Sur SENARA.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

5.6.3.12 Red de Distribución

La red de distribución del proyecto PAACUME se convertirá en la red de canales secundarios más grande del país ya que tendrá una extensión aproximada de 300 kilómetros y es por medio de está que llevará el agua a las fincas y propiedades en la última

etapa del proyecto, estos canales son de menor sección y los mismos pueden construirse en sitio o al igual que el canal principal puede deslizarse.

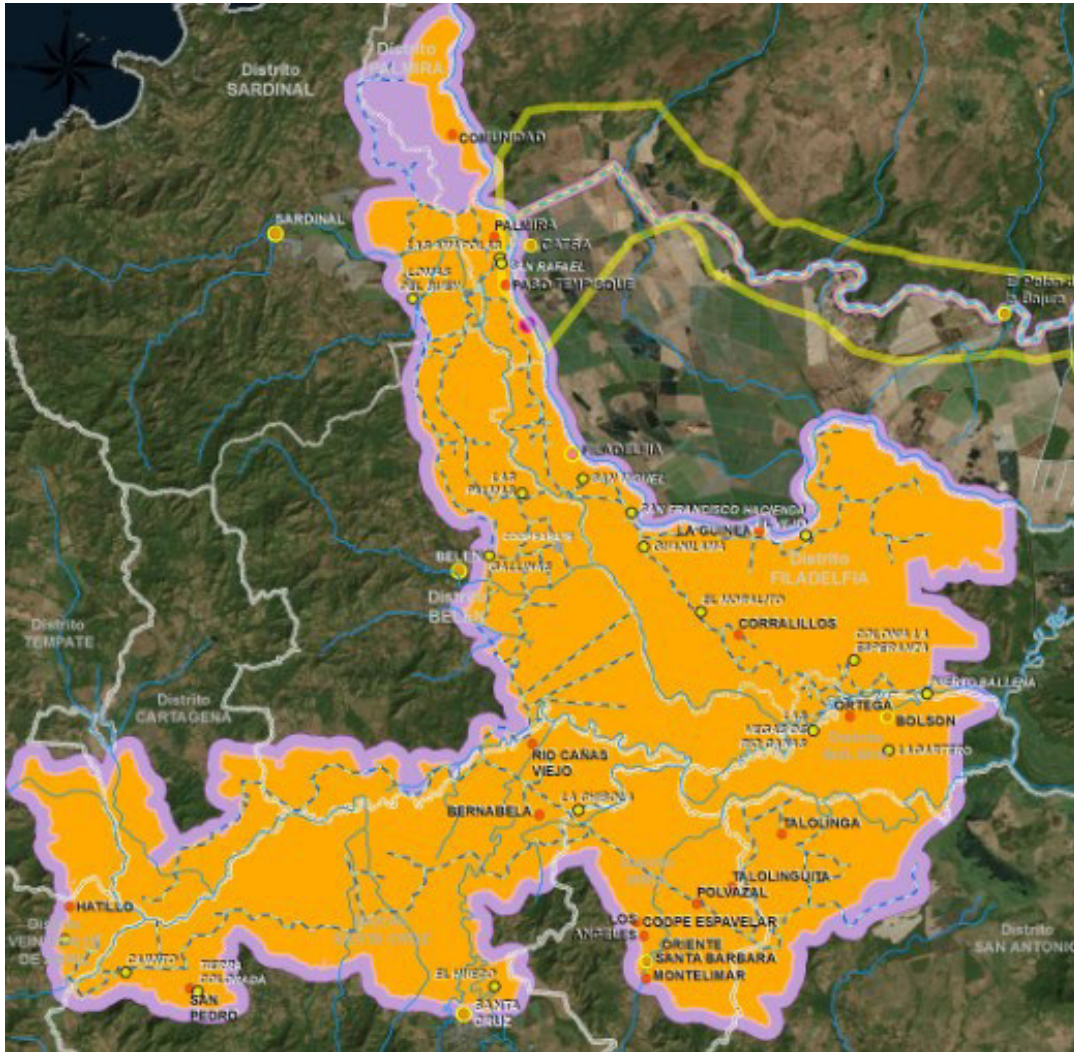


Figura n° 5.50 Área de influencia zona de distribución.

Fuente: SENARA-ICE, 2017.

La metodología constructiva para este tipo de canales será la misma que la del canal principal, pero con menor envergadura:

Proceso de excavación: Los procesos de excavación conlleva el uso de maquinaria pesada como tractores, excavadoras y vagonetas ya que el material debe ser excavado y colocado ya sea al lado del canal o debe ser llevado a escombreras de la zona.



Figura n° 5. 51 Excavación canales secundarios
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Proceso de revestimiento: El revestimiento de estos tipos de estructuras de canal secundario y terciarios puede realizarse por medio de 2 metodologías:

Revestimiento deslizado: Al igual que el canal principal existen formaletas deslizantes para el revestimiento de canales pequeños, mantienen la metodología que un canal de mayor magnitud, pero todavía son económicamente rentables ya que aumentan los rendimientos y disminuyen desperdicios y personas.



Figura n° 5. 52 Encofrado deslizante para canales secundarios.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Revestimiento utilizando estructuras prefabricadas: También una buena opción donde las condiciones o sección no resulta rentable para efectuar un revestimiento deslizado, se utilizará el revestimiento por medio de secciones prefabricadas, las cuales son trasladadas a sitio por medio de izaje se colocan en el sitio respectivo.



Figura n° 5. 53 Revestimiento prefabricado para canales.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

Pasos de caminos y carreteras: En algunas zonas de la distribución se debe realizar la construcción de puentes o pasos de los canales secundarios por las rutas nacionales, primaria 21, secundaria 150 y 151 (ver cuadro n°5.13), esta interacción tendrá un impacto en el flujo vehicular habitual, ya que el mismo tendrá que ser desviado por las zonas laterales del paso a construir o bien por rutas alternas establecidas.

La forma adecuada de realizar dichos trabajos, es reconstruir por medio de puentes o pasos elevados la ruta original de los caminos y/o carreteras para que cuando la excavación del canal llegue a cada sitio éstas estructuras estén operativas.



Figura n° 5. 54 Puentes para caminos y carreteras para canal.
Fuente: Imagen tomada de Internet, 2017.

5.7 Fase de construcción

5.7.1 Equipo y materiales a utilizar

A continuación, la tabla de materiales y equipos principales a utilizar para la construcción de PAACUME.

Cuadro n° 5. 14 Cantidad de equipos para construcción PAACUME.

Obras Presa	Canal Principal	Distribución	Total	Descripción equipos
Cantidad				
5	2	0	7	Tractores Oruga
8	4	4	16	Excavadoras
6	2	6	14	Retroexcavadoras
4	4	4	12	Compactadoras
10	4	2	16	Vagonetas Articuladas
10	8	12	30	Vagonetas Tándem
4	2	2	8	Tractores de llantas
8	4	4	16	Auto mezcladoras
6	2	2	10	Montacargas
4	1	1	6	Camión Grúa
2	1	1	4	Autobombas
2	0	0	2	Grúa Torre
4	1	2	7	Camiones
12	4	6	22	Vehículos
4	2	4	10	Buses
4	1	1	6	Compresores
20	5	10	35	Soldadoras
3	0	0	3	Perforadoras
1	1	0	2	Planta de concreto
1	0	0	1	Planta de agregados
28	4	6	38	Bombas para agua
3	1	1	5	Bombas para concreto

Fuente: Construcción PAACUME, 2017.

5.7.1.1 Materiales a utilizar

Se presenta la tabla de los principales materiales a utilizar en la construcción del proyecto PAACUME dividido en los 3 grandes grupos de obras.

Cuadro n° 5. 15 Materiales principales a utilizar en PAACUME

Obras Presa	Canal Principal	Distribución	Total	Unidad	Descripción material
Cantidad					
84,640.00	112,700.00	207,000.00	404,340.00	m3	Agregados
251,804.00	287,385.00	527,850.00	1,067,039.00	Ton	Cemento
1,259,020.00	1,436,925.00	2,639,250.00	5,335,195.00	Litros	Aditivo
210.00	50.00	150.00	410.00	m3	Madera
7,232.00	5,635.00	6,210.00	19,077.00	Ton	Acero

Obras Presa	Canal Principal	Distribución	Total	Unidad	Descripción material
Cantidad					
5,000.00	2,000.00	6,000.00	13,000.00	m2	Geo textil

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

5.7.1.2 Rutas de movilización de equipo

Las rutas de movilización se dividen por los 3 grandes grupos de obras del proyecto PAACUME, Obras Presa, Canal de Principal y zona de distribución.

Para las obras presa y canal principal, la ruta de acceso será la ruta nacional 1 y para el ingreso a las obras y campamento la ruta 922 que va de Bagaces a Falconiana, pero para la construcción de las obras como vertedero, presa, casa máquinas, embalse, acareo de materiales para rellenos presa y concretos se utilizarán caminos de obra.

A lo largo del canal principal se utilizará la ruta 1 como vía principal de acceso y los caminos de las fincas que bordean el canal.

En el caso de la distribución si habrá una fuerte interacción con rutas nacionales y caminos municipales que se describen a continuación:

Cuadro n° 5. 16 Rutas zona de distribución

Localidades	Número de calle	Intervención PAACUME	Observaciones
Nicoya-Santa Cruz-Carrillo-Liberia	Ruta primaria 21	7 puntos	Esta carretera nacional se encuentra en buen estado y tiene tránsito de vehículos constantemente.
Nicoya- San Lázaro-Talolinga	Ruta secundaria 150	1 punto	Camino hacia la comunidad San Lázaro, esta vía es de lastre donde se encuentra en buen estado.
Santa Barbará-Bolsón –Filadelfia	Ruta terciaria 920	6 puntos	Esta carretera tiene una superficie de lastre que se encuentra en un buen estado a regular, dependiendo de la época del clima (invierno-verano)
Comunidad-Tablazo-Sardinal-Coco	Ruta secundaria 151	1 punto	Calle de asfalto que se encuentra en muy buenas condiciones, rutas muy transitadas, por ser la vía que comunica al sector turístico (playas y hoteles de la zona)
Los Jocotes-El Moral-San Blas	Ruta terciaria 912	3 puntos	Calle de lastre que se encuentra en muy buenas condiciones, actualmente existe un proyecto de asfaltado en la Municipalidad de Carrillo, teniendo el aval del MOPT.
Portegolpe-Hatillo-San Jerónimo-Caimito	Ruta terciaria 909	2 puntos	Esta carretera tiene una superficie de lastre que se encuentra en un buen estado a regular, dependiendo de la época del clima (invierno-verano)

Localidades	Número de calle	Intervención PAACUME	Observaciones
San Pedro-Cuatro Esquinas-Cartagena	Ruta terciaria 908	1 punto	Calle con superficie asfalta

Fuente: Análisis de vialidad, apartado 9.10.1, EsIA PAACUME, 2017.

5.7.1.3 Frecuencia de movilización

Para las obras presa y canal principal la frecuencia de movilización será de al menos 2 veces por día para los vehículos y buses que trasladan el personal para las obras, para los equipos que ingresan materiales a los proyectos tendrán una frecuencia diaria ya que vienen de puertos o área metropolitana. La maquinaria pesada no tendrá flujo por rutas nacionales o cantonales ya que todo el acarreo se realizará en camino de obra exceptuando el ingreso y salida a la zona el cual se hará solamente una vez y por la ruta 1.

En el caso de la zona de distribución la movilización del personal será diaria y las auto mezcladoras que acarrean el concreto transitarán varias veces al día por las diferentes rutas.

5.7.1.4 Mapeo de rutas más transitadas por efecto del proyecto

A continuación, se presenta el mapa de rutas que se harán uso para cada una de las zonas del proyecto.

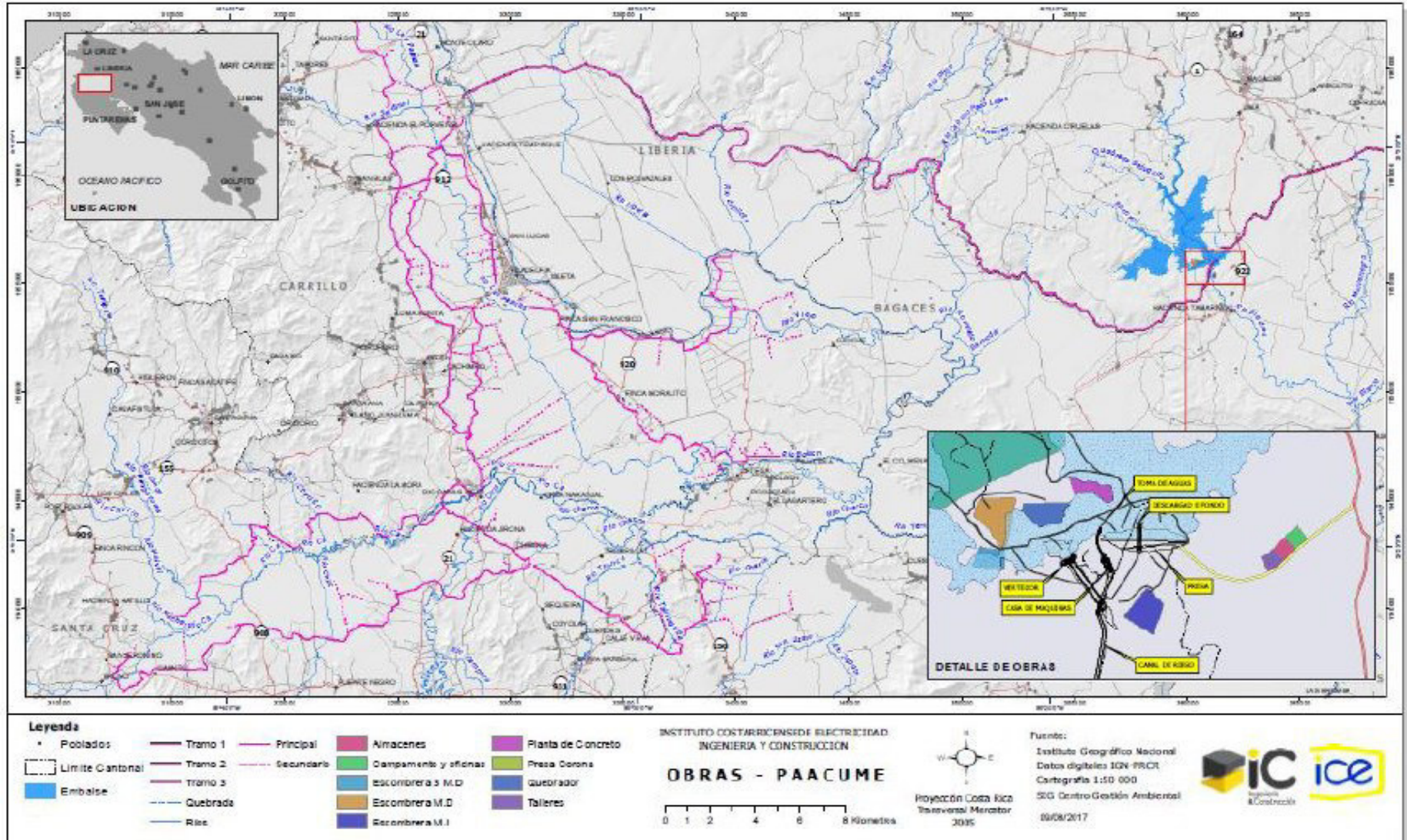


Figura n° 5. 55 Rutas de movilización.
Fuente: SENARA, 2017.

5.7.2 Necesidad de recursos

Consumo de agua: Según las estadísticas para Costa Rica se asume un consumo diario 200 litros/día por persona, por tanto el consumo del campamento será de 27.8 m³ /día para las 110 personas instaladas en el pico de construcción, más un estimado de 40 litros de consumo para las 90 personas que se asume serán temporales por día y en las obras se asume un consumo promedio por persona de 20 litros por día por persona ya que es básicamente hidratación por lo cual el consumo en obras es de 20 m³/día de agua potable, por tanto se prevé un consumo total de agua potable en el pico del proyecto de 47.8 m³/día.

Para este consumo de agua potable se prevé el suministro del acueducto comunal con previa solicitud ante el ente respectivo. Ver anexo n° 5.5 Solicitud de Servicios Públicos Básicos del documento Tomo I de Anexos.

En el caso de las obras el consumo de agua se suministrará del caudal del canal oeste, según indicación del SENARA, este suministro será por gravedad o bombes según sea necesario. Ver anexo n° 5.5 Solicitud de Servicios Públicos Básicos. Documento Tomo I de anexos.

En el siguiente cuadro se detallan los demás usos.

Cuadro n° 5. 17 Proyección de consumo de agua

Objeto de consumo	Consumo promedio	Fuente	Descripción
Potable para consumo humano	47.8	Acueducto Comunal	Consumos de personas de campamento y Obras.
Consumo industrial, no potable.	54	Canal Oeste-Senara	Talleres, campamentos.
Consumo constructivo, no potable	269	Canal Oeste-Senara	Concretos, riegos caminos, rellenos de Presa

Fuente: Construcción PAACUME, 2017.

Consumo de combustible: Durante la construcción de las obras de PAACUME el pico de consumo de combustible se dará con la construcción de obras presa donde está ligado el mayor flujo de maquinaria, este consumo rondará los 15 000 litros diarios asumiendo un consumo promedio de 150 litros por equipo cada turno de 12 horas proyectando que estén laborando aproximadamente 40 equipos pesados en el proyecto, ya que las jornadas son diurna y nocturna. A continuación, tipo de equipos a utilizar.

- Vagonetas
- Tractores
- Compactadoras
- Excavadoras
- Cargadores
- Autobombas
- Montacargas
- Vehículos
- Retroexcavadores

5.7.2.1 Energía eléctrica

Se requiere la instalación de 5.5 Mw con una carga promedio de servicio de 4.5 Mw, esta energía será suministrada por la empresa encargada de los servicios eléctricos de la zona. Ver anexo n° 5.5 Solicitud de Servicios Públicos Básicos, documento Anexos-Tomo I.

Cuadro n° 5. 18 Consumo eléctrico PAACUME

Equipo	Cantidad	Consumo
1	Planta de concreto	500 Kva-480 v
1	Complejo de Trituración	950 kva- 480v
1	Campamento	300 kva-120/240 v
1	Iluminación de obras	800 Kva-480 v
4	Compresores principales	800 Kva-480 v
2	Grúas torres	250 Kva-480 v
4	Lanzadoras de concreto	300 kva-480 v
20	Bombas de aguas mediana capacidad	550 kva-480v
8	Bombas de aguas alta capacidad	680 Kva-480 v
3	Bombas para colocación de concreto	450 kva-480 v
3	Equipos de perforación e inyección	225 Kva-480 v
20	Soldadoras	250 Kva-480 v
1	Alimentación de talleres, obras y patios	200 Kva-120/240v
	TOTAL	5.5 Kva-5.5 MW

Fuente: Construcción PAACUME, 2017.

5.7.2.2 Alcantarillado (aguas residuales)

Planta de tratamiento: Todas las instalaciones de campamentos y oficinas estarán ligadas a una planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para un caudal pico de 200 personas aportando aguas negras y grises, se excluye de esta planta el tratamiento de aguas pluviales. El tratamiento de esta planta se visualiza realizarlo por medio de lodos activados.

Las aguas residuales que se generen de las diversas obras constructivas del proyecto serán tratadas mediante sistemas de tratamiento avalados por la autoridad competente, debido a que las obras se ubican en zonas rurales, donde por la densidad poblacional es muy poca y no se posee el servicio de alcantarillado sanitario.

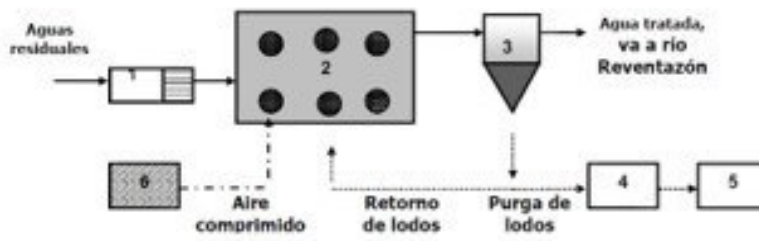


Figura n° 5. 56 Diagrama de planta de tratamiento
Fuente: Planta de tratamiento campamento de PH Reventazón, 2017.

5.7.2.3 Mano de obra

A continuación, se presenta el flujo mensual de mano de obra estimada para la construcción del proyecto PAACUME, se asume que la mayor parte de la mano de obra operativa será de las comunidades aledañas con un grupo de coordinación y personal de experiencia que estará alojado en el campamento.

Cuadro n° 5. 19 Flujo de mano obra construcción PAACUME.

Obra	Tiempo Aproximado de Ejecución (meses)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24	Mes 25	Mes 26	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30	Mes 31	Mes 32	Mes 33	Mes 34	Mes 35	Mes 36		
Sistema de Desvío	6	250	250	250	250	550	550	550	550	550	550																												
Presa	18											250	250	250	250	250	250	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	200	200	200	200								
Casa Maquinas	12													50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50	50							
Vertedero	18											200	200	200	200	200	200	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300										
Embalse	6																																	50	50	50	50		
Canal Principal	18																	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
Zona de Distribución	24											100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Puesta en marcha	2																																					100	100
TOTAL		250	250	250	250	550	550	550	550	550	550	550	550	600	600	600	600	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	850	850	550	550	400	400	350	350	100	100		

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

5.7.2.4 Campamentos

Las instalaciones provisionales de PAACUME se instalarán en un terreno aproximadamente a 1.0 km de la presa, al inicio del camino 1 el cual es el acceso principal al proyecto.

Estas instalaciones constan de taller mecánico y estructuras, campamento con oficinas y comedor, además de un área para almacenes y materiales cada uno de estos módulos tendrá aproximadamente un área de 10 000. 00 metros cuadrados para un total de 30 000.00 metros cuadrados de área para estas instalaciones.

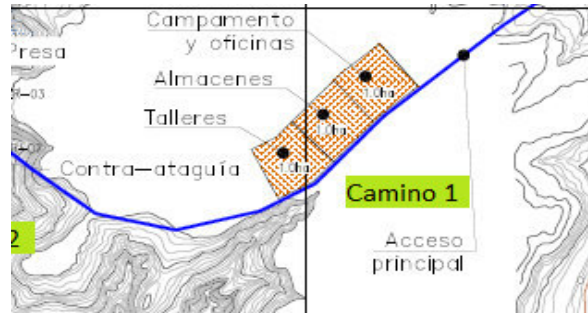


Figura n° 5. 57 Área de instalaciones provisionales
 Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Puestos de vigilancia: Se debe realizar la instalación de 2 puestos principales de vigilancia, el puesto 1 ubicado a la entrada de camino 1 y el puesto 2 a la entrada del canal oeste por la comunidad de Falconiana, cada uno de estos puestos tendrá un área de 10 metros cuadrados, con servicio sanitario y tanque séptico individual.

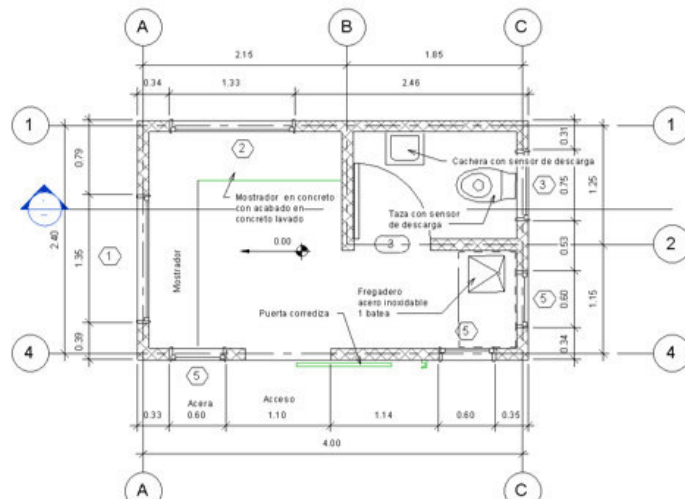


Figura n° 5. 58 Caseta Vigilancia Casa Maquinas P.H. Reventazón.
 Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Modulo campamento General: El campamento constará de 1 módulo de campamentos generales cada uno de estos módulos tiene capacidad 64 personas y es de 400 metros cuadrados.

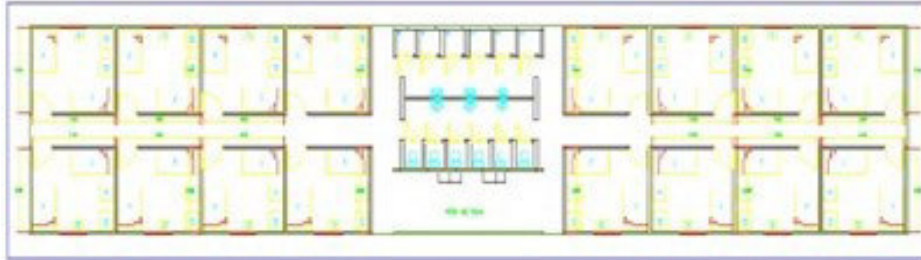


Figura n° 5. 59 Módulo de campamentos general.

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Módulo campamento Técnicos: El campamento constará de aproximadamente 1 módulo de campamentos para técnicos cada uno de estos módulos tiene capacidad 32 personas y es de 400 metros cuadrados.

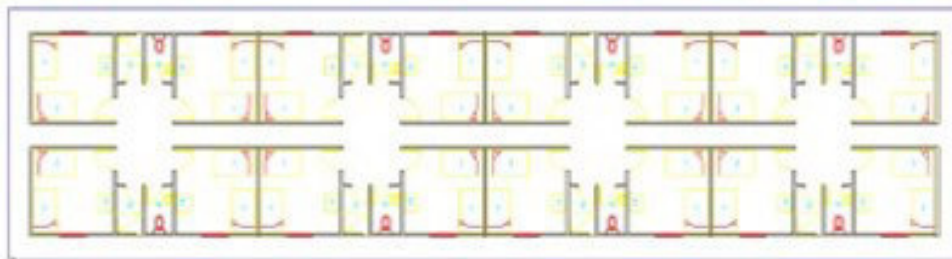


Figura n° 5. 60 Módulo de campamentos para técnicos.

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Módulo campamento Profesionales: El campamento constará de aproximadamente 1 módulo de campamentos para profesionales cada uno de estos módulos tiene capacidad 20 personas y es de 300 metros cuadrados.

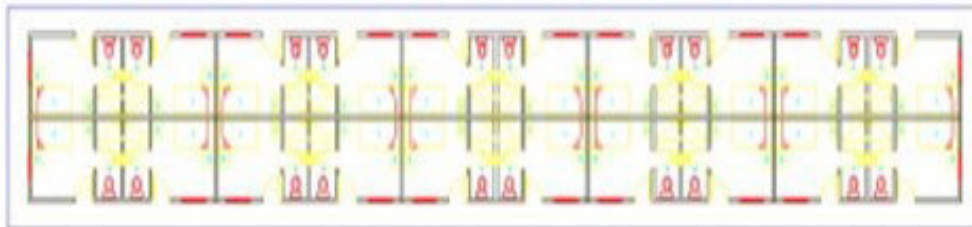


Figura n° 5. 61 Módulo de campamento para profesionales.

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Módulo de comedor: El modulo para el comedor será de 400 metros cuadrados, en el cual las personas que están alojadas en el campamento tendrán el beneficio de alimentación.

Módulo de recreación: El módulo de recreación constará de 400 metros cuadrados dividido en 2 secciones una para un gimnasio y otra para sala de televisión y juegos de mesa.

Área de oficinas: El área de oficinas contará con 2 módulos de 1150 metros cuadrados cada uno, para los módulos de dirección, construcción, ingeniería, administración, gestión

ambiental, USAM, recursos humanos, sala de reuniones y demás servicios asociados al proyecto, construidos con contenedores móviles.



Figura n° 5. 62 Ejemplo oficinas PH Reventazón
 Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Dispensario: Se realizará un módulo para la instalación de un dispensario médico, en el cual se tratarán colaboradores con padecimientos menores o bien casos de accidentes en obra para la respectiva estabilización y traslado al centro de atención respectivo y además estarán ubicados los cubículos de los prevencionistas de obra.

A continuación, una tabla resumen con las cantidades totales a construir en campamentos y oficinas.

Cuadro n° 5. 20 Cantidad de construcción para campamentos y oficinas PAACUME.

Módulo	Área por módulo(m2)	Cantidad módulos	Área Total (m2)
Puestos de vigilancia	10.0	2.0	20.0
Modulo Generales	400.0	1.0	400.0
Modulo Técnicos	400.0	1.0	400.0
Modulo Profesionales	300.0	1.0	300.0
Modulo Oficinas	1150.0	2.0	2,300.0
Modulo recreación	400.0	1.0	400.0
Modulo comedor	400.0	1.0	400.0
Planta tratamiento	200.0	1.0	200.0
TOTAL			4,420.0

Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

Almacenes: Los 10 000 metros cuadrados de área para la instalación de almacenes contempla un área para patio de materiales y una de construcción de módulos para herramientas, recibo y materiales varios de 400 metros cuadrados, además de toldos para cubrir ciertos materiales con un área aproximada a 1000 m2.

Talleres: Los 10 000 metros cuadrados de área para la instalación de talleres comprende los módulos de estructuras, mecánica, equipo menor, redes eléctricas y un patio de maniobras. Estas estructuras tendrán un área de 2500 metros cuadrados divididos en el área de taller y área para talleres menores.



Figura 59. Talleres PH Reventazón
Fuente: Construcción-PAACUME, 2017.

5.7.3 Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos

5.7.3.1 Sólidos

A continuación, se detalla mediante el siguiente cuadro, el manejo de los residuos que preliminarmente se estiman van a generarse en las diferentes obras del proyecto. Es importante indicar que durante el proceso constructivo puede producirse otro residuo no enlistado, no obstante, en el Programa de Gestión de Residuos se detallará e incluirán los residuos que se generen. Ver anexo n° 5.5 Solicitud de Servicios Públicos Básicos, documento Anexos Tomo I.

Cuadro n° 5. 21 Manejo de los residuos sólidos generados en las obras del proyecto

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
Ordinario	No reciclable ¹	En recipientes rotulados con bolsas plásticas transparente y de preferencia biodegradable	Se recolectan diariamente y se llevan a sitio de transferencia temporal	Gestor autorizado	Mediante el sistema de recolección municipal o bien contratación de gestor hacia relleno sanitario autorizado	Se sensibilizará al personal en el consumo responsable de productos para evitar la generación de desechos
Orgánicos	Residuos de comida	En recipientes rotulados con bolsas plásticas transparente y de preferencia biodegradable	Se recolectan diariamente y se llevan a sitio de transferencia temporal		Se valorará la posibilidad de implementar una compostera o bien gestión hacia relleno sanitario autorizado	Se implementarán medidas de servicio racional de alimentos para evitar los desperdicios
	Residuos de poda	A granel en apartos específicos para ello	Se acopiarán temporalmente en áreas definidas por el responsable ambiental		En compostera	
Especiales e Industriales	Escombros: tierra y material geológico	Cada residuo se separará desde la fuente de forma independiente y	Se embalarán de manera correcta y se acopiarán temporalmente en áreas definidas por el		Escombreras autorizadas	Se sensibilizará al personal en el consumo responsable de productos y uso óptimo de
	Residuos de concreto				Relleno sanitario autorizado	
	Madera				Gestor de residuos autorizado	
	Chatarra					

¹ Servilletas, materiales contaminados con comida, residuos de embalaje, material de etiquetado, vajilla plástica, etc.

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
	Cables (aluminio, cobre, acero, otro)	correctamente clasificado según sus condiciones en contenedores, bolsas plásticas, cajones y/o aparatos debidamente rotulados conforme lo establece el reglamento.	responsable ambiental, en escombreras (para el caso de escombros únicamente), o áreas de almacenamiento temporal definidos.			materiales constructivos para evitar la generación de residuos Se capacitará al personal en manejo de residuos
	Sacos de cemento					
	Hules					
	PVC					
	Fibrolit					
	Electrónicos					
	Textiles					
	Residuos de soldadura					
	Cerámica					
	Mobiliario					
	Plásticos no reciclables					
	Cuero					
	Equipo de Protección Personal					
	Vidrio plano					
Componentes eléctricos						
Otros						
Peligrosos	Waipes y mecha contaminada	Cada residuo se separará desde la fuente de forma independiente y correctamente	Se embalarán de manera correcta y se acopiarán temporalmente en sitios de transferencia por frente de		Gestor de residuos autorizado	Se capacitará al personal en manejo de residuos peligrosos Se capacitará al personal en
	Plásticos con pintura					
	Metales con pintura					
	Filtros de aceite					

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
	Tintas	clasificado según sus condiciones en contenedores, estañones, o bolsas plásticas, debidamente rotulados conforme lo establece el reglamento de residuos peligrosos	obra para posteriormente ser trasladados al área de almacenamiento temporal del proyecto			<p>medidas de atención de derrames</p> <p>Se proveerá de recurso humano, materiales y equipo a las obras para el manejo adecuado de los residuos y la prevención de derrames</p> <p>Se elaborará un protocolo de prevención y atención de derrames</p> <p>Se implementarán prácticas de rotación de inventarios en almacenes para prevenir la generación de residuos por expiración de productos</p>
	Grasa automotriz					
	Grasa de comedor					
	Fluorescentes					
	Tierra contaminada					
	Absorbentes contaminados					
	Lodos sépticos					
	Pegamentos					
	Brochas contaminadas					
	Pilas					
	Baterías					
	Ups					
	Granalla contaminada					
	Aerosoles					
	Explosivos					
	Infeciocontagiosos					
	Otros					

Fuente: Chinchilla A., 2017.

Para el caso de todos los residuos sólidos, los mismos deben separarse y clasificarse por tipo de residuo de forma independiente desde la fuente. Para los residuos ordinarios y especiales-industriales que pueden contenerse en un recipiente, se facilitarán recipientes separadores dotados de bolsas plásticas transparentes de preferencia biodegradable (con respecto a los residuos ordinarios se cumplirá con la Estrategia Nacional de Reciclaje) y cajones de madera o metal. Los residuos peligrosos serán segregados y contenidos según sus características de peligrosidad en estaciones, tanquetas y cualquier otro recipiente que permita su contención sin riesgo ambiental y de seguridad.



Figura n° 5. 63 Separación de residuos ordinarios (reciclables y no reciclables)

En los casos donde el residuo por su volumen no puede contenerse en un recipiente, se establecerán apartos debidamente rotulados para la separación y acopio temporal.

Cada área/obra que genere residuos poseerá una estructura de separación y/o apartos para los residuos que genere dicha área. El responsable ambiental será el encargado de definir los requerimientos por área y el establecimiento de los sistemas de separación y/o los apartos con el fin de facilitar el adecuado manejo de los residuos en cada área que genere residuos.

5.7.3.1.1 Área de almacenamiento temporal y áreas de transferencia.

Como se mencionó anteriormente, se establecerán sitios de transferencia de residuos por frente de obra del proyecto, que faciliten el manejo adecuado de los residuos desde su fuente de generación. Este aspecto se considera en aquellos puntos del AP que se encuentre alejados del Plantel Central del proyecto y se establecerá bajo criterio del responsable ambiental de la obra.

Estas áreas de transferencia deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ Sitio techado y de fácil acceso para la recolección
- ✓ Piso impermeabilizado
- ✓ Ventilación adecuada
- ✓ Divisiones internas o espacios adecuadamente rotulados para la segregación adecuada de los residuos por clasificación y tipo
- ✓ Aseo y mantenimiento periódico
- ✓ Rotulación adecuada del área y de los aposentos clasificadores de los residuos
- ✓ Contar con equipos contra incendios

- ✓ Equipado de recurso humano, materiales y equipo para el adecuado manejo de los residuos
- ✓ Sistemas y equipos para la contención de derrames.



Figura n° 5. 64 Sitio de transferencia de residuos en frente de obra.

El proyecto definirá un sitio centralizado para recibir todos los residuos de forma separada y adecuadamente clasificado provenientes de las obras, este espacio se definirá como “Área de almacenamiento temporal”. Dicha área estará diseñada y construida de manera tal que pueda acopiar residuos de forma clasificada por tipo de material, cumpliendo con los siguientes requisitos mínimos:

- ✓ Sitio techado y de fácil acceso para la recolección
- ✓ Pisos impermeabilizados, fácil limpieza y lavado de manera que impedir la formación de ambientes propicios para el desarrollo de insectos, roedores y microorganismos en general.
- ✓ La infraestructura (paredes, techos y pisos) del área donde se almacenan residuos peligrosos debe ser a prueba de incendios y explosiones, construido con materiales certificados que son resistentes al fuego.
- ✓ Las instalaciones de equipos eléctricos e iluminación en las bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas deben atender los requisitos del Código Eléctrico.
- ✓ Disponer de lámpara antichispa. Se deben utilizar equipos eléctricos a prueba de fuego.
- ✓ Los pisos deben ser impermeables para evitar infiltración de contaminantes y resistente a las sustancias que se almacenen. Debe ser liso sin ser resbaloso y libre de grietas que dificulten su limpieza. Su diseño debe prever la contención del agua de limpieza o de derrames, por tanto, se recomienda un desnivel del piso de mínimo el 1% con dirección a un sistema colector de sólidos, grasas y aceites.
- ✓ El área de ingreso debe ser de fácil acceso, pero restringido y visiblemente señalizado.
- ✓ El área donde se almacenen debe estar seca y bien ventilada. La superficie de ventilación deberá ser igual o superior a un 0,33% de la superficie del piso. Esto para evitar que se acumulen vapores y gases que generan atmósferas explosivas.

- ✓ Divisiones internas o espacios adecuadamente rotulados para la segregación adecuada de los residuos por clasificación y tipo.
- ✓ Sistema de canalización de aguas residuales hacia planta/sistema de tratamiento del proyecto
- ✓ Aseo y mantenimiento periódico
- ✓ Rotulación adecuada del área y de los aposentos clasificadores de los residuos
- ✓ Contar con equipos contra incendios
- ✓ Equipado de recurso humano, materiales y equipo para el adecuado manejo de los residuos
- ✓ Sistemas y equipos para la contención de derrames.
- ✓ Las instalaciones deben tener drenajes perimetrales adecuados para recolectar los eventuales derrames; estos drenajes no desembocarán en los sistemas de canalización de aguas pluviales, ni lugares en que puedan provocar contaminaciones. Deben desfogar sistemas de tratamiento que permitan la retención de hidrocarburos o cualquier sustancia derramada. No pueden ser conectadas a la Planta de Tratamiento sin un adecuado tratamiento previo.

Los residuos sólidos que por sus características y volumen no pueden permanecer en el área de almacenamiento temporal o bien en los sitios de transferencia, se definirán los sitios delimitados y debidamente rotulados para su acopio temporal.

5.7.3.1.2 Residuos de tierra y escombros (material geológico)

Para las obras, será requerido realizar un proceso de excavación de alrededor 673,125.00 m³ de material suelto, detalladas en el siguiente cuadro:

Cuadro n° 5. 22 Cantidad de material excavado suelto por obra del proyecto

Obra	Excavación margen derecha (m ³)	Excavación margen izquierda (m ³)	Total (m ³)
Caminos de acceso	18,750.00	12,500.00	31,250.00
Obras Desvío	0.00	31,250.00	31,250.00
Presa	243,750.00	125,000.00	368,750.00
Tomas Aguas	0.00	12,500.00	12,500.00
Vertedero	193,750.00	62,500.00	256,250.00
Casa Máquinas	0.00	4,375.00	4,375.00
Total	437,500.00	235,625.00	673,125.00

Fuente: Departamento Diseño PAACUME, 2017.

Para lo anterior, se ha previsto la construcción de tres escombreras, las cuales están ubicadas dos en margen derecha y una en margen izquierda del proyecto:

Cuadro n° 5. 23 Capacidad de las escombreras del proyecto

Escombrera	Ubicación	Capacidad (m ³ s)
Escombrera 1	Margen derecha	350,000.00
Escombrera 2	Margen izquierda	307,000.00
Escombrera 3	Margen derecha	101,000.00
Total:		758,000.00

Fuente: Departamento Diseño PAACUME, 2017.

Para cada escombrera se han definido los criterios de selección, diseño y construcción de los sitios determinados, se han considerado y analizado los impactos negativos al ambiente, destacando las afectaciones al suelo, el recurso hídrico, las comunidades aledañas, y eventuales daños a las propiedades de la institución, o terceros vinculados y para los cuales se establecieron además las medidas ambientales específicas en el Pronóstico Plan de Gestión Ambiental.

Antes de iniciar la colocación de los materiales de escombros se realizará una cuidadosa limpieza del sitio, específicamente de la capa vegetal y/o suelo orgánico cuyo espesor fue definido previamente, así como el rescate de flora y fauna.

Los materiales orgánicos removidos del sitio, deberán colocarse en un lugar fuera de la zona destinada a los rellenos para su posterior utilización o tratamiento. El Responsable Ambiental definirá en equipo con el encargado de obra el lugar más adecuado para depositar la materia orgánica (incluyendo el suelo) que será usado en el tratamiento y recuperación ambiental del sitio.

Luego de la remoción de la capa vegetal se realizará un mejoramiento del contacto entre el relleno de escombros y el terreno.

La construcción de subdrenajes, serán construidos en forma inmediatamente posterior a la limpieza del terreno. La longitud de los colectores, ramales, cabezales y cunetas están definidas en el diseño y han sido debidamente marcados y verificados por Topografía.

Se implementarán y mantendrán sistemas de manejo de aguas de escorrentía (cunetas, contracunetas, alcantarillas y cabezales), las mismas serán construidas conforme al avance de la colocación del material de escombros y en ningún caso quedará su ejecución para el final de la obra.

Para las zonas perimetrales de las escombreras se colocará el material de las excavaciones de mejor calidad para la conformación de diques de retención y así garantizar la estabilidad de los taludes laterales, para poder depositar los materiales de menor calidad en la zona central de las escombreras.

La colocación y compactación de los escombros, será realizada de acuerdo con las especificaciones técnicas y la selección de los equipos realizada con base en las características de compactación de los materiales a colocar en la escombrera. Esto se hará de manera ordenada y por capas.

Se establecerá un protocolo de manejo de escombreras, que permita establecer las directrices claras para el manejo adecuado de la escombrera.

El Responsable Ambiental llevará a cabo las labores de monitoreo ambiental, para evaluar que se estén aplicando adecuadamente las medidas de control ambiental indicadas en el diseño y en el protocolo.

No se autoriza la disposición de materiales de tipo orgánico, tales como cobertura boscosa, material vegetal, basura orgánica, ni madera de desecho.

5.7.3.2 Líquidos

A continuación, se detalla mediante el siguiente cuadro, el manejo de los residuos que preliminarmente se estiman van a generarse en las diferentes obras del proyecto. Es importante indicar que durante el proceso constructivo puede producirse otro residuo no enlistado, no obstante, en el Programa de Gestión de Residuos se detallará e incluirán los residuos que se generen.

Cuadro n° 5. 24 Manejo de los residuos líquidos generados en las obras del proyecto

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/ Disposición final	Medidas de prevención
Peligrosos	Pinturas	Cada residuo se separará de forma independiente y correctamente clasificado según sus condiciones en contenedores, estaciones, tanquetas debidamente rotulados conforme lo establece el reglamento de residuos peligrosos	Se embalarán de manera correcta y se acopiarán temporalmente en sitios de transferencia por frente de obra para posteriormente ser trasladados al área de almacenamiento temporal del proyecto. Los residuos líquidos deben encontrarse sobre superficies o equipos que contengan derrames.	Gestor de residuos autorizado	Gestor de residuos autorizado	Se capacitará al personal en manejo de residuos peligrosos
	Aceite quemado					Se capacitará al personal en medidas de atención de derrames
	Solventes					Se proveerá de recurso humano, materiales y equipo a las obras para el manejo adecuado de los residuos y la prevención de derrames
	Residuos de combustibles					Se elaborará un protocolo de prevención y atención de derrames
	Aceite vegetal					Se implementarán prácticas de rotación de inventarios en almacenes para prevenir la generación de residuos por expiración de productos
	Aditivos					
	Agua contaminada con pinturas, solventes y/o hidrocarburos					
	Refrigerante					

Fuente: Chinchilla A., 2017.

5.7.3.2.1 Aguas residuales tipo ordinario

Para el caso de las aguas residuales de tipo ordinario generadas en el plantel, las mismas serán tratadas mediante una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Lodos Activados, la cual, estará ubicado en el Plantel donde se encuentran las instalaciones provisionales. La PTAR está diseñada para tratar todas las aguas de las instalaciones de campamentos, oficinas y comedor, entre otras instalaciones que generen aguas residuales ordinarias. No se desfogarán en la PTAR agua pluvial ni aguas residuales especiales sin su tratamiento previo. Adicionalmente, debe contar con manual y técnico capacitado para su operación y mantenimiento.

El vertido de las aguas una vez tratadas y cumpliendo con los parámetros establecidos por la legislación será hacia el cuerpo receptor Río Piedras, el cual presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de mayo y julio, mientras que para setiembre dio como aguas de calidad excelente. Para mayor detalle de la calidad de las aguas del cuerpo receptor refiérase al apartado 7.5.1.14.

Como premisa se aclara que se tramitará ante el Ministerio de Salud el Permiso de Ubicación y Permiso de Vertido, de acuerdo a los requisitos solicitados en Decreto Ejecutivo N°39887-S-MINAE, Reglamento de aprobación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

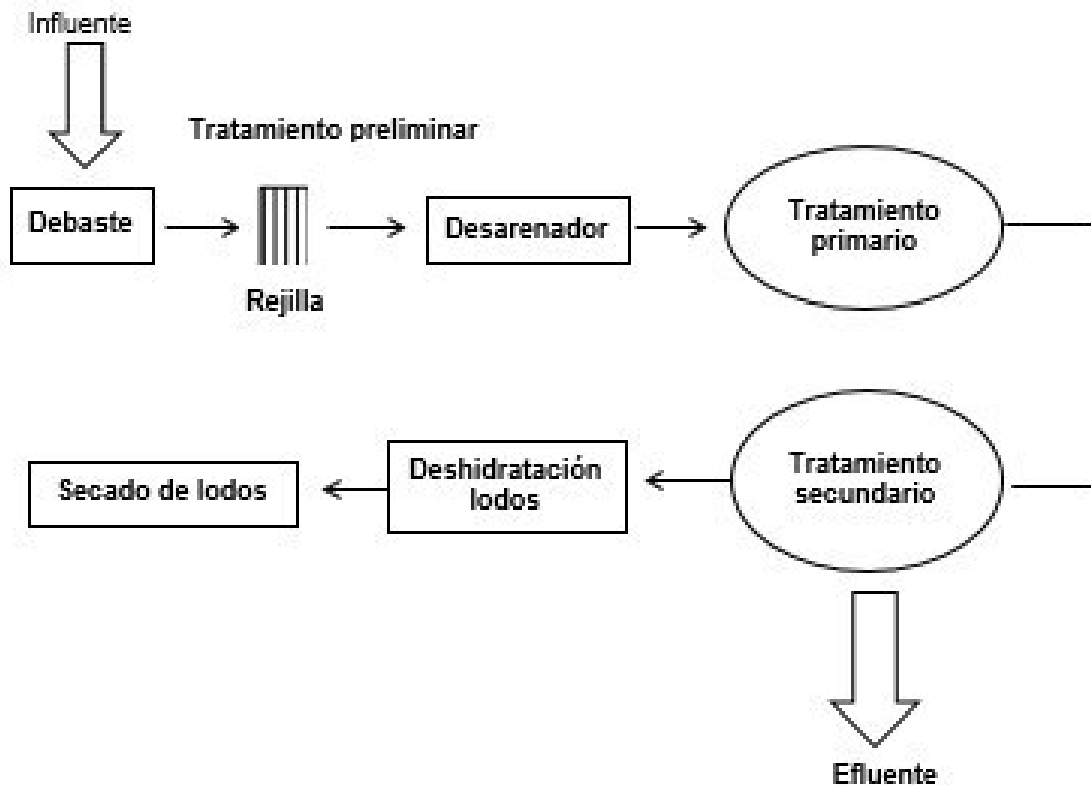


Figura n° 5. 65 Esquema básico de los procesos unitarios en el tratamiento de aguas residuales del proyecto PAACUME.

En obras provisionales, lejanas al plantel, se instalarán cabinas sanitarias o bien se construirán sistemas biológicos anaeróbicos para baterías sanitarias.

Se parte de la premisa que ningún agua residual de tipo ordinario será desfogada a cuerpo de agua, suelo sin ser adecuadamente tratada y cumplir con los parámetros establecidos por ley.

5.7.3.2.2 Aguas residuales tipo especial

Para todas las instalaciones y actividades que generen aguas de tipo especial tales como talleres, áreas de mantenimiento, procesos de pruebas (Laboratorio de Calidad), planta de concreto, etc., se diseñarán, implementarán y mantendrán sistemas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en cada proceso, de acuerdo a la caracterización de las aguas generadas. Asimismo, prevalecerá en el diseño, sistemas que permitan la recirculación de las aguas, especialmente de la Planta de Concreto y otras valoradas por el Responsable Ambiental.

Para cada uno de los sistemas que se diseñarán, se contemplará las dimensiones y los procesos unitarios requeridos para evitar que su descarga sobrepase los parámetros establecidos por la legislación nacional (Decreto Ejecutivo N° 33601, Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales) o bien puedan ser conectadas hacia la PTAR del proyecto.

Se parte de la premisa que ningún agua residual de tipo especial será desfogada a cuerpo de agua, suelo o conectada a la PTAR sin ser adecuadamente tratada cumplir con los parámetros establecidos por ley.

5.7.3.3 Gaseosos

Durante las obras constructivas del proyecto principalmente se generarán por óxidos de carbono (dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO)) producto la combustión incompleta y los escapes vehiculares y maquinaria utilizada en el proyecto. Asimismo, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, producto también de los procesos de combustión vehicular.

Complementariamente, debido al uso de equipos de refrigeración, tales como aires acondicionados, es posible que se presenten emisiones de gases refrigerantes, sin embargo, se ha previsto el uso de equipos que no utilicen gases refrigerantes prohibidos.

5.7.3.4 Reciclable

Cuadro n° 5. 25 Manejo de los residuos reciclables generados en las obras del proyecto

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/ Disposición final	Medidas de prevención
Ordinario reciclable	Plástico	En recipientes rotulados con bolsas	Se separan de manera clasificada	Gestor de residuos autorizado	Gestores de residuos autorizados	Se sensibilizará al personal
	Papel-cartón					

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/ Disposición final	Medidas de prevención
	Latas de aluminio Tetrabrik	plásticas transparente y de preferencia biodegradable.	desde la fuente y se almacenan temporalmente en el área de almacenamiento temporal.			en el consumo responsable de productos para disminuir la generación.
	Vidrio					

Fuente: Chinchilla A., 2017.

5.7.4 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase

Cuadro n° 5. 26 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase

Nombre de la sustancia	Grado de peligrosidad	Características	Métodos de almacenamiento
Aceite dieléctrico	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	Se almacenarán en un área ventilada, con pisos impermeabilizados, lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Se mantendrán en recipientes herméticamente cerrados y adecuadamente rotulados. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Aceites automotrices	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	
Aceite hidráulico	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	
Acetileno	Salud 0 Flamabilidad 4 Reactividad 3 Específico -	Gas inflamable	Se almacenarán en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Los equipos eléctricos y de iluminación deben ser a prueba de explosión. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Acetona	Salud 1 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Líquido inflamable	Se almacenarán en un área ventilada, con pisos impermeabilizados, lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Se mantendrán en su recipiente original. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Adhesivos	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0 Específico -	Sólido inflamable	
Aditivos de concreto	Salud 1 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico -	Misceláneos	
Aditivos acrílico	Salud 1 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico -	Misceláneos	

Nombre de la sustancia	Grado de peligrosidad	Características	Métodos de almacenamiento
Aerosoles (pinturas, de mantenimiento o tales como aire comprimido, limpiadores de contacto, limpiadores, grasas, aceites desodorantes, productos de limpieza, entre otros)	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Gas inflamable Tóxico	
Alcohol	Salud 0 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Especifico -	Líquido inflamable	
Baterías	Salud 3 Flamabilidad 0 Reactividad 2 Especifico -	Corrosivo	
Combustibles	Salud 1 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Especifico -	Líquido inflamable	
Desmoldante s/pasta de revestimiento	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Tóxico	
Diluyentes	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Líquido de inflamable	
Materiales explosivos	Salud - Flamabilidad - Reactividad - Especifico -	Explosivo	Se almacenará solamente con productos compatibles. No almacenar junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles, combustibles, ácidos y bases, ni elementos metálicos. El polvorín destinado para almacenar debe cumplir con todos los requisitos establecidos por el reglamento vigente. El polvorín debe tener un ambiente seco, fresco, limpio, ventilado, restringido y con descarga eléctrica a tierra. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Lubricantes automotrices	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Tóxico	Se almacenarán en un área ventilada, con pisos impermeabilizados, lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Se mantendrán en su recipiente original. Seguir las
Oxígeno	Salud 0	-	

Nombre de la sustancia	Grado de peligrosidad	Características	Métodos de almacenamiento
	Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico Oxidante		instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Pegamentos	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0 Específico -	Sólido inflamable Tóxico	
Baterías y Pilas	Salud 3 Flamabilidad 0 Reactividad 2 Específico -	Corrosivo	
Fluorescentes	Salud 2 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	
Pinturas	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Líquido de inflamable	
Plaguicidas, herbicidas y fungicidas	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0	Tóxico Corrosivo	Almacenar en su envase original, bien cerrado, claramente identificado y lejos de alimentos humanos y forrajes. Mantener fuera del alcance de niños, personas inexpertas y animales domésticos. Guardar en un lugar cerrado con llave. Evitar el contacto directo con la luz solar, fuentes de calor y agentes oxidantes. Evitar temperaturas bajo 0°C y sobre 35° C.
Productos Misceláneos	Salud 1 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico -	Misceláneo	
Reactivos químicos	Salud 0 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Específico -	Corrosivo Tóxico	
Refrigerante tipo coolant y de corte	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	Se almacenarán en un área ventilada, con pisos impermeabilizados, lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Se mantendrán en su recipiente original. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto
Revestimientos	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	
Selladores	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	
Solventes	Salud 2 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Líquido inflamable	

Nombre de la sustancia	Grado de peligrosidad	Características	Métodos de almacenamiento
Grasas automotrices	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Inflamables	
Limpiadores domésticos	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Inflamable/ Tóxico / Ecotóxico	
Repelentes	Salud 2 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Inflamable	
Lacas y selladores	Salud 1 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Inflamable	
Pegamentos	Salud 2 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Inflamable	
Resinas sólidas y líquidas	Salud 2 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Inflamable	
Tintas	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Inflamable	
Medicamentos	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	Ver apartado de explosivos
Detonantes y explosivos	Salud 2 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Específico -	Explosivo	
Transformadores	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Específico -	Tóxico	Se almacenarán en un área ventilada, con pisos impermeabilizados, lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Se mantendrán en su recipiente original. Seguir las instrucciones de la Hoja de Seguridad del producto

Fuente: Chinchilla A., 2017.

5.7.4.1 Condiciones de almacenamiento de sustancias peligrosas

- ✓ Las dimensiones del área serán acordes con la capacidad máxima de almacenamiento que se va a tener.
- ✓ La infraestructura (paredes, techos y pisos) del área donde se almacenan sustancias peligrosas debe ser a prueba de incendios y explosiones, construido con materiales certificados que son resistentes al fuego.
- ✓ Las instalaciones de equipos eléctricos e iluminación en las bodegas de almacenamiento de sustancias peligrosas deben atender los requisitos del Código Eléctrico.
- ✓ Disponer de lámpara antichispa. Se deben utilizar equipos eléctricos a prueba de fuego.
- ✓ Los pisos deben ser impermeables para evitar infiltración de contaminantes y resistente a las sustancias que se almacenen. Debe ser liso sin ser resbaloso y libre de grietas que dificulten su limpieza. Su diseño debe prever la contención del agua de limpieza o de derrames, por tanto, se recomienda un desnivel del piso de mínimo el 1% con dirección a un sistema colector de sólidos, grasas y aceites.
- ✓ El área de ingreso debe ser de fácil acceso y visiblemente señalizado.
- ✓ El área donde se almacenen debe estar seca y bien ventilada. La superficie de ventilación deberá ser igual o superior a un 0,33% de la superficie del piso. Esto para evitar que se acumulen vapores y gases que generan atmósferas explosivas.
- ✓ Deben contar con diques de contención a su alrededor (un bordillo perimetral de entre 20 y 30 cm de alto) esto para contener un posible derrame de producto. En sitios pequeños o aislados, se debe asegurar que la contención que se efectuó, contenga el 110% del recipiente de mayor volumen
- ✓ Las instalaciones deben tener drenajes perimetrales adecuados para recolectar los eventuales derrames; estos drenajes no desembocarán en desagües de aguas lluvias, ni lugares en que puedan provocar contaminaciones. Deben desfogar sistemas de tratamiento que permitan la retención de hidrocarburos o cualquier sustancia derramada
- ✓ Se deben evitar drenajes abiertos en sitios de almacenamiento de sustancias y residuos peligrosos, para prevenir la descarga a cuerpos de agua.
- ✓ Señalizar todas las áreas de almacenamiento y estanterías con la clase de riesgo correspondiente a la sustancia química peligrosa almacenada.
- ✓ Señalizar el requerimiento de uso de equipo de protección personal para acceder a los sitios de almacenamiento de sustancias o residuos peligrosos.
- ✓ Se debe establecer un protocolo de atención de derrames y debe darse a conocer a todo el personal.
- ✓ Se debe contar con equipo extintor contra incendios. Extintores de polvo químico tipo ABC
- ✓ Planificar la respuesta ante eventuales emergencias tales como la actuación en caso de una salpicadura, un derrame o rotura de un envase, un incendio y otras.
- ✓ Tiene que haber un Plan de Contingencia, para las situaciones de emergencia que pudieran producirse según las características de los productos almacenados. Este plan de actuación debe constar por escrito y todos los trabajadores deben conocerlo y estar formados respecto al mismo

5.7.4.2 Condiciones de almacenamiento de sustancias peligrosas

El área de almacenamiento de explosivos debe estar lejos de las áreas de trabajo. La temperatura de almacenamiento recomendada es -5 a $+30^{\circ}\text{C}$. No almacenar junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles, combustibles, ácidos y bases, ni elementos metálicos. Se requiere que sea guardado en almacenes limpios, secos y bien ventilados y aprobados para éste fin. Es recomendable colocar todo aquel material explosivo separado de aquel catalogado como sustancia peligrosa. El área donde se almacenan debe ser seguro, preferiblemente con llave o tapia, estar en un sitio aislado y estar rotulado en su exterior con el título “Almacén de Sustancias Peligrosas” y con la simbología de peligrosidad y de prohibición, así como tener implementos en el exterior del mismo para casos de emergencia (Extintores para fuego o material absorbente para derrames).

Debe contar con entradas de aire permanente y evitar a toda costa el ingreso de rayos de sol que peguen en los contenedores almacenados. Deberán mantenerse inventarios, detallando las cantidades y clases de materiales explosivos recibidos. Cuando sean encontradas temperaturas extremadamente altas o bajas, debe considerarse la necesidad de instalar control de temperatura. Los fulminantes deberán ser almacenados físicamente separados de cualquier otro explosivo, de tal manera de que no halla posibilidad de que una iniciación accidental de los fulminantes pueda ser transmitida al explosivo. Complementariamente a todas las medidas descritas, se debe seguir con todas las acciones establecidas por el fabricante de los explosivos y sus componentes, así como lo indicado en la Hoja de Seguridad de los productos.

Deberán cumplirse con todas las medidas de seguridad establecidas por Área de Seguridad Ocupacional para el almacenamiento y manipulación de explosivos.

5.8 Fase de operación

5.8.1 Equipo y materiales a utilizar

5.8.1.1 Materiales a utilizar

Los materiales a utilizar son típicos de toda obra constructiva que involucra una casa máquinas y canales de riego:

- Pinturas y solventes.
- Aceites.
- Madera.
- Lastre para mantenimiento de caminos y agregados.
- Cemento.
- Vidrio.
- Papel.
- Metales

5.8.1.2 Equipos a utilizar

Los equipos a utilizar son típicos para el mantenimiento de obras:

- Vehículos livianos y motocicletas.
- Compresor
- Bote
- Aires acondicionados
- Equipo básico eléctrico y mecánico.

5.8.1.3 Rutas de movilización de equipo

La principal ruta de movilización será la ruta 1 Interamericana Norte tanto para ingresar al embalse y casa maquinas como para llegar a los accesos a los canales de distribución.

Además, para las obras presa se utilizará la ruta 922 de Bagaces a Falconiana y a lo largo del canal el camino interno de la obra paralelo a esta estructura. En la zona de distribución se utilizarán los caminos cantonales y vecinales para recorrer los canales de distribución en las zonas de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.

5.8.1.4 Frecuencia de movilización

La frecuencia de movilización será diaria para recorridos s las obras de embalse y canales de distribución.

Cuadro n° 5. 27 Freceuncia de movilización.

Equipo	Unidad	Frecuencia U/DÍA
Vehículos livianos	3	2
Motocicletas	4	3

Fuente: SENARA, 2017.

5.8.1.5 Mapeo de rutas más transitadas por efecto del Proyecto

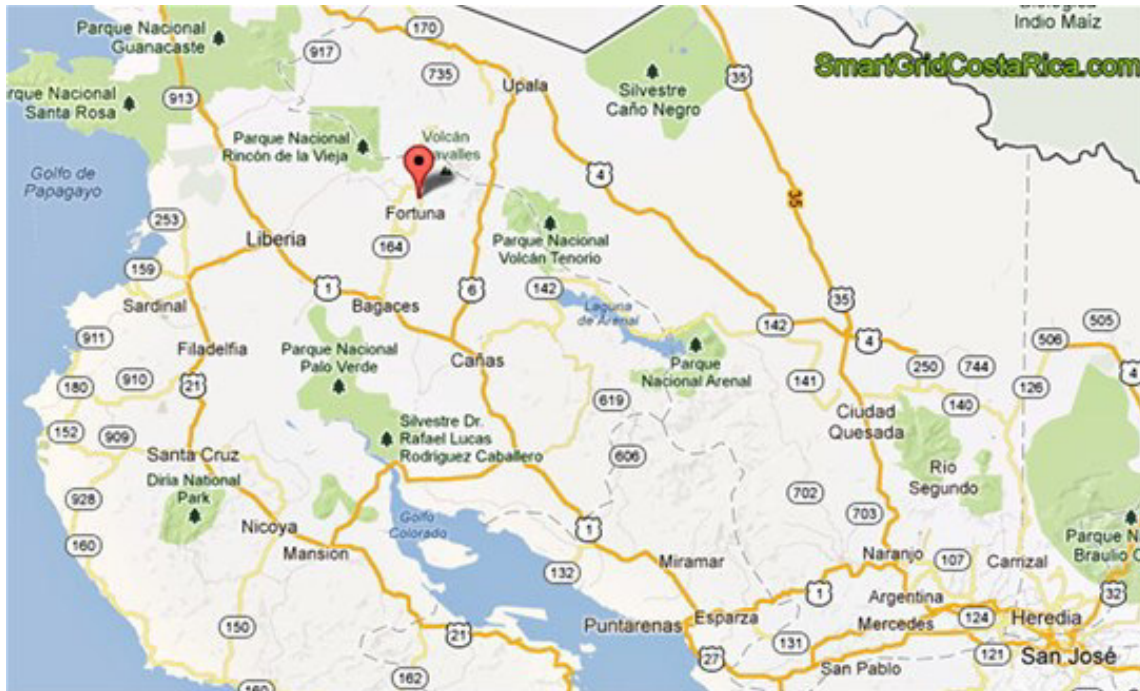


Figura n° 5. 66 Rutas zona de Bagaces, Cañas, Carrillo y Nicoya.
Fuente: Rutas de Costa Rica, 2017.

5.8.2 Necesidades de recursos en esta fase

5.8.2.1 Energía eléctrica

El consumo de electricidad se realizará para el funcionamiento de la Casa Maquinas, compuertas y oficinas, para esto se visualiza un consumo de 0.5 MW.

En el caso de consumo de agua se estima que todos los colaboradores tengan un consumo promedio de 25 litros/día, por tanto, la necesidad será de 750 litros por día, los cuales serán suministrados por el acueducto comunal de Falconiana.

5.8.2.2 Alcantarillado (aguas residuales)

Las aguas residuales que se generen de la operación del proyecto corresponden especialmente aguas pluviales y aguas residuales de tipo ordinario, para las cuales se diseñaran y establecerán sistemas de canalización (aguas pluviales) y de tratamiento (residuales del tipo ordinario), debido a que por la ubicación del proyecto no se posee el servicio de alcantarillado sanitario.

El manejo de aguas residuales se realizará por medio de tanques sépticos, esto se dará principalmente para la casa de máquinas y no aplica para el canal ni la distribución.

5.8.2.3 Mano de obra

En total se estima un total de 30 colaboradores distribuidos de la siguiente manera:

- 3 Profesionales.
- 2 Técnicos
- 25 colaboradores de campo.

Se estima que el 90 por ciento de este personal sea de la zona cercana al proyecto y un 10 por ciento del personal calificado de otras zonas.

5.8.3 Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales, industriales, peligrosos

5.8.3.1 Sólidos

A continuación, se detalla mediante el siguiente cuadro, el manejo de los residuos que preliminarmente se estima se producirán durante la operación de las actividades del proyecto. En el Programa de Gestión de Residuos que se elaborará una vez operando el proyecto se detallará de manera específica el manejo de los residuos, involucrando estrategias para la prevención en la fuente, minimización en la generación de residuos, la reutilización, la valorización y la disposición ambientalmente segura de los mismos.

Cuadro n° 5. 28 Manejo de los residuos sólidos generados durante la operación del proyecto

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte, Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
Ordinario	No reciclable ²	En recipientes rotulados con bolsas plásticas trasparente y de preferencia biodegradable	Se recolectan diariamente y se llevan a sitio de transferencia temporal	Mediante el sistema de recolección municipal o bien contratación de gestor hacia relleno sanitario autorizado	Se sensibilizará al personal en el consumo responsable de productos para evitar la generación de desechos
Orgánicos	Residuos de comida	En recipientes rotulados con bolsas plásticas trasparente y de preferencia biodegradable	Se recolectan diariamente y se llevan a sitio de transferencia temporal	Se valorará la posibilidad de implementar una compostera o bien gestión hacia relleno sanitario autorizado	Se implementarán medidas de servicio racional de alimentos para evitar los desperdicios
	Residuos de poda	En bolsas plásticas trasparente y de preferencia biodegradable	Se recolectan y se llevan a sitio de transferencia temporal	Se valorará la posibilidad de implementar una compostera o bien gestión hacia relleno sanitario autorizado	

² Servilletas, materiales contaminados con comida, residuos de embalaje, material de etiquetado, vajilla plástica, etc.

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte, Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
Especiales e Industriales	Electrónicos	Cada residuo se separará desde la fuente de forma independiente y correctamente clasificado según sus condiciones en contenedores y bolsas plásticas, debidamente rotulados conforme lo establece el reglamento.	Se acopian temporalmente en área de almacenamiento de residuos	Gestor de residuos autorizado	<p>Se sensibilizará al personal en el consumo responsable de productos y uso óptimo de materiales constructivos para evitar la generación de residuos</p> <p>Se capacitará al personal en manejo de residuos</p>
	Textiles				
	Residuos de soldadura				
	Cerámica				
	Mobiliario				
	Plásticos no reciclables				
	Cuero				
	Equipo de Protección Personal				
	Vidrio plano				
	Componentes eléctricos				
	Hules				
Otros					
Peligrosos	Waipes y mecha contaminada	Cada residuo se separará desde la fuente de forma independiente y correctamente clasificado según sus condiciones en contenedores, estañones, o bolsas plásticas, debidamente rotulados conforme lo establece el reglamento de residuos peligrosos	Se acopian temporalmente en área de almacenamiento de residuos	Gestor de residuos autorizado	<p>Se capacitará al personal en manejo de residuos peligrosos</p> <p>Se capacitará al personal en medidas de atención de derrames</p> <p>Se proveerá de recurso humano, materiales y equipo a las obras para el manejo adecuado de los residuos y la prevención de derrames</p> <p>Se elaborará un protocolo de prevención y atención de derrames</p> <p>Se implementarán prácticas de rotación de inventarios en almacenes para prevenir la generación de residuos</p>
	Plásticos con pintura				
	Metales con pintura				
	Tintas				
	Fluorescentes				
	Tierra contaminada				
	Absorbentes contaminados				
	Lodos sépticos				
	Brochas contaminadas				
	Pilas				
	Baterías				
	Ups				
	Aerosoles				
Infecocontagiosos					
Otros					

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte, Tratamiento/Disposición final	Medidas de prevención
					por expiración de productos

Fuente: Chinchilla A., 2017.

Para el caso de todos los residuos sólidos ordinarios se cumplirá con la Estrategia Nacional de Reciclaje, siguiendo la siguiente clasificación:

5.8.3.2 Líquidos

Los residuos que se generaran en la etapa operativa corresponden a aguas residuales del tipo ordinario y que en conformidad con la cantidad de personal que permanecerá durante esta fase, se establece como sistema de tratamiento la implementación de sistemas biológicos anaeróbicos, los cuales deben conllevar un plan de mantenimiento y cumplir con lo establecido en la legislación vigente.

5.8.3.3 Gaseosos

Al igual que en la fase constructiva, pero en menor medida se generarán óxidos de carbono (dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO)), óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno producto la combustión incompleta de los vehículos.

Es posible, por las características de la operación del proyecto, el uso de equipos de refrigeración, tales como aires acondicionados, por lo que se presentaran emisiones de gases refrigerantes, sin embargo, se ha previsto el uso de equipos autorizados y no usar refrigerantes prohibidos.

5.8.3.4 Reciclables

Cuadro n° 5. 29 Manejo de los residuos reciclables generados durante la operación del proyecto

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Separación	Manejo	Transporte	Tratamiento/ Disposición final	Medidas de prevención
Ordinario reciclable	Plástico	En recipientes rotulados con bolsas plásticas transparente y de preferencia biodegradable.	Se almacenan temporalmente en el área de almacenamiento temporal.	Gestor de residuos autorizado	Gestores de residuos autorizados	Se sensibilizará al personal en el consumo responsable de productos para disminuir la generación.
	Papel-cartón					
	Latas de aluminio					
	Tetrabrik					
	Vidrio					

Fuente: Chinchilla A., 2017.

5.8.4 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase

Cuadro n° 5. 30 Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase

Nombre de la sustancia	Grado de peligrosidad	Características	Métodos de almacenamiento
Alcohol	Salud 0 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Especifico -	Líquido inflamable	
Baterías	Salud 3 Flamabilidad 0 Reactividad 2 Especifico -	Corrosivo	
Combustibles	Salud 1 Flamabilidad 3 Reactividad 0 Especifico -	Líquido inflamable	
Lubricantes	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Tóxico	
Pilas	Salud 3 Flamabilidad 0 Reactividad 2 Especifico -	Corrosivo	
Pinturas	Salud 1 Flamabilidad 2 Reactividad 0 Especifico -	Líquido de inflamable	
Plaguicidas, herbicidas y fungicidas	Salud 2 Flamabilidad 1 Reactividad 0	Tóxico Corrosivo	
Productos Misceláneos	Salud 1 Flamabilidad 0 Reactividad 0 Especifico -	Misceláneo	

Fuente: Chinchilla A., 2017.

6. Descripción de la normativa legal

Se indica la normativa legal de distinto orden (internacional, nacional, municipal) que debe ser considerada en el desarrollo del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME) y se explica cómo influye esa normativa legal en el proyecto.

6.1 Marco jurídico

En el presente apartado se analiza la normativa ambiental aplicable al Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME), como instrumento fundamental guía para en la toma de decisiones del desarrollador el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA), durante las etapas de construcción y operación a partir del otorgamiento de la licencia ambiental de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental.

• **Constitución Política de la República de Costa Rica**

En primero orden, es la normativa de mayor rango jurídico, que sirve de base para el desarrollo y la convivencia social y político, que permitirá al Estado mediante sus estructuras orgánicas e institucionales hacer efectivas las disposiciones contempladas en el ordenamiento jurídico (leyes o reglamentos).

En ese sentido el artículo 50 de la Constitución, resulta de vital importancia en la ejecución de PAACUME, puesto que en él confluyen una serie de factores y componentes de nuestra sociedad, en donde el Estado procurará el mayor bienestar de sus habitantes, organizando y estimulando la producción procurando el más adecuado reparto de la riqueza.

En virtud de lo anterior, el SENARA en su condición de desarrollador del proyecto, ejercerá sus facultades de amparo del principio constitucional del derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que integra aspectos: políticos, económicos, culturales, sociales, ambientales y tecnológicos latentes en el presente estudio.

• **Ley N° 7554 Ley Orgánica del Ambiente**

El objetivo de esta ley es el de *“... dotar, a los costarricenses y al Estado, de los instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. El Estado, mediante la aplicación de esta ley, defenderá y preservará ese derecho, en busca de un mayor bienestar para todos los habitantes de la Nación.*

Se define como ambiente el sistema constituido por los diferentes elementos naturales que lo integran y sus interacciones e interrelaciones con el ser humano. *“Son fines de la presente ley:*

- a) Fomentar y lograr la armonía entre el ser humano y su medio.
- b) Satisfacer las necesidades humanas básicas, sin limitar las opciones de las generaciones futuras.
- c) Promover los esfuerzos necesarios para prevenir y minimizar los daños que pueden causarse al ambiente.

- d) Regular la conducta humana, individual o colectiva, y la actividad pública o privada respecto del ambiente, así como las relaciones y las acciones que surjan del aprovechamiento y la conservación ambiental.
- e) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación para una labor eficiente y eficaz.”

De esta forma, esta ley indica que *“Es función del Estado, las municipalidades y los demás entes públicos, definir y ejecutar políticas nacionales de ordenamiento territorial, tendientes a regular y promover los asentamientos humanos y las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico-espacial, con el fin de lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente.”*

En lo que respecta a las actividades de desarrollo de obras como el proyecto aquí analizado, esta ley establece que “Las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, materiales tóxicos o peligrosos, requerirán una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental creada en esta ley. Su aprobación previa, de parte de este organismo, será requisito indispensable para iniciar las actividades, obras o proyectos. Las leyes y los reglamentos indicarán cuáles actividades, obras o proyectos requerirán la evaluación de impacto ambiental.

• **Ley orgánica del ambiente (n° 7554): Artículo 17.- Evaluación de impacto ambiental:** Las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, materiales tóxicos o peligrosos, requerirán una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental creada en esta ley. Su aprobación previa, de parte de este organismo, será requisito indispensable para iniciar las actividades, obras o proyectos. Las leyes y los reglamentos indicarán cuáles actividades, obras o proyectos requerirán la evaluación de impacto ambiental.

• **Reglamento sobre procedimientos de SETENA (decretos 25705-minae y 26228-minae):** Artículo 1.- El presente reglamento tiene por objeto establecer los requisitos y procedimientos por los cuales se registrará la presentación y aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental, para la realización de actividades que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, materiales tóxicos o peligrosos, y que puedan incidir en el medio ambiente, sin perjuicio de las competencias que las leyes confieren a otras instituciones del Estado.

• **Ley Constitutiva del Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (No 6877):** El Senara fue creado mediante la ley N° 6877 del 18 de julio de 1983. En él se fundieron el Departamento de Riego y Avenamiento del SNE, la Dirección de Riego y Drenaje del MAG y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas (SENAS), con el fin de eliminar las duplicidades que existían en materia de riego en el país. Con los recursos antes dispersos, nació el SENARA para fomentar el desarrollo agropecuario, como se establece en el artículo 2 de su ley constitutiva el cual textualmente dice:

“Artículo 2.

Son objetivos del SENARA:

- a) Fomentar el desarrollo agropecuario en el país, mediante el establecimiento y funcionamiento de sistemas de riego, avenamiento y protección contra inundaciones.*
- b) Contribuir a desarrollar preferentemente aquellos proyectos de desarrollo agropecuario que se sustenten en una justa distribución de la tierra.*
- c) Procurar que, en el territorio beneficiado por la creación de distritos de riego y avenamiento, se efectuó una modificación racional y democrática en la propiedad de la tierra.*
- d) Los atribuidos mediante leyes especiales y sus reglamentos.”*

Con base en lo anterior, el SENARA cuenta con competencias bastas para el desarrollo y ejecución de un proyecto como PAACUME, amparado en las funciones, objetivos y competencias, previstas en su Ley Constitutiva N° 6877 y la potestad de administrar las aguas que corran por el Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT), según lo estipulado en el Decreto de Creación N° 15 321-MAG.

El SENARA es una institución descentralizada que cumple con un rol estratégico en el tema de la gestión del recurso hídrico, tanto a nivel de su participación directa, como en la coordinación con otras instituciones, bajo tres ejes de acción: riego y avenamiento, prevención de inundaciones, protección e investigación de los recursos hídricos, todos ellos orientados al manejo y aprovechamiento óptimo y eficiente del agua para la producción nacional y para el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, (López, 2013). En el artículo 3 de su Ley Constitutiva 6877 se establecen cuáles serán sus funciones, textualmente:

“Artículo 3.

Son funciones del SENARA:

- a) Elaborar y ejecutar una política justa de aprovechamiento y distribución del agua para fines agropecuarios, en forma armónica con las posibilidades óptimas de uso del suelo y los demás recursos naturales en los distritos de riego.*
- b) Desarrollar y administrar los distritos de riego, avenamiento y control de las inundaciones en los mismos.*
- c) Contribuir al incremento y diversificación de la producción agropecuaria en el país procurando el óptimo aprovechamiento y distribución del agua para riego en los distritos de riego.*
- ch) Investigar, proteger y fomentar el uso de los recursos hídricos del país, tanto superficiales como subterráneos.*
- d) Promover la utilización de los recursos hídricos del país sin perjuicio de las atribuciones legales del Instituto Costarricense de Electricidad, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y del Servicio Nacional de Electricidad.*
- e) Realizar, coordinar, promover y mantener actualizadas las investigaciones hidrológicas, hidrogeológicas, agrológicas y otras que considere necesarias en las cuencas hidrográficas del país, así como las socioeconómicas y ambientales en las áreas y regiones en que sea factible establecer distritos de riego y avenamiento.*

- f) *Adquirir, conforme con lo establecido en 1a Ley N°6313 del 4 de enero de 1979, bienes y derechos necesarios para establecer, integrar o modificar las áreas de distribución de riego, asentamiento y protección contra inundaciones, de manera que a una justa distribución de la tierra corresponda una justa distribución del agua.*
- g) *Velar porque se formule una política racional y democrática en el otorgamiento de concesiones relativas a la utilización de las aguas para riego.*
- h) *Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en las materias de su incumbencia. Las decisiones que por este motivo tome el Servicio, referentes a la perforación de pozos y a la explotación, mantenimiento y protección de las aguas que realicen las instituciones públicas y los particulares serán definitivas y de acatamiento obligatorio. No obstante, tales decisiones podrán apelarse dentro del décimo día por razones de legalidad para ante el Tribunal Superior Contencioso Administrativo. El Tribunal resolverá en un plazo no mayor de noventa días.*
- i) *Suministrar asesoramiento técnico y servicios a instituciones públicas y a particulares. Cuando el asesoramiento y 1a prestación de servicios a las citadas instituciones no estén concebidos en los programas y proyectos del Servicio, lo mismo que cuando se brinden a particulares, éste cobrará las tarifas que fije con la aprobación de la Contraloría General de 1a República.*
- j) *Coordinar estrechamente con el Instituto de Desarrollo Agrario, a efecto de que todas aquellas tierras en donde existan demasías, en las cuales se encuentren recursos hídricos subterráneos o superficiales, o que tierras destinadas a la construcción de obras que se enmarquen dentro de los objetivos de esta Ley, sean inmediatamente recuperadas a solicitud del SENARA. Para ello se seguirán los fundamentos y procedimientos de los artículos 78 y siguientes de la Ley de Jurisdicción Agraria, N°6734 del 29 de marzo de 1982. Este procedimiento tendrá prioridad en lo que a obtención de tierras se refiere y solo secundariamente se acudirá a los mecanismos de la expropiación o a la simple compraventa de tierras.*
- k) *Orientar, promover, coordinar y ejecutar programas nacionales de investigación y capacitación para el desarrollo de todas las actividades relacionadas con el riego, drenaje y control de inundaciones en coordinación con las dependencias afines de la enseñanza superior. En particular el Servicio coordinará con la Comisión Nacional de Emergencia y con los demás organismos correspondientes, la elaboración y ejecución de programas de prevención y control de inundaciones, manteniendo al día, además, los sistemas de información necesarios.”*

Sin embargo, las funciones de Senara no se quedan solamente en aquellas que fueron establecidas de previo en su Ley Constitutiva, en el Voto 1923-2004 de la Sala Constitucional se hace más explícito el radio de acción:

“A pesar de tener aparentemente limitada su competencia a los distritos de riego, avenamiento y control de inundaciones (...) es lo cierto que su ley constitutiva le asigna importantes competencias en materia de aguas subterráneas, las cuales, evidentemente, tienen una vocación nacional y, por consiguiente, no se circunscriben a los meros distritos de riego (...)”

Queda claro entonces que, el Senara como institución descentralizada y con las potestades que le imprime la Ley 6877, es la indicada para ejecutar un proyecto de tanto impacto en la provincia de Guanacaste, incidiendo directamente en las condiciones sociales y económicas de su población.

En Relación a las competencias que posee el Senara es importante destacar que los proyectos realizados por el Senara cuentan con Declaración de Interés Público legalmente establecida desde el mismo momento de creación de la institución, según textualmente reza en su artículo 15:

ARTÍCULO 15.- Declárense de interés público las acciones que promueve el Estado, con el objeto de asegurar la protección y el uso racional de las aguas y de las tierras comprendidas en los distritos de riego, de conformidad con las disposiciones de esta ley y su reglamento.

Como se puede ver los proyectos en los que Senara desarrolle distritos de riego no requieren ningún trámite adicional para contar con este carácter de ser declarado de Interés Nacional.

En concordancia con este concepto que se recoge en el artículo 15, se ve la misma línea particular en el artículo 16, donde se le da la potestad de construir cualquier obra que sea necesaria para la consecución de sus objetivos.

ARTÍCULO 16.- El SENARA podrá construir las obras necesarias para el establecimiento y funcionamiento de sistemas de riego, avenamiento y control de inundaciones, así como las obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento agropecuario de las tierras en los distritos de riego. Todos los propietarios de las tierras afectadas por el riego y por el avenamiento, deberán satisfacer las tarifas que establezca el SNE a solicitud del SENARA.

Dicho artículo no solo otorga al Senara la potestad de realizar obra constructiva, sino la potestad de cobrar una tarifa, la cual es obligatoria para todo aquel propietario que se vea impactado por un proyecto tanto de riego como de avenamiento.

• **Ley Aresep (Nº 7593):** Artículo 4.- Objetivos: e) Coadyuvar con los entes del Estado, competentes en la protección del ambiente, cuando se trate de la prestación de los servicios regulados.

• **Ley forestal (Nº 7575):** Artículo 1.- Objetivos: En virtud del interés público y salvo lo estipulado en el Artículo 18 de esta ley, se prohíbe la corta o el aprovechamiento de los bosques en parques nacionales, reservas biológicas, manglares, zonas protectoras, refugios de vida silvestre y reservas forestales propiedad del Estado.

Artículo 13. Constitución y administración: El patrimonio natural del Estado estará constituido por los bosques y terrenos forestales de las reservas nacionales, de las áreas declaradas inalienables, de las fincas inscritas a su nombre y de las pertenecientes a municipalidades, instituciones autónomas y demás organismos de la Administración Pública, excepto inmuebles que garanticen operaciones crediticias con el Sistema Bancario Nacional e ingresen a formar parte de su patrimonio.

Artículo 15. Impedimentos: Los organismos de la Administración Pública no podrán permutar, ceder, enajenar, de ninguna manera, entregar ni dar en arrendamiento, terrenos rurales de su propiedad o bajo su administración, sin que antes hayan sido clasificados por

el Ministerio del Ambiente y Energía. Si están cubiertos de bosque, automáticamente quedarán incorporados al patrimonio natural del Estado y se constituirá una limitación que deberá inscribirse en el Registro Público.

Artículo 20. Plan de manejo del bosque: Los bosques podrán aprovecharse solo si cuentan con un plan de manejo que contenga el impacto que pueda ocasionar sobre el ambiente. La Administración Forestal del Estado lo aprobará según criterios de sostenibilidad certificados de previo, conforme a los principios de fiscalización y los procedimientos que se establezcan en el reglamento de la presente ley para ese fin.

Al aprobarse el plan de manejo en bosque, se tendrá por autorizada su ejecución durante el período contemplado en él, sin que sea necesario obtener periódicamente nuevas autorizaciones para el aprovechamiento.

Artículo 27. Autorización para talar: Solo se podrá llevar a cabo la corta de árboles en terrenos de uso agropecuario y sin bosque, obteniendo previamente la autorización del Consejo Regional Ambiental o de la municipalidad respectiva y hasta por un máximo de cinco árboles por hectárea al año. Para una corta que sobrepase los veinte árboles por inmueble se requerirá la autorización de la Administración Forestal del Estado.

Artículo 33.- Áreas de protección: Se declaran áreas de protección las siguientes:

- a) Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
- b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
- c) Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.
- d) Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.

Artículo 34. Prohibición para talar en áreas protegidas: Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el Artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional. Los alineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, serán realizados por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.

• **Ley General de la Salud N° 5395:** La presente ley incluye la regulación de distintos tópicos que afectan el ambiente y en consecuencia la salud humana, en ese sentido según las actividades a realizar por el Proyecto deberá tomar en cuenta lo que al respecto dicte el instrumento en materias como habitación, operación de infraestructura destinada al manejo de combustibles, lubricantes y otros químicos utilizados en los distintos procesos de construcción estén estos a cargo del ICE o por eventuales contratistas.

• **Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 y Reglamento a la Ley de Conservación de (a Vida Silvestre N° 26435 — MINAE:** Como disposición general en el artículo 132, establece la prohibición de arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminantes en manantiales, ríos, quebradas, arroyos permanentes

o no permanentes, lagos, marismas y embalses naturales o artificiales, esteros, turberas, pantanos, aguas dulces, y salobres o saladas, debiendo impedirse además, que los desechos sólidos o aguas contaminadas destruyan la vida silvestre, aspecto que deberá tomarse en cuenta por el ICE en la ejecución de sus obras. En ese sentido, y en atención del principio precautorio, habrá que implementar medidas con el propósito de prevenir infracciones.

- **Ley de Biodiversidad N° 7788:** El objetivo de la presente ley es conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos, así como distribuir en forma justa los beneficios y costos derivados. En relación con el Proyecto, ante la magnitud de sus obras, mismas que tendrán efectos sobre la flora y fauna en algunas áreas de forma directa y en otras de forma indirecta, deberá mantenerse durante el proceso constructivo del Proyecto una vigilancia permanente a través de la Regencia Ambiental, velando por el cumplimiento de las medidas de control ambiental plasmadas en el PGA, donde se fomente el respeto por todas las formas de vida, como bien lo apunta la presente ley.

- **Reglamento a la Ley Forestal N° 25721 — MINAE:** En el presente reglamento se delega en la Administración Forestal del Estado la concesión de permisos de uso del patrimonio natural y forestal del Estado únicamente en aquellos proyectos que no requieran aprovechamiento forestal y que no afecten los ecosistemas, la vida silvestre, los suelos, los humedales y los sistemas acuíferos, excepto las actividades expresamente permitidas por la Ley 6084 de Parques Nacionales y la Ley 7317 de La Vida Silvestre. Excepciones adicionales se permitirán únicamente en el interés público y sujeto a un estudio de impacto ambiental y al cumplimiento de sus recomendaciones.

- **Reglamento General sobre Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Decreto Ejecutivo No 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC:** Este instrumento es de alcance general para todo proyecto de desarrollo susceptible de generar impactos ambientales sobre el entorno, por lo que constituye el marco metodológico técnico y de procedimientos reglamentarios, de referencia obligatoria, que el Proyecto ha empleado, o empleará a fin de garantizar a las partes interesadas (desarrollista, Estado, comunidad costarricense y comunidad internacional -por los alcances de los distintos convenios vigentes en materia de gestión enfocada a la protección del ambiente-) que en el Proyecto implementará y operará, dentro de un marco de respeto a la normativa ambiental y social de distinta índole, que está relacionada con esta obra.

- **Formato Informes Regenciales, Proceso Auditoría y Seguimiento Ambiental, Res. N° 1254- 2003-SETENA:** Este instrumento normativo establece los aspectos de forma y de fondo (contenido), que deberán aplicarse durante el proceso de seguimiento ambiental que evalúa el estado de cumplimiento de las medidas de control adoptadas en el PGA de este proyecto. Este contempla además la consideración de las disposiciones técnicas y jurídicas de normas nacionales aplicables a la temática ambiental que conformen el marco legal de este proyecto y que por ende son complementarias al PGA resultan de acatamiento obligatorio y también están sujetas por parte del Responsable Ambiental, al proceso de verificación de su cumplimiento por parte del desarrollista de la obra (o sus contratistas y los subcontratistas de éstos últimos).

- **Ley de Construcciones. N° 833:** Debe indicarse que la aplicación de esta Ley para el proyecto en cuestión contiene artículos que por la naturaleza de las obras de construcción

que se desarrollan, tiene suficientes alcances para aplicarse. En principio esta Ley alberga o rige para todo edificio o estructura que se pretenda construir, así como a obras de movimientos de tierra y demoliciones.

- **Ley General de Caminos Públicos. N° 5060:** Su aplicación resulta de vital importancia en el Proyecto puesto que contempla aspectos que deben tenerse claros al momento de formular, planificar y desarrollar un Proyecto como el presente. Este cuerpo normativo permite identificar los distintos tipos de redes viales identificadas, las normas aplicables y organismos facultados para su administración según tipo. A su vez faculta tanto a entes privados como descentralizados para que ejecuten labores de reparación de las vías existentes e incluso la construcción de nuevas vías, en el tanto el desarrollador cuente con la autorización emanada del rector como lo es Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

- **Ley para el Establecimiento de un Código Antisísmico en Obras Civiles. N° 6119:** Cualquier construcción a realizar en el territorio nacional debe regirse por normas mínimas que aseguren un buen desempeño de las estructuras en el momento que sean solicitadas por factores naturales.

- **Código Municipal, N° 7794:** De conformidad con lo que establece el artículo 6 del Código Municipal, el desarrollador deberá coordinar con la Municipalidades respectivas las acciones necesarias en las obras a ejecutarse por el Proyecto en cuanto a la ejecución propiamente de la obra, deberá el Proyecto realizar actividades tendientes a mantener la limpieza durante y después las obras.

Y dejar en las mismas condiciones en que se encontró el lugar y a su vez mantendrá los bienes inmuebles de su propiedad o a su cargo respetando las condiciones mínimas de salubridad, cercará sus terrenos y los mantendrá sin maleza.

- **Ley General del Agua Potable. N° 1634:** En la construcción del Proyecto, será necesario ubicar un campamento cercano a los sitios de obra, que debe reunir las condiciones necesarias para satisfacer las necesidades básicas de los trabajadores dentro de las cuales se encuentra el abastecimiento de agua, así como su potabilidad.

- **Ley para la Gestión Integral de Residuos, No. 8839:** Su objetivo es garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como la protección de la salud pública asignando la responsabilidad de la gestión integral de residuos a los diversos actores como es en este caso, el Proyecto a ejecutarse, reduciendo en lo posible la generación de residuos para lo que se requerirá la observación e implementación de medidas tendientes a realizar recolección selectiva, transporte, acopio, almacenamiento, reutilización, reciclaje y la disposición final adecuada de residuos.

- **Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales No 26042.-S-MINAE:** Con la presente norma se pretende proteger el recurso hídrico y a su vez la salud del hombre y la vida sobre la tierra como elemento sustancial para alcanzar el desarrollo sostenible del país, a fin de brindar una mejor calidad de vida a las futuras generaciones reduciendo para ello los altos índices de contaminación.

- **Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos, Decreto Ejecutivo No.34431-MINAE-S:** Este instrumento normativo tiene como objetivo regular el uso del recurso hídrico, para verter sustancias contaminantes denominado Canon Ambiental por Vertidos, aplicable a personas físicas o jurídicas, sean públicas o privadas, que utilicen los cuerpos de agua para introducir, transportar y o eliminar vertidos, que puedan modificar la calidad física, química o biológica del agua, según artículo 1 y 2.
- **Reglamento de Transporte de Automotores de Carga Local N° 15624:** Este reglamento menciona los aspectos generales a cumplir con los vehículos destinados al transporte de carga sobre el territorio nacional, establece las condiciones generales que debe acatar, las clasificaciones y las condiciones que deben cumplir las empresas que se dediquen a esta actividad.
- **Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N° 7779 y su reglamento N° 29375:** Mediante esta ley se fomenta la protección del recurso suelo, su conservación y mejora de gestión integrada y sostenible con los demás recursos naturales, lo cual habrá de tenerse en cuenta a la hora de realizar el proceso constructivo, estableciendo para ello medidas preventivas o correctivas ante la posible degradación o contaminación en detrimento de la capacidad de uso del suelo.
- **Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido, DE 28718-S:** Tomando en cuenta que existe un límite para la realización de actividades que afectan la salud humana en razón de tratarse de un bien jurídico tutelado por el Estado, el Proyecto deberá observar en todo momento las disposiciones que establece el presente Reglamento. Para ello, se asegurará que sus actividades se ejecutarán dentro de los límites establecidos en el artículo 20, en caso contrario deberá implementar acciones correctivas y llevar la situación a los límites permitidos, y será el ente rector Ministerio de Salud el que realice las acciones tendientes a normalizar la situación, el incumplimiento de lo aquí dispuesto se estará a lo dispuesto a las sanciones que establece la Ley General de Salud.
- **Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones N° 10451 –TSS:** Se deben señalar todos los sitios de trabajo que emitan ruido en niveles superiores a setenta y cinco dB (A), con el objetivo de evitar la exposición por personas sin equipos de protección auditivos debidamente certificados. Así mismo, se debe capacitar a todos los trabajadores sobre técnicas de uso y mantenimiento de equipo de protección auditiva, la cual deberá ser exigida en todo momento de exposición.
- **Reglamento de Seguro de Salud:** Todo personal que se contrate, de forma temporal o permanente, para desempeñar actividades de trabajo, deberá estar asegurado, bajo el principio de que el seguro de salud es universal, obligatorio y forzoso. Ningún colaborador del proyecto, o de empresas proveedoras del proyecto estará exento de esta disposición, de acuerdo con los requisitos establecidos en este reglamento, que regulan la cobertura y prestaciones médico-sanitarias, la responsabilidad, los subsidios, y otorgamientos de incapacidades.
- **Reglamento sobre las Normas Internas de las Relaciones y Condiciones Laborales en los Centros de Trabajo N°4- MTSS:** Para la planificación de prevención de riesgos laborales dentro de las instalaciones y frentes de trabajo del Proyecto, se aplicarían las normas de seguridad e higiene dispuestas en el reglamento anterior.

- **Reglamento sobre Higiene Industrial N° 11492-S:** Este instrumento establece distintas disposiciones que deberán respetarse según actividad que se ejecute.
- **Reglamento General de los Riesgos del Trabajo N° 13466 – TSS:** Se debe asegurar a todo el personal que presta servicios al proyecto, con la cobertura de riesgos del trabajo (accidentes o enfermedades laborales), de acuerdo con las directrices internas del Instituto Nacional de Seguros.
- **Reglamento de Seguridad en Construcciones N° 25235-MTSS:** De conformidad con este instrumento, el Proyecto debe de mantener los procedimientos y regulaciones para la seguridad e higiene en los procesos de trabajo, atención de emergencias naturales y antrópicas, para el suministro, capacitación, uso y mantenimiento de equipos de protección personal y equipos auxiliares de seguridad.
- **RTCR 292 —1992; Seguridad, Incendios y Señalización N° 26204-MEIC.** Se debe implementar programas de señalización para la prevención, mitigación y evacuación a áreas de seguridad en caso de incendio, además de las regulaciones contempladas en la norma de colores de seguridad para señales de prevención e información.
- **RTCR 297 —1997; Seguridad contra Incendios N° 26494:** En las instalaciones habilitadas como campamentos temporales (siendo inclusive casas de habitación rentadas para tal fin), se debe establecer, capacitar e implementar programas de señalización de evacuación, salidas habituales y de emergencia, áreas de seguridad en conformidad con el Manual de Seguridad Humana para la Protección contra Incendios del Cuerpo de Bomberos del Instituto Nacional de Seguros de Costa Rica.
- **Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo:** Todas las máquinas y equipos especiales que se utilicen durante el desarrollo de proyecto deberán revisarse para asegurar el funcionamiento de los dispositivos eléctricos y mecánicos de protección.
- **Convención sobre el Patrimonio Mundial Cultural y Natural, N° 5980:** La Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, Ley 5980 del 16 de noviembre de 1976, establece que los Estados Partes reconocen la obligación de identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio cultural natural situado en su territorio, con lo cual el Estado Costarricense deberá producir e implementar normas y reglamentos específicos que permitan cumplir las pautas intrínsecas de esta Convención.
- **Convención sobre la Defensa y Conservación del Patrimonio Arqueológico, Histórico y Artístico de las Naciones Americanas, N° 6360:** La Convención de Defensa del Patrimonio Arqueológico Histórico y Artístico de las Naciones Americanas, Ley 6360 del 5 de septiembre de 1979, tiene como objeto la identificación, registro, protección y vigilancia de los bienes que integran el patrimonio cultural de las naciones americanas, para impedir la exportación o importación ilícita de bienes culturales y promover la cooperación entre los Estados Americanos para el mutuo conocimiento y apreciación de sus bienes culturales.
- **Ley del Patrimonio Arqueológico Nacional, N° 6703 del 18 diciembre de 1981 y el Reglamento de la Comisión Arqueológica Nacional, Decreto No.19016-C:** La Ley 6703 constituye inicialmente la definición de Patrimonio Nacional Arqueológico, norma con la se

organiza la custodia de objetos arqueológicos por parte de particulares, creándose el Registro Público del Patrimonio Nacional Arqueológico, dependiente del Museo Nacional de Costa Rica y se constituye la Comisión Arqueológica Nacional, como ente institucional (Museo Nacional de Costa Rica) que autoriza, aprueba, desaprueba y supervisa las investigaciones arqueológicas del país.

6.2 Marco resumen legal ambiental de Costa Rica

Con el fin de presentar de forma resumida la regulación ambiental existente en el país y que es vinculante para Tajo La Isla, se incluye la información por ley o reglamento en la siguiente matriz.

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
Constitución Política	1949	<p>Artículo 45. Establece limitaciones a la propiedad privada al amparo del interés colectivo.</p> <p>Artículo 50. El Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza.</p> <p>Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado.</p> <p>El estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho. La Ley determinará las responsabilidades y las sanciones correspondientes.</p> <p>Artículo 169. La administración de los intereses y los servicios locales en cada cantón, estará a cargo del Gobierno Municipal, formado en un cuerpo deliberante, integrado por regidores municipales de elección popular, y de un funcionario ejecutivo que designará la ley.</p>
Ley N° 6877 Creación del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA)	18 de julio de 1983	<p>Artículo 3 Son funciones del SENARA: Adquirir, conforme con lo establecido en la ley N°7495, bienes y derechos necesarios para establecer, integrar o edificar las áreas de distribución de riego, asentamiento y protección contra inundaciones, de manera que a una justa distribución de la tierra corresponda una justa distribución del agua.</p> <p>Artículo 15. Declara de interés público las acciones que promueve el Estado, con el objeto de asegurar la protección y el uso racional y de las tierras comprendidas en el distrito de riego, de conformidad con las disposiciones de esa ley y su reglamento.</p> <p>Artículo 16. Faculta al SENARA para construir las obras necesarias para el establecimiento y funcionamiento de sistemas de riego, avenamiento y control de inundaciones, así como las obras</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
Ley General de Salud, N° 5395	23 de octubre, 1973	<p>complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento agropecuario de las tierras en los distritos de riego.</p> <p>Artículo 280. El servicio de recolección, acarreo y disposición de basuras, así como la limpieza de caños, acequias, alcantarillas, vías y parajes públicos estará a cargo de las municipalidades las cuales podrán realizarlo por administración o mediante contratos con empresas o particulares, que se otorgarán de acuerdo con las formalidades legales que requieren para su validez la aprobación del Ministerio.</p> <p>Artículo 281. Las empresas agrícolas, industriales y comerciales deberán disponer de un sistema de separación y recolección, acumulación y disposición final de los desechos sólidos provenientes de sus operaciones, ...</p> <p>Artículo 296. Todo propietario o administrador, de una construcción o edificio será responsable de que el inmueble cuente con los medios y sistemas para evitar descargas, emisiones, que causen o contribuyan a la contaminación atmosférica. (...)</p> <p>Artículo 297. Queda prohibido el funcionamiento de toda fábrica o establecimiento comercial o industrial, en edificios que no dispongan de los elementos o sistemas necesarios para evitar que las descargas, emisiones, emanaciones o sonidos producto de tales actividades industriales o comerciales, causen o contribuyan a la contaminación atmosférica (...).</p>
Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554	04 de octubre, 1996	<p>Artículo 2. Principios de la Ley Orgánica del Ambiente</p> <p>a) El ambiente es patrimonio común de todos los habitantes de la Nación.</p> <p>b) Todos tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano y ecológicamente sostenible para desarrollarse, así como el deber de conservarlo.</p> <p>c) El Estado velará por la utilización racional de los elementos ambientales con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida de los habitantes del territorio nacional.</p> <p>d) Quien contamine al ambiente o le ocasione daño será responsable según las leyes.</p> <p>e) El daño al ambiente constituye un delito de carácter social, económico, cultural y ético.</p> <p>Artículo 4. Fines. Son fines de la presente Ley:</p> <p>a) Fomentar y lograr la armonía entre el ser humano y su medio</p> <p>b) Satisfacer las necesidades humanas básicas, sin limitar las opciones de las generaciones futuras</p> <p>c) Promover los esfuerzos necesarios para prevenir y minimizar los daños que pueden causar al ambiente</p> <p>d) Regular la conducta humana, individual o colectiva ...</p> <p>e) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>Artículo 17. Evaluación de Impacto Ambiental Las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, materiales tóxicos o peligrosos requerirán una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental creada en esta ley. Su aprobación previa, de parte de este organismo, será requisito indispensable para iniciar las actividades, obras o proyectos. Las leyes y los reglamentos indicarán cuáles actividades, obras o proyectos requerirán la evaluación de impacto ambiental.</p> <p>Artículo 28. Políticas del Ordenamiento Ambiental Es función del Estado, las municipalidades y los demás entes públicos, definir y ejecutar políticas nacionales de ordenamiento territorial, tendientes a regular y promover los asentamientos humanos y las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico-espacial, con el fin de lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente.</p> <p>Artículo 29. Fines Para el ordenamiento territorial en materia de desarrollo sostenible, se considerarán los siguientes fines:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Ubicar, en forma óptima, dentro del territorio nacional las actividades productivas, los asentamientos humanos, las zonas de uso público y recreativo, las redes de comunicación y transporte, las áreas silvestres y otras obras vitales de infraestructura, como unidades energéticas y distritos de riego y avenamiento. b) Servir de guía para el uso sostenible de los elementos del ambiente. c) Equilibrar el desarrollo sostenible de las diferentes zonas del país. d) Promover la participación activa de los habitantes y la sociedad organizada, en la elaboración y la aplicación de los planes de ordenamiento territorial y en los planes reguladores de las ciudades, para lograr el uso sostenible de los recursos naturales. <p>Artículo 30. Criterios para el ordenamiento Para el ordenamiento del territorio nacional, se considerarán, entre otros, los siguientes criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) El respeto por las características culturales, históricas y sociales de las poblaciones humanas involucradas y su distribución actual sobre el territorio. b) Las proyecciones de población y recursos. c) Las características de cada ecosistema. d) Los recursos naturales, renovables y no renovables, las actividades económicas predominantes, la capacidad de uso de los suelos y la zonificación por productos y actividades agropecuarias, en razón de consideraciones ecológicas y productivas.

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>e) El efecto de las actividades humanas y los fenómenos naturales sobre el ambiente.</p> <p>f) El equilibrio que necesariamente debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales.</p> <p>g) La diversidad del paisaje.</p> <p>h) La infraestructura existente.</p> <p>Artículo 31. Desarrollo urbanístico Para lo dispuesto en el artículo 29 anterior, se promoverá el desarrollo y el ordenamiento de las ciudades, mediante el uso intensivo del espacio urbano, con el fin de liberar y conservar recursos para otros usos o para la expansión residencial futura.</p> <p>Artículo 32. Clasificación de las Áreas Silvestres Protegidas El Poder Ejecutivo, por medio del MINAE, podrá establecer áreas silvestres protegidas, en cualquiera de las categorías de manejo que se establezcan y en las que se señalan a continuación:</p> <p>a) Reservas forestales.</p> <p>b) Zonas protectoras</p> <p>c) Parques nacionales</p> <p>d) Reservas biológicas</p> <p>e) Refugios nacionales de vida silvestre</p> <p>f) Humedales</p> <p>g) Monumentos naturales</p> <p>h) Monumentos naturales</p> <p>Esas categorías de manejo y las que se creen en el futuro, serán administradas por el MINAE, salvo las establecidas en el artículo 33 de esta ley. Las municipalidades deben colaborar en la preservación de estas áreas.</p> <p>Artículo 49. Utilización del Aire El aire es patrimonio común y debe utilizarse sin lesionar el interés general de los habitantes de la Nación. Para tal fin,</p> <p>a) La calidad del aire, en todo el territorio nacional, debe satisfacer, por lo menos, los niveles permisibles de contaminación fijados por las normas correspondientes.</p> <p>b) Las emisiones directas o indirectas, visibles o invisibles, de contaminantes atmosféricos, particularmente los gases de efecto invernadero y los que afecten la capa de ozono, deben reducirse y controlarse, de manera que se asegure la buena calidad del aire.</p> <p>Artículo 50. Dominio público del agua El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social.</p> <p>Artículo 51. Criterios Para la conservación y el uso sostenible del agua, deben aplicarse, entre otros, los siguientes criterios:</p> <p>a) Proteger, conservar y, en lo posible, recuperar los ecosistemas acuáticos y los elementos que intervienen en el ciclo hidrológico.</p> <p>b) Proteger los ecosistemas que permiten regular el régimen hídrico.</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>c) Mantener el equilibrio del sistema agua, protegiendo cada uno de los componentes de las cuencas hidrográficas.</p> <p>Artículo 53. Protección del suelo Para proteger y aprovechar el suelo, se considerarán, entre otros, los siguientes criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) La relación adecuada entre el uso potencial y la capacidad económica del suelo y el subsuelo. b) El control de prácticas que favorezcan la erosión y otras formas de degradación. c) Las prácticas u obras de conservación de suelos y aguas que prevengan el deterioro del suelo. <p>Artículo 59. Contaminación del Ambiente Se entiende por contaminación toda alteración o modificación del ambiente que pueda perjudicar la salud humana, atentar contra los recursos naturales o afectar el ambiente en general de la Nación. La descargar y la emisión de contaminantes, se ajustará, obligatoriamente, a las regulaciones técnicas que se emitan. El Estado adoptará las medidas que sean necesarias para prevenir o corregir la contaminación ambiental.</p> <p>Artículo 60. Prevención y control de la contaminación. Para prevenir la contaminación del ambiente, el Estado, las Municipalidades y las demás instituciones públicas, darán prioridad entre otros, al establecimiento y operación de servicios adecuados en áreas fundamentales de la salud ambiental como:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. El abastecimiento de agua de consumo humano. b. La disposición sanitaria de excretas, aguas servidas y aguas pluviales. c. La recolección y el manejo de desechos. d. El control de la contaminación atmosférica. e. El control de la contaminación sónica. f. El control de sustancias químicas y radiactivas. <p>Estos servicios se prestarán en la forma que las leyes y los reglamentos específicos lo determinen, procurando la participación de la población y sus organizaciones.</p> <p>Artículo 62. Contaminación. Se considera contaminación de la atmósfera la presencia en ella y en concentraciones superiores a los niveles permisibles fijados de partículas sólidas, polvo, humo, vapor, gases, malos olores, radiaciones, ruidos, ondas acústicas imperceptibles y otros agentes de contaminación que el Poder Ejecutivo defina como tales en el reglamento.</p> <p>Artículo 63. Prevención y control del deterioro de la atmósfera Para evitar y controlar el deterioro atmosférico, el Poder Ejecutivo, previa consulta con los organismos representativos del sector productivo, emitirá las normas técnicas correspondientes y exigirá la instalación y operación de sistemas y equipos adecuados para prevenir, disminuir y controlar las emisiones que sobrepasen los límites permisibles.</p> <p>Artículo 64. Prevención de la contaminación del agua</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>Para evitar la contaminación del agua, la autoridad competente regulará y controlará que el manejo y el aprovechamiento no alteren la calidad y la cantidad de este recurso, según los límites fijados en las normas correspondientes.</p> <p>Artículo 65. Tratamiento de aguas residuales Las aguas residuales de cualquier origen deberán recibir tratamiento antes de ser descargadas en ríos, lagos, mares y demás cuerpos de agua; además, deberán alcanzar la calidad establecida para el cuerpo receptor, según su uso actual y potencial y para su utilización futura en otras actividades.</p> <p>Artículo 67. Contaminación o deterioro de cuencas hidrográficas Las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, estarán obligadas a adoptar las medidas adecuadas para impedir o minimizar la contaminación o el deterioro sanitario de las cuencas hidrográficas, según la clasificación de uso actual y potencial de las aguas.</p> <p>Artículo 68. Prevención de la contaminación del suelo Es obligación de las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, evitar la contaminación del suelo por acumulación, almacenamiento, recolección, transporte o disposición final inadecuada de desechos y sustancias tóxicas o peligrosas de cualquier naturaleza.</p> <p>Artículo 69. Disposición de Residuos Contaminantes En el manejo y aprovechamiento de los suelos, debe controlarse la disposición de los residuos que constituyan fuente de contaminación. Las actividades productivas evitarán descargas, depósitos o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en el suelo. Cuando no se pueda evitar la disposición de residuos contaminantes deberán acatarse las medidas correctivas necesarias que determine la autoridad competente. Cuando corresponda, el Estado, las municipalidades y la empresa privada promoverán la recuperación y el tratamiento adecuado de los desechos para obtener otros productos o subproductos.</p> <p>Artículo 71. Contaminación visual Se considerarán contaminación visual, las acciones, obras o instalaciones que sobrepasen, en perjuicio temporal o permanente del paisaje, los límites máximos admisibles por las normas técnicas establecidas o que se emitan en el futuro. El Poder Ejecutivo dictará las medidas adecuadas y promoverá su ejecución mediante los organismos, los entes públicos y las municipalidades, para prevenir este tipo de contaminación.</p> <p>Artículo 72. Conservación del paisaje La autoridad competente promoverá que los sectores públicos y privados participen en la conservación del paisaje. Cuando para realizar una obra se necesite afectarlo, el paisaje resultante deberá ser, por lo menos, de calidad igual que el anterior.</p>
Ley Forestal N° 7575	13 de febrero, 1996	Artículo 33. Zonas protectoras

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>- Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de <u>cien metros</u> medidos de modo horizontal.</p> <p>- Una franja de <u>quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana</u>, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de <u>cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado</u>.</p> <p>- Una <u>zona de cincuenta metros</u> medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.</p> <p>- <u>Proteger las áreas de recarga</u> y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.</p> <p>Artículo 34. Prohibición para talar en áreas protegidas. Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional.</p>
Ley de Expropiaciones N° 7495		Regula la expropiación forzosa por causa de interés público legalmente comprobado. La expropiación se acuerda en ejercicio del poder de imperio de la Administración Pública y comprende cualquier forma de privación de la propiedad privada o de derechos o intereses patrimoniales legítimos, cualesquiera sean sus titulares, mediante el pago previo de una indemnización que represente el precio justo de lo expropiado.
REGULACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO		
Ley de Protección de las Cuencas Hidrográficas N° 68.	16 de junio, 1923	<p>Artículo 1. Queda en absoluto prohibida a las Municipalidades enajenar, hipotecar o de otra manera comprometer las tierras que posea o que adquieran en las márgenes de los ríos, arroyos o manantiales o en cuencas u hoyos hidrográficas en que broten manantiales o que tengan sus orígenes o cabeceras cualquier curso de agua de que se surta alguna población. En terrenos planos o de pequeño declive, tal prohibición abrazará desde luego una faja de cien metros a uno y otro lado de dichos ríos, arroyos y manantiales, y en las cuencas u hoyas hidrográficas doscientos cincuenta metros 2 uno y otro lado de la depresión máxima, en toda la línea a contar de la mayor altura inmediata.</p> <p>Artículo 3. Las Municipalidades dispondrán, sin pérdida de tiempo, lo que fuere oportuno para reforestar los terrenos de su propiedad que se encuentren en las condiciones que determina el artículo 1°.</p>
Ley de Aguas, N° 276	27 de agosto, 1942	<p>Artículo 31. Sobre la protección de zonas de recarga acuífera Son reserva de dominio a favor de la Nación:</p> <p>a) Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de <u>doscientos metros de radio</u>;</p> <p>b) La zona forestal que protege el conjunto de terrenos en que se produce la infiltración de aguas potables.</p> <p>Artículo 41. Sobre la administración de aguas de cañería</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>Artículo 149. Prohibición de corta de árboles Prohibición de destruir los árboles situados a menos de <u>sesenta metros de los manantiales</u> que nazcan en los cerros, o a menos de <u>cincuenta metros de los que nazcan en terrenos planos</u>.</p> <p>Artículo 154. Prohibición de tierras Prohibición a las Municipalidades para enajenar, hipotecar o de otra manera comprometer las tierras que posean o que adquieran en las márgenes de los ríos, arroyos o manantiales o en cuencas u hoyas hidrográficas en que broten manantiales o en que tenga sus orígenes o cabeceras cualquier curso de agua de que se surta alguna población.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En terrenos planos o de pequeño declive, la prohibición es de <u>cien metros a uno y otro lado de dichos ríos, arroyos y manantiales</u>; - En las cuencas u hoyas hidrográficas, <u>doscientos cincuenta metros a uno y otro lado de la depresión máxima</u>, en toda la línea, a contar de la mayor altura inmediata <p>Artículos 155 al 158. Sobre la protección de terrenos municipales ligados al agua.</p> <p>Artículo 165. Infracción La infracción: una multa de doscientos a quinientos colones, de la cual corresponderá la mitad al denunciante. En caso de reincidencia o cuando el número de árboles cortados excediere de cinco, la pena será de arresto incommutable de dos a seis meses.</p>
Ley General de agua potable, N° 1634	2 de octubre, 1953	<p>Artículo 2. Declaración de dominio público Todas aquellas tierras consideradas indispensables para construir los sistemas de abastecimiento de aguas potables, así como para asegurar la protección sanitaria y física y caudal necesario de las mismas.</p> <p>Artículo del 04 al 07, 10 y 11: Sobre la prestación del servicio de agua potable</p>
Ley de Conservación de Vida Silvestre, N° 7317		<p>Artículo 132. Vertido de desechos</p>
Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601-MINAE-S	20 de marzo, 2007	<p>Artículo 4. Obligación de tratar las aguas residuales. Todo ente generador deberá dar tratamiento a sus aguas residuales para que cumplan con las disposiciones del presente Reglamento y se eviten así perjuicios al ambiente, a la salud, o al bienestar humano.</p> <p>Artículo 14. Parámetros universales de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo ordinario y especial. En todas las aguas residuales de tipo ordinario se deberán analizar los siguientes parámetros universales: a) Caudal, b) DBO, c) DQO, d) pH, e) Grasas y aceites, f) Sólidos sedimentables, g) Sólidos suspendidos totales, h) Sustancias activas al azul de metileno, i) Temperatura.</p> <p>Artículo 15. Parámetros complementarios de análisis</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
		<p>obligatorio en aguas residuales de tipo especial. Además de los parámetros mencionados en el artículo anterior, en las aguas residuales de tipo especial se deberán analizar también los parámetros complementarios indicados para cada tipo de actividad en la Tabla 1 de acuerdo al código CIU...</p> <p>Artículo 17. Características generales de los límites para el vertido de aguas residuales Los límites contenidos son valores permisibles y serán de acatamiento obligatorio para todos los entes generadores. El Ministerio de Salud aceptará un intervalo de variación que será establecido por los límites de confianza al 95% del respectivo parámetro. ... Los parámetros universales de</p> <p>Artículo 18 y 19. Límites para el vertido de aguas residuales en alcantarillados sanitarios. Define parámetros universales y complementarios de análisis obligatorio con límites máximo permisibles</p> <p>Artículos 20 y 21. Límites para el vertido de aguas residuales en un cuerpo receptor. Se definen los parámetros obligatorios universales y complementarios de las aguas residuales que se viertan en un cuerpo receptor, con los límites máximo permisibles.</p> <p>Artículo 22. Límites de coliformes fecales para vertido de aguas residuales en cuerpos receptores. Las aguas residuales de hospitales y otros establecimientos de salud para atención de humanos o animales y de laboratorios microbiológicos que sean vertidas a cualquier cuerpo receptor, así como las aguas residuales ordinarias de cualquier origen que sean vertidas a un cuerpo receptor utilizado para actividades recreativas de contacto primario, deberán cumplir además de lo especificado en el artículo anterior, con un número más probable de coliformes fecales no mayor de 1000 por cada 100 mL de muestra.</p> <p>Artículo 23. Límites adicionales para vertido de aguas residuales especiales. Cualquier agua residual de tipo especial, que se vierta en un cuerpo receptor, deberá cumplir con los límites contenidos en ...Además, se especifican otras actividades, las que por actividad se define el límite máximo permisible de DBO, DQO y Sólidos Suspendidos Totales.</p> <p>Artículo 29. Parámetros de análisis obligatorio para el reuso de aguas residuales ordinarias. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de análisis obligatorio para el reuso de aguas residuales ordinarias serán los siguientes: a) Caudal, b) Coliformes fecales y c) Nemátodos intestinales.</p> <p>Artículo 30. Límites máximos para el reuso de aguas residuales ordinarias. Cualquier agua residual ordinaria que sea reusada, deberá cumplir con los límites máximo permisibles microbiológicas establecidas en la Tabla 7 ...</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
REGULACIÓN DEL SUELO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		
Ley de Construcciones, No. 833	4 de noviembre, 1949, reformado por leyes No 1605 de 16 de julio de 1953, 1714 de 9 de diciembre de 1953, 2760 de 16 de junio de 1961 en lo conducente, 4240 de 15 de noviembre de 1968 en lo conducente y 7029 de 23 de abril de 1986.	<p>Artículo 1. Municipalidades de la República son las encargadas de que las ciudades y demás poblaciones reúnan las condiciones necesarias de seguridad, salubridad, comodidad y belleza en sus vías públicas y en los edificios y construcciones que en terrenos de las leyes conceden en estas materias a otros órganos administrativos.</p> <p>Artículo 70. Cuando las sustancias desprendidas en forma de polvos, gases, etc., pueden dañar la salud de los habitantes, será requisito indispensable tratar en forma adecuada dichas sustancias antes de lanzarlas al exterior. Marco legal que condiciona todo permiso de edificación a las regulaciones ambientales de los planes reguladores y relacionados con las edificaciones.</p>
Ley General de Caminos Públicos, No. 5060	22 de agosto, 1972	Establece limitaciones a la propiedad inmueble relacionadas con su relación a las vías de comunicación terrestres.
Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N° 7779	30 Abril, 1998	<p>Artículo 16. Crea áreas críticas por cuenca o subcuenca. Prohibición de uso de terrenos con base en el criterio de la gravedad de la degradación del suelo y su entorno.</p> <p>Artículo 20. Obligación de los propietarios de aplicar todas las medidas que conlleven la recuperación del suelo y preservación del ambiente, en áreas críticas por cuenca y subcuenca.</p> <p>Artículo 44. Obligación de prevenir la degradación de los suelos que pueda ser causada por las aguas, para lo cual deberá aplicar todas las prácticas que aumenten la capacidad de infiltración en sus terrenos o la evacuación de las aguas sobrantes hacia cauces naturales.</p> <p>Artículo 45. Permitir al MAG, el acceso para que verifiquen el mantenimiento de las prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos.</p> <p>Artículo 48. Incluir como criterio adicional de valoración, la comprobación de que los inmuebles tienen una utilización acorde con su uso potencial.</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
REGULACIONES PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS		
Ley para la Gestión Integral de Residuos, N° 8839	13 de julio de 2010	Observancia obligatoria para todas las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, generadoras de residuos de toda clase,
Decreto N° 19049-S	Julio, 1989	Reglamento sobre Manejo de Basuras
Decreto N° 27378-S	Octubre, 1998	Reglamento sobre Rellenos Sanitarios
Reglamento de Rellenos Sanitarios Decreto N° 26671-S y Decreto N° 27378-S	2000	Reglamento de Rellenos Sanitarios
Decreto N° 31432-MP	Octubre, 2003	Créase la Comisión Coordinadora para la Búsqueda de la Solución Integral del Manejo de los Desechos Sólidos
Caja Costarricense del Seguro Social		Norma Institucional para el Manejo de los Desechos Anatomopatológicos
REGULACIONES PARA LA CALIDAD DEL AIRE		
Reglamento sobre Inmisiones de Contaminantes Atmosféricos Decreto 30221-S.	La Gaceta N°57, 21 de marzo, 2002	<p>Considerando 1. Que el aire es un elemento indispensable para la vida y, por lo tanto, su utilización debe estar sujeta a unas normas que eviten el deterioro de su calidad, de tal manera que se preserve su pureza dentro de unos límites que no perturben el desarrollo normal de los seres vivos sobre la tierra, ni atenten contra el patrimonio natural ni artístico de la humanidad.</p> <p>Considerando 2. Que el incremento de la contaminación, principalmente en la Gran Área Metropolitana y zonas adyacentes, requiere de una acción urgente que logre su contención dentro de niveles máximos tolerables a fin de evitar perjuicios a la salud de la población y al ambiente.</p>
Reglamento Sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas (Decreto 30222 – S – MINAE)	Gaceta N° 60, 26 de marzo, 2002	<p>Considerando 2. Que el potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las emisiones producidas por las actividades industriales, comerciales y de servicios, justifica la adopción de medidas de vigilancia y control más estrictas sobre la calidad del aire, niveles de emisión de sustancias contaminantes, calidad de combustibles y carburantes utilizados, fabricación, reparación y homologación de motores, transformación de energía y otras fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes. REPORTE OPERA MARZO del 2003</p>

NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	FECHA DE PUBLICACIÓN	ALCANCE
LEYES MARCO		
Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos Tipo Indirecto.	2000	<p>Artículo 8. Valores máximos de emisión Establece valores máximos de emisión para las calderas y hornos de tipo indirecto que queman combustibles fósiles y biomásicos, en:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Partículas totales en suspensión b) Dióxido de azufre c) Óxidos de nitrógeno (NOx)
• Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido, DE 28718-S		<p>El presente Reglamento es de acatamiento general, y tiene como objetivo la protección de la salud de las personas y del ambiente, de la emisión contaminante de ruido proveniente de fuentes artificiales. Artículo 2°- La aplicación de este Reglamento es competencia del Ministerio de Salud.</p>
Código de Minería, N° 6797 y su Reglamento 29300- MINAE	4 de octubre de mil novecientos ochenta y dos.	<p>Artículo 1°. El Estado tiene el dominio absoluto, inalienable e imprescriptible de todos los recursos minerales que existen en el territorio nacional y en su mar patrimonial, cualquiera que sea el origen, estado físico o naturaleza de las sustancias que contengan. El Estado procurará explotar las riquezas mineras por sí mismo o por medio de organismos que dependan de él. Sin embargo, el Estado podrá otorgar concesiones para el reconocimiento, exploración, explotación y beneficio de los recursos minerales, conforme con la presente ley. Las concesiones no afectarán en forma alguna el dominio del Estado, y se extinguirán en caso de incumplimiento de las exigencias legales para mantenerlas.</p> <p>Artículo 2°. La explotación de sustancias minerales podrá hacerse en canteras, placeros, lavaderos y minas, y en todos los casos se registrará por las disposiciones contenidas en este Código.</p>

7. Descripción del ambiente físico

7.1 Geología

7.1.1 Aspectos geológicos regionales

a. Contacto Geológicos Regionales

Regionalmente el área de proyecto se ubica al noreste de la península de Nicoya, específicamente en las hojas cartográficas Tempisque, Monteverde, Belén, Carrillo Norte, Diría y Talolinga (Instituto Geográfico Nacional, IGN), escala 1:50 000; y al suroeste de la Cordillera Volcánica de Guanacaste (CVG). Geotectónicamente se encuentra frente a la zona de subducción, donde la placa del Coco se hunde bajo la placa Caribe.

Además del proceso de subducción de la placa Coco bajo la placa Caribe, existen otros rasgos tectónicos importantes descritos a continuación (Climent *et al.*, 2016):

- La fosa Mesoamericana posee una dirección aproximada NW-SE y es generada por el proceso de subducción de la placa Coco bajo la placa Caribe, se localiza aproximadamente a unos 100 km de la costa pacífica central y a distancias menores en la región norte y sur del país.
- Zona de Fractura de Panamá: es una falla transformada tipo dextral, en la región SE del país, que constituye el límite entre las placas del Coco y Nazca.
- Frente Volcánico: ubicado en la sección norte del país está constituido por la Cordillera Volcánica de Guanacaste y la Cordillera de Tilarán, donde se localizan importantes sistemas de fallas activas. El proyecto se ubica al suroeste del frente volcánico.

El proceso de subducción en el noroeste del país posee un dominio morfológico de batimetría suave, que posiblemente promueve una zona de contacto más continua entre placas y capaz de generar sismos mayores ($M_w > 7,6$) (Protti *et al.*, 1994). Históricamente, la zona de subducción en la región noroeste del país ha generado importantes sismos como los de 1900, 1916, 1939, 1950, 1978, 1990 y 2012. En esta región se han identificado dos zonas sísmicas controladas por la subducción, Papagayo y Nicoya, las cuales coinciden con áreas de ruptura de sismos importantes (Morales, 1985 en: Climent *et al.*, 2016). Específicamente, en el área donde se ubica el área de proyecto, los sismos de subducción se pueden generar a profundidades aproximadas de 50 km (Climent *et al.*, 2016).

b. Contexto estratigráfico regional

En el área donde se ubicará el embalse predominan los depósitos volcánicos del Mioceno y Plioceno, específicamente depósitos ignimbríticos, de la Formación (Fm) Bagaces, que conforman parte de las planicies de la zona noroeste del país denominadas por Dengo (1962b) como Meseta Volcánica de Santa Rosa (Denyer *et al.* 2014). Entre los cuerpos lávicos y los depósitos piroclásticos existen rocas sedimentarias de origen fluvial y lacustre, formadas como retrabajo de los depósitos volcánicos en periodos de inactividad. Mientras que en el área donde se ubicaran los canales de conducción y distribución, predominan los depósitos lacustres. Sin embargo, es posible observar otras unidades geológicas tales como el Complejo de Nicoya, Intrusivo Potrero, Fm. Sabana Grande, Fm. Curú y Fm. Descartes (Miembro Zapotal) (Figura n° 7.1).

A continuación, se detallan las formaciones de roca presentes en la región.

Complejo de Nicoya

Descrito por primera vez por Dengo (1962b) y redefinido por Kuijpers (1979). Compuesto por rocas de afinidad oceánica, ígneas tanto volcánicas como intrusivas y radiolaritas, que conforman el basamento regional (Denyer *et al.*, 2014).

Basaltos: flujos de basaltos masivos cruzados por varias generaciones de fracturas y vetillas, en su mayoría de zeolita y sílice. También se encuentran basaltos en almohadilla y microalmohadilla. Las almohadillas poseen una corteza hialoclastítica fracturada, producto del enfriamiento; en cortes transversales se observan fracturas radiales y una

estructura concéntrica mostrando una mejor cristalización en la parte central. Además, asociado a los basaltos se presentan autobrechas o brechas de explosión de las almohadillas (Denyer *et al.*, 2014).

Los basaltos toleíticos del Complejo de Nicoya son de grano fino, en general afíricos, compuestos por plagioclasa, augita, clorita y óxidos de hierro y titanio. Todo esto en una matriz afanítica. Generalmente se presentan vetillas de calcedonia, zeolitas, ópalo y rara vez de calcita (Denyer *et al.*, 2014).

La edad del Complejo de Nicoya según dataciones se puede agrupar en tres rangos: 139-133 Ma (Berriasiano-Hauteriviano) (Hoernle *et al.* 2004, en Denyer *et al.*, 2014) 119-111 Ma (Aptiano-Albiano) (Hoernle *et al.* 2004, en Denyer *et al.*, 2014) y 95-88 Ma (Cenomaniano-Turoniano) (Sinton *et al.*, 1997; Hauff *et al.*, 2000; en Denyer *et al.*, 2014). Y corresponde con el basamento local y regional, es muy común observar grandes espesores de estos basaltos en la Península de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014).

Radiolaritas: rocas sedimentarias de grano fino a muy fino de origen pelágico, estratificadas en estratos milimétricos a centimétricos, duras y con variedad de coloraciones que van desde rojo, verde, amarillo, blanco, gris hasta negro. Generalmente se observan replegadas en pliegues cerrados hasta isoclinales (Denyer *et al.*, 2014).

Existen dos tipos de radiolaritas, que se distinguen por su contenido mineral, las radiolaritas magnesíferas, cuya edad varía del Jurásico Medio al Cretácico superior y las ferros radiolaritas del Cretácico superior (Santoniano-Campaniano) (Denyer *et al.*, 2014).

Intrusivo Potrero

Definido por Denyer & Arias (1993), como un cuerpo intrusivo gabroico que se concentra en el NW de la península de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014).

Compuesto por gabros, microgabros y doleritas. Rocas oscuras de textura porfirítica, muy rica en minerales máficos con acumulaciones esferoidales centimétricas de piroxenos. A nivel microscópico presentan una textura holocristalina-hipidiomórfica-intergranular a ligeramente subofítica con fenocristales de plagioclasa, augita titanífera, rara vez apatito, olivino y comúnmente cloritas y nontronitas, como minerales de alteración (Denyer *et al.*, 2014).

La edad de este intrusivo según Sinton *et al.* (1997) en Denyer *et al.* (2014) varía entre 84 a 83 Ma (Santoniano). Además, esta unidad intruye a los basaltos y radiolaritas del Complejo de Nicoya, que conforman el basamento regional (Denyer *et al.*, 2014).

Formación Sabana Grande

La Formación Sabana Grande es definida formalmente por Dengo (1962b), quien indica que está compuesta por ftanitas y calizas silíceas. Anteriormente, MacDonal (1920) denominó Sabana Grande a las calizas que se encuentran expuestas al noreste de la Serranía Sabana Grande (Denyer *et al.*, 2014).

Astorga (1987) redefine la Formación y considera los alrededores de Sabana Grande como estratotipo; sin embargo, debido a la mala calidad de los afloramientos Flores (2003) propone como neoestratotipo el extremo sur del cerro Jesús, ubicado en la hoja cartográfica Matambú (Denyer *et al.*, 2014).

Corresponde con sedimentos turbidíticos, pelágicos y hemipelágicos; compuesta por lodolitas calcáreas, lodolitas silíceas y areniscas finas calcáreas intercaladas (Astorga, 1987). Denyer *et al.* (2014) estima un rango de edad que va del Cenomaniano al Campaniano.

La Fm. Sabana Grande sobreyace inconformemente al Complejo de Nicoya y está sobreyacida discontinuamente por sedimentos del Cenomaniano, Formación Nambí y de forma discordante por la Formación Puerto Carrillo (Denyer *et al.*, 2014).

Formación Curú

Esta unidad estratigráfica de origen turbidítico fue determinada y descrita por Harrison (1953) y originalmente denominada como Formación Rivas por Zoppis & Del Giudice, 1958) (en la costa pacífica sur de Nicaragua). Dengo (1962b) la describe como Formación Rivas en Guanacaste y Astorga (1987) la redefine con el nombre de Formación Curú; según Denyer *et al.* (2014)

El estratotipo se encuentra en los acantilados de Punta Curú (Astorga, 1987), al sureste de la península de Nicoya (hoja topográfica Tambor), sin embargo, se pueden encontrar afloramientos de esta formación en las hojas topográficas Abangares, Berrugate, Cabuya, Cerro Azul, Garza, Golfo, Matambú, Río Arío, Talolinga, Tambor, Tempisque y Venado (Denyer *et al.*, 2014).

Según Astorga (1987) está compuesta por lodolitas, areniscas, brechas y conglomerados de composición predominantemente basáltica-andesítica, provenientes de la depositación de sedimentos terrígenos. Estas rocas de origen volcániclastico se caracterizan por poseer abundantes feldespatos, magnetita y minerales ferromagnéticos, además carecen de cuarzo. Presenta cinco facies:

- Flujos turbulentos lodo-arenosos
- Flujos turbulentos arenosos
- Flujos turbidíticos retrabajados
- Flujos turbulentos gravosos
- Flujos de escombros.

Denyer *et al.* (2014), mencionan estratos métricos de arenisca gruesa oscura intercalados con estratos decimétricos de areniscas y lodolitas. Además, resaltan la aparición frecuente de meteorización esferoidal en las areniscas gruesas, así como pliegues sinsedimentarios que afectan varias decenas de metros de la secuencia sedimentaria. También, resaltan la aparición de una secuencia turbidítica de conglomerados gruesos, con clastos de hasta 20 cm de diámetro, subredondeados, de radiolaritas, calcilodolitas, lodolitas silíceas y fragmentos de gasterópodos; así como areniscas gruesas y finas de color gris oscuro, con fragmentos de carbón; en playa Manzanillo.

Astorga (1987) le asigna un espesor a esta Formación entre los 600 y los 1500 m y le asigna un rango de edad del Maastrichtiano Medio/Superior a Paleoceno Superior, basándose en evidencia paleontológica.

La Formación Curú sobreyace discontinuamente a las formaciones Piedras Blancas, Santa Ana y San Buenaventura; y es sobreyacida concordantemente por la Formación Descartes (Miembro Zapotal) y la Formación Arío y discordantemente o en contacto lateral con la Formación Barra Honda (Denyer *et al.*, 2014).

Formación Descartes (Miembro Zapotal)

Dentro de esta formación se agrupan los sedimentos de origen turbidíticos de la Formación Brito y el Miembro Cerro La Peña de la misma formación (Denyer *et al.*, 2014), fue designada como Miembro de la Formación descartes por Astorga (1987).

Consiste en una alternancia de lodolitas silíceas y areniscas silíceas, calcilodolitas, calcarenitas con laminación paralela y estructuras de carga, y tobas conglomerádicas en la parte superior. Las intercalaciones centimétricas de lodolitas y areniscas silíceas finas de color crema, meteorizan de color rojizo. Su estratificación es de centimétrica a decimétrica, en estratos tabulares y continuos, de leve a moderadamente plegados producto de la deformación sin-sedimentaria. (Denyer *et al.*, 2014).

Según Denyer *et al.* (2014) Riever (1983) le asigna una edad entre el Paleoceno Superior y el Eoceno Inferior, de acuerdo al registro fósil.

El contacto superior del Miembro zapotal es concordante con el Miembro Cerco de Piedra y también sobreyace de forma concordante a la Formación Barra Honda. Es sobreyacida discordantemente por el Miembro Cerro Lagarto de la Formación Punta Carballo y el Grupo Aguacate (Denyer *et al.*, 2014).

Formación Bagaces

La Fm. Bagaces aflora a lo largo de la vertiente pacífica de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, desde el pie de la cordillera hasta la costa, comprende los cantones Cañas, Bagaces, La Cruz, Carrillo y Santa Cruz; y además es posible se extienda más allá de la frontera con Nicaragua.

La Formación Bagaces fue mencionada por primera vez por Dóndoli en 1950, quien designó las rocas aflorantes con el nombre de *toba gris*. Dengo (1962) define la Fm. Bagaces como flujos piroclásticos, lavas y depósitos sedimentarios continentales intercalados. Posteriormente, Bohnenberger (1968) señala que la Fm. Bagaces fue originada por una sucesión de erupciones volcánicas y eventos sedimentarios, los depósitos predominantes corresponden con ignimbritas oscuras desde ligeramente aglutinadas hasta bien soldadas con alto porcentaje de vidrio volcánico, intercaladas con capas de cenizas, arenas y gravas de origen volcánico.

La organización de Naciones Unidas (1975) divide la Formación Bagaces en tres miembros: 1. Miembro Inferior, compuesto por rocas sedimentarias de tipo lacustre y fluvial; 2. Miembro

Intermedio, compuesto por lavas, ignimbritas y tobas aglutinadas; y 3. Miembro Superior, constituido por tobas aglutinadas, tobas soldadas y material heterogéneo

Denyer *et al.* (2014) describe la Fm. Bagaces en términos generales como depósitos volcánicos del Mioceno y Plioceno, así como sedimentos fluviales y lacustres intercalados en ignimbritas. Además, separa la Fm. Bagaces en cuatro miembros:

1. Dacita Carbonal, corresponde con un potente macizo rocoso, de espesor igual o superior a los 90 m. Litológicamente es una dacita negra, vidriosa, con textura hialopilítica o perlítica, estructuras de flujo, pliegues, disyunción columnar y brechas locales (Denyer *et al.*, 2014). La edad de este miembro según Alvarado & Gans (2012) es de $8,05 \pm 0,09$ Ma.
2. Bagaces Inferior, representado por ignimbritas bien soldadas, gris blancuzco con fiámmes blancuzcos y negros, tobas grises y blancas con intercalaciones de coladas basalto-andesíticas hasta dacíticas, masivas y lajeadas. Las dataciones radiométricas indican que la edad del miembro Bagaces Inferior varía entre 4,87 y 3,64 Ma (Denyer *et al.*, 2014).
3. Bagaces Medio, conformado por tobas grises y blancas intercaladas con conglomerados y capas de pómez de caída, con un espesor superior a los 30 m de depósitos fluviales y lacustres del paleo-Tempisque y otros ríos asociados (Denyer *et al.*, 2014). Según Guillermo. Alvarado (com. pers., 2013: en Denyer *et al.*, 2014) el rango de edad de este miembro es de entre 3 y 4 Ma.
4. Bagaces Superior, caracterizado por ignimbritas de fiámmes grandes y pómez de color blanco y amarillento. Las litologías poseen diferentes grados de soldamiento y alteración. En general, son piroclastos tipo vitro-pumítico. La edad asignada a este miembro varía entre 3,21 y 2,0 Ma (Denyer *et al.*, 2014).

La Fm. Bagaces sobreyace de forma discordante a la Fm. Descartes y es sobreyacida por la Fm. Liberia. La disposición estratigráfica de los miembros es muy irregular y la distinción en el campo de los miembros Inferior y Superior es difícil, excepto cuando se observa el miembro Medio (Denyer *et al.*, 2014).

Depósitos Recientes

Depósitos Aluviales: conformados por aluviones de espesor reducido en su mayoría. Los mayores espesores se encuentran cortados por los sistemas de drenaje, por ejemplo, el río Brasil, que se caracteriza por poseer un espeso aluvión dispuesto en terrazas con bancos de 5 m de espesor. El nivel de los aluviones alcanza los 150 m de elevación con depósitos de más de 30 m de espesor (Denyer *et al.*, 2014).

Dentro de los aluviones se han encontrado restos de megafauna y otros especímenes, entre ellos una tortuga del Cenozoico Tardío (encontrada e identificada por Acuña & Laurito (1996) en Denyer *et al.*, 2014).

Depósitos de Arcilla y Limo: consisten en depósitos finos de arcilla y limo producto de los humedales (Denyer *et al.*, 2014).

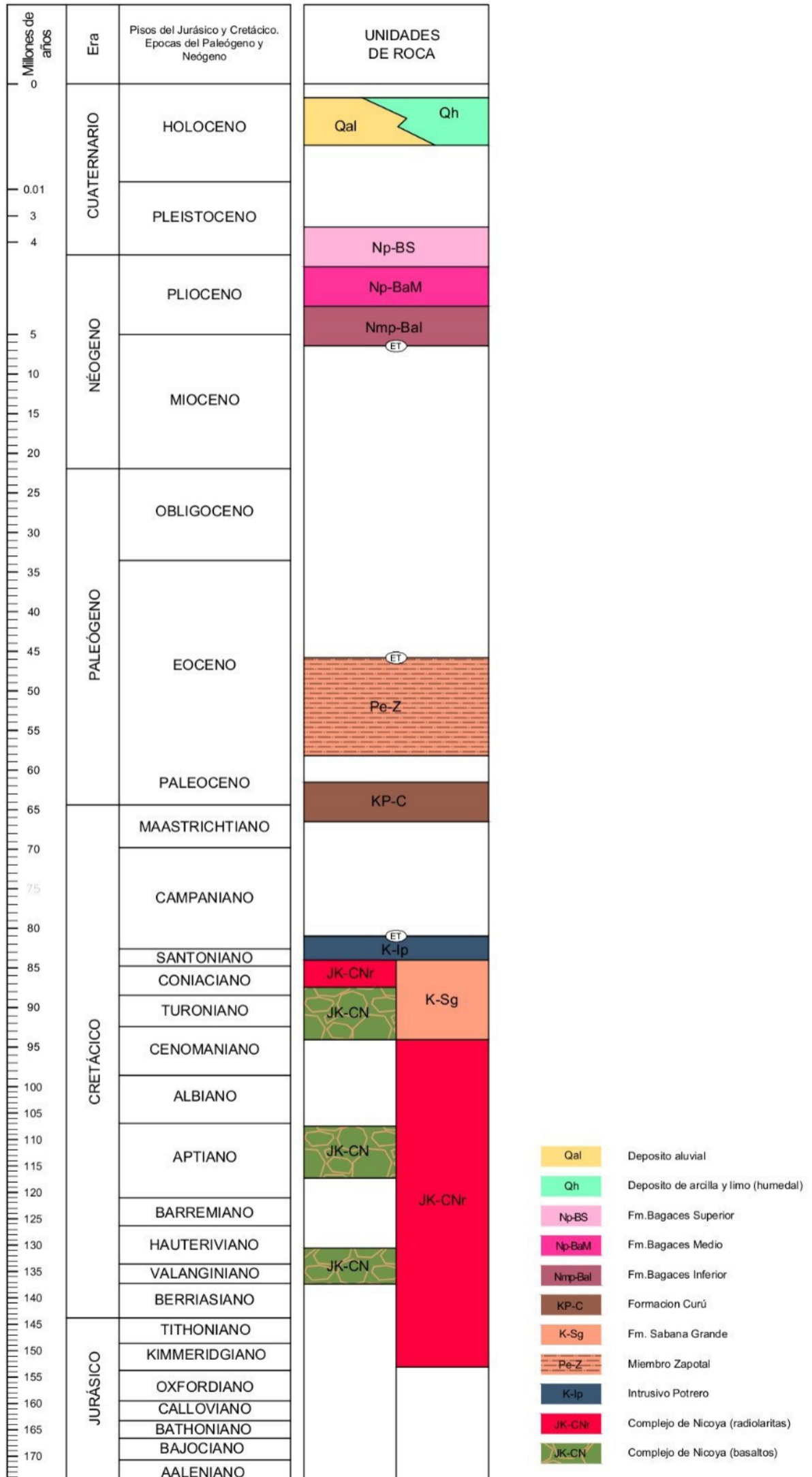


Figura n° 7. 1 Columna estratigráfica regional

c. Contexto estructural regional

En el contexto estructural de la región destaca las deformaciones y fallas corticales superficiales, generados por la transferencia de esfuerzos hacia el interior del territorio que produce la subducción. Estas fallas corticales se han caracterizado históricamente por generar sismos de magnitudes intermedias ($\leq M_w 6.5$) a profundidades menores a 20 km. Debido a la poca profundidad a la que se generan estos sismos, las intensidades y aceleraciones producidas son altas, de modo que pueden afectar poblaciones e infraestructuras que se encuentren en zonas cercanas al epicentro (Climent et al., 2016).

A continuación, se describen las principales fallas identificadas en las cercanías del área de estudio (Anexos n° 7.1 y 7.2, Anexos Tomo I):

Falla Bagaces

Esta falla ha sido poco estudiada en la literatura; se la menciona en informes internos (ICE-ENEL, 1988; Barquero & Alvarado, 2003) y en estudios asociados a su sismicidad, pero sin ahondar en las características de esta estructura (Montero & Alvarado, 1988).

ICE-ENEL (1988) ubica la falla al O de la ciudad de Bagaces, con dirección NNE-SSO, ligeramente curvilínea y con una longitud mayor a 40 km. Montero & Alvarado (1988) señalan a esta falla como la fuente de los terremotos Bagaces, de 1935 y 1941. Indican la presencia de escarpes en el campo, hacia el NNE de Bagaces, sin embargo, presentan su traza ubicada al O de dicha localidad. Barquero & Alvarado (2003) señalan desconocer la ubicación exacta de la traza de la falla, sin embargo, indican una dirección NNE-SSO, que se observa en las fotografías aéreas en varios segmentos pequeños (Climent et al. 2016).

Denyer et al. (2014) indica que la falla Bagaces es una continuación del Sistema de Falla Carmona, sistema de falla lineal con rumbo N – S, que inicia al Norte la comunidad de Carmona. Además, sugiere que debido a los rasgos geomórficos posee un movimiento dextral. Denyer & Alvarado (2007) dicen que la falla Bagaces corta depósitos de ignimbrita del Plio-Pleistoceno, lo cual la colocaría como una falla Neotectónica.

Falla Carmona

Falla dextral de trazo rectilíneo, rumbo N-S al cruzar colinas y filas. Sin embargo, al atravesar las zonas aluviales, esteros y la zona de inundación del río Tempisque, su trazo pierde expresión, siendo inferido (Denyer et al., 2014). Al norte se continúa con la falla Bagaces donde corta depósitos ignimbíticos del Plio-Pleistoceno, lo cual demuestra su naturaleza neotectónica. Al sur del río Tempisque provoca desvíos derechos en los cerros La Cueva y Coyolar. Al este de la localidad de Carmona la falla continúa con dos relevos a la izquierda, al relevo localizado más al este se le denomina falla Juan de León. En el sector norte limita el lado occidental de los cerros Cerco de Piedra y Zapotal, donde corta las estribaciones E de la falla Balsa, muestra morfologías bien conservadas, tales como abanicos desplazados, quebradas desviadas, adaptadas y descabezadas, entre otros, lo cual sugiere actividad reciente. Al sur termina contra la falla Cedro.

Falla Lomas Barbudal

Falla inversa inclinada al NNE, responsable del basculamiento de aproximadamente 10° al NNE de las lomas Barbudal. La morfología de las lomas es asimétrica, mostrando un escarpe facetado del lado sur y una pendiente suave al NNE donde los depósitos pliocénicos de la Fm. Bagaces son subyacidos por depósitos volcánicos inclinados 10° al NNE.

Sistema de Falla Belén

Sistema de fallas, con trazas de rumbo NNO a NNE, que en su parte S tiene casi 20 Km de ancho en dirección E-O, y van convergiendo hacia el N, disminuyendo su ancho hasta unos 10 km. Incluye varias trazas de falla, siendo las principales Enmedio, Guastomatal, Quirimán, Belén, y Caimital. El trazo de esta falla es bastante discontinuo en diversos sectores, siendo más prominente sobre la margen derecha del río Enmedio, donde tiene un Rumbo N-S (Denyer et al., 2014). De este sistema las fallas En medio y Belén aparecen dentro del área de interés como fallas inferidas, cubiertas por depósitos recientes. Las demás fallas se ubican al sur de la Península de Nicoya fuera del área de estudio.

Falla Enmedio: tiene un rumbo cercano al N-S y se ubica al lado O del sistema de falla. Al sur parece converger con la falla Quirimán, mientras que al N se propone que alcanza a la falla Belén, al cruzar al norte el río Tempisque. Su trazo es bastante discontinuo en diversos sectores, siendo más prominente sobre la margen derecha del río Enmedio, donde tiene un rumbo cercano al N-S (Denyer et al., 2014). A esta falla se asocian varios cambios de curso hacia la derecha anómalos de los ríos Tempisque, Cañas y Las Palmas.

Falla Belén: según Denyer et al. (2014), posee un trazo rectilíneo y un rumbo aproximado N-S. Inicia al sur en el sector este de la bahía Samara, donde corta y desplaza una superficie de aplanamiento de unos 120 m de altura. Al norte de la unión de las fallas Quirimán y Belén, el valle encajado antecedente del río Grande, es desplazado aproximadamente 0,5 km en forma dextral por la falla Belén. El sector norte de la falla Belén se ubica en una zona cubierta por depósitos recientes, por lo que su trazo es inferido.

7.1.2 Aspectos geológicos locales

Denyer *et al.* (2014) en la cartografía geológica de la hoja Tempisque indican que las rocas aflorantes en el área de embalse, pertenece a la Formación Bagaces (Inferior, Medio y Superior) y en una menor cantidad aparecen depósitos aluviales. Sin embargo, se trata de un trabajo regional, por lo que durante la fase de estudio de este proyecto se generó un mapa geológico detallado (escala 1: 15 000, ver Anexo n° 7.1, en el documento Tomo I y Figura. n° 7.10), en el cual se identifican y describen cada una de las rocas volcánicas y sedimentarias, encontrados en el área de Embalse. A continuación, se describe cada una de las unidades geológicas locales aflorantes en el área:

7.1.2.1 Unidades Geológicas Locales presentes en el área de embalse

1. Fluvio-Lacustres 2 (FLC 2)

Se encuentra en el sector sur del área de estudio. El mejor afloramiento se ubica en el Tajo Cortes (CRTM05: 362200E/1154500N), finca El Poro de Grecia. Unidad compuesta por intercalaciones métricas a centimétricas de lodolitas y areniscas finas, medias, gruesas y areniscas guijarrosas, color gris claro a gris verdoso; se observa laminación paralela, cruzada, abundante bioturbación y restos mineralizados de materia orgánica (hojas y tallos de hasta 5 cm de diámetro). En general, las rocas aflorantes poseen una consolidación de pobre a media, buena selección, granos redondeados de alta esfericidad. Los estratos son de centimétricos a métricos de geometría tabular, con espesores constantes y contactos ondulados netos, lo cual permite identificar desplazamientos, pliegues y otras estructuras con claridad; las lodolitas se presentan en estratos discontinuos y de geometría lenticular (Figura n° 7.2).

El espesor de dicha unidad supera los 61 m y fue observado en los núcleos de perforación de Embalse Río Piedras (ERP-PER-04, ERP-PER-05 y ERP-PER-06, ubicadas en las coordenadas respectivas CRTM05: 361092E/1155896N, 361153E/1155898N y 361277E/1155894N), ver documento Tomo I Anexo n° 7.5 (informes de perforación).

Además, dentro de esta unidad se encuentra un paleosuelo bien desarrollado de 1,2 m de espesor máximo, es de color café claro y se encuentra entre areniscas finas, la clasificación geotécnica del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) indica que es un suelo Limo arenoso.

El contacto inferior de esta unidad no fue observado y el límite superior corresponde con un contacto neto con la Brecha Rama de Nance. Denyer *et al.* (2014) ubican estos depósitos fluvio-lacustres dentro de la Formación Bagaces Medio y le asignan una edad entre los 3 y 4 Ma.



Figura n° 7. 2 Intercalación de areniscas finas y lodolitas de la unidad Fluvio-lacustres 2. En la imagen de la derecha se observa bioturbación y estructuras de carga, y en la de la izquierda un pequeño pliegue sin-sedimentario.

2. Brecha Rama de Nance (RN)

La mejor localidad para observar esta unidad se encuentra en el Cerro Rama de Nance, en la finca de “Colacho”, Ganadería Tropical el Volcan S.A. (CRTM05: 359181E/1157433N).

Corresponde con una Brecha púmitica-lítica, mal seleccionada, de matriz fina de gris blanzuzco a gris violáceo con manchas amarillentas producto de la alteración de algunos de sus componentes. Dentro de la matriz se encuentran piroxenos (1%) y plagioclasas (1 - 10%), así como pómez de máximo 30x16 cm (10 - 40 %), líticos angulares de gris oscuro a negro o café rojizos cuando se encuentran meteorizados, desde milimétricos hasta un máximo 20x12 cm (5 - 25%), escorias color negro, de máximo 60x25 cm (3 - 5 %), obsidianas angulares negras de máximo 5x3 cm (0 - 15 %). Los porcentajes de sus componentes varían en función de la ubicación geográfica donde se encuentre y del espesor del depósito (Figura n° 7.3).

Acuñada dentro de la Brecha Rama de Nance y sobreyaciendo la misma (específicamente en las cercanías del cauce del río Piedras y sus afluentes, en las coordenadas CRTM05: 360000E/1156750N en la quebrada Biscoyol y 358850E/1162500N en el río Potrero), se encuentran areniscas medias, gruesas, conglomerados finos y areniscas guijarrosas. El color varía de gris claro a café blanzuzco cuando se encuentra meteorizada. Los estratos son centimétricos y bien definidos, con contacto ondulado neto. Las areniscas medias están bien seleccionadas, con granos redondeados de alta esfericidad y laminación paralela; el espesor de estas varía entre 0.2 y 1 m. Por encima de ellas se encuentra un conglomerado polimítico de matriz de arena gruesa y clastos subredondeados de esfericidad media en contacto flotante y puntual; los clastos corresponden con lavas vítreas afíricas, ignimbritas ricas en pómez y escorias, y areniscas y lodolitas. El tamaño máximo de los clastos es de 15 cm. Por último, en la parte superior se encuentran intercalaciones de areniscas medias bien seleccionadas y areniscas gruesas mal seleccionadas con lentes de arenisca guijarrosa.

La parte fluvial de esta unidad posee contactos centimétricos, ondulados netos con geometría lenticular; debido al tamaño de los afloramientos no es posible representarlos en el mapa. El espesor máximo medido es de 23 m en la perforación ERP-PER-9a (CRTM05: 360178E/1156291N).

Esta unidad sobreyace de manera concordante e interdigitada a la Unidad Fluvio-lacustres 2 y es sobreyacida concordantemente por la Unidad Pan de Azúcar.



Figura n° 7. 3 Brecha Rama de Nance

3. Lavas Agua Fría (AF)

En el área de estudio aflora al noroeste y suroeste, en la Reserva Biológica Lomas Barbudal y a lo largo del canal del oeste, un buen afloramiento de dichas lavas se encuentra en las coordenadas 360000E/1155400N (CRTM05), en el margen derecho del canal del oeste.

Está constituida por cuerpos lávicos de composición andesítica y dacítica. Al sur se encuentran lavas afíricas, vidriosas, color gris oscuro y negro, pesadas y con abundantes zeolitas, óxidos de hierro y manganeso en las vesículas y fracturas. En un mismo afloramiento es posible observar que las lavas se encuentren masivas, vesiculares, con fracturas de tipo columnar y en lajas, además localmente se encuentran plegadas y con estructuras de flujo (Figura n° 7.4).

En el sector norte poseen una textura afanítica-porfirítica, con un matriz color gris oscuro a negro, con cristales de plagioclasa de hasta 5 mm (10 %) y piroxenos de máximo 4 mm de largo (6%). Es posible encontrar estas rocas con textura vesicular, con óxidos y otros minerales blancos (zeolitas), rellenando las cavidades. El porcentaje de vesicularidad varía entre 2 y 30 %.

Los afloramientos principales se encuentran en el sector sur del área de estudio, a lo largo del canal del oeste y en el Sitio Guevara. Se encuentra intruyendo los depósitos de la Unidad Fluvio-lacustres 2, en forma de diques y sills, donde resulta posible observar contactos quemados y bordes brechosos con inclusiones de arenisca. También es posible encontrar estas intrusiones en contacto con la Unidad Brecha Rama de Nance, aunque no queda claro si se trata de un contacto lateral o un contacto por falla; otra posibilidad es que la lava haya intruído en el contacto entre la Unidad Fluvio Lacustre 2 y la Unidad Brecha Rama de Nance.



Figura n° 7. 4 Lavas Agua Fría, lajeadas a la izquierda y blocosa a la derecha.

4. Ignimbrita Pan de Azúcar (PA)

La mejor localidad para observar ambas facies de esta unidad se encuentra en el cuadrante sureste, específicamente en el puente que atraviesa el canal del oeste camino a Falconiana y en un tajo ubicado hacia el este del puente anteriormente mencionado en el margen derecho del canal del Oeste, (CRTM05: 362218E/1156895N y 363037E/1158383N).

En general las rocas pertenecientes a esta unidad son ignimbritas color gris hasta gris violáceo, con variaciones en la cantidad de líticos, fiámmes y en el grado de soldamiento. Del piso al techo esta unidad pasa de ser poco soldada a muy soldada, aumentando la cantidad y el tamaño de los fiámmes y disminuyendo la cantidad y el tamaño de los líticos hacia el techo. La sección superior posee una matriz vidriosa con plagioclasas (15 – 30 %), fiámmes negros que varían en tamaño desde 1 a 48 cm máximo (15 – 50 %), los líticos son angulares de composición andesítica de máximo 5 cm de diámetros (5 – 10 %). Por su parte la sección inferior es poco soldada con una matriz, color gris, con escorias negras fibrosas de hasta 35 cm de diámetro (10 %), posee fiámmes gris oscuro pequeños de máximo 5 cm de largo (0 – 10 %), los líticos andesítico- dacíticos aumentan en tamaño y cantidad en este sector, con un tamaño máximo de 15 cm (5 – 20 %). No existe un contacto neto que separe la sección inferior de la superior, sino que más bien se trata de una transición de la ignimbrita poco soldada a la ignimbrita bien soldada (Figura n° 7.5).

Por encima de la ignimbrita se encuentra una secuencia de conglomerado polimíctico y areniscas finas, medias, gruesas y guijarrosas de colores gris claro, gris verdoso y café blancuzco, con estratificación paralela y cruzada. El conglomerado polimíctico posee un espesor de 2 m con clastos esféricos, subredondeados de máximo 13 cm de diámetro, en contacto puntual y flotante, inmersos en una matriz de arena media, color gris claro. La litología de los clastos es de lavas afíricas masivas, lavas vesiculares, ignimbritas de la Unidad Pan de Azúcar y areniscas finas. Entre el conglomerado se encuentran lentes de arenisca fina y media, bien seleccionada de color gris claro y gris verdoso. Por encima del conglomerado se observan intercalaciones centimétricas de arenisca fina, media y gruesa, bien seleccionadas con laminación paralela, restos mineralizados de materia orgánica (raíces y tallos) y lentes de areniscas guijarrosas con clastos lustrosos, esféricos y redondeados de máximo 2 centímetros.

Además, al final de la secuencia se encuentra un paleosuelo bien desarrollado de al menos 0,8 m de espesor, de color gris claro a blancuzco, con algunos granos de pómez y materia orgánica. La clasificación geotécnica SUCS indica que es Limo elástico con Arena (MH). En cuanto a los depósitos fluviales y el paleosuelo, los contactos son netos y la geometría es lenticular o acuñada, y la aparición de los mismos es limitada.

El espesor máximo medido para esta unidad es de 30 m. Esta unidad sobreyace concordantemente a la Brecha Rama de Nance y es sobreyacida por la Ignimbrita Río Colorado. Además, esta unidad también se encuentra en contacto lateral por falla con la unidad Lavas Agua Fría y es sobreyacida inconformemente por la unidad de Fluvio-lacustres 1.

La unidad informal Pan de Azúcar fue definida por Szymanski (2007) y le asigna una edad de 3.64 Ma.



Figura n° 7. 5 Ignimbrita Pan de Azúcar (Ignimbrita poco soldada a la izquierda y bien soldada a la derecha).

5. Ignimbrita Río Colorado (RC)

Se puede observar afloramientos de la ignimbrita Río Colorado en prácticamente toda el área de estudio, sin embargo, las mayores extensiones donde se encuentra expuesta en el sector noreste, específicamente en la finca Los Teques y Las Veraneras (CRTM05: 359900E/1162517N, 361376E/1160943N y 360447E/1159444N).

Se trata de una ignimbrita color gris o rojo, la tonalidad cambia entre estas dos colores en distancias muy cortas (2 m), de medianamente soldada a bien soldada, con fiámmes negros pequeños y delgados 3 x 0,5 cm de tamaño máximo (1 – 5 %) y fiámmes rojos (pómez rojos aplastados) de 2 x 0,7 cm de tamaño máximo (0 – 7 %), líticos angulares de color gris o rojo con plagioclasas de máximo 1,5 cm (1 %), pómez de anaranjado-amarillento hasta rojas de máximo 2 cm de diámetros (1 - 10%), plagioclasas alineadas de máximo 3 mm (5 – 10 %) y piroxénos de hasta 2 mm (1 - 2%). Todos los anteriores inmersos en una matriz tobácea de color gris o rojo con costras de vidrio (por enfriamiento) de hasta 1 cm en el techo de la unidad (Figura n° 7.6).

Dentro de esta unidad también se incluyen areniscas finas, medias y areniscas guijarrosas de consolidación media, intercaladas en estratos no mayores a los 20 cm, por encima de la

ignimbrita roja. Las areniscas finas son de color gris azulado, bien seleccionado, laminación paralela planar es buena, mientras que las medias y guijarrosas de color gris, se encuentran mal seleccionadas, poseen restos de materia orgánica mineralizados (pequeños tallos y raíces). Por encima de las areniscas se observa un paleosuelo de 1 m de espesor, color gris claro, según la clasificación SUCS se trata de un Limo elástico (MH).

El espesor máximo aproximado es de 12 m. La Ignimbrita Río Colorado se encuentra sobreyaciendo a la unidad ignimbrítica Pan de Azúcar y es sobreyacida por la Toba Pumítica Cañas. En cuanto a la edad Alvarado & Gans (2012) realizan dataciones Ar^{40}/Ar^{39} e indican una edad de 2,08 Ma.



Figura n° 7. 6 Ignimbrita Río Colorado

6. Toba Pumítica Cañas (CAS)

El mejor afloramiento se observa en un tajo de la finca Los Teques (CRTM05: 361784E/1162170N) y a la orilla del camino que comunica Bagaces con el Parque Nacional Palo Verde (CRTM05: 362739E/1163188N y 361899E/1160051N).

Consiste en un depósito de flujo de pómez color blanco amarillento, en ocasiones blanco rosáceo, en algunos sectores monomítico en otros con menos de un 10 % de líticos y máximo 20 % de matriz tobácea, se puede subdividir en tres secciones (Figura n° 7.7):

1. Sección superior, depósito compuesto por pómez fibrosa, subredondeados de máximo 5 cm de diámetro, mal seleccionadas, con una leve gradación inversa; el espesor máximo medido para esta sección es de 1m.
2. Sección media, depósito constituido por pómez de 5 mm de diámetro en promedio, bien seleccionadas, subredondeadas, sin gradación, el espesor máximo medido para esta sección es de 1,5 m.
3. Sección inferior: compuesta por un depósito de pómez fibrosa, subredondeadas, mal seleccionado, con gradación normal de máximo 1m de espesor.

Está unidad se encuentra en pequeños afloramientos en el sector norte del área de estudio. Los espesores de las 3 secciones son muy variables, en algunos de los afloramientos no se observa la sección media. Por otro lado, los contactos entre las secciones son difusos e irregulares. El espesor máximo medido para esta unidad es de 4 m.

Sobreyace concordantemente a la Ignimbrita Río Colorado y Fluvio Lacustres 1 y es sobreyacida por la unidad ignimbrítica Montenegro. En cuanto a la edad *Vogel et al.* (2004) realizan dataciones radiométricas Ar^{40}/Ar^{39} para la unidad cañas (Toba Pumítica Cañas) y le asignan una edad de 2,06 Ma.



Figura n° 7. 7 Depósito de flujo de pómez Cañas.

7. Fluvio-Lacustres 1 (FLC 1)

Las mejores exposiciones de este material se encuentran en la finca Las Veraneras (CRTM05: 361688E/1159971N).

Consiste en una intercalación de:

1. Lodolitas color blanco amarillento, con óxidos de hierro color café-anaranjado, laminación paralela planar, laminación convoluta, estructuras de carga, bioturbación y restos mineralizados de materia orgánica (pequeños troncos y raíces). Estratos de 0,5 a 3 cm de espesor. Presentan fracturas cerradas perpendiculares a la estratificación.
2. Arenisca fina, media y gruesa, color gris, con óxidos de hierro color café-anaranjado, con laminación paralela planar y laminación cruzada. Estratos de 2 a 50 cm de espesor, con contactos netos, bien definidos. Dentro de algunos estratos de arenisca gruesa se encuentran lentes enriquecidos en guijarros subredondeados de 2 cm de diámetro máximo. Cortando las areniscas se encuentran fracturas rellenas con una alteración blanca que no reaccionan al HCl, sin una orientación preferencial, más bien irregulares y contorsionadas. El buzamiento general de las capas es aproximadamente S10°W/8° (CRTM05: 361688E/1159971N), sin embargo, en la mayoría de los afloramientos el buzamiento no es claro debido a la laminación cruzada (Figura n° 7.8).
3. Paleosuelo color rojo anaranjado de 0.5 m de espesor, se trata de un Limo (ML) según la clasificación geotécnica SUCS.

Se encuentra en pequeños afloramientos al norte del área de estudio, el espesor máximo medido es de 3 m, su estratificación es de decimétrica a centimétrica, en estratos tabulares y continuos, algunos se encuentran ligeramente plegados. Sobreyace inconformemente a las unidades Toba Pumítica Cañas e Ignimbrita Río Colorado, y es sobreyacida por la Ignimbrita Montenegro.



Figura n° 7. 8 Areniscas con laminación cruzada convoluta de la Unidad Fluvio-lacustres 1.

8. Ignimbrita Montenegro (MN)

Los mejores afloramientos se encuentran en la finca Las Veraneras (CRTM05: 361688E/1159971N) y en un tajo al lado del camino que comunica la ciudad de Bagaces con el Parque Nacional Palo Verde (CRTM05: 361899E/1160051N).

Ignimbrita color gris, de moderadamente soldada a bien soldada, con fiámmes gris oscuro de hasta 20 cm de largo (5 % - 15 %); líticos andesíticos angulares, color gris oscuro con plagioclasas, de hasta 6 cm, el porcentaje varía de la base (25 %) a la cima (5 % - 10 %). Además, posee obsidias angulares de color negro de máximo 3 cm (1 % - 10 %) y pómez fibrosas de color rosado y bordes irregulares de hasta 2 cm de diámetro (1 % - 5 %). Los componentes anteriores se encuentran flotando en una matriz tobácea con pequeños cristales de plagioclasa (2 mm) hasta 3 %, el porcentaje de matriz varía de 45 % a 88 %. Los afloramientos de esta unidad en su mayoría presentan disyunción columnar (columnas delgadas de hasta 20 cm de diámetro y 80 cm de largo, de contornos redondeados); sin embargo, la característica más significativa es la aparición de obsidias en todos los afloramientos ya fueran columnares o masivos (Figura n° 7.9).

El espesor de esta unidad varía desde 1 a 15 m. Además, en el área constituye la cima de la secuencia estratigráfica y sobreyace la unidad Fluvio-lacustres 1. En cuanto a la edad, con base en la datación radiométrica Ar-Ar, realizada por Szymansky en Alvarado & Gans (2012), la unidad Montenegro posee una edad de 1.87 Ma; la muestra datada (020702-4a) aparece dentro de las muestras de la unidad ignimbrítica Río Colorado; sin embargo, tras una visita de campo con el Dr. Guillermo Alvarado concluimos que las rocas aflorantes en el sitio de extracción de la muestra pertenecen a la unidad Montenegro.



Figura n° 7. 9 Ignimbrita Monte Negro

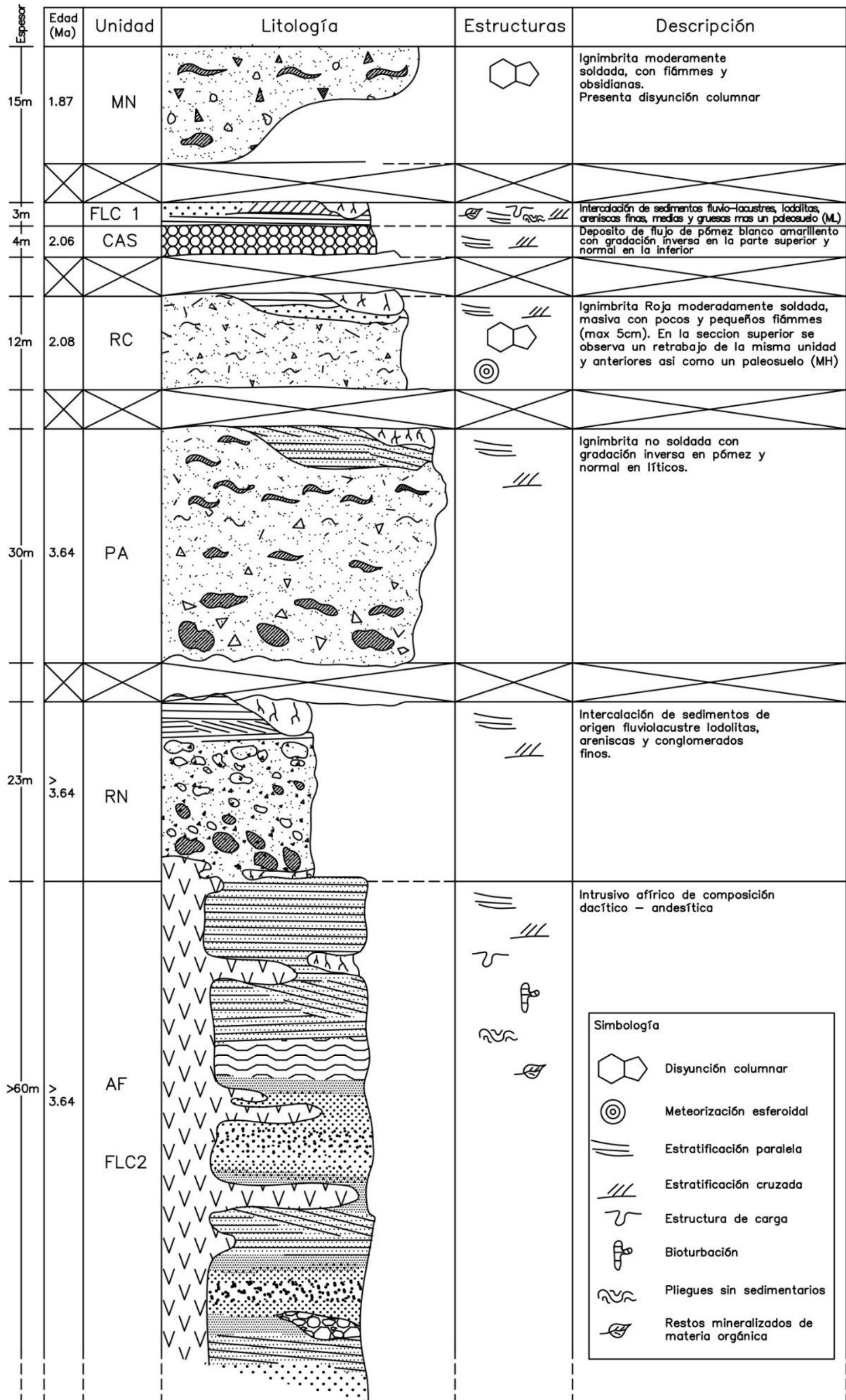


Figura n° 7. 10 Columna estratigráfica local (área de embalse).

7.1.2.2 Unidades Geológicas locales presentes en el canal de conducción y zona de distribución y riego

Basado en en la Cartografía Geológica de la hoja Tempisque, Carrillo Norte, Diría y Belén realizada por Denyer *et al.*, (2014), se puede observar que las rocas aflorantes en el canal de conducción y zona de riego, corresponden principalmente con depósitos recientes y en una menor cantidad rocas de la Fm. Bagaces, Complejo de Nicoya y otras rocas de origen sedimentario (Ver apartado 7.1.1). Debido a la extensión y a la naturaleza lineal de esta obra, se realiza una geología regional con verificación de campo, basándose en el trabajo de Denyer *et al.*, (2014). Las unidades geológicas locales identificadas se describen brevemente a continuación (para un mayor detalle ver apartado 7.1.1 y el documento Anexo Tomo I, anexo n° 7.2):

1. **Basaltos (Complejo de Nicoya)**

Afloran en el sector oeste y sur de la zona de riego (ver anexo n° 7.2, documento Tomo I). Consiste en basaltos masivos, afíricos, de color gris oscuro a negro, con abundantes vetillas silíceas de color blanco y blanco verdoso, sin orientación preferencial (Figura n° 7.11).



Figura n° 7. 11 Basaltos del Complejo de Nicoya

2. **Radiolaritas (Complejo de Nicoya)**

Existen pequeños afloramientos en el sector suroeste de la zona de riego. Están conformadas por rocas sedimentarias, color rojo, de composición silíceas, muy duras, con estratificación centimétrica (Figura n° 7.12).



Figura n° 7. 12 Radiolaritas del Complejo de Nicoya

3. Calcarenitas (Miembro Zapotal)

Presentes en el sector suroeste de la zona de riego. Consiste en calcarenitas finas de color gris, bien seleccionadas, con estratificación centimétrica, con estratos tabulares y continuos moderadamente plegados (Figura n° 7.13).



Figura n° 7. 13 Calcarenitas plegadas del Miembro Zapotal.

4. Lavas (Fm. Bagaces, Miembro Inferior)

Localizadas en el sector oeste, en el canal de conducción. Está conformada por lavas afíricas de composición basalto-andesítica, color gris claro a gris oscuro, masivas y lajeadas, en algunos sectores se observan vesiculares, con las cavidades rellenas de óxidos (Figura n° 7.14).



Figura n° 7. 14 Lavas de la Fm. Bagaces

5. Ignimbritas (Fm. Bagaces, Miembro Inferior)

Es posible observar estas ignimbritas en el sector norte, a lo largo del trazo del canal de conducción. Se trata de ignimbritas bien soldadas, con fiámmes grandes blancuzcos y negros, líticos andesíticos de máximo 5 cm y pómez blanco amarillentas (Figura n° 7.15).



Figura n° 7. 15 Ignimbritas de la Fm. Bagaces, Miembro Inferior.

6. Depósitos Fluviales (Fm. Bagaces, Miembro Medio)

Ubicadas en el sector norte, en el trazo del canal de conducción. Está conformado por una secuencia de lodolitas y areniscas finas, medias, gruesas y guijarrosas, de color gris claro a gris verdoso, con laminación paralela y cruzada, así como estructuras de carga y en algunos sectores pliegues sin-sedimentarios. Poseen estratificación de centimétrica a métrica, con estratos tabulares y lenticulares de contactos netos. La selección varía de buena en los depósitos de grano fino a mala en los de grano grueso (Figura n° 7.16).



Figura n° 7. 16 Depósitos fluviales de la Fm. Bagaces, Miembro Medio.

7. Depósitos recientes

Abarca la mayor extensión del área, tanto en el canal de conducción como en la zona de distribución y riego. Consiste en depósitos sedimentarios recientes, dentro de los que se incluyen depósitos aluviales típicos como aluviones y bancos de arena hasta suelos y depósitos finos de manglar y humedal (Figura n° 7.17).



Figura n° 7. 17 Depósitos lacustres, Recientes

7.1.3 Análisis estructural y evaluación

Durante el proceso de revisión geológica regional se establecieron estructuras geológicas, que posteriormente con el detalle realizado durante el mapeo de la geología local, se lograron confirmar y afinar la información obtenida previamente. A continuación, se presenta la información concerniente a dichas estructuras (Ver Mapa Geológico, documento Tomo I Anexo n° 7.1 y 7.2):

7.1.3.1 Estructuras presentes en el área de embalse

1. Falla Bagaces:

La Falla Bagaces es una estructura poco estudiada, ha sido mencionada en informes internos (ICE-ENEL, 1988; Barquero & Alvarado, 2003), en estudios asociados a su sismicidad (Montero & Alvarado, 1988) y más recientemente en el trabajo de cartografía geológica realizado por Denyer et al. (2014). Sin embargo, en ninguno de los trabajos mencionados anteriormente se describe y caracteriza a detalle (ver apartado 7.1.1. Contexto estructural regional).

Todos los autores antes mencionados concuerdan con la dirección cercana al N-S, NNE-SSO de la traza de la falla Bagaces. Climet et al. (2016) menciona que la falla Bagaces presenta una dirección N-S hasta NNO-SSE y se extiende a lo largo de 40 km, pero se encuentra fragmentada en dos segmentos, uno al norte y otro al sur del AP, ambos segmentos poseen dos ramales o relevos.

En el presente trabajo se ubica la falla Bagaces con una dirección N-S y se divide en dos segmentos que aparecen al sur y norte del área de embalse. El segmento norte se extiende por 25 km desde finca San Rafael hasta el norte del sitio Granadillos (ver documento Tomo I de anexos, Mapa Geológico anexo n° 7.1). Al sur de la carretera Interamericana Norte, en las cercanías de Hacienda Las Loras, la falla se abre en dos tramos, los cuales los cuales buzan en sentido contrario, ambos poseen un desplazamiento dextral con una componente normal. En el tramo este se midieron fracturas con una dirección promedio N15°E, 70°E, con relieve positivo, en el río Potrero se observó emisión de gas y líquido del centro de dichas fracturas. En el tramo oeste se midieron fracturas con una dirección preferencial N10°E, 55°O.

El segmento sur de la falla Bagaces inicia al norte del cerro Rama de Nance con una traza rectilínea con dirección N-S, en las cercanías de este cerro se encontraron depósitos fluviales de la unidad Fluvio-lacustres 2, en los cuales fue posible medir pequeñas fallas con dirección N5°O, 85°O y con desplazamiento de hasta 15 cm de tipo dextral. En el Sitio Guevara la falla se divide en dos ramales, uno del lado E y otro del lado O, dejando Sitio Guevara en medio en posición de pilar. Sin embargo, el ramal del oeste es de longitud limitada y termina en el lado sur de las Lomas Agua Fría. Por su parte, el ramal este es más extenso y según Climent et al. (2016) se extiende por 15 km, finalizando en las cercanías de cerro El Roble y se observa un desplazamiento de 4 km de tipo dextral, entre la loma Agua Fría y la fila Cerro Gorda.

Otras evidencias de la existencia de la falla Bagaces son las fuentes y pozos con agua termal, en las cercanías del AP se encuentran reportados un pozo termal, ubicado Llanos del Cortés, en las coordenadas Lambert norte: 402194 E / 271451 N; y una fuente termal en el río Potrero, en las coordenadas Lambert norte: 395128 E / 277031 N.

2. Sistema de Falla Pital:

Consiste en una serie de fallas de poca extensión predominantemente de tipo normal con componentes de movimiento horizontal (dextral), que han sido originadas por los esfuerzos de cizalla asociados a la falla Bagaces y Montenegro (Falla dextral al este de la falla

Bagaces; ver documento Tomo I, anexo n° 7.1). Las fallas que componen este sistema son: Loma Pretil, Lora, Santa Isabel, Quebrada Pital y otras fallas menores; las cuales se describen a continuación:

Falla Carmona: Falla tipo normal, se extiende aproximadamente por 5 km con una dirección NE-SO. En la finca el Poró de Grecia se observa un intenso fracturamiento con rumbo promedio N20°E, 76°E, asociado a esta falla. En la misma finca, hacia el noroeste se extienden un conjunto de fallas menores que conforman un sistema de horst y graben, el cual se puede observar claramente en el Tajo Cortés, donde se observa la naturaleza normal de las fallas, así como desplazamientos de hasta 90 cm. En general, dichas fallas poseen un rumbo NE-SO, los planos de falla medidos en este sitio se muestran en el cuadro n° 7.1.

Denyer et al. (2014) indican que es una falla sugerida de tipo dextral y ubican el trazo norte de dicha falla, en Lomas Pan de Azúcar, en una posición muy similar a la propuesta en este trabajo. En cuanto al movimiento Denyer menciona que es dextral y el campo se observó de tipo normal, sin embargo, es posible que sea dextral con una componente normal o normal con componente dextral, por lo que para determinar el tipo de movimiento se requiere una investigación más minuciosa y específica.

Cuadro n° 7. 1 Fallas normales observadas en Tajo Cortés

Rumbo	Desplazamiento Normal	Zona de alteración
N26°E,89W	-	5 cm
N30°E,60°W	-	<5 cm
N32°W,75°W	-	<5 cm
N6°E,83°W	5 cm	80 cm
N29°E,70°W	-	20 cm
N27°E,70°W	90 cm	20 cm
N51°E,50°W	-	<5 cm
N7°E,75°W	-	>100 cm
N27°E,80°W	35 cm	20 cm
N14°E,89°W	15 cm	20 cm
N23°W,75°W	-	<5 cm

Falla Papaturre: Falla Normal, inicia en el Sitio Papaturre y finaliza al noreste de Finca San Martín, posee una extensión de 4.2 km y un rumbo NE-SO, con una traza casi lineal. Pone en contacto las ignimbritas poco soldadas con las soldadas de la unidad de Ignimbrita Pan de Azúcar (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Falla Lora: Falla normal con una longitud aproximada de 2,5 km, se extiende desde el Sitio Lora hasta en embalse de regulación del Canal del Oeste; con un rumbo NE-SW y una inclinación hacia el NO. Esta falla no ha sido mencionada en la literatura anteriormente (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Falla Santa Isabel: se extiende a lo largo de 7,5 km. Se observa como un lineamiento suave a lo largo de toda su traza, muestra una dirección NE-SO, hacia su parte más septentrional esta cambia a NNE-SSO. Se observa un talud en la carretera interamericana, dos fracturas con dirección N20°E, 90° y N10°E, 85°NE, estas presentan relleno blancuzco

y alteración amarillenta (Climent et al., 2016). Al sur de finca Gaviota se observa con rumbo N15°E, 65°O y N18°E, 38°O con un desplazamiento normal-dextral. También en el camino de finca Gaviota se midió esta falla con rumbo N25°E, 65°O (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Falla Quebrada Pital: se extiende a lo largo de 13,7 km, ha sido observada en el campo en un cerro sin nombre, localizado al norte de Paso Mogote, donde pone en contacto las ignimbritas poco soldadas y soldadas de la unidad de ignimbritas Pan de Azúcar. Se identifica un escarpe menor a 2 km de longitud y de 20 a 40 m de altura, de dirección NE-SO, donde el bloque SE baja en relación al NO, lo cual se evidencia con claridad en el modelo de relieve y se observa en el campo, donde las rocas de la unidad Pan de Azúcar se encuentran levantadas respecto a la unidad Río Colorado. En el cerro ubicado al norte de Paso Mogote se miden una serie de fracturas, en general mostrando un relleno blancuzco y relieve positivo, dichas fracturas cortan la unidad Pan de Azúcar, además se encuentra una zona de 2 m de espesor, rellena de una alteración arcillosa y que es limitada por dos planos: N10°E, 50°E y N30°E, 60°O; posiblemente el primero se asocia a la falla Bagaces y el segundo a la falla Quebrada Pital (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Al noroeste de la falla Quebrada Pital se encuentran otras dos fallas de menor longitud; 2,5 y 1,1 km respectivamente, con dirección NE-SE.

El sistema de fallas Santa Isabel se formó producto de los esfuerzos de cizalle que generan las Fallas Bagaces y Montenegro. Las fallas ubicadas al sur de este sistema son de tipo normal y generan un sistema horts-graven observable en las cercanías de Loma Pan de Azúcar. Las fallas desde Santa Isabel hacia el norte son de tipo normal con componentes de rumbo dextral (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Fallas Normales Cabeza de Vaca: se trata de dos fallas normales de longitud menor a los 2,5 km, ubicadas en el lado NO y SE del cerro Cabeza de Vaca, el buzamiento de dichas fallas es opuesto, la falla ubicada en el sector SE buza al SE y la del NO buza al NO, levantando el cerro. Una de las evidencias de dicho movimiento es la presencia de la unidad de Ignimbritas Pan de Azúcar a una elevación de 130 m.s.n.m, ubicándose a la misma altura que la Ignimbrita Monte Negro (aflora al NW del cerro) la cual se encuentra en el tope de la columna estratigráfica (Ver figura n° 7.10 y documento Tomo I anexo. n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Falla Cornizuelo: Falla inferida de aproximadamente 3,6 km de longitud, con dirección N-S, se ubica al este de Sitio Cornizuelos (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

Fallas Río Piedras: se trata de tres fallas inferidas ubicadas en tramos anómalamente rectos del cauce del río Piedras, la dirección de estas fallas es NW-SE en contraposición con el sistema de fallas Santa Isabel. No se encontraron evidencias de campo que confirmen la existencia de dichas fallas, por lo que existe la posibilidad que se trate de alineamientos (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.1, Mapa Geológico del Embalse).

7.1.3.2 Estructuras presentes en el canal de conducción y zona de distribución y riego

Fallas Cabuyo: Falla dextral con rumbo N12°O, 88°E, observada al oeste de la Quebrada Cabuyo, corta ignimbritas de la Fm. Bagaces Inferior. En la Cartografía Geológica de la Hoja Tempisque (Denyer et al., 2014), se observa como una falla dextral sugerida, sin nombre, que atraviesa los depósitos aluviales recientes de la llanura del río Tempisque y al norte incide en las Lomas Barbudal, la traza de esta falla es rectilínea con dirección NE-SO en el sector sur y N-S en el tramo norte. Esta falla atraviesa y se observa en el canal del oeste, aproximadamente un kilómetro al sureste de la Quebrada Cabuyo (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.2, Mapa Geológico del Canal Oeste y Distribución).

Según Denyer et al. (2014) las trazas de falla del Sistema de Falla Belén y la Falla Lomas Barbudal cortan o se encuentran dentro del área de influencia de la ampliación del canal y la distribución (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.2, Mapa Geológico del Canal de Conducción y Distribución). Sin embargo, las trazas que ellos proponen para estos sectores son sugeridas (No comprobadas); además, mencionan que dichos sectores las fallas se encuentran cubiertas por depósitos recientes. Durante giras de campo, para verificación de la geología, se visitó los sectores donde el trazo de las fallas propuesto por Denyer et al. (2014) corta u afecta la ampliación y distribución del canal, pero efectivamente estos sitios se encuentran cubiertos por depósitos aluviales del río Tempisque y los afloramientos rocosos son escasos, lo cual imposibilitó probar que dichas fallas pasan por este sector; las evidencias de fallamiento activo que corte los depósitos aluviales son nulas.

7.1.4 Mapa geológico del AP y AID

Se elaboraron 2 mapas geológicos, uno con mayor detalle, escala 1: 15 000 para el área de embalse y otro más regional, escala 1: 85 000, para el canal de conducción y zona de distribución, los cuales se adjuntan en el documento Tomo I, anexos n° 7.1 y 7.2.

7.1.5 Caracterización geotécnica

Este apartado presenta la caracterización geotécnica de los materiales presentes en el proyecto, resumiendo los valores de los parámetros geotécnicos relevantes para el diseño de las excavaciones o soportes, así como los empujes del terreno sobre las estructuras.

Inicialmente se plantean las unidades geotécnicas (UG) identificadas en los sitios de obras. Estas no corresponden en número con las unidades geológicas identificadas (litologías), pues para efectos del diseño geotécnico se requiere un nivel de detalle diferente que el utilizado en la clasificación geológica. De esta forma, una unidad geotécnica puede comprender una o más unidades geológicas.

El proceso de caracterización geotécnica y geomecánica requiere la ejecución de ensayos de campo y laboratorio. Sin embargo, el número de ensayos o sondeos que se realizan es limitado, siendo necesario recurrir a herramientas de análisis como apoyo, así como aplicar el criterio experto de proyectos y materiales previos.

Para el presente estudio, se utilizan los resultados de la investigación geotécnica realizada y se definen valores de los parámetros. Para cada unidad geotécnica, se establecen valores promedio representativos, así como rangos de variación.

La selección de los sitios de investigación de campo y muestreo se realizó con base en la geología de la zona, considerando las litologías de los materiales en los cuales serán cimentadas las obras del proyecto y tomando en cuenta, además, la facilidad de acceso a los puntos seleccionados.

7.1.5.1 Unidades geotécnicas presentes en sitio

En la sección “7.1.2 Aspectos Geológicos Locales” del presente informe se describen las unidades geológicas de interés para el proyecto. Para efectos del análisis y diseño geotécnico, la clasificación por unidades geológicas es un insumo básico, pero no suficiente, pues además se requiere una sub clasificación que incorpore la condición mecánica de los materiales. Por ello, se realiza una clasificación en términos de “unidades geotécnicas”, las cuales deben ser caracterizadas con sus propiedades físicas y mecánicas. En el cuadro n° 7.2 muestra las unidades geotécnicas presentes en el proyecto, así como sus litologías asociadas.

Cuadro n° 7. 2 Unidades geotécnicas presentes en el proyecto

Unidades Geotécnicas	Litologías	Descripción
UG01	COB	Cobertura de suelo vegetal
UG02	IGN	Ignimbrita soldada rica en fiámmes
UG03	TBP / TBL / AMI / TBE	Tobita brechosa
UG04	AGI / AMI / TBE	Arenisca inconsolidada
UG05	AMM / AML	Arenisca masiva
UG06	QBX	Brecha lávica
UG07	FAV	Flujo afanítico vesicular
UG08	FAM	Flujo afanítico masivo
UG09	TLM / AGL	Areniscas y tobas laminares
UG10	AGM	Arenisca guijarrosa masiva
UG11	CGI	Conglomerado guijarroso ígneo

7.1.5.2 Ensayos de campo

Para la investigación de las obras de embalse, sitio de presa, vertedor, canal oeste, canales de distribución, sitios de préstamo de materiales, escombreras, entre otros del proyecto PAACUME, fueron realizadas más de 222 prospecciones mediante diferentes metodologías para el estudio de las condiciones geológico geotécnicas. En el cuadro n° 7.3 muestra un resumen de los principales tipos de prospecciones que fueron realizadas, así como la cantidad y metrajes ejecutados.

Cuadro n° 7. 3 Prospecciones realizadas en los sitios de obras.

Tipo de prospección	Cantidad	Metraje (m)
Perforaciones a rotación	27	841.1
Sondeos SPT	43	209.0
Sondeos DMT	41	202.3
Sondeos CPT	1	6.4
Sondeos Auger	6	2.9
Trincheras exploratorias	54	- - -
Perfiles geofísicos	12	6 860
Perfiles geoelectrónicos	38	13 360

En relación a las prospecciones de los perfiles geofísicos y geoelectrónicos, es importante indicar que fueron ejecutadas diferentes metodologías de investigación como refracción sísmica, resistividad eléctrica, electromagnético TDIP (Time Domain Induced Polarization) y electromagnético TDEM (Time Domain Electro-Magnetic). El objetivo de emplear diferentes metodologías es recopilar información de la distribución de los materiales a profundidad, empleando la metodología más adecuada en relación a las condiciones geológicas del sitio de estudio, considerando en todo momento la experiencia y el criterio profesional del personal en sitio.

En el documento Tomo I anexo n° 7.4 fueron incluidos los mapas de prospecciones geotécnicas donde se muestra la distribución de las prospecciones anteriormente indicadas, y con las cuales han sido estudiadas de forma adecuada las condiciones geológico-geotécnicas presentes en el proyecto.

Como parte del estudio de las propiedades geomecánicas de los materiales consolidados (rocas) e inconsolidados (suelos) presentes en los sitios de obra del proyecto, fueron ejecutados ensayos de campo, esto con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información disponible de las prospecciones realizadas para la investigación del proyecto. En el cuadro n° 7.4 resume los tipos de ensayos realizados y la cantidad ejecutada de cada uno de estos.

Cuadro n° 7. 4 Tipos de ensayos de campo realizados en los sitios de obras.

Ensayos de campo	Cantidad
Presiómetro Texam	23
Goodman Jack	105
Placa rígida en suelo	22
Permeabilidad Lugeon	99
Permeabilidad Lefranc	3
Permeabilidad Matsuo Akai	4

7.1.5.3 Ensayos de laboratorio

Como parte de los ensayos de campo, fueron obtenidas 527 muestras representativas de las litologías de mayor importancia para el estudio de las condiciones geológico geotécnicas de los sitios de obra del proyecto. Dichas muestras fueron trasladadas al laboratorio de Experimentación Geotécnica del ICE para la ejecución de diferentes ensayos para la

caracterización tanto de las propiedades índice como de resistencia. Dentro de las principales pruebas ejecutadas se pueden citar:

- Límites de Atterberg
- Contenido de humedad
- Clasificación SUCS
- Hinchamiento libre
- Granulometría
- Carga puntual
- Compresión inconfiada
- Triaxial en roca
- Densidad volumétrica
- Densidad relativa
- Gravedad específica
- Pesos unitarios
- Ensayo oedométrico
- Absorción
- Abrasión de agregados Los Ángeles
- Velocidad de pulso ultrasónico (Onda P)

7.1.5.4 Caracterización de la roca intacta

La caracterización geotécnica de la roca intacta se realiza a partir de los ensayos de laboratorio que se practican a las muestras obtenidas en el campo, generalmente provenientes de las perforaciones a rotación. Dada la cantidad de información disponible de los resultados de laboratorio y con el criterio experto, es realizado el análisis estadístico de los datos, de manera que se obtienen las propiedades promedio para cada unidad geotécnica determinada en los sitios de obra del proyecto.

A continuación, se muestran las propiedades índices y de resistencia obtenidas del análisis estadístico realizado a los resultados de ensayos de laboratorio en la roca intacta, por unidad geotécnica (cuadro n° 7.5).

Cuadro n° 7. 5 Propiedades determinadas para la roca intacta.

		Propiedades Índice				Propiedades de Resistencia	
		Gs	e	%Abs	γ_d (kN/m ³)	σ_c (MPa)	Vp (m/s)
UG02 MI	Media	1.67	0.008	17.73	15.9	15.8	3036
	Rango	1.19 - 2.01	0.001 - 0.015	8.4 - 36.37	1.7 - 19.8	3.5 - 30	1530 - 10304
UG02 MD	Media	2.29	0.006	4.44	22.4	31.1	3954
	Rango	2.14 - 2.37	0.001 - 0.009	2.82 - 7.88	21.9 - 23.1	24.7 - 40.2	3548 - 4444
UG03 MI	Media	1.26	0.013	34.14	11.1	1.8	1333
	Rango	1.08 - 1.73	0.008 - 0.032	13.15 - 47.19	1.1 - 16.4	1.2 - 2.5	756 - 2132
UG03 MD	Media	1.14	0.004	33.55	11.4	1.7	1274
	Rango	1.02 - 1.33	0.001 - 0.014	27.1 - 39.5	8.9 - 15.4	0.8 - 4.2	656 - 2012
UG04	Media	---	---	36.00	11.6	1.4	1160
	Rango	---	---	36 - 36	10.7 - 13.1	1.4 - 1.4	982 - 1403
UG05	Media	1.39	0.014	26.96	13.0	4.0	1628
	Rango	1.17 - 1.65	0.001 - 0.033	16.6 - 39.12	11 - 16.4	2.3 - 5.6	522 - 2645
UG06 MI - Centro	Media	1.79	0.014	7.29	17.4	7.1	3842
	Rango	1.79 - 1.79	0.014 - 0.014	7.29 - 7.29	17.4 - 17.4	7.1 - 7.1	3842 - 3842
UG06 MD	Media	1.79	0.029	12.28	14.1	10.8	3186
	Rango	1.1 - 2.08	0.011 - 0.05	4.58 - 42.39	0.2 - 19.4	1.4 - 16.3	891 - 4038
UG07	Media	2.18	0.079	4.15	20.6	31.9	4368
	Rango	1.69 - 2.65	0.003 - 1.724	1.22 - 8.02	7.8 - 26.2	3.6 - 145.2	1617 - 5285
UG08	Media	2.65	0.008	1.36	25.8	76.3	5187
	Rango	2.53 - 2.7	0.001 - 0.011	0.67 - 2.7	22.8 - 26.7	23.2 - 183.8	3881 - 5604
UG09	Media	1.26	0.013	33.20	12.3	4.8	1640
	Rango	1.03 - 1.49	0.007 - 0.017	20.25 - 50.33	10 - 14.8	0.7 - 19.9	762 - 2303
UG10	Media	1.55	0.007	21.17	15.7	6.6	2607
	Rango	1.26 - 1.84	0.002 - 0.01	13.11 - 27.67	12.5 - 20.6	0.8 - 14.8	1830 - 6194
UG11	Media	1.63	0.415	20.13	17.2	4.5	2505
	Rango	1.37 - 1.84	0.001 - 1.66	15.97 - 25.58	13.5 - 21.2	4.5 - 4.5	1457 - 3575

7.1.5.5 Caracterización del macizo rocoso

El macizo rocoso se compone de la matriz de roca, así como de las discontinuidades que provocan la formación de bloques o fragmentos. Cuanto más fracturada esté la roca, su resistencia se ve reducida.

Partiendo de las propiedades geotécnicas de la roca intacta, fue realizada una caracterización de los principales parámetros del macizo rocoso (cuadro n° 7.6). Para ello se han recurrido a los resultados de las investigaciones de campo y al criterio experto.

Cuadro n° 7. 6 Propiedades determinadas para el macizo rocoso.

		Parámetros del macizo rocoso	
		ϕ	c (MPa)
UG02 MI	<i>Media</i>	34	0.80
	<i>Rango</i>	29 - 38	0.15 - 1.45
UG02 MD	<i>Media</i>	34	0.80
	<i>Rango</i>	29 - 38	0.15 - 1.45
UG03 MI	<i>Media</i>	25	0.03
	<i>Rango</i>	25 - 25	0.03 - 0.03
UG03 MD	<i>Media</i>	19	0.03
	<i>Rango</i>	13 - 24	0.02 - 0.04
UG04	<i>Media</i>	16	0.03
	<i>Rango</i>	16 - 16	0.03 - 0.03
UG05	<i>Media</i>	27	0.05
	<i>Rango</i>	24 - 32	0.04 - 0.07
UG06 MI - Centro	<i>Media</i>	29	0.16
	<i>Rango</i>	20 - 34	0.07 - 0.3
UG06 MD	<i>Media</i>	29	0.16
	<i>Rango</i>	20 - 34	0.07 - 0.3
UG07	<i>Media</i>	39	0.18
	<i>Rango</i>	30 - 50	0.11 - 0.3
UG08	<i>Media</i>	46	0.31
	<i>Rango</i>	33 - 58	0.23 - 0.46
UG09	<i>Media</i>	26	0.05
	<i>Rango</i>	10 - 35	0.02 - 0.08
UG10	<i>Media</i>	27	0.12
	<i>Rango</i>	15 - 33	0.04 - 0.48
UG11	<i>Media</i>	20	0.04
	<i>Rango</i>	20 - 20	0.04 - 0.04

7.1.5.6 Caracterización geofísica

A partir de los perfiles geofísicos realizados mediante el método de refracción sísmica, se determinó de forma indirecta la presencia y distribución de las unidades geotécnicas determinadas en los planos de investigación.

En el cuadro n° 7.7 muestra el resumen de los principales parámetros geofísicos de interés para el análisis geotécnico de las obras, determinados por unidad geotécnica.

Cuadro n° 7.7 Parámetros geofísicos determinados para el macizo rocoso.

		Parámetros geofísicos del macizo rocoso	
		Vp (km/s)	Vs (km/s)
UG02 MI	<i>Media</i>	0.6	0.3
	<i>Rango</i>	0.4 - 0.9	0.2 - 0.3
UG02 MD	<i>Media</i>	0.6	0.3
	<i>Rango</i>	0.4 - 0.9	0.2 - 0.3
UG03 MI	<i>Media</i>	1.2	0.5
	<i>Rango</i>	1 - 1.5	0.3 - 0.6
UG03 MD	<i>Media</i>	1.2	0.5
	<i>Rango</i>	1 - 1.5	0.3 - 0.6
UG04	<i>Media</i>	0.5	0.3
	<i>Rango</i>	0.3 - 0.7	0.3 - 0.3
UG05	<i>Media</i>	1.2	0.5
	<i>Rango</i>	1 - 1.5	0.3 - 0.6
UG06 MI - Centro	<i>Media</i>	3.0	1.4
	<i>Rango</i>	2.6 - 3.4	1 - 1.8
UG06 MD	<i>Media</i>	3.0	1.4
	<i>Rango</i>	2.6 - 3.4	1 - 1.8
UG07	<i>Media</i>	3.0	1.4
	<i>Rango</i>	2.6 - 3.4	1 - 1.8
UG08	<i>Media</i>	3.0	1.4
	<i>Rango</i>	2.6 - 3.4	1 - 1.8

Uno de los parámetros geofísicos más importantes es la velocidad de onda primaria (Vp), pues además está puede ser correlacionada con otros valores, como los módulos de deformación, la Figura n° 7.18 muestra en forma gráfica la variación de Vp según la unidad

geotécnica. En esa figura se aprecia claramente cómo, a mayor calidad del material, la V_p es mayor. Para las lavas masivas y vesiculares, el rango de variación va de 2,6 a 3,4 km/s (3,0 en promedio), mientras que para las tobas brechosas el rango es entre 1,0 y 1,5 km/s, para un valor promedio de 1,2 km/s (aproximadamente la mitad que para las lavas). Los materiales inconsolidados como los suelos y las areniscas inconsolidadas tienen velocidades del orden de 0,5 a 0,6 km/s,

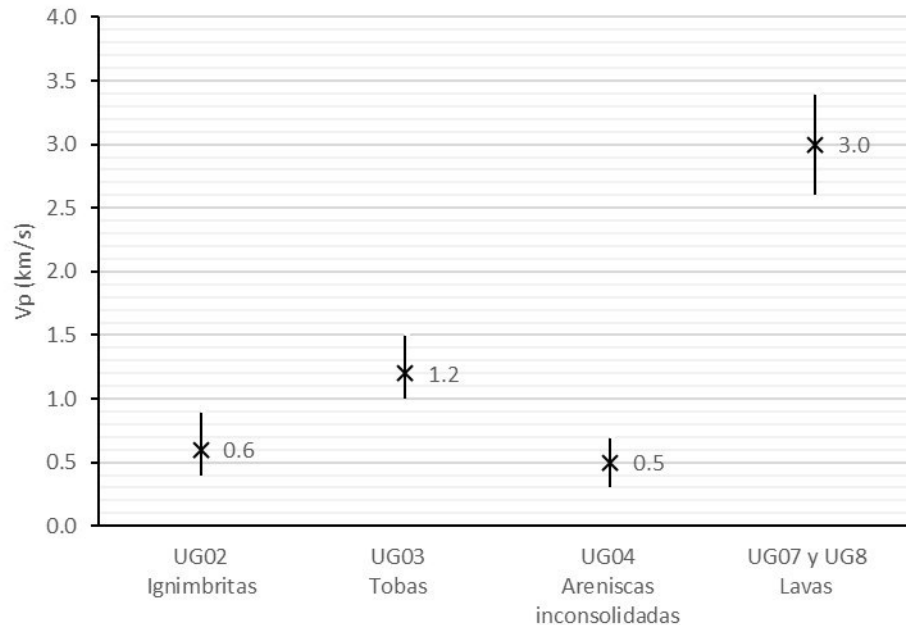


Figura n° 7. 18 Velocidad de onda cortante V_p de varias unidades geotécnicas

7.1.5.7 Caracterización de los materiales inconsolidados

Para la caracterización de los materiales inconsolidados presentes en las obras del proyecto fueron realizados ensayos de Dilatómetro Marchetti (DMT), Penetración Estándar (SPT), Presiómetro Texam (PMT), Penetración con cono (CPT), además de ensayos de laboratorio realizados a muestras obtenidas de campo.

La definición de los tipos de materiales se tomó como base los resultados de los 41 ensayos con DMT ejecutados, el cual identifica el tipo de material por medio del Índice de Material (ID). Para la clasificación del material se definen los siguientes “límites”:

- $ID < 0.6$: Arcilla
- $0.6 < ID < 1.8$: Limos
- $ID > 1.8$: Arenas

Los resultados obtenidos por medio de los ensayos DMT tanto para el Sitio de Presa, como las para los canales de Distribución, se muestran en la Figura n° 7.19.

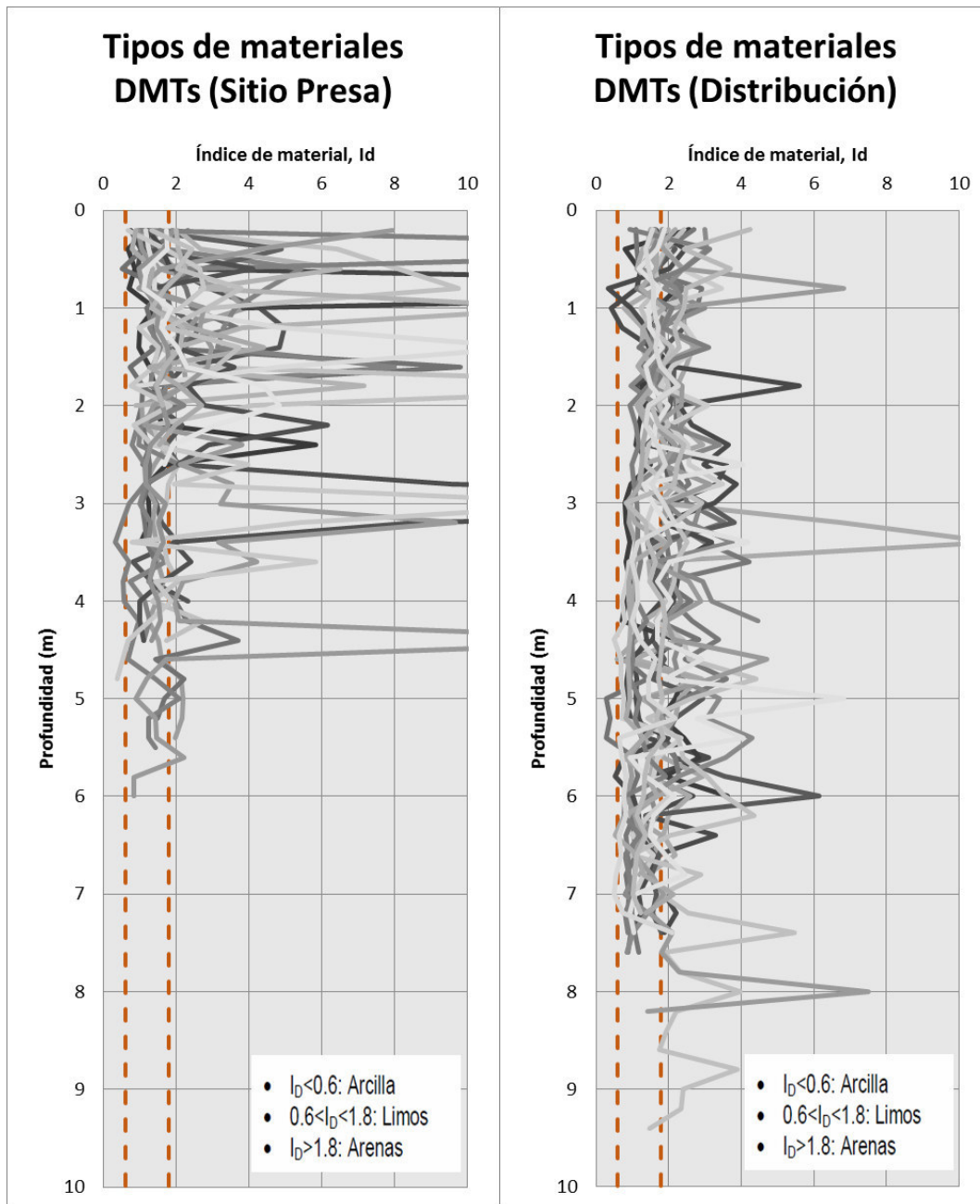


Figura n° 7. 19 Tipo de material de acuerdo a los ensayos DMT.

La comparar los resultados es posible identificar los tipos de materiales y las diferencias que existen entre las investigaciones realizadas en el sitio de presa y los canales de distribución. Como se muestra en las gráficas, los materiales inconsolidados del Sitio de Presa presentan una componente mayor en su matriz de materiales granulares como arenas, siendo determinados limos, limos arenosos y arenas, con espesores que rondan a lo sumo los 6 m de profundidad. Para las obras del canal de distribución, los materiales identificados presentan una matriz más fina y corresponden a limos, arcillas limosas y limos arenosos, con espesores más desarrollados los cuales ronda hasta los 9 m de profundidad.

Por otro lado, se cuenta con los resultados de laboratorio de límites de plasticidad y de clasificaciones SUCS realizadas a las muestras obtenidas de los ensayos SPT y con el muestreador MOSTAP. La Figura n° 7.20 resume los resultados obtenidos en la carta de plasticidad de Casagrande, donde la clasificación de los tipos de suelos ensayados, son congruentes como los tipos de suelos indicados por los ensayos DMT.

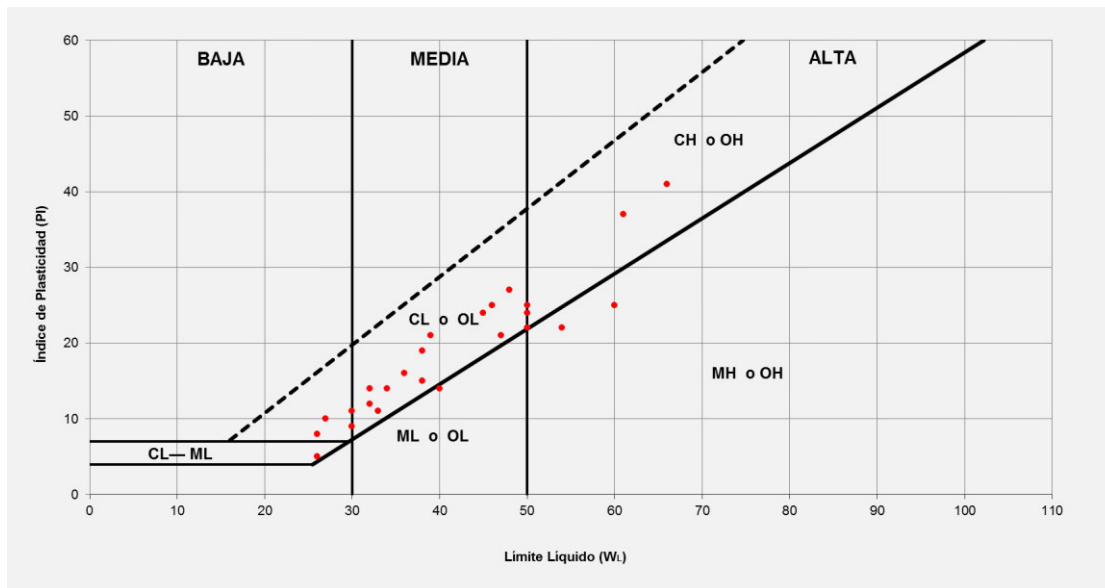


Figura n° 7. 20 Clasificación de los materiales inconsolidados del sitio de presa en la carta de plasticidad de Casagrande.

Para la determinación de la resistencia al corte, no drenada (Su) se agruparon los valores obtenidos de diferentes metodologías aplicadas. La figura n° 7.21 muestra los resultados obtenidos por las metodologías de ensayos con DMT, SPT y PMT, tanto para los materiales del sitio de presa, como del canal de distribución.

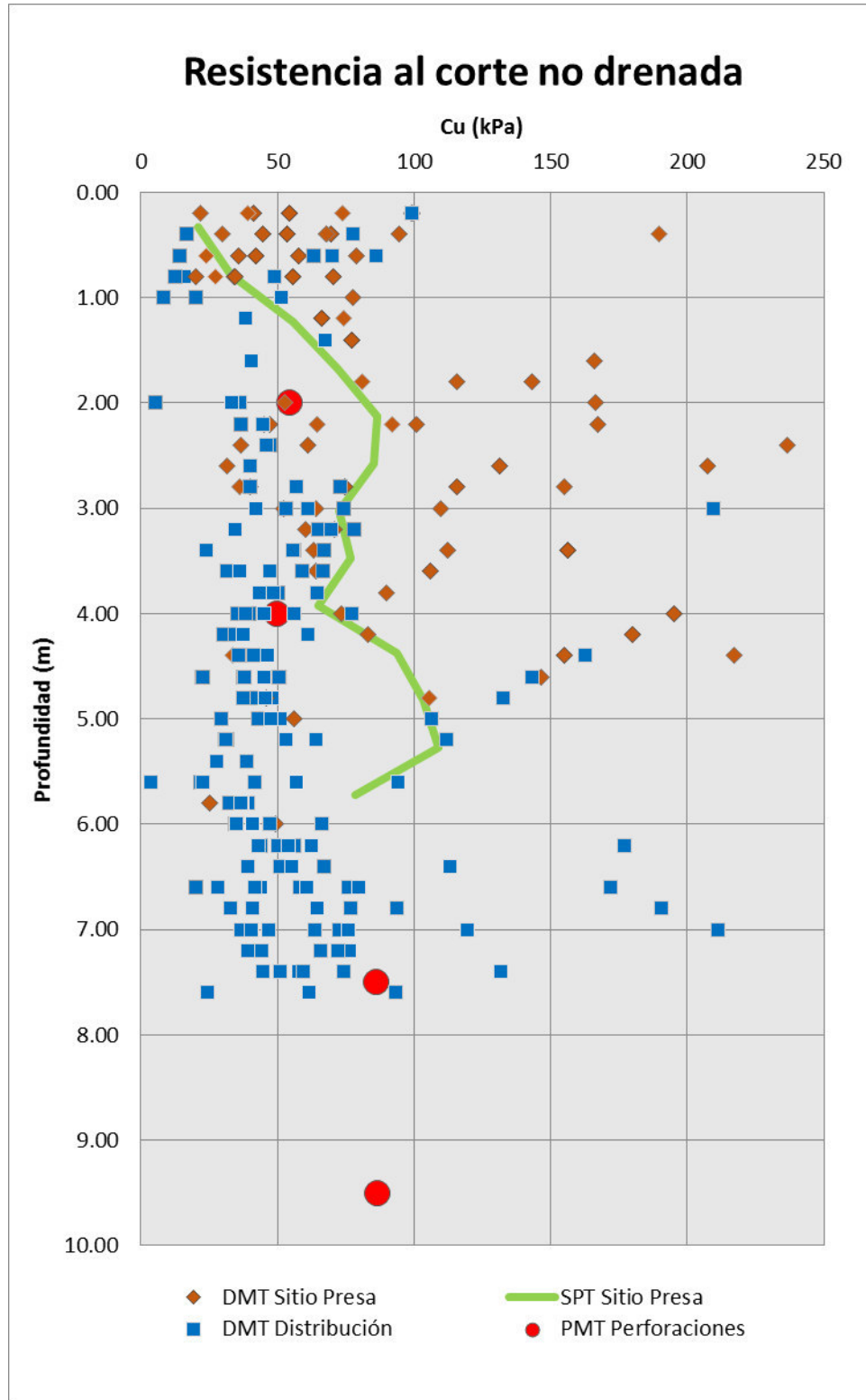


Figura n° 7. 21 Resumen de resultados obtenidos de la resistencia al corte no drenada por diferentes metodologías.

Se puede observar que en general, los resultados determinados por los ensayos DMT y PMT de las perforaciones rotación, presentan una buena correlación, ya que se observa la misma tendencia y se encuentran en el mismo rango de magnitud, siendo en todos los casos menores a los 100 kPa, Por su parte, la correlación con el ensayo SPT es más variable y de menor confiabilidad.

7.1.5.8 Estimación de la capacidad de soporte

Para la estimación de la capacidad de soporte última se partió de la ecuación general para cimentaciones superficiales, la cual se indica a continuación:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot BN_\gamma$$

Donde:

- c = cohesión
- B = ancho del cimiento
- g = densidad del material
- N_c, N_q, N_g = Factores de carga

En los casos donde fue determinada la capacidad de soporte en las unidades geotécnicas de los materiales consolidados (rocas), fue aplicado los criterios de la USACE (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos), por considerar la más adecuada para el tipo de obra, además de que considera el concepto de falla de cortante generalizado sin cohesión, debido a que la falla se desarrolla a lo largo de los planos de discontinuidad.

A continuación, se presentan de forma tabular los resultados de capacidad de soporte asociados al tipo de obra en el proyecto, sus dimensiones preliminares y las unidades geotécnicas sobre la cuales serían cimentadas. La capacidad de soporte admisible fue estimada con un factor de seguridad de tres (FS = 3), tomando en consideración lo indicado por el Código de Cimentaciones de Costa Rica.

Cuadro n° 7. 8 Capacidad de soporte admisible por tipo de obra

Obra	Dimensiones (m)	Unidad Geotécnica (UG)	Capacidad de soporte admisible (kPa)
Vertidor (cimacio)	B= 38 L= 44	UG04	340
Vertedor (RÁPIDA)	B= 30	UG04	370
		UG06	2400
		UF07	3400
		Relleno tobaceo	940
Casa de máquinas	B= 17 L= 28	UG07	1500
Canal oeste	B= 7-5	Suelo	80
		Relleno	100
		Limo café	150
		Archilla densa	150
		Limo elástico	160

Obra	Dimensiones (m)	Unidad Geotécnica (UG)	Capacidad de soporte admisible (kPa)
		Limo con arena	120
		Arenal limpia	150
		Toba densa amarilla	280
Canales de distribución	B= 5-3	Limo	130
		Limo arenoso	180
		Arenal limosa	150

7.1.6 Estabilidad de taludes

Para el estudio de la estabilidad de los taludes fueron realizados tanto análisis de admisibilidad cinemática para los casos de los taludes estructuralmente controlados por la falla a través de las discontinuidades, como análisis de equilibrio límite para los casos de la falla de taludes no controlados por las discontinuidades, a través de superficies de corte.

El análisis de admisibilidad cinemática, fue realizado para las unidades geotécnicas asociadas a las lavas presentes en el proyecto (UG07 y UG08), definiendo de forma preliminar los potenciales tipos de falla, al probarse varias configuraciones de corte. Para realizar el análisis cinemático es necesario contar con los parámetros de resistencia de las discontinuidades de las rocas. Para esto se tomó como base las propiedades índices y de resistencia indicadas anteriormente en cuadro n° 7.5. Es importante aclarar que en el cuadro n° 7.9 se muestran las propiedades de la matriz rocosa de las lavas fracturadas, por lo que para definir las propiedades de resistencia de las discontinuidades se empleó el criterio de Barton y Choubey; este criterio determina la resistencia al cortante de las juntas, que es donde se formaría una potencial superficie de falla de este macizo rocoso.

Cuadro n° 7. 9 Parámetros de las discontinuidades en el macizo de lavas fracturadas

Parámetro	Valor
ϕ_b	48° - 55°
ϕ_r	46° - 52°
JRC	8 - 10
JCS	100 MPa – 200 MPa

Con base en la tabla anterior y la ecuación de Barton y Choubey, se determina el ángulo de fricción de las discontinuidades, este parámetro varía entre 40° y 51° para las lavas fracturadas presentes en el proyecto.

Los sistemas de discontinuidades fueron definidos por los levantamientos geológicos de campo con mediciones directas en afloramientos del macizo rocoso, además de la información recopilada de las perforaciones a rotación ejecutadas, dicha información se presenta en la figura n° 7.22.

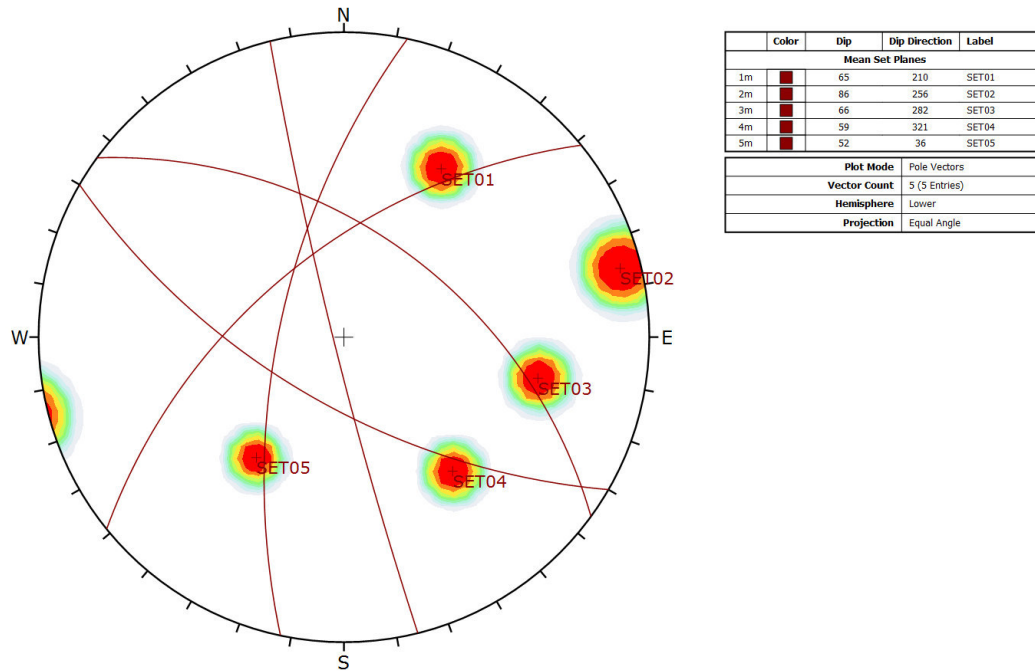


Figura n° 7. 22 Definición de sets de discontinuidades presentes en las lavas fracturadas

Considerando las propiedades de resistencia al corte de las discontinuidades y las familias de discontinuidades (Sets), se realizó el análisis de admisibilidad cinemática para tres configuraciones de talud (0,30H: 1,00V, 0,50H: 1,00V y 0,70H: 1,00V). En cuanto a la dirección del talud para el análisis, se consideró el azimut $Az=068^\circ$. En el cuadro n° 7.10 se muestra el resultado del análisis cinemático, donde se indica las potenciales fallas que pueden generar las diferentes configuraciones de excavación.

Cuadro n° 7. 10 Potenciales fallas según resultados del análisis de admisibilidad cinemática.

Talud	Sets		Intersección	
	Planar	Vuelco	Cuñas	Vuelco de Cuñas
1V: 0.3H	Set05	Set05	Set04 -Set05	Set01-Set02 Set01-Set03 Set01-Set04 Set03-Set04
1V: 0.5H	Set05	Set05	---	Set01-Set02 Set01-Set03 Set01-Set04 Set03-Set04
1V: 0.7H	---	---	---	Set01-Set02 Set01-Set03 Set01-Set04 Set03-Set04

Dado lo anterior puede concluirse que, aun conformando taludes más inclinados, siempre habrá un potencial de inestabilidad debido al volcamiento de bloques en cuña, formados por la intersección entre el Set01 y los demás Sets de discontinuidades. Dicho potencial de falla debe ser tratado de forma adecuada durante las excavaciones a conformar en este tipo de litologías.

Las excavaciones a realizar para la construcción de la presa de enrocamiento con cara de concreto (tipo CFRD por sus siglas en inglés), seguirán de forma suavizada la topografía natural del terreno. Como es posible observar en la figura n° 7.23 se muestra la topografía natural y las principales litologías determinadas para el eje de presa, donde afloran ignimbritas en la parte superior, además de tobas y areniscas, siendo subyacidas por lavas vesiculares y masivas en la base de las excavaciones. Dada la topografía suavizada del terreno natural, la determinación de las excavaciones, así como del plinto para la cara de concreto de la presa, se realizó siguiendo dicha topografía natural, generándose taludes tendidos, con pendientes del orden de 3,0H:1,0V a 5,0H:1,0V, por lo que es de esperar que no se presenten problema de estabilidad durante el proceso constructivo.

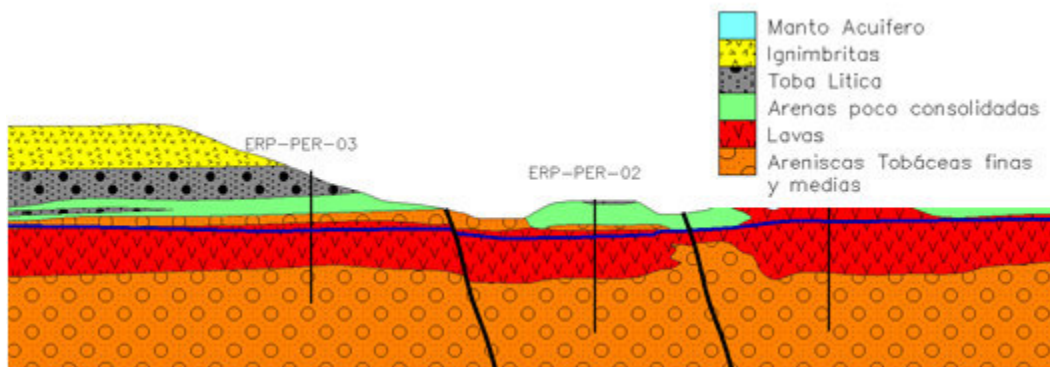


Figura n° 7. 23 Topografía natural y litologías determinadas en el eje de presa.

En relación a las obras del vertedor de excedencias, los cortes a realizar para la construcción de las obras, transcurre en materiales tobáceos y brechas lávicas, siendo realizados análisis de equilibrio límite para la determinación de las potenciales superficies de falla y los factores de seguridad asociados a dichas superficies críticas. A continuación, se muestra el modelo geotécnico empleado para el análisis de las excavaciones, analizando los cortes de mayor altura que se ubican cercanos a la obra de control del vertedor (cimacio). La figura n° 7.24 muestra los resultados obtenidos producto del análisis de estabilidad, considerando la ocurrencia o no del sismo en el diseño de los cortes propuestos.

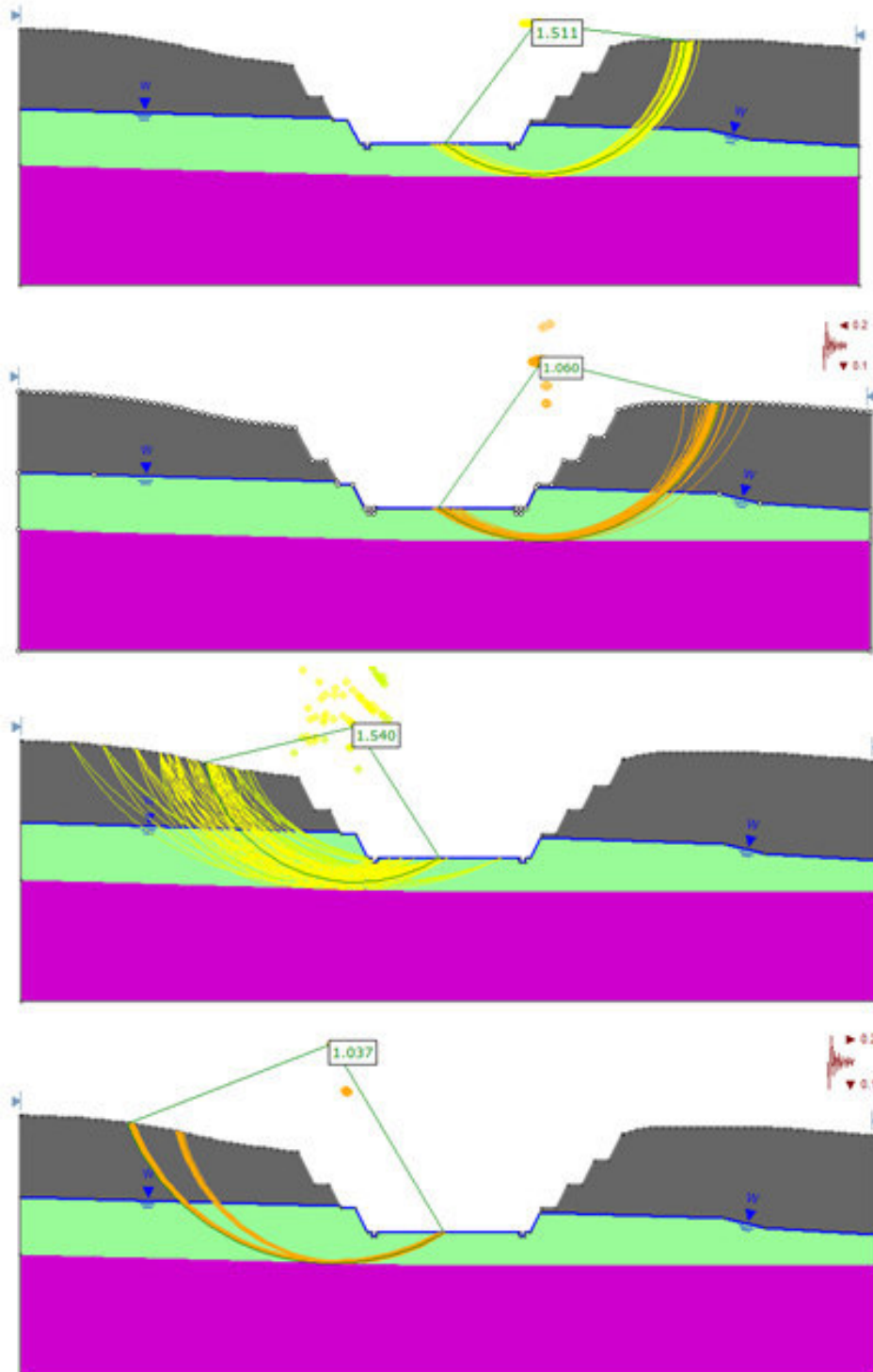


Figura n° 7. 24 Resultados de análisis de estabilidad pseudoestático para falla circular del vertedor de excedencias durante la etapa constructiva (con y sin sismo).

Como se puede observar en los resultados obtenidos de la estabilidad de los taludes para los cortes propuestos para la construcción del vertedor de excedencias, las superficies de

falla más críticas transcurren en los materiales tipo toba y areniscas, siendo limitadas dichas superficies por el estrato de lavas ubicado a profundidad. Como fue determinado, dichos cortes son estables si se realizan con pendientes inferiores al 0,5H:1,0V, además de la construcción de bermas intermedias de 3 m de ancho, cada 5 m de altura de corte. Sin embargo, es importante que se realicen tratamientos superficiales en los cortes de tobas, como la colocación de concreto lanzado o geosintéticos para la protección superficial de los materiales al efecto de la erosión superficial de los taludes.

En cuanto a la conformación de los cortes y rellenos para la construcción de los caminos de acceso a los sitios de obra, así como para los canales de conducción se encontrarán conformados por tobas y materiales fluvio-lacustre, los cuales estratigráficamente se encuentran sobre los depósitos de lavas; y en el caso de los canales de distribución la mayor parte de estos estarán conformados por material fluvio-lacustre poco consolidado de la llanura del Tempisque. La excavación generada por la conformación de caminos y los canales no será profunda, por lo que no se generarán taludes de elevación considerable y, además, por lo que se ha observado en el sitio de estudio del proyecto, se recomienda la conformación de taludes con pendiente 0,5H:1,0V, mientras que para los rellenos se recomienda la conformación con una pendiente máxima de 1,5H:1,0V. Para el caso de los rellenos a conformar para los sitios de escombrera, debido al tipo de colocación del material, la heterogeneidad de los materiales y el escaso proceso de compactación, se recomienda que los taludes de los rellenos sean conformados con un pendiente inferior a 2,0H:1,0V.

Finalmente, es de suma importancia realizar un adecuado tratamiento de las aguas de escorrentía superficial en todas las excavaciones y rellenos a conformar en el proyecto, mediante la construcción de cunetas, contracunetas, bajantes, disipadores de energía, entre otros. Esto en procura de evitar la ocurrencia de procesos erosivos que desencadenen en problemas de estabilidad durante el proceso constructivo o de operación del proyecto.

7.2 Geomorfología

7.2.1 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 la geodinámica externa que se presentan en el área de estudio.

El área de estudio del Proyecto PAACUME comprende un área con arenaa aproximada de 699,5km². Se ubica entre las coordenadas medias 338.326 (F.E) y 1.152.704 (F.N) del sistema de proyección CRTM05 y entre las coordenadas geográficas 85°28' longitud oeste y 10°25' latitud norte. Se encuentra en las hojas cartográficas Belén, Carrillo Norte, Diríá, Monteverde, Talolinga y Tempisque, escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional.

7.2.2 Descripción geomorfológica regional

Su elevación máxima alcanza los 188m.s.n.m en el sector de Lomas Barbudal, mientras que la elevación mínima se presenta en la comunidad Puerto Ballena, al este de las comunidades de Ortega y Bolsón.

La cordillera volcánica de Guanacaste posee dos vertientes muy bien contrastadas, una vertiente norte expuesta directamente a los flujos húmedos del Caribe y por ello con un marcado modelado morfoclimático, mientras que la vertiente sur, con una estación seca prolongada y el efecto Föhn de los vientos alisios del noreste.

En su parte baja, la cordillera se transforma en piemontes arcillosos, los cuales desaparecen debido a un importante depósito de ignimbritas que los recubre (pág 96).

La distribución y clasificación general de las pendientes (cuadro n° 7.11), permite observar que únicamente, un 0,64% del AE se encuentra en pendientes escarpadas (>60%), localizándose estas, en su mayoría, en los escarpes de la meseta Ignimbrítica, también en algunos sectores de los valles del Río Piedras y Quebrada Biscoyol y en pequeños sectores de laderas de algunos cerros aislados tales como Cerro Piñuela, Cerro Pantaleón, Cerros Ocotol.

También, un 3,15% se encuentra con pendientes de moderada a fuertemente ondulada, las cuales coinciden con los principales cerros aislados que conforman el área de estudio.

Por último, un 96,2% 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 donde se encuentran las llanuras de inundación de los ríos Tempisque y Cañas, también coinciden con los abanicos aluviales de los ríos Liberia, Salto, Pijije y con la zona de la llanura de transgresión flandense (figura n° 7.25).

Cuadro n° 7. 11 Porcentaje de pendientes en el Área de Estudio PAACUME.

Categoría (%)	Topografía	Hectáreas	Porcentaje
0-15	Plano-Ondulado	64292.1463	91.91
15-30		3010.8455	4.30
30-45	Fuertemente ondulada	1425.8853	2.04
45-60		776.4901	1.11
60-75	Escarpada	333.1758	0.48
>75	Muy escarpada	110.884	0.16

Fuente: Elaboración propia, 2017.

7.2.3 Descripción geomorfológica local

7.2.3.1 Modelado Volcánico

La geoforma de Origen Volcánico más representativa del área de estudio es la denominada: Meseta Ignimbrítica. La Meseta Ignimbrítica en el área de estudio abarca una superficie de 32km de largo y hasta 8km de ancho en algunos sectores. Se ubica entre la quebrada Matapalo y río Piedras. Se caracteriza por su uniformidad y por una altitud relativamente similar, que domina el paisaje a unos 100m. Se caracteriza por su gran planicie, por sus niveles lacustres y por sus escarpes de falla.

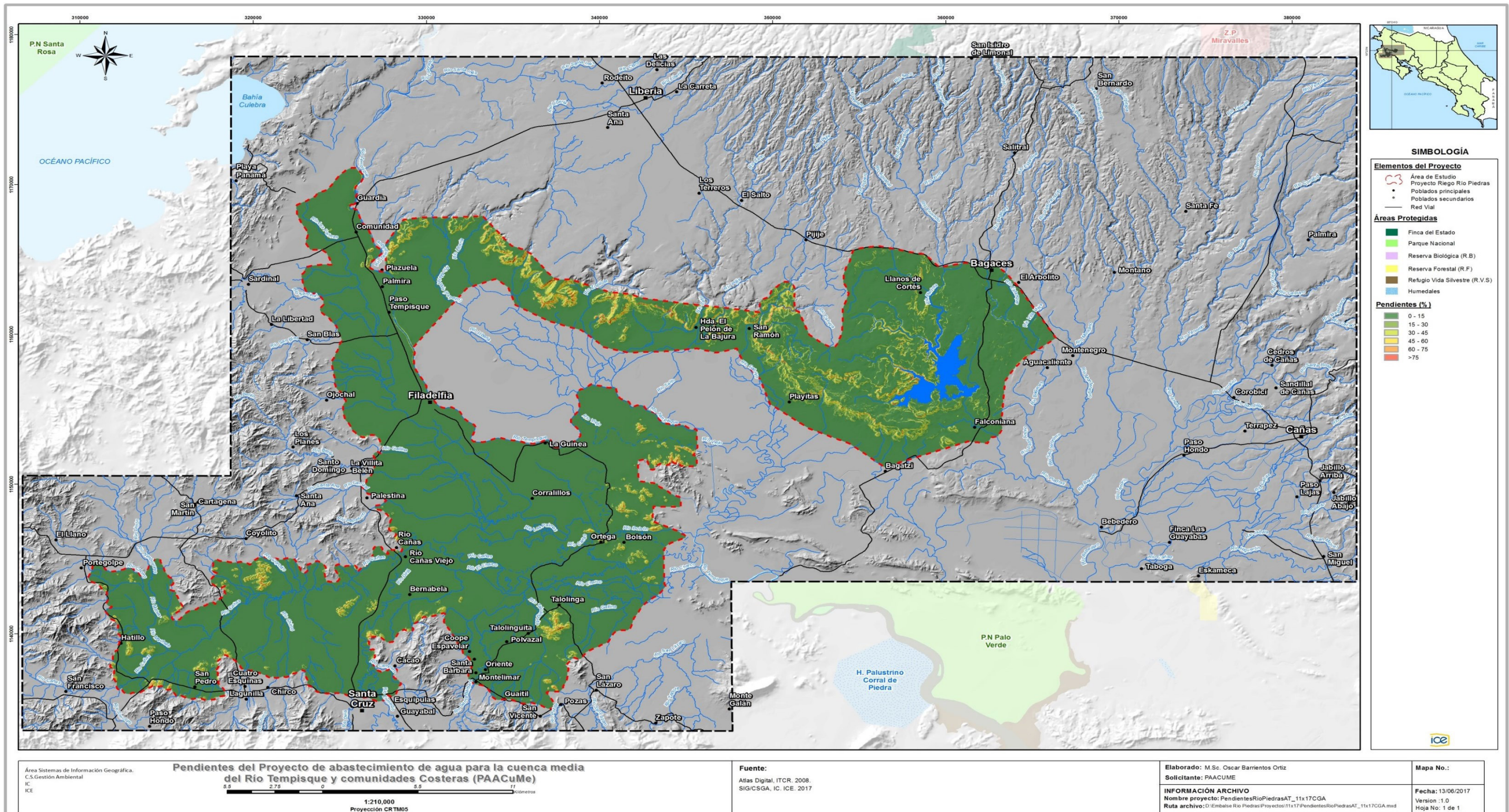


Figura n° 7. 25 Mapa de pendientes del Área de Estudio PAACUME.

Esta presenta una superficie plana, cortada por numerosos cauces de laderas casi horizontales de ignimbritas. Los cauces siguen un patrón rectangular ocasionado por la presencia de un sistema de fracturas originadas al momento de enfriarse y consolidarse la roca. Los fondos de los valles son en algunos casos anchos y en él se ha entallado los cauces actuales. Las divisorias de la meseta son angostas, 100 a 200m, pero planas; la altura de los escalones es variable pero como promedio cinco metros; en algunos sitios, sobre todo en la Formación Bagaces, los interfluvios pueden ser muy anchos, hasta de cinco kilómetros debido a la permeabilidad del material, la altura promedio de esta meseta es de 225m.

Podemos encontrar un escarpe externo más elevado (neotectónica), en contacto con la llanura del Tempisque. El contacto corresponde a un escarpe de línea de falla. También presenta una zona más deprimida, ubicada hacia el centro de la meseta, debido a que la pared externa es más elevada, lo que provoca estas depresiones y presencia de terrazas lacustres, evidenciando su pasado lacustre. Por último, una zona de pequeños conos de deyección ignimbríticos y de terrazas de erosión, entalladas en la misma ignimbrita, en el área de desembocadura de los ríos en contacto con la meseta (figura n° 7.26) (Bergoeing, 2007).

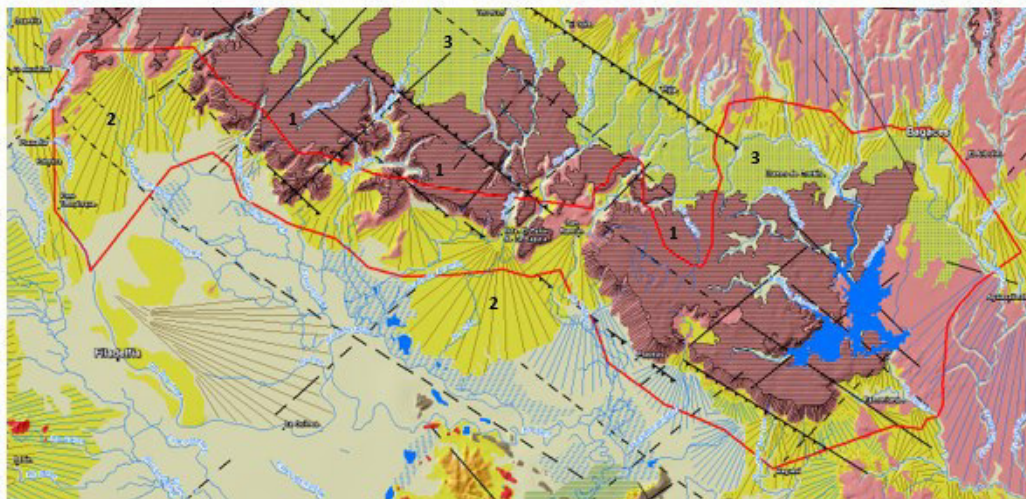


Figura n° 7. 26 Detalle geomorfológico del área de estudio. (1) Meseta ignimbrítica. (2) Conos de deyección. (3) Depresiones lacustres.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

7.2.3.2 Modelado Sedimentario

7.2.3.2.1 Río Tempisque

Es considerado como el primer gran sistema hidrográfico del Pacífico Norte. Sus numerosos afluentes nacen casi todos en los flancos de los volcanes: Orosi, Rincón de La Vieja, Miravalles y Tenorio. Atraviesan la meseta ignimbrítica de Liberia y se encajonan formando gargantas profundas hasta desembocar en la llanura donde se une al curso principal (Bergoeing, 2007).

El Tempisque llega a la llanura, después de haber franqueado un paso estrecho a través de las ignimbritas de la meseta de Liberia. A partir de dicho sector, el río toma una orientación N-S dibujando un trazado sinuoso hasta Filadelfia. Luego el río se dirige al este, donde desaparece en un vasto pantano, reminiscencia de su pasado, y en donde emergen, algunas colinas aisladas, vulcano-sedimentarias, Terciarias (Bergoeing, 2014).

El río en su trazado, deja percibir en parte, el subsuelo tectónico, para finalmente, desembocar en el golfo de Nicoya, donde constituye un estuario poco profundo y en vías de colmatación.

Ríos como el Liberia, Salto, Potrero y Piedras, constituyen los principales afluentes del sector este del río Tempisque. Por otra parte, los afluentes que provienen del oeste, son poco numerosos y sólo cabe mencionar los ríos Cañas y Las Palmas que nacen en una pequeña cadena montañosa, plegada, cretácea, apéndice de la Serranía de Nicoya.

Según Bergoeing (2014), el río Tempisque es solo competente durante el período de crecidas, en estación lluviosa. El gasto fluvial disminuye considerablemente en estación seca prolongada y esto se ha visto últimamente incrementado, debido a la tala de los sectores más elevados de la cordillera volcánica, donde nacen la mayoría de sus afluentes. Por otra parte, los ríos de la península de Nicoya se caracterizan por un sistema fluvial casi rectilíneo que sigue el trazado de los grandes accidentes tectónicos regionales.

7.2.3.2.2 Llanura del Tempisque

Es un área que se sitúa a los pies del sector occidental de la cordillera volcánica de Guanacaste. Se encuentra enmarcada al noreste por la meseta de ignimbritas y al sureste entra en contacto con la serranía peninsular de Nicoya.

Según Bergoeing (2007), esta llanura consiste en una depresión tectónica que debió emerger durante la orogénesis Plio-Cuaternaria, transformándose en una amplia zona pantanosa de aguas someras, inscrita en el accidente mayor noroeste-sureste de la gran falla inversa de Costa Rica.

A comienzos del Terciario, fue una zona sumergida, formando un vasto golfo, que incluía el actual golfo de Nicoya. Los paleo-arrecifes de Barra Honda (Paleoceno-Eoceno), son un buen testimonio de dicho pasado (Bergoeing, 2014).

La llanura del Tempisque se caracteriza por una subsidencia mayor, encuadrada por dos sectores en posición de horst tectónico (Meseta Ignimbritas de Liberia y la serranía peninsular de Nicoya) (figura n° 7.27). Este graben, es la continuación lógica de la antigua zona de subducción litoral de Costa Rica, fallada y rellenada por diferentes derrames volcánicos y sedimentarios del Cuaternario (Bergoeing, 2014).

En la figura n° 7.28, se muestra el perfil topográfico de la depresión tectónica del Tempisque.

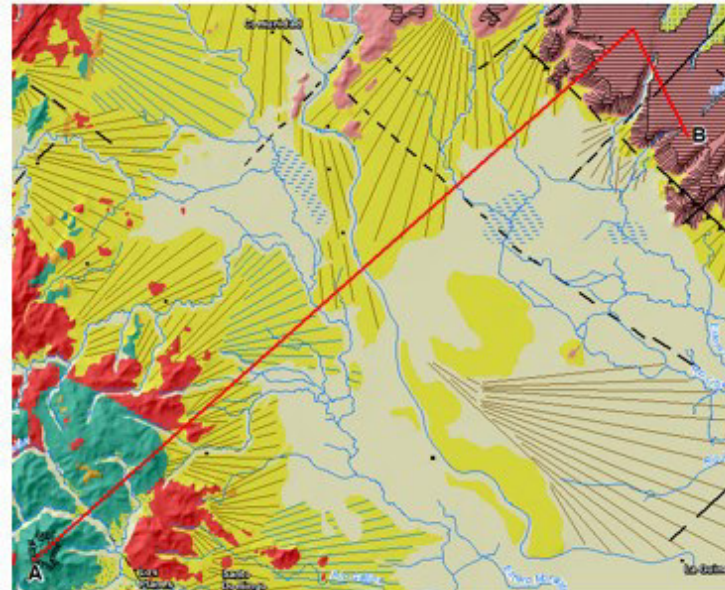


Figura n° 7. 27 Trazo del perfil longitudinal entre la Península de Nicoya (A) y Meseta Igneimbrítica (B)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

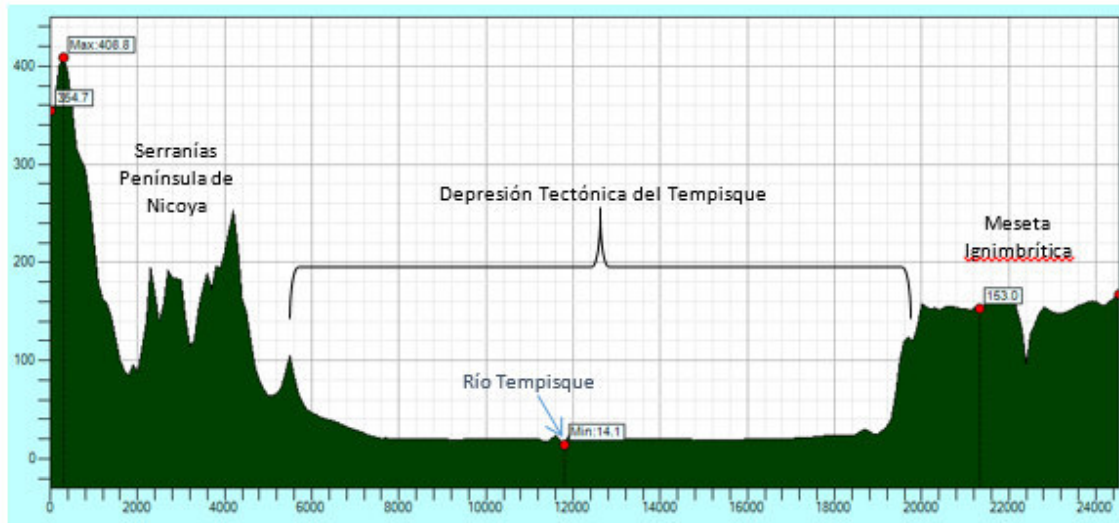


Figura n° 7. 28 Perfil longitudinal entre las serranías de la Península de Nicoya (A) y la meseta Igneimbrítica (B) que evidencia la posición en graben de la llanura del Tempisque.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Según Bergoeing (2014), es a partir de Filadelfia que se encuentra la llanura de inundación propiamente dicha. En este sector podemos localizar evidencias de desbordamientos frecuentes del río Tempisque. También, hacia el sur, entre Filadelfia y el contacto norte con la península de Nicoya, la llanura está dominada por el río Cañas, uno de los escasos afluentes del sector oeste del Tempisque, el cual forma meandros, originando amplios pantanos e inundando las partes más deprimidas de la llanura (figura n° 7.29).

La llanura del Tempisque puede dividirse en dos sectores bien diferentes:

- La llanura colmatada: se extiende entre los caseríos de Guardia y Bolsón. Es una llanura rellena durante el Cuaternario y donde el Tempisque desborda durante las crecidas excepcionales a partir de Filadelfia.
- La llanura de inundación: se sitúa entre el caserío de Bolsón y el estuario del Tempisque. Es una región fuertemente deprimida y cuya altitud no sobrepasa 6m. Se inunda periódicamente durante las estaciones de lluvias e incluye numerosos pequeños lagos naturales donde prospera una vegetación ripícola y manglar.

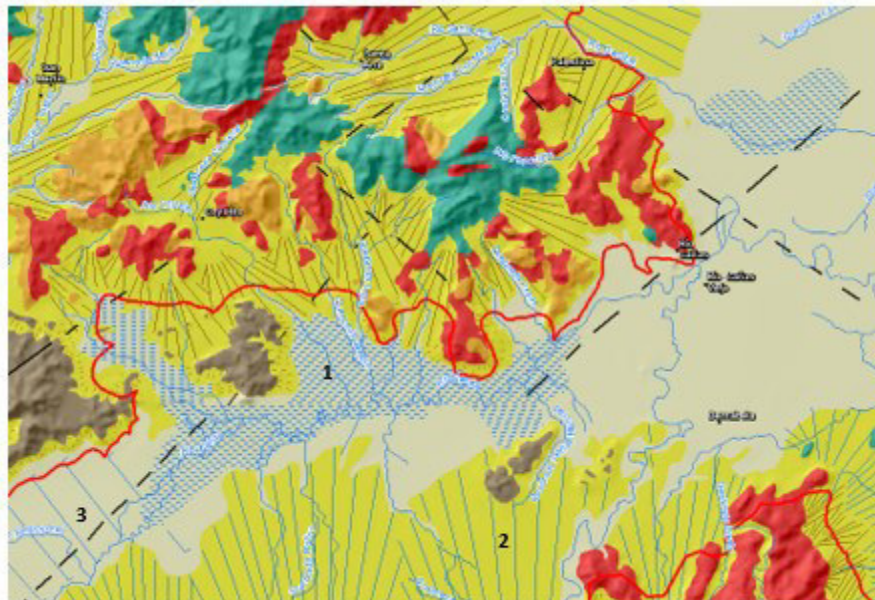


Figura n° 7. 29 Detalle geomorfológico sector del río Cañas. (1) Zonas Lacustres. (2) Glacis de Acumulación. (3) Fondo de valle plano del río Cañas.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Según Bergoeing (2014), a partir de Filadelfia, el Tempisque se dirige hacia el este. Llegado al sector de laguna Piñuela, describe meandros a través de las colinas aisladas terciarias poco elevadas. Entre laguna Piñuela y estero Lagarto, el río se encuentra en una zona deprimida (subsistencia local) donde tiene mucha dificultad para escurrirse. Durante las crecidas, inunda todo este sector que se transforma entonces en un amplio pantano (figura n° 7.30). Los afluentes del Tempisque, que desagan en este sector, no hacen más que aumentar la amplitud de esta extensión de agua.



Figura n° 7. 30 Laguna Jicote. Zona deprimida en la llanura del río Tempisque
 Fuente: O. Barrientos. 16/11/2016

7.2.3.3 Procesos y Formas

7.2.4 Denudación

Este tipo de formas las podemos encontrar tanto en rocas sedimentarias de origen marino, como en rocas de origen ígneo. La forma originada en rocas sedimentarias marinas, se pueden ubicar en el sector de “Cerros Relictos”, sobre las formaciones Rivas y Brito.

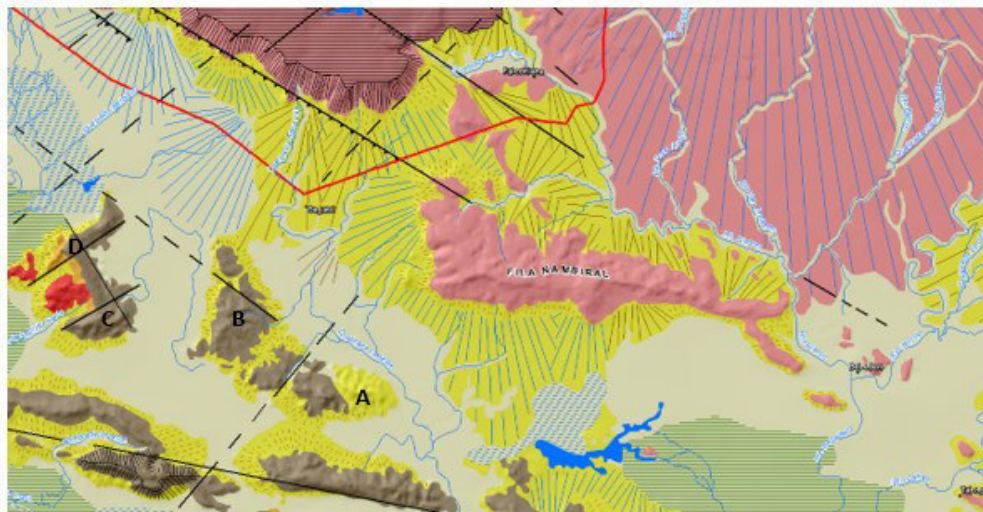


Figura n° 7. 31 Detalle geomorfológico sector Cerros Relictos
 Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la imagen anterior (figura n° 7.31), se pueden apreciar los cerros La Carreta (A), el Jocote (B), Espíritu Santo (C) y Punta de Piedra (D): se caracteriza porque son varios cerros aislados que se esparcen en la llanura; su tamaño y altura varía mucho de unos a otros, pero tiene en común la fuerte erosión que los afectó y el tipo de roca; sus pendientes son fuertes en aquellos que tienen altura suficiente; están compuestos por areniscas, lutitas y

calizas de la formación Brito; el origen de los cerros son el resultado de la erosión, la cual ha dejado como testigo a los restos de las citadas formaciones.

La forma originada en rocas ígneas, está representada por laderas muy empinadas y escarpes de erosión del frente de la meseta ignimbrítica, se localiza entre el sitio Cabuyo y el sector al norte de Bajura Cortés; esta subunidad constituye un escarpe de erosión de variada altura, está cortada por los ríos que bajan de la meseta; en su gran extensión está constituida por ignimbritas pero puede haber intercalaciones lávicas; posiblemente la erosión del río Tempisque y luego el retroceso por erosión regresiva, han sido las causas de la formación de este escarpe.

7.2.5 Conos de Deyección

Están construidos por aportes sedimentarios cuaternarios provenientes de la cordillera volcánica, la meseta ignimbrítica y las estribaciones de la Península de Nicoya. Son testigos de crisis climáticas anteriores, debido a fases más húmedas que el clima actual y que han permitido, el transporte y depósito posterior de un material más abundante.

Los encontramos en la zona de contacto de la meseta ignimbrítica y la llanura de inundación del Tempisque, los cuales se encuentran disectados por los ríos que lo entallan. Forman la base de la vertiente sur de los frentes de la meseta ignimbrítica. Es posible encontrarlos en las desembocaduras de los ríos tales como: Liberia, Pijije, Cabuyo, entre otros. Posteriormente una vez que la pendiente de estos se debilita, evolucionan formando glaciares de acumulación (figura n° 7.32).

El río Matapalo, aguas arriba de Filadelfia, ha construido el primer cono de deyección importante en este sector de la llanura.

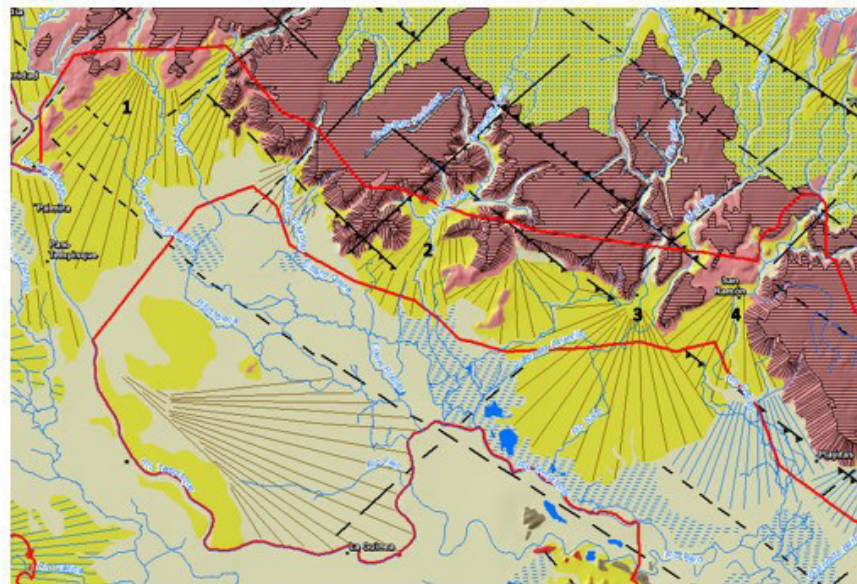


Figura n° 7. 32 Detalle geomorfológico de los conos de deyección de los ríos Liberia (1), Zopilota (2), Pijije (3) y Cabuyo (4).

Fuente: Elaboración propia, 2017.

7.2.6 Terrazas Fluviales

Son pequeños niveles de origen sedimentario, construidas en los valles fluviales por los propios sedimentos de los ríos. Es posible encontrar este tipo de formas en las márgenes de los ríos Piedras, Tempisque y Quebrada Biscoyol, los cuales depositaron sedimentos a ambos lados de estos cauces, en los lugares en los que estos ríos pierden competencia, provocando que la capacidad de transporte sea menor.

Producto de la dinámica depositaria de los ríos, estas terrazas son áreas proclives a ser inundadas por crecidas extraordinarias de la quebrada Biscoyol y del río Piedras.

La formación de estas terrazas pudo verse favorecida gracias a diferentes factores, entre ellos la alternancia de periodos secos y lluviosos, crecidas y desbordamientos del río y a la neotectónica, favoreciendo la elevación del terreno (figura n° 7.33).

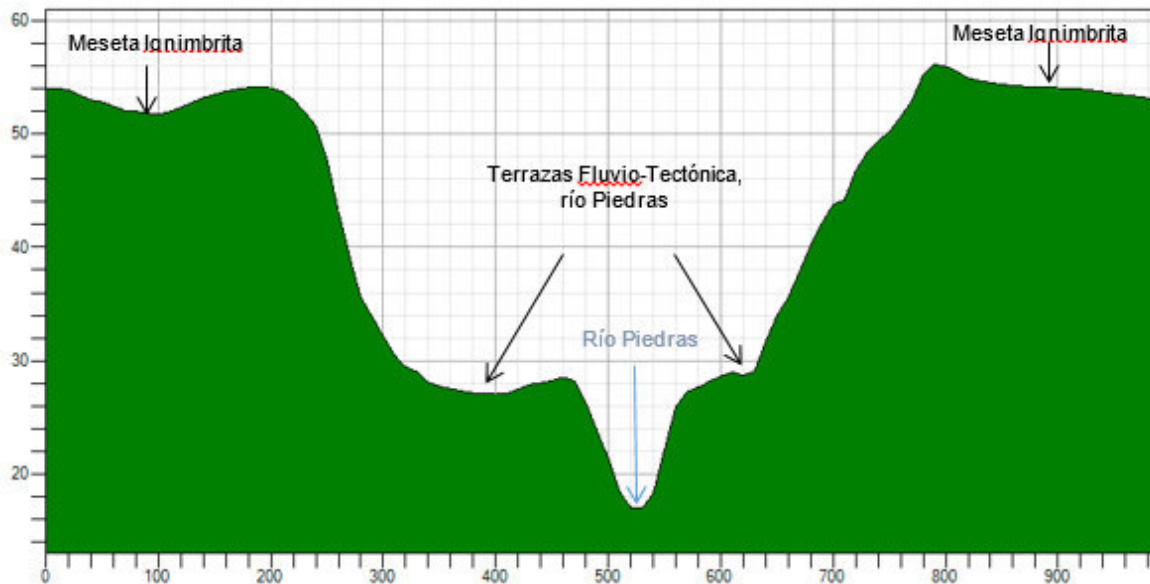


Figura n° 7. 33 Terrazas Fluvio-Tectónicas del río Piedras

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Además, se ha constatado la presencia de un nivel de terraza fluvial que domina la llanura del Tempisque a 2km de la ciudad de Filadelfia. Es una antigua terraza que se eleva a 15m del nivel actual formada por arenas gruesas en la base y más finas en la cúspide que reposan sobre ignimbritas desgastadas por la erosión. Cerca de Sardinal, se presenta una terraza fluvial testigo, pero de tipo torrencial, puesto que sobre 5 a 7m de altitud relativa encontramos cantos rodados gruesos (40cm) y medianos, mezclados a una matriz arenosa-arcillosa muy heterométrica (Bergoeing, 2014).

7.2.7 Transgresión Flandense

La llanura del Tempisque, en su curso inferior, es un vasto pantano en vías de secamiento. Conserva algunos relieves cretácicos y paleocenos aislados rodeados por un manglar que está también en regresión debido a los cambios antrópicos que tienen como finalidad la rentabilidad agrícola del sector (Bergoeing, 2014).

Cerca de la desembocadura subsisten vastas extensiones pantanosas como Mata Redonda, Corral de Piedra, Sonzapote y Lava Maíz, que son los restos de una zona salvaje hasta finales del siglo pasado.

Las tierras de la llanura del tempisque son limo-arcillosas o arcillosas. Son suelos impermeables y pesados, conocidos popularmente como “sonzocuitles”, los cuales son de color marrón oscuro a negro. Se agrietan fácilmente durante la estación seca prolongada, formando polígonos de 20 a 30m de radio (Bergoeing, 2014).

La transgresión flandense se extendió probablemente hasta el sector de Bolsón (6m de altura y a 20km de la actual desembocadura), lugar donde los aportes sedimentarios del Tempisque aún no han logrado colmatar este sector de la llanura (figura n° 7.34).

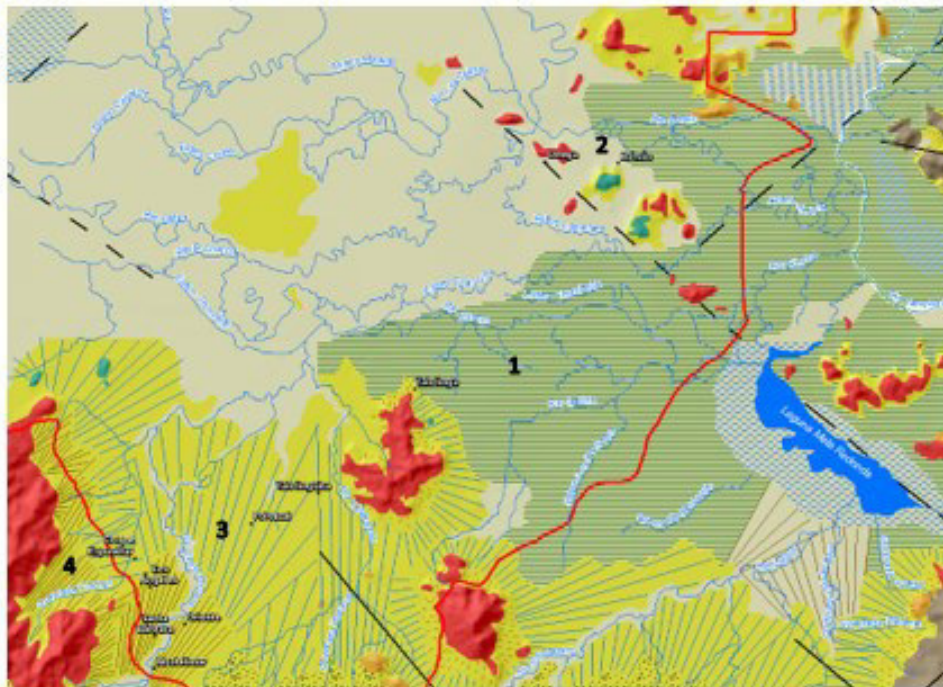


Figura n° 7. 34 Zona de Transgresión Flandense (1). Relieves cretácicos paleocénicos aislados (2). Glaciés de acumulación (3). Conos de deyección (4).

Fuente: Elaboración propia, 2017.

7.2.8 Procesos morfodinámicos externos

Debido a que en la mayor parte del área de estudio (más del 96%), no presenta geoformas que superen el 30% de inclinación y, además, existan muy pocas laderas de gran extensión, los procesos morfodinámicos que se presentan en su mayoría, son de origen antrópico.

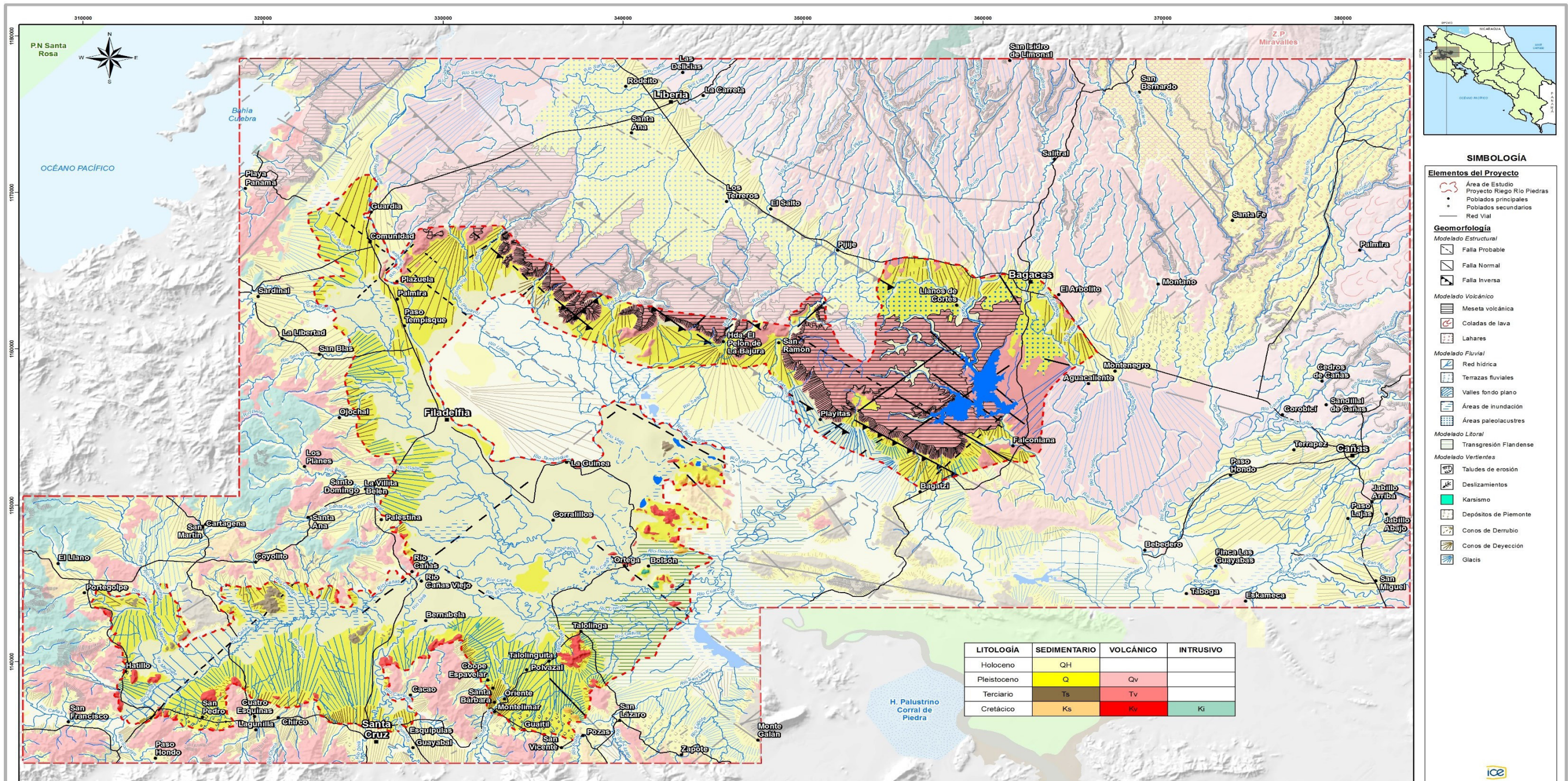
Existen distintos tipos de procesos erosivos que en su mayoría están relacionados con actividades antrópicas que se presentan en la zona, como lo son la construcción de vías, actividades agrícolas y ganaderas, entre otras.

La erosión ejerce su influencia sobre terrenos desprovistos de vegetación. Esta puede llegar a desencadenar otra serie de procesos morfodinámicos como erosión en cárcavas y desprendimiento de material. Uno de los sectores donde se evidencia el proceso de erosión es justamente sobre vías de acceso, principalmente en suelos, como también en los taludes de las mismas.

Además, la erosión laminar, provoca una pérdida de la capa fina y uniforme de todo el suelo, la cual se detecta con el pasar del tiempo, cuando se ha incrementado su intensidad. Con el tiempo, este tipo de erosión da paso a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas. Esta última es fácilmente detectable, debido a las grandes pérdidas de suelo, formando grietas de gran profundidad y extensas.

7.2.9 Mapa geomorfológico

Para mayor detalle del mapa geomorfológico en el Área del Embalse, ver documento Tomo I, anexo n° 7.6.



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

Geomorfología del Proyecto de abastecimiento de agua para la cuenca media del Río Tempisque y comunidades Costeras (PAACuMe)

1:210,000
 Proyección CRTM05

Fuente:
 Atlas Digital, ITCR, 2008.
 SIG/CSGA, IC, ICE, 2017
 Atlas Geomorfológico del Pacífico Norte de Costa Rica, Escala 1:100,000, Bergoing, 2012.

Elaborado: M.Sc. Oscar Barrientos Ortiz
Solicitante: PAACUME
INFORMACIÓN ARCHIVO
 Nombre proyecto: GeomorfoRioPiedrasAT_11x17CGA
 Ruta archivo: D:\Lmbalse Rio Piedras\Proyectos\11x17\GeomorfoRioPiedrasAT_11x17CGA.mxd

Mapa No.:
 Fecha: 31/07/2017
 Version: 1.0
 Hoja No: 1 de 1

Figura n° 7. 35 Mapa Geomorfológico Proyecto PAACUME

7.3 Suelos

El término “capacidad de uso de la tierra” se utiliza para reflejar la capacidad natural que tienen las tierras para soportar distintas formas de uso. Combina suelos, relieve, drenaje y clima, definidas en la metodología oficial existente para Costa Rica, establecida mediante Decreto Ejecutivo 23214-MAG-MIRENEM (MAG/MIRENEM 1995). La metodología consta de 8 clases de capacidad de uso, designadas con números romanos, donde las limitaciones de las tierras aumentan progresivamente de la clase I a la VIII. La intensidad de uso está ligada al grado de laboreo que requiere una tierra para sembrar determinados cultivos, pastos o árboles. Las clases con capacidad agropecuaria alcanzan hasta la IV. La metodología es para cultivos de secano, ya que no contempla los cultivos bajo riego ni aspectos relacionados con tierras de vocación urbanística.

7.3.1 Clases de capacidad de uso de la tierra

Según este sistema se utilizan 8 clases de Capacidad de Uso de la Tierra, bajo el siguiente desglose:

- Clase I, II, III: Tierras para actividades agrícolas pecuarias y forestales.
- Clase IV: Tierras para cultivos semiperennes y perennes.
- Clase V: Tierras para pastoreo y manejo forestal.
- Clase VI: Tierras para uso forestal y cultivos perennes.
- Clase VII: Tierras para manejo forestal.
- Clase VIII: Tierras para protección, recreación y belleza escénica.

En el área de estudio se localizan rocas de origen volcánico del plioceno; de la Formación Bagaces, llamada Toba gris y que esta compuesta de tobas e ignimbritas de composición dacítica del Plioceno, con una escala de tiempo de 2.6 a 5.3 Ma.

Gomez (2000) identificó los suelos cercanos al área de estudio, en la comunidad de Falconicana donde reporta **Inceptisoles**: Fluventic Haplustepts, Vertic Haplustepts, Dystric Haplustepts, Lithic Haplustepts; **Mollisoles**: Fluventic Haplustolls; **Vertisoles** Typic Haplusterts, Lithic Haplusterts; **Entisoles** Lithic Ustorthents.

7.3.2 Breve descripción de los principales suelos presentes.

Vertisoles

Son suelos problemáticos para la construcción de obras civiles debido al predominio de arcillas del tipo 2:1 montmorillonitas que imprimen características de expansión contracción y agrietamiento. Son suelos minerales de color negro, gris muy oscuro, gris; químicamente tienen pH alcalino, buena fertilidad; físicamente son de texturas finas por el contenido de arcillas. En el área de estudio estos suelos son de espesores de poco profundos a profundos, de infiltración baja, drenaje lento a muy lento, se encharcan en la época lluviosa, son de consistencia muy adherente en mojado y muy duros en seco y clasifican a nivel de subgrupo como Lithic Haplusterts y Leptic Haplusterts. En Costa Rica los Vertisoles son conocidos comúnmente como sonzocuites.

Entisoles

Carecen de horizontes diagnóstico. Son suelos poco desarrollados y no son recomendables para actividades agrícolas intensivas. En el área de estudio se localizan tanto en laderas de pendientes onduladas como en las áreas ligeramente onduladas y se clasifican taxonómicamente a nivel de suborden como Orthents y a nivel de subgrupo como Lithic Usthorvents y Typic Usthorvents. Su uso inadecuado acelera los procesos de erosión.

Inceptisoles

Suelo incipiente con un horizonte B cámbico. En la zona de estudio estos suelos están asociados con los Vertisoles y Entisoles. Según el régimen de humedad de suelo, pertenecen al Suborden Ustepts y a nivel de subgrupo se clasifican como Vertic Haplustepts.

7.3.3 Descripción de los principales suelos

En el área estudiada, el relieve, el material litológico y el clima son factores naturales que han influido en el proceso pedogenético. Esto ha favorecido que la estructura del mapa de suelos se agrupe en:

- Suelos sobre ignimbritas
- Suelos sobre lavas



Figura n° 7. 36 Suelos desarrollados en sitios de deposición: a) Leptic Haplusterts; b) Typic Usthorvents

7.4 Clima

7.4.1 Climatología de la zona del embalse

Debido a su ubicación geográfica, el área donde se construirá el embalse del Río Piedras se caracteriza por presentar un régimen climático tipo Pacífico, en el cual hay una marcada diferenciación entre la época seca y la lluviosa.

En la gran escala planetaria (sinóptica), la vertiente del Pacífico 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 entre 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.

Además, el efecto de la intensidad de los vientos alisios también se observa 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.

Otros sistemas atmosféricos, como vaguadas en diferentes niveles atmosféricos y frentes fríos, tienen menor influencia en las lluvias de la región Pacífico, limitando su influencia a las partes altas de la zona, en donde se ha registrado que sus efectos se dan en forma de precipitaciones débiles tipo lloviznas y descensos de la temperatura del aire.

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 de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). 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, son más abundantes los ciclones tropicales de la cuenca del Atlántico.

El relieve del área del embalse del río Piedras muestra elevaciones que van desde la mínima en S.P. de 19,75 m.s.n.m. a su máxima en Cerro Mogote de 823 m.s.n.m., esto origina diversos tipos de clima en distancias relativamente cortas.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, en la zona de análisis se distingue los siguientes tipos de clima:

- a. Clima Tropical Lluvioso Amw': Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y medias de las regiones del pacífico norte, entre el nivel del mar y los 1000 m.s.n.m., en el caso de la cuenca en estudio este tipo de clima se presenta entre los 500-850 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar una estación seca corta, pero el total de lluvia permite el desarrollo del bosque tropical; la lluvia del mes más seco es inferior a los 60 mm, la temperatura del mes más frío supera los 18 °C, y el máximo de lluvia ocurre en el otoño boreal.
- b. Clima Tropical lluvioso y seco Aw'i: Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y medias de las regiones del pacífico norte entre el nivel del mar y los 500 m.s.n.m. presentándose entre estas elevaciones para la cuenca en estudio. Se caracteriza por presentar una pronunciada estación seca durante el invierno boreal. El máximo de lluvia ocurre en el otoño, las temperaturas del mes más frío se mantienen sobre los 18 °C, la oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es inferior a los 5 °C.

7.4.1.1 Información disponible en la zona del embalse

En el cálculo de las isoyetas se utilizaron datos diarios de un total de 20 estaciones de la red de medición del ICE, las mismas se listan en el cuadro n° 7.12, de las cuales una pertenece a la cuenca en estudio (76033 Aguabal), una Tipo B se ubica muy cercana a la zona de estudio (76026 Bagaces), y las restantes estaciones meteorológicas se ubican en las cuencas vecinas, y se utilizaron como información complementaria, necesaria para valorar la variabilidad atmosférica de la zona.

Cuadro n° 7. 12 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología de la cuenca del P.H. Río Piedras Blancas, coordenadas CRTM-05

Nombre	Código	Latitud (m)	Longitud (m)	Altura (m.s.n.m.)	Zona
Guayabal	69582	1193046,94	369746,244	506	Zona Norte
Guachipelín	74019	1189176,25	349227,44	535	Zona Guanacaste
Las Pailas	74036	1189551,58	350722,172	600	Zona Guanacaste
Subestación Santa Cruz	74038	1135583,52	328067,01	63	Zona Guanacaste
Plantel Liberia	74040	1176115,56	342138,954	167	Zona Guanacaste
Rincón de la Vieja	74042	1191579,03	352367,857	775	Zona Cachí
Hacienda Tenorio	76012	1173262,96	381033,157	412	Zona Guanacaste
El Chopo	76021	1156711,24	381995,518	120	Zona Guanacaste
Bagaces	76026	1165168,88	362642,958	95	Zona Guanacaste
Río Naranjo	76029	1180397,14	371679,019	466	Zona Guanacaste
Valle del Viento	76032	1165870,77	378638,879	232	Zona Guanacaste
Aguabal	76033	1170898,02	356986,214	121	Zona Guanacaste
Fortuna	76034	1180310,99	368245,462	433	Zona Guanacaste
Cuipilapa	76036	1180193,65	372984,949	492	Zona Guanacaste
Subestación Cañas	76038	1152738,14	376883,815	45	Zona Guanacaste
Sandillal	76040	1157326,88	379537,906	143	Zona Guanacaste
C. Maquinas Miravalles	76044	1183404,05	369456,114	629	Zona Guanacaste

Nombre	Código	Latitud (m)	Longitud (m)	Altura (m.s.n.m.)	Zona
Casa Vieja	76048	1173320,28	370735,024	250	Zona Guanacaste
Pozo 29	76050	1180396,15	371673,019	493	Zona Guanacaste
Bebedero	76060	1145320,16	368108,107	27	Zona Guanacaste

En la figura n° 7.37 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climatológico de la zona del embalse río Piedras.

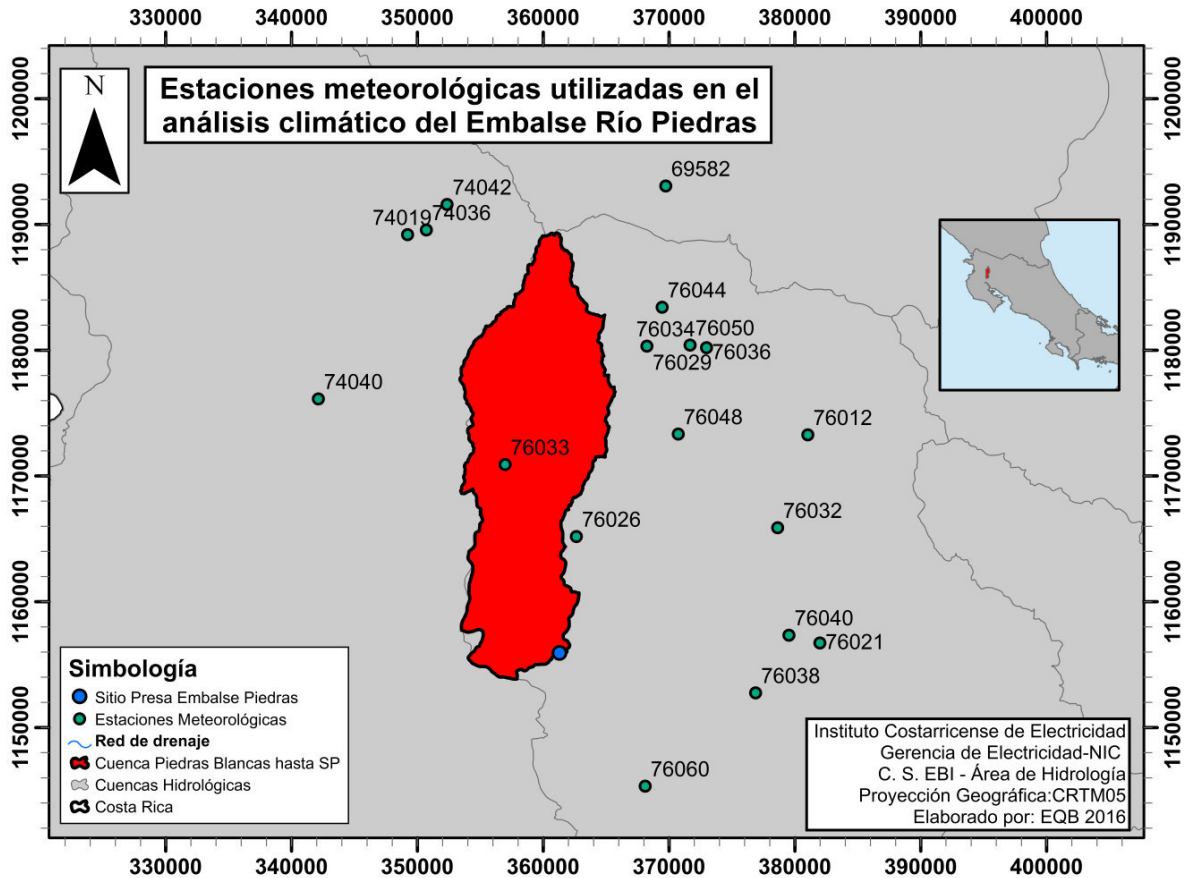


Figura n° 7. 37 Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climatológico del embalse del río Piedras.

Con respecto al análisis de la temperatura, humedad relativa y evaporación, se contó con información de la estación 76026 Bagaces, para el período de 1973-2015. Dicha estación que se ubicada a 1 km al este de la cuenca.

Los periodos de datos utilizados varían según la disponibilidad de información para cada variable atmosférica analizada, y no se utilizó un periodo común porque los registros quedarían muy cortos y se perdería información que se considera fundamental en este estudio.

7.4.1.2 Precipitación en la zona del embalse

En la figura n° 7.38 se muestra la distribución espacial de la lluvia mediante las isoyetas medias anuales, en mm, para el periodo 1970-2015, para la cuenca definida hasta el S.P. del embalse río Piedras. Con base en dicha figura se puede notar como la precipitación máxima de la cuenca alcanza los 1800 mm en el sector norte de la misma, mientras el mínimo es de 1300 mm y abarca la mayor porción de la cuenca. La precipitación media de la cuenca del embalse río Piedras es de 1443 mm hasta el S.P.

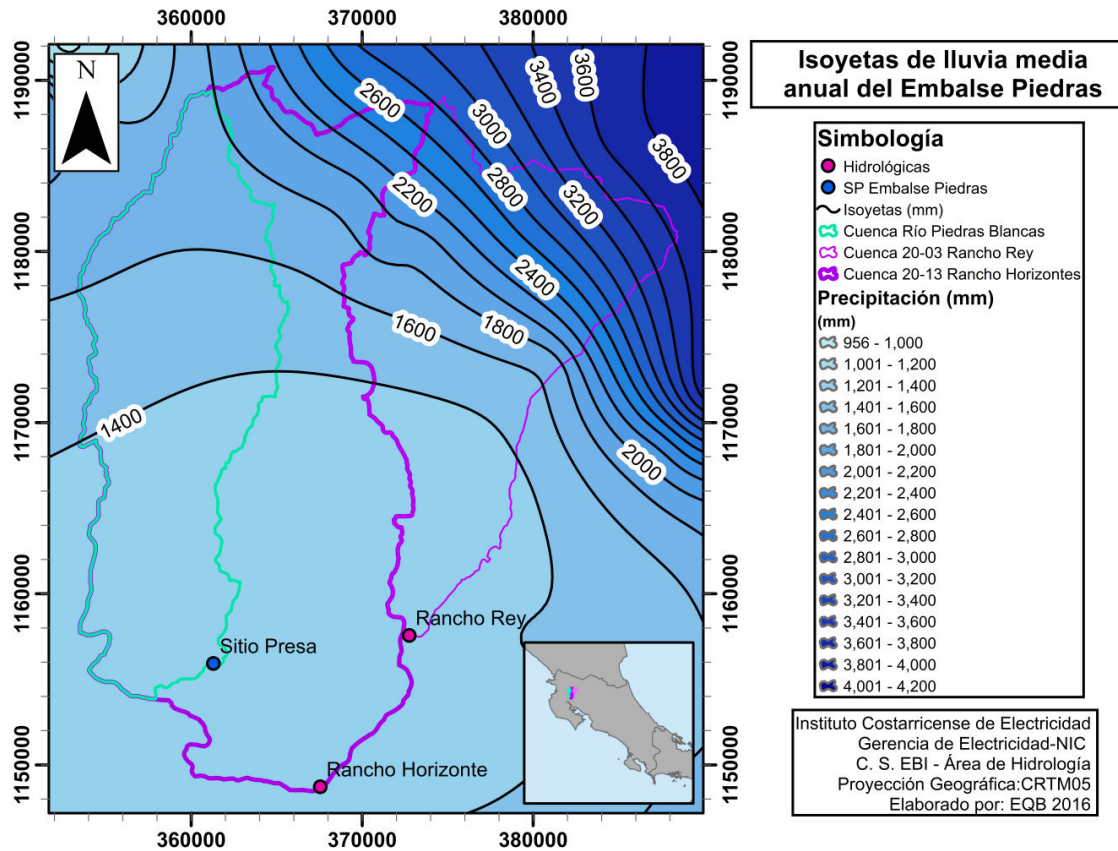


Figura n° 7. 38 Isoyetas medias anuales en mm en el área del embalse del río Piedras para el periodo de 1970-2015.

En el análisis de la distribución temporal de la precipitación se analizaron las estaciones 76026 Bagaces y 76033 Aguabal. La longitud de los registros de estas estaciones es muy diferente, ya que la estación 76033 Aguabal cuenta con datos de solamente 5 años, entre 2010-2015, y la estación 76026 Bagaces posee un registro de 42 años del periodo 1973-2015.

La figura n° 7.39 contiene las péntadas de las estaciones analizadas, donde se puede apreciar la péntada en la que los montos de precipitación superan los 25 mm en periodos de 5 días.

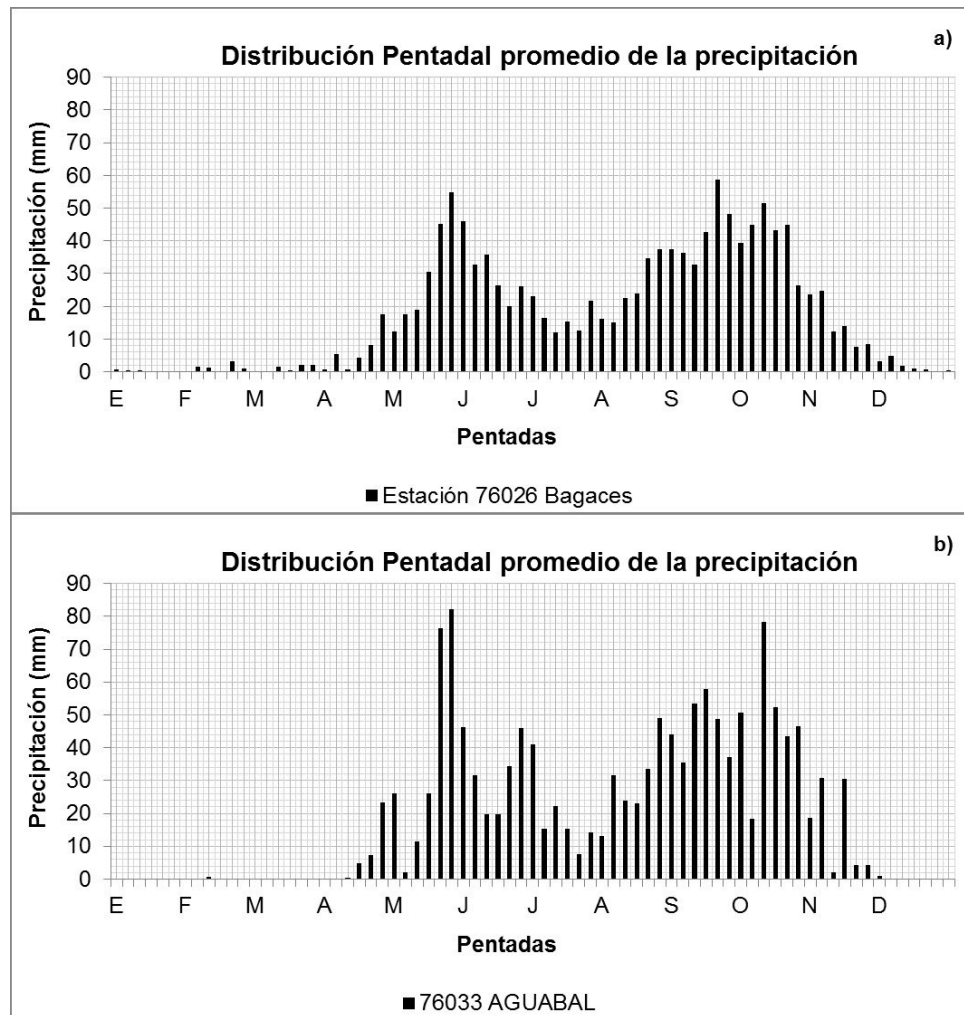


Figura n° 7. 39 Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona del P.H. Río Piedras Blancas, basado en las estaciones a) 76026 Bagaces y b) 76033 Aguabal.

El análisis pentadal indica el término de la época seca e inicio de la época lluviosa. En ambas estaciones, 76026 Bagaces y 76033 Aguabal, el establecimiento de la época lluviosa se cumple hasta en la péntada 28, es decir, hacia la penúltima semana del mes de mayo. Por otra parte, el análisis del inicio del periodo de época seca en las estaciones indicó que el periodo seco inicia en la estación 76026 Bagaces en la péntada 62, es decir, alrededor de la segunda semana de noviembre, y tres péntadas después en la estación 76033 Aguabal, aunque la precipitación desciende desde la péntada 61.

Ambas estaciones presentaron un importante descenso de los montos de precipitación en las péntadas 38-44 del año, es decir entre la segunda semana de julio y hasta la segunda semana de agosto. Este patrón es conocido como “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).

Como base para el análisis de años secos y húmedos se utilizó la estación 76026 Bagaces, por su cercana ubicación al S.P. y su extenso período de registro. En la figura n° 7.40 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 1973 hasta el 2009.

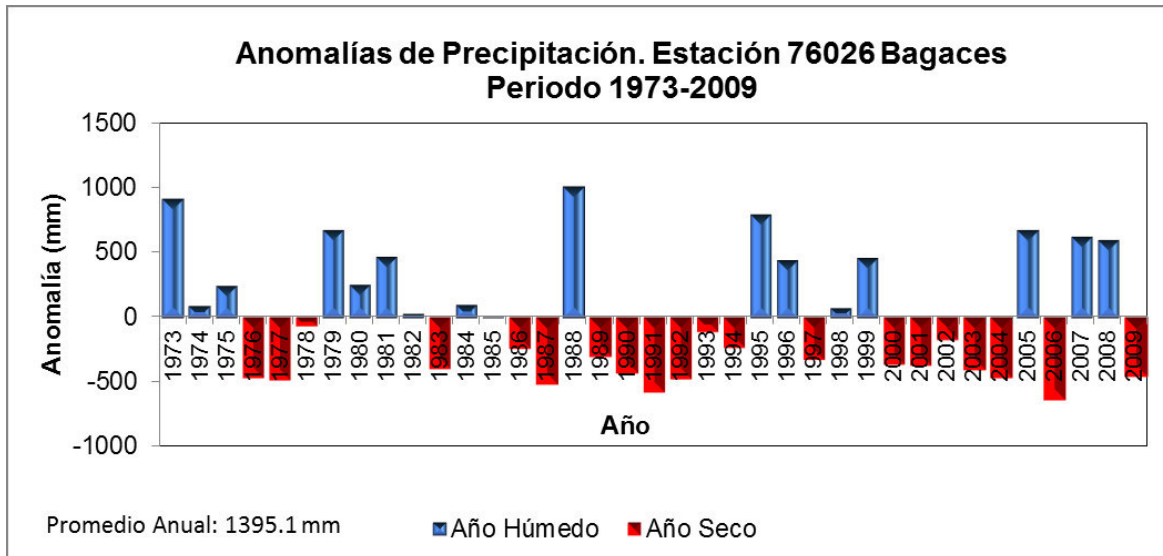


Figura n° 7. 40 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 76026 Bagaces durante el periodo 1973 al 2009.

En el gráfico de anomalías de precipitación se puede notar que se presentaron periodos secos y húmedos prolongados, como los años de 1978 a 1982 que fueron húmedos consecutivos con fase del ENOS neutral, y los periodos de 1989 a 1992 y del 2000 al 2004, que fueron años secos consecutivos, asociados a diversas fases del ENOS, predominando las fases de El Niño. En la mayoría de los años húmedos se presentaron condiciones de La Niña. Del análisis de años secos y húmedos, también se pudo identificar que con respecto a los episodios El Niño-Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) se presenta en la estación una alta correspondencia de anomalías negativas de la precipitación en años de El Niño (ENOS en fase cálida) y anomalías positivas de la precipitación en años que se presentó La Niña (ENOS en fase fría) y en los periodos con ausencia del ENOS (años neutrales).

7.4.1.3 Temperatura en la zona del embalse

En cuanto al análisis de la variable temperatura se utilizó la información de la estación 76026 Bagaces, la cual se encuentra a una elevación de 95 m.s.n.m., y cuenta con datos del periodo 1983-2015. En la figura n° 7.41 se observa la variación de la temperatura promedio mensual registrada en la estación Bagaces, donde se observa un máximo de 29,5 °C en el mes de abril, y un mínimo de 26,2 °C en octubre. Estas variaciones son las asociadas el ciclo anual de calentamiento y enfriamiento con las épocas seca y lluviosa de la zona.

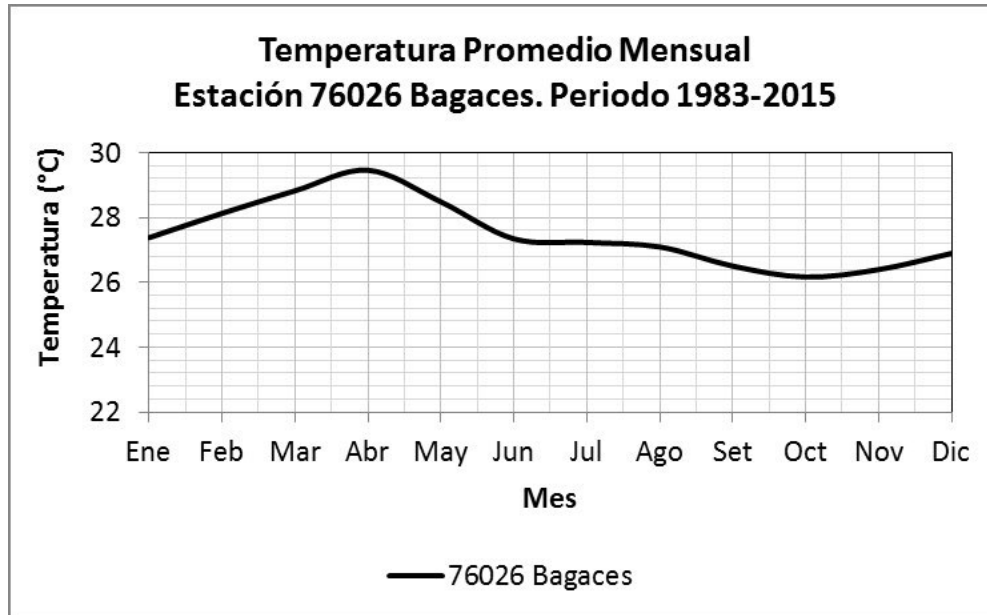


Figura n° 7. 41 Temperaturas promedio mensuales de la estación 76026 Bagaces, en °C. Periodo 1983-2015.

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 por lo que no se conoce el comportamiento de la temperatura en otros sectores de la cuenca. A lo largo del año las variaciones de temperatura en una misma estación no son muy marcadas, los meses más cálidos son de marzo a mayo, mientras que las menores temperaturas se dan entre octubre y enero.

En la figura n° 7.42 se muestra la variación mensual de la temperatura mínima y máxima absolutas en la cuenca del embalse del río Piedras, según los datos de la estación 76026 Bagaces para el período de 1979-2015. Las temperaturas máximas absolutas oscilan en el rango de 37 a 29 °C y las temperaturas mínimas absolutas oscilan entre los 20 y los 28 °C.

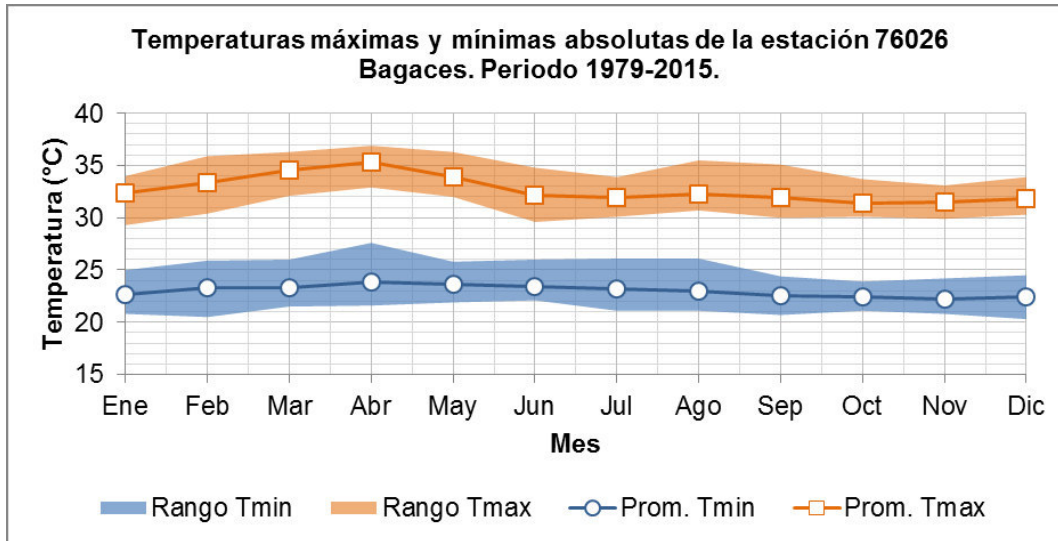


Figura n° 7. 42 Rangos de temperaturas máximas y mínimas absolutas (°C) de la estación 76026 Bagaces, periodo 1979-2015

7.4.1.4 Humedad relativa en la zona del embalse

Para el análisis de la humedad relativa se utilizaron los datos de la estación 76026 Bagaces, para el periodo 1981-2015. En el cuadro n° 7.13 se muestran los valores medios mensuales, y en la figura n° 7.43 se muestran estos mismos datos en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 13 Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 76026 Bagaces localizada al este de la cuenca del P.H. Río Piedras Blancas

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual (%)
76026 Bagaces	65	62	60	61	73	82	80	82	85	86	80	72	74

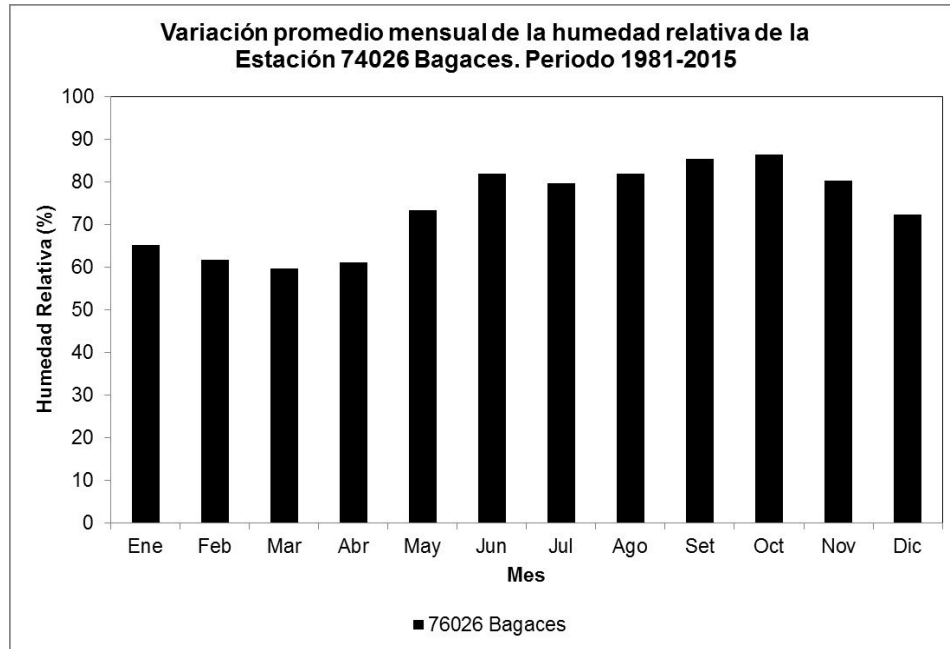


Figura n° 7. 43 Humedad relativa promedio mensual de la estación 76026 Bagaces, periodo 1981-2015.

Se observa como el patrón en la estación 76026 Bagaces indica que el máximo de humedad relativa de 86% ocurre en el mes de octubre, el cual coincide con el mes más lluvioso de la estación húmeda, y el mes con menor porcentaje de humedad corresponde a marzo con 60%. El valor promedio anual de humedad relativa es de 74%. 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, el embalse del río Piedras 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 embalse

En cuanto a las mediciones de viento no se cuenta con información dentro de la cuenca de estudio. La estación más cercana es la 76026 Bagaces que sí cuenta con estas mediciones para el período del 2001 al 2015. Dicha estación se consideró representativa del área de estudio, ya que se encuentra en la misma dirección del flujo predominante. El análisis se

complementó con otras estaciones cercanas que también poseen este tipo de datos, pero si se requirieran mayores detalles para el diseño de alguna estructura en el S.P., se necesitaría instalar una estación más cercana a este sitio.

En la figura n° 7.44 se presentan los patrones de variación mensual de la velocidad del viento registrada por la estación 76026 Bagaces, de donde se destaca que a lo largo del año las velocidades fueron más altas entre diciembre y abril, cuando alcanzan 4.5 m s⁻¹. Entre mayo y noviembre los valores se mantienen entre 1,3 y 2,4 m s⁻¹.

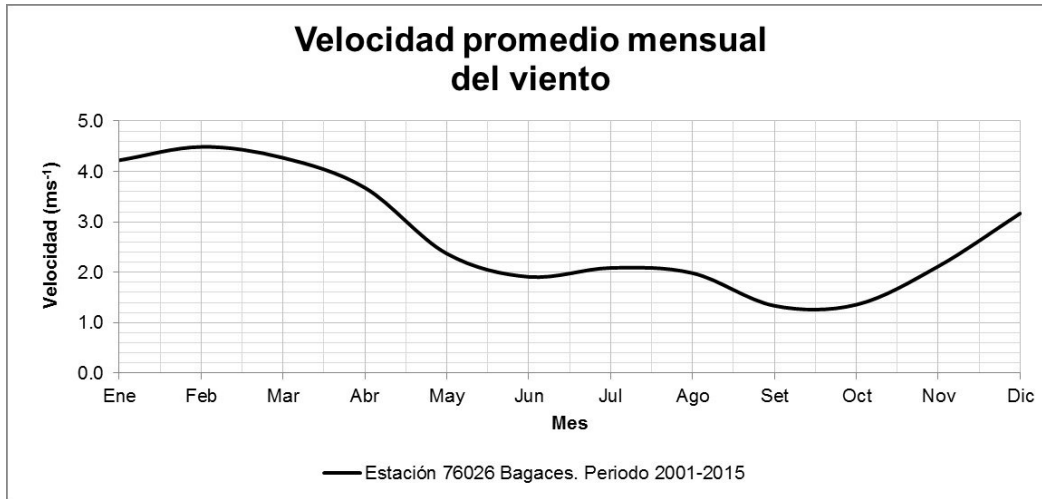


Figura n° 7. 44 Velocidad promedio mensual (m s⁻¹) del viento en la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2015.

En la figura n° 7.45 se muestra la dirección y las frecuencias relativas del viento registradas en la estación Bagaces, donde se observa que la mayor frecuencia de vientos sucede en la dirección este noreste, que son característicos del patrón general de circulación de la atmósfera del Pacífico Norte del país.

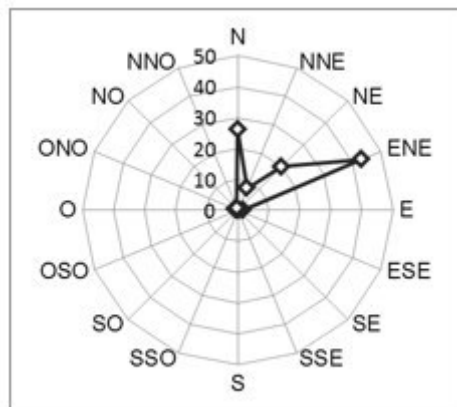


Figura n° 7. 45 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.

En conclusión, del conjunto de estaciones analizadas se consideró, que, con base en la distribución de frecuencias de dirección de viento, la estación 76026 Bagaces es la que

mejor podría aproximar el patrón de vientos que eventualmente se percibiría en el embalse del río Piedras. De esta forma, los valores promedio mensuales de intensidad y dirección predominante en dicha estación se muestran en el cuadro n° 7.14 Además, la distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento a nivel mensual, se presenta en la figura n° 7.46

Cuadro n° 7. 14 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2015

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Se t	Oc t	Nov	Dic
Velocidad (m s⁻¹)	4,2	4,5	4,3	3,7	2,4	1,9	2,1	2,0	1,3	1,4	2,1	3,2
Dirección Predominante	EN E	EN E	EN E	EN E	EN E	EN E	EN E	EN E	N	N	EN E	EN E

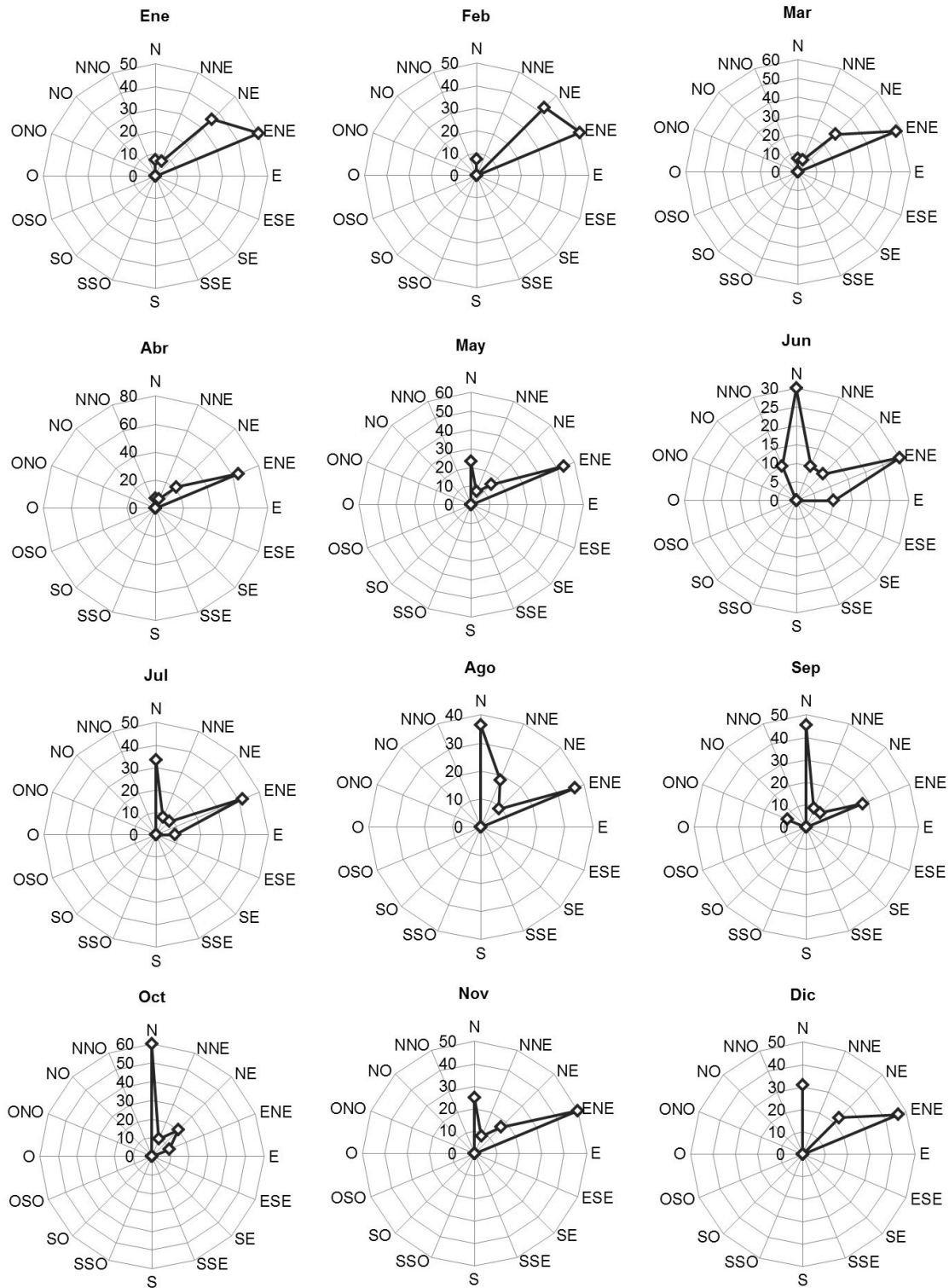


Figura n° 7. 46 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 76096 Bagaces. Periodo 2001-2015.

7.4.1.6 Radiación Solar en la zona del embalse

Dentro de la cuenca del embalse del río Piedras no se tiene ninguna estación meteorológica que mida la radiación solar, por tal motivo fue necesario utilizar los registros de la estación 76026 Bagaces para el periodo de 2001 a 2015. A pesar que la estación Bagaces está fuera de la cuenca de estudio y a una mayor elevación que el S.P., los valores de radiación pueden servir como referencia para el sitio de interés, en el entendido que, si se requiere mayor certeza sobre la variación de éste parámetro, se deberá instalar una estación meteorológica para tal efecto.

En general, debido a su posición ecuatorial y tropical, Costa Rica presenta valores altos de radiación solar. Esta condición se intensifica durante los periodos equinocciales (marzo y setiembre), producto de la incidencia de la radiación en un ángulo más perpendicular, así como durante los meses de menor cobertura nubosa. De esta forma, se presenta un primer máximo, entre marzo y abril, periodo de época seca y la llegada del equinoccio de primavera. Posteriormente, se registra un segundo máximo, pero de menor intensidad por ser época lluviosa, en los meses de setiembre y octubre, debido al equinoccio de otoño.

Regularmente, los valores más altos de radiación solar global se presentan durante los meses de época seca y los valores más bajos en los meses de época lluviosa, debido a los patrones de nubosidad de la zona, ya que, a mayor cobertura de nubes, menor es la incidencia de radiación solar en la superficie.

En cuanto al patrón de variación, los valores más elevados de radiación solar global se presentaron en marzo con 26 MJ m^{-2} , y los valores más bajos se presentaron en el mes setiembre siendo de 14 MJ m^{-2} , como se muestra en la figura n° 7.47.

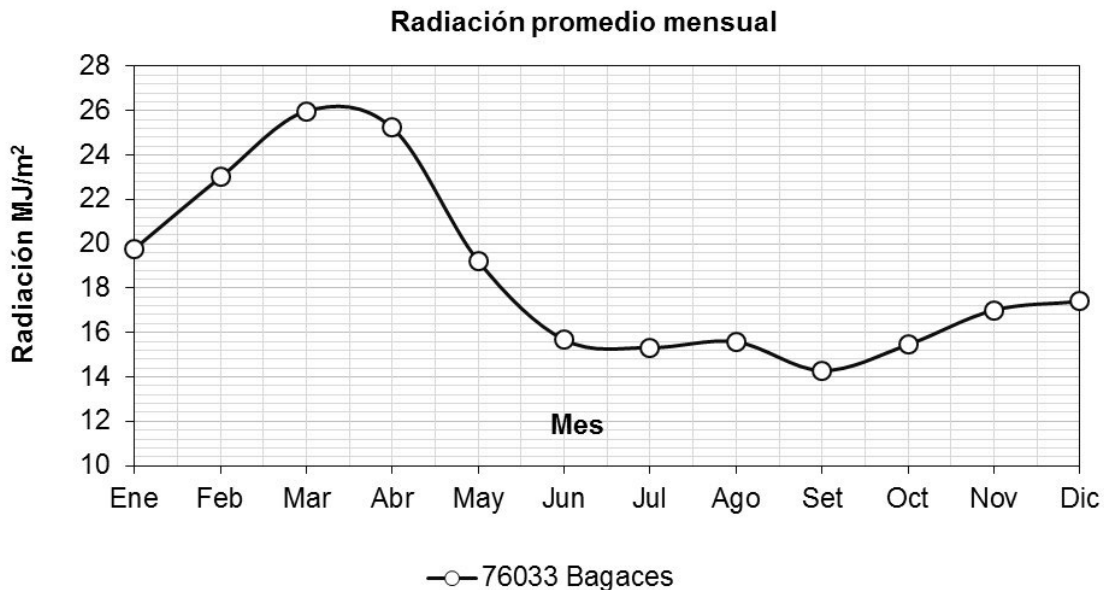


Figura n° 7. 47 Radiación solar promedio mensual en las estaciones 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.

7.4.1.7 Evapotranspiración en la zona del embalse

Existen distintos métodos para calcular la evapotranspiración y la cobertura vegetal del suelo, pero su aplicación está limitada por el tipo de registro de datos con que se cuenta para una cuenca determinada. Cuando no se cuenta con mediciones directas de las pérdidas reales de agua por evapotranspiración de suelos y vegetación es necesario considerar métodos indirectos que involucran las variables climatológicas tales como temperatura, radiación solar, humedad del aire y viento. De acuerdo con UNESCO (2007), la evapotranspiración promedio anual de Costa Rica es de 996 mm. Asimismo, la distribución espacial de la evapotranspiración de referencia anual en la vertiente del Pacífico Norte varía entre 1350 mm en la zona alta de la cordillera de Guanacaste hasta 1950 mm en la parte baja de la región central.

7.4.1.8 Evapotranspiración del cultivo de referencia

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO, 2006) la evapotranspiración de referencia (ET_0) se define como:

“... la evapotranspiración de un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23. La superficie de referencia es muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo. La resistencia superficial fija de 70 s m^{-1} implica un suelo moderadamente seco que recibe riego con una frecuencia semanal aproximadamente”. (p. 15)

Se utilizó el método de radiación propuesto en Doorenbos y Pruitt (1990) para el cálculo de la ET_0 mediante la ecuación 7-1. En ésta, R_s es la radiación solar global promedio en MJ m^{-2} , T es la temperatura promedio en $^{\circ}\text{C}$ y ET_0 es la evapotranspiración de referencia estimada en mm, todas a escala mensual.

$$ET_0 = 0.0075 R_s T \quad 7-1$$

Por otra parte, dado que no se cuenta con registros de radiación solar dentro de la cuenca del embalse del río Piedras, se consideró utilizar los datos de la estación 76026 Bagaces, la cual se asume que de las estaciones existentes es la que se aproxima a las condiciones climáticas de la zona del embalse, sin embargo, como se explicó en el apartado de Radiación Solar, esta debe tomarse como un dato aproximado, que incluso podría ser conservador. En el cálculo de ET_0 se utilizaron las series mensuales de temperatura y radiación solar, del periodo 2001-2015 de dicha estación.

En el cuadro n° 7.15 y la figura n° 7.48 se muestra el patrón de variación mensual de la ET_0 calculado mediante la ecuación 7-1. Asimismo, la estimación de la ET_0 promedio anual es de 1369 mm.

Cuadro n° 7. 15 Patrón de variación mensual de la evapotranspiración de referencia (mm) en la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total Anual
ET ₀ (mm)	119	132	169	162	123	93	95	96	83	91	98	106	1369

Nota: ET₀ = evapotranspiración de referencia. Tomado de la base de datos del Área de Hidrología del Centro de Servicios de Estudios Básicos de Ingeniería.

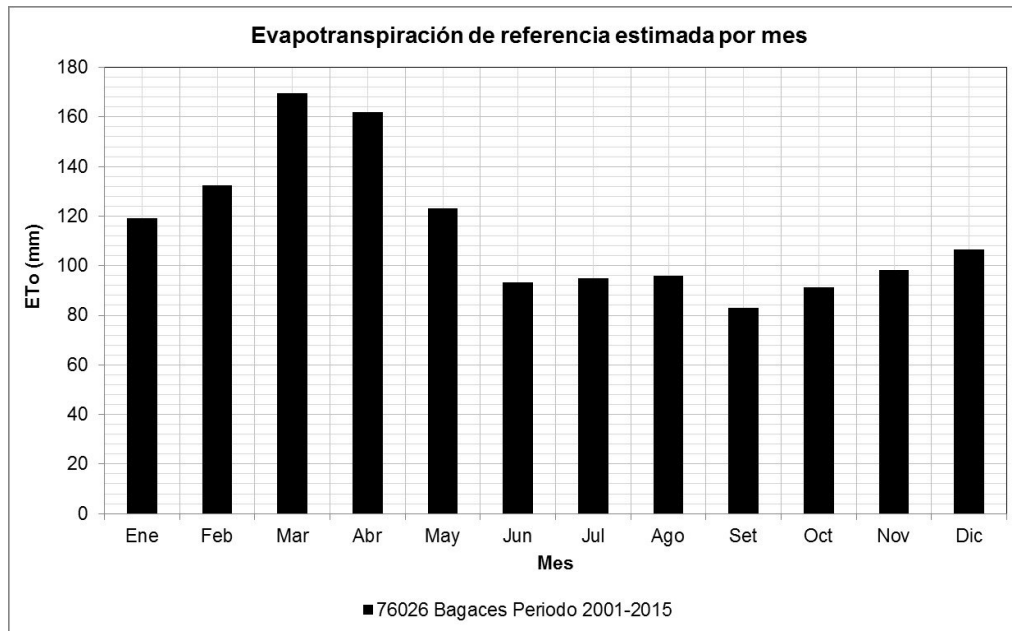


Figura n° 7. 48 Patrón de variación mensual de la evapotranspiración de referencia (mm) estimada a nivel mensual según los datos de la estación 76026 Bagaces, periodo 2001-2015.

7.4.1.9 Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar

Según la ecuación 7-2, la evapotranspiración del cultivo (ET_C) se calcula como el producto de la ET₀ y el coeficiente de cultivo (K_C) correspondiente a la zona de estudio (FAO, 2006).

$$ET_C = K_C ET_0 \quad 7-2$$

En el caso del embalse del río Piedras, el análisis de evapotranspiración correspondió a la zona de inundación. Dado que no se cuenta con información de buena calidad sobre el tipo de cobertura predominantemente en esta zona, para el cálculo de la ET_C se utilizó provisionalmente un valor de K_C de 0,8, correspondiente a cobertura boscosa y de pastos (Doorenbos y Pruitt, 1990). De esta forma, y según la ET₀ promedio anual estimada en el apartado anterior, se calculó la ET_C promedio anual para la zona del embalse en 1467 mm.

7.4.1.10 Horas Sol en la zona del embalse

Con respecto a la medición de la variable de horas sol o brillo solar se utilizó la estación 76026 Bagaces. Los datos usados fueron los del periodo de 1974-1989.

En la figura n° 7.49 se muestra la variación promedio mensual de las horas sol, donde se puede observar que los meses con mayor cantidad de horas sol son febrero y marzo, cuando alcanzan en promedio 10 horas sol diarias. Los meses con menor cantidad son junio y setiembre con un promedio de 5,2 horas sol al día.

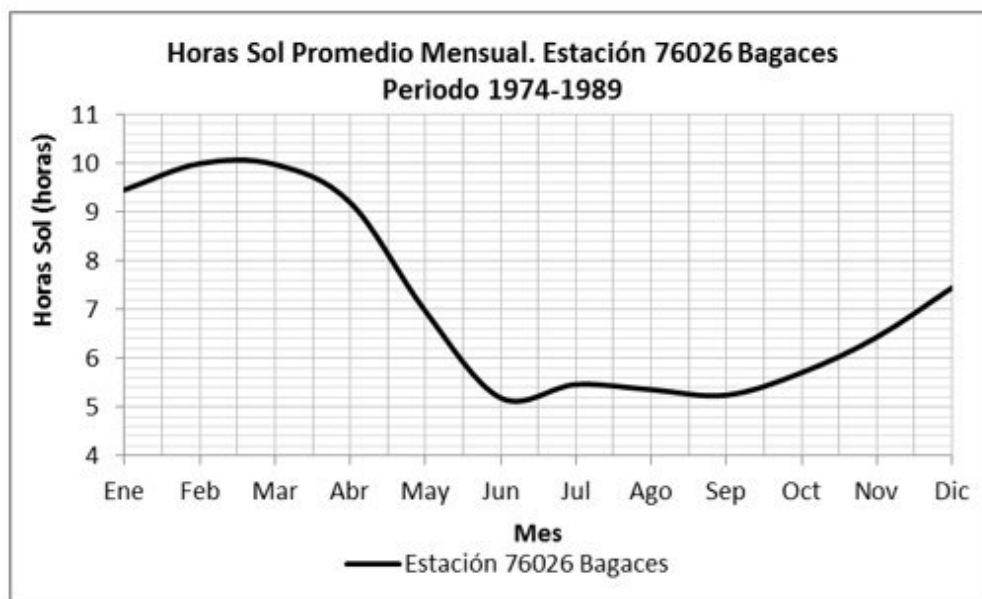


Figura n° 7. 49 Patrón de variación mensual de las horas sol registrado en la estación 76026 Bagaces, periodo 1974-1989.

En el gráfico anterior se observa bien marcado el aumento de horas sol al día en la época seca, de noviembre a abril, cuando se tiene la mínima cobertura nubosa y máxima radiación solar. Por el contrario, en los meses de época lluviosa, de mayo a octubre, se ve reflejado un descenso en la cantidad de horas sol al día. El promedio anual de la estación es de 7.2 horas sol al día.

7.4.2 Climatología de la zona del canal de conducción

Debido a su ubicación geográfica, el área donde se encuentra la zona donde se instalará el canal de conducción se caracteriza por presentar un régimen climático tipo Pacífico, con la misma descripción presentada para la zona del embalse.

El relieve del área del canal de conducción muestra elevaciones que van desde la mínima en 13 m.s.n.m. a su máxima de 30 m.s.n.m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, en la zona de análisis se distingue el siguiente tipo de clima:

Clima Tropical lluvioso y seco Aw'i: Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y medias de las regiones del pacífico norte entre el nivel del mar y los 500-800 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar una pronunciada estación seca durante el invierno boreal. El máximo de lluvia ocurre en el otoño, las temperaturas del mes más frío se mantienen sobre los 18° C, la oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es inferior a los 5° C.

7.4.2.1 Información disponible en la zona del canal de conducción

La información disponible en el área de estudio es limitada, los registros son muy cortos para un estudio climático completo en el que se requiere de al menos 30 años de datos, sin embargo, las estaciones en la cuenca dan una buena estimación climática, complementadas con estaciones ubicadas en cuencas vecinas.

En el cálculo de las isoyetas se utilizaron datos diarios de un total de 27 estaciones de la red de medición del ICE, y 11 del IMN, las mismas se listan en el cuadro n° 7.16.

De las estaciones disponibles se tomaron como referencia las dos más cercanas al canal de conducción, las cuales son: la 74038 Santa Cruz, ubicada a 30 km, y la 76026 Bagaces, ubicada a 16 km, ambas pertenecientes a la red del ICE. Estas estaciones son tipo B, y registran datos de temperatura, humedad relativa, viento y radiación, indispensables para el análisis de estas variables. En cuanto a la precipitación los análisis se realizan con la estación más cercana, que es la 74008 Pelón de la Bajura perteneciente a la red del IMN, la cual cuenta con un registro de 41 años. Las restantes estaciones meteorológicas se ubican en las cuencas vecinas, se utilizaron como información complementaria, necesaria para valorar la variabilidad atmosférica de la zona.

Los periodos de datos utilizados varían según la disponibilidad de información, por lo tanto, se indican en los apartados correspondientes a cada variable atmosférica. En el cálculo de las isoyetas no se utilizó un periodo común porque los registros quedarían muy cortos y se perdería información que se considera fundamental en este estudio.

Cuadro n° 7. 16 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología área de ubicación del canal de conducción para el sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras, coordenadas CRTM-05

Nombre	Código	LAT_NORTE	LON_ESTE	Elevación	Institución
69582	Guayabal	1193047	369746	506	ICE
69542	Naranjos Agrios	1165865	392370	581	ICE
69561	Sábalo	1171644	390511	935	ICE
69576	Bijagua	1186690	384826	451	ICE
76006	Tierra Morenas	1168819	387652	692	ICE
76013	Cerro San José	1148338	394555	619	ICE
74019	Hacienda Guachipelín	1189176	349227	535	ICE
74033	Borinquen Pozo 2	1196001	345885	687	ICE
74036	Las Pailas	1189552	350722	600	ICE
74038	Subestación Santa Cruz	1135584	328067	63	ICE
74042	Rincón de la Vieja	1191579	352368	775	ICE
74044	Borinquen Pozo 5	1197634	346213	827	ICE
76012	Hacienda Tenorio	1173263	381033	412	ICE
76021	El Chopo	1156711	381996	120	ICE
76020	Líbano	1153073	390168	269	ICE
76024	El Coyol	1159385	388090	439	ICE
76026	Bagaces	1165169	362643	95	ICE
76029	Río Naranjo	1180397	371679	466	ICE
76032	Valle del Viento	1165871	378639	232	ICE

Nombre	Código	LAT_NORTE	LON_ESTE	Elevación	Institución
76033	Aguabal	1170898	356986	121	ICE
76034	Fortuna	1180311	368245	433	ICE
76036	Cuipilapa	1180194	372985	492	ICE
76038	Subestación Cañas	1152738	376884	45	ICE
76040	Sandillal	1157327	379538	143	ICE
76044	C. Maquinas Miravalles	1183404	369456	629	ICE
76048	Casa Vieja	1173320	370735	250	ICE
76050	Pozo 29	1180396	371673	493	ICE
76060	Bebedero	1145320	368108	27	ICE
72101	Nicoya Extensión Agrícola	1122198	340850	120	IMN
72106	Santa Rora (Parque Nac.)	1198718	323096	315	IMN
72129	Murciélago	1205916	310862	35	IMN
74006	La Guinea	1152509	338676	40	IMN
74008	Pelón de la Bajura	1159792	345462	40	IMN
74020	Llano Grande, Liberia	1172336	331502	80	IMN
74021	Hacienda la Flor	1177618	332257	50	IMN
76016	Hacienda Mojica, Particular	1156025	372455	13	IMN
76041	Ingenio Taboga	1144139	370951	10	IMN
76045	Montezuma	1181339	382792	519	IMN
74003	Santa Cruz	1135664	326544	54	IMN

En la figura n° 7.50 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio climático de la zona del canal de conducción.

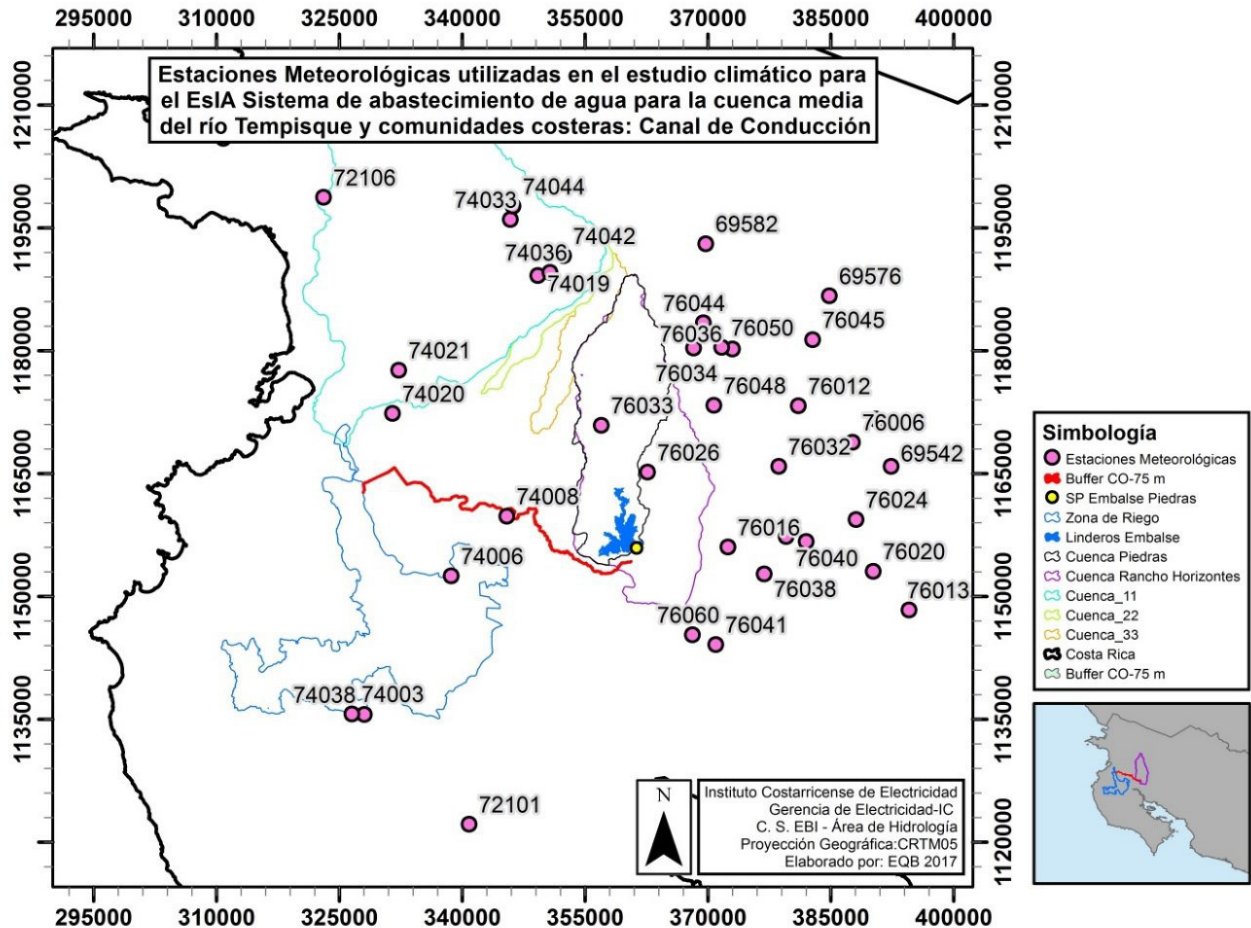


Figura n° 7. 50 Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático del área donde se ubicará el Canal de Conducción del EsIA del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.

7.4.2.2 Precipitación en la zona del canal de conducción

En la figura n° 7.51 se muestra la distribución espacial de la lluvia, mediante las isoyetas medias anuales, en mm, con datos que van desde el año 1960 al 2016. Con base en dicha figura se puede notar como la precipitación del área donde se ubicará el canal de conducción está definida en 1647 mm, tal y como lo indica el método de las isoyetas utilizado.

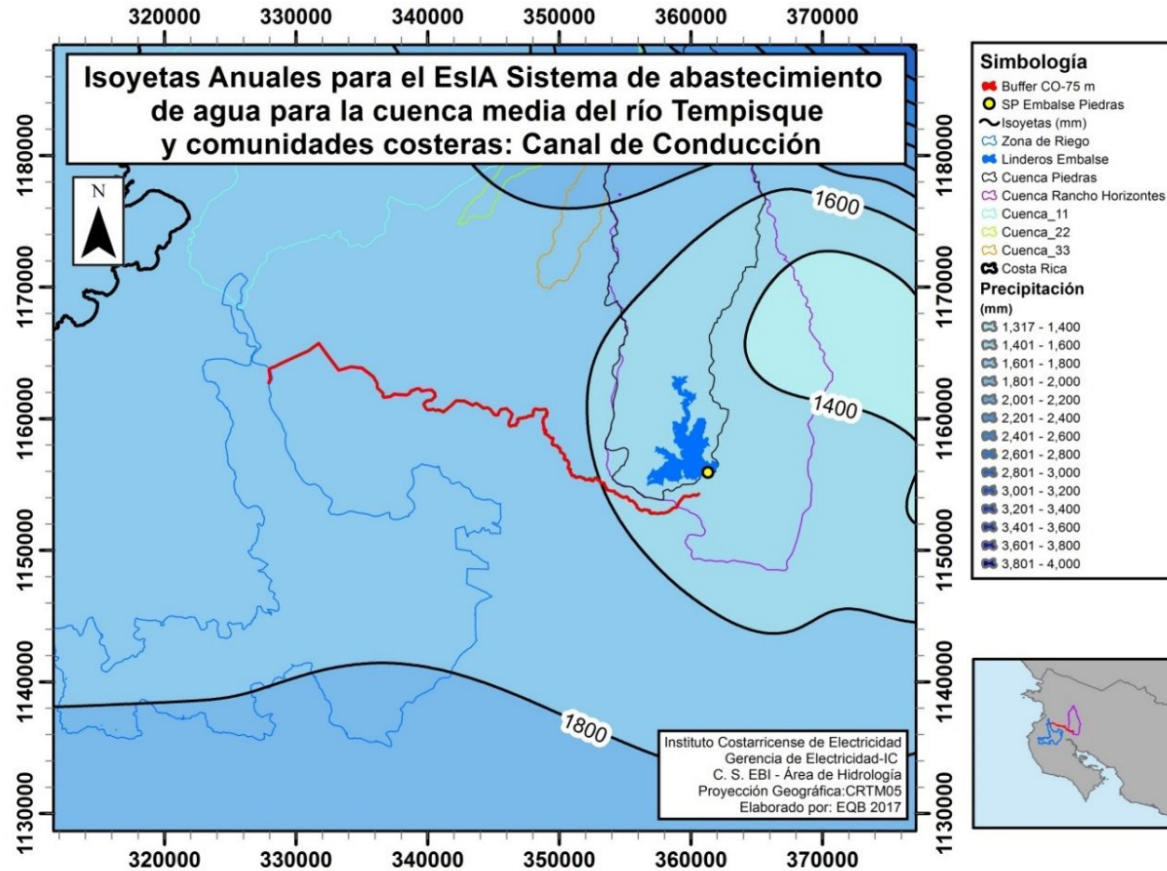


Figura n° 7. 51 Isoyetas medias anuales en mm del área donde se ubicará el canal de conducción del proyecto del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.

En el cuadro n° 7.17 se presentan los valores estimados de precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona, con el canal de conducción.

Cuadro n° 7. 17 Estimación de la precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona con el canal de conducción

Sitio de cruce	Lluvia areal media anual (mm)
Q. Barbudal	1602.7
Cabuyo	1640.5
Pijije	1672.0
Salto	1677.1
Zopilota	1687.6
El Morral	1680.7
Liberia	1671.9
Matapalo	1671.9
Tempisque	1680.4

Con respecto al análisis de la distribución temporal de la precipitación en la zona del canal de conducción se analizó la estación 74008 Pelón de la Bajura, la cual cuenta con datos de 41 años de entre 1970-2007. La figura n° 7.52 contiene las péntadas de la estación analizada, donde se puede apreciar la péntada en la que los montos de precipitación superan los 25 mm en periodos de 5 días, lo que indica el término de la época seca e inicio de la época lluviosa, esta condición se cumple hasta en la péntada 28, alrededor de la tercera semana de mayo, es decir que en esta zona se presenta el establecimiento de la época lluviosa hacia la penúltima semana del mes de mayo, se observó que puede darse una patrón de lluvias de más de 25 mm en la péntada 25 que corresponde a la primera semana de marzo.

Por otra parte, el análisis del inicio del periodo de época seca indicó que el periodo seco comienza en la estación 74008 Pelón de la Bajura en la péntada 63, es decir alrededor de la tercera semana de noviembre.

Se observa un importante descenso de los montos de precipitación en las pentadas 37 a la 41 del año, es decir entre la primera semana y última semana de julio. Este patrón es conocido como “veranillo” o “canículas”, la presencia de estos fenómenos está generalmente asociado a un incremento en la velocidad de los vientos alisios en el Mar Caribe, estos aumentan de intensidad como parte del fortalecimiento del Jet de Bajo nivel del oeste del Caribe, ampliamente descrito por Magaña, Amador y Medina (1999).

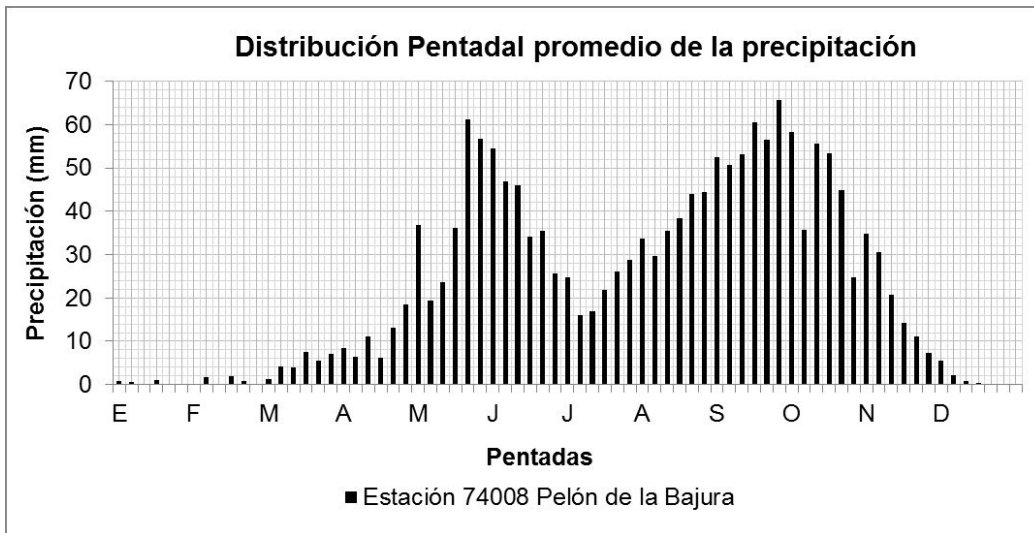


Figura n° 7. 52 Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona de riego del proyecto del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras, basado en la estación 74008 Pelón de la Bajura.

También se utilizó la estación 74008 Pelón de la Bajura como base para el análisis de años secos y húmedos, esta estación está ubicada geográficamente en el área donde se construirá el canal de conducción, se debe aclarar que este tipo de análisis se suele hacer solo para estaciones con registro largo de datos de precipitación de la zona de análisis y de preferencia registros que alcancen a la actualidad (2017) pero esta estación solo cumple con el registro largo el cual abarca de 1969-2007. De esta forma se presenta en la figura n°

7.53 el gráfico de anomalías (desviaciones con respecto al promedio) construidos con base en la serie de acumulados anuales de precipitación de dicha estación.

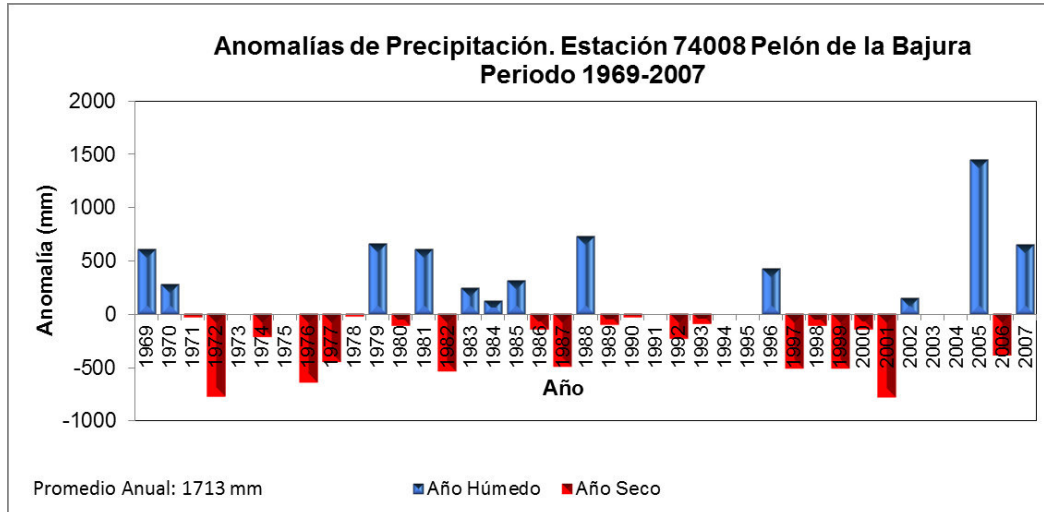


Figura n° 7. 53 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 74008 Pelón de la Bajura durante el periodo 1968-2007.

En la figura anterior se puede notar que se presentan algunos periodos secos y húmedos prolongados como los años del 1997 al 2001 que fueron secos consecutivos, en estos periodos con déficit se presentaron las diversas fases del ENOS, el año 1997 fue fase de El Niño, y de 1998 a 2001 fue fase de La Niña, mientras periodos como el 1969-1970 y 1983 al 1985 fueron húmedos, con alternancia de fases del ENOS, sin embargo el análisis del resto de los años permitió identificar que en la mayoría de los años húmedos se presentaron condiciones de La Niña y en la mayoría de años secos se presentaba El Niño. En conclusión, el análisis de años secos y húmedos permitió identificar que las anomalías de lluvia anual con respecto a los episodios El Niño-Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), se logró apreciar que en la estación se presenta una alta correspondencia de anomalías negativas de la precipitación en años de El Niño (ENOS en fase cálida) y anomalías positivas de la precipitación en años que se presentó La Niña (ENOS en fase fría) y en los periodos con ausencia del ENOS (años neutrales) sin embargo no es una regla general a todos los años.

7.4.2.3 Temperatura en la zona del canal de conducción

En cuanto a la temperatura del área donde se ubicará el canal de conducción se utilizó la información promediada de las dos estaciones más cercanas con este tipo de datos disponibles, que son la estación 74038 Subestación Santa Cruz, con datos del periodo 2009-2016, y la estación 76026 Bagaces, con datos de 1992-2016, se calculó el promedio de ambas porque podría ser más representativo de la zona donde se construirá el canal de conducción.

En el cuadro n°7.18 y la figura n° 7.54 se presentan las temperaturas promedio mensuales de dichas estaciones, con las temperaturas registradas que exhiben la variación anual de la zona, se puede aproximar el valor esperado para el área del canal de conducción como el promedio de ambas estaciones, resultando en un máximo de 29,2°C en el mes abril y un

mínimo de 25,9°C en octubre, estas variaciones son asociadas al ciclo anual de calentamiento y enfriamiento producto de las épocas seca y lluviosa de la zona. 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 que en conjunto con otros factores definen microclimas, los cuales pueden generar variaciones de la temperatura entre puntos ubicados a una misma elevación, incluso en distancias pequeñas. 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.

Cuadro n° 7. 18 Temperatura (°C) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009- 2016	27,5	28,2	28,8	29,2	27,7	26,6	27,2	26,8	26,1	25,8	26,2	26,7	27,2
76026 Bagaces. Periodo 2010- 2016	27,2	27,9	28,6	29,2	28,2	27,1	27,2	27,1	26,5	26,0	26,3	26,8	27,3
Promedio de ambas estaciones	27,3	28,0	28,7	29,2	27,9	26,9	27,2	26,9	26,3	25,9	26,2	26,7	27,3

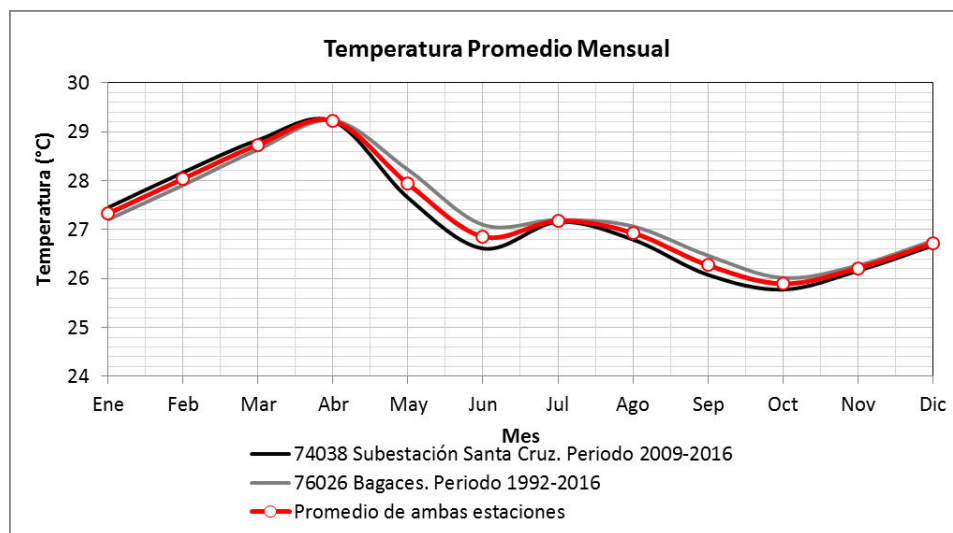


Figura n° 7. 54 Temperaturas promedio mensuales de las estaciones cercanas al canal de conducción, en °C.

Si bien es frecuente que en las cuencas de nuestro país se presenten microclimas estos no se pueden definir sin datos, se puede inferir que podrían presentarse por la presencia de algunos factores importantes en la formación de estos microclimas como variaciones del relieve, cuanto más quebrado es un terreno, mayor es la posibilidad de formación de microclimas. Además, la temperatura se ve afectada por la acción uniformadora del viento,

ya que se encarga de llevar aire frío a las zonas calientes y de mezclar todo lo que se encuentre entre el suelo y las capas inferiores de la atmósfera. Sin la acción del viento, el aire frío tiende a depositarse en el fondo de las concavidades como: valles, cauces de ríos, lagos y surcos del terreno. Frecuentemente la temperatura del aire en estas zonas desciende por debajo del punto de rocío y se producen condensaciones y nieblas. Por lo que al presentar la zona de estudio variaciones leves del relieve, es un área bastante plana, las variaciones de temperatura también deben ser leves.

Por otra parte, a lo largo del año las variaciones de temperatura en una misma estación, no son muy marcadas, los meses más cálidos son de marzo a mayo, mientras que las menores temperaturas se dan entre octubre y enero.

Además, en el caso de la variable temperatura, al igual que con lluvia, se contaba con suficiente información para la cobertura espacial en la zona, por lo que, para efectos de determinar la variación espacial en el trayecto del canal de conducción, se utilizó la climatología de temperatura. Esta interpolación permite tener una aproximación de referencia del patrón de la zona de interés.

En la figura n° 7.55 se muestra la temperatura media anual en la zona del canal de conducción, la cual varía de 26°C en el sector oeste del canal y de más de 28°C hacia este del canal.

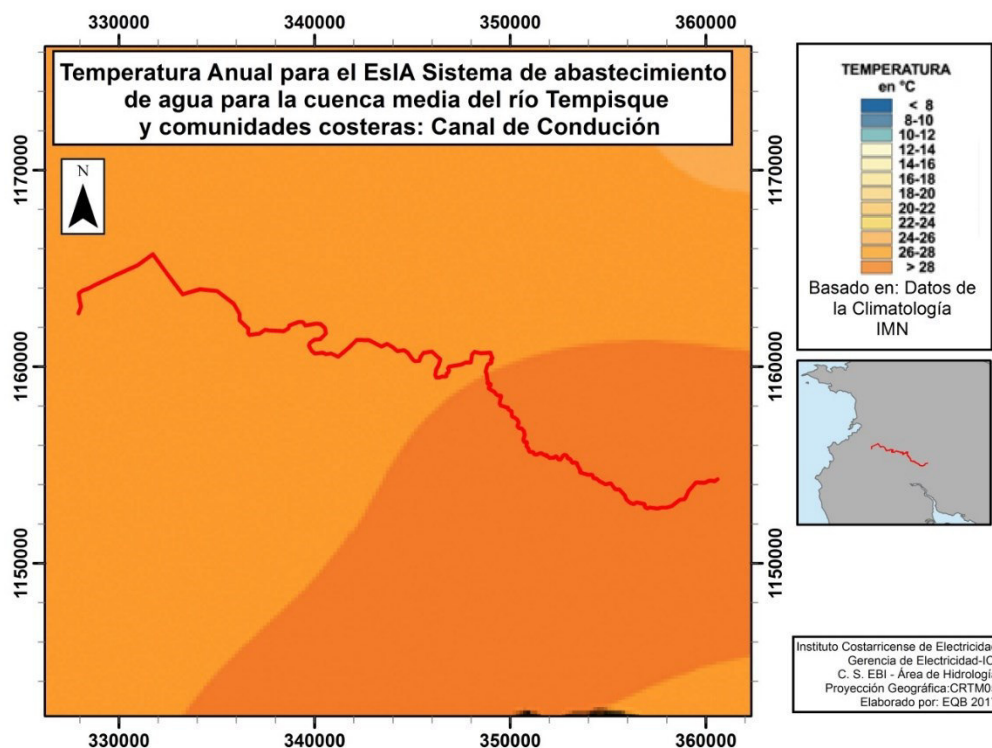


Figura n° 7. 55 Temperatura anual (°C) con datos del periodo 1961-1980, basado en el Atlas Climático 2009 del IMN.

7.4.2.4 Humedad relativa en la zona del canal de conducción

Para el análisis de la humedad relativa de la zona del canal de se utilizó la información de las estaciones más cercanas que son 74038 Subestación Santa Cruz, con datos del periodo 2009-2016, y la estación 76026 Bagaces, con datos del 2000-2016. Se calculó el promedio de ambas porque podría ser más representativo de la zona de estudio.

En el cuadro n° 7.19 y en la figura n° 7.56, se muestran los valores medios mensuales de humedad relativa, registrados en las estaciones mencionadas. Se observa como el patrón en la estación 74038 Subestación Santa Cruz indica el máximo de humedad relativa de 93% en el mes de octubre, con el máximo de lluvias de la época lluviosa, y el mes con menor porcentaje de humedad es marzo con 62% en la época seca. El promedio anual de dicha estación es de 80%. El promedio de ambas estaciones indicó un valor anual de 79%. 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.

Cuadro n° 7. 19 Humedad Relativa (%) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016	68	64	62	70	81	90	86	87	92	93	86	77	80
76026 Bagaces. Periodo 2010-2016	70	66	64	66	80	87	85	87	91	92	84	77	79
Promedio de ambas estaciones	69	65	63	68	81	89	85	87	91	92	85	77	79

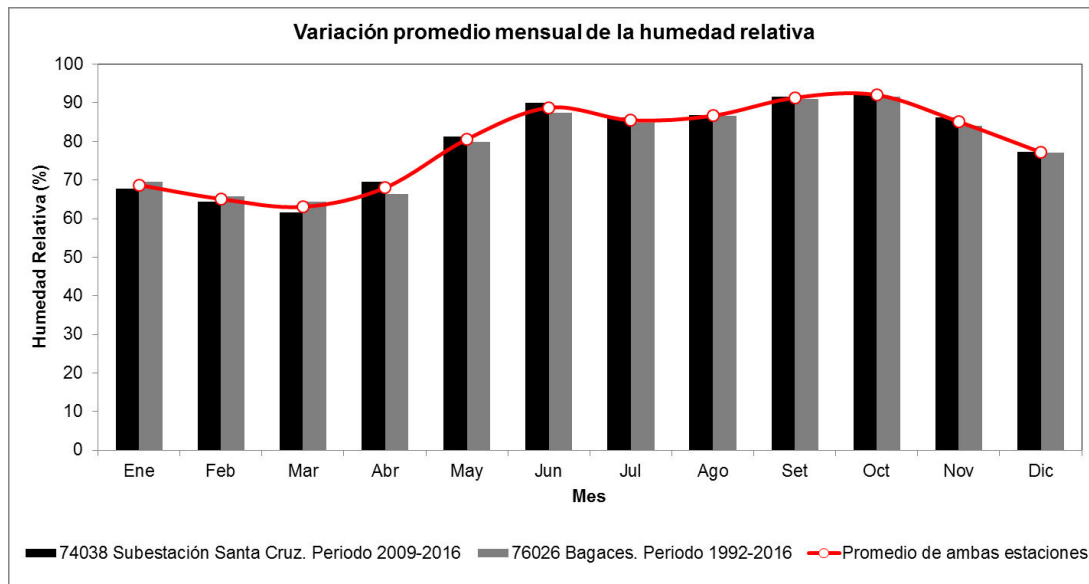


Figura n° 7. 56 Humedad relativa promedio mensual de las estaciones cercanas al canal de conducción.

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, el área donde se ubicará el canal de conducción del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras recibe el principal aporte de humedad desde el Océano Pacífico, un segundo y leve aporte proviene del Mar Caribe. La entrada de humedad a la zona depende de la intensidad de los vientos alisios es decir que el ingreso de humedad alcanza el país al ser transportada por los vientos alisios y 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.

Además, se aprecia una leve disminución de la humedad relativa en julio y agosto, producto de la influencia de “veranillos o canículas”.

7.4.2.5 Viento en la zona del canal de conducción

En cuanto a las mediciones de viento no se cuenta con información dentro del área del canal de conducción, por lo que se seleccionó únicamente la estación más cercana, la cual corresponde a la estación 76026 Bagaces, y se complementó el análisis con el estudio de otras estaciones vecinas. Los resultados de la estación 76026 Bagaces se consideraron representativos de toda la zona, por encontrarse en la misma dirección del flujo predominante.

En la figura n° 7.57 se presentan los patrones de variación mensual de la velocidad del viento registrada por la estación 76026 Bagaces, de donde se destaca que a lo largo del año las velocidades fueron más altas entre diciembre y abril, cuando alcanzan $4,5 \text{ m s}^{-1}$. Entre mayo y noviembre los valores se mantienen entre $1,3 - 2,4 \text{ m s}^{-1}$.

En cuanto a la dirección, las frecuencias relativas indicadas en la figura n° 7.58, muestran que la estación 76026 Bagaces presenta con mayor frecuencia vientos de dirección este-noreste, que son característicos del patrón general de circulación de la atmósfera del Pacífico Norte del país.

La distribución de frecuencias de dirección de viento de la estación 76026 Bagaces para cada mes del año se muestra en el cuadro n° 7.20. Las correspondientes distribuciones de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento a nivel mensual, se presenta mediante la figura n° 7.59.

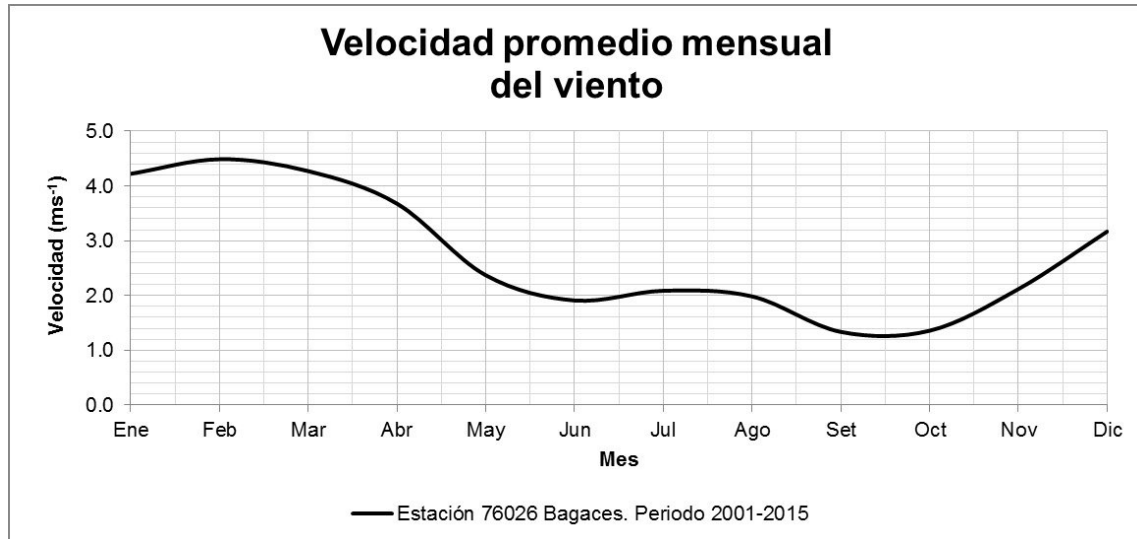


Figura n° 7. 57 Velocidad promedio mensual (m s⁻¹) del viento en la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2016.

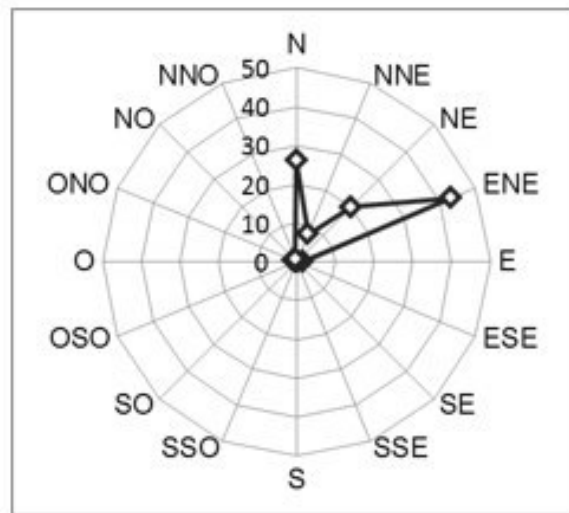


Figura n° 7. 58 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para las estaciones a) 76026 Bagaces, periodo 2001-2016.

Cuadro n° 7. 20 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 76026 Bagaces. Periodo 2001-2016.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Velocidad (m s⁻¹)	4,2	4,5	4,3	3,7	2,4	1,9	2,1	2,0	1,3	1,4	2,1	3,2
Dirección Predominante	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	N	N	ENE	ENE

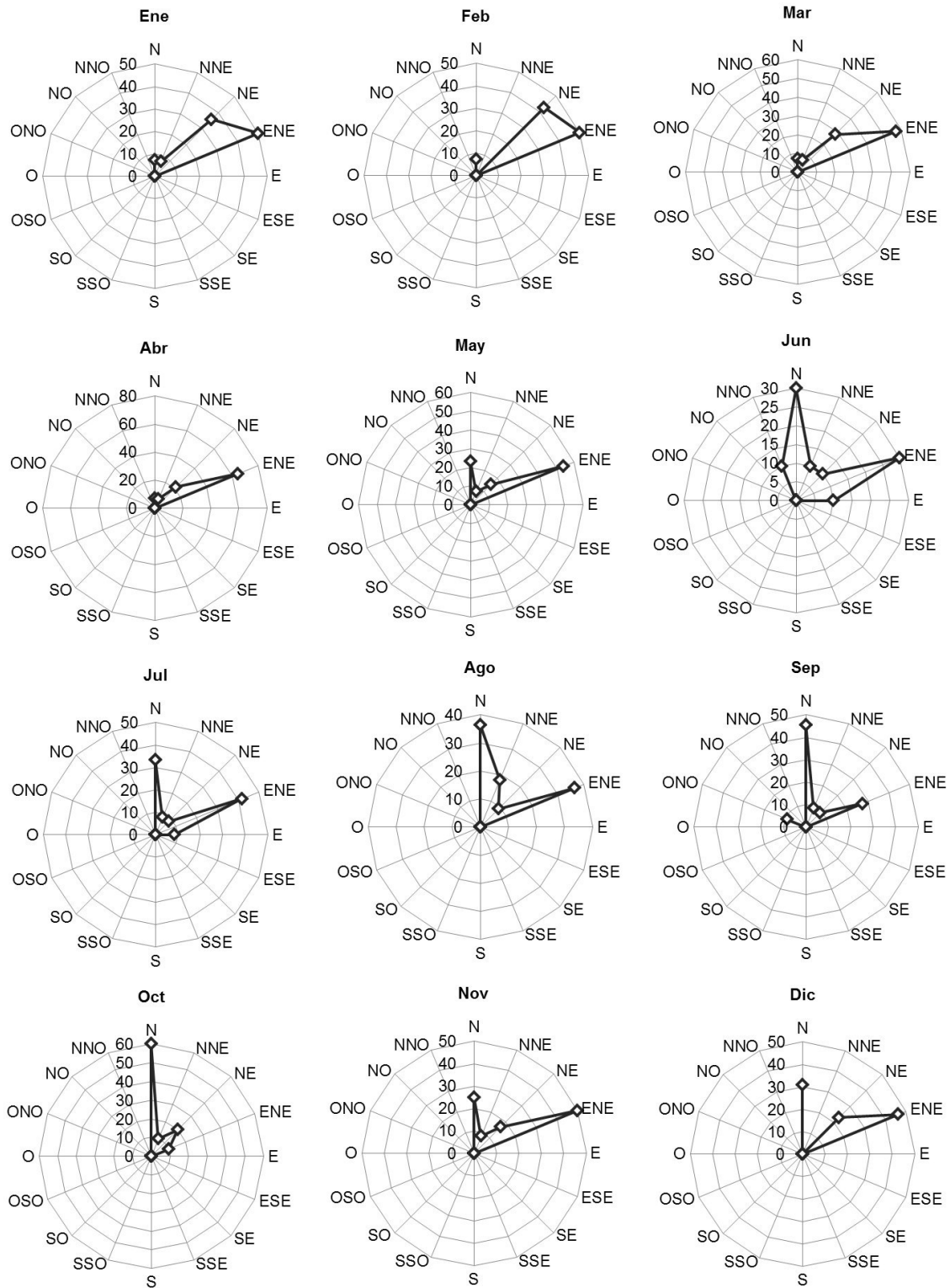


Figura n° 7. 59 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 76096 Bagaces. Periodo 2001-2016.

7.4.2.6 Radiación Solar en la zona del canal de conducción

En cuanto a la radiación solar del área donde se ubicará el canal de conducción se utilizó la información de las estaciones 74038 Subestación Santa Cruz, con datos del periodo 2009-2016, y la estación 76026 Bagaces, con datos de 2009-2015. Debido a la ubicación geográfica de las estaciones mencionadas se pueden considerar que la que mejor representa al área del canal de conducción es la 74038 Subestación Santa Cruz, esto asociado a la menor diferencia entre la elevación de la estación y la del área del canal de conducción,

En el cuadro n° 7.21 y en la figura n° 7.60 se muestran los datos a nivel mensual, de las estaciones mencionadas, y el valor promedio de ambas estaciones, el cual sirve como referencia, ya que la diferencia de elevación entre ambas estaciones es un factor muy importante, debido a que los puntos más elevados pueden recibir mayor radiación solar, así como zonas expuestas a menor cobertura nubosa, por lo que un valor promedio podría ser un dato más aproximado de la realidad de la zona de análisis.

Cuadro n° 7. 21 Radiación Global Horizontal (MJ/m²) mensual de las estaciones meteorológicas más cercanas al canal de conducción.

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009- 2016	20,6	22,9	24,5	21,7	19,0	16,8	18,7	18,5	18,0	15,7	17,5	18,0	20,6
76026 Bagaces. Periodo 2010- 2016	19,8	23,0	26,0	25,2	19,2	15,7	15,3	15,6	14,3	15,5	17,0	17,4	19,8
Promedio de ambas estaciones	20,2	22,9	25,2	23,5	19,1	16,2	17,0	17,0	16,1	15,6	17,2	17,7	20,2

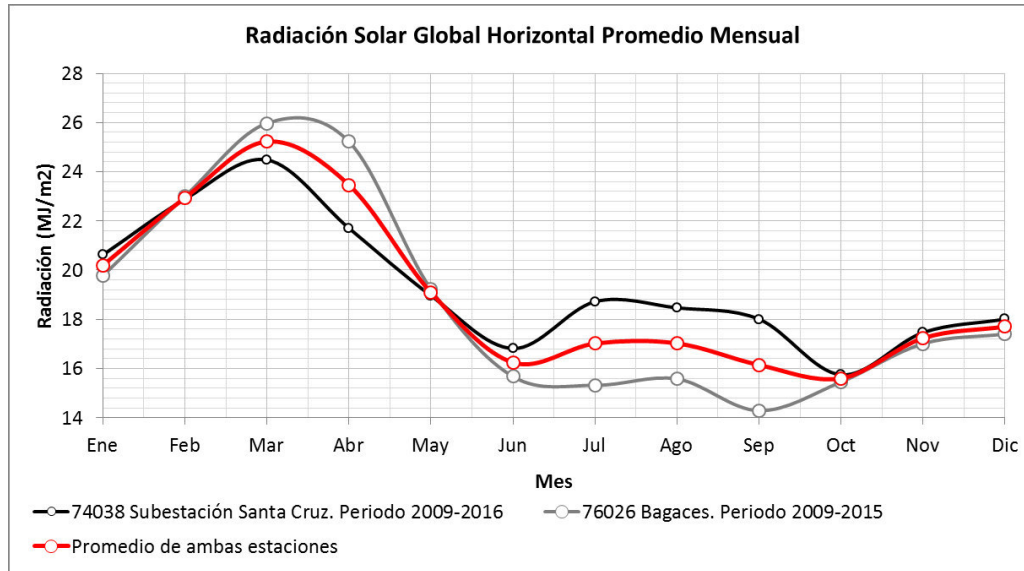


Figura n° 7. 60 Radiación solar promedio mensual en las estaciones cercanas al canal de conducción.

En general, debido a su posición ecuatorial y tropical, Costa Rica presenta, valores altos de radiación solar. Esta condición se intensifica durante los periodos equinocciales (marzo y setiembre), producto de la incidencia de la radiación en un ángulo más perpendicular, así como durante los meses de menor cobertura nubosa. De esta forma, se presenta un primer máximo, entre marzo y abril, periodo de época seca y la llegada del equinoccio de primavera. Posteriormente, se registra un segundo máximo, pero de menor intensidad por ser época lluviosa, en setiembre, debido al equinoccio de otoño.

Regularmente, los valores más altos de radiación solar global se presentan durante los meses de época seca y los valores más bajos en los meses de época lluviosa, debido a los patrones de nubosidad de la zona, ya que, a mayor cobertura de nubes, menor es la incidencia de radiación solar en la superficie.

En cuanto al patrón de variación, a escala mensual, los valores más elevados de radiación solar global promedio de las dos estaciones se presentan en el mes de marzo, en la estación 74038 Subestación Santa Cruz alcanzan los 24,5 MJ m⁻². Los valores más bajos se presentaron en el mes setiembre siendo de 15,7 MJ m⁻². El promedio anual es de 20,6 MJ m⁻².

7.4.3 Climatología de la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque

Debido a su ubicación geográfica, el área donde se encuentra la zona de riego se caracteriza por presentar un régimen climático tipo Pacífico, con la misma descripción presentada para la zona del embalse y la zona de la conducción.

El relieve del área de riego muestra elevaciones que van desde la mínima en 2 m.s.n.m., a su máxima de 983 m.s.n.m., lo cual puede originar diversos tipos de clima en distancias relativamente cortas. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, en la zona de análisis se distinguen los siguientes tipos de clima:

Clima Tropical lluvioso y seco Aw'i: Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y medias de las regiones del pacífico norte entre el nivel del mar y los 500-800 m.s.n.m. presentándose entre estas elevaciones para la cuenca en estudio. Se caracteriza por presentar una pronunciada estación seca durante el invierno boreal. El máximo de lluvia ocurre en el otoño, las temperaturas del mes más frío se mantienen sobre los 18° C, la oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es inferior a los 5° C.

7.4.3.1 Información disponible en la zona de riego

La información disponible en el área de estudio es limitada, los registros son muy cortos para un estudio climático completo en el que se requiere de al menos 30 años de datos, sin embargo, las estaciones en la cuenca dan una buena estimación climática, complementadas con estaciones ubicadas en cuencas vecinas.

En el cálculo de las isoyetas se utilizaron datos diarios de un total de 27 estaciones de la red de medición del ICE, y 11 del IMN, las mismas que se utilizaron para la zona de la conducción, las cuales fueron listadas en el cuadro n° 7.16. La estación 74003 Santa Cruz, del IMN, se encuentra dentro de la zona de estudio, y la 74038 Santa Cruz, del ICE, se ubica muy cerca del borde sur de la cuenca. La estación del IMN tiene una longitud de registro amplio, lo que fue muy útil en los análisis de precipitación. La estación del ICE es tipo B, y registra datos de temperatura, humedad relativa, viento y radiación, indispensables para el análisis de estas variables. Las restantes estaciones meteorológicas se ubican en las cuencas vecinas, y se utilizaron como información complementaria, para valorar la variabilidad atmosférica de la zona. La ubicación geográfica de las estaciones se muestra en la figura n° 7.61.

Los periodos de datos utilizados varían según la disponibilidad de información, por lo tanto, se indican en los apartados correspondientes a cada variable atmosférica. No se utilizó un periodo común porque los registros quedarían muy cortos y se perdería información que se considera fundamental en este estudio.

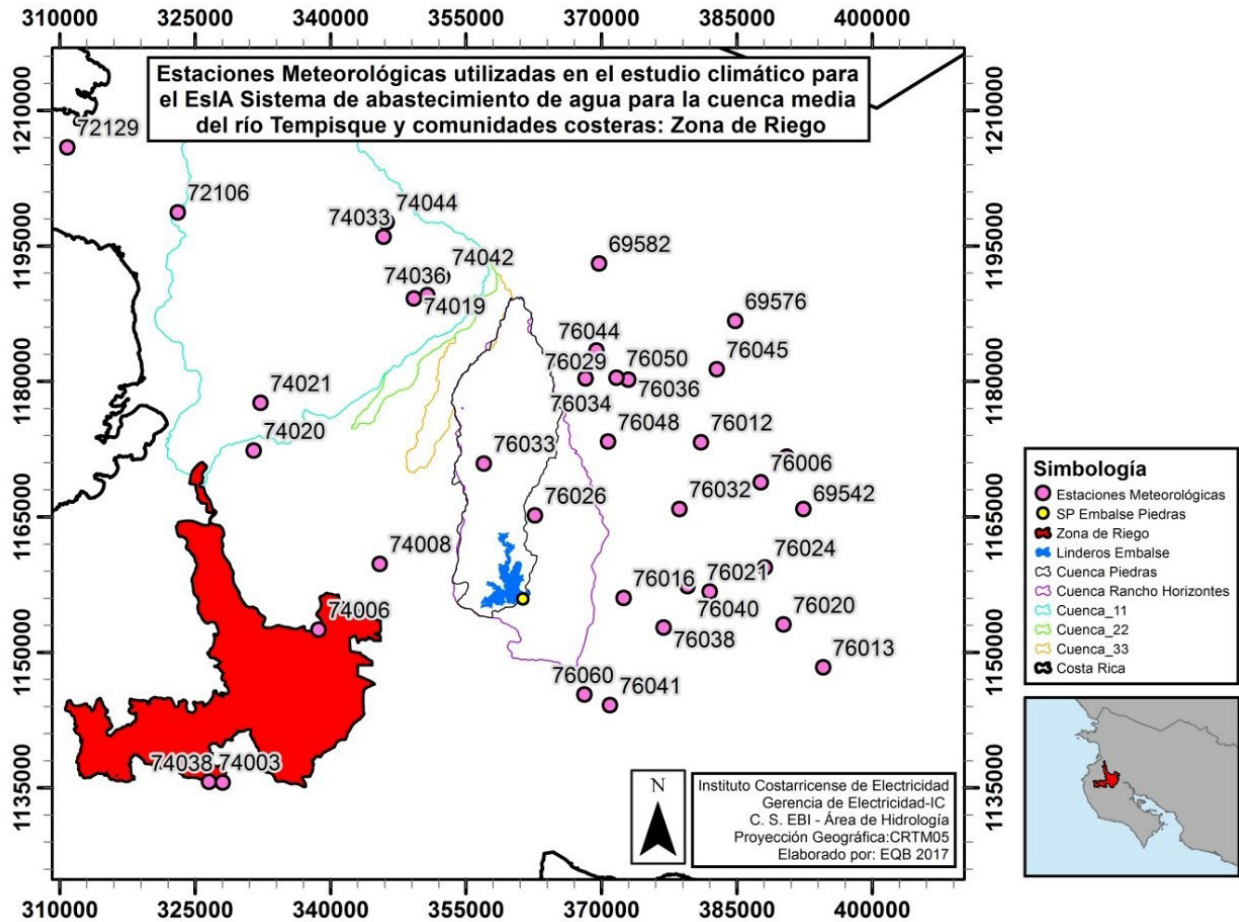


Figura n° 7. 61 Estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático para la Zona de Riego del EsIA del Sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.

7.4.3.2 Precipitación en la zona de riego

En la figura n° 7.62 se muestra la distribución espacial de la lluvia mediante las isoyetas medias anuales, en mm, para el periodo 1970-2016 en la zona de riego. Con base en dicha figura se puede notar como la precipitación de esta zona tiene un valor máximo de 1800 mm, hacia el sur de la misma.

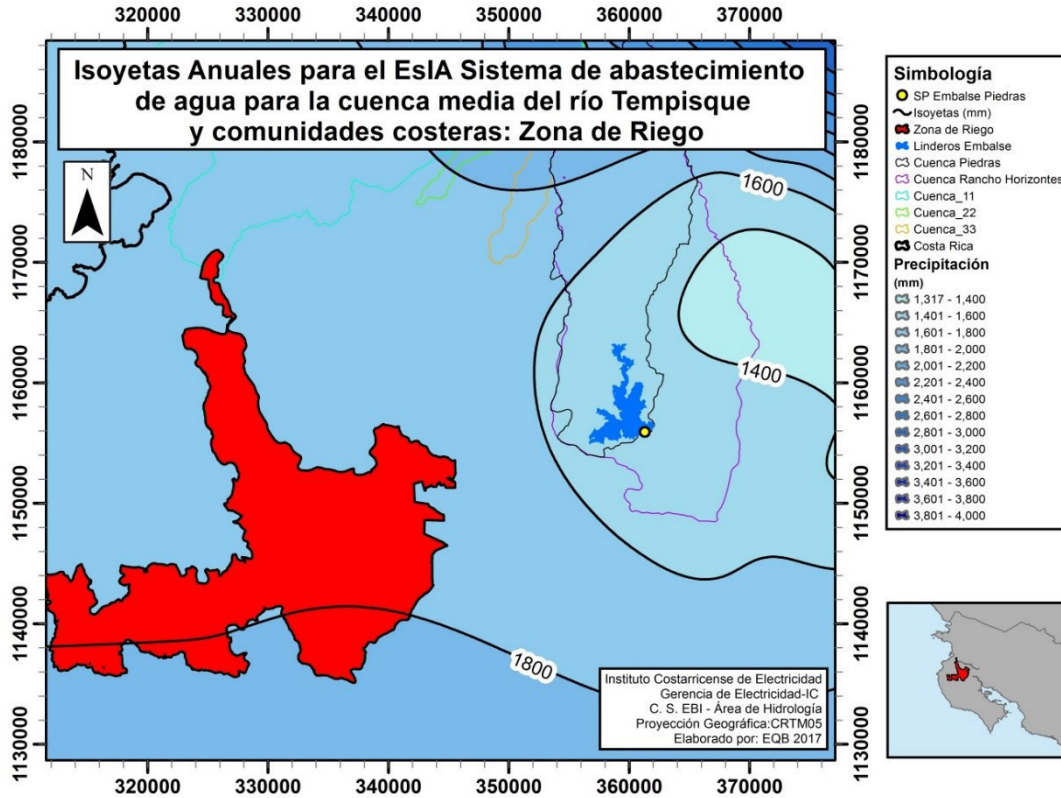


Figura n° 7. 62 Isoyetas medias anuales en mm en la zona de riego del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras.

En el cuadro n° 7.22 se presentan los valores estimados de precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona, con los canales de riego.

Cuadro n° 7. 22 Estimación de la precipitación media areal en los sitios de cruce de los principales ríos de la zona con los canales de riego.

Sitio de cruce	Lluvia areal media anual (mm)
Las Palmas	1700.3
Belén	1750.8
Cañas	1792.2
Diriá	1813.9
Charco	1794.1
Bolsón	1743.9

En el análisis de la distribución temporal de la precipitación en la zona de riego se utilizó la estación 74003 Santa Cruz, la cual tiene datos de 45 años de entre 1950-1995. La figura n° 7.63 muestra las péntadas de dicha estación, donde se puede apreciar la péntada en la que los montos de precipitación superan los 25 mm en periodos de 5 días, lo que indica el término de la época seca e inicio de la época lluviosa. Esta condición se cumple hasta en la péntada 27, alrededor de la tercera semana de mayo, es decir, que en estas estaciones

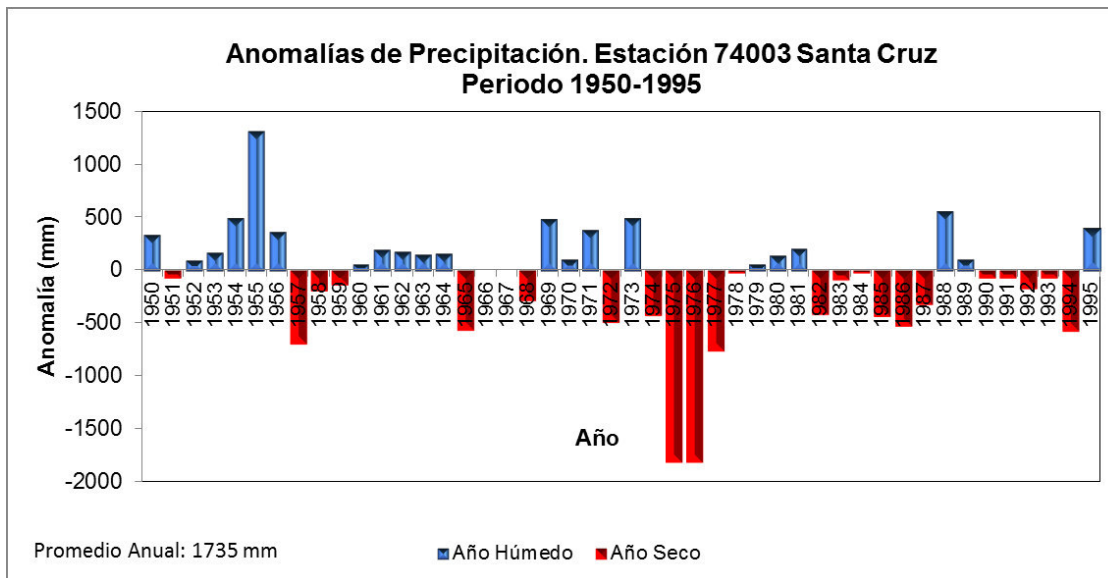


Figura n° 7. 64 Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación 74003 Santa Cruz durante el periodo 1950-1995.

En la anterior figura se puede notar que se presentan periodos secos y húmedos prolongados, como el período de 1974 a 1977 que fueron años secos consecutivos, y los periodos de 1985 a 1987, y del 1990 al 1994, que también fueron años secos consecutivos. Estos periodos con déficit se presentaron en las diversas fases del ENOS, predominando la fase de El Niño, mientras que el periodo de 1952 a 1956, fueron años húmedos, y la mayoría de los años húmedos se presentaron en condiciones de La Niña.

El análisis de años secos y húmedos permitió identificar que con respecto a los episodios El Niño-Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) se presenta en la estación una alta correspondencia de anomalías negativas de la precipitación en años de El Niño (ENOS en fase cálida) y anomalías positivas de la precipitación en años que se presentó La Niña (ENOS en fase fría) y en los periodos con ausencia del ENOS (años neutrales), sin embargo, no es una regla general para todos los años.

7.4.3.3 Temperatura en la zona de riego

En el análisis de la temperatura de la zona de riego se utilizaron los datos de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, para el período del 2009-2016. Esta estación se ubica en una elevación de 63 m.s.n.m. En el cuadro n° 7.23 y la figura n° 7.65 se observan las temperaturas registradas en la estación 74038 Subestación Santa Cruz a nivel mensual.

Cuadro n° 7. 23 Temperatura (°C) mensual de la estación meteorológica 74038 Subestación Santa Cruz.

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz	27,5	28,2	28,8	29,2	27,7	26,6	27,2	26,8	26,1	25,8	26,2	26,7	27,2

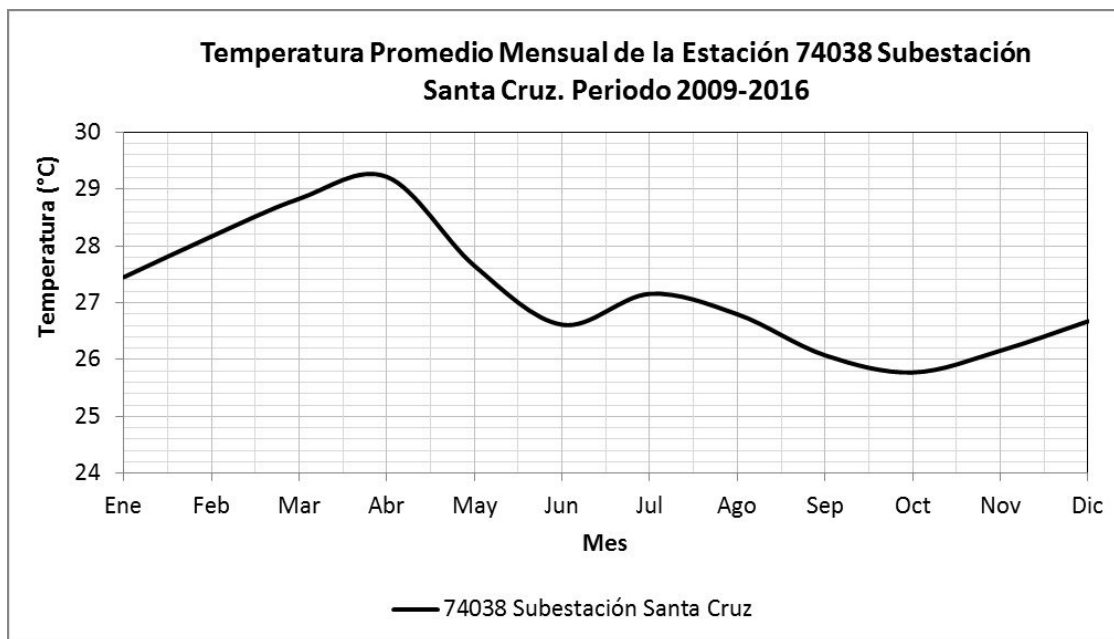


Figura n° 7. 65 Temperaturas promedio mensuales de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, en °C. Periodo 2009-2016.

La variación anual de la zona está definida con un máximo de 29,2°C en el mes abril y un mínimo de 25,8°C en octubre. Estas variaciones están asociadas al ciclo anual de calentamiento y enfriamiento, producto de las épocas seca y lluviosa de la zona. 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 que en conjunto con otros factores definen microclimas, los cuales pueden generar variaciones de la temperatura entre puntos ubicados a una misma elevación, incluso en distancias pequeñas. 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. Para este estudio no se cuenta con estaciones en los diferentes sectores de la cuenca por lo que no se conoce el comportamiento de la temperatura en otros sectores de la misma. Si bien es frecuente que en las cuencas de nuestro país se presenten microclimas estos no se pueden definir sin datos, se puede inferir que podrían presentarse en la cuenca por la presencia de algunos factores importantes en la formación de estos microclimas como variaciones del relieve y la interacción del viento.

Por otra parte, a lo largo del año las variaciones de temperatura en una misma estación no son muy marcadas, los meses más cálidos son de marzo a mayo, mientras que las menores temperaturas se dan entre octubre y enero. Además, para efectos de determinar la variación mensual de las temperaturas mínima y máxima absolutas en la zona de riego se utilizaron los datos de la estación 74038 Subestación Santa Cruz. De esta forma, el promedio y el rango de valores registrados se presentan, a nivel mensual, mediante la figura n° 7.66. En esta figura puede observar se un rango de variación de las temperaturas máximas absolutas que va de 37,6 a 29,6°C y un rango de temperaturas mínimas absolutas va de 25,0 a 20,8°C.

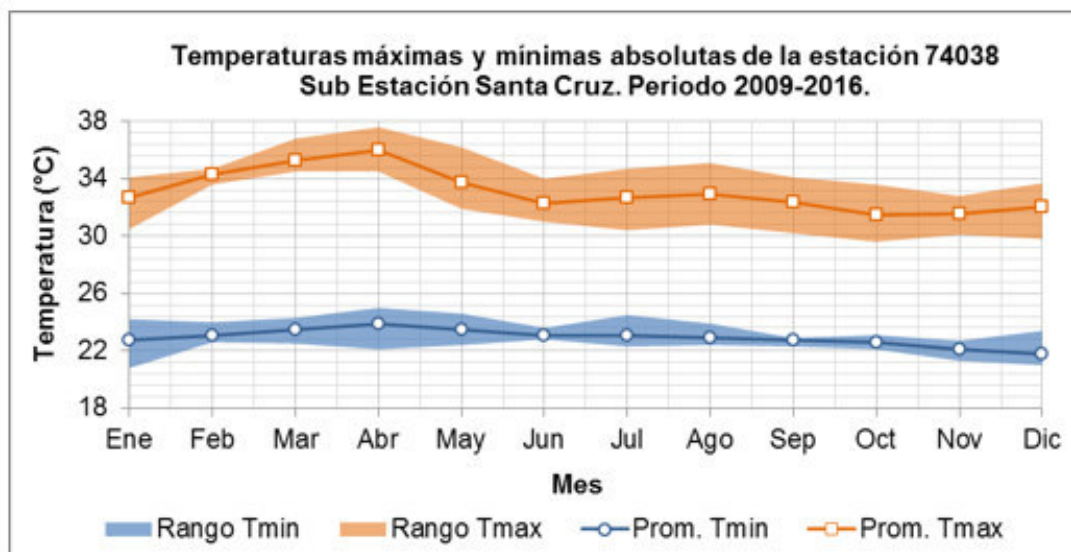


Figura n° 7. 66 Rangos de temperatura máxima y mínima absoluta (°C) de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.

7.4.3.4 Humedad relativa en la zona de riego

Para el análisis de la humedad relativa de la zona de riego se utilizó la información de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, ubicada 600 m al sur de la zona en estudio. Los datos utilizados son del periodo de 2009 a 2016.

En el cuadro n° 7.24 y en la figura n° 7.67 se muestran los valores medios mensuales de humedad relativa registrados en la estación mencionada. Se observa como el patrón en la estación 74038 Subestación Santa Cruz indica el máximo de humedad relativa de 93% en el mes de octubre, con el máximo de lluvias de la época lluviosa, y el mes con menor porcentaje de humedad es marzo con 62% en la época seca, el promedio anual de dicha estación es de 80%. Además, se nota que las variaciones intermensuales son leves y, que éstas 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.

Cuadro n° 7. 24 Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 74038 Subestación Santa Cruz.

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz	68	64	62	70	81	90	86	87	92	93	86	77	80

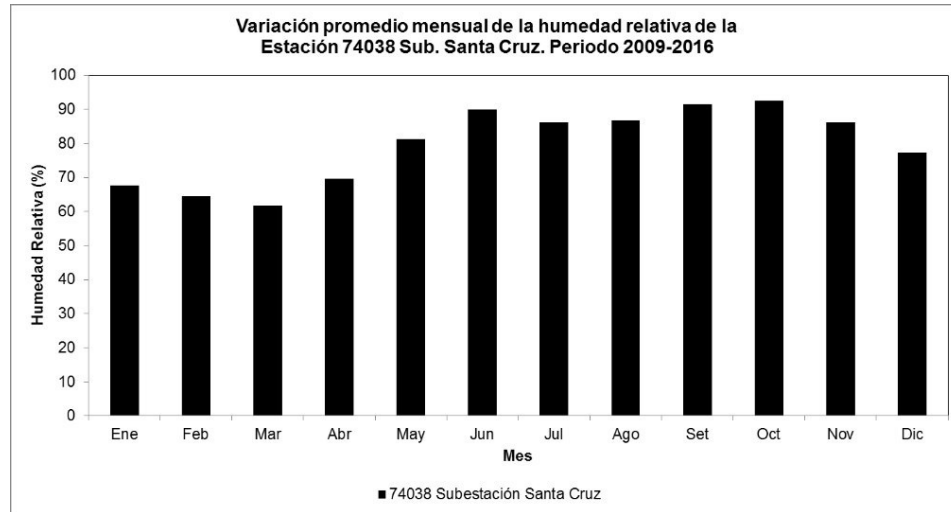


Figura n° 7. 67 Humedad relativa promedio mensual de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.

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 de riego del proyecto sistema de abastecimiento de agua para la cuenca media del río Tempisque y comunidades costeras recibe el principal aporte de humedad desde el Océano Pacífico, un segundo y leve aporte proviene del Mar Caribe. La entrada de humedad a la zona depende de la intensidad de los vientos alisos es decir que el ingreso de humedad alcanza el país al ser transportada por los vientos alisos y 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. Además, se aprecia una leve disminución de la humedad relativa en julio y agosto, producto de la influencia de “veranillos o canículas”.

7.4.3.5 Viento en la zona de riego

En cuanto a las mediciones de viento no se cuenta con información dentro del área de riego, la estación más cercana que registra esta variable es la 74038 Subestación Santa Cruz, la cual cuenta con estas mediciones. Se complementó el análisis con la revisión de otras estaciones cercanas, sin embargo, se muestran los resultados de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, que se consideró representativa del área de estudio, al estar en la misma dirección del flujo predominante.

En la figura n° 7.68 se presentan los patrones de variación mensual de la velocidad del viento registrada por la estación 74038 Subestación Santa Cruz, donde se destaca que a lo largo del año las velocidades fueron más altas entre diciembre y febrero, llegando a valores máximos de 2,8 m s⁻¹. El mínimo se presentó entre setiembre y octubre cuando la velocidad desciende a los 1,2 m s⁻¹.

En cuanto a la dirección, las frecuencias relativas indicadas en la figura n° 7.69, muestran que la estación 74038 Subestación Santa Cruz presenta con mayor frecuencia vientos de dirección este-noreste, que son característicos del patrón general de circulación de la atmósfera del Pacífico Norte del país.

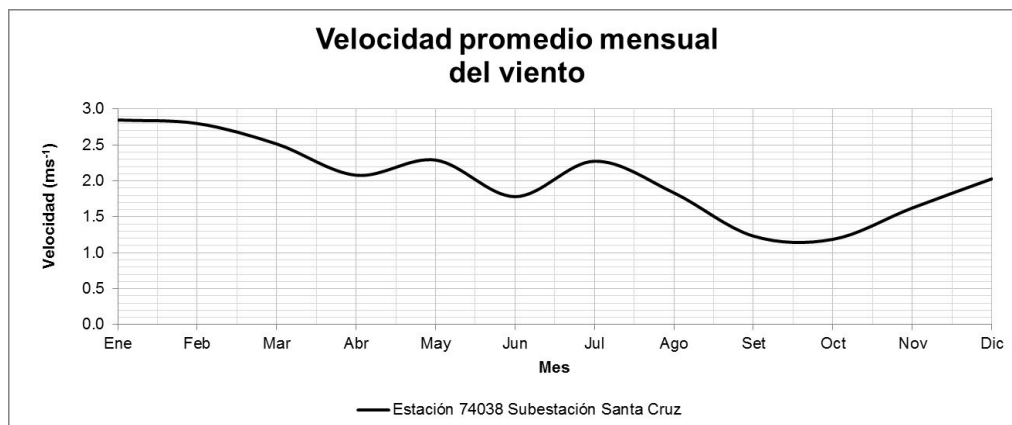


Figura n° 7. 68 Velocidad promedio mensual (m s-1) del viento en la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.

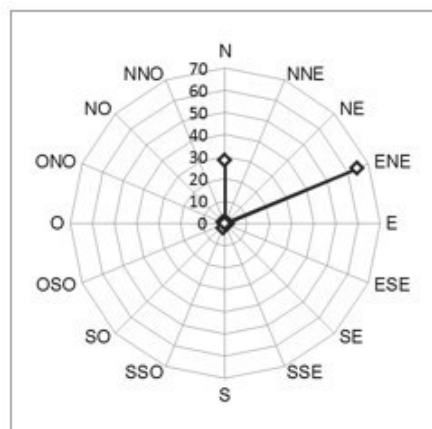


Figura n° 7. 69 Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.

En el cuadro n° 7.25 se muestra la distribución de frecuencias de dirección de viento de la estación 74038 Subestación Santa Cruz para cada mes del año. Las correspondientes distribuciones de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento a nivel mensual, se presenta en la figura n° 7.70.

Cuadro n° 7. 25 Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Velocidad (m s⁻¹)	2,8	2,8	2,5	2,1	2,3	1,8	2,3	1,8	1,2	1,2	1,6	2,0
Dirección Predominante	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	N	N	ENE	ENE

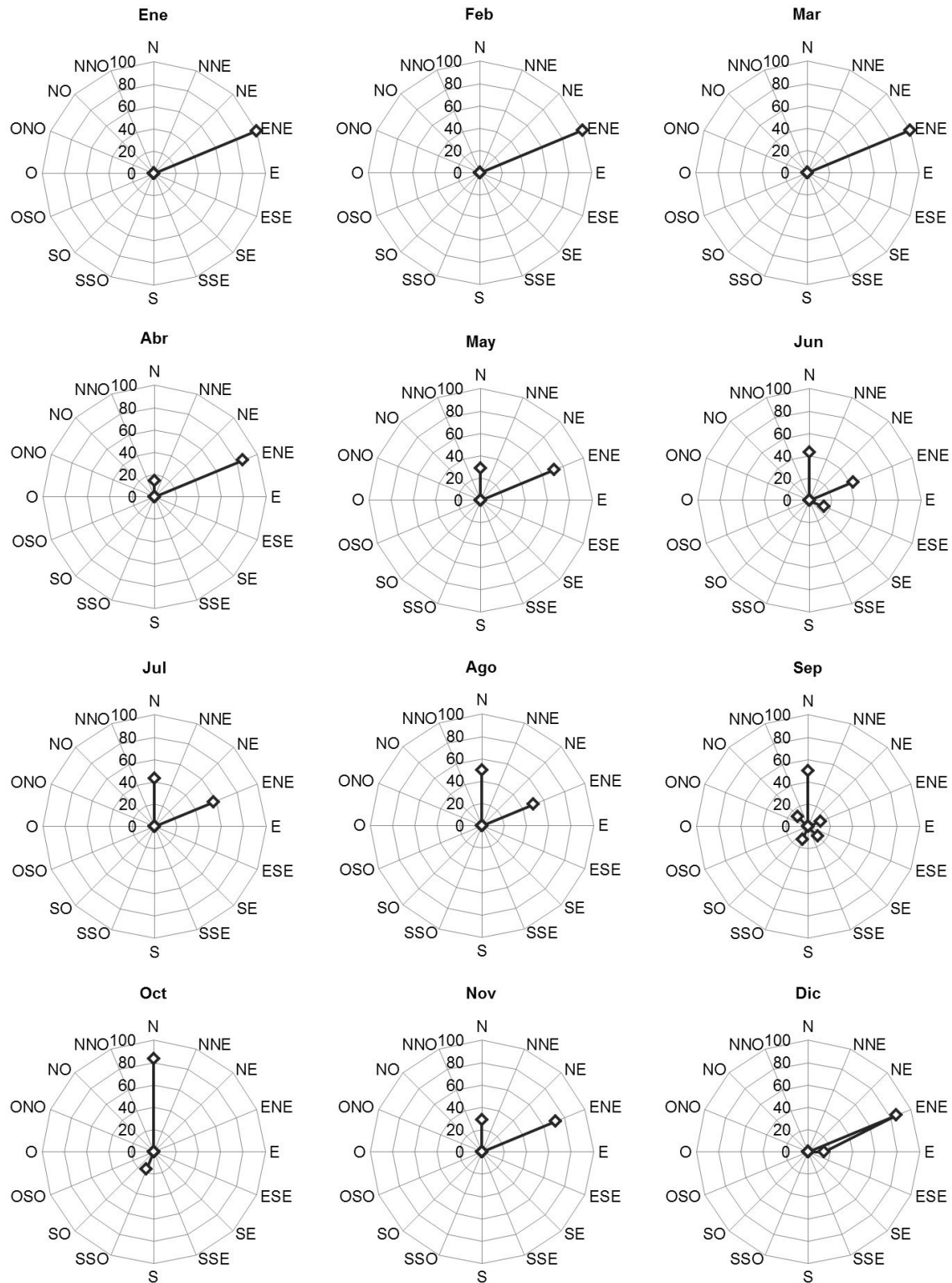


Figura n° 7. 70 Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.

7.4.3.6 Radiación Solar en la zona de riego

En cuanto a la radiación solar de la zona de riego se utilizó la información de la estación 74038 Subestación Santa Cruz, con datos del periodo 2009-2016. Debido a la ubicación geográfica de esta estación se puede considerar representativa del área en estudio, la diferencia entre la elevación a la que se ubica esta estación, y las elevaciones del área del proyecto, le permite ser utilizada como un dato aproximado de la realidad de la zona de análisis, ya que los puntos más elevados pueden recibir mayor radiación solar, así como zonas expuestas a menor cobertura nubosa, y por lo tanto se sugiere que para futuros análisis se actualice la climatología con un registro mayor de medición de radiación solar.

En general, debido a su posición ecuatorial y tropical, Costa Rica presenta, valores altos de radiación solar. Esta condición se intensifica durante los periodos equinocciales (marzo y setiembre), producto de la incidencia de la radiación en un ángulo más perpendicular, así como durante los meses de menor cobertura nubosa. De esta forma, se presenta un primer máximo, entre marzo y abril, periodo de época seca y la llegada del equinoccio de primavera. Posteriormente, se registra un segundo máximo, pero de menor intensidad por ser época lluviosa, en los meses de setiembre y octubre, debido al equinoccio de otoño.

Regularmente, los valores más altos de radiación solar global se presentan durante los meses de época seca, y los valores más bajos en los meses de época lluviosa, debido a los patrones de nubosidad de la zona, ya que, a mayor cobertura de nubes, menor es la incidencia de radiación solar en la superficie.

En el cuadro n° 7.26 y la figura n° 7.71 se muestra la variación de la radiación solar mensual, registrada en la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Los valores más elevados de radiación solar global se presentaron en marzo, con 24,5 MJ m⁻² Los valores más bajos se presentaron en el mes setiembre, con 15,7 MJ m⁻². El promedio anual es de 19,3 MJ m⁻².

Cuadro n° 7. 26 Patrón de variación mensual de la radiación solar global horizontal para la estación 74038 Subestación Santa Cruz. Periodo 2009-2016.

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
74038 Subestación Santa Cruz	20.6	22.9	24.5	21.7	19.0	16.8	18.7	18.5	18.0	15.7	17.5	18.0	20.6

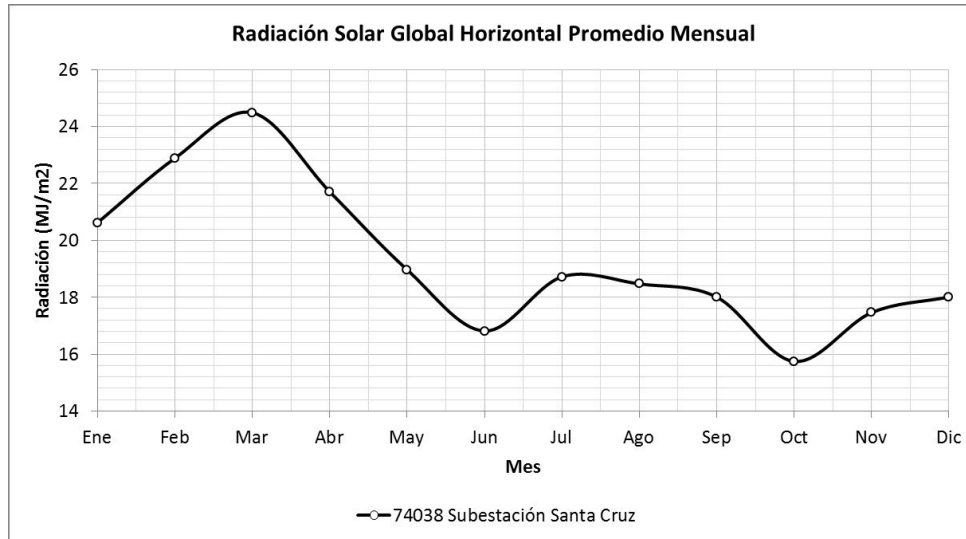


Figura n° 7. 71 Radiación solar promedio mensual en las estaciones 74038 Subestación Santa Cruz, periodo 2009-2016.

7.5 Hidrología

7.5.1 Aguas superficiales

El área de proyecto es bastante extensa, incluye la zona del embalse, el canal de conducción principal, tramo II y III, y el área de riego en la margen derecha del río Tempisque. Para facilitar la descripción morfológica e hidrológica, así como las representaciones gráficas y figuras asociadas, el área de estudio se dividió en las tres zonas mencionadas.

7.5.1.1 Aguas superficiales en la zona del embalse

El principal aporte de agua al embalse río Piedras sería el que se capta en la presa derivadora Miguel Pablo Dengo. En este punto, los principales caudales afluentes son los turbinados en el Centro de Generación Sandillal, el caudal natural del río Magdalena y el caudal regulado del río Santa Rosa. Un porcentaje de estos caudales son derivados al canal oeste tramo I, cuya capacidad máxima es de 55 m³/s. Un porcentaje de este caudal se utilizaría como aporte al embalse, y otro porcentaje se continuaría utilizando en el subdistrito de riego Piedras. Adicionalmente existe un trasvase en el río Corobicí, con una capacidad máxima de 5 m³/s, el cual ha estado operando desde el año 2010. Los caudales trasvasados se incorporan al canal oeste tramo I. A futuro se planea la construcción de un trasvase en el río Tenorio, con una capacidad máxima de 5 m³/s, aproximadamente, y que también se incorporaría al caudal que transporta el canal oeste tramo I. El análisis hidrológico de ambos trasvases queda fuera del alcance del presente estudio.

El nivel máximo de operación del embalse río Piedras se definió en la cota 50 m.s.n.m., según estudio realizado por el Consorcio BEL-TAHAL en el año 1984 (Rojas, 2015). Para esta cota, el área inundada sería de 1209 ha, lo que correspondería al área de impacto directo del embalse. Se tiene planeado dejar una zona de protección de 100 metros en todo el perímetro del embalse, lo cual definiría un área de impacto indirecto de 1474 ha. En la

figura n° 7.72 se muestra la ubicación del Sitio de Presa (S.P.), el área de inundación, los principales ríos y poblados en la zona de interés.

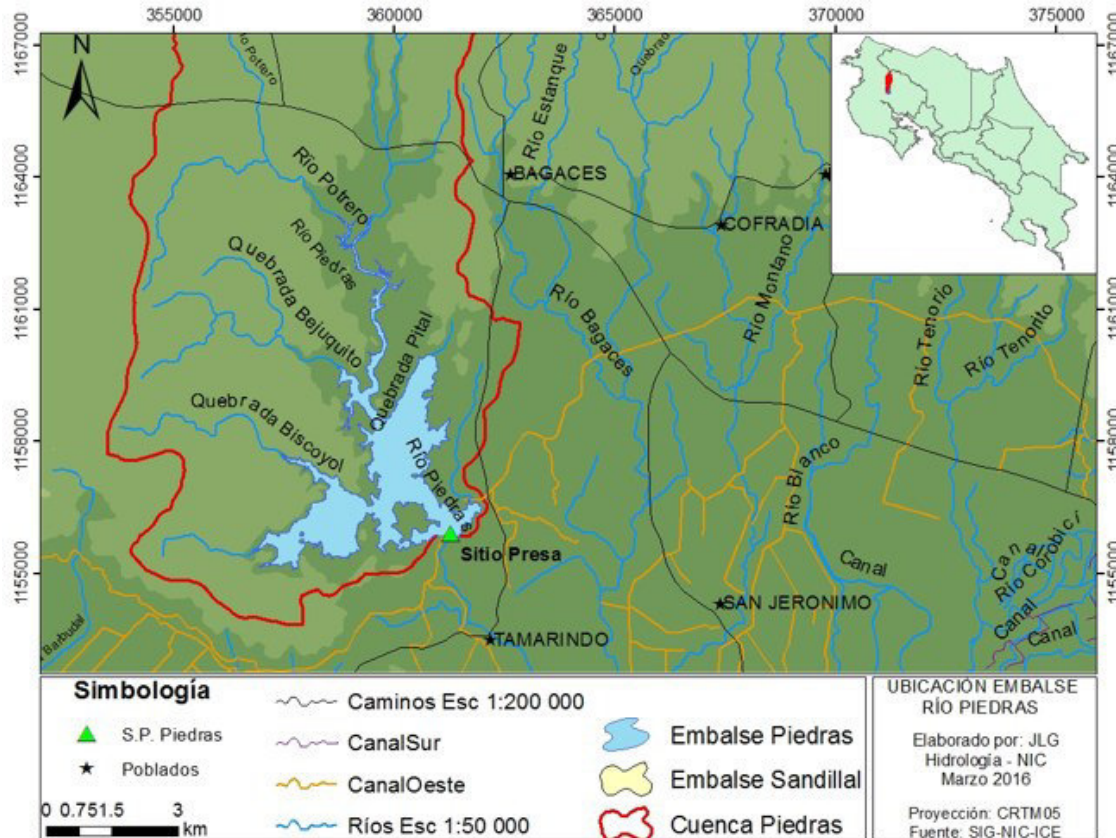


Figura n° 7. 72 Ubicación del embalse río Piedras

El S.P. del embalse río Piedras tiene coordenadas, en proyección CRTM05, Norte: 1156032,8 m y Este: 361186,6 m. Con base en las curvas de nivel a cada 10 metros, digitalizadas en escala 1:50 000, se delimitó el área de drenaje de la cuenca del río Piedras, hasta el S.P., la cual tiene un área de 277 km² y un perímetro de 88,2 km. Además, se generó el M.E.D. de esta cuenca, del cual se pueden obtener alturas máximas y mínimas, como se muestra en la figura n° 7.73.

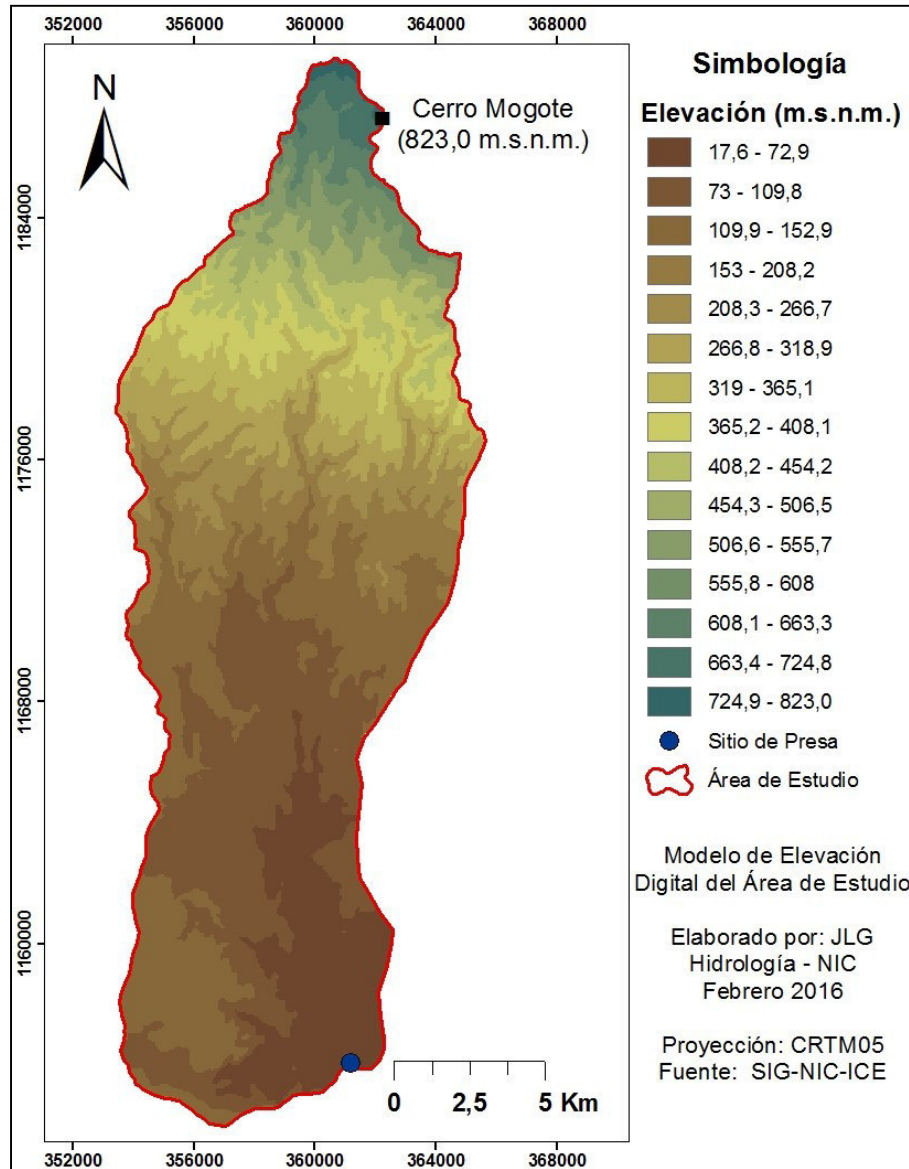


Figura n° 7. 73 Modelo de Elevación Digital de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa

La elevación va disminuyendo en dirección norte-sur. Las mayores elevaciones se encuentran en la parte norte de la cuenca, siendo el cerro Mogote el punto más alto, con 823 m.s.n.m. Por otro lado, las menores elevaciones se encuentran en la parte sur con una elevación mínima de 17,6 m.s.n.m. en el S.P.

En la cuenca del río Piedras se tiene la red de drenaje digitalizada a escala 1:50 000, la cual se muestra en la figura n° 7.74. La longitud total de los cauces es de 290 km, lo que indica que la cuenca tiene una densidad de drenaje de 1,04 km/km². La cuenca hasta el S.P. tiene un número de Strahler de 4.

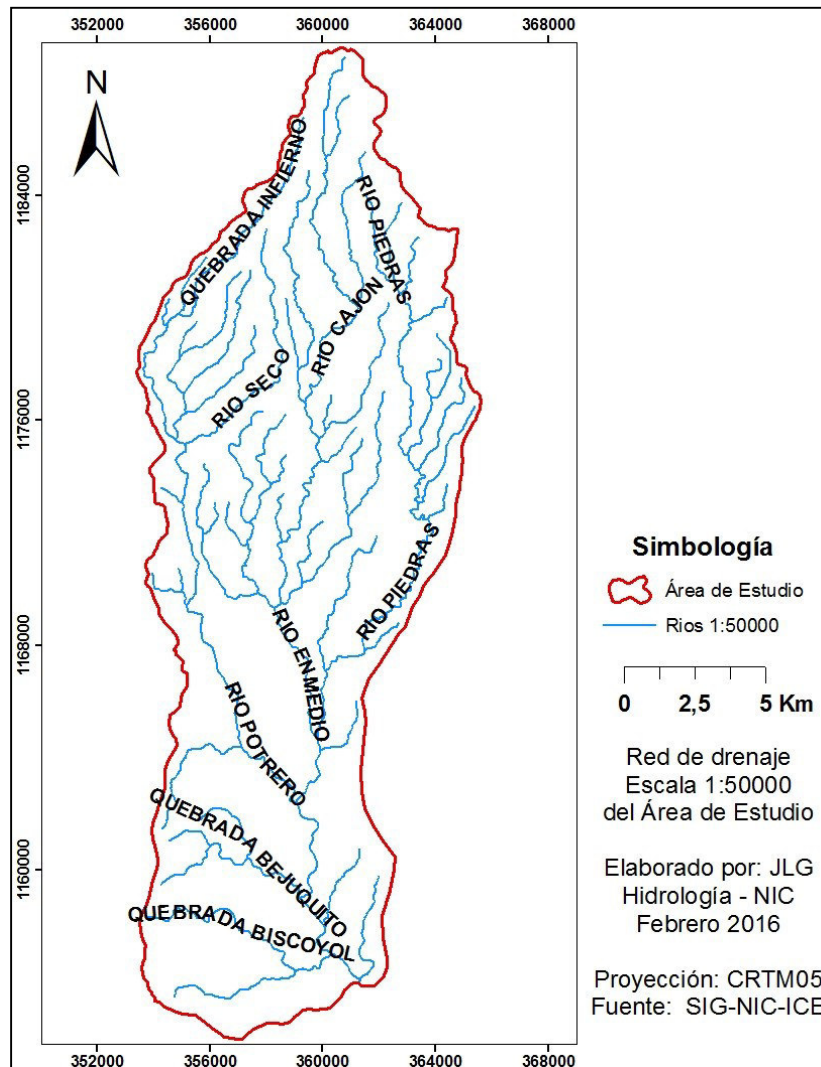


Figura n° 7. 74 Red de drenaje de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa

Los principales afluentes del río Piedras son: río Enmedio, río Potrero, la quebrada Biscoyol y la quebrada Bejuquito. En el cuadro n° 7.27 se resumen las características morfológicas de los principales afluentes, en donde se indica el área de la subcuenca, la longitud total de cauces, la longitud del cauce principal, elevación máxima, elevación mínima y pendiente media del cauce principal.

Cuadro n° 7. 27 Resumen características morfológicas de los principales ríos de la red de drenaje de la cuenca del río Piedras hasta el sitio de presa.

Ríos Principales	Área subcuenca (km ²)	Longitud total de cauces (km)	Longitud Cauce Principal (km)	Elevación Mínima (m.s.n.m.)	Elevación Máxima (m.s.n.m.)	Pendiente media cauce principal (m/m)
Enmedio	88,0	105,1	30,3	59,1	749,4	0,023
Potrero	68,8	74,7	31,6	52,4	624,0	0,018
Q. Biscoyol	24,2	14,4	9,12	18,3	140,0	0,013
Q. Bejuquito	16,4	12,6	7,42	38,3	120,9	0,011

7.5.1.2 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona del embalse.

En el S.P. del embalse río Piedras no se tiene información de caudales, por lo cual éstos debieron ser estimados de forma indirecta, mediante el traslado de los registros de una estación hidrológica cercana. El método de traslado seleccionado fue el de área-lluvia, el cual establece una relación entre los caudales, el área de drenaje y la precipitación promedio anual, correspondientes en los sitios de interés.

Las estaciones más cercanas al sitio de presa son la 20-03 Rancho Rey, cuya área de drenaje es de 285 km², y la 20-13 Rancho Horizontes, cuya área de drenaje es de 621 km². De éstas, la que cuenta con el registro más extenso es la estación Rancho Rey, el cual abarca el período de 01/05/1970 hasta 30/04/2014, por lo cual se utilizó como estación base, a pesar de localizarse en una cuenca que no es propiamente la cuenca del río Piedras. Se comparó el período común de las dos estaciones de referencia y existe una concordancia en los regímenes de ambas estaciones, tanto para caudales medios como extremos, además de que la magnitud del área de drenaje de la estación Rancho Rey es muy parecida a la del S.P., criterios que reforzaron la decisión de usar esta estación como base. Los datos de la estación 20-13 Rancho Horizonte se utilizaron para rellenar mediante correlación lineal simple, algunos datos faltantes en la estación Rancho Rey.

En la figura n° 7.75 se muestran los sitios de interés y la información analizada para definir el factor de traslado, el cual fue de 0,6. En el cuadro n° 7.28 se muestran los datos de caudal promedio mensual y anual en el S.P. para los 44 años hidrológicos del período de 1970-71 hasta 2013-14.

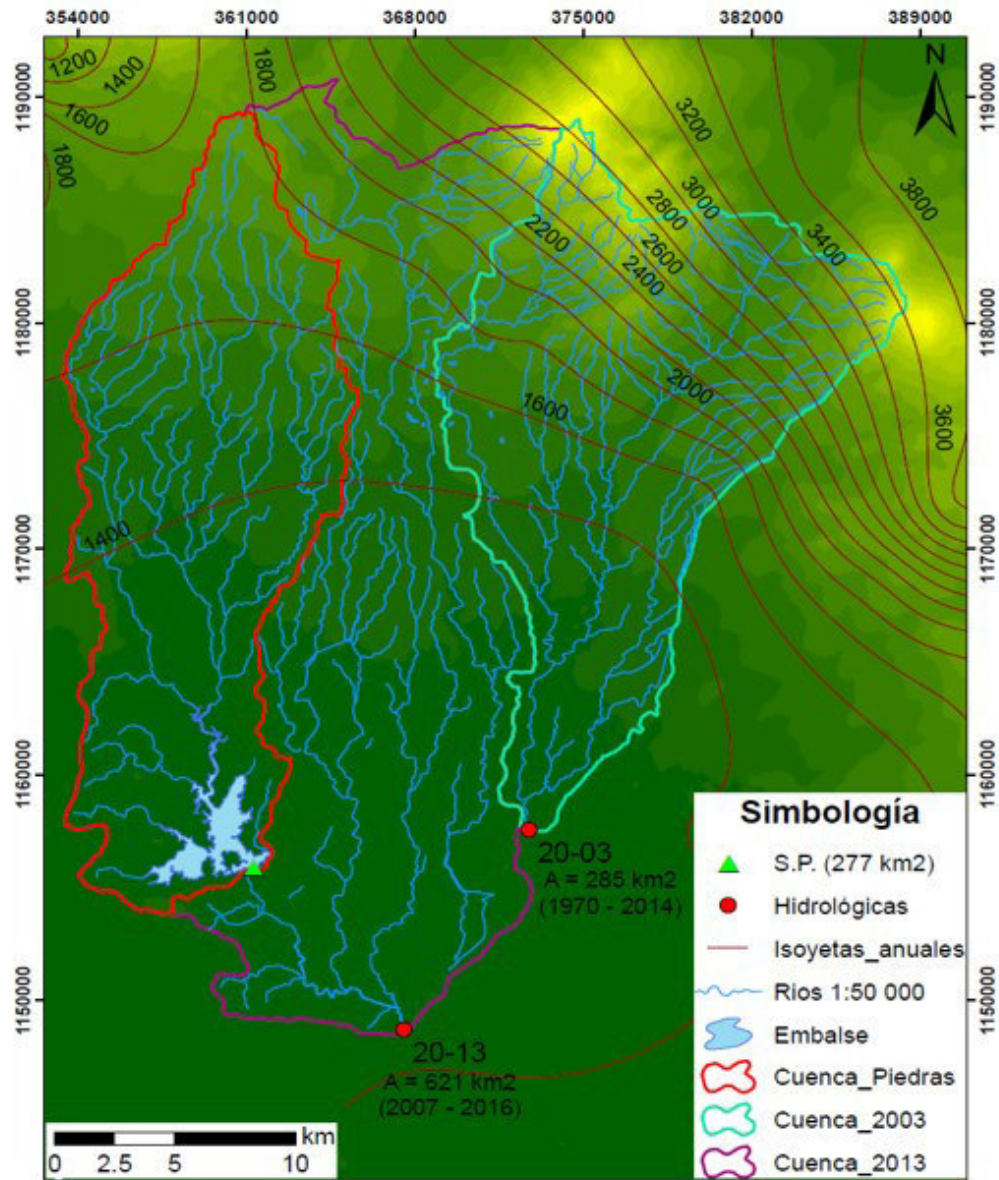


Figura n° 7. 75 Información utilizada en la determinación del factor de traslado de la metodología área-lluvia para el traslado de caudales al sitio de presa del embalse río Piedras.

Cuadro n° 7. 28 Caudal promedio mensual y anual estimado en sitio de presa embalse río Piedras.

Año Hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m³/s)
1970-1971	3,90	4,87	5,72	11,24	17,49	14,58	11,37	10,63	9,45	6,74	4,98	3,98	8,75
1971-1972	3,71	5,81	4,66	4,22	14,48	12,74	5,90	4,53	7,55	3,88	3,17	2,64	6,11
1972-1973	3,37	4,31	6,42	4,39	5,45	4,53	4,19	5,15	4,01	3,33	2,70	2,55	4,20
1973-1974	2,70	4,59	7,81	8,14	11,98	18,56	10,30	6,33	5,59	4,03	3,57	2,79	7,20
1974-1975	4,62	5,36	3,95	4,93	13,19	10,80	6,64	6,25	4,43	3,57	2,87	2,60	5,77
1975-1976	2,42	2,89	4,10	4,16	11,70	10,22	13,59	11,06	5,98	4,78	3,80	2,67	6,45

Año Hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m ³ /s)
1976-1977	3,73	6,05	6,40	5,78	5,21	5,46	5,37	5,32	4,02	3,23	2,90	2,84	4,69
1977-1978	2,30	4,17	4,72	4,61	4,41	5,40	4,36	3,79	2,98	2,83	2,20	2,12	3,66
1978-1979	2,61	3,56	3,47	4,91	7,27	7,90	5,78	7,74	3,85	3,04	2,92	3,52	4,71
1979-1980	3,69	6,82	7,59	8,16	16,73	19,78	13,10	8,12	6,18	4,20	3,49	2,84	8,39
1980-1981	4,45	5,51	7,74	6,83	7,04	15,61	16,55	9,30	7,48	5,14	4,29	3,92	7,82
1981-1982	8,06	13,51	8,38	7,72	10,57	7,34	6,10	6,20	5,75	3,62	2,89	2,50	6,89
1982-1983	7,49	7,35	6,18	5,77	5,57	9,76	6,61	6,03	6,17	4,33	3,29	2,90	5,95
1983-1984	2,39	2,45	3,16	3,57	3,39	5,04	3,40	2,79	3,07	3,22	2,58	1,94	3,08
1984-1985	2,02	3,08	3,86	4,90	12,99	8,37	5,38	5,53	4,32	3,50	2,83	2,26	4,92
1985-1986	2,26	3,44	3,79	3,42	3,26	5,35	7,90	3,62	3,29	2,43	1,85	1,53	3,51
1986-1987	3,44	5,61	4,91	5,58	6,51	6,63	4,83	6,08	3,84	3,03	2,53	2,10	4,59
1987-1988	2,34	2,31	3,28	3,90	3,36	4,70	3,37	3,37	3,19	2,98	2,01	1,70	3,04
1988-1989	1,67	3,97	3,44	13,06	26,91	17,54	8,53	10,22	8,64	5,38	3,39	2,91	8,80
1989-1990	2,99	3,76	4,08	4,20	8,17	5,17	5,12	4,08	4,31	3,14	2,82	2,17	4,17
1990-1991	3,06	4,26	3,99	5,18	3,68	6,09	6,82	4,81	3,56	3,02	2,16	1,66	4,02
1991-1992	3,10	3,73	6,28	6,22	5,45	6,28	4,01	4,55	3,14	2,36	2,17	1,75	4,09
1992-1993	1,80	2,29	3,33	4,58	6,14	6,54	4,07	7,05	5,28	2,96	2,29	2,10	4,04
1993-1994	2,66	3,61	4,54	5,32	6,44	5,45	5,28	3,97	3,07	2,36	1,79	1,50	3,83
1994-1995	2,12	3,22	6,12	4,03	4,29	10,04	8,90	7,74	4,09	3,38	2,43	2,27	4,89
1995-1996	2,19	4,62	5,65	13,66	14,56	26,61	9,79	6,35	4,86	3,77	2,96	2,48	8,13
1996-1997	6,36	5,95	8,43	8,91	8,76	20,05	13,03	9,10	6,61	6,09	4,08	3,29	8,39
1997-1998	2,87	3,48	5,64	3,96	3,90	4,38	6,69	5,08	3,61	2,61	2,13	1,82	3,85
1998-1999	2,12	2,81	3,03	4,15	9,37	18,52	15,09	11,29	8,46	6,09	4,44	4,44	7,48
1999-2000	4,14	4,78	5,35	6,14	17,55	16,84	9,62	8,24	9,31	5,89	5,57	5,16	8,22
2000-2001	4,04	4,60	4,93	6,34	9,14	5,70	6,42	5,94	5,61	3,96	4,13	3,47	5,36
2001-2002	3,37	4,11	4,76	5,13	6,14	6,74	8,92	9,86	6,97	5,49	3,76	2,91	5,68
2002-2003	5,29	6,79	6,23	7,61	8,59	8,00	7,61	5,25	4,69	3,35	3,79	3,84	5,92
2003-2004	3,58	6,56	4,40	4,74	5,77	8,99	4,99	6,11	6,42	3,74	4,39	3,13	5,23
2004-2005	5,28	4,64	5,29	5,47	8,94	8,07	5,91	6,65	7,42	4,96	4,08	3,24	5,83
2005-2006	3,18	7,94	7,08	6,48	12,85	33,25	8,88	6,86	5,67	4,96	4,10	3,70	8,74
2006-2007	3,24	4,75	5,80	4,77	5,46	5,52	4,46	4,67	4,68	3,36	3,90	3,24	4,49
2007-2008	3,78	5,26	5,15	8,54	11,81	23,13	9,56	9,92	7,60	4,81	3,61	2,95	8,01
2008-2009	7,70	6,64	6,27	7,81	15,14	30,09	13,31	13,52	8,12	7,84	6,35	4,85	10,64
2009-2010	4,66	5,33	6,35	6,06	4,55	5,63	8,30	5,32	5,17	4,43	3,95	3,79	5,29
2010-2011	4,89	6,61	10,95	15,63	25,28	11,35	15,28	8,15	6,64	5,91	5,34	4,65	10,06
2011-2012	5,44	9,39	10,61	7,01	7,02	24,33	7,69	5,79	5,67	4,52	4,07	4,06	7,97
2012-2013	4,20	6,35	5,17	5,06	4,95	9,49	4,01	3,68	3,57	3,27	3,02	3,12	4,66
2013-2014	3,28	3,64	3,82	3,38	4,47	7,63	6,03	3,67	3,66	3,21	2,98	2,68	4,04
Prom. Mensual (m ³ /s)	3,69	5,02	5,52	6,27	9,23	11,46	7,80	6,58	5,41	4,06	3,38	2,92	5,94
Desv. Estándar (m ³ /s)	1,54	2,05	1,85	2,74	5,56	7,45	3,49	2,48	1,83	1,26	1,03	0,91	2,00

El caudal promedio anual estimado en el S.P. del embalse río Piedras, para los años hidrológicos de 1970 – 71 hasta 2013 – 14, es de 5,94 m³/s con una desviación estándar de 2,00 m³/s. Los caudales promedio mensuales para el sitio de presa tienen un comportamiento típico de la vertiente del pacífico del país. Son claros 2 períodos estacionales, el conocido como “lluvioso” (valores de caudal por encima del promedio anual) que en este caso comprende de agosto a diciembre y el “seco” (valores de caudal por debajo del promedio anual) que va de enero a julio, con dos meses que se pueden considerar de transición: mayo y diciembre.

En el cuadro n° 7.29 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el S.P., asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %.

50 % y 75 %, además en la figura n° 7.76 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 29 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el S.P. del embalse del río Piedra.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
Mínimo (m ³ /s)	1,67	2,29	3,03	3,38	3,26	4,38	3,37	2,79	2,98	2,36	1,79	1,50	3,04
Cuartil 1 (25%)	2,56	3,63	4,06	4,53	5,39	5,69	5,24	4,78	3,84	3,19	2,67	2,23	4,19
Cuartil 2 (50%)	3,37	4,63	5,23	5,40	7,16	8,22	6,66	6,10	5,22	3,68	3,23	2,84	5,52
Cuartil 3 (75%)	4,26	5,98	6,30	7,16	12,2	15,9	9,57	8,13	6,62	4,84	4,07	3,48	7,86
Máximo (m ³ /s)	8,06	13,5	10,9	15,6	26,9	33,3	16,6	13,2	9,45	7,84	6,35	5,16	10,6

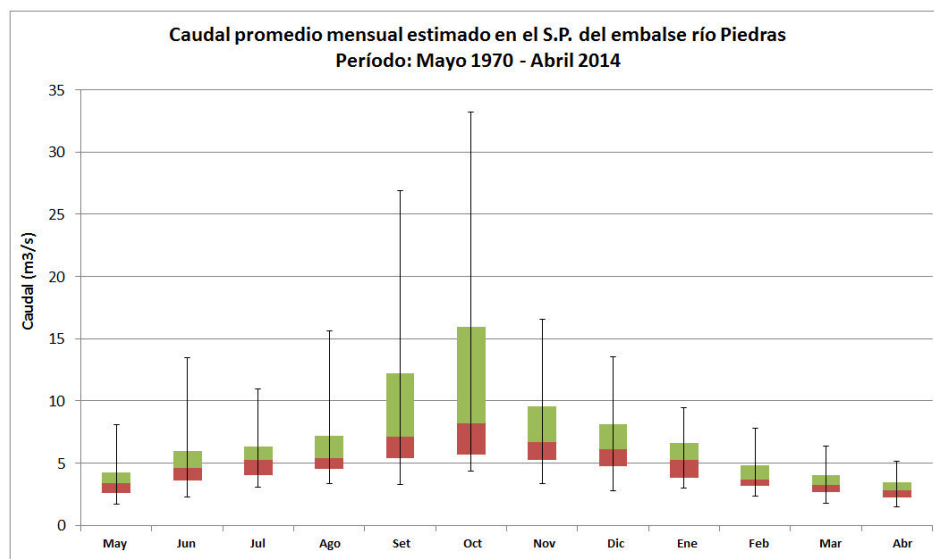


Figura n° 7. 76 Variación del caudal promedio mensual estimado en el S.P. del embalse río Piedras.

En la figura n° 7.77 se muestra como han variado los caudales promedio anuales a lo largo de 44 años hidrológicos. Resaltan tres períodos con varios años secos consecutivos, de 1982-1983 a 1987-1988, de 1989-1990 a 1994-1995 y de 2000-2001 a 2004-2005. Un año seco se define como un año cuyo promedio anual es menor al valor promedio anual de la serie.

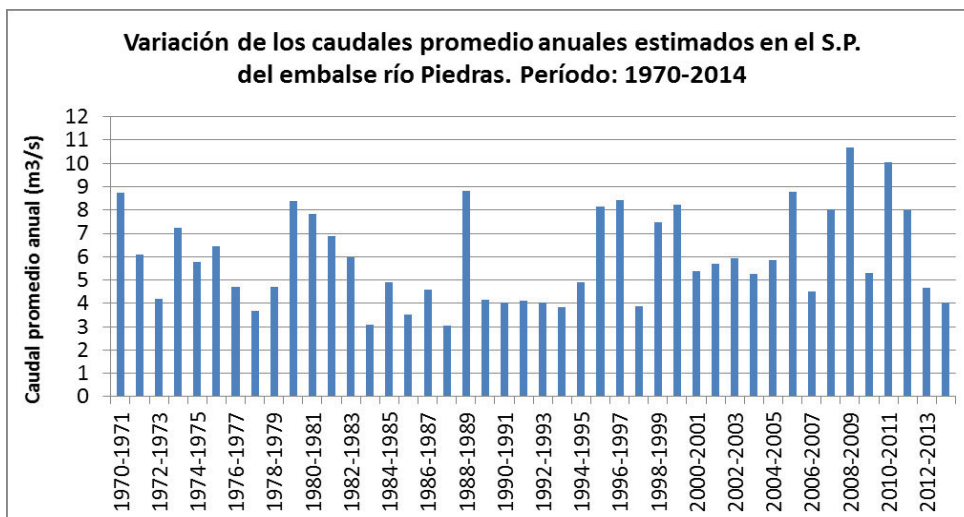


Figura n° 7. 77 Variación del caudal promedio anual estimados en sitio de presa del embalse río Piedras.

Para el análisis de caudales mínimos se utilizaron los datos registrados en la estación 20-03 Rancho Rey. La serie de caudales mínimo promedio diarios se extiende de 1971 hasta 2014, con un total de 43 datos, los cuales se muestran en el cuadro n° 7.30.

Cuadro n° 7. 30 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 20-03 Rancho Rey.

Año	Caudal mínimo promedio diario (m³/s)	Año	Caudal mínimo promedio diario (m³/s)	Año	Caudal mínimo promedio diario (m³/s)
1971	4,85	1986	2,43	2001	4,68
1972	4,1	1987	3,36	2002	4,14
1973	3,27	1988	2,43	2003	4,55
1974	4,09	1989	4,09	2004	4,63
1975	3,48	1990	3,11	2005	4,3
1976	4,09	1991	2,58	2006	4,82
1977	3,11	1992	2,58	2007	3,71
1978	2,41	1993	3,11	2008	4,25
1979	3,79	1994	2,02	2009	6,04
1980	3,99	1995	2,77	2010	4,93
1981	5,39	1996	3,68	2011	7,27
1982	4,02	1997	3,9	2012	5,62
1983	3,09	1998	2,56	2014	3,98
1984	2,85	1999	5,06	---	---
1985	2,85	2000	4,38	---	---

La distribución de probabilidad teórica que mejor se ajustó y extrapoló los datos fue la Generalizada de Valores Extremos (GEV). En la figura n° 7.78 se muestran los datos y el ajuste de la curva.

A.F. Q mínimo promedio diario en la estación 20-03 Rancho Rey

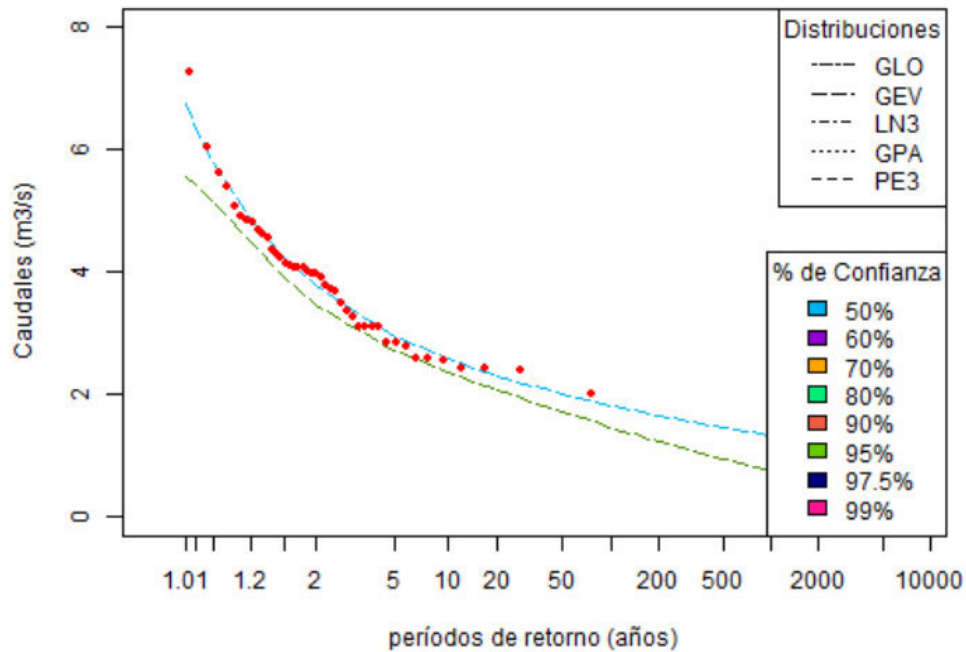


Figura n° 7. 78 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 20-03 Rancho Rey.

Los resultados del análisis de frecuencia fueron trasladados al sitio de presa por un factor de 0,6, el mismo factor de traslado de los caudales medios. Los caudales mínimos para varios períodos de retorno en el S.P. se muestran en el cuadro n° 7.31.

Cuadro n° 7. 31 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en el sitio de presa del proyecto embalse río Piedras.

Período retorno (años)	Caudal mínimo en sitio Presa (m³/s)
1,01	3,34
1,02	3,25
1,05	3,09
1,2	2,7
1,5	2,35
2	2,08
5	1,63
10	1,42
20	1,24
50	1,02
100	0,88
200	0,74
500	0,57

En el cuadro n° 7.32 se presentan los caudales aforados en el río Piedras, a la altura del puente de la carretera Interamericana, la mayoría realizados en época de verano, por lo cual se pueden considerar como una referencia de los caudales mínimos, teniendo en consideración que el área de drenaje estimada hasta el sitio de aforo es de 145 km², mientras que el área hasta el S.P. es de 277 km², por lo que se podría estimar, mediante una simple relación de áreas, cual podría haber sido el caudal correspondiente en el S.P.

Cuadro n° 7. 32 Caudales aforados en el río Piedras

Fecha	Caudal Aforado (m ³ /s)	Q estimado		Sitio de aforo
		S.P. (m ³ /s)		
27/03/66	1,38	2,64		APROX. 100 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
05/04/67	2,1	4,01		APROX. 20 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
13/03/73	0,92	1,76		APROX. 20 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
20/03/75	0,93	1,78		APROX. 20 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
09/08/76	1,57	3,00		APROX. 20 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
13/01/77	1,11	2,12		BAJO PTE CARRET. INTERAMERICANA
22/03/77	0,99	1,89		APROX. 40 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
07/04/78	0,87	1,66		APROX. 40 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
30/03/79	0,84	1,60		APROX 100 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
26/03/80	1,23	2,35		APROX. 40 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
05/03/83	1,59	3,04		APROX. 40 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
06/04/86	0,78	1,49		APROX. 40 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA
10/04/89	1,05	2,01		APROX. 25 MTS AGUAS AB. PTE CARRET. INTERAMERICANA

El área de ingeniería hidráulica del C.S. Diseño realizó una revisión del proyecto del embalse río Piedras (ICE, 2016), en el cual se evaluó el esquema general del proyecto y sus tres componentes principales: el sitio de presa, el embalse y la casa de máquinas. Se establecieron propuestas de optimización y varios esquemas de operación del embalse, los cuales tendrían impactos en el régimen de caudales naturales del río Piedras.

El esquema de operación del embalse bajo demanda exclusiva de riego sería el siguiente: *“Durante la época seca, de diciembre a abril, se abate el nivel del embalse ya que las demandas de riego superan los caudales de ingreso. En el mes de mayo el embalse se llena ya que las demandas disminuyen considerablemente en comparación con el caudal de ingreso. El embalse es pequeño en comparación con los volúmenes de ingreso por lo que su llenado ocurre rápidamente. En lo que resta de la época lluviosa el embalse permanece en su nivel máximo de operación, ya que las demandas de riego son menores al caudal de ingreso y el agua en exceso es vertida por el vertedor del embalse. Se vierte aproximadamente el 16% del volumen total disponible en el año”.* (ICE, 2016). En la figura n° 7.79 se detalla en forma gráfica los caudales de ingreso y la demanda total.

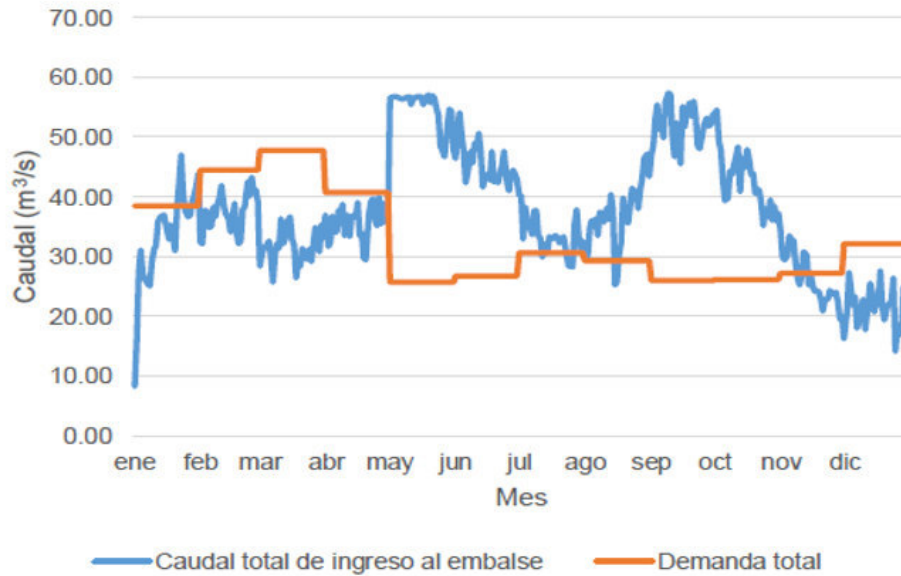


Figura n° 7. 79 Caudales totales de ingreso al embalse y demanda total. Fuente: ICE, 2016.

En la figura n° 7.80 se muestra la fluctuación del nivel del embalse a lo largo del año, según la demanda total y considerando sólo el aprovechamiento por riego. Además, se muestra el porcentaje acumulado de volúmenes vertidos con respecto al volumen total disponible en el año.

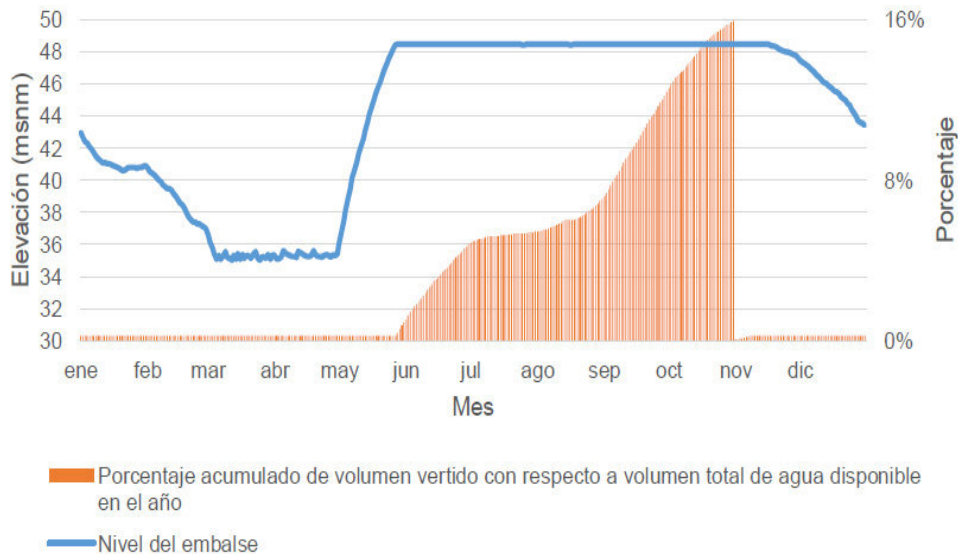


Figura n° 7. 80 Fluctuación del nivel del embalse río Piedras según demanda total y porcentaje acumulado de volumen vertido. Fuente: ICE, 2016.

Desde un punto de vista de eficiencia y de rentabilidad de la casa de máquinas, se propuso turbinar los caudales que se usan para riego en la época seca, como se describe a

continuación: *“Para aprovechar la caída de la presa, se propone en esta revisión que el agua extraída del embalse sea primero turbinada en una casa de máquinas al pie de presa y posteriormente, restituida al canal de riego para los usos previstos aguas abajo. Un bypass en la casa de máquinas permitiría conducir las aguas hacia el canal de riego en caso de que no sea posible turbinarlas. La generación de energía estaría sujeta al cumplimiento de las demandas de riego y otros usos aguas abajo de la presa”* (ICE, 2016). El aprovechamiento de las aguas de riego para la producción eléctrica puede generar una energía media anual de 36 GWh.

Además, como se mencionó, el volumen total del embalse es pequeño en comparación con los volúmenes de ingreso al embalse, y los excedentes de agua no pueden almacenarse. Se propusieron varias opciones para gestionar estos excedentes: una opción sería no captarlos, mediante la regulación de la compuerta a la entrada del canal oeste. Otra opción, la más atractiva desde el punto de vista económico, sería turbinar los excedentes de la época lluviosa, antes de verterlos al río Piedras. El aprovechamiento hidroeléctrico de las aguas excedentes podría aumentar la producción en un 22%, y de esta forma generar 44 GWh en promedio al año.

En la figura n° 7.81 se muestra la fluctuación del nivel del embalse a lo largo del año, para un esquema solamente con riego, y otro esquema con riego y generación. En éste último esquema, el volumen de agua evacuado por el vertedor sería nulo, ya que todos los excedentes serían primero turbinados, y finalmente vertidos al río Piedras.

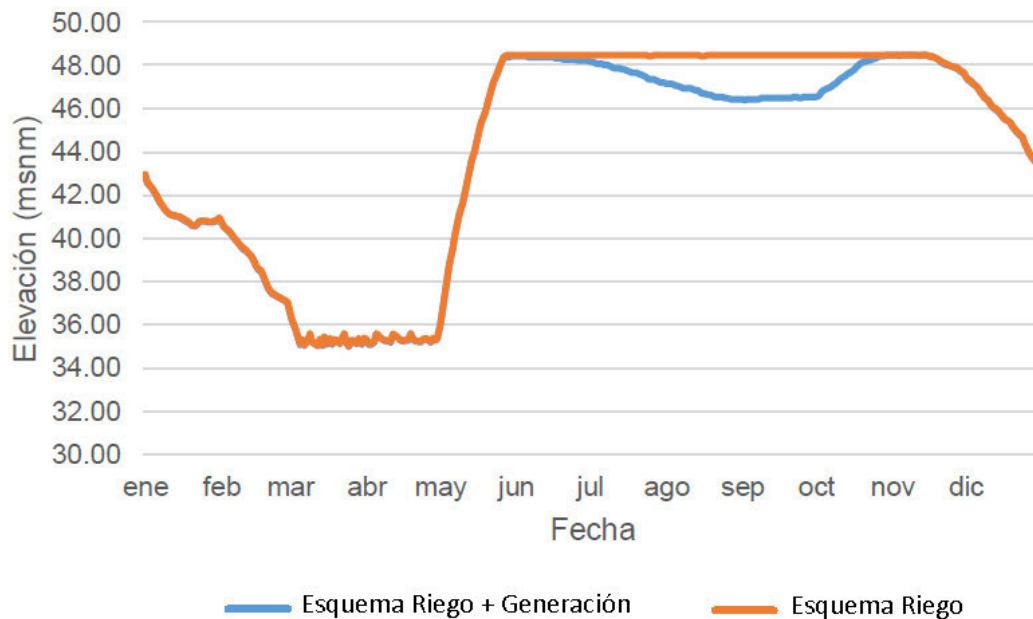


Figura n° 7. 81 Nivel del embalse río Piedras bajo el esquema de operación de riego, solamente, y el esquema de operación de riego y generación. Fuente: ICE, 2016.

El balance de caudales en el embalse se hizo considerando un caudal de compensación de 1,5 m³/s, constante a lo largo del año, el cual corresponde al 25% del caudal promedio anual estimado en el sitio de presa del río Piedras (ICE, 2016). Este valor deberá ser

ratificado mediante un estudio más detallado para determinar el caudal de compensación de un proyecto hidroeléctrico.

El esquema de operación más crítico para el río Piedras es el de aprovechamiento de riego y generación simultáneos, donde durante la época seca, el caudal turbinado se aprovecha para cubrir la demanda de riego, por lo que en el río Piedras se mantiene solamente el caudal de compensación, y durante la época lluviosa, cuando la demanda de agua para riego baja significativamente, el caudal turbinado, en su gran mayoría, se debe verter al río Piedras. En la figura n° 7.82 se muestra el régimen de caudales que se ha estimado en el río Piedras, sin proyecto, es decir, sólo caudales naturales, y con proyecto, es decir, caudal de compensación más el caudal vertido por generación.

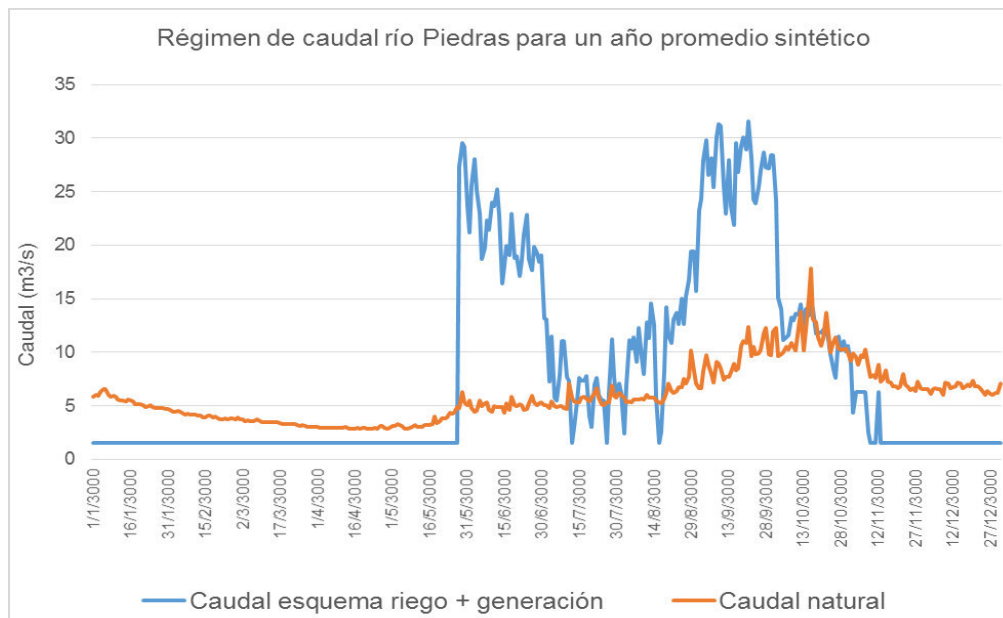


Figura n° 7. 82 Régimen de caudales promedio diarios estimados en el río Piedras con y sin proyecto.

En la figura anterior, para el esquema de riego y generación, se observa que la alteración del régimen natural del río sería bastante significativa, tanto en la magnitud de los caudales, como en la distribución temporal de los mismos. Por este motivo, se recomienda realizar un estudio detallado que pueda determinar los impactos que se podrían generar en el ecosistema del río Piedras, debido al cambio en el régimen hidrológico, bajo varios esquemas de operación del embalse.

La compañía consultora SETECOOP incluyó en el estudio de pre factibilidad una topografía general de la zona del sitio de presa, con curvas a cada metro, levantada en el año 2010, la cual incluía un tramo de aproximadamente 1 km del río Piedras, justo aguas abajo de la presa. Esta información se utilizó para determinar la capacidad hidráulica del cauce en el tramo en cuestión, en forma preliminar, ya que se requieren datos topográficos más detallados, y datos de campo sobre niveles y caudales, para validar los resultados modelados.

La modelación hidráulica se realizó utilizando la herramienta Iber, versión 2.4.2, 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 disponibles se generó un MED, el cual se importó en Iber para generar la malla. El caudal de diseño de la casa de máquinas sería de 50 m³/s (ICE, 2016), por lo que la simulación se hizo para este caudal por un período de 1 hora. En la figura n° 7.83 se muestra una vista en planta con el resultado de la simulación, donde se observa las márgenes y el canal del río, además de la distribución de profundidades.

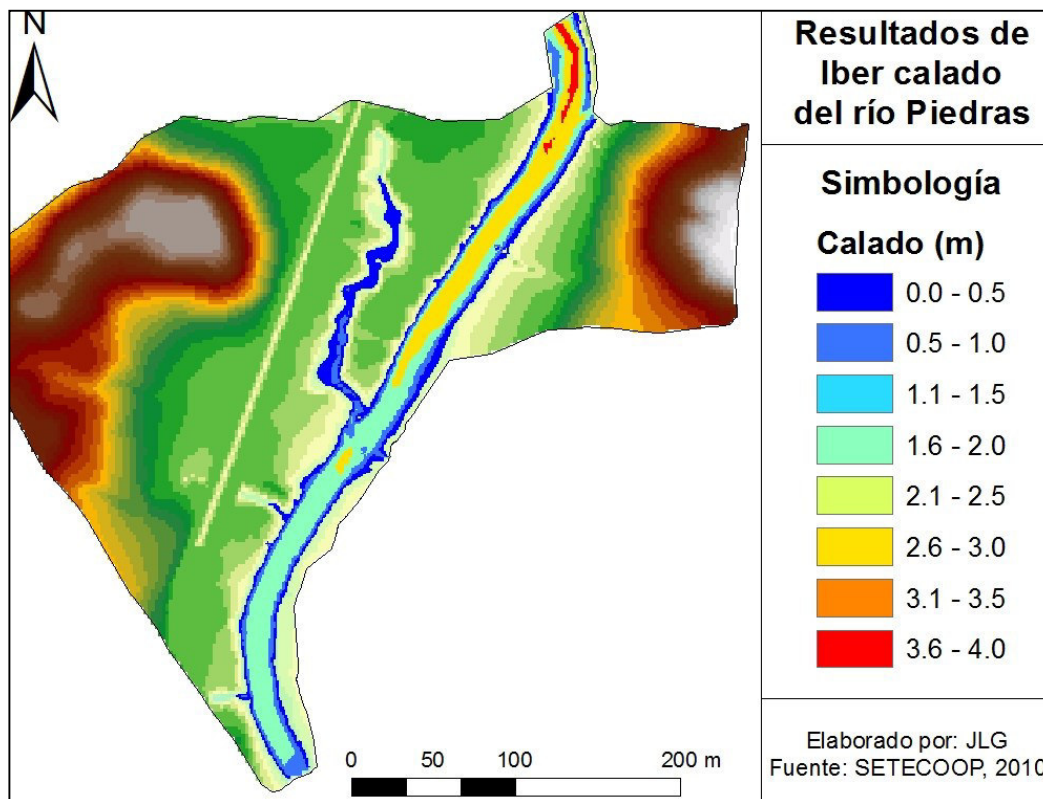


Figura n° 7. 83 Resultado de la simulación del calado en el río Piedras para un caudal de 50 m³/s según el programa Iber.

Se obtuvieron los perfiles de secciones transversales ubicadas a lo largo del tramo analizado, los cuales se detallan en la figura n° 7.84. Según los resultados preliminares obtenidos con la simulación de Iber, el canal analizado sí tendría capacidad hidráulica para

transportar 50 m³/s, el cual corresponde con el caudal máximo de generación que se vertería al río Piedras, aunque estos resultados deberán de validarse con información de campo.

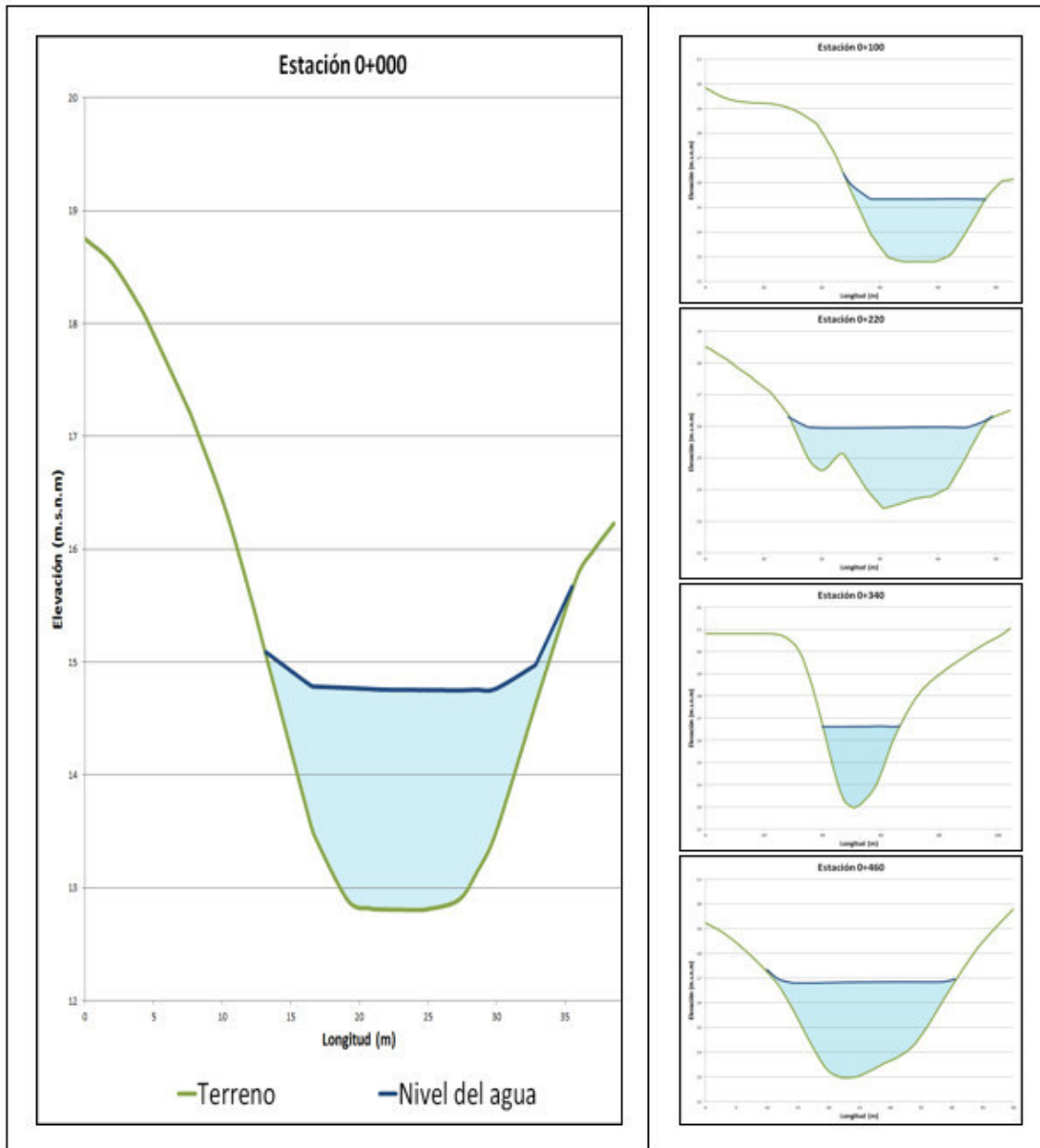


Figura n° 7. 84 Nivel del agua en varias secciones transversales del tramo analizado en el río Piedras para un caudal de 50 m³/s.

En el S.P. no se cuenta con registros de caudales máximos instantáneos, por lo cual para estimar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno se deben utilizar métodos indirectos. La opción utilizada fue realizar un análisis de frecuencia individual en la estación 20-03 Rancho Rey, y trasladar los resultados al S.P. por una relación de áreas. En dicha estación se tiene un registro de caudales máximos instantáneos desde 1970 hasta el 2010, con 41 datos para la serie anual, y 204 datos para la serie parcial. El análisis de

frecuencia se realizó con ambas series, y el mejor resultado, desde el punto de vista de ajuste y extrapolación de los datos, se obtuvo para la serie anual ajustada con la curva de distribución teórica General Normal, cuyos parámetros se determinaron usando momentos lineales. La curva de probabilidad teórica y el ajuste con los datos de la serie anual se muestra en la figura n° 7.85, con sus respectivos límites al 95% de confianza.

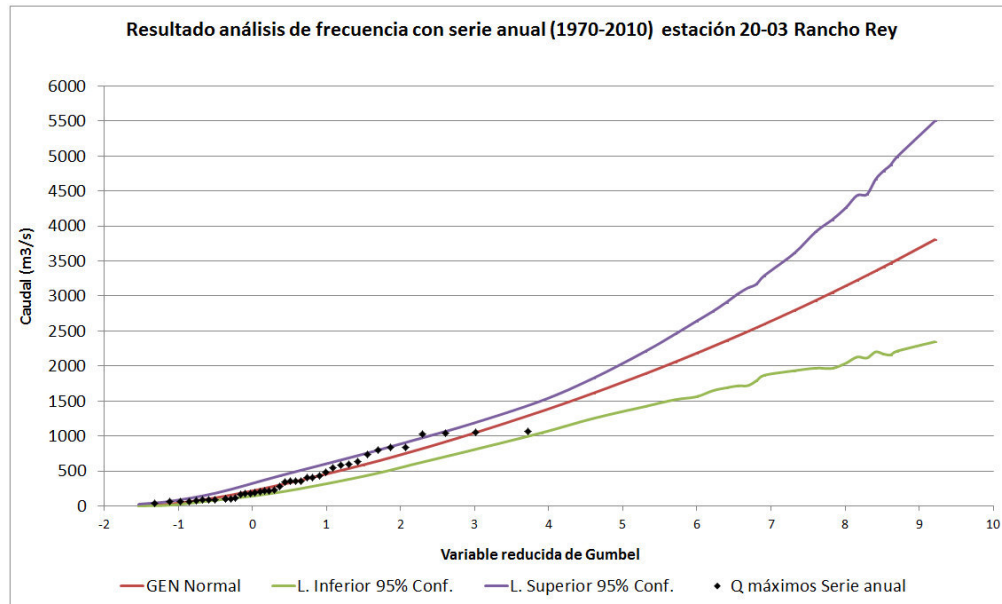


Figura n° 7. 85 Resultado análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos de la estación 20-03 Rancho Rey.

Los resultados obtenidos fueron trasladados al S.P. mediante un factor de 0.9, el cual se ha obtenido mediante una relación de áreas entre los sitios de interés. En el cuadro n° 7.33 se muestran los caudales máximos para diferentes períodos de retorno trasladados al S.P. del embalse río Piedras, con sus límites de confianza.

Cuadro n° 7. 33 Caudales máximos instantáneos para varios períodos de retorno estimados en S.P. del embalse río Piedras

Período Retorno (años)	Límite Inferior 95% Conf. (m³/s)	Valor Central (m³/s)	Límite Superior 95% Conf. (m³/s)
1,01	3	8	25
1,05	13	28	62
1,25	77	110	171
2	179	271	388
5	383	531	669
10	554	727	866
20	720	932	1061
50	942	1219	1354
100	1127	1451	1643
200	1279	1699	1985

Período Retorno (años)	Límite Inferior 95% Conf. (m ³ /s)	Valor Central (m ³ /s)	Límite Superior 95% Conf. (m ³ /s)
300	1368	1851	2209
400	1405	1963	2375
500	1483	2051	2502
1000	1681	2337	2960
2000	1773	2642	3524
3000	1835	2829	3831
4000	1904	2966	4007
5000	1955	3074	4307
10000	2112	3425	4948

Según los datos anteriores, el caudal máximo estimado en el S.P. con un período de retorno de 10 000 años, tiene un 95% de confianza de encontrarse entre los 2112 y los 4948 m³/s, con un valor central de 3425 m³/s.

7.5.1.3 Cotas de inundación en la zona del embalse

Se revisaron los mapas de amenazas naturales potenciales del cantón de Bagaces, elaborado por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, CNE, en febrero de 2010. Según este mapa, la zona del embalse está fuera del área de amenaza por inundación, definida para el río Piedras y los ríos vecinos, como se observa en la figura n° 7.86. El nivel del embalse fluctuaría entre las cotas 35,0 m.s.n.m. y 48,5 m.s.n.m.

Elaborado por

Desarrollador

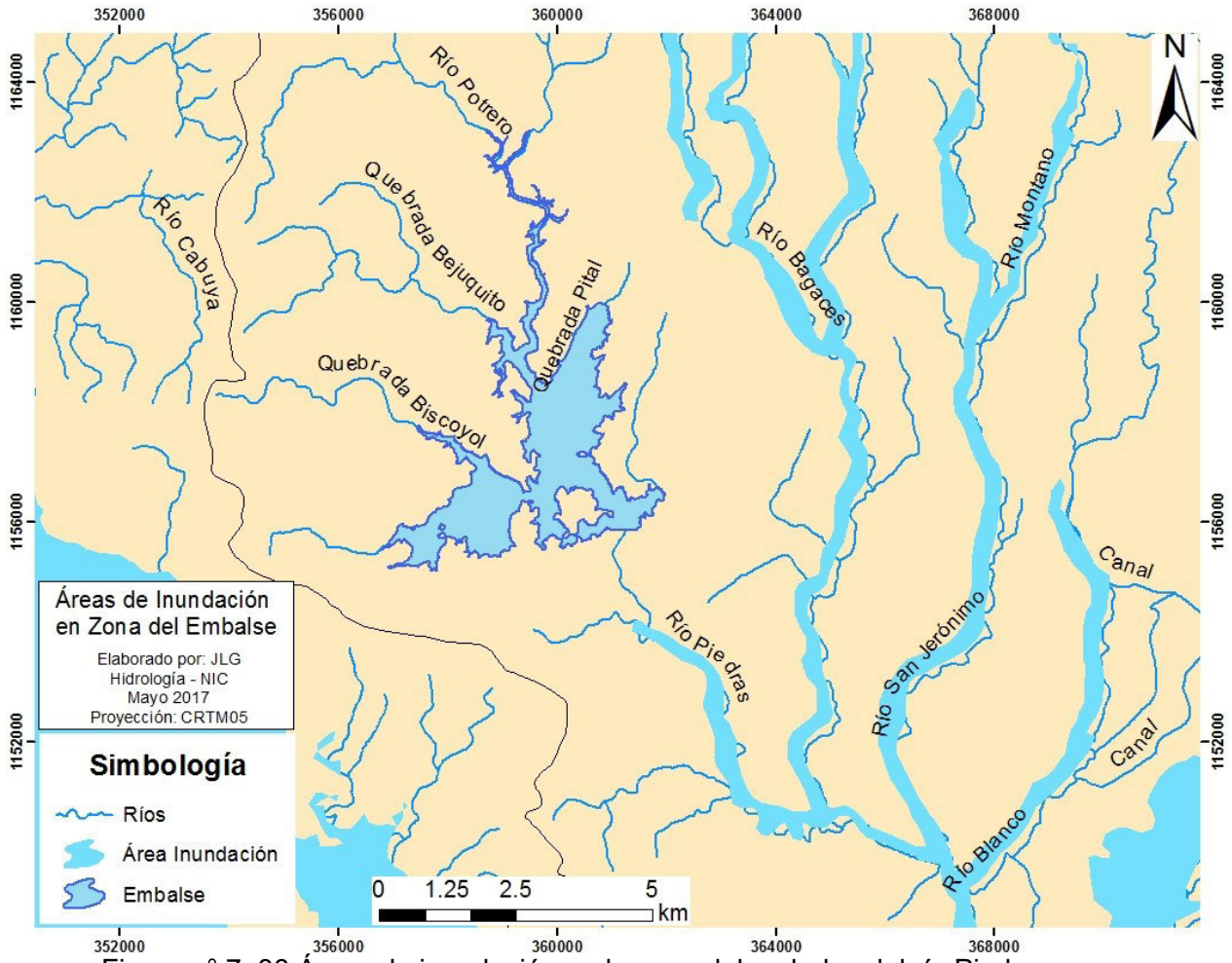


Figura n° 7. 86 Áreas de inundación en la zona del embalse del río Piedras.

7.5.1.4 Corrientes, mareas y oleaje

Por su ubicación geográfica, la zona del embalse no está sujeta a corrientes, ni mareas ni oleajes, por lo que este apartado no se analizó en el presente estudio.

7.5.1.5 Recomendaciones generales para la zona del embalse

El balance de caudales en el embalse se hizo considerando un caudal de compensación de 1,5 m³/s, constante a lo largo del año, el cual corresponde al 25% del caudal promedio anual estimado en el sitio de presa del río Piedras (ICE, 2016).

Se recomienda realizar un estudio análisis de los efectos que se podrían generar en el ecosistema del río Piedras, debido al cambio en el régimen hidrológico, bajo varios esquemas de operación del embalse.

7.5.1.6 Aguas superficiales en la zona del canal de conducción oeste tramo II y III

El canal oeste tramo II se extiende desde el embalse río Piedras hasta el río Cabuyo, con una longitud aproximada de 20 km. Actualmente la sección de este tramo del canal está conformada en tierra, no revestida, con una capacidad de 15 m³/s. Para el adecuado funcionamiento del sistema, la capacidad del canal deberá ser ampliado a 20 m³/s, con una sección revestida (SENARA, 2016).

El canal oeste tramo III se extendería desde el río Cabuyo, hasta la comunidad de Palmira, en el cantón de Carrillo, en la margen derecha del río Tempisque. La longitud de este tramo sería de 30 km, aproximadamente, con una capacidad de 20 m³/s (SENARA, 2016).

La longitud total del canal oeste tramo II y III sería de 50 km, con un ancho de 60 m, lo que implica un área de impacto directo de 300 ha. Para la zona de protección se consideraría una franja de 75 m, a ambos lados de la línea centro del canal, lo que implicaría un área de impacto indirecto de 750 ha. En la figura n°7.87 se muestra la zona de impacto indirecto de los dos tramos del canal, los sitios de cruce entre el canal y los principales ríos de la red de drenaje en escala 1: 50 000, además de los principales poblados y las estaciones hidrológicas de referencia.

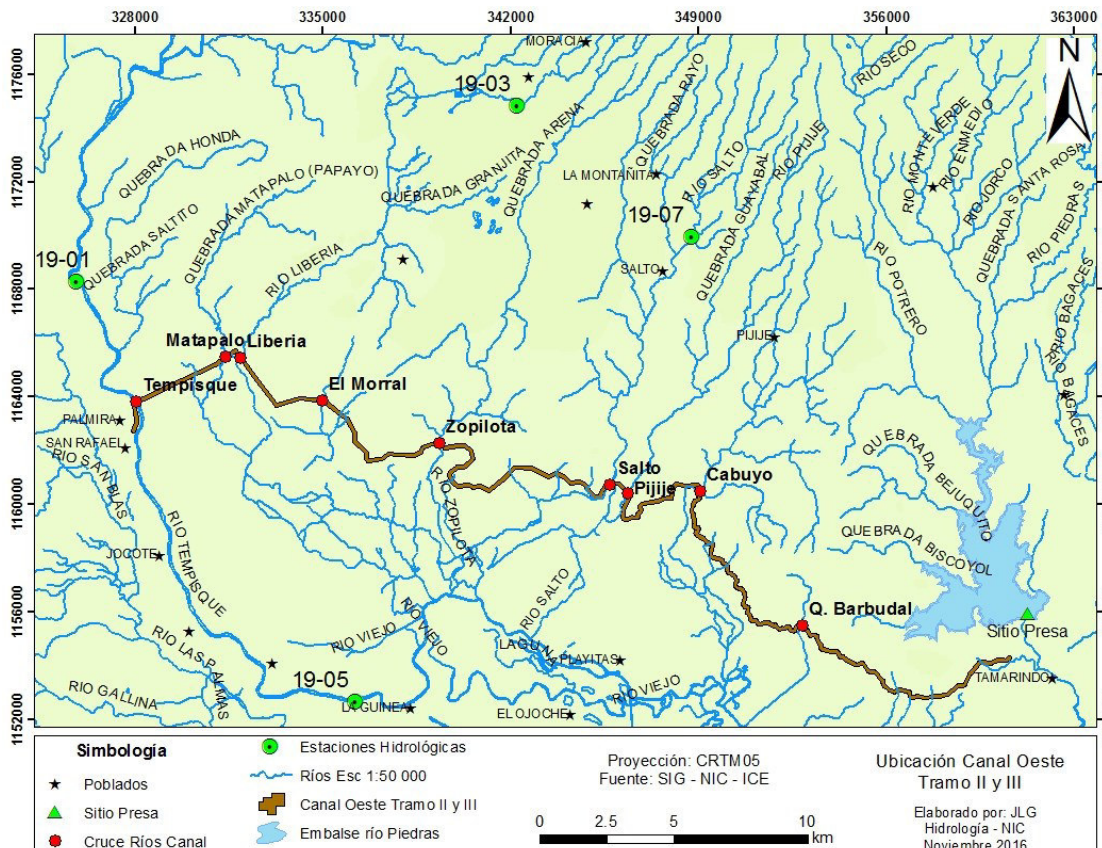


Figura n° 7. 87 Ubicación del Canal Oeste Tramo II y III.

Con ayuda del sistema de información geográfica ArcGIS 10.2.2., y tomando como base las curvas de nivel a cada 10 metros, digitalizadas en escala 1:50 000, se delimitó el área de drenaje y se generó el Modelo de Elevación Digital (MED) de cada una de las subcuencas de los ríos más importantes, hasta el sitio de cruce con el canal oeste. Dicho cruce se realizaría mediante la construcción de un sistema de sifón invertido. Con base en la red de drenaje digitalizada en escala 1:50 000 a nivel nacional, se obtuvo un detalle de los principales ríos en cada una de la subcuencas estudiadas.

En la figura n° 7.88 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre la quebrada Barbudal y el canal oeste tramo II. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 352886 m y Norte: 1155468 m.



Figura n° 7. 88 Cruce quebrada Barbudal. Fuente: Digital Globe 2016-03-26.

La cuenca de la quebrada Barbudal nace en las faldas de la reserva biológica Lomas de Barbudal, y tiene un área de drenaje de 5,19 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 9,46 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,16. La elevación máxima es de 185 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 30 m.s.n.m. En la figura n° 7.89 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca de la quebrada Barbudal.

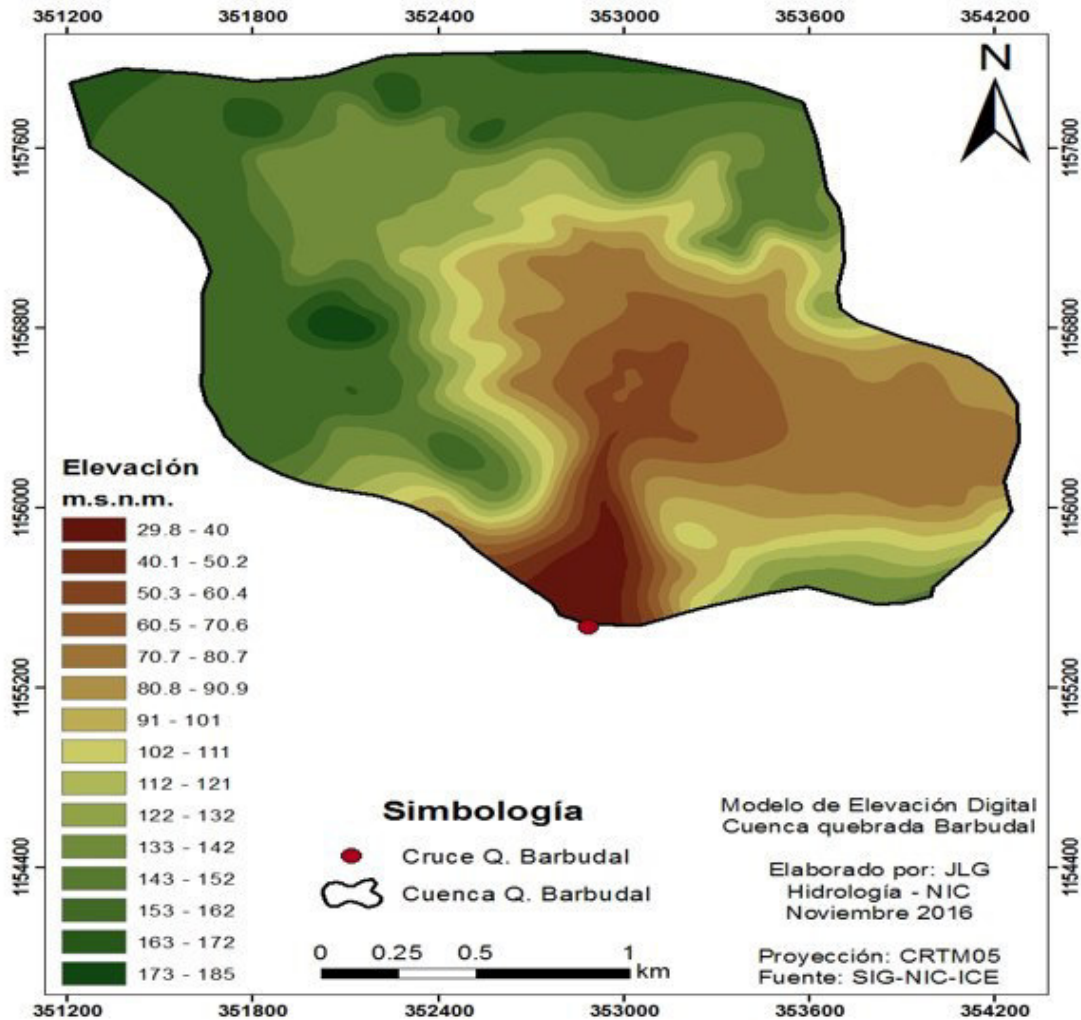


Figura n° 7. 89 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada Barbudal.

En la figura n° 7.90 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca de la quebrada Barbudal, cuya longitud de cauce principal es de 2,66 km, con una pendiente media de 0,058 m/m. A esta escala no se detallan afluentes tributarios. La densidad de drenaje es baja con 0,51 km/km², y un número de Strahler de 1.

Elaborado por

Desarrollador

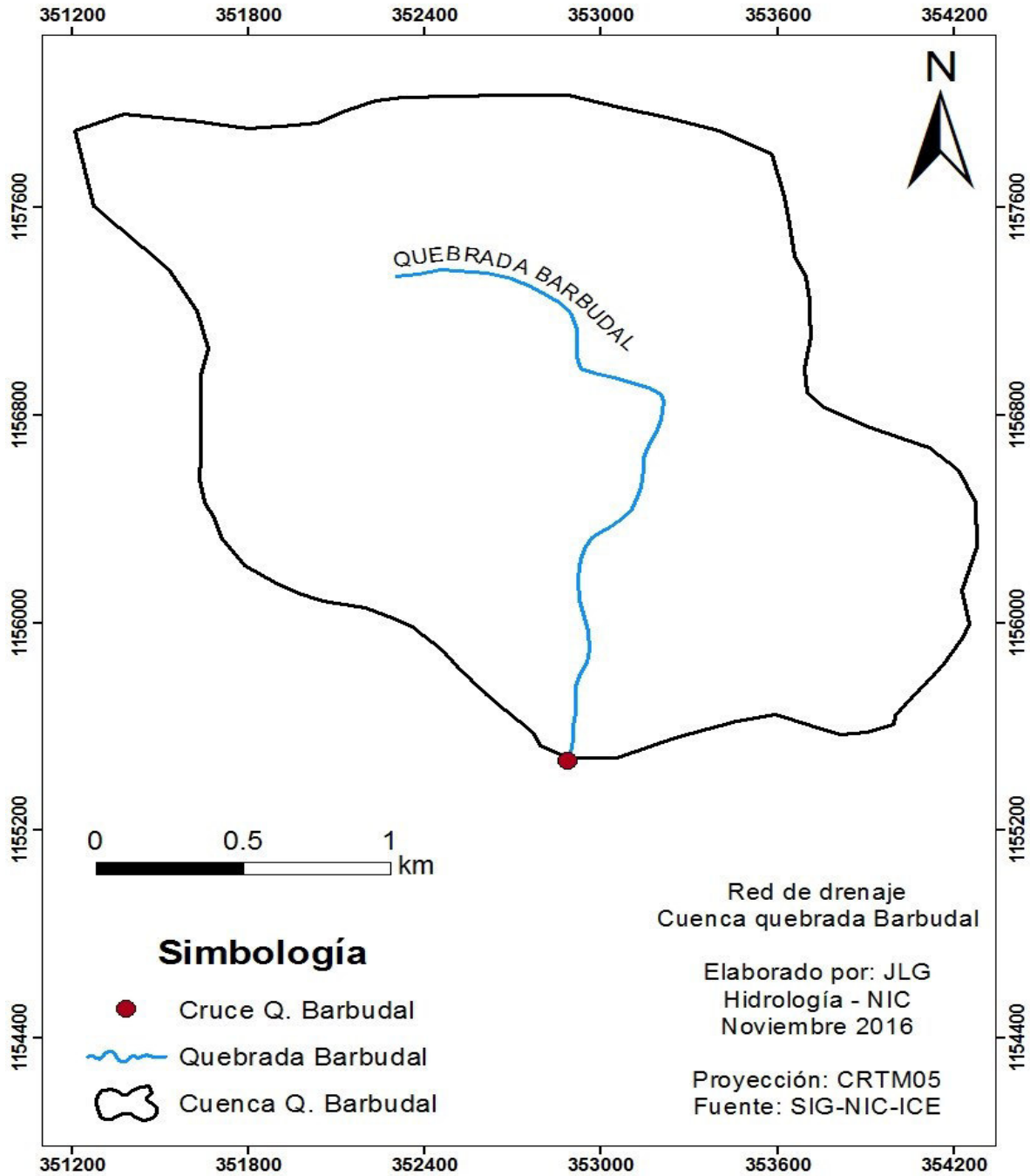


Figura n° 7. 90 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Barbudal.

En la figura n° 7.91 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Cabuyo y el canal oeste tramo II. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 349073 m y Norte: 1160474 m.



Figura n° 7. 91 Cruce río Cabuyo. Fuente: Digital Globe 2014-12-14.

La cuenca del río Cabuyo nace en las faldas de la cordillera volcánica de Guanacaste, y tiene un área de drenaje de 49,0 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 40,9 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,64. La elevación máxima es de 206 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 18 m.s.n.m.

En la figura n° 7.92 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Cabuyo.

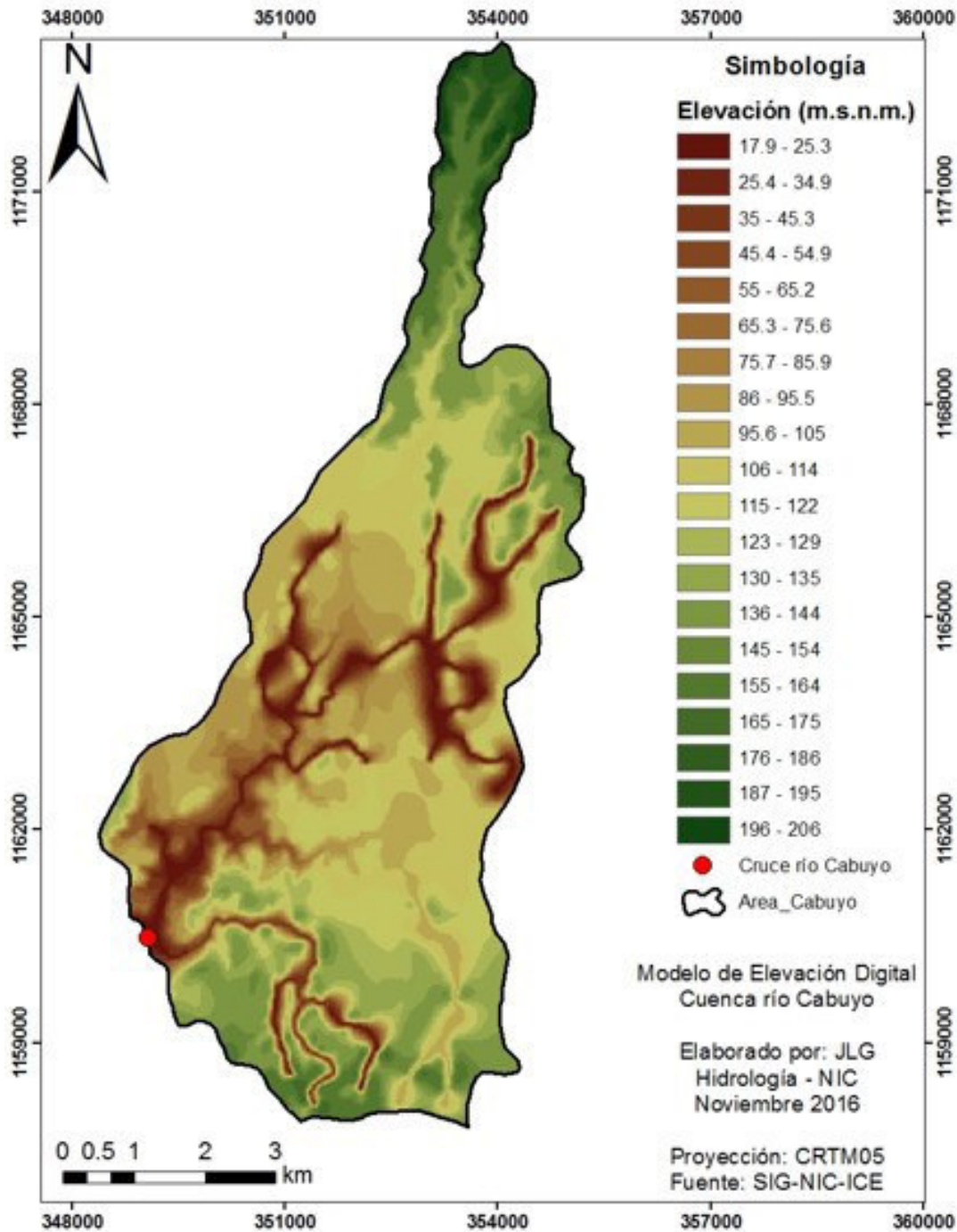


Figura n° 7. 92 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Cabuyo.

En la figura n° 7.93 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Cabuyo, la cual tiene una longitud de cauce principal de 15,3 km y una pendiente media de 0,012 m/m. Los principales afluentes del río Cabuyo son las quebradas Urraca, Barro, Anonos, Tigra, Paso Lajas y Amores. La longitud total de cauces es de 59,5 km. La densidad de drenaje es de 1,21 km/km², y un número de Strahler de 3.

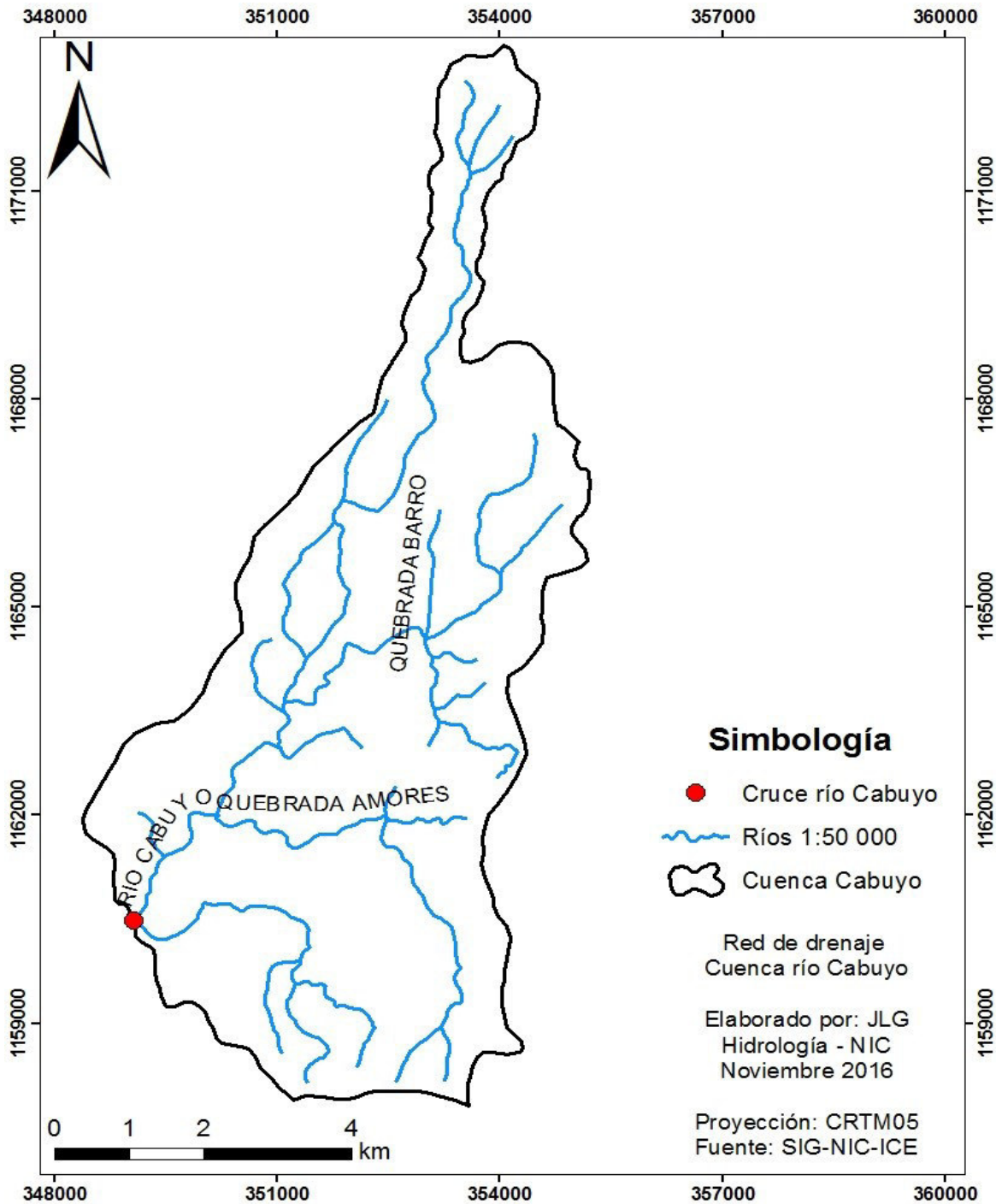


Figura n° 7. 93 Red de drenaje de la cuenca del río Cabuyo.

En la figura n° 7.94 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Pijije y el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 346390 m y Norte: 1160402 m.

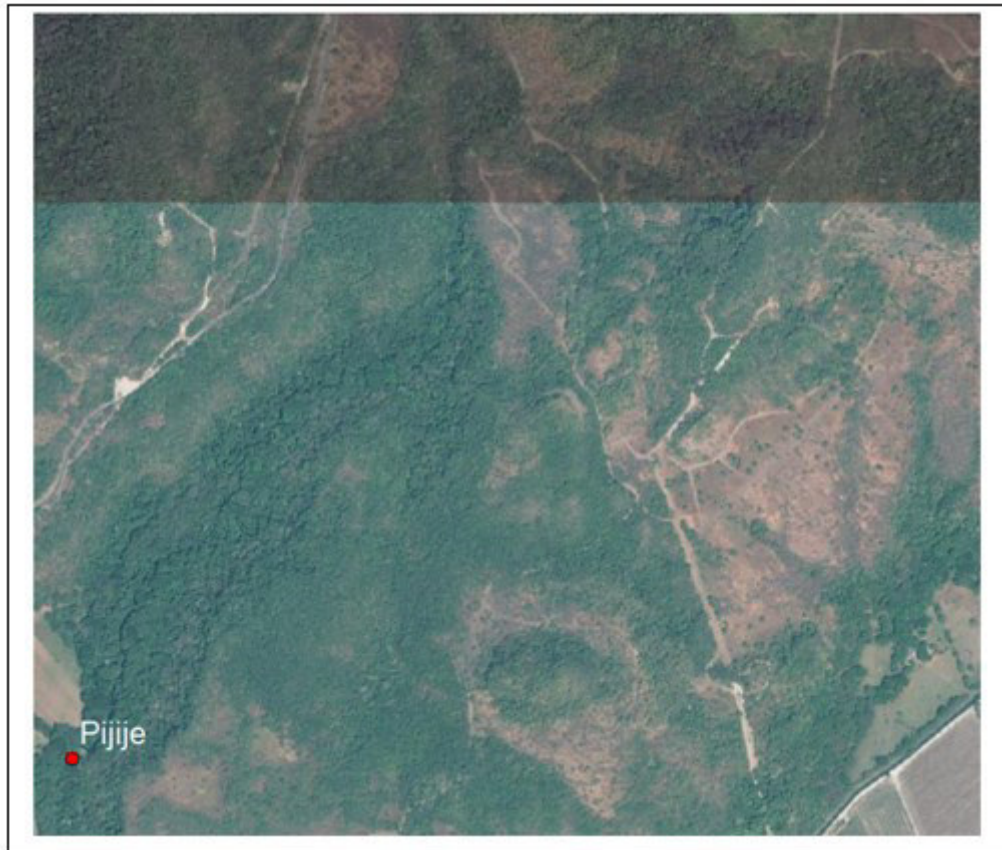


Figura n° 7. 94 Cruce río Pijije. Fuente: Imagen Digital Globe 2015-01-02.

La cuenca del río Pijije nace en las faldas de la cordillera volcánica de Guanacaste, y tiene un área de drenaje de 37,5 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 44,5 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 2,03. La elevación máxima es de 295 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 15 m.s.n.m.

En la figura n° 7.95 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Pijije.

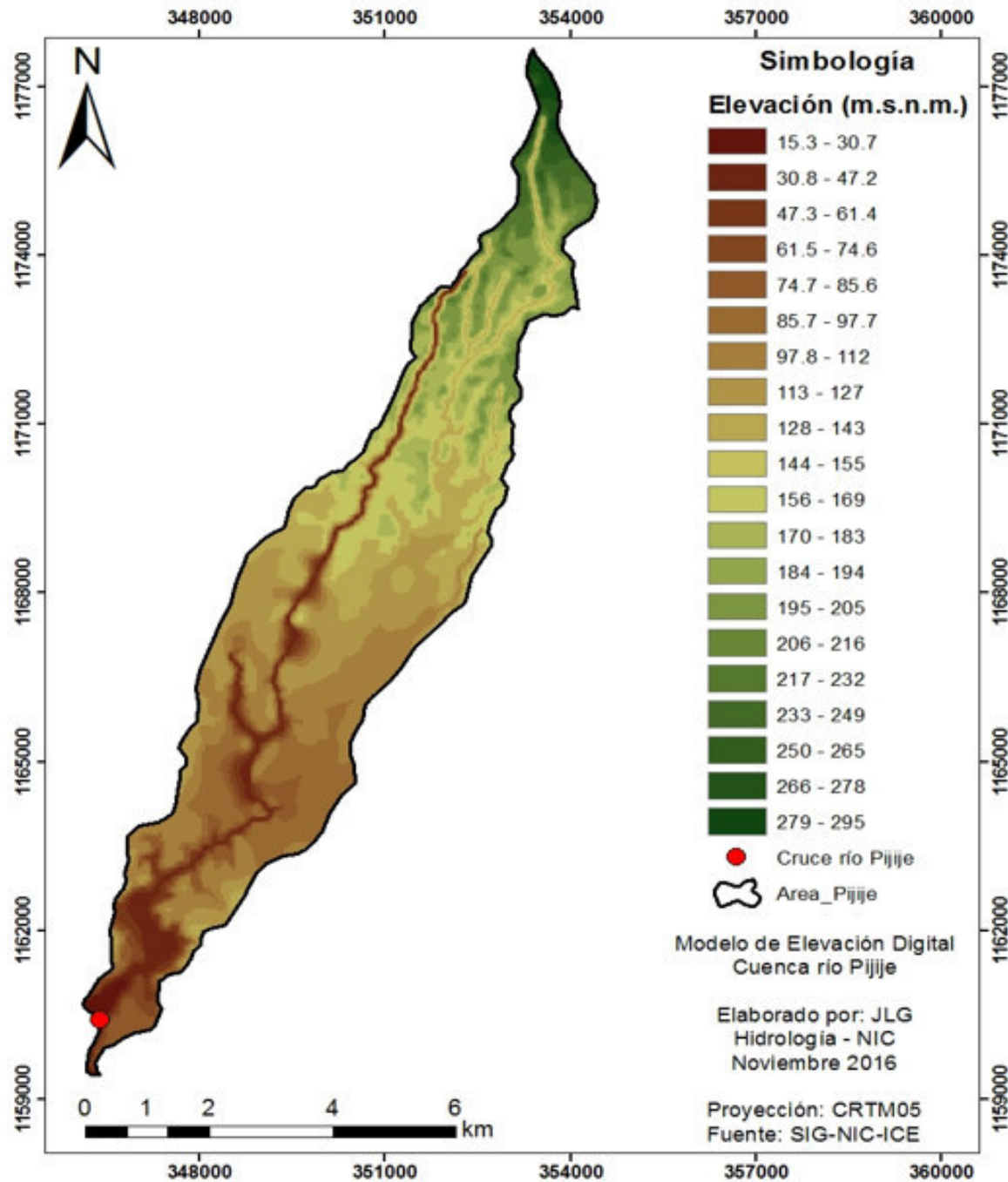


Figura n° 7. 95 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Pijije.

En la figura n° 7.96 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Pijije, la cual tiene una longitud de cauce principal de 21,1 km, con una pendiente media de 0,013 m/m. El principal afluente de este río es la quebrada Guayabal. La longitud total de cauces es de 44,8 km. La densidad de drenaje es de 1,19 km/km², y un número de Strahler de 3.

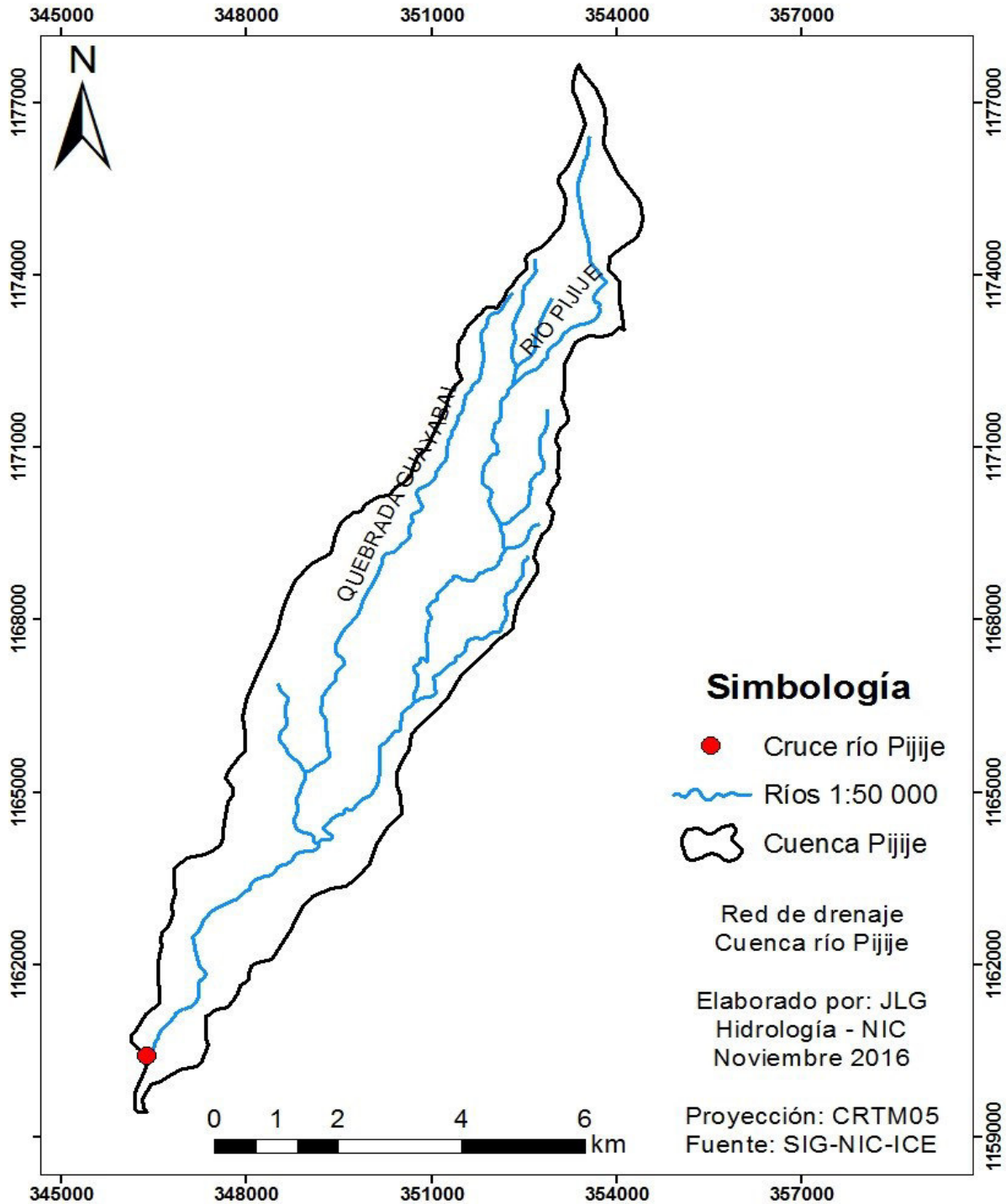


Figura n° 7. 96 Red de drenaje de la cuenca del río Pijije.

En la figura n° 7.97 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Salto y el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 345829 m y Norte: 1160740 m.



Figura n° 7. 97 Cruce río Salto. Fuente: Imagen Digital Globe 2015-01-02.

La cuenca del río Salto nace en las faldas de la cordillera volcánica de Guanacaste, y tiene un área de drenaje de 125,2 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 79,0 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,98. La elevación máxima es de 1100 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 15 m.s.n.m.

En la figura n° 7.98 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Salto.

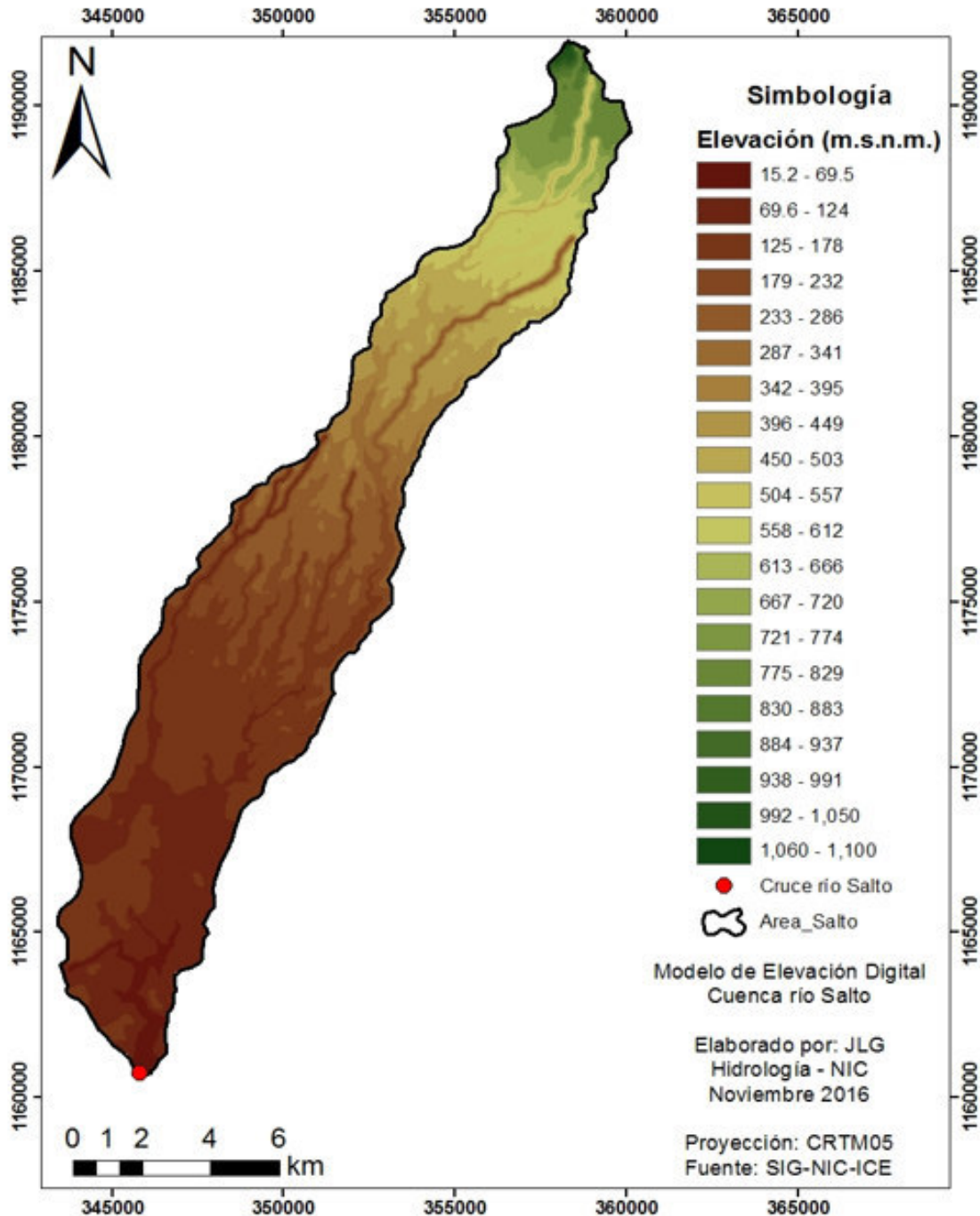


Figura n° 7. 98 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Salto.

En la figura n° 7.99 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Salto, la cual tiene una longitud de cauce principal de 42,1 km, con una pendiente media de 0,026 m/m. Los principales afluentes son las quebradas: Caraña, Montañita, Enramada, Agua Gata, Tapezco, Rayo y Cuesta Blanca, entre otras. La longitud total de cauces es de 154,2 km. La densidad de drenaje es de 1,23 km/km², y un número de Strahler de 3.

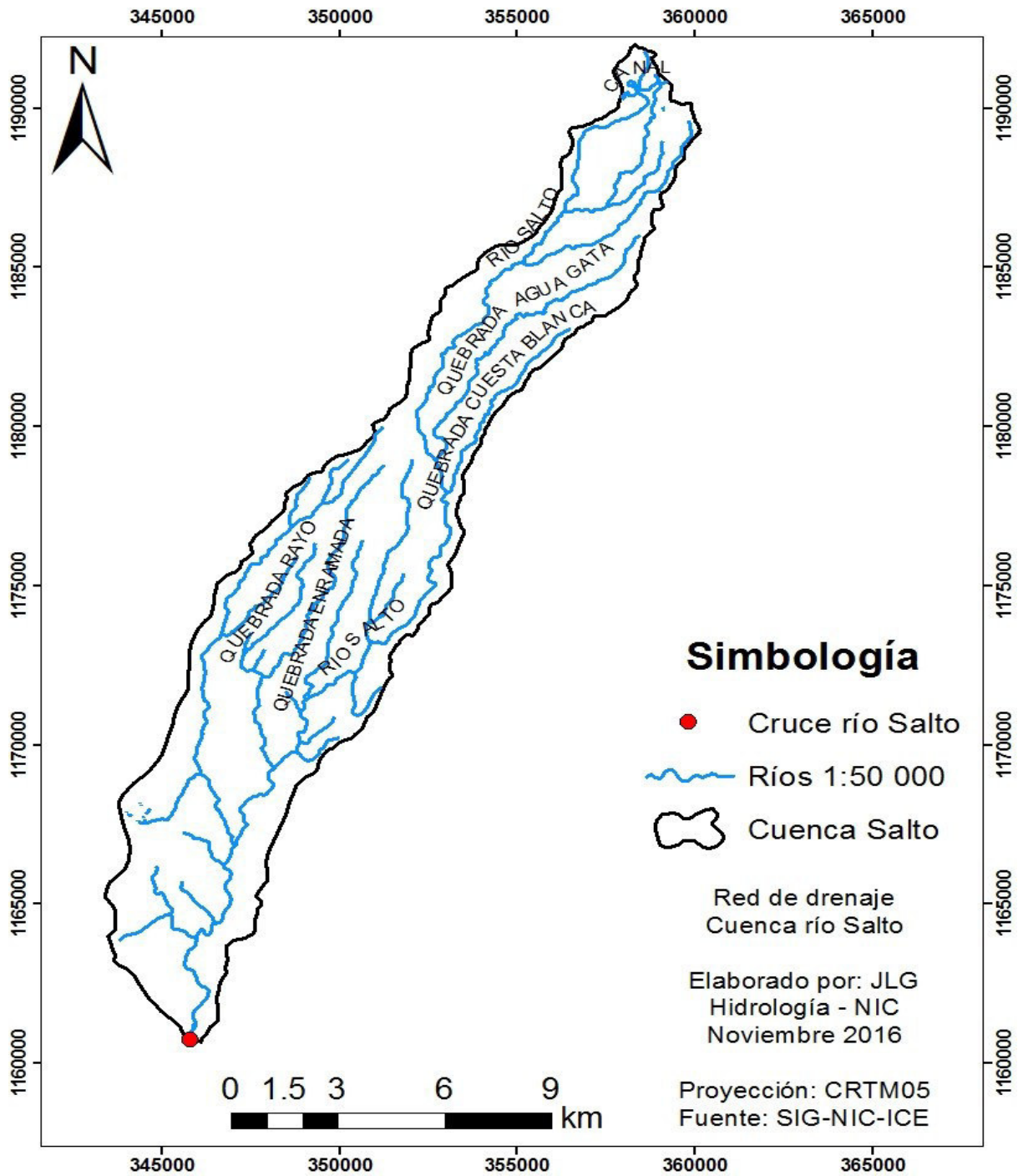


Figura n° 7. 99 Red de drenaje de la cuenca del río Salto.

En la figura n° 7.100 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre la quebrada Zopilota y el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 339368 m y Norte: 1162268 m.



Figura n° 7. 100 Cruce quebrada Zopilota. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.

La cuenca de la quebrada Zopilota nace en las faldas de la cordillera volcánica de Guanacaste, y tiene un área de drenaje de 79,1 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 65,0 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 2,05. La elevación máxima es de 492 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 13 m.s.n.m.

En la figura n° 7.101 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca de la quebrada Zopilota.

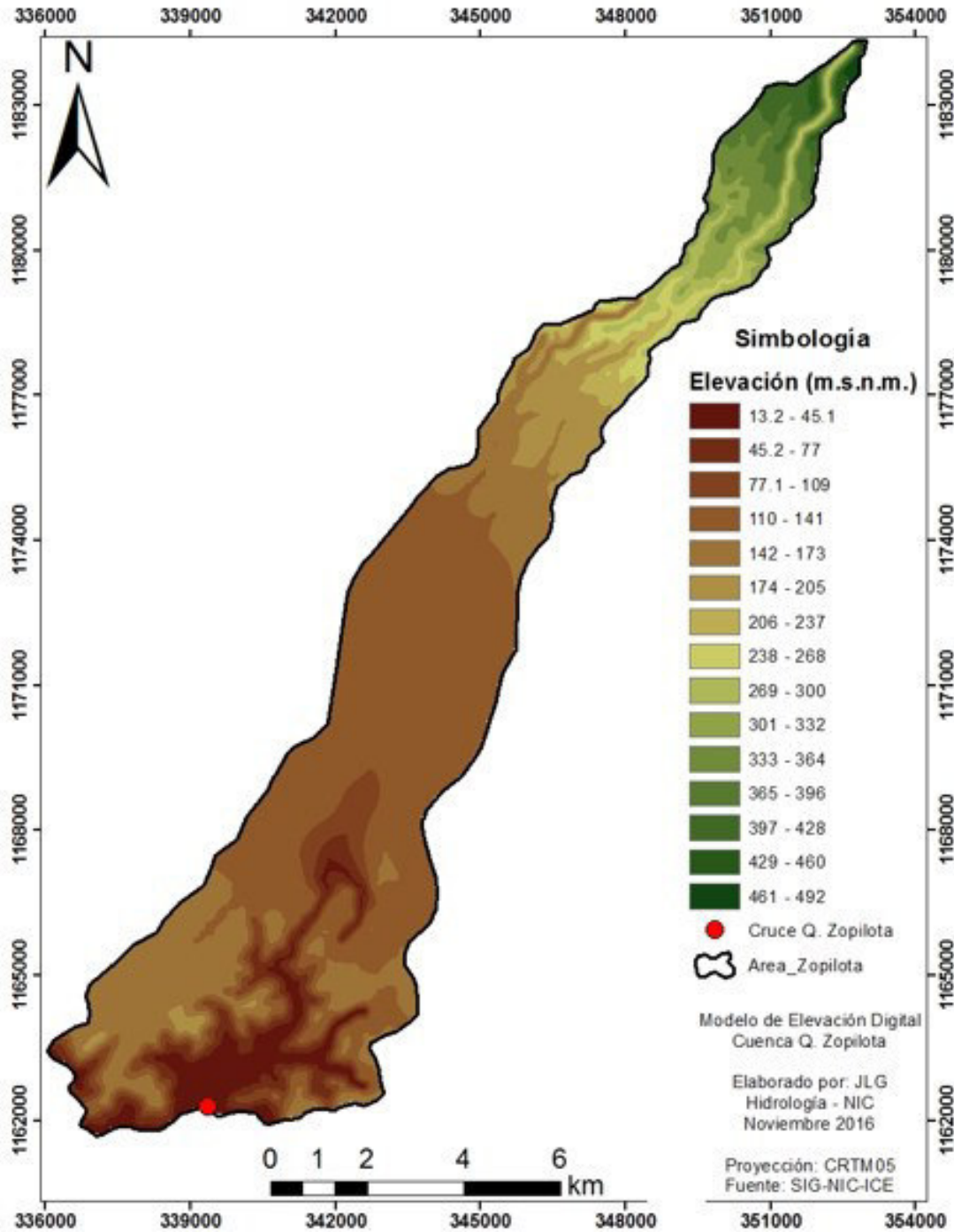


Figura n° 7. 101 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada Zopilota.

En la figura n° 7.102 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca de la quebrada Zopilota, la cual tiene una longitud de cauce principal de 30,5 km y una pendiente media de 0,016 m/m. Los principales afluentes son las quebradas: Arena, Honda, Lajas y Pochotes. La longitud total de cauces es de 67,9 km. La densidad de drenaje es de 0,86 km/km², y un número de Strahler de 3.

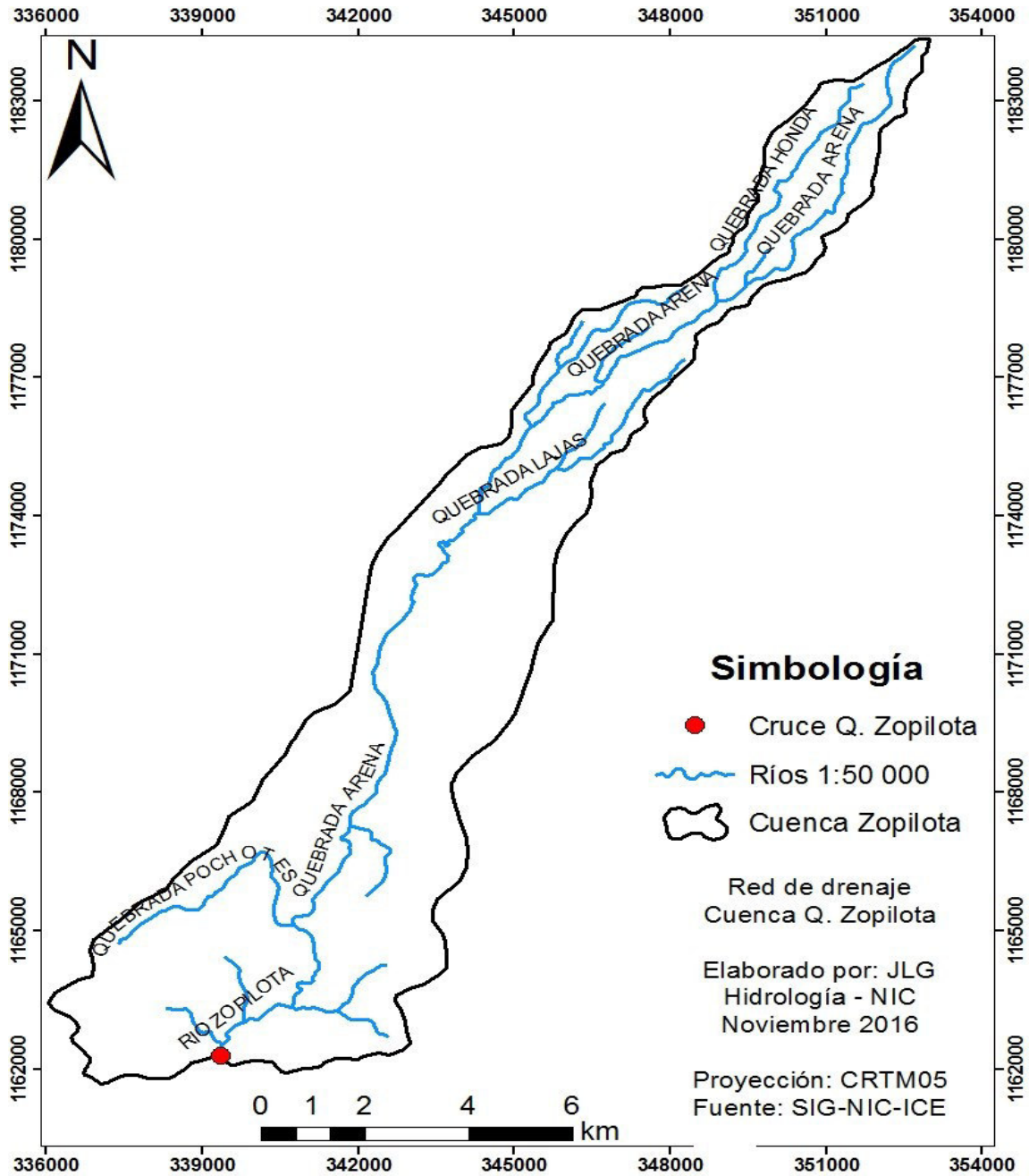


Figura n° 7. 102 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Zopilota.

En la figura n° 7.103 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre la quebrada El Morral y el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 334970 m y Norte: 1163850 m. se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre la quebrada El Morral y el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 334970 m y Norte: 1163850 m.



Figura n° 7. 103 Cruce quebrada El Morral Fuente: Digital Globe 2015-03-24.

La cuenca de la quebrada El Morral tiene un área de drenaje de 7,92 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 11,2 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,11. La elevación máxima es de 175 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 5 m.s.n.m.

En la figura n° 7.104 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para esta cuenca.

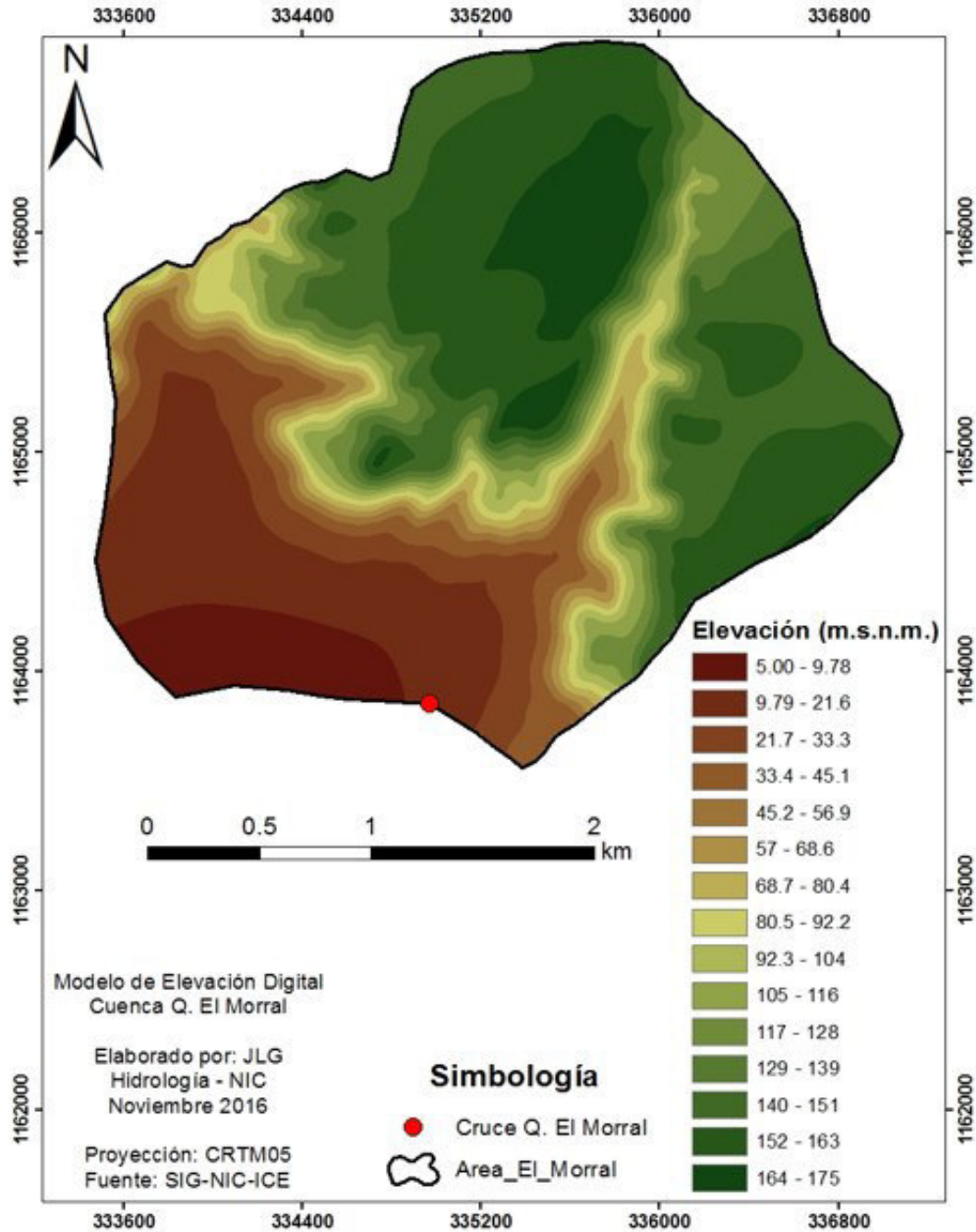


Figura n° 7. 104 Modelo de elevación digital de la cuenca de la quebrada El Morral.

En la figura n° 7.105 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca de la quebrada El Morral, cuya longitud de cauce principal es de 2,90 km, con una pendiente media de 0,059 m/m. A esta escala no se detallan afluentes tributarios. La densidad de drenaje es baja con 0,37 km/km², y un número de Strahler de 1.

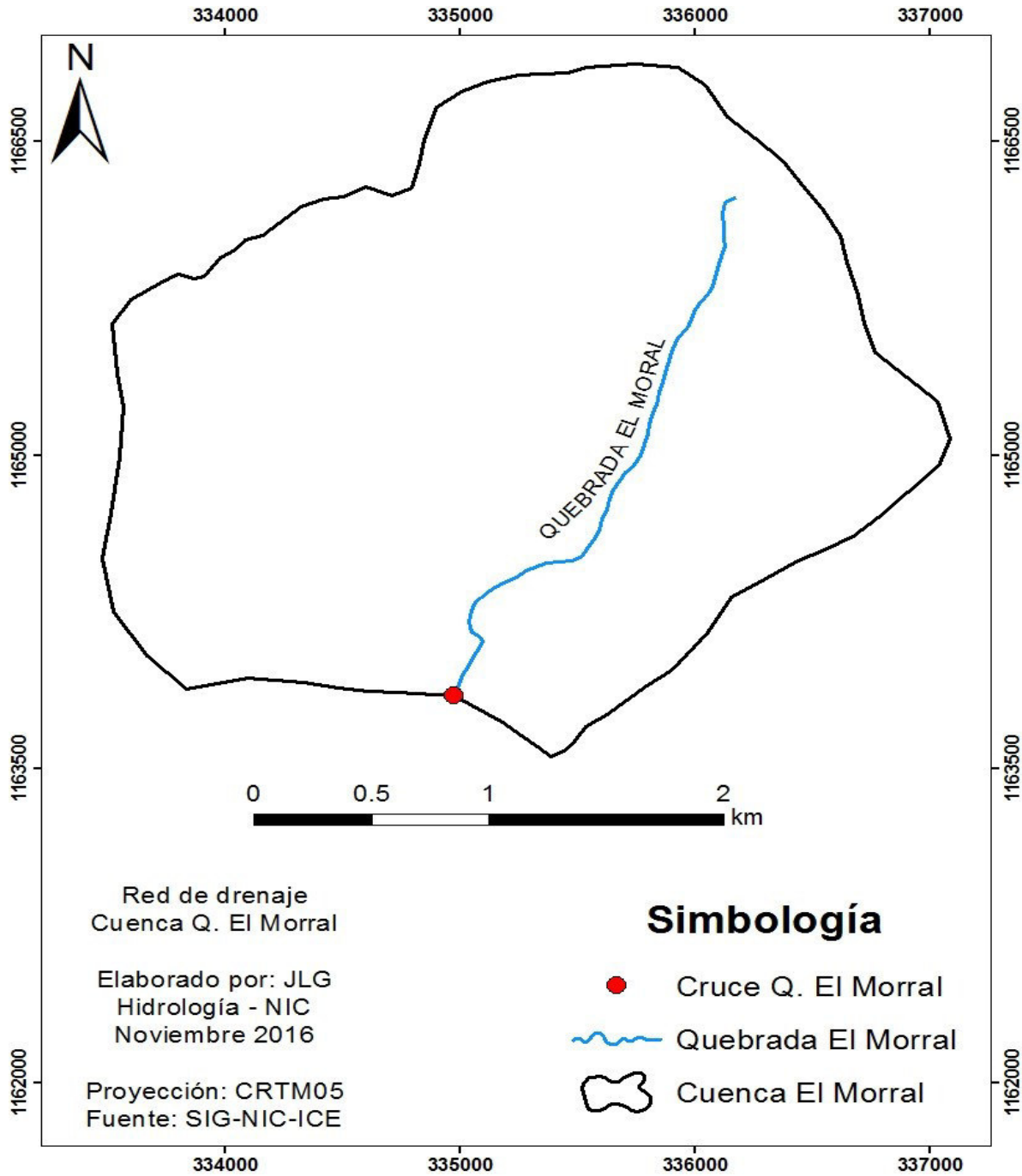


Figura n° 7. 105 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada El Morral.

En la figura n° 7.106 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce del río Liberia con el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 331870 m y Norte: 1165536 m.



Figura n° 7. 106 Cruce río Liberia. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.

La cuenca del río Liberia nace en las faldas del volcán Rincón de la Vieja y tiene un área de drenaje de 101,5 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 93,6 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 2,60. La elevación máxima es de 1060 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 15,7 m.s.n.m.

En la figura n° 7.107 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para esta cuenca.

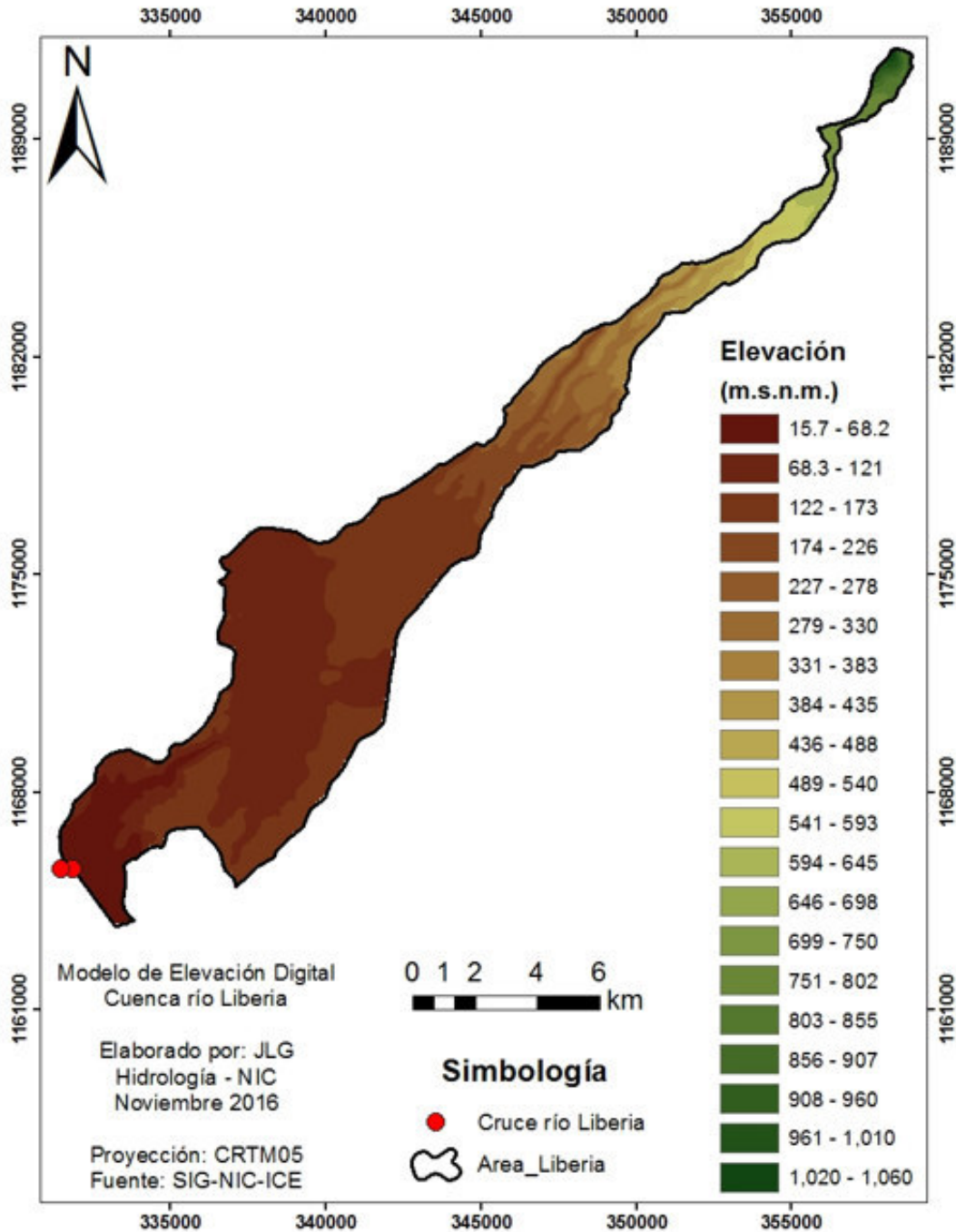


Figura n° 7. 107 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Liberia.

En la figura n° 7.108 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Liberia, cuya longitud de cauce principal es de 48,2 km y una pendiente media de 0,022 m/m. Los principales afluentes son las quebradas: Danta, Piches, Panteón, Granjita y Real. La longitud total de cauces es de 124,6 km. La densidad de drenaje es de 1,23 km/km², y un número de Strahler de 3.

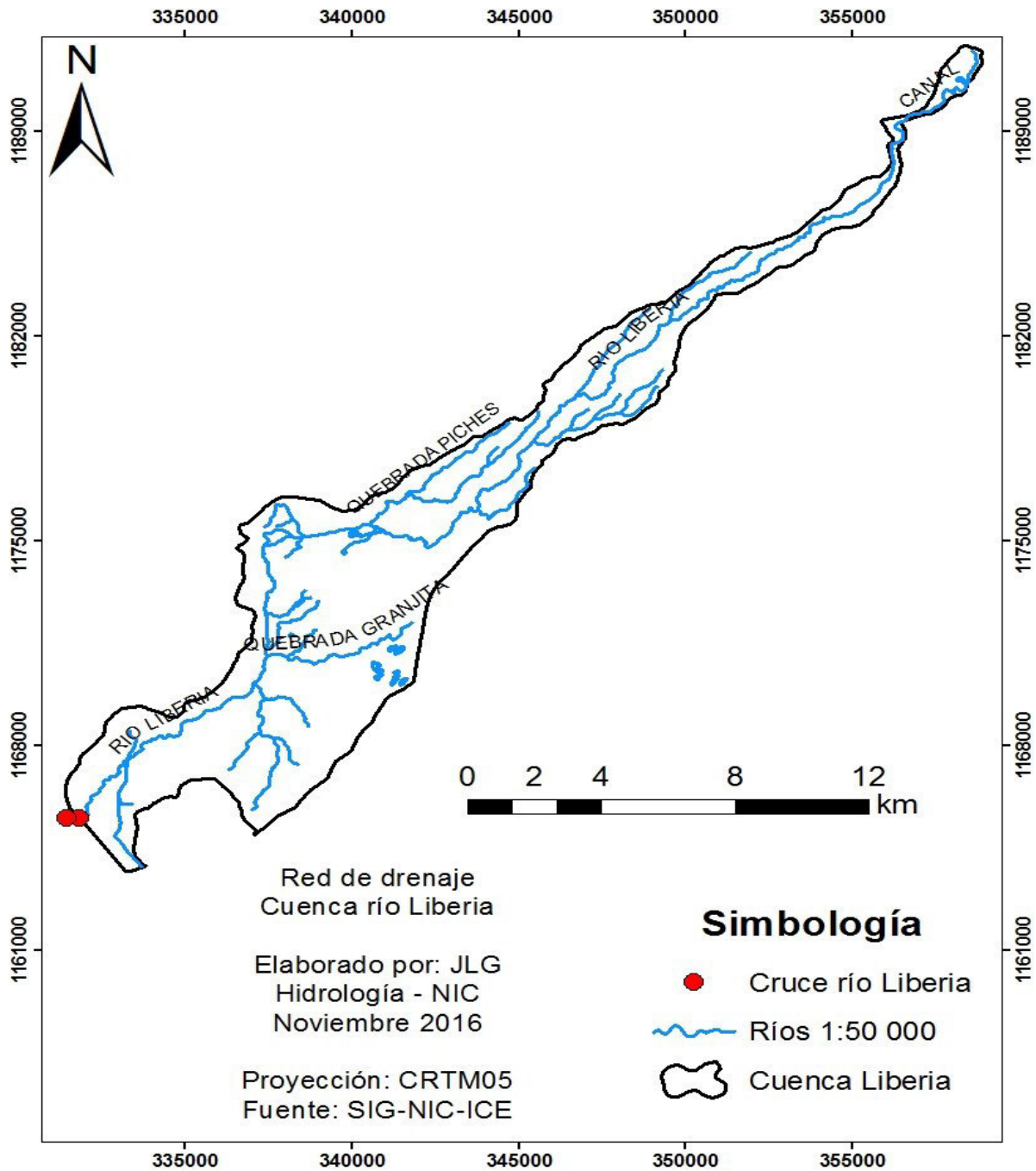


Figura n° 7. 108 Red de drenaje de la cuenca del río Liberia.

En la figura n° 7.109 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre la quebrada Matapalo con el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 331493 m y Norte: 1165529 m.



Figura n° 7. 109 Cruce quebrada Matapalo. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.

La cuenca de la quebrada Matapalo tiene un área de drenaje de 26,4 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 26,3 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,43. La elevación máxima es de 131 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 18,5 m.s.n.m.

En la figura n° 7.110 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para esta cuenca.

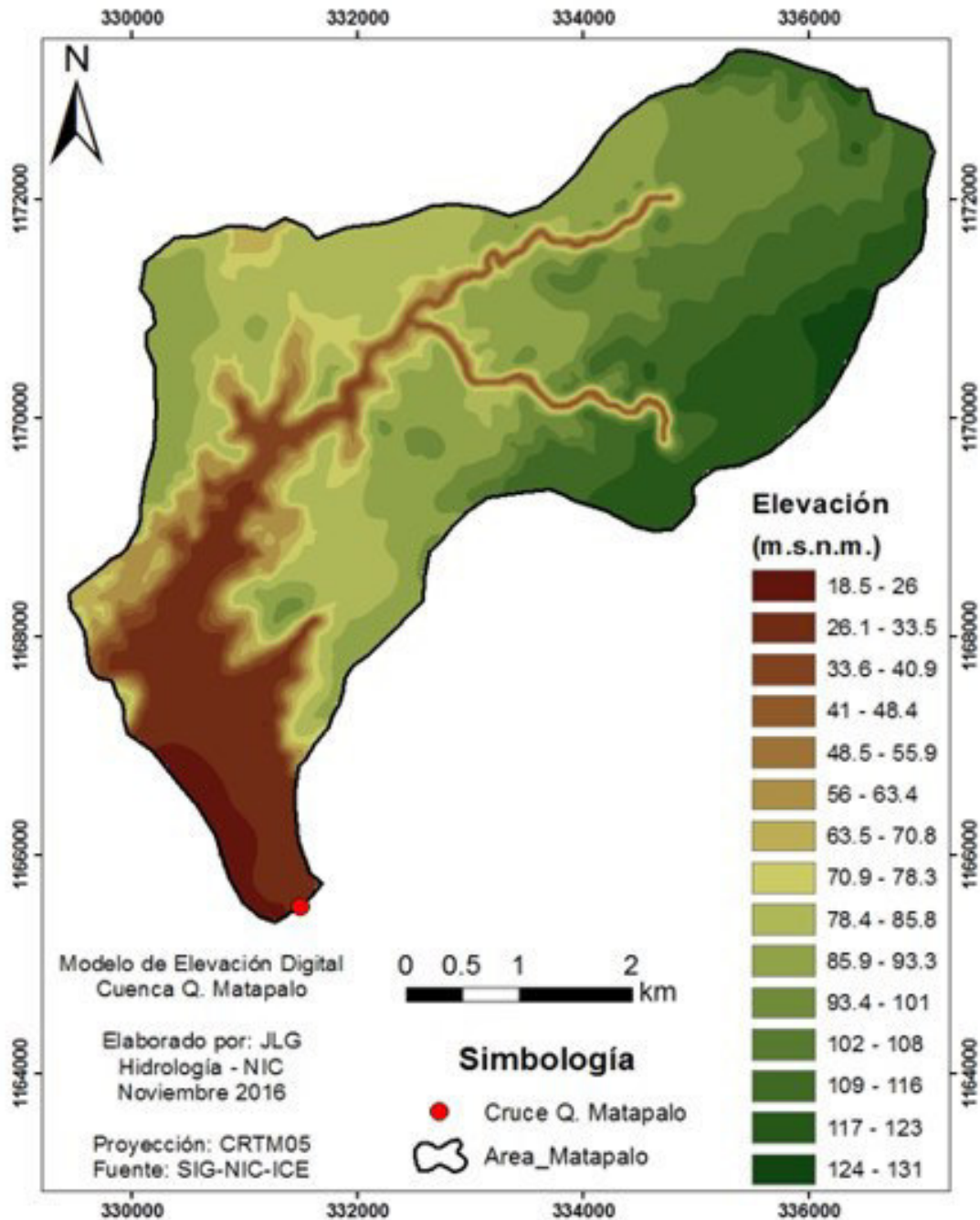


Figura n° 7. 110 Modelo de elevación digital de la quebrada Matapalo.

En la figura n° 7.111 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca de la quebrada Matapalo, cuya longitud de cauce principal es de 11,0 km y una pendiente media de 0,010 m/m. El principal afluente es la quebrada El Perro. La longitud total de cauces es de 17,8 km. La densidad de drenaje es de 0,67 km/km², y un número de Strahler de 2.

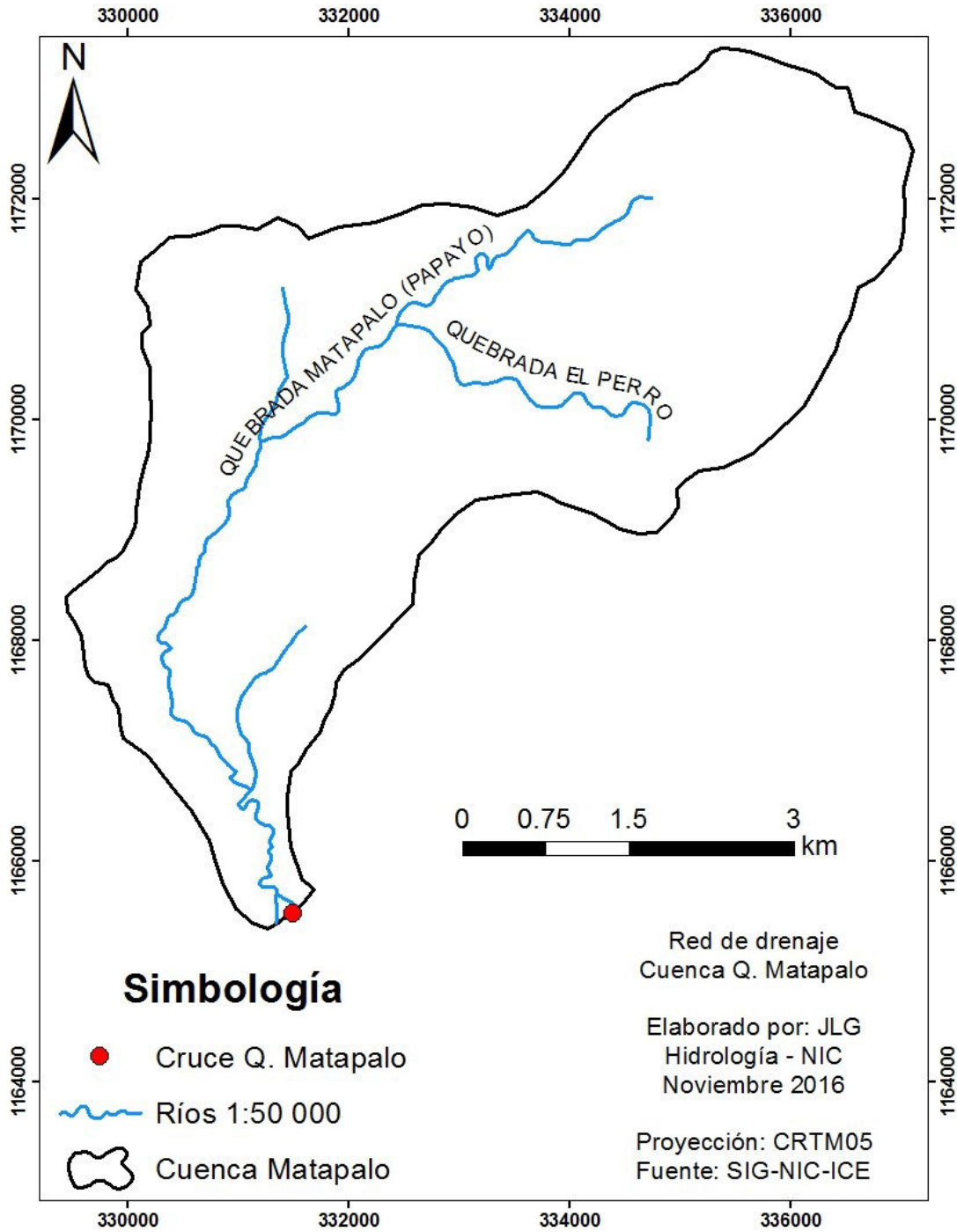


Figura n° 7. 111 Red de drenaje de la cuenca de la quebrada Matapalo.

En la figura n° 7.112 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Tempisque con el canal oeste tramo III. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 328080 m y Norte: 1163830 m.



Figura n° 7. 112 Cruce río Tempisque. Fuente: Digital Globe 2015-03-24.

La cuenca del río Tempisque tiene un área de drenaje de 993 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 162,3 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,44. La elevación máxima es de 1890 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 13,1 m.s.n.m.

En la figura n° 7.113 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para esta cuenca.

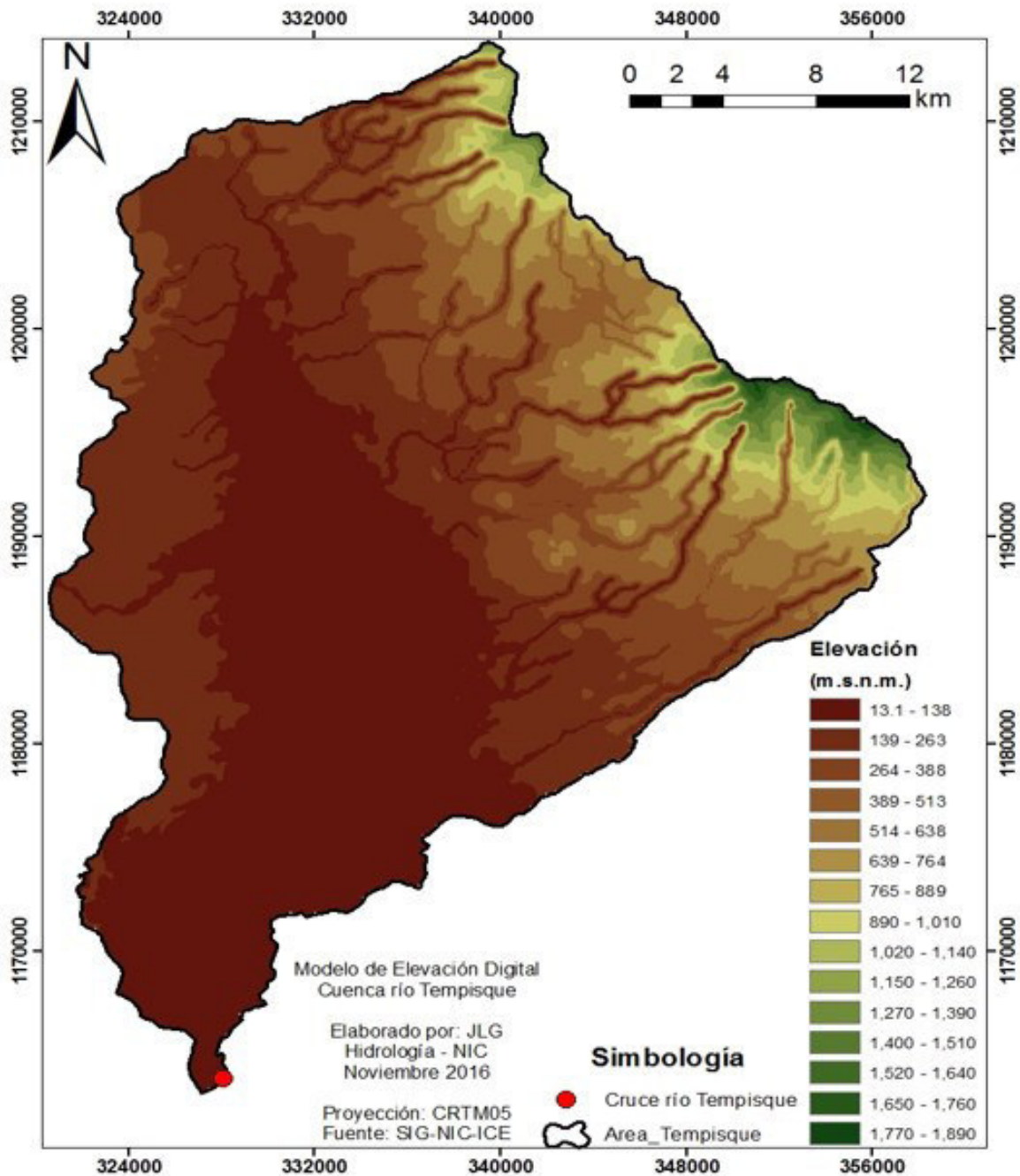


Figura n° 7. 113 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Tempisque.

En la figura n° 7.114 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Tempisque, cuya longitud de cauce principal es de 74,8 km, con una pendiente media de 0,025 m/m.

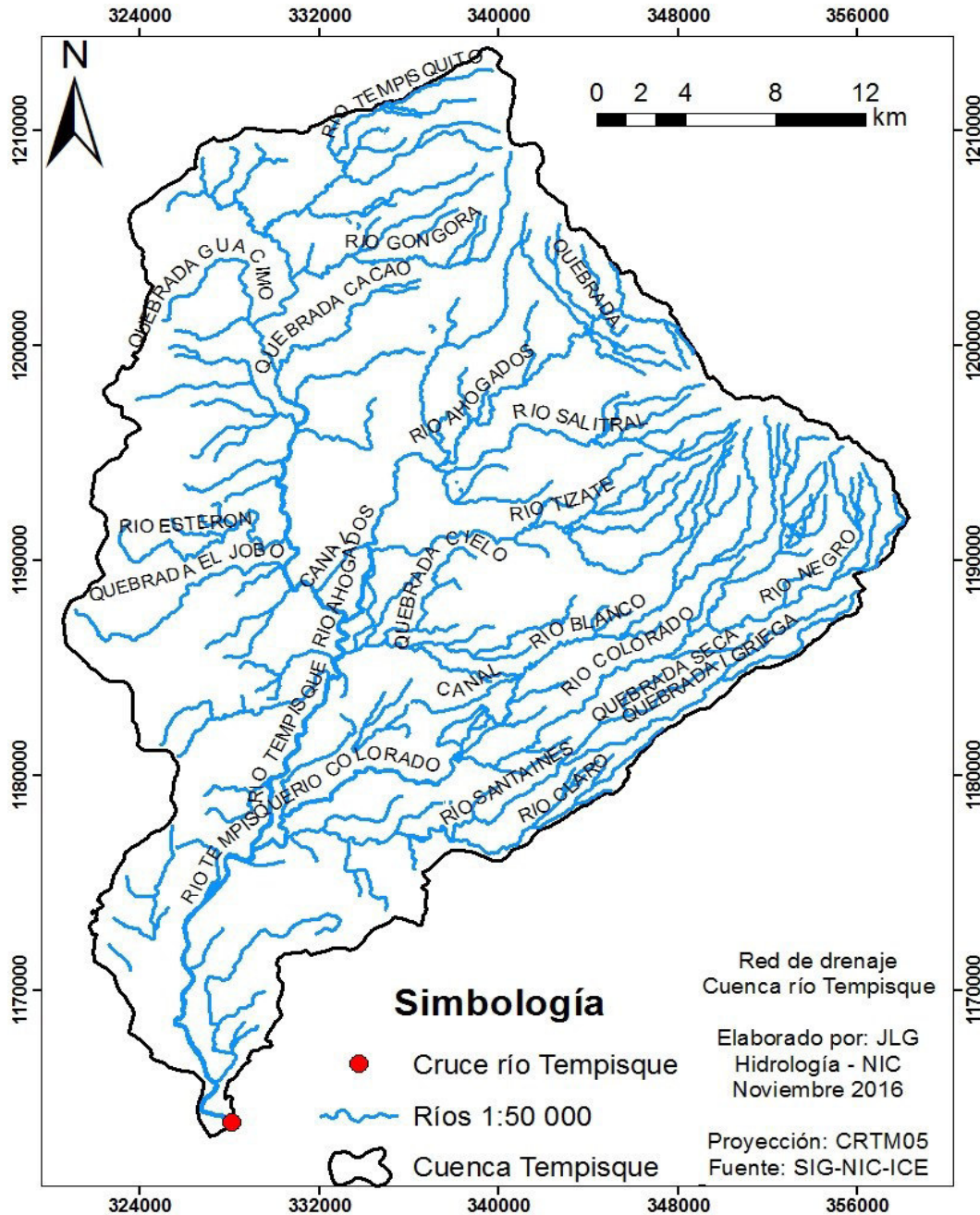


Figura n° 7. 114 Red de drenaje de la cuenca del río Tempisque.

Este río tiene una gran cantidad de afluentes, entre los que destacan los ríos: Tizate, Salitral, Blanco, Los Ahogados, Tempisquito, Góngora, Colorado, Santa Inés, Esterón y las quebradas: Tibio, San Antonio, Zanja Tapada, Agría, Honda, El Jobo, Guácimo, entre otras. La longitud total de cauces es de 999 km. La densidad de drenaje es de 1,01 km/km², y un número de Strahler de 4.

En cuadro n° 7.34 se indican las coordenadas, el área de drenaje y el perímetro estimado para cada uno de los sitios de cruce estudiados.

Cuadro n° 7. 34 Estimación del área de drenaje de ríos principales hasta el sitio de cruce con el canal oeste tramo II y III

Cruce río	Área drenaje(km ²)	Perímetro (km)	Proyección: CRTM05	
			Este (m)	Norte (m)
Q. Barbudal	5,19	9,46	352886	1155468
Cabuyo	49,0	40,9	349073	1160474
Pijije	37,5	44,5	346390	1160402
Salto	125	79,0	345829	1160740
Q. Zopilota	79,1	65,0	339368	1162268
El Morral	7,92	11,2	334970	1163850
Liberia	102	93,6	331870	1165536
Q. Matapalo	26,4	26,3	331493	1165529
Tempisque	993	162	328080	1163830

En el cuadro n° 7.35 se resumen las principales propiedades morfológicas de las cuencas estudiadas y sus redes de drenaje.

Cuadro n° 7. 35 Resumen de las principales propiedades morfológicas de las subcuencas estudiadas en la zona del canal oeste tramo II y III.

Cruce río	Índice de Gravelius	Elevación Mínima (m.s.n.m.)	Elevación Máxima (m.s.n.m.)	Long. cauce principal (km)	Pendiente media cauce principal (m/m)	Long. total cauces (km)	Densidad drenaje (km/km ²)
Q. Barbudal	1,16	30	185	2,66	0,058	2,66	0,51
Cabuyo	1,64	18	206	15,3	0,012	59,5	1,21
Pijije	2,03	15	295	21,1	0,013	44,8	1,19
Salto	1,98	15	1100	42,1	0,026	154,2	1,23
Zopilota	2,05	13	492	30,5	0,016	67,9	0,86
El Morral	1,11	5	175	2,9	0,059	2,9	0,37
Liberia	2,60	15,7	1060	48,2	0,022	124,6	1,23
Matapalo	1,43	18,5	131	11	0,010	17,8	0,67
Tempisque	1,44	13,1	1890	74,8	0,025	999,6	1,01

7.5.1.7 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona del canal de conducción

En los sitios de cruce de los ríos analizados con el canal oeste tramo II y III no se tiene información de caudales, por lo cual éstos debieron ser estimados de forma indirecta, mediante el traslado de los registros de una estación hidrológica cercana. El método de traslado seleccionado fue el de área-lluvia, el cual establece una relación entre los caudales, el área de drenaje y la precipitación promedio anual, correspondientes en los

sitios de interés. Las estaciones más cercanas a estos sitios se listan en el cuadro n° 7.36, así como sus principales propiedades.

Cuadro n° 7. 36 Propiedades de las estaciones hidrológicas de referencia en la zona del canal oeste tramo II y III.

Código	Nombre	Río	Área (km ²)	Período de Registro	Coordenadas CRTM-05		
					Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m.)
19-01	Guardia	Tempisque	955	18/07/1951 - 08/07/2010	325894,84	1168305,08	110
19-03	Liberia	Liberia	28,5	01/05/1971 - 30/04/1975	342307,68	1174826,14	130
19-07	El Salto	Salto	64,3	01/05/1976 - 30/04/1996	348792,13	1169972,22	105

Para los sitios de cruce en los ríos: Barbudal, Cabuyo, Pijije y Salto, se utilizó como estación base la 19-07 El Salto, por su cercanía a los sitios de estudio. En cuadro n° 7.37 se muestran los datos utilizados en la determinación de los factores de traslado utilizados.

Cuadro n° 7. 37 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Barbudal, Cabuyo, Pijije y El Salto.

Sitio de interés	Área (km ²)	Precipitación areal promedio anual (mm)	Factor traslado
Barbudal	5,19	1603	0,07
Cabuyo	49	1640	0,63
Pijije	37,5	1672	0,49
Salto	125,2	1677	1,64
19 - 07 El Salto	64,3	1989	1,00

En el cuadro n° 7.38 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Barbudal, en litros por segundo.

Cuadro n° 7. 38 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Barbudal.

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (l/s)
1976-77	50,0	102	48,5	47,0	44,7	73,1	48,5	44,6	40,3	31,8	23,8	19,2	47,8
1977-78	29,5	128	41,1	50,8	72,6	65,9	74,2	36,4	18,3	13,2	9,7	7,72	45,6
1978-79	84,9	109	98,5	93,5	202	190	69,9	64,1	35,7	27,9	25,7	45,8	87,3
1979-80	50,4	351	110	107	501	370	164	78,8	55,6	46,1	41,6	30,3	159
1980-81	85,0	90,0	78,5	91,5	195	368	281	62,7	51,8	42,2	40,0	43,4	119
1981-82	94,4	187	95,6	130	185	137	103	65,1	49,6	36,4	34,2	40,9	96,5
1982-83	228	345	90,6	65,0	73,9	145	64,2	52,9	48,4	36,4	32,2	26,8	101
1983-84	21,1	53,4	46,7	36,1	76,7	95,6	52,7	37,3	33,7	32,0	29,9	28,7	45,3
1984-85	25,0	29,4	44,4	42,5	300	127	48,1	42,6	52,6	31,1	25,2	24,1	66,0

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (l/s)
1985-86	66,0	43,8	50,0	59,2	60,1	201	108	45,2	39,8	40,6	26,8	23,5	63,7
1986-87	118	143	53,1	73,5	118	114	45,9	46,0	39,1	33,5	26,4	22,2	69,4
1987-88	27,6	28,8	52,7	59,9	45,8	122	48,9	43,7	37,1	33,8	28,7	25,4	46,2
1988-89	52,7	164	81,0	356	655	408	80,0	51,3	72,8	43,5	34,5	30,3	169
1989-90	73,8	41,5	41,4	83,1	206	114	50,2	36,7	38,4	31,0	24,9	27,8	64,1
1990-91	27,1	27,2	26,6	35,5	52,9	309	211	59,8	39,7	31,1	27,3	29,2	73,0
1991-92	38,0	53,3	63,8	55,7	57,1	82,0	41,6	29,8	25,5	21,8	17,5	16,4	41,9
1992-93	26,1	101	49,6	73,7	147	92,4	33,8	59,0	52,6	15,7	8,4	18,6	56,5
1993-94	80,9	110	48,8	51,3	290	111	82,6	48,0	39,9	21,8	10,6	20,6	76,3
1994-95	21,2	30,2	18,7	17,7	24,7	292	164	78,1	36,3	18,8	15,6	14,5	61,0
1995-96	31,2	186	87,3	653	627	693	264	112	45,9	45,9	31,2	25,2	233
Prom, Mensual (l/s)	61,5	116	61,3	109	197	206	102	54,7	42,7	31,7	25,7	26,0	86,1
Desv, estándar (l/s)	48,5	94,9	25,3	146	191	158	75,1	19,1	11,7	9,6	9,38	9,42	49,8

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Barbudal, para los años hidrológicos de 1976 – 77 hasta 1995 – 796, es de 86,1 l/s con una desviación estándar de 49,8 l/s.

En el cuadro n° 7.39 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Barbudal, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.115 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 39 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Barbudal.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (l/s)	21,1	27,2	18,7	17,7	24,7	65,9	33,8	29,8	18,3	13,2	8,36	7,72
Cuartil 1 (25%)	27,5	43,2	46,2	49,9	59,3	107	48,8	43,4	36,9	26,4	22,2	20,2
Cuartil 2 (50%)	50,2	101	51,3	62,5	133	132	72,1	49,7	39,9	31,9	26,6	25,3
Cuartil 3 (75%)	81,9	148	82,6	92,0	227	296	122	63,0	50,2	37,5	31,5	29,5
Máximo (l/s)	228	351	110	653	655	693	281	112	72,8	46	41,6	45,8

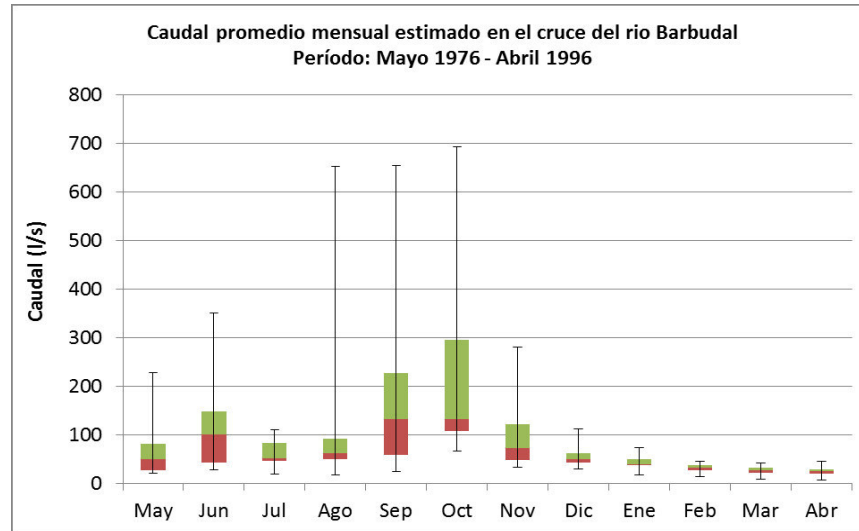


Figura n° 7. 115 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Barbudal.

En el cuadro n° 7.40 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Cabuyo, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 40 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Cabuyo.

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m ³ /s)
1976-77	0,48	0,99	0,47	0,45	0,43	0,71	0,47	0,43	0,39	0,31	0,23	0,19	0,46
1977-78	0,29	1,23	0,40	0,49	0,70	0,64	0,72	0,35	0,18	0,13	0,09	0,07	0,44
1978-79	0,82	1,06	0,95	0,90	1,95	1,84	0,68	0,62	0,34	0,27	0,25	0,44	0,84
1979-80	0,49	3,39	1,06	1,04	4,84	3,58	1,59	0,76	0,54	0,45	0,40	0,29	1,54
1980-81	0,82	0,87	0,76	0,88	1,88	3,56	2,72	0,61	0,50	0,41	0,39	0,42	1,15
1981-82	0,91	1,80	0,92	1,26	1,79	1,33	1,00	0,63	0,48	0,35	0,33	0,40	0,93
1982-83	2,21	3,34	0,88	0,63	0,71	1,40	0,62	0,51	0,47	0,35	0,31	0,26	0,97
1983-84	0,20	0,52	0,45	0,35	0,74	0,92	0,51	0,36	0,33	0,31	0,29	0,28	0,44
1984-85	0,24	0,28	0,43	0,41	2,90	1,22	0,46	0,41	0,51	0,30	0,24	0,23	0,64
1985-86	0,64	0,42	0,48	0,57	0,58	1,95	1,04	0,44	0,38	0,39	0,26	0,23	0,62
1986-87	1,14	1,38	0,51	0,71	1,14	1,10	0,44	0,44	0,38	0,32	0,26	0,21	0,67
1987-88	0,27	0,28	0,51	0,58	0,44	1,18	0,47	0,42	0,36	0,33	0,28	0,25	0,45
1988-89	0,51	1,58	0,78	3,44	6,33	3,94	0,77	0,50	0,70	0,42	0,33	0,29	1,63
1989-90	0,71	0,40	0,40	0,80	1,99	1,10	0,48	0,36	0,37	0,30	0,24	0,27	0,62
1990-91	0,26	0,26	0,26	0,34	0,51	2,99	2,04	0,58	0,38	0,30	0,26	0,28	0,71
1991-92	0,37	0,52	0,62	0,54	0,55	0,79	0,40	0,29	0,25	0,21	0,17	0,16	0,40
1992-93	0,25	0,97	0,48	0,71	1,42	0,89	0,33	0,57	0,51	0,15	0,08	0,18	0,55
1993-94	0,78	1,06	0,47	0,50	2,81	1,07	0,80	0,46	0,39	0,21	0,10	0,20	0,74
1994-95	0,21	0,29	0,18	0,17	0,24	2,82	1,58	0,75	0,35	0,18	0,15	0,14	0,59

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m ³ /s)
1995-96	0,30	1,79	0,84	6,31	6,06	6,70	2,55	1,08	0,44	0,44	0,30	0,24	2,26
Prom. Mensual (m ³ /s)	0,59	1,12	0,59	1,05	1,90	1,99	0,98	0,53	0,41	0,31	0,25	0,25	0,83
Desv. estándar (m ³ /s)	0,47	0,92	0,24	1,41	1,85	1,53	0,73	0,18	0,11	0,09	0,09	0,09	0,48

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Cabuyo, para los años hidrológicos de 1976 – 77 hasta 1995 – 96, es de 0,83 m³/s con una desviación estándar de 0,48 m³/s.

En el cuadro n° 7.41 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Cabuyo, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.116 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 41 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Cabuyo.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,20	0,26	0,18	0,17	0,24	0,64	0,33	0,29	0,18	0,13	0,08	0,07
Cuartil 1 (25%)	0,27	0,42	0,45	0,48	0,57	1,04	0,47	0,42	0,36	0,25	0,21	0,20
Cuartil 2 (50%)	0,48	0,98	0,50	0,60	1,28	1,28	0,70	0,48	0,39	0,31	0,26	0,24
Cuartil 3 (75%)	0,79	1,43	0,80	0,89	2,19	2,86	1,18	0,61	0,48	0,36	0,30	0,28
Máximo (m ³ /s)	2,21	3,39	1,06	6,31	6,33	6,70	2,72	1,08	0,70	0,45	0,40	0,44

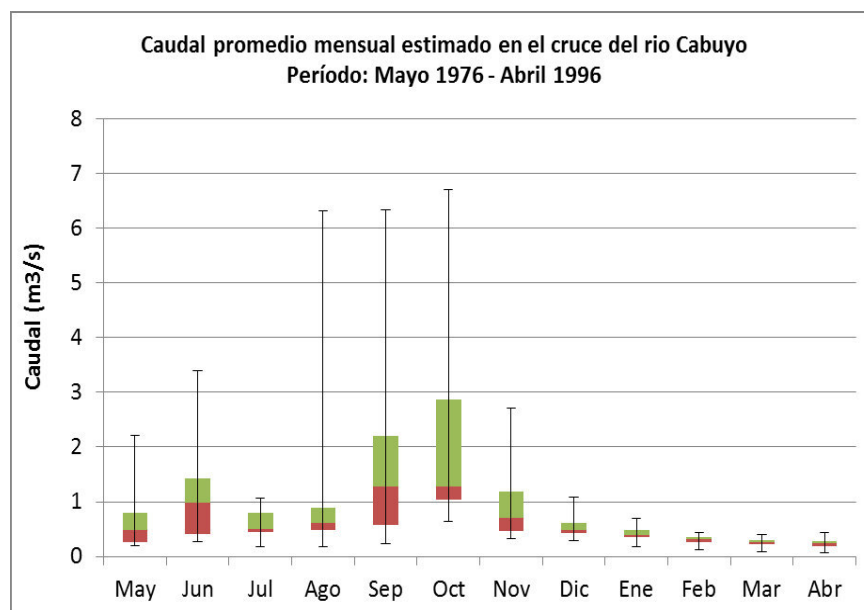


Figura n° 7. 116 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Cabuyo.

En el cuadro n° 7.42 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Pijije, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 42 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Pijije.

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m ³ /s)
1976-77	0,38	0,77	0,37	0,35	0,34	0,55	0,37	0,34	0,30	0,24	0,18	0,14	0,36
1977-78	0,22	0,96	0,31	0,38	0,55	0,50	0,56	0,27	0,14	0,10	0,07	0,06	0,34
1978-79	0,64	0,83	0,74	0,70	1,52	1,44	0,53	0,48	0,27	0,21	0,19	0,34	0,66
1979-80	0,38	2,65	0,83	0,81	3,78	2,79	1,24	0,59	0,42	0,35	0,31	0,23	1,20
1980-81	0,64	0,68	0,59	0,69	1,47	2,78	2,12	0,47	0,39	0,32	0,30	0,33	0,90
1981-82	0,71	1,41	0,72	0,98	1,40	1,04	0,78	0,49	0,37	0,27	0,26	0,31	0,73
1982-83	1,72	2,60	0,68	0,49	0,56	1,09	0,48	0,40	0,36	0,27	0,24	0,20	0,76
1983-84	0,16	0,40	0,35	0,27	0,58	0,72	0,40	0,28	0,25	0,24	0,23	0,22	0,34
1984-85	0,19	0,22	0,33	0,32	2,26	0,96	0,36	0,32	0,40	0,23	0,19	0,18	0,50
1985-86	0,50	0,33	0,38	0,45	0,45	1,52	0,81	0,34	0,30	0,31	0,20	0,18	0,48
1986-87	0,89	1,08	0,40	0,55	0,89	0,86	0,35	0,35	0,29	0,25	0,20	0,17	0,52
1987-88	0,21	0,22	0,40	0,45	0,34	0,92	0,37	0,33	0,28	0,25	0,22	0,19	0,35
1988-89	0,40	1,23	0,61	2,68	4,94	3,07	0,60	0,39	0,55	0,33	0,26	0,23	1,27
1989-90	0,56	0,31	0,31	0,63	1,55	0,86	0,38	0,28	0,29	0,23	0,19	0,21	0,48
1990-91	0,20	0,21	0,20	0,27	0,40	2,33	1,59	0,45	0,30	0,23	0,21	0,22	0,55
1991-92	0,29	0,40	0,48	0,42	0,43	0,62	0,31	0,22	0,19	0,16	0,13	0,12	0,32
1992-93	0,20	0,76	0,37	0,56	1,11	0,70	0,25	0,44	0,40	0,12	0,06	0,14	0,43
1993-94	0,61	0,83	0,37	0,39	2,19	0,84	0,62	0,36	0,30	0,16	0,08	0,16	0,58
1994-95	0,16	0,23	0,14	0,13	0,19	2,20	1,23	0,59	0,27	0,14	0,12	0,11	0,46
1995-96	0,24	1,40	0,66	4,92	4,72	5,23	1,99	0,85	0,35	0,35	0,24	0,19	1,76
Prom. Mensual (m ³ /s)	0,46	0,88	0,46	0,82	1,48	1,55	0,77	0,41	0,32	0,24	0,19	0,20	0,65
Desv. estándar (m ³ /s)	0,37	0,72	0,19	1,10	1,44	1,19	0,57	0,14	0,09	0,07	0,07	0,07	0,38

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Pijije, para los años hidrológicos de 1976 – 77 hasta 1995 – 796, es de 0,65 m³/s con una desviación estándar de 0,38 m³/s.

En el cuadro n° 7.43 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Pijije, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.117 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 43 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Pijije.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,16	0,21	0,14	0,13	0,19	0,50	0,25	0,22	0,14	0,10	0,06	0,06
Cuartil 1 (25%)	0,21	0,33	0,35	0,38	0,45	0,81	0,37	0,33	0,28	0,20	0,17	0,15
Cuartil 2 (50%)	0,38	0,76	0,39	0,47	1,00	1,00	0,54	0,37	0,30	0,24	0,20	0,19
Cuartil 3 (75%)	0,62	1,12	0,62	0,69	1,71	2,23	0,92	0,47	0,38	0,28	0,24	0,22
Máximo (m ³ /s)	1,72	2,65	0,83	4,92	4,94	5,23	2,12	0,85	0,55	0,35	0,31	0,34

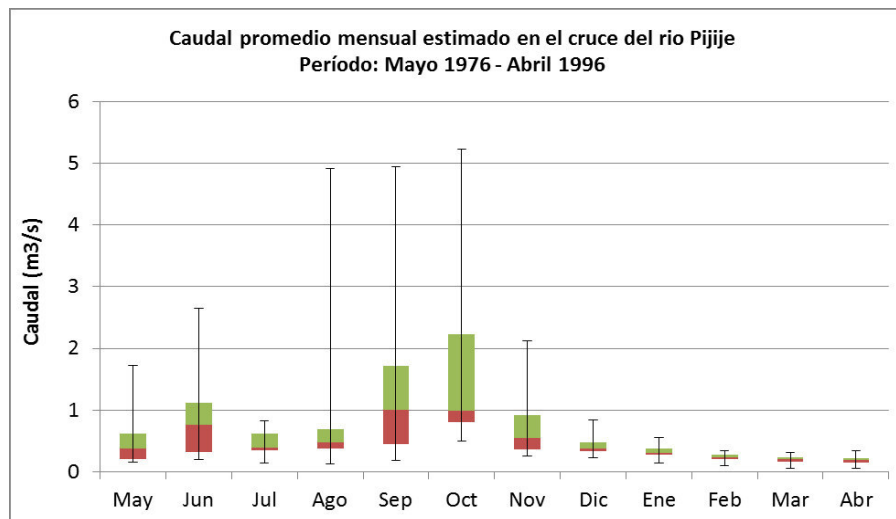


Figura n° 7. 117 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Pijije.

En el cuadro n° 7.44 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Salto, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 44 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Salto.

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m ³ /s)
1976-77	1,26	2,58	1,22	1,19	1,13	1,84	1,23	1,13	1,02	0,80	0,60	0,48	1,21
1977-78	0,74	3,22	1,04	1,28	1,83	1,66	1,87	0,92	0,46	0,33	0,24	0,19	1,15
1978-79	2,14	2,76	2,49	2,36	5,09	4,81	1,77	1,62	0,90	0,70	0,65	1,16	2,20
1979-80	1,27	8,87	2,77	2,71	12,65	9,34	4,15	1,99	1,40	1,16	1,05	0,76	4,01
1980-81	2,14	2,27	1,98	2,31	4,92	9,30	7,09	1,58	1,31	1,06	1,01	1,09	3,01
1981-82	2,38	4,71	2,41	3,28	4,68	3,47	2,60	1,64	1,25	0,92	0,86	1,03	2,44
1982-83	5,77	8,72	2,29	1,64	1,87	3,66	1,62	1,34	1,22	0,92	0,81	0,68	2,54
1983-84	0,53	1,35	1,18	0,91	1,94	2,41	1,33	0,94	0,85	0,81	0,76	0,73	1,14
1984-85	0,63	0,74	1,12	1,07	7,58	3,20	1,21	1,07	1,33	0,79	0,64	0,61	1,67

Año hidrológico	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual (m³/s)
1985-86	1,67	1,10	1,26	1,49	1,52	5,08	2,72	1,14	1,01	1,02	0,68	0,59	1,61
1986-87	2,97	3,61	1,34	1,86	2,98	2,87	1,16	1,16	0,99	0,85	0,67	0,56	1,75
1987-88	0,70	0,73	1,33	1,51	1,16	3,08	1,24	1,10	0,94	0,85	0,72	0,64	1,17
1988-89	1,33	4,13	2,05	8,99	16,54	10,29	2,02	1,30	1,84	1,10	0,87	0,76	4,27
1989-90	1,86	1,05	1,05	2,10	5,20	2,88	1,27	0,93	0,97	0,78	0,63	0,70	1,62
1990-91	0,68	0,69	0,67	0,90	1,33	7,80	5,33	1,51	1,00	0,78	0,69	0,74	1,84
1991-92	0,96	1,35	1,61	1,41	1,44	2,07	1,05	0,75	0,64	0,55	0,44	0,41	1,06
1992-93	0,66	2,55	1,25	1,86	3,72	2,33	0,85	1,49	1,33	0,40	0,21	0,47	1,43
1993-94	2,04	2,77	1,23	1,29	7,33	2,81	2,08	1,21	1,01	0,55	0,27	0,52	1,93
1994-95	0,54	0,76	0,47	0,45	0,62	7,37	4,13	1,97	0,92	0,47	0,39	0,37	1,54
1995-96	0,79	4,68	2,20	16,48	15,82	17,50	6,66	2,83	1,16	1,16	0,79	0,64	5,89
Prom. Mensual (m ³ /s)	1,55	2,93	1,55	2,75	4,97	5,19	2,57	1,38	1,08	0,80	0,65	0,66	2,17
Desv. estándar (m ³ /s)	1,23	2,40	0,64	3,68	4,83	3,99	1,90	0,48	0,30	0,24	0,24	0,24	1,26

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Salto, para los años hidrológicos de 1976 – 77 hasta 1995 – 96, es de 2,17 m³/s con una desviación estándar de 1,26 m³/s.

En el cuadro n° 7.45 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Salto, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.118 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 45 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Salto.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,53	0,69	0,47	0,45	0,62	1,66	0,85	0,75	0,46	0,33	0,21	0,19
Cuartil 1 (25%)	0,69	1,09	1,17	1,26	1,50	2,71	1,23	1,10	0,93	0,67	0,56	0,51
Cuartil 2 (50%)	1,27	2,56	1,30	1,58	3,35	3,33	1,82	1,25	1,01	0,81	0,67	0,64
Cuartil 3 (75%)	2,07	3,74	2,08	2,32	5,73	7,48	3,07	1,59	1,27	0,95	0,79	0,74
Máximo (m ³ /s)	5,77	8,87	2,77	16,48	16,54	17,50	7,09	2,83	1,84	1,16	1,05	1,16

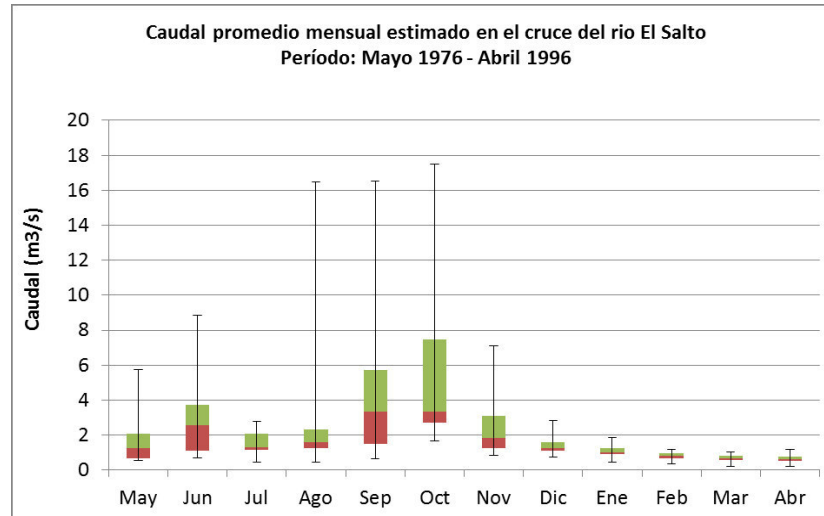


Figura n° 7. 118 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Salto.

En el caso de los sitios de cruce de los ríos: Zopilota, Morral, Liberia y Matapalo, se utilizó como estación base la 19-03 Liberia. En el cuadro n° 7.46 se muestran los datos utilizados en la determinación de los factores de traslado utilizados.

Cuadro n° 7. 46 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Zopilota, El Morral, Liberia y Matapalo.

Sitio de interés	Área (km ²)	Precipitación areal promedio anual (mm)	Factor traslado
Zopilota	79,1	1688	2,35
El Morral	7,92	1681	0,23
Liberia	101,5	1672	2,99
Matapalo	26,4	1672	0,78
19 - 03 Liberia	28,5	1995	1,00

En el cuadro n° 7.47 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Zopilota, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 47 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Zopilota.

Año hidro	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m³/s)
1971-72	1,93	2,06	1,33	1,46	4,30	2,42	0,90	0,59	1,29	0,83	0,58	0,47	1,51
1972-73	1,64	1,18	0,88	0,78	1,33	1,19	0,78	0,92	0,51	0,40	0,36	0,16	0,84
1973-74	0,71	2,04	1,37	3,12	5,08	4,42	0,52	0,60	0,70	0,81	0,77	0,55	1,72
1974-75	1,57	3,99	0,91	1,34	7,81	1,43	1,24	1,07	0,94	0,87	0,51	0,36	1,84
Prom. Mensual (m³/s)	1,46	2,32	1,12	1,67	4,63	2,36	0,86	0,79	0,86	0,73	0,56	0,38	1,48
Desv. estándar (m³/s)	0,53	1,19	0,26	1,01	2,66	1,47	0,30	0,24	0,34	0,22	0,17	0,17	0,44

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Zopilota, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1974 – 74, es de 1,48 m³/s con una desviación estándar de 0,44 m³/s.

En el cuadro n° 7.48 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Zopilota, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.119 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 48 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Zopilota.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,71	1,18	0,88	0,78	1,33	1,19	0,52	0,59	0,51	0,40	0,36	0,16
Cuartil 1 (25%)	1,36	1,83	0,90	1,20	3,56	1,37	0,71	0,59	0,65	0,71	0,47	0,31
Cuartil 2 (50%)	1,60	2,05	1,12	1,40	4,69	1,92	0,84	0,76	0,82	0,82	0,55	0,41
Cuartil 3 (75%)	1,71	2,54	1,34	1,87	5,76	2,92	0,99	0,96	1,03	0,84	0,63	0,49
Máximo (m ³ /s)	1,93	3,99	1,37	3,12	7,81	4,42	1,24	1,07	1,29	0,87	0,77	0,55

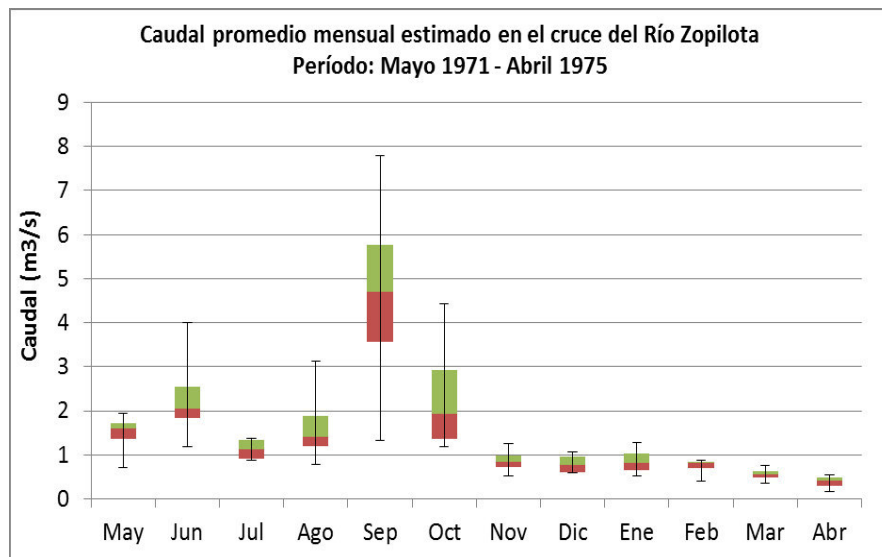


Figura n° 7. 119 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Zopilota.

En el cuadro n° 7.49 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Liberia, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 49 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Liberia.

Año hidro	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1971-72	2,46	2,61	1,69	1,85	5,46	3,07	1,15	0,75	1,64	1,05	0,74	0,60	1,92
1972-73	2,08	1,50	1,12	0,99	1,70	1,51	0,99	1,17	0,65	0,51	0,46	0,20	1,07
1973-74	0,91	2,60	1,74	3,96	6,46	5,62	0,66	0,76	0,88	1,03	0,97	0,70	2,19
1974-75	2,00	5,08	1,15	1,70	9,92	1,82	1,58	1,36	1,20	1,10	0,65	0,45	2,33
Prom. Mensual (m ³ /s)	1,86	2,95	1,42	2,12	5,89	3,00	1,10	1,01	1,09	0,92	0,71	0,49	1,88
Desv. estándar (m ³ /s)	0,67	1,51	0,33	1,28	3,38	1,87	0,38	0,31	0,43	0,28	0,21	0,22	0,56

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Liberia, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1974 – 74, es de 1,88 m³/s con una desviación estándar de 0,56 m³/s.

En el cuadro n° 7.50 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Liberia, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.120 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 50 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Liberia.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,91	1,50	1,12	0,99	1,70	1,51	0,66	0,75	0,65	0,51	0,46	0,20
Cuartil 1 (25%)	1,72	2,32	1,15	1,52	4,52	1,74	0,91	0,76	0,83	0,90	0,60	0,39
Cuartil 2 (50%)	2,04	2,60	1,42	1,78	5,96	2,44	1,07	0,96	1,04	1,04	0,69	0,52
Cuartil 3 (75%)	2,17	3,23	1,70	2,38	7,33	3,71	1,25	1,22	1,31	1,07	0,80	0,62
Máximo (m ³ /s)	2,46	5,08	1,74	3,96	9,92	5,62	1,58	1,36	1,64	1,10	0,97	0,70

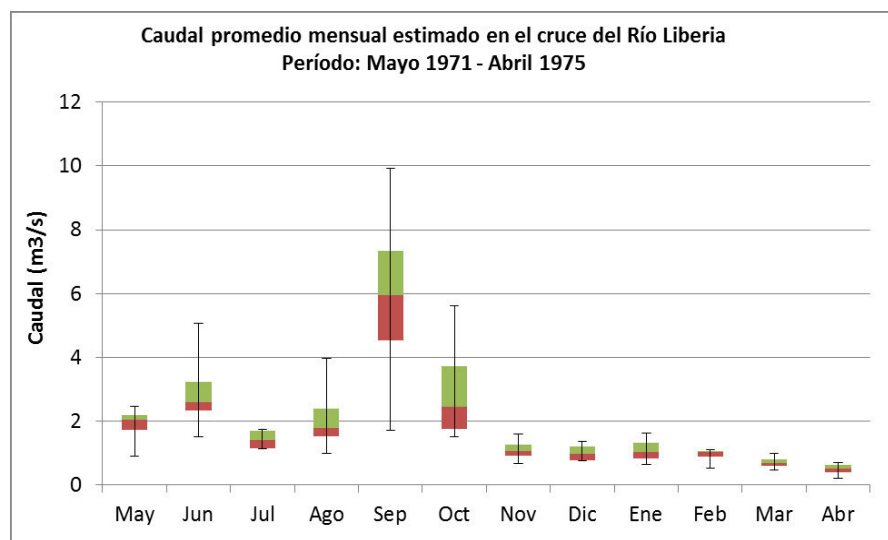


Figura n° 7. 120 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Liberia.

En el cuadro n° 7.51 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Matapalo en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 51 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Matapalo.

Año hidro	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1971-72	0,64	0,68	0,44	0,48	1,42	0,80	0,30	0,19	0,43	0,27	0,19	0,15	0,50
1972-73	0,54	0,39	0,29	0,26	0,44	0,39	0,26	0,30	0,17	0,13	0,12	0,05	0,28
1973-74	0,24	0,68	0,45	1,03	1,68	1,46	0,17	0,20	0,23	0,27	0,25	0,18	0,57
1974-75	0,52	1,32	0,30	0,44	2,58	0,47	0,41	0,35	0,31	0,29	0,17	0,12	0,61
Prom. Mensual (m ³ /s)	0,48	0,77	0,37	0,55	1,53	0,78	0,28	0,26	0,28	0,24	0,18	0,13	0,49
Desv. estándar (m ³ /s)	0,17	0,39	0,09	0,33	0,88	0,49	0,10	0,08	0,11	0,07	0,06	0,06	0,15

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Matapalo, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1974 – 74, es de 0,49 m³/s con una desviación estándar de 0,15 m³/s.

En el cuadro n° 7.52 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Matapalo, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.121 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 52 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Matapalo.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,24	0,39	0,29	0,26	0,44	0,39	0,17	0,19	0,17	0,13	0,12	0,05
Cuartil 1 (25%)	0,45	0,60	0,30	0,40	1,18	0,45	0,24	0,20	0,21	0,23	0,16	0,10
Cuartil 2 (50%)	0,53	0,68	0,37	0,46	1,55	0,64	0,28	0,25	0,27	0,27	0,18	0,14
Cuartil 3 (75%)	0,57	0,84	0,44	0,62	1,91	0,96	0,33	0,32	0,34	0,28	0,21	0,16
Máximo (m ³ /s)	0,64	1,32	0,45	1,03	2,58	1,46	0,41	0,35	0,43	0,29	0,25	0,18

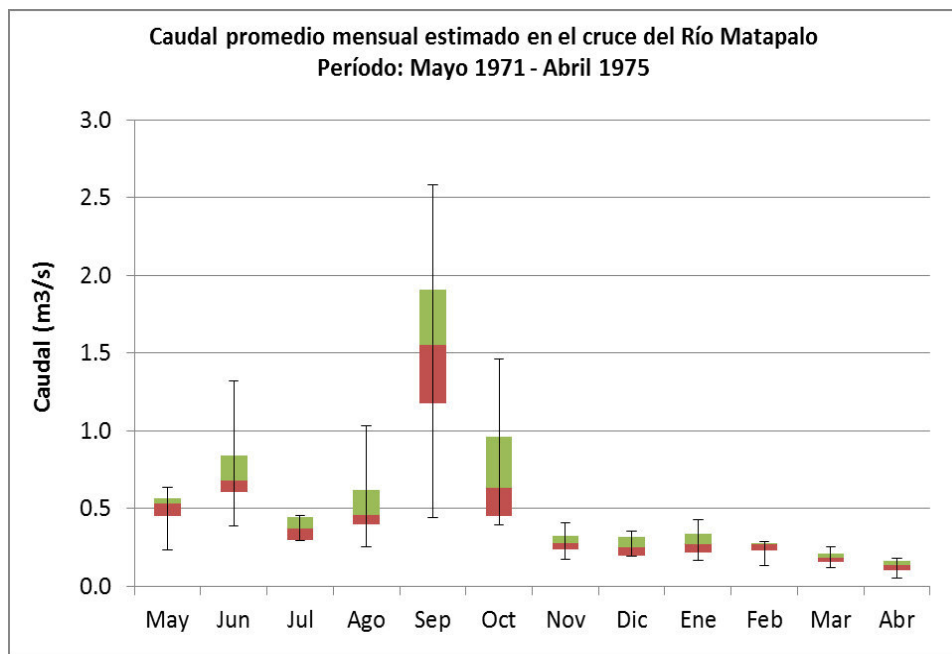


Figura n° 7. 121 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Matapalo.

En el cuadro n° 7.53 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río El Morral en litros por segundo.

Cuadro n° 7. 53 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río El Morral.

Año hidro	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (l/s)
1971-72	193	205	132	145	428	241	89,9	58,5	128	82,6	58,3	46,7	151
1972-73	163	117	87,7	77	133	119	77,7	91,6	50,7	40,2	36,2	15,6	84,1
1973-74	71,0	203,6	136,6	310,8	506,9	440,5	52,0	59,6	69,4	80,4	76,3	54,9	172
1974-75	157	398	91	133	778	143	124	107	94,0	86,4	50,7	35,4	183
Prom. Mensual (l/s)	146	231	112	167	462	236	86	79	86	72	55	38	147
Desv. estándar (l/s)	52,4	119	26,2	101	265	146	29,9	24,0	33,6	21,6	16,7	17,0	44,3

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río El Morral, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1974 – 74, es de 147 l/s con una desviación estándar de 44,3 l/s.

En el cuadro n° 7.54 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río El Morral, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.122 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 54 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río El Morral.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (l/s)	71,0	117	87,7	77,3	133	119	52,0	58,5	50,7	40,2	36,2	15,6
Cuartil 1 (25%)	135	182	89,8	119	355	137	71,2	59,3	64,7	70,4	47,1	30,5
Cuartil 2 (50%)	160	204	111	139	468	192	83,8	75,6	81,7	81,5	54,5	41,1
Cuartil 3 (75%)	171	253	133	187	575	291	98,4	95,4	103	83,5	62,8	48,7
Máximo (l/s)	193	398	137	311	778	441	124	107	128	86,4	76,3	54,9

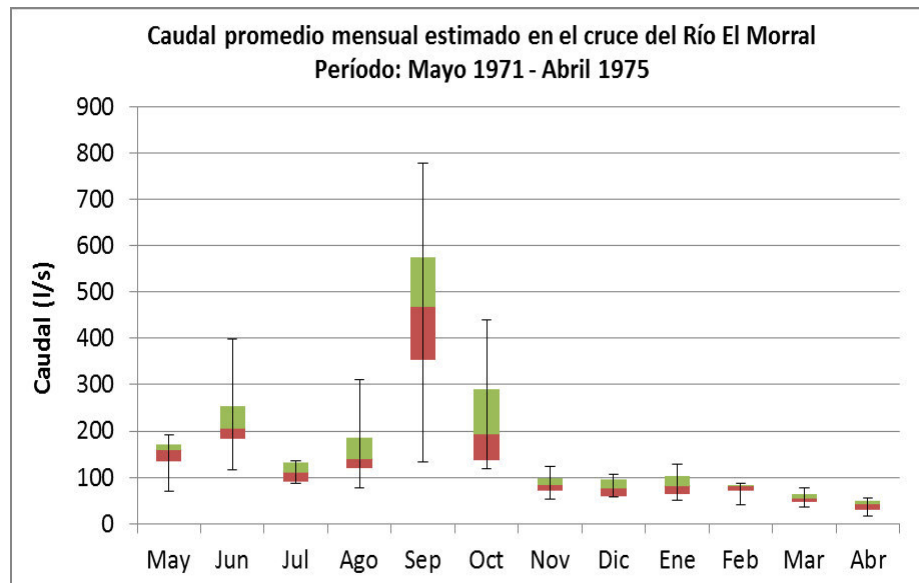


Figura n° 7. 122 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río El Morral.

Para el sitio de cruce en el río Tempisque se decidió utilizar los datos registrados en la estación 19-01 Guardia, la cual se ubica sobre el mismo río Tempisque, aproximadamente 6 km aguas arriba del sitio de cruce. En el cuadro n° 7.55 se muestran los datos utilizados en la determinación del factor de traslado.

Cuadro n° 7. 55 Estimación del factor de traslado para el sitio de cruce en el río Tempisque.

Sitio cruce	Área (km ²)	P (mm)	Factor traslado
Tempisque	993	1680	1,05
19 - 01 Guardia	955	1839	1

En el cuadro n° 7.56 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Tempisque, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 56 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Tempisque.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1976-77	---	95,2	29,9	20,4	16,7	27,9	17,6	13,7	10,1	7,47	5,56	4,09	22,6
1977-78	3,08	19,5	10,7	9,36	22,2	31,8	23,6	19,7	14,4	10,7	7,97	5,87	14,9
1978-79	21,7	40,5	18,1	16,1	45,5	72,6	27,5	23,2	17,8	13,2	9,84	8,84	26,2
1979-80	27,6	126	40,1	29,6	212	93,7	72,9	31,4	19,4	15,2	10,5	8,89	57,3
1980-81	13,6	23,5	24,6	19,7	49,2	97,4	71,3	27,0	17,0	12,8	9,79	8,53	31,2
1981-82	25,4	112	44,5	60,1	91,6	51,7	54,6	26,4	19,0	13,7	10,5	9,02	43,2
1982-83	104	84,7	30,4	23,3	25,5	41,7	18,3	12,9	15,1	10,3	8,38	7,22	31,8
1983-84	6,15	12,1	12,1	11,0	16,9	32,9	20,5	12,5	11,3	9,89	7,18	5,66	13,2
1984-85	6,80	12,6	31,0	24,9	110	61,4	27,2	18,6	15,0	12,2	9,46	7,26	28,0
1985-86	8,22	12,6	15,8	19,1	17,9	62,0	64,9	16,5	14,0	10,4	7,98	6,47	21,3
1986-87	32,3	106	22,1	20,4	27,0	41,5	16,9	21,2	11,2	8,53	6,76	5,68	26,6
1987-88	8,48	9,50	14,7	20,1	17,5	24,2	13,5	12,3	12,7	10,2	6,16	4,42	12,8
1988-89	7,92	38,2	24,1	126	194	102	35,0	25,5	21,7	14,0	10,0	6,85	50,4
1989-90	8,48	9,73	11,6	15,0	34,6	30,1	18,7	13,2	11,4	8,12	5,57	4,29	14,2
1990-91	6,52	9,12	10,7	14,4	13,7	52,4	35,6	16,0	10,8	7,55	5,24	3,27	15,4
1991-92	7,70	11,9	15,2	14,6	18,9	28,6	13,1	14,1	10,3	7,10	5,22	4,95	12,6
1992-93	5,07	11,1	12,2	18,2	29,3	22,1	11,3	16,0	13,3	7,22	5,01	4,57	13,0
1993-94	8,37	15,1	15,0	25,2	54,2	37,2	20,1	12,3	10,0	7,36	5,79	5,65	18,0
1994-95	7,05	9,76	13,2	12,3	12,3	30,0	34,2	16,3	9,5	6,88	5,34	5,35	13,5
1995-96	6,89	14,8	12,4	72,3	100	163	42,3	23,8	16,6	13,8	8,91	6,96	40,2
1996-97	15,5	23,5	35,1	34,9	39,8	104	67,1	27,1	17,3	16,2	11,1	11,1	33,6
1997-98	9,27	13,3	16,8	12,5	12,0	20,2	24,9	17,0	10,8	7,44	5,17	5,07	12,9
1998-99	5,32	9,90	19,2	19,1	53,3	171	136	38,1	24,4	15,7	11,6	9,91	42,8
1990-00	16,2	17,7	18,9	25,3	185	160	41,2	30,4	30,0	19,2	13,1	10,2	47,3
2000-01	14,4	21,0	15,4	21,0	73,2	58,9	25,7	18,8	17,5	13,4	10,5	9,25	24,9
2001-02	10,1	14,9	15,0	16,5	25,2	51,5	95,7	24,1	17,6	12,8	10,0	7,74	25,1
2002-03	16,4	28,8	21,0	21,8	51,5	53,2	35,2	22,6	17,3	13,1	10,6	9,26	25,1
2003-04	13,7	41,0	24,3	25,0	43,6	56,1	33,1	29,1	26,4	15,6	12,5	10,3	27,6
2004-05	20,6	23,0	27,5	28,7	48,7	59,6	30,9	22,5	24,0	15,1	10,7	9,01	26,7
2005-06	16,4	49,1	37,7	37,9	102	303	52,1	24,8	18,1	16,4	12,4	10,6	56,8
2006-07	12,6	16,4	21,0	18,2	17,4	20,0	18,2	15,7	11,9	9,13	7,79	7,95	14,7
2007-08	24,9	40,7	38,5	69,1	91,7	218	42,4	28,7	21,1	13,8	9,99	8,16	50,6
2008-09	17,9	40,5	45,3	57,8	136	171	46,3	38,5	24,2	18,6	15,5	11,71	51,9
2009-10	13,3	20,9	29,9	24,5	21,5	25,7	30,0	14,3	13,9	13,7	8,44	8,52	18,7
2010-11	22,1	35,0	129	167	221	65,9	70,9	27,8	20,6	15,3	11,4	8,44	66,2
2011-12	7,34	41,0	91,9	32,6	54,3	267	39,0	24,8	18,3	13,6	10,0	7,96	50,7
2012-13	8,37	19,6	16,1	13,7	12,5	27,3	18,2	14,2	10,5	7,83	5,82	4,29	13,2
2013-14	4,94	6,33	8,12	8,97	67,9	73,0	32,0	19,5	14,3	10,7	7,92	5,83	21,6
2014-15	4,96	6,33	5,18	7,33	13,7	59,7	23,8	16,7	12,4	9,26	6,88	5,06	14,3
2015-16	3,73	3,31	3,01	2,77	3,91	47,4	31,8	17,1	12,8	9,46	7,01	5,22	12,3
2016-17	6,67	48,2	16,0	20,0	57,9	51,1	55,1	35,1	25,9	---	---	---	35,1
Prom. Mensual (m ³ /s)	14,5	31,5	25,5	30,1	59,5	77,3	38,8	21,4	16,3	11,8	8,74	7,23	28,7
Desv. Estándar (m ³ /s)	16,2	30,6	22,5	31,1	57,2	67,4	25,0	7,18	5,22	3,40	2,59	2,21	15,3

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Tempisque, para los años hidrológicos de 1976 – 77 hasta 2016 – 17, es de 28,7 m³/s con una desviación estándar de 15,3 m³/s.

En el cuadro n° 7.57 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Tempisque, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %, además en la figura n° 7.123 se muestran las barras de error, las cuales son un indicativo de la dispersión de los datos entre el valor mínimo y máximo de cada mes.

Cuadro n° 7. 57 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Tempisque.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	3,08	3,31	3,01	2,77	3,91	20,0	11,3	12,3	9,53	6,88	5,01	3,27
Cuartil 1 (25%)	6,87	12,1	14,7	15,0	17,9	31,8	20,5	16,0	11,9	8,98	6,61	5,31
Cuartil 2 (50%)	8,87	19,6	18,9	20,4	43,6	53,2	32,0	19,7	15,1	12,5	8,67	7,24
Cuartil 3 (75%)	16,4	40,5	29,9	28,7	73,2	93,7	46,3	26,4	19,0	13,8	10,5	8,92
Máximo (m ³ /s)	103,9	126	129	167	221	303	136	38,5	30,0	19,2	15,5	11,7

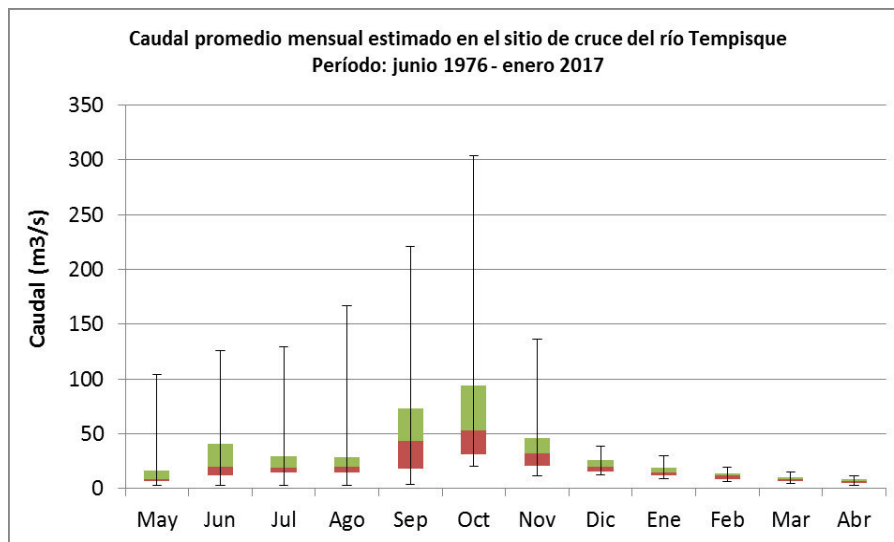


Figura n° 7. 123 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Tempisque.

En el cuadro n° 7.58 se muestra un resumen de los caudales promedio mensuales estimados en los sitios de cruce del canal oeste tramo II y III, con los principales ríos de la zona de estudio.

Cuadro n° 7. 58 Resumen del traslado de caudales medios mensuales, en m³/s, en los sitios de cruce del canal oeste tramo II y III con los principales ríos de la zona de estudio.

Sitio Cruce	Barbuda I	El Morral	Matapalo	Pijije	Cabuyo	Zopilota	Liberia	Salto	Tempisque
Área (km ²)	5,19	7,92	26,4	37,5	49	79,1	102	125	993
Estación Base	19-07	19-03	19-03	19-07	19-07	19-03	19-03	19-07	19-01
Período	M76-A96	M71-A75	M71-A75	M76-A96	M76-A96	M71-A75	M71-A75	M76-A96	J76-E17

Sitio Cruce	Barbudal	El Morral	Matapalo	Pijije	Cabuyo	Zopilota	Liberia	Salto	Tempisque
Factor Traslado	0,07	0,23	0,78	0,49	0,63	2,35	2,99	1,64	1,05
Mayo	0,062	0,15	0,48	0,46	0,59	1,46	1,86	1,55	14,5
Junio	0,12	0,23	0,77	0,88	1,12	2,32	2,95	2,93	31,5
Julio	0,061	0,11	0,37	0,46	0,59	1,12	1,42	1,55	25,5
Agosto	0,11	0,17	0,55	0,82	1,05	1,67	2,12	2,75	30,1
Septiembre	0,20	0,46	1,53	1,48	1,90	4,63	5,89	4,97	59,5
Octubre	0,21	0,24	0,78	1,55	1,99	2,36	3,00	5,19	77,3
Noviembre	0,10	0,086	0,28	0,77	0,98	0,86	1,10	2,57	38,8
Diciembre	0,055	0,079	0,26	0,41	0,53	0,79	1,01	1,38	21,4
Enero	0,043	0,086	0,28	0,32	0,41	0,86	1,09	1,08	16,3
Febrero	0,032	0,072	0,24	0,24	0,31	0,73	0,92	0,80	11,8
Marzo	0,026	0,055	0,18	0,19	0,25	0,56	0,71	0,65	8,74
Abril	0,026	0,038	0,13	0,20	0,25	0,38	0,49	0,66	7,23

Para el análisis de caudales mínimos en los sitios de cruce de los ríos: Barbudal, Cabuyo, Pijije, Salto, Zopilota, Morral, Liberia y Matapalo, se utilizaron los datos registrados en la estación 19-07 El Salto. La serie de caudales mínimo promedio diarios se extiende de 1976 hasta 1996, con un total de 21 datos, los cuales se muestran en el cuadro n° 7.59.

Cuadro n° 7. 59 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 19-07 El Salto.

Año	Caudal mínimo promedio diario (m ³ /s)	Año	Caudal mínimo promedio diario (m ³ /s)
1976	0,474	1987	0,3
1977	0,262	1988	0,292
1978	0,104	1989	0,42
1979	0,247	1990	0,293
1980	0,338	1991	0,321
1981	0,514	1992	0,24
1982	0,119	1993	0,089
1983	0,276	1994	0,126
1984	0,285	1995	0,04
1985	0,354	1996	0,328
1986	0,35	---	---

La distribución de probabilidad teórica que mejor se ajustó y extrapoló los datos fue la Gamma de dos parámetros, estimados con momentos lineales. En la figura 7.124 se muestran los datos y el ajuste de la curva teórica.

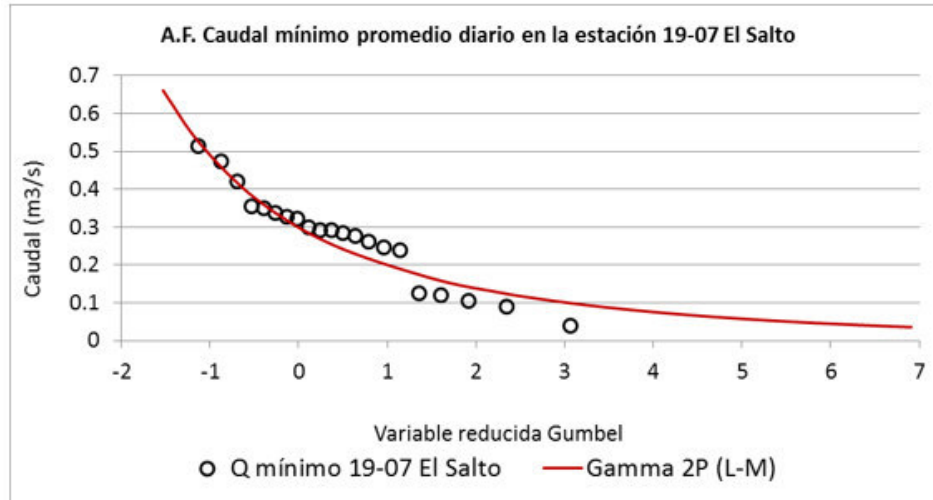


Figura n° 7. 124 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 19-07 El Salto.

Los resultados del análisis de frecuencia de caudales mínimos en la estación El Salto fueron trasladados a los sitios de cruce mediante una relación de áreas. En el cuadro n° 7.60 se muestran los factores de traslado utilizados, y las estimaciones de caudales mínimos para varios períodos de retorno, hasta 500 años, en los sitios de cruce de los ríos: Barbudal, Cabuyo, Pijije, Salto, Zopilota, Morral, Liberia y Matapalo.

Cuadro n° 7. 60 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en los sitios de cruce de los ríos: Barbudal, Cabuyo, Pijije, Salto, Zopilota, Morral, Liberia y Matapalo.

Sitio cruce	Barbudal	Cabuyo	Pijije	Salto	Zopilota	Morral	Liberia	Matapalo
Área (km ²)	5,19	49	37,5	125	79,1	7,92	102	26,4
Factor traslado	0,08	0,76	0,58	1,94	1,23	0,12	1,59	0,41
Período retorno (años)	Q mínimo (l/s)	Q mínimo (l/s)	Q mínimo (l/s)	Q mínimo (m ³ /s)	Q mínimo (m ³ /s)	Q mínimo (l/s)	Q mínimo (m ³ /s)	Q mínimo (l/s)
1,01	53	504	386	1,29	0,81	81	1,05	271
1,25	30	285	218	0,73	0,46	46	0,59	153
2	21	194	149	0,50	0,31	31	0,40	105
5	13	125	96	0,32	0,20	20	0,26	68
10	10	97	74	0,25	0,16	16	0,20	52
20	8,2	78	59	0,20	0,13	13	0,16	42
30	7,3	69	53	0,18	0,11	11	0,14	37
40	6,7	63	48	0,16	0,10	10	0,13	34
50	6,3	59	45	0,15	0,096	9,6	0,12	32
60	6,0	56	43	0,14	0,091	9,1	0,12	30
70	5,7	54	41	0,14	0,087	8,7	0,11	29
80	5,5	52	40	0,13	0,084	8,4	0,11	28
90	5,3	50	38	0,13	0,081	8,1	0,10	27

Sitio cruce	Barbudal	Cabuyo	Pijije	Salto	Zopilota	Morral	Liberia	Matapalo
100	5,2	49	37	0,12	0,079	7,9	0,10	26
200	4,3	41	31	0,10	0,066	6,6	0,085	22
300	3,9	37	28	0,093	0,059	5,9	0,076	20
400	3,6	34	26	0,087	0,055	5,5	0,071	18
500	3,4	32	25	0,082	0,052	5,2	0,067	17

Para el análisis de caudales mínimos en el sitio de cruce del río Tempisque se utilizaron los datos registrados en la estación 19-01 Guardia. La serie de caudales mínimo promedio diarios se extiende de 1951 hasta 2011, con un período faltante de 1970 a 1979, para un total de 51 datos, los cuales se muestran en el cuadro n° 7.61.

Cuadro n° 7. 61 Serie de caudales mínimos promedios diarios de la estación 19-01 Guardia.

Año	Caudal mínimo promedio diario (m ³ /s)	Año	Caudal mínimo promedio diario (m ³ /s)
1951-1952	7,10	1986-1987	5,27
1952-1953	6,80	1987-1988	3,21
1953-1954	9,78	1988-1989	3,92
1954-1955	10,00	1989-1990	3,22
1955-1956	8,35	1990-1991	2,56
1956-1957	8,76	1991-1992	2,55
1957-1958	7,81	1992-1993	3,62
1958-1959	8,18	1993-1994	4,30
1959-1960	8,05	1994-1995	4,30
1960-1961	6,95	1995-1996	4,94
1961-1962	6,52	1996-1997	5,99
1962-1963	8,60	1997-1998	4,12
1963-1964	6,00	1998-1999	3,89
1964-1965	5,90	1999-2000	8,16
1965-1966	4,40	2000-2001	7,57
1966-1967	6,50	2001-2002	6,72
1967-1968	6,15	2002-2003	6,82
1968-1969	6,40	2003-2004	8,84
1969-1970	7,07	2004-2005	8,10
1979-1980	7,86	2005-2006	7,74
1980-1981	7,33	2006-2007	6,79
1981-1982	8,20	2007-2008	6,60
1982-1983	6,22	2008-2009	6,11
1983-1984	5,16	2009-2010	6,41
1984-1985	4,24	2010-2011	7,71
1985-1986	5,77	---	---

La distribución de probabilidad teórica que mejor se ajustó y extrapoló los datos fue la Gamma de dos parámetros, estimados con momentos lineales. En la figura n° 7.125 se muestran los datos y el ajuste de la curva teórica.

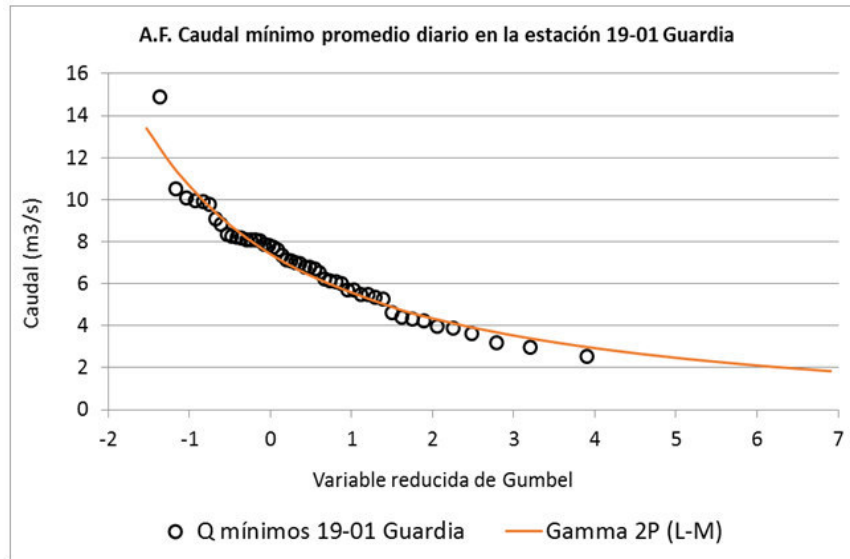


Figura n° 7. 125 Resultado del análisis de frecuencia de caudales mínimo promedio diarios en la estación 19-01 Guardia.

Los resultados del análisis de frecuencia fueron trasladados al sitio de cruce en el río Tempisque, mediante una relación de áreas. El factor de traslado utilizado fue de 1,05. En cuadro n° 7.62 se muestran los caudales mínimos para varios períodos de retorno hasta 500 años, estimados en el sitio de cruce del río Tempisque.

Cuadro n° 7. 62 Caudales mínimos para varios períodos de retorno estimados en el sitio de cruce del río Tempisque.

Probabilidad	Periodo retorno (años)	Caudal mínimo (m³/s)
0,9901	1,01	14,1
0,8000	1,25	9,1
0,5000	2	6,9
0,2000	5	5,13
0,1000	10	4,33
0,0500	20	3,73
0,0333	30	3,45
0,0250	40	3,27
0,0200	50	3,13
0,0167	60	3,03
0,0143	70	2,95
0,0125	80	2,88
0,0111	90	2,83
0,0100	100	2,78
0,0050	200	2,48
0,0033	300	2,32
0,0025	400	2,22
0,0020	500	2,14

Para el análisis de caudales máximos instantáneos en los sitios de cruce no se cuenta con datos medidos in situ, por tal motivo, éstos se deben estimar mediante métodos indirectos. Como primera opción se realizó un análisis de frecuencia individual en las estaciones 19-07 El Salto y 19-01 Guardia y se trasladaron los resultados a los sitios de cruce más cercanos. Como segunda opción se utilizó la herramienta informática Tucán, la cual aprovecha los resultados de la regionalización de avenidas máximas para estimar caudales máximos de diseño en los sitios de cruce: Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo.

Los análisis de frecuencia individual se realizaron tanto para la serie anual, un dato por año, como para la serie parcial, más de un dato por año. El registro de caudales máximos instantáneos de la estación 19-07 El Salto comprende el período del 01/05/1976 al 30/04/1996. La serie anual tiene un total de 20 datos y la serie parcial 97 datos. El registro de caudales máximos instantáneos de la estación Guardia, comprende el período del 18/07/1951 al 08/07/2010. La serie anual tiene un total de 53 datos y la serie parcial 177 datos.

En el análisis de frecuencia regional del Pacífico se utilizaron datos de 33 estaciones distribuidas a lo largo de esta vertiente, actualizados hasta el 31 de diciembre de 2010. La serie anual regional tiene un total de 1130 datos, mientras la serie parcial regional tiene un total de 4554 datos.

Los resultados de los análisis individuales en las estaciones Salto y Guardia se compararon con los resultados de la regionalización del Pacífico, tanto para serie anual como parcial. En ambas estaciones se concluyó que los mejores resultados, desde el punto de vista de extrapolación de los datos y las producciones específicas, se obtuvieron con la distribución General Normal, serie anual, del análisis regional. Los factores de traslado utilizados para cada sitio de interés fueron los mismos utilizados en el traslado de los caudales medios. En el cuadro n° 7.63 se muestran los caudales máximos para varios períodos de retorno hasta 1000 años, estimados en los sitios de cruce de los ríos Barbudal, Cabuyo, Pijije y Salto, los cuales fueron trasladados desde la estación de referencia 19-07 El Salto.

Cuadro n° 7. 63 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Barbudal, Cabuyo, Pijije y Salto.

Probabilidad	Periodo retorno (años)	Barbudal (m ³ /s)	Cabuyo (m ³ /s)	Pijije (m ³ /s)	Salto (m ³ /s)
0,9901	1,01	3	28	22	74
0,8000	1,25	5	48	37	125
0,5000	2	8	75	59	196
0,2000	5	13	129	101	337
0,1000	10	18	176	137	459
0,0500	20	24	229	179	598
0,0333	30	27	264	206	688
0,0250	40	30	290	226	757
0,0200	50	32	312	243	812
0,0100	100	40	384	299	1001
0,0050	200	48	465	363	1213
0,0033	300	54	518	404	1350
0,0025	400	58	557	434	1452
0,0020	500	61	589	459	1535
0,0010	1000	72	695	542	1814

En el cuadro n° 7.64 se muestran los caudales máximos para varios períodos de retorno hasta 1000 años, estimados en el sitio de cruce en el río Tempisque, mediante el traslado de los resultados del análisis de frecuencia regional en la estación 19-01 Guardia.

Cuadro n° 7. 64 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en el sitio de cruce del río Tempisque.

Probabilidad	Periodo retorno (años)	Caudal máximo estimado sitio cruce Tempisque (m ³ /s)
0,9901	1,01	230
0,8000	1,25	388
0,5000	2	610
0,2000	5	1047
0,1000	10	1427
0,0500	20	1860
0,0333	30	2141
0,0250	40	2354
0,0200	50	2527
0,0100	100	3112
0,0050	200	3773
0,0033	300	4198
0,0025	400	4518
0,0020	500	4776
0,0010	1000	5641

El período de registros de las estaciones de referencia utilizados en las estimaciones de caudales medios de los sitios de cruce de los ríos: Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo, son muy cortos para realizar un análisis de frecuencia de caudales máximos apropiado. Por este motivo se utilizó la herramienta informática Tucán, la cual fue desarrollada mediante una consultoría del ICE, con el propósito de estimar caudales máximos de diseño en sitios sin medición. Tucán aprovecha los resultados de la regionalización de avenidas máximas, que, en el caso de la región Pacífico, donde se ubica la zona de riego, se utilizaron los registros de 33 estaciones hidrológicas, distribuidas a lo largo de esta vertiente, con datos hasta el 31 de diciembre de 2010.

Los parámetros de entrada del programa Tucán son las coordenadas Lambert norte del sitio de interés y el área de drenaje asociada. Dichos parámetros se muestran en el cuadro n° 7.65, para los sitios de cruce de los ríos: Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo.

Cuadro n° 7. 65 Parámetros de entrada del programa Tucán utilizados en los sitios de cruce de los ríos Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo.

Sitio Cruce	Área (km ²)	Coordenadas Lambert Norte	
		Este (m)	Norte (m)
Zopilota	79,1	374250	272250
Morral	7,92	378250	278250
Liberia	101,5	382750	280750
Matapalo	26,4	378750	286750

En el cuadro n° 7.66 se muestran los caudales máximos para varios períodos de retorno, hasta 1000 años, para los sitios de cruce de los ríos: Zopilota, Morral, Liberia, y Matapalo, los cuales fueron estimados mediante la herramienta Tucán, con el método de regresión lineal múltiple.

Cuadro n° 7. 66 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Zopilota, El Morral, Liberia y Matapalo.

Sitio de cruce		Zopilota	El Morral	Liberia	Matapalo
Probabilidad	Período retorno	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo
ad	(años)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
0,9901	1,01	41	4	48	13
0,8000	1,25	70	7	81	22
0,5000	2	109	11	126	34
0,2000	5	188	19	217	59
0,1000	10	256	26	296	80
0,0500	20	334	34	386	105
0,0200	50	453	47	524	142
0,0100	100	558	57	646	175
0,0050	200	677	70	783	213
0,0033	300	753	77	871	237
0,0025	400	811	83	937	254
0,0020	500	857	88	991	269
0,0010	1000	1012	104	1170	318

7.5.1.8 Cotas de inundación en la zona del canal de conducción

Se revisaron los mapas de amenazas naturales potenciales de los cantones de Bagaces y Liberia, elaborados por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, CNE, en febrero de 2010. También se revisaron las capas temáticas del Atlas digital de Costa Rica, elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica en el 2014. Según la información recopilada, la mayoría de los sitios de cruce se encuentran fuera de las zonas de inundación, solamente los sitios sobre el río Liberia, río Matapalo y río Tempisque, se encuentran dentro de las zonas inundables, como se aprecia en la figura n° 7.126. Estos tres sitios de cruce tienen un riesgo de inundación con una probabilidad de ocurrencia moderada. Para estos sitios de cruce, y el tramo del canal que los une, se deberán de tomar las medidas preventivas para minimizar posibles afectaciones sobre las estructuras, y sobre la operación del sistema de riego, debido al desbordamiento de los ríos.

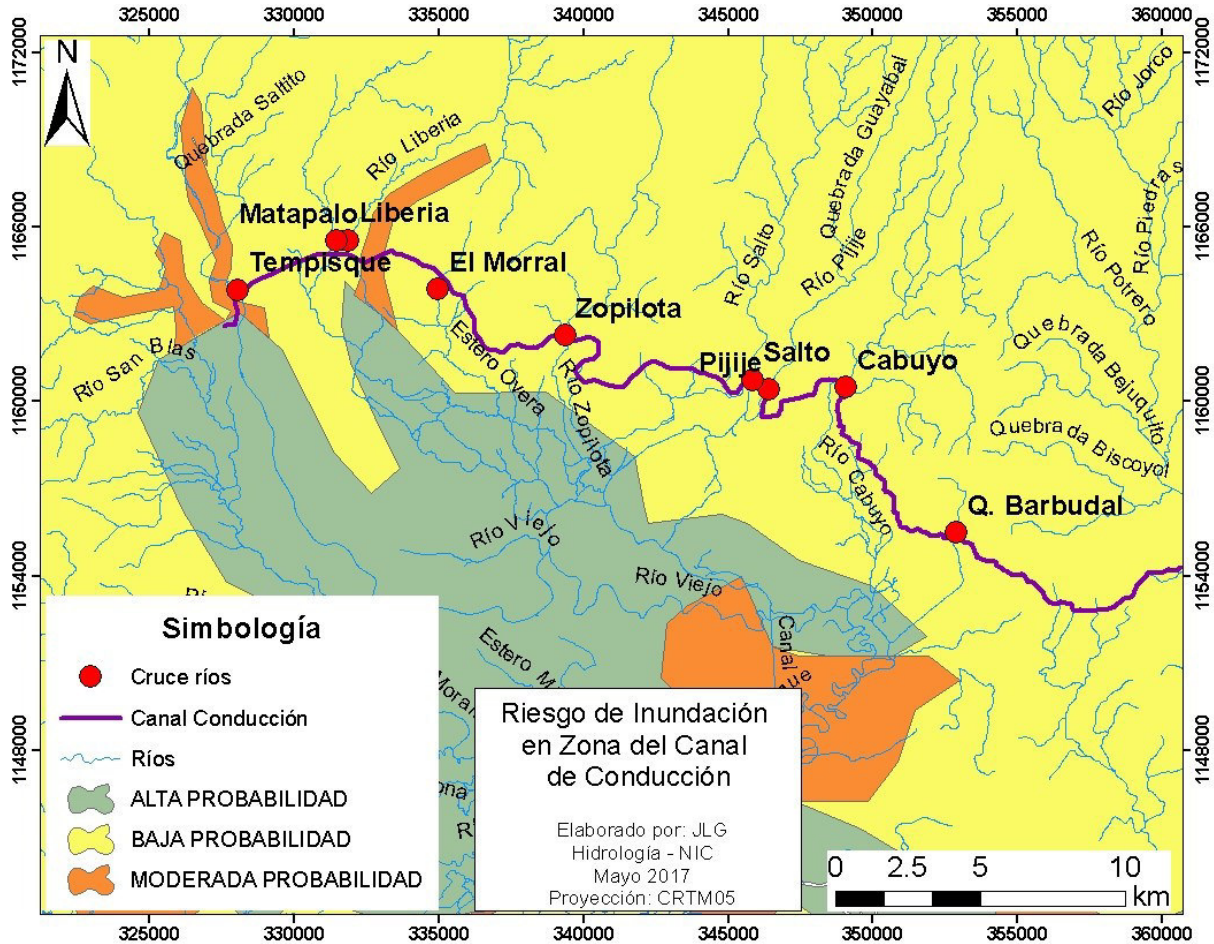


Figura n° 7. 126 Áreas de riesgo de inundación en la zona del canal de conducción.

7.5.1.9 Corrientes, mareas y oleajes en la zona del canal de conducción

Por su ubicación geográfica, la zona del embalse no está sujeta a corrientes, ni mareas ni oleajes, por lo que este apartado no se analizó en el presente estudio.

7.5.1.10 Aguas superficiales en la zona de riego en margen derecha del río Tempisque

La zona de riego propuesta en la margen derecha del río Tempisque tendría un área de impacto indirecto total de 41 500 ha, pero por aspectos básicamente de disponibilidad del recurso, únicamente se podrá poner bajo riego un total de 17 000 ha, lo que representaría el área de impacto directo de esta zona. En la figura n° 7.127 se muestra la zona de riego, la red de distribución propuesta, y la ubicación de los sitios de cruce de ésta, con los principales ríos.



Figura n° 7. 128 Cruce río Las Palmas. Fuente: Digital Globe 2014-12-14.

La cuenca del río Las Palmas tiene un área de drenaje de 170 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 73,8 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,59. Las mayores elevaciones se encuentran al sur de la cuenca, en la Fila Guachipelín. Los principales cerros de esta Fila son: Guachipelín, con 550 m.s.n.m., Terciopelo con 529 m.s.n.m. y Piedra Colorada con 452 m.s.n.m. Hacia el oeste de la cuenca se ubican los cerros: Guaitil con 426 m.s.n.m., Matapalo con 403 m.s.n.m., Potrero con 374 m.s.n.m. y Ceiba con 387 m.s.n.m. Otras elevaciones importantes son: cerro Raspado con 312 m.s.n.m., Loma Cascabela con 305 m.s.n.m., cerro Pilas con 300 m.s.n.m. y cerro Zacate con 276 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 19 m.s.n.m. En la figura n° 7.129 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Las Palmas.

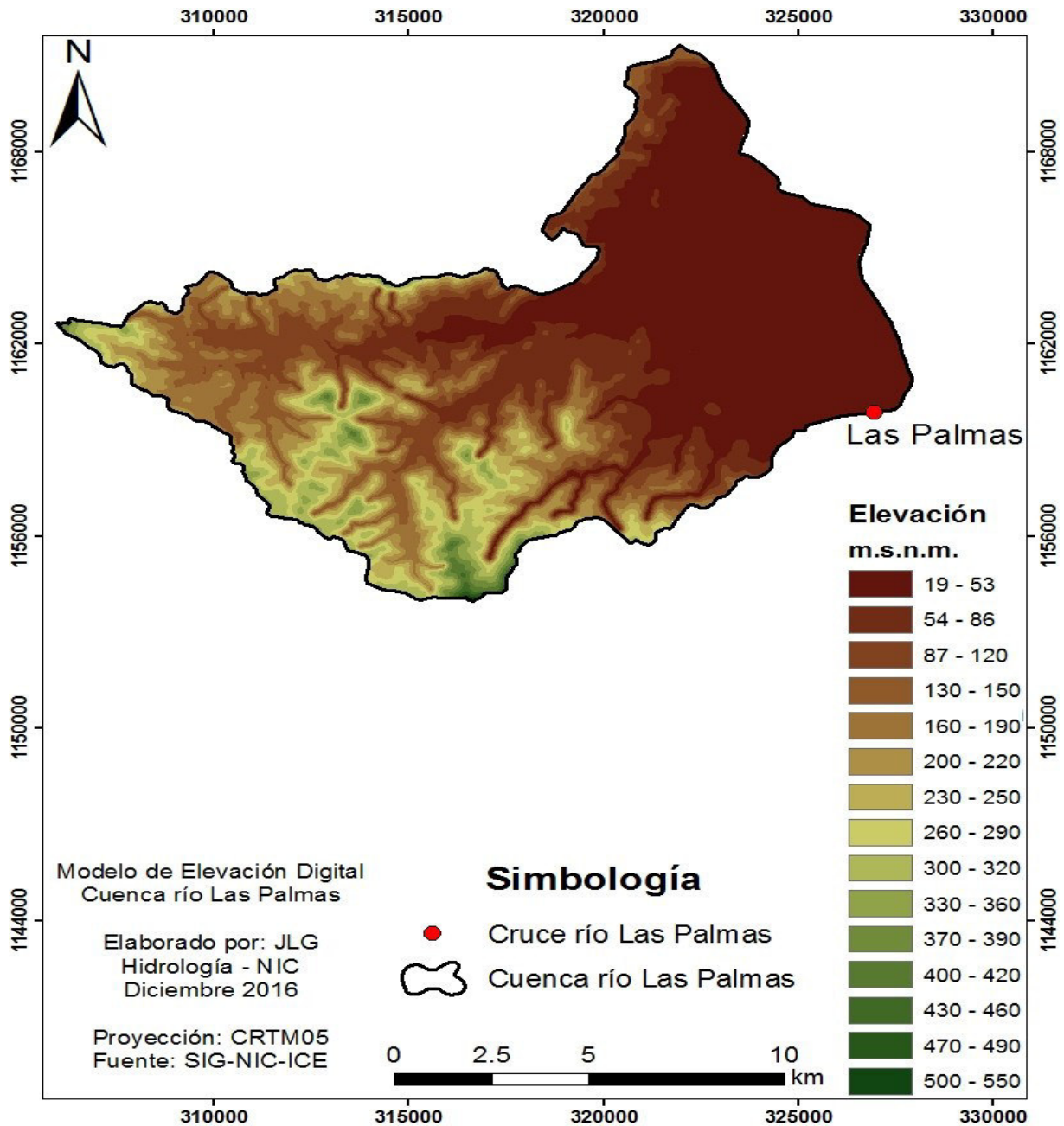


Figura n° 7. 129 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Las Palmas.

En la figura n° 7.130 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Las Palmas, cuya longitud de cauce principal es de 15,3 km, con una pendiente media de 0,035 m/m. Los principales tributarios son el río Sardinal y el río San Blas. La longitud total de cauces es de 191 km. La densidad de drenaje es de 1,13 km/km², y un número de Strahler de 3.

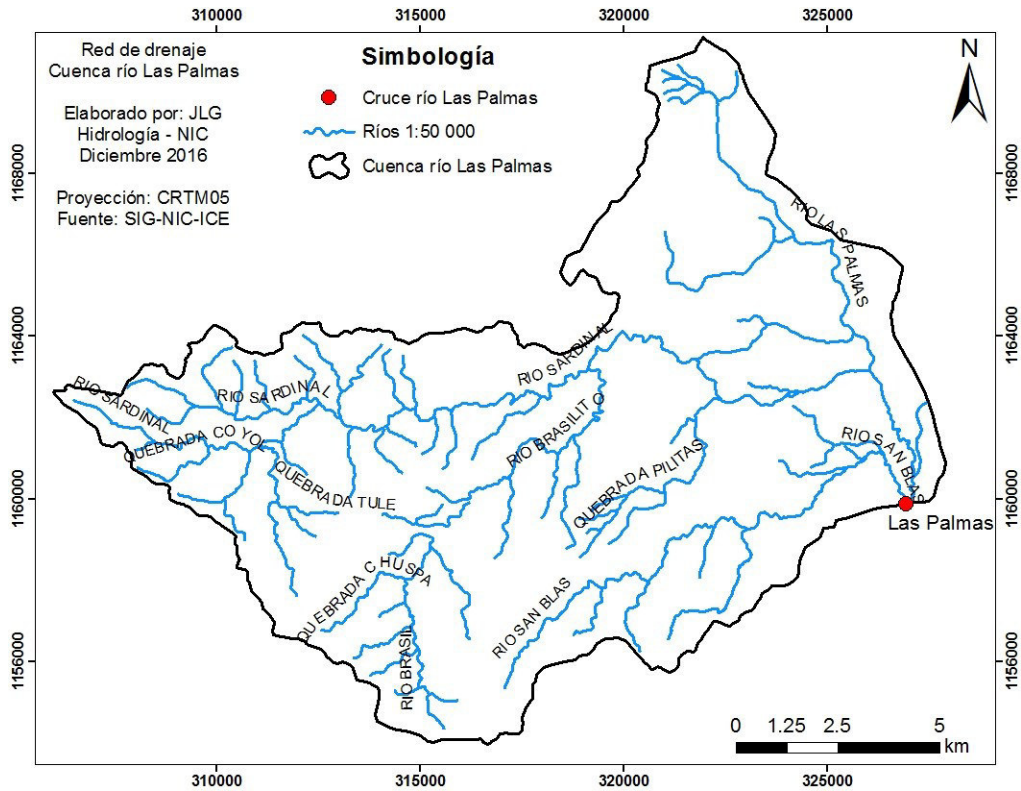


Figura n° 7. 130 Red de drenaje de la cuenca del río Las Palmas.

En la figura n° 7.131 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Belén y la red de distribución. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 330224 m y Norte: 11511212 m.



Figura n° 7. 131 Cruce río Belén. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.

La cuenca del río Belén tiene un área de drenaje de 64,6 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 43,8 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,53.

Las mayores elevaciones se encuentran al norte de la cuenca, en el límite de la cuenca con el río Las Palmas. El cerro de mayor elevación es el Terciopelo con 529 m.s.n.m. Al sur de la cuenca se encuentra la Fila Rodeo, cuyos principales cerros son: Curiol con 328 m.s.n.m., Santa Ana Vieja con 297 m.s.n.m. y San Nicolás con 165 m.s.n.m. Otras elevaciones importantes son: cerro Alcornoque con 449 m.s.n.m., cerro Sombrero con 234 m.s.n.m.

El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 15 m.s.n.m. En la figura n° 7.132 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Belén.

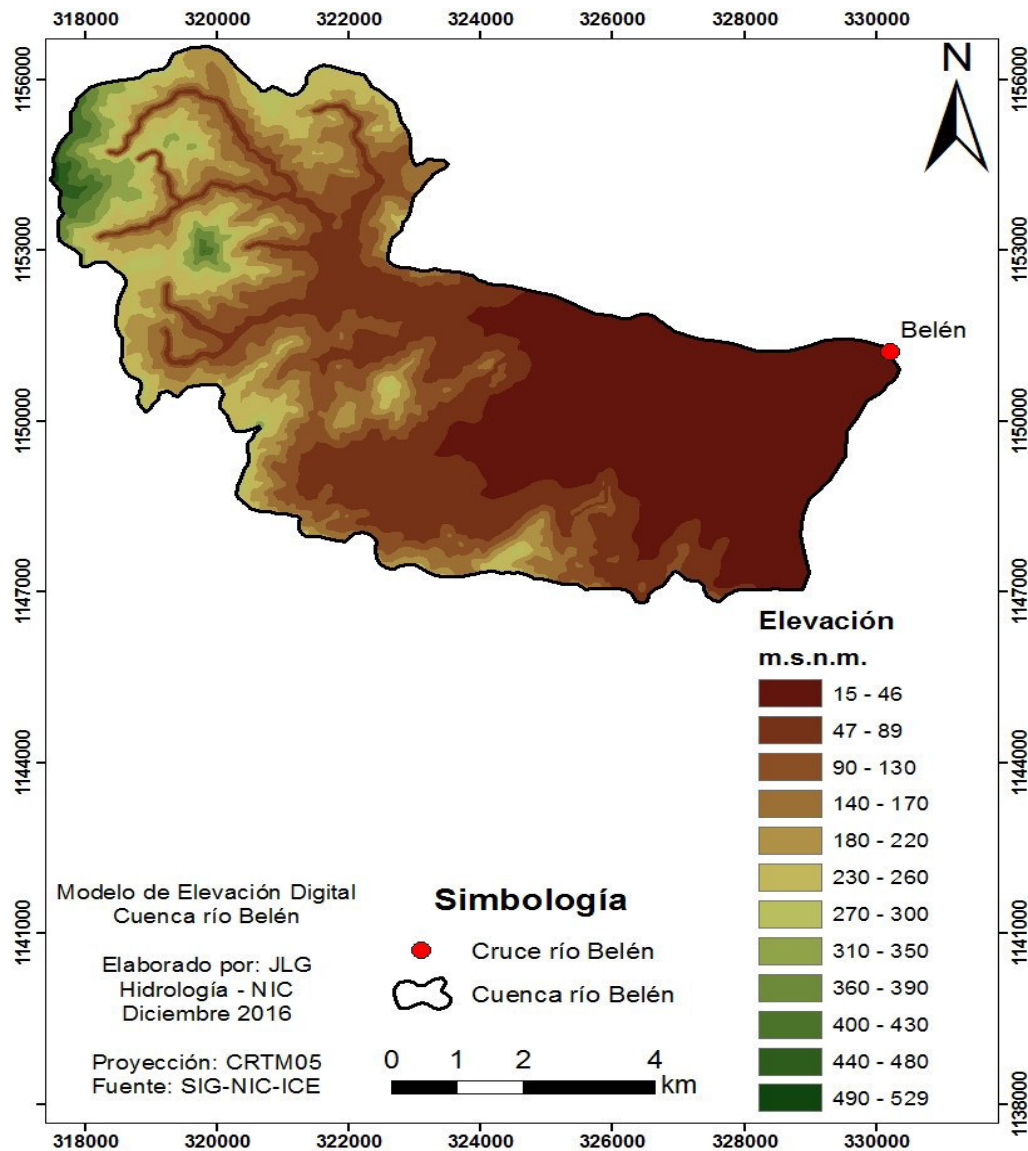


Figura n° 7. 132 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Belén.

En la figura n° 7.133 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Belén, cuya longitud de cauce principal es de 19,6 km, con una pendiente media de 0,026 m/m. Los principales ríos tributarios son Santa Ana y Carrizal, además de las quebradas Los Planes, Paraíso y Canelar. La longitud total de cauces es de 72,8 km. La densidad de drenaje es de 1,13 km/km², y un número de Strahler de 3.

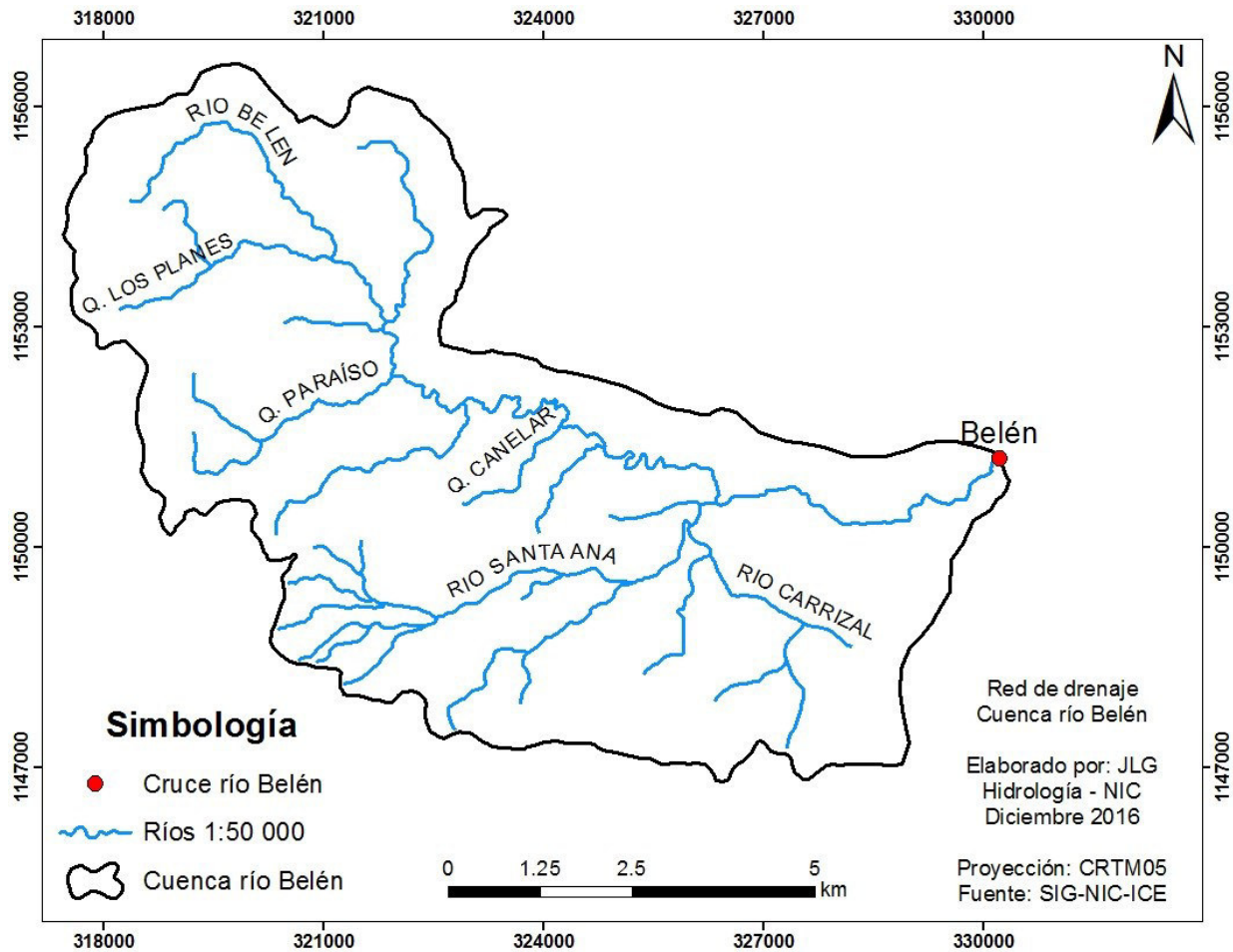


Figura n° 7. 133 Red de drenaje de la cuenca del río Belén.

En la figura n° 7.134 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Cañas y la red de distribución. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 329142 m y Norte: 1146163 m.



Figura n° 7. 134 Cruce río Cañas. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.

La cuenca del río Cañas tiene un área de drenaje de 375 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 109 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,58.

Las mayores elevaciones se encuentran al sur de la cuenca. El cerro de mayor altura es el cerro Castillo con 565 m.s.n.m. En esta zona también se localizan los cerros: Perro con 555 m.s.n.m., Hormiga con 547 m.s.n.m., Concha con 468 m.s.n.m., Indio Viejo con 413 m.s.n.m., Campeche con 325 m.s.n.m., Veintisiete con 315 m.s.n.m. y Cebollín con 312 m.s.n.m., entre otros.

Hacia el límite oeste de la cuenca se encuentran los cerros Tigre con 434 m.s.n.m., Portegolpe con 340 m.s.n.m., Saíno con 337 m.s.n.m., y la Fila La Sierra, con elevaciones de hasta 500 m.s.n.m. Al norte de la cuenca se encuentran las Filas Guachipelín y Rodeo, con elevaciones máximas de 550 m.s.n.m., en el cerro Guachipelín, y con 328 m.s.n.m., en el cerro Curiol, respectivamente.

Otros cerros dentro de la cuenca son: Carbonal con 319 m.s.n.m., Boquerones con 278 m.s.n.m., Flor con 247 m.s.n.m., Chorro con 252 m.s.n.m., Tierra Blanca con 238 m.s.n.m., y Loma Tuna con 223 m.s.n.m., entre otros. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 5 m.s.n.m. En la figura n° 7.135 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Cañas.

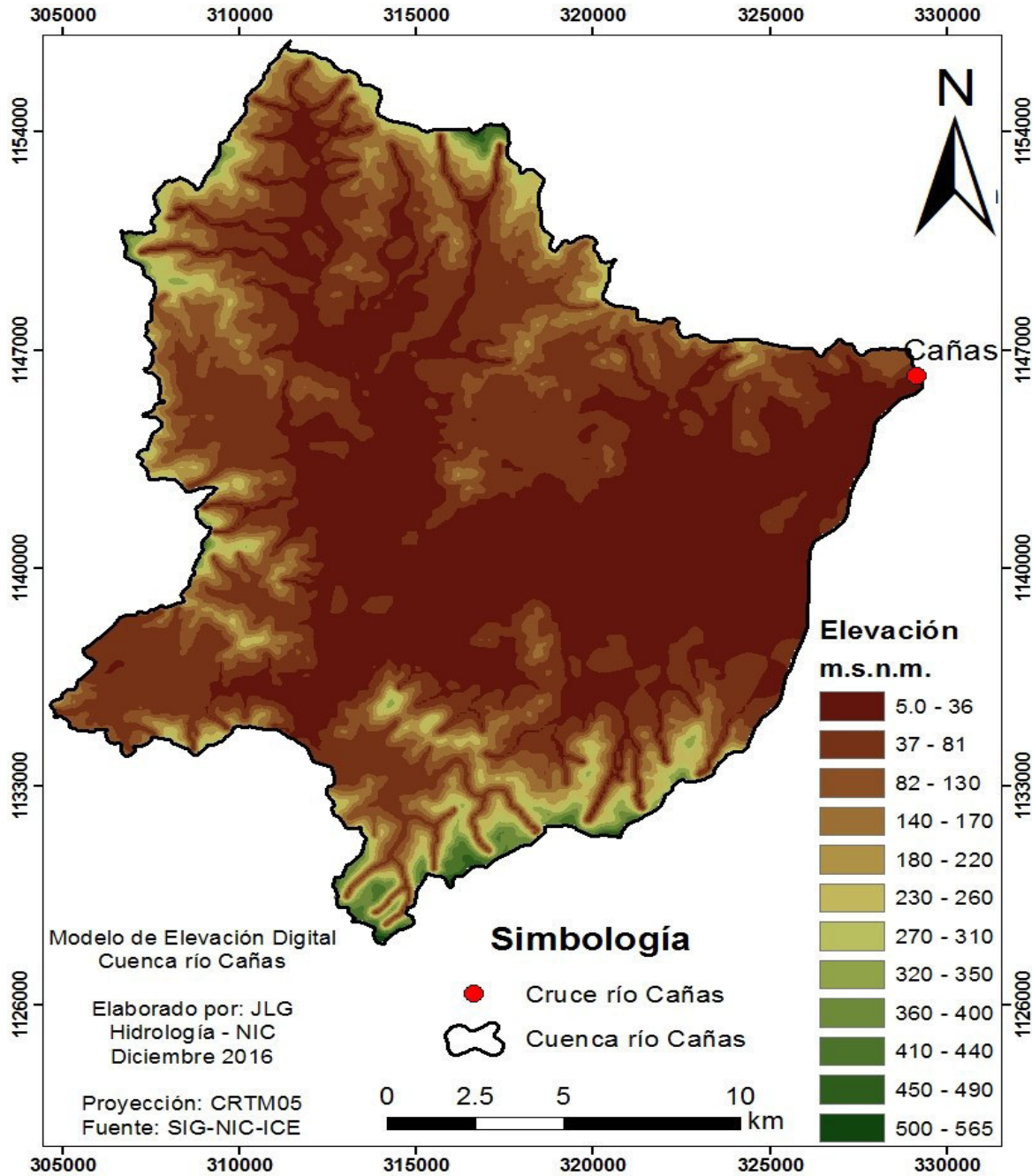


Figura n° 7. 135 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Cañas.

En la figura n° 7.136 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Cañas, cuya longitud de cauce principal es de 33,8 km, con una pendiente media de 0,017 m/m. Los principales afluentes son los ríos: Tempate, Nimboyores, Chircó y Coyolito, y varias quebradas, entre las que destacan: San Pedro, Lima, Peñas Blancas, Pilas, y Orotina, entre otras. La longitud total de cauces es de 426 km. La densidad de drenaje es de 1,14 km/km², y un número de Strahler de 4.

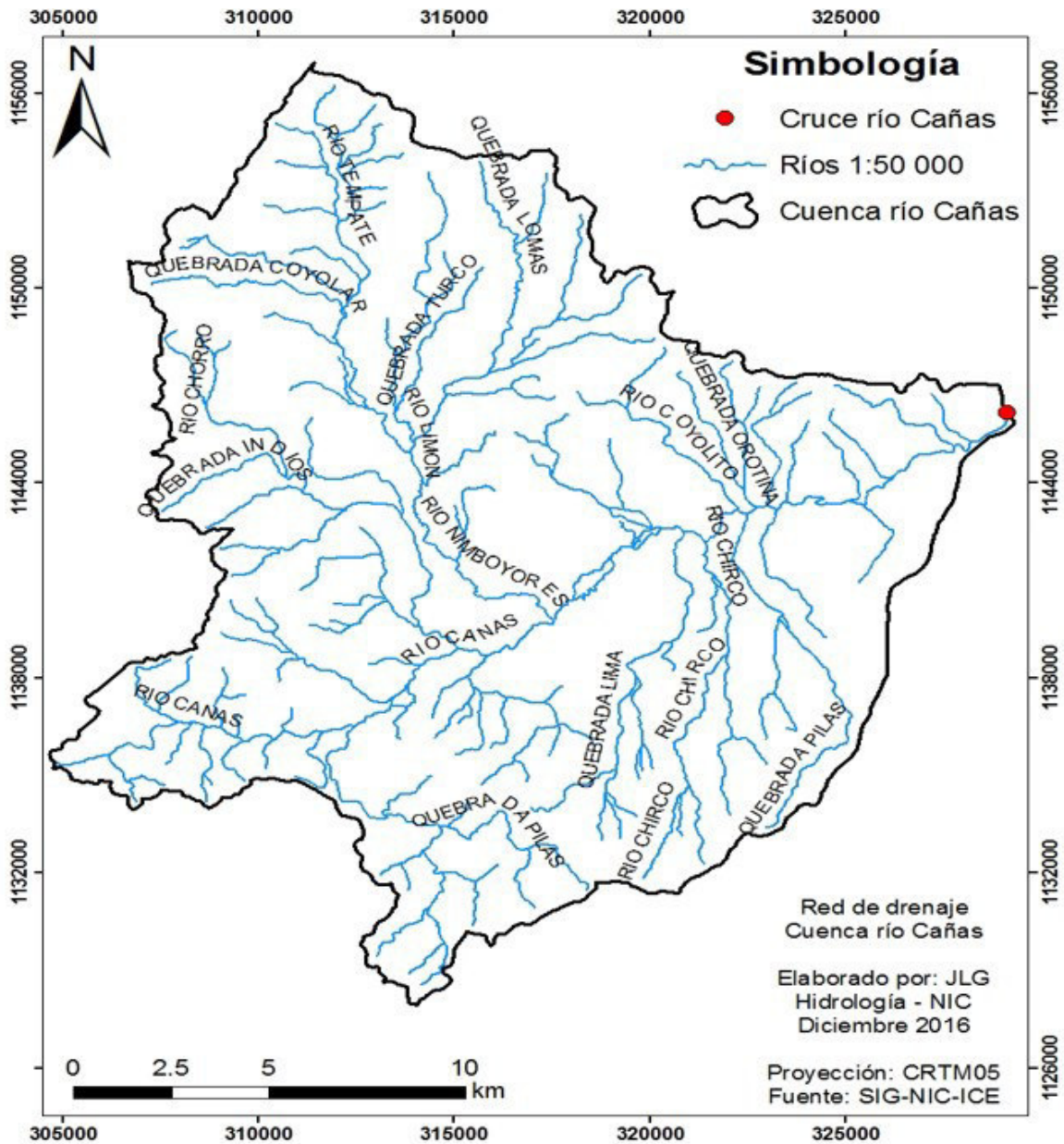


Figura n° 7. 136 Red de drenaje de la cuenca del río Cañas.

En la figura n° 7.137 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Diríá y la red de distribución. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 328394 m y Norte: 1143871 m.



Figura n° 7. 137 Cruce río Diríá. Fuente: Digital Globe 2015-01-07.

La cuenca del río Diríá tiene un área de drenaje de 190 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 83,7 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,70.

Las mayores elevaciones se encuentran al sur de la cuenca, donde se localizan las lomas Esperanza, Cola de Gallo, y la fila Cenizosa. La mayor elevación se encuentra en el cerro Lechuzas con 983 m.s.n.m. Le siguen los cerros Esperanza con 930 m.s.n.m., Bride con 867 m.s.n.m. y Cola de Gallo con 844 m.s.n.m.

En el límite norte con la cuenca del río Cañas la mayor elevación se encuentra el cerro Hormiga con 547 m.s.n.m. Al este de la cuenca, la mayor elevación se presenta en el cerro Pando con 542 m.s.n.m., seguido del cerro Coyolar con 495 m.s.n.m. Al oeste de la cuenca, las principales elevaciones son los cerros Perro con 555 m.s.n.m., e Isla Verde con 529 m.s.n.m. Otros cerros con elevaciones importantes son el cerro Juan Díaz con 765 m.s.n.m., Retallano con 711 m.s.n.m., Verde con 638 m.s.n.m., Ara con 463 m.s.n.m., Monte Galán con 443 m.s.n.m., Calabazas con 550 m.s.n.m., Cirilo con 375 m.s.n.m. y Carbonera con 235 m.s.n.m., entre otros. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 6 m.s.n.m.

En la figura n° 7.138 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Diríá.

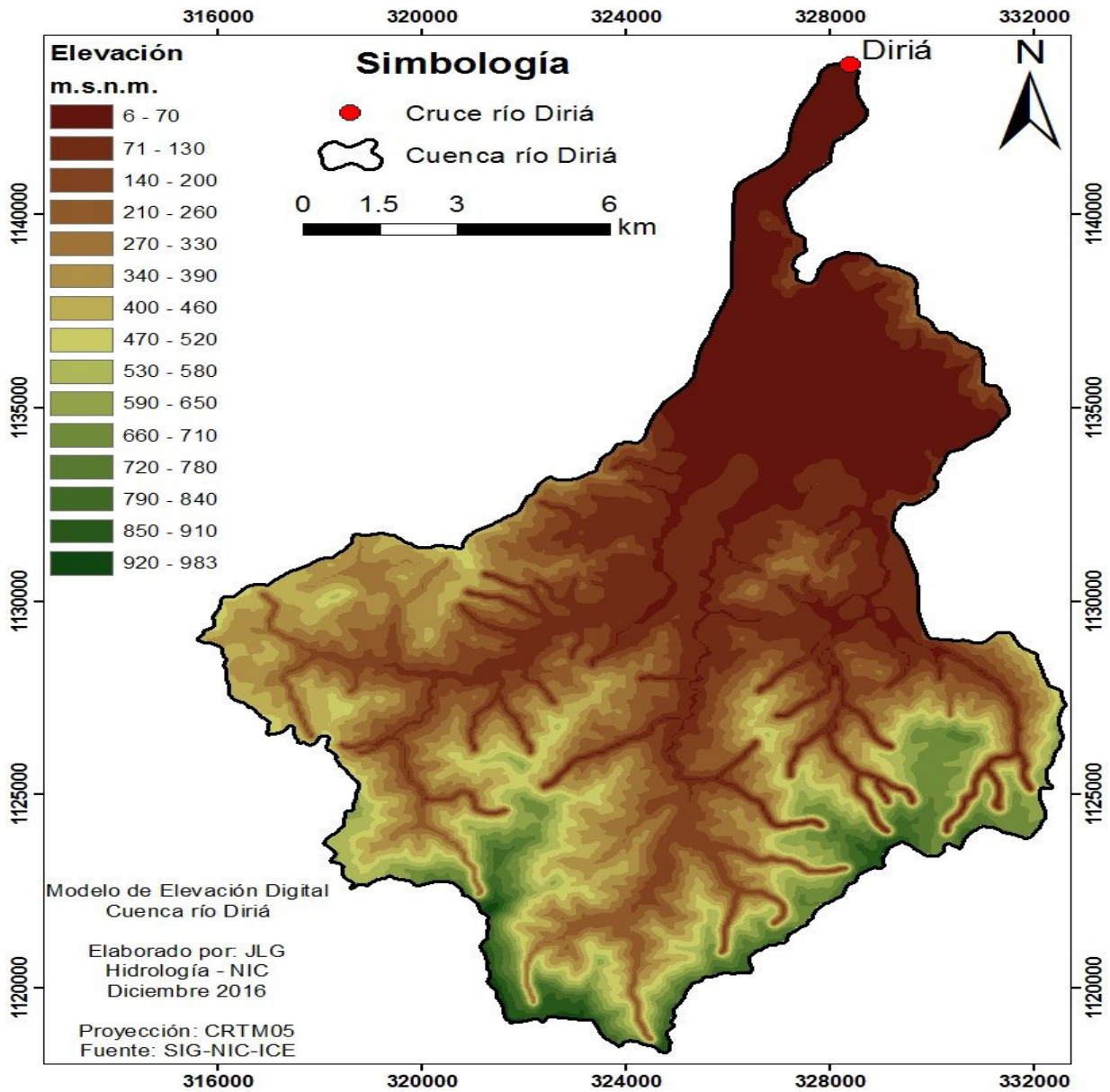


Figura n° 7. 138 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Diríá.

En la figura n° 7.139 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Diríá, cuya longitud de cauce principal es de 36,6 km, con una pendiente media de 0,027 m/m. Los principales afluentes son: Agua, Enmedio, Aguacaliente, Tigre, San Juan, Isla Verde, y Campero. Además de varias quebradas, de las que sobresalen: Brasil, Caño Blanco, Mina, Zacate, Delicias, El Pelón, entre otras. La longitud total de cauces es de 226 km. La densidad de drenaje es baja con 1,19 km/km², y un número de Strahler de 4.

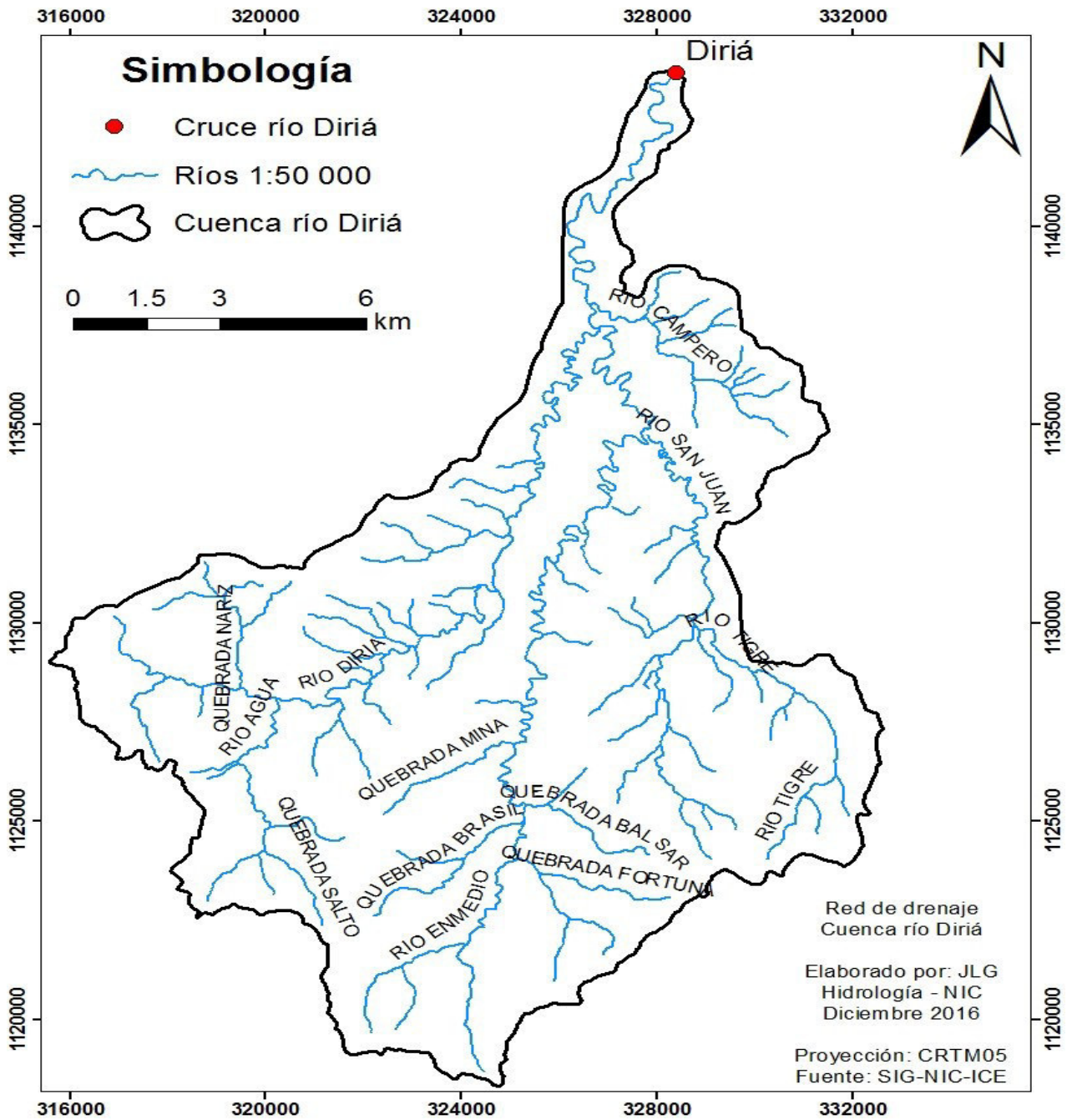


Figura n° 7. 139 Red de drenaje de la cuenca del río Diria.

En la figura n° 7.140 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Charco y la red de distribución. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 340072 m y Norte: 1143242 m.



Figura n° 7. 140 Cruce río Charco. Fuente: Digital Globe 2015-01-02.

La cuenca del río Charco tiene un área de drenaje de 718 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 166 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,73.

Esta cuenca contiene las cuencas de los ríos Cañas y Diríá. Las mayores elevaciones, al norte de la cuenca, se ubican en los cerros de la Fila Guachipelín, precisamente en el cerro Guachipelín, con 550 m.s.n.m. Las mayores elevaciones se encuentran al sur de la cuenca, donde se localizan las lomas Esperanza, Cola de Gallo, y la fila Cenizosa. La mayor elevación se encuentra en el cerro Lechuza con 983 m.s.n.m. El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 3 m.s.n.m.

En la figura n° 7.141 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Charco.

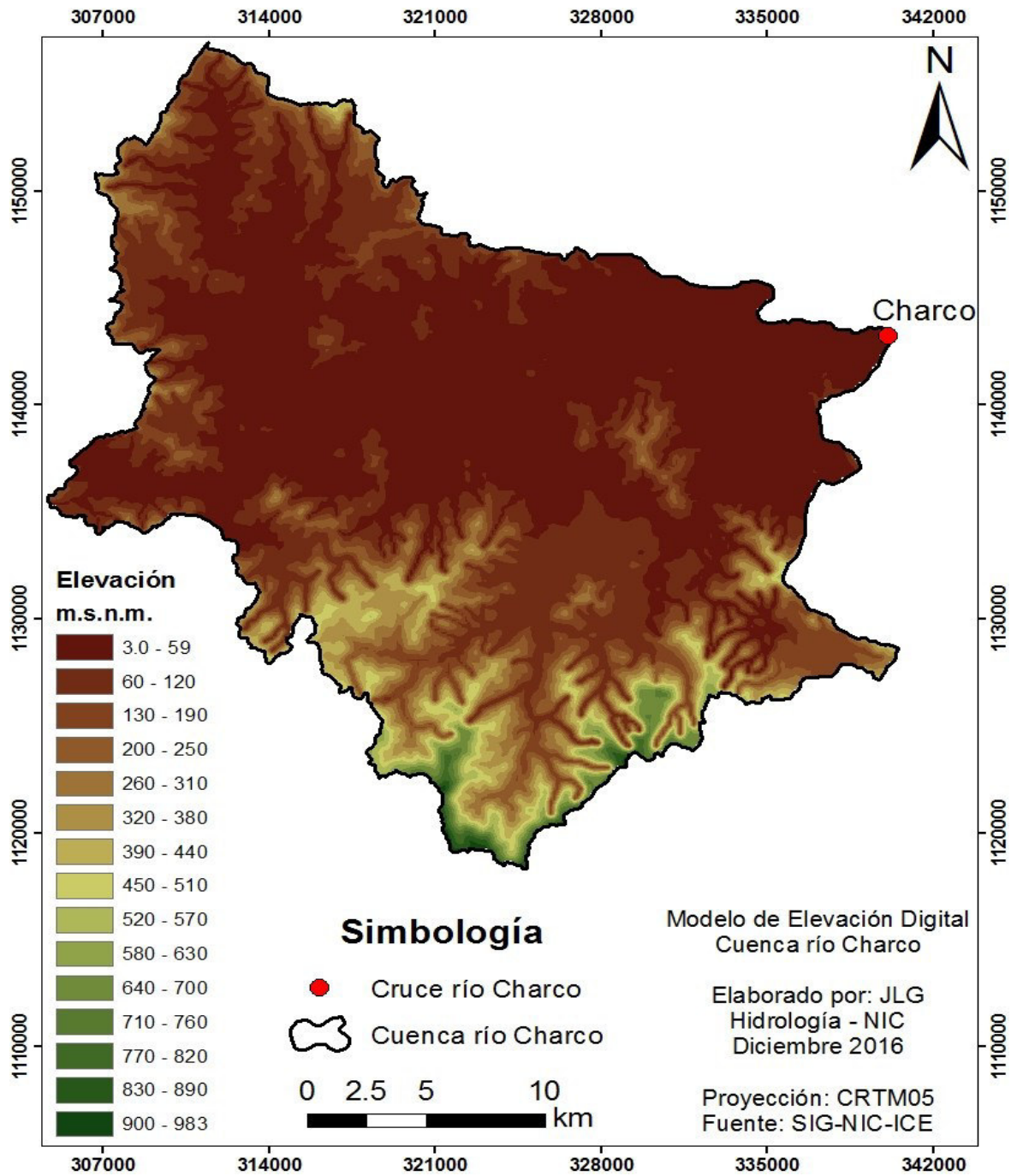


Figura n° 7. 141 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Charco.

En la figura n° 7.142 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Charco, cuya longitud de cauce principal es de 53,2 km, con una pendiente media de 0,018 m/m. Como se mencionó, la cuenca del río Charco contiene a las cuencas de los ríos Cañas y Diríá, siendo estos los dos principales afluentes. Otros aportes provienen del río Talolinga, Grande y las quebradas Coyolar y Zanja La Cruz, entre otras. La longitud total de cauces es de 864 km. La densidad de drenaje es de 1,20 km/km², y un número de Strahler de 5.

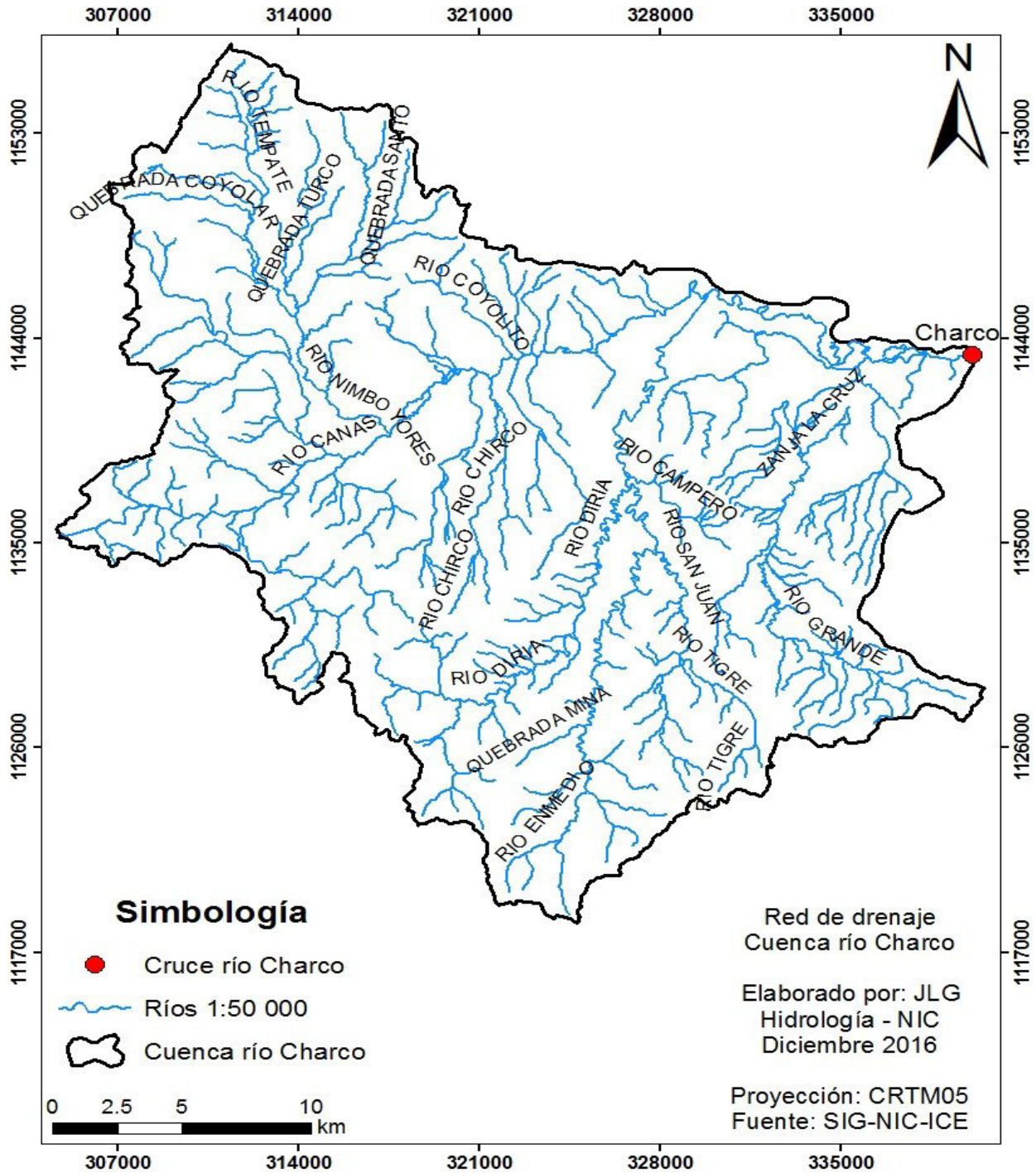


Figura n° 7. 142 Red de drenaje de la cuenca del río Charco.

En la figura n° 7.143 se muestra una imagen satelital donde se indica la ubicación del sitio de cruce entre el río Bolsón y la red de distribución. Las coordenadas de este punto, en proyección CRTM05 son Este: 343251 m y Norte: 1146729 m.



Figura n° 7. 143 Cruce río Bolsón. Fuente: Digital Globe 2015-01-02.

La cuenca del río Bolsón tiene un área de drenaje de 1081 km², estimada hasta el sitio de cruce, y un perímetro de 204 km, con el correspondiente índice de Gravelius de 1,74.

Esta cuenca contiene las cuencas de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas Diría y Charco. Las mayores elevaciones se encuentran al sur de la cuenca, donde se localizan las lomas Esperanza, Cola de Gallo, y la fila Cenizosa. La mayor elevación se encuentra en el cerro Lechuza con 983 m.s.n.m.

El punto más bajo se ubica en el cruce con el canal, con una elevación de 2 m.s.n.m. En la figura n° 7.144 se puede ver la distribución espacial de las elevaciones mediante el MED generado para la cuenca del río Bolsón.

Elaborado por

Desarrollador

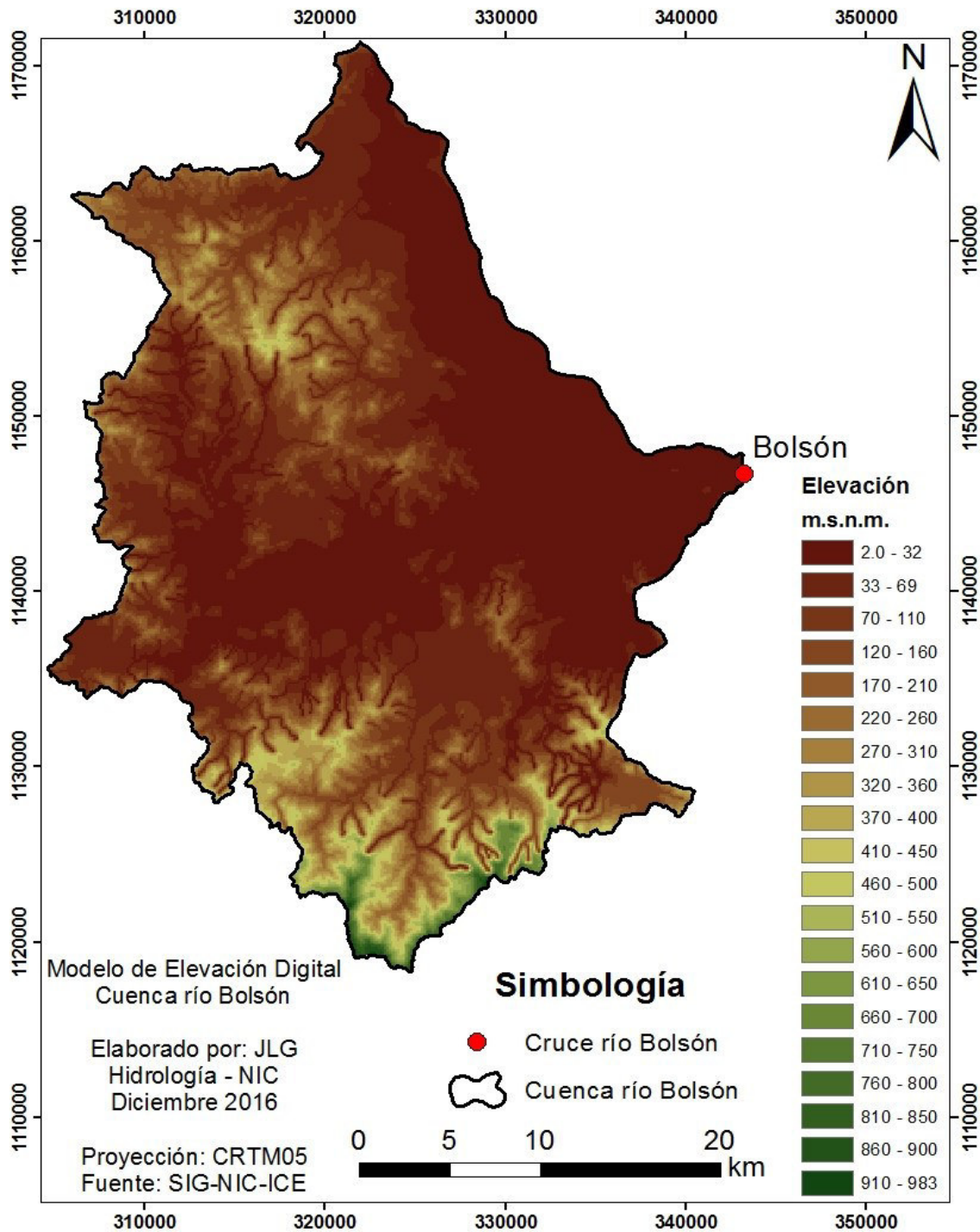


Figura n° 7. 144 Modelo de elevación digital de la cuenca del río Bolsón.

En la figura n° 7.145 se muestra la red de drenaje, en escala 1:50 000, de la cuenca del río Bolsón, cuya longitud de cauce principal es de 69,4 km, con una pendiente media de 0,014 m/m. Los principales afluentes son los ríos Las Palmas y Cañas. La longitud total de cauces es de 1246 km. La densidad de drenaje es de 1,15 km/km², y un número de Strahler de 5.

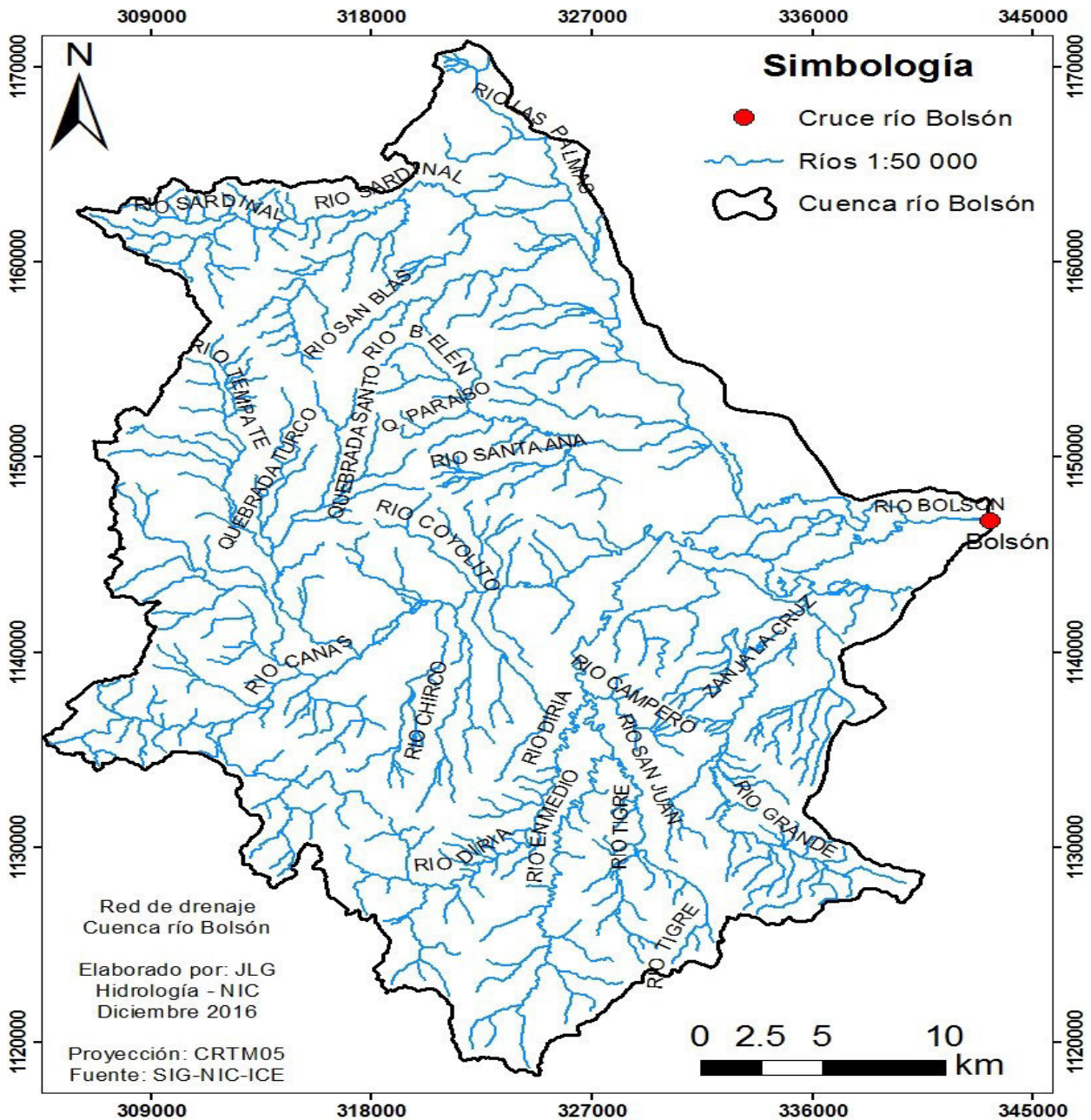


Figura n° 7. 145 Red de drenaje de la cuenca del río Bolsón.

En el cuadro n° 7.67 se indican las coordenadas, el área de drenaje y el perímetro estimado para cada uno de los sitios de cruce estudiados en la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque.

Cuadro n° 7. 67 Estimación del área de drenaje de ríos principales hasta el sitio de cruce con la red de distribución de la zona de riego.

Sitios Cruce	Área drenaje(km ²)	Perímetro (km)	Proyección: CRTM-05	
			Este (m)	Norte (m)
Las Palmas	170	73,8	326945	1159876
Belén	64,6	43,8	330224	1151212
Cañas	375	109	329142	1146163
Diriá	190	83,7	328394	1143871
Charco	718	166	340072	1143242
Bolsón	1081	204	343251	1146729

En el cuadro n° 7.68 se resumen las principales propiedades morfológicas de las cuencas estudiadas en la zona de riego de la margen derecha del río Tempisque.

Cuadro n° 7. 68 Resumen de las principales propiedades morfológicas de las subcuencas estudiadas en la zona de riego.

Cruce río	Índice de Gravelius	Elevación Mínima (m.s.n.m.)	Elevación Máxima (m.s.n.m.)	Long. cauce principal (km)	Pendiente media cauce principal (m/m)	Long. total cauces (km)	Densidad drenaje (km/km ²)
Las Palmas	1,59	19	550	15,28	0,035	191	1,13
Belén	1,53	15	529	19,6	0,026	72,8	1,13
Cañas	1,58	5	565	33,8	0,017	426	1,14
Diriá	1,70	6	983	36,6	0,027	226	1,19
Charco	1,73	3	983	53,2	0,018	864	1,20
Bolsón	1,74	2	983	69,4	0,014	1246	1,15

7.5.1.11 Caudales medios, mínimos y máximos en la zona de riego

En los sitios de cruce de los ríos analizados con los canales de riego no se tiene información de caudales, por lo cual éstos debieron ser estimados de forma indirecta, mediante el traslado de los registros de una estación hidrológica cercana. El método de traslado seleccionado fue el de área-lluvia, el cual establece una relación entre los caudales, el área de drenaje y la precipitación promedio anual, correspondientes en los sitios de interés. En el caso de los sitios de cruce en los ríos Las Palmas y Belén, se utilizó como estación base la 19-04 Río Cañas, ubicada en la cuenca del río Tempisque, la cual tiene un período de registro corto, del 01/05/1971 hasta 19/02/1976. En el caso de los sitios de cruce en los ríos Diriá, Cañas, Charco y Bolsón, se utilizó como estación base la 18-01 Hacienda Roxana, ubicada en la cuenca de la Península de Nicoya sobre el río Morote, la cual tienen un período de registro más extenso, el cual abarca el período de 19/05/1970 hasta 28/01/1983.

A pesar que estas estaciones se encuentran en cuencas diferentes, éstas son cuencas vecinas, y los ríos sobre los cuales están ubicadas, ambos drenan hacia el golfo de Nicoya, por lo que comparten varias similitudes. Los datos, a nivel diario, de estas estaciones se correlacionaron entre sí, y se obtuvo una relación lineal con un coeficiente de 0.9, lo cual se consideró aceptable. Los resultados de dicha correlación fueron utilizados para rellenar varios datos faltantes en la estación 19-04 Río Cañas, y además se ajustó para que ambas

series fueran consistentes. Las principales propiedades de estas estaciones hidrológicas se resumen en el cuadro n° 7.69.

Cuadro n° 7. 69 Propiedades de las estaciones hidrológicas de referencia en la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque.

Proyección CRTM-05						
Código	Nombre	Río	Área (km ²)	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m.)
19-04	Río Cañas	Cañas	373,3	328387,9	1145268,3	13,5
18-01	Hacienda Roxana	Morote	260	360453,5	1112954,3	16,0

En el cuadro n° 7.70 se muestran los datos utilizados en la determinación de los factores de traslado obtenidos para cada uno de los sitios de interés.

Cuadro n° 7. 70 Estimación de factores de traslado para los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diriá, Charco y Bolsón.

Sitio de interés	Área (km ²)	Precipitación areal promedio anual (mm)	Factor traslado
Las Palmas	170	1700	0,43
Belén	64,6	1751	0,17
19 - 04 Río Cañas	373,3	1790	1,00
Cañas	375	1792	1,31
Diriá	190	1814	0,67
Charco	718	1794	2,50
Bolsón	1081	1744	3,66
18-01 Hda. Roxana	260	1980	1,00

En el cuadro n° 7.71 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Las Palmas, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 71 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Las Palmas.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1971-72	1,53	2,02	0,38	5,24	29,30	28,39	6,69	0,87	0,39	0,21	0,09	0,10	6,27
1972-73	0,40	2,27	0,50	0,56	1,81	1,63	0,93	0,28	0,16	0,08	0,02	0,08	0,73
1973-74	0,43	2,99	5,09	5,35	27,68	34,04	7,21	1,53	0,51	0,12	0,14	0,08	7,10
1974-75	0,37	1,61	0,51	1,79	15,69	7,68	2,46	0,62	0,15	0,04	0,01	0,06	2,58
1975-76	0,20	0,33	1,02	1,14	19,31	8,27	25,32	2,50	0,58	0,18			5,89
Prom. Mensual (m ³ /s)	0,59	1,85	1,50	2,82	18,76	16,00	8,52	1,16	0,36	0,13	0,07	0,08	4,51
Desv. Estándar (m ³ /s)	0,54	0,98	2,02	2,30	11,04	14,27	9,77	0,88	0,20	0,07	0,06	0,02	2,73

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Las Palmas, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1975 – 76, es de 4,51 m³/s con una desviación estándar de 2,73 m³/s.

En el cuadro n° 7.72 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Las Palmas, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.146 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 72 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Las Palmas.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,20	0,33	0,38	0,56	1,81	1,63	0,93	0,28	0,15	0,04	0,01	0,06
Cuartil 1 (25%)	0,37	1,61	0,50	1,14	15,69	7,68	2,46	0,62	0,16	0,08	0,02	0,08
Cuartil 2 (50%)	0,40	2,02	0,51	1,79	19,31	8,27	6,69	0,87	0,39	0,12	0,05	0,08
Cuartil 3 (75%)	0,43	2,27	1,02	5,24	27,68	28,39	7,21	1,53	0,51	0,18	0,10	0,09
Máximo (m ³ /s)	1,53	2,99	5,09	5,35	29,30	34,04	25,32	2,50	0,58	0,21	0,14	0,10

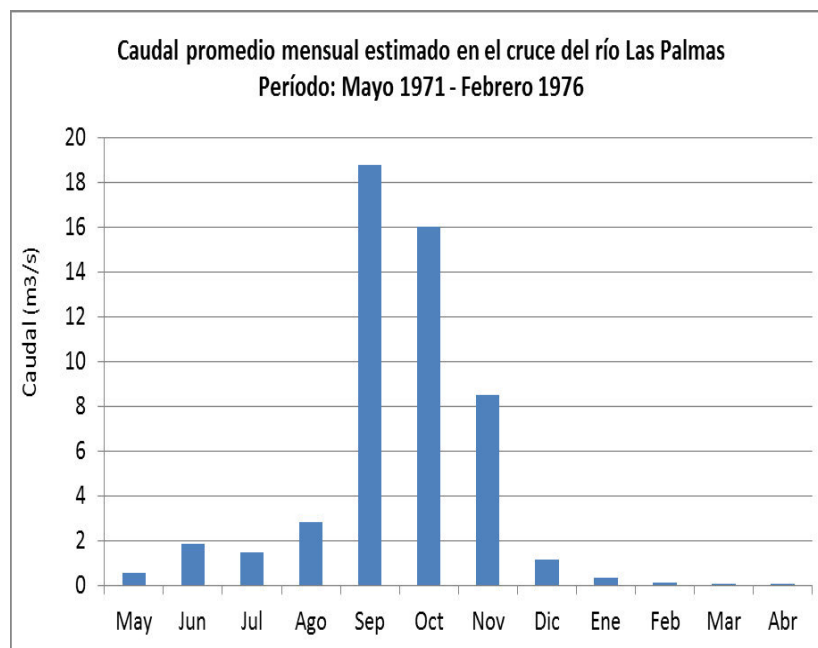


Figura n° 7. 146 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Las Palmas.

En el cuadro n° 7.73 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Belén, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 73 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Belén.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1971-72	0,60	0,79	0,15	2,05	11,47	11,11	2,62	0,34	0,15	0,08	0,04	0,04	2,45
1972-73	0,16	0,89	0,20	0,22	0,71	0,64	0,36	0,11	0,06	0,03	0,01	0,03	0,28
1973-74	0,17	1,17	1,99	2,09	10,83	13,32	2,82	0,60	0,20	0,05	0,06	0,03	2,78
1974-75	0,14	0,63	0,20	0,70	6,14	3,00	0,96	0,24	0,06	0,01	0,00	0,02	1,01

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1975-76	0,08	0,13	0,40	0,45	7,55	3,24	9,91	0,98	0,23	0,07			2,30
Prom. Mensual (m ³ /s)	0,23	0,72	0,59	1,10	7,34	6,26	3,33	0,45	0,14	0,05	0,03	0,03	1,77
Desv. Estándar (m ³ /s)	0,21	0,38	0,79	0,90	4,32	5,58	3,82	0,34	0,08	0,03	0,02	0,01	1,07

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Belén, para los años hidrológicos de 1971 – 72 hasta 1975 – 76, es de 1,77 m³/s con una desviación estándar de 1,07 m³/s.

En el cuadro n° 7.74 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Belén, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.147 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 74 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Belén.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,08	0,13	0,15	0,22	0,71	0,64	0,36	0,11	0,06	0,014	0,005	0,024
Cuartil 1 (25%)	0,14	0,63	0,20	0,45	6,14	3,00	0,96	0,24	0,06	0,033	0,006	0,030
Cuartil 2 (50%)	0,16	0,79	0,20	0,70	7,55	3,24	2,62	0,34	0,15	0,048	0,021	0,033
Cuartil 3 (75%)	0,17	0,89	0,40	2,05	10,83	11,11	2,82	0,60	0,20	0,072	0,041	0,035
Máximo (m ³ /s)	0,17	0,89	0,40	2,05	10,83	11,11	2,82	0,60	0,20	0,072	0,041	0,035

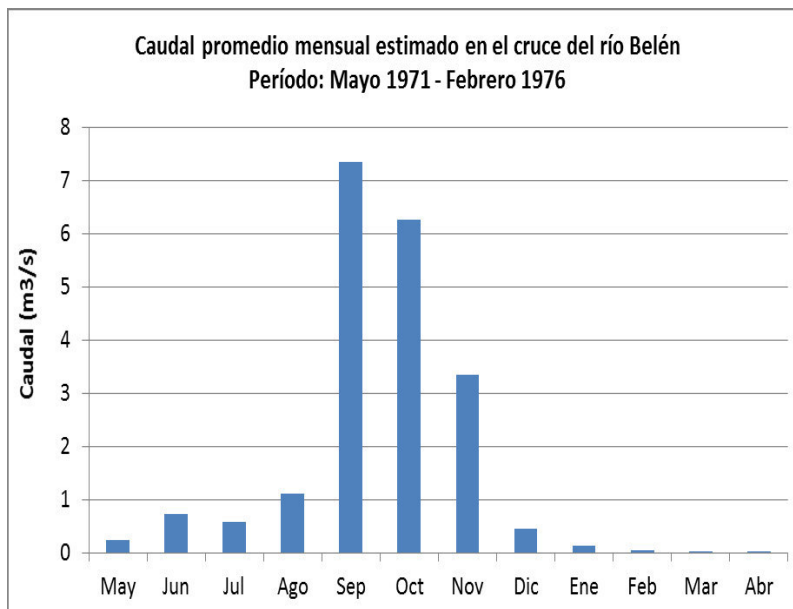


Figura n° 7. 147 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Belén.

En el cuadro n° 7.75 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Diríá, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 75 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Diríá.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m³/s)
1970-71	4,03	2,41	9,57	18,08	26,35	21,05	9,90	2,14	0,82	0,47	0,26	0,11	7,93
1971-72	0,44	5,84	2,63	8,23	31,20	32,55	5,23	1,37	0,74	0,42	0,18	0,16	7,42
1972-73	1,54	2,10	1,16	1,72	7,16	6,63	3,33	1,23	0,75	0,40	0,13	0,14	2,19
1973-74	0,98	12,40	15,31	23,58	34,54	21,02	9,80	2,24	0,76	0,43	0,22	0,13	10,12
1974-75	1,39	5,00	2,85	6,35	15,91	10,13	3,64	1,15	0,50	0,25	0,17	0,13	3,96
1975-76	0,49	1,41	4,00	6,58	22,35	13,63	22,51	2,76	1,18	0,52	0,27	0,17	6,32
1976-77	0,20	4,98	1,58	0,94	0,79	4,38	2,72	0,98	0,35	0,18	0,15	0,08	1,44
1977-78	0,10	0,29	0,05	0,81	3,26	6,40	2,78	1,34	0,48	0,10	0,06	0,02	1,31
1978-79	1,57	2,68	2,28	3,66	14,36	6,16	4,50	1,41	0,58	0,31	0,15	0,64	3,19
1979-80	1,12	7,72	4,70	5,28	28,59	31,40	8,85	2,09	0,88	0,39	3,95	0,13	7,93
1980-81	0,29	2,48	4,57	4,19	11,16	22,22	15,52	3,47	0,95	0,33	0,15	0,06	5,45
1981-82	3,04	16,71	9,56	7,44	19,30	21,87	11,58	1,85	0,91	0,43	0,22	0,24	7,76
1982-83	12,48	8,90	2,91	1,46	3,38	6,50	2,82	0,88	0,54				4,43
Prom. Mensual (m³/s)	2,13	5,61	4,71	6,79	16,80	15,69	7,94	1,76	0,73	0,35	0,49	0,17	5,34
Desv. Estándar (m³/s)	3,31	4,76	4,29	6,80	11,33	9,90	5,99	0,76	0,23	0,12	1,09	0,16	2,83

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Diríá, para los años hidrológicos de 1970 – 71 hasta 1982 – 83, es de 5,34 m³/s con una desviación estándar de 2,83 m³/s.

En cuadro n° 7.76 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Diríá, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.148 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 76 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Diríá.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m³/s)	0,10	0,29	0,05	0,81	0,79	4,38	2,72	0,88	0,35	0,10	0,06	0,02
Cuartil 1 (25%)	0,44	2,41	2,28	1,72	7,16	6,50	3,33	1,23	0,54	0,29	0,15	0,10
Cuartil 2 (50%)	1,12	4,98	2,91	5,28	15,91	13,63	5,23	1,41	0,75	0,40	0,18	0,13
Cuartil 3 (75%)	1,57	7,72	4,70	7,44	26,35	21,87	9,90	2,14	0,88	0,43	0,23	0,16
Máximo (m³/s)	12,48	16,71	15,31	23,58	34,54	32,55	22,51	3,47	1,18	0,52	3,95	0,64

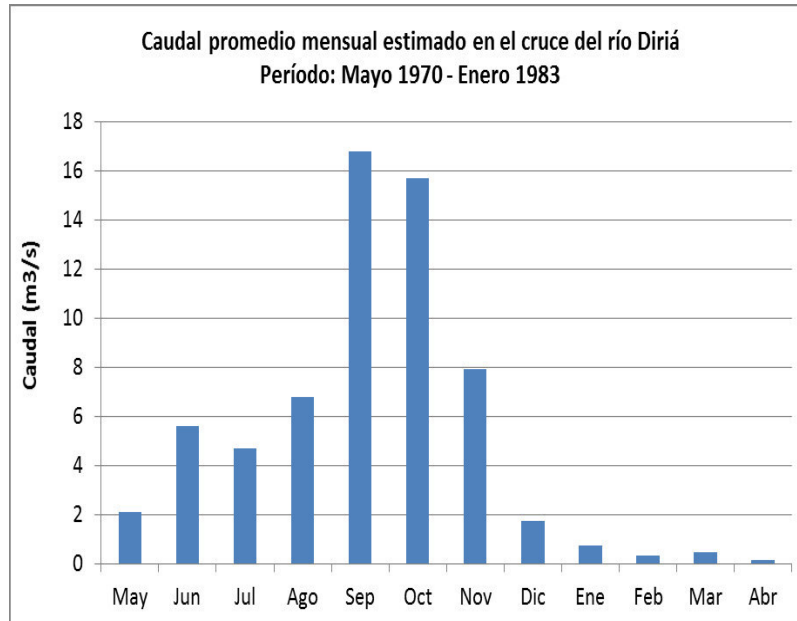


Figura n° 7. 148 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Diría.

En el cuadro n° 7.77 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Cañas, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 77 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Cañas.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m³/s)
1970-71	7,87	4,70	18,7	35,3	51,5	41,2	19,4	4,18	1,60	0,92	0,51	0,21	15,5
1971-72	0,87	11,4	5,13	16,1	61,0	63,6	10,2	2,69	1,45	0,83	0,35	0,32	14,5
1972-73	3,01	4,10	2,26	3,37	14,0	13,0	6,50	2,40	1,47	0,78	0,26	0,27	4,28
1973-74	1,91	24,3	29,9	46,1	67,5	41,1	19,2	4,38	1,48	0,85	0,43	0,26	19,8
1974-75	2,71	9,77	5,57	12,4	31,1	19,8	7,12	2,25	0,98	0,49	0,34	0,25	7,73
1975-76	0,96	2,75	7,82	12,9	43,7	26,7	44,0	5,40	2,31	1,01	0,53	0,33	12,4
1976-77	0,39	9,73	3,09	1,84	1,55	8,57	5,32	1,91	0,68	0,35	0,29	0,15	2,82
1977-78	0,19	0,57	0,10	1,59	6,38	12,5	5,44	2,63	0,94	0,20	0,12	0,03	2,56
1978-79	3,06	5,24	4,46	7,16	28,1	12,0	8,79	2,75	1,14	0,60	0,29	1,25	6,24
1979-80	2,18	15,1	9,20	10,3	55,9	61,4	17,3	4,09	1,73	0,77	7,72	0,26	15,5
1980-81	0,58	4,85	8,94	8,19	21,8	43,4	30,3	6,79	1,86	0,65	0,30	0,13	10,7
1981-82	5,93	32,7	18,7	14,6	37,7	42,8	22,6	3,63	1,78	0,84	0,44	0,46	15,2
1982-83	24,40	17,4	5,69	2,86	6,60	12,7	5,51	1,73	1,06				8,66
Prom. Mensual (m³/s)	4,16	11,0	9,20	13,3	32,8	30,7	15,5	3,45	1,42	0,69	0,97	0,33	10,4
Desv. Estándar (m³/s)	6,48	9,31	8,39	13,3	22,2	19,4	11,7	1,48	0,45	0,24	2,13	0,31	5,53

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Cañas, para los años hidrológicos de 1970 – 71 hasta 1982 – 83, es de 10,4 m³/s con una desviación estándar de 5,53 m³/s.

En el cuadro n° 7.78 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Cañas, asimismo se indican los

cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.149 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 78 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Cañas.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,19	0,57	0,10	1,59	1,55	8,57	5,32	1,73	0,68	0,20	0,12	0,03
Cuartil 1 (25%)	0,87	4,70	4,46	3,37	14,0	12,7	6,50	2,40	1,06	0,57	0,29	0,20
Cuartil 2 (50%)	2,18	9,73	5,69	10,3	31,1	26,7	10,2	2,75	1,47	0,78	0,34	0,26
Cuartil 3 (75%)	3,06	15,1	9,20	14,6	51,5	42,8	19,4	4,18	1,73	0,84	0,46	0,32
Máximo (m ³ /s)	24,4	32,7	29,9	46,1	67,5	63,6	44,0	6,79	2,31	1,01	7,72	1,25

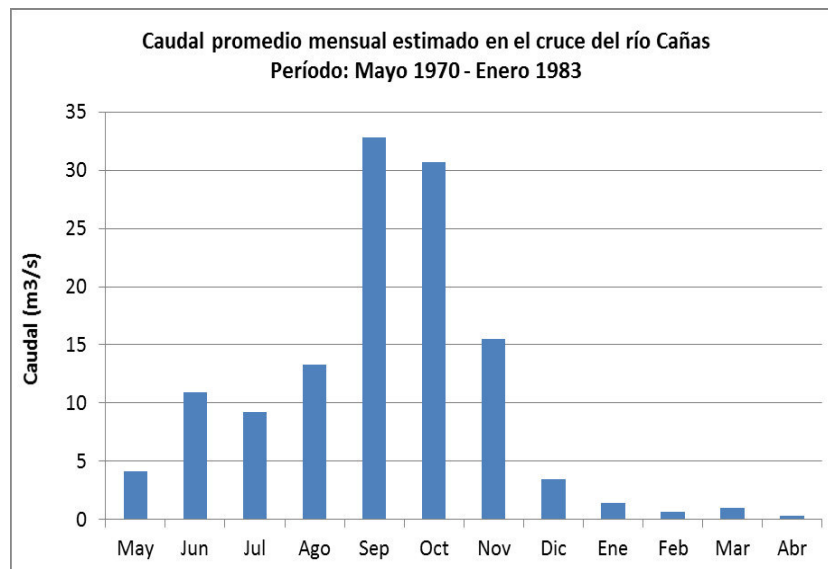


Figura n° 7. 149 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Cañas.

En el cuadro n° 7.79 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Charco, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 79 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Charco.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1970-71	15,0	8,98	35,7	67,5	98,3	78,6	37,0	7,98	3,05	1,75	0,98	0,40	29,6
1971-72	1,66	21,8	9,80	30,7	116	121	19,5	5,13	2,77	1,58	0,66	0,60	27,7
1972-73	5,75	7,82	4,32	6,44	26,7	24,7	12,4	4,59	2,81	1,49	0,50	0,52	8,18
1973-74	3,64	46,3	57,1	88,0	129	78,4	36,6	8,35	2,83	1,62	0,81	0,49	37,8
1974-75	5,18	18,6	10,6	23,7	59,4	37,8	13,6	4,29	1,88	0,93	0,65	0,47	14,8
1975-76	1,84	5,26	14,9	24,5	83,4	50,9	84,0	10,3	4,41	1,93	1,01	0,63	23,6
1976-77	0,74	18,6	5,90	3,50	2,95	16,4	10,2	3,64	1,30	0,68	0,55	0,29	5,38
1977-78	0,36	1,10	0,19	3,03	12,2	23,9	10,4	5,02	1,80	0,38	0,22	0,06	4,88
1978-79	5,85	10,0	8,52	13,7	53,6	23,0	16,8	5,25	2,17	1,14	0,56	2,38	11,9

Elaborado por

Desarrollador

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1979-80	4,16	28,8	17,5	19,7	107	117	33,0	7,80	3,30	1,47	14,74	0,50	29,6
1980-81	1,10	9,26	17,1	15,6	41,6	82,9	57,9	13,0	3,56	1,23	0,58	0,24	20,3
1981-82	11,3	62,3	35,7	27,8	72,0	81,6	43,2	6,92	3,39	1,60	0,83	0,88	29,0
1982-83	46,6	33,2	10,9	5,45	12,6	24,2	10,5	3,29	2,02				16,5
Prom. Mensual (m ³ /s)	7,94	20,9	17,6	25,4	62,7	58,5	29,6	6,58	2,71	1,32	1,84	0,62	19,9
Desv. Estándar (m ³ /s)	12,4	17,8	16,0	25,4	42,3	36,9	22,3	2,83	0,86	0,46	4,07	0,59	10,6

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Charco, para los años hidrológicos de 1970 – 71 hasta 1982 – 83, es de 19,9 m³/s con una desviación estándar de 10,6 m³/s.

En el cuadro n° 7.80 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Charco, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.150 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 80 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Charco.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,36	1,10	0,19	3,03	2,95	16,4	10,2	3,29	1,30	0,38	0,22	0,06
Cuartil 1 (25%)	1,66	8,98	8,52	6,44	26,7	24,2	12,4	4,59	2,02	1,09	0,56	0,37
Cuartil 2 (50%)	4,16	18,6	10,9	19,7	59,4	50,9	19,5	5,25	2,81	1,48	0,66	0,49
Cuartil 3 (75%)	5,85	28,8	17,5	27,8	98,3	81,6	37,0	7,98	3,30	1,61	0,87	0,61
Máximo (m ³ /s)	46,6	62,3	57,1	88,0	129	121	84,0	13,0	4,41	1,93	14,7	2,38

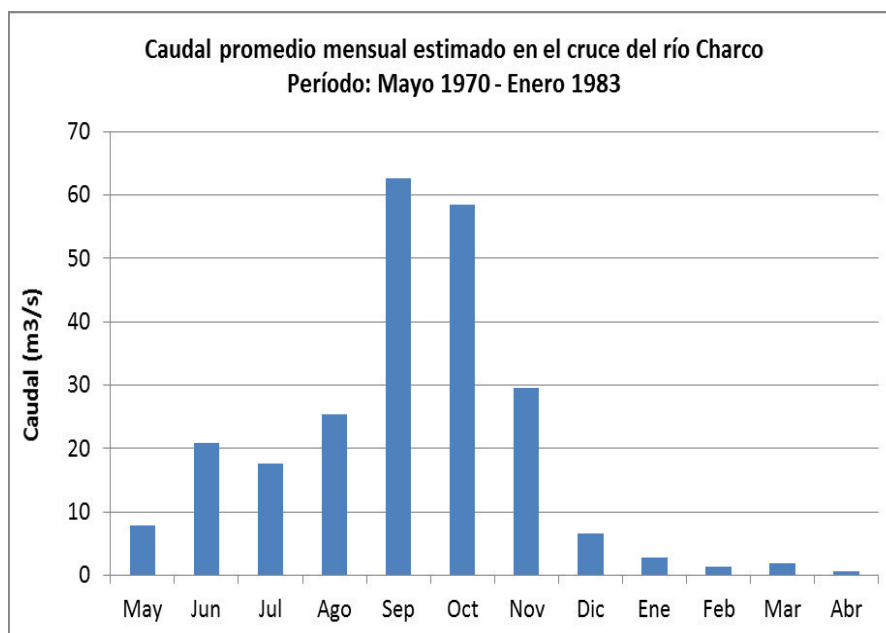


Figura n° 7. 150 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Charco.

En el cuadro n° 7.81 se muestran las estimaciones de caudal promedio mensual y anual para el sitio de cruce en el río Bolsón, en metros cúbicos por segundo.

Cuadro n° 7. 81 Caudal promedio mensual y anual estimado en el sitio de cruce del río Bolsón.

Año hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Anual (m ³ /s)
1970-71	22,0	13,1	52,3	98,8	144	115	54,1	11,7	4,46	2,57	1,44	0,59	43,3
1971-72	2,43	31,9	14,3	44,9	170	178	28,6	7,51	4,05	2,31	0,96	0,88	40,5
1972-73	8,42	11,5	6,32	9,42	39,1	36,2	18,2	6,72	4,12	2,19	0,74	0,76	12,0
1973-74	5,33	67,8	83,6	129	189	115	53,5	12,2	4,14	2,37	1,19	0,71	55,3
1974-75	7,58	27,3	15,6	34,7	86,9	55,3	19,9	6,28	2,75	1,36	0,95	0,69	21,6
1975-76	2,70	7,69	21,9	35,9	122	74,5	123	15,1	6,46	2,82	1,48	0,92	34,5
1976-77	1,09	27,2	8,64	5,13	4,32	23,9	14,9	5,33	1,90	0,99	0,81	0,42	7,88
1977-78	0,53	1,61	0,28	4,43	17,8	35,0	15,2	7,34	2,64	0,55	0,32	0,09	7,15
1978-79	8,56	14,6	12,5	20,0	78,5	33,6	24,6	7,69	3,18	1,67	0,82	3,48	17,4
1979-80	6,09	42,2	25,7	28,8	156	172	48,3	11,4	4,83	2,15	21,58	0,73	43,3
1980-81	1,61	13,5	25,0	22,9	60,9	121	84,8	19,0	5,21	1,80	0,85	0,35	29,8
1981-82	16,6	91,3	52,2	40,7	105	119	63,3	10,1	4,96	2,35	1,22	1,29	42,4
1982-83	68,2	48,6	15,9	7,98	18,4	35,5	15,4	4,82	2,96				24,2
Prom. Mensual (m ³ /s)	11,6	30,6	25,7	37,1	91,8	85,7	43,4	9,6	3,97	1,93	2,70	0,91	29,2
Desv. Estándar (m ³ /s)	18,1	26,0	23,5	37,2	61,9	54,1	32,7	4,1	1,26	0,68	5,95	0,87	15,5

El caudal promedio anual estimado en el sitio de cruce del río Bolsón, para los años hidrológicos de 1970 – 71 hasta 1982 – 83, es de 29,2 m³/s con una desviación estándar de 15,5 m³/s.

En el cuadro n° 7.82 se indican los valores mínimos y máximos de la serie de caudales promedio mensuales estimados en el sitio de cruce del río Bolsón, asimismo se indican los cuartiles para el 25 %, 50 % y 75 %. En la figura n° 7.151 se muestran la variación de los caudales medios mensuales en forma gráfica.

Cuadro n° 7. 82 Caudales mínimos, máximos y cuartiles de la series promedio mensual estimada en el sitio de cruce del río Bolsón.

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Mínimo (m ³ /s)	0,53	1,61	0,28	4,43	4,32	23,9	14,9	4,82	1,90	0,55	0,32	0,09
Cuartil 1 (25%)	2,43	13,1	12,5	9,42	39,1	35,5	18,2	6,72	2,96	1,59	0,82	0,55
Cuartil 2 (50%)	6,09	27,2	15,9	28,8	86,9	74,5	28,6	7,69	4,12	2,17	0,96	0,72
Cuartil 3 (75%)	8,56	42,2	25,7	40,7	144	119	54,1	11,7	4,83	2,35	1,27	0,89
Máximo (m ³ /s)	68,2	91,3	83,6	129	189	178	123	19,0	6,46	2,82	21,6	3,48

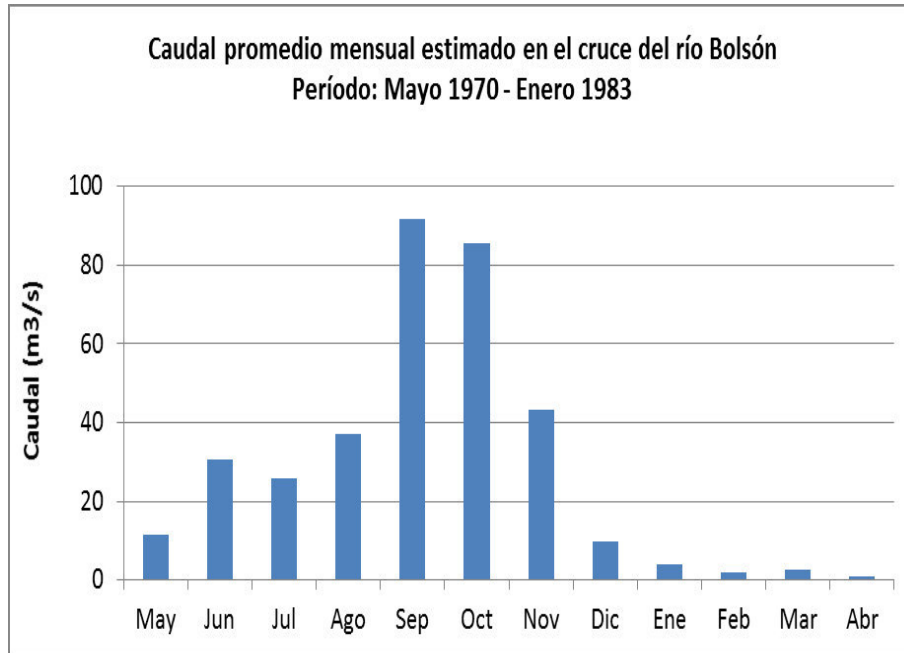


Figura n° 7. 151 Variación del caudal promedio mensual estimado en el sitio de cruce del río Bolsón.

En el cuadro n° 7.83 se presenta un resumen de los principales resultados de los traslados de caudales medios en los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Diriá, Cañas, Charco y Bolsón.

Cuadro n° 7. 83 Resumen de las estimaciones de caudales promedio diarios en los sitios de cruce de los ríos de la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque.

Sitio cruce	Área (km ²)	Estación base	Periodo registro	Factor traslado	Caudal promedio anual (m ³ /s)	Caudal mínimo promedio diario (m ³ /s)	Caudal máximo promedio diario (m ³ /s)
Las Palmas	170	19-04 Río Cañas	May 1971 - Feb 1976	0,43	4,51	0,01	34,0
Belén	64,6	19-04 Río Cañas 18-01	May 1971 - Feb 1976	0,17	1,77	0,005	11,1
Diriá	190	Hda. Roxana 18-01	May 1970 - Ene 1983	0,67	5,34	0,02	34,5
Cañas	375	Hda. Roxana 18-01	May 1970 - Ene 1983	1,31	10,4	0,03	67,5
Charco	718	Hda. Roxana 18-01	May 1970 - Ene 1983	2,5	19,9	0,06	129
Bolsón	1081	Hda. Roxana 18-01	May 1970 - Ene 1983	3,66	29,2	0,09	189

Como se mencionó, en la zona de riego en la margen derecha del río Tempisque solamente se cuenta con una estación hidrológica, ubicada sobre el río Cañas, la cual tiene un período de registro corto de 5 años, el cual no permite realizar un análisis de frecuencia apropiado. Por este motivo se utilizó la herramienta informática Tucán, la cual fue desarrollada mediante una consultoría del ICE, con el propósito de estimar caudales máximos de diseño en sitios sin medición. Tucán aprovecha los resultados de la regionalización de avenidas máximas, que, en el caso de la región Pacífico, donde se ubica la zona de riego, se utilizaron los registros de 33 estaciones hidrológicas, distribuidas a lo largo de esta vertiente, con datos hasta el 31 de diciembre de 2010.

Los parámetros de entrada del programa Tucán son las coordenadas Lambert norte del sitio de interés y el área de drenaje asociada. Dichos parámetros se muestran en el cuadro n° 7.84, para cada uno de los sitios de cruce en la zona de riego de la margen derecha del río Tempisque. En el cuadro n° 7.85 se muestran los caudales máximos para varios períodos de retorno estimados con Tucán mediante el análisis de regresión lineal múltiple.

Cuadro n° 7. 84 Parámetros de entrada del programa Tucán utilizados en los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diríá, Charco y Bolsón.

Sitio Cruce	Área (km ²)	Coordenadas Lambert Norte	
		Este (m)	Norte (m)
Las Palmas	170	363750	273750
Belén	33,6	361750	265750
Cañas	374	364750	259250
Diríá	190	364250	256250
Charco	145	381250	259250
Bolsón	1081	381250	261250

Cuadro n° 7. 85 Caudales máximos estimados para varios períodos de retorno en los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas, Diríá, Charco y Bolsón.

Probabilidad	Sitio de cruce	Las Palmas	Belén	Cañas	Diríá	Charco	Bolsón
		Período retorno (años)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)
0,9901	1,01	90	18	204	106	61	507
0,8000	1,25	152	31	344	178	104	856
0,5000	2	238	48	540	280	163	1344
0,2000	5	410	83	928	481	280	2308
0,1000	10	558	113	1264	655	381	3144
0,0500	20	728	147	1648	854	497	4099
0,0200	50	989	200	2239	1160	675	5570
0,0100	100	1217	246	2758	1429	831	6859
0,0050	200	1476	298	3344	1732	1008	8317
0,0033	300	1642	332	3720	1927	1121	9253
0,0025	400	1767	357	4003	2074	1206	9957

Sitio de cruce	Las Palmas	Belén	Cañas	Diriá	Charco	Bolsón
Probabilidad	Período retorno (años)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal máximo (m ³ /s)
0,0020	500	1868	377	4232	2193	1275
0,0010	1000	2207	446	4999	2590	1506

7.5.1.12 Cotas de inundación en la zona de riego

Se revisaron los mapas de amenazas naturales potenciales de los cantones de Carrillo y Santa Cruz, elaborados por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, CNE, en febrero de 2010. También se revisaron las capas temáticas del Atlas digital de Costa Rica, elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica en el 2014. Según la información recopilada, todos los sitios de cruce definidos en el área de riego, están dentro de las zonas inundables, como se aprecia en la figura n° 7.152. Los sitios de cruce de los ríos Las Palmas, Belén, Cañas y Diriá, tienen un riesgo de inundación con una probabilidad de ocurrencia alta, entre 1 y 5 años de período de retorno, el sitio de cruce con el río Bolsón tienen una probabilidad moderada, y el sitio de cruce con el río Charco tiene una baja probabilidad de ocurrencia.

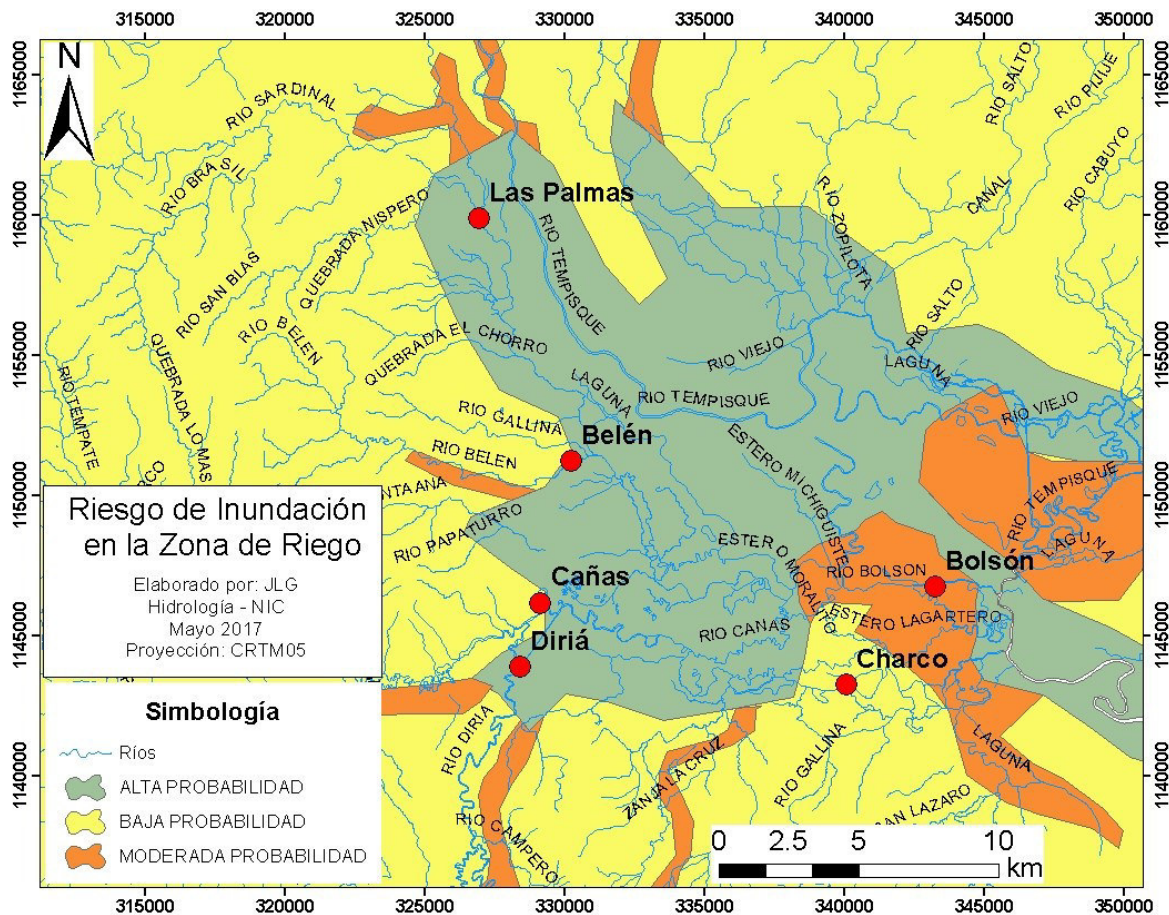


Figura n° 7. 152 reas de riesgo de inundación en la zona de riego de la margen derecha del río Tempisque.

Para estos sitios de cruce, y los canales de la red de distribución, se deberán de tomar las medidas preventivas para minimizar posibles afectaciones sobre las estructuras, y sobre la operación del sistema de riego, debido al desbordamiento de los ríos.

7.5.1.13 Corrientes, mareas y oleajes en la zona del canal de conducción

Por su ubicación geográfica, la zona de riego no está sujeta a corrientes, ni mareas ni oleajes, por lo que este apartado no se analizó en el presente estudio.

7.5.1.14 Calidad de aguas superficiales

Los bioindicadores se utilizan para dos tipos de estudios: el diagnóstico o evaluación rápida, que es puntual en el tiempo (una única fecha de muestreo) y usualmente se basa en la comparación entre sitios (p.ej. río-arriba y río abajo de un foco de contaminación). Por otro lado, existe el biomonitoreo, el cual se basa en muestreos periódicos (p.ej. semestrales), para implementar un control de calidad o un programa de vigilancia a través del tiempo (usualmente años). En ambos casos es importante tener una muestra de referencia, la cual puede ser en el tiempo (antes del inicio de la actividad) o espacial (sitio de referencia, sin el disturbio a evaluar).

Para la determinación de la calidad de aguas superficiales dentro del AP, se procedió a aplicar el índice BMWR-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica), la cual se encuentra dentro de la legislación nacional en el Decreto N° 33903 MINAE –S. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Gaceta N° 178 del 17 de setiembre del 2007.

En el siguiente cuadro n° 7.86 extraído del decreto N° 33903 MINAE –S. indica el estado de la calidad del agua de acuerdo a la sumatoria de las familias extraídas en el muestreo, donde cada familia tiene un valor de acuerdo a su tolerancia a la contaminación. Los valores mayores a 120 indican una calidad de agua excelente y los valores cercanos a cero indican contaminación del agua.

Cuadro n° 7. 86 Calidad de Agua Biológica.

NIVEL DE CALIDAD	INDICE BIOLÓGICO BMWP	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 –S. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Gaceta N° 178 del 17 de setiembre del 2007.

Objetivos

General:

Determinar la calidad física y biológica de los cuerpos de aguas relacionados al Proyecto PAACUME

Específicos:

- Determinar el índice de calidad biológica BMWP-CR de los diferentes ríos localizados dentro del área de influencia de las futuras obras constructivas del Proyecto PAACUME.
- Realizar una caracterización biológica del entorno del sitio de muestreo del Proyecto PAACUME.
- Recopilar datos físicos de la calidad de los cuerpos de agua de los sitios muestreados del Proyecto PAACUME.

A continuación, se presenta un resumen de resultados obtenidos en las campañas de monitoreo de calidad de agua para el AP, para mayor información sobre metodologías y composición de las comunidades de especies de macroinvertebrados, por favor remitirse al Anexo n° 7.15, documento Tomo I.

Embalse y Canal Oeste Tramo I

Para el área de Embalse y canal Oeste Tramo I, se procedió a realizar tres campañas de muestreo durante el 2016. En estas campañas se incluía la toma de muestras de macro invertebrados en los principales ríos. Estos puntos se tomaron en el río Potrero, río Cabuyo, y en el río Piedras. En este último se muestreo en tres puntos distintos de manera que el río principal dentro del área de embalse fuera muestreado en un sitio, aguas arriba sobre la carretera (Río Piedras1), dentro del futuro embalse en una propiedad llamada comúnmente como Hacienda Volcán (Río Piedras 2) y aguas abajo del embalse (Río Piedras 3).

Debido a que esta zona del AP será la más impactada debido a la presencia de un Embalse y la duración del impacto será mayor, se decidió realizar un esfuerzo de muestreo mayor (tres campañas) de manera que quedara un precedente de la calidad antes del inicio de las obras.

En el siguiente cuadro (cuadro n° 7.87) se muestran los resultados de los análisis físicos y de BMWP realizados durante los tres muestreos en los diferentes puntos en cada río.

Cuadro n° 7. 87 Resultados de estudio de línea base (sin proyecto), análisis fisicoquímicos in situ y BMWP, del agua del Proyecto Embalse Río Piedras (P.E.R.P) en los puntos: río Potrero, río Cabuyo, Río Piedras1, Río Piedras 2 y Río Piedras3, durante mayo, julio y set.

Sitio de muestreo	Temperatura (°C)			pH			Turbidez (FTU)			Oxígeno disuelto (mg/l)			Conductividad (µS)			BMWP		
	Mayo	Julio	Setiembre	Mayo	Julio	Setiembre	Mayo	Julio	Setiembre	Mayo	Julio	Setiembre	Mayo	Julio	Setiembre	Mayo	Julio	Setiemb
1.Río Potrero	27.3	27.2	8.6	7.31	7.33	7.47	8.9	1.75	ND	ND	ND	17.35	ND	ND	113.0	126	112	109
2.Río Cabuyo	27.6	21.1	27.7	7.12	7.71	7.27	122	0.06	ND	ND	ND	8.53	ND	ND	103.9	115	132	104
3. Río Piedras 1	26.6	28.6	28.2	7.2	6.94	6.78	176	6.59	ND	ND	ND	7.58	ND	ND	175.1	107	119	120
4.Río Piedras 2	27.1	28.9	28.7	6.8	7.72	7.41	224	6.76	ND	ND	ND	4.96	ND	ND	157.1	67	109	108
5.Río Piedras 3	26.7	28.7	28.4	7.2	7.68	7.26	176	7.64	ND	ND	ND	6.49	ND	ND	148.9	87	107	107

Fuente: USAP, Datos en campo con turbidímetro y multipárametro

Cuadro n° 7. 88 Resultados físico-químicos de agua superficial Embalse.

Campaña	³ Sitio Muestreado	Alt (msnm)	pH	COD $\mu\text{S/cm}$	Temp (°C)	OD (mg/L)	%OD	DBO (mg/L)	ST (mg/L)	N/NH4+ (mg/L)	PO ₄ ⁻³ Total (mg/L)	NO ₃ - (mg/L)
Abril	Río Piedras 1	66	7.29	212	29.1	7.22	94.4	0.69	274	0.04	0.46	0.18
	Río Piedras 3	32	7.67	203	28.8	6.39	83.6	0.87	258	0.03	0.74	0.15
	Río Piedras 2	37	7.84	203	29.7	7.3	96.6	0.77	250	0.06	0.62	0.16
Julio	Río Piedras 1	66	7.16	202	28.5	7.33	97.8	2.05	234	0.04	0.85	0.77
	Río Piedras 3	32	7.56	199	28.5	6.88	88.8	2.39	220	0.06	0.83	0.57
	Río Piedras 2	37	7.67	197	29	7.58	98.7	2.23	221	0.04	0.71	0.57
Octubre	Río Piedras 1	66	7.02	128	26.4	7.68	95.4	0.46	160	0.1	0.29	0.76
	Río Piedras 3	32	7.6	118	26.4	7.51	93.3	0.55	175	0.1	0.32	0.76
	Río Piedras 2	37	7.65	119	26.3	7.67	95.1	0.3	178	0.08	0.6	1.02

Dónde: **Alt:** altura, **mnsnm:** metros sobre el nivel del mar, **pH:** potencial de hidrógeno, **COD:** conductividad, **Temp:** temperatura, **°C:** grados Celsius, **OD:** oxígeno disuelto, **%OD:** porcentaje de oxígeno³ disuelto, **DBO:** Demanda Biológica de Oxígeno, **ST:** sólidos totales, **N/NH4** nitrógeno amoniacal, **PO4** fosfato, **NO -:** nitrato, **$\mu\text{S/cm}$:** microsiems/centímetro, **mg/L:** miligramo por litro, **lab:** laboratorio.

Cuadro n° 7. 89 Índices de calidad*.

Campaña	Sitio muestreado	Índice de Calidad de Agua		Índice Holandés
		Rango	Calidad	
Abril 2016	Río Piedras 1	84	Buena	Azul
		82	Buena	Azul
		80	Buena	Verde
Julio 2016	Río Piedras 1	78	Buena	Azul
		80	Buena	Azul
		78	Buena	Verde
Octubre 2016	Río Piedras 1	88	Buena	Azul
		84	Buena	Azul
		87	Buena	Azul

*Según: Índice de Calidad, según la metodología de US National Sanitary Foundation NSF-WQI (Brown et al 1970). Índice Holandés de acuerdo con el Decreto N° 33903 MINAE-S Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de aguas superficiales.

Resumen de resultados

Río Potrero: Este río presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de julio y setiembre, mientras que para mayo dio como aguas de calidad excelente.

Río Cabuyo: Este río presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de mayo y setiembre, mientras que para julio dio como aguas de calidad excelente.

Río Piedras 1. Este río presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de mayo y julio, mientras que para setiembre dio como aguas de calidad excelente.

Río Piedras 2. Este río presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de julio y setiembre, mientras que para mayo dio como aguas de calidad regular y contaminación moderada

Río Piedras 3. Este río presenta aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible durante los meses de julio y setiembre, mientras que para mayo dio como aguas de calidad regular y contaminación moderada.

En cuanto a las variables físico-químicas y el índice holandés de calidad de agua, el río Piedras presenta una calidad de agua buena, siendo el sitio Río Piedras 3 (Aguas Abajo) el que presentó los valores más bajos en los meses de abril y julio.

Canal Oeste Tramo III

En cuanto a la calidad del agua correspondiente al Canal Oeste Tramo II, se realizaron dos campañas de monitoreo (noviembre y enero) en los 4 ríos principales que se encuentran en el trazo del canal. Los ríos muestreados fueron el río Salto, la quebrada Zopilota, el río Liberia y el río Tempisque.

Los resultados del BMWP-CR para estos sitios en la época lluviosa, es indicativo de aguas de calidad muy mala para el río Salto, la Quebrada Zopilota y el río Liberia y calidad Mala para el Tempisque. Cabe resaltar que estos tres sitios de muestreo se encuentran dentro de plantaciones y sus cauces sufren modificaciones y vertidos de aguas contaminadas por escorrentía. Aunque en la época seca la puntuación mejoró para todos los sitios, la condición se mantiene como aguas de calidad mala (muy contaminada).

Cuadro n° 7. 90 Resultados del BMWP-CR, para los ríos del Canal Oeste Tramo III del proyecto PAACUME.

Campaña	Sitio muestreado	BMWP
Noviembre 2016	Río Salto	8
	Quebrada Zopilota	11
	Río Liberia	2
	Río Tempisque	11
Enero 2017	Río Salto	33
	Quebrada Zopilota	20
	Río Liberia	16
	Río Tempisque	16

Por otro lado, dentro de los análisis microbiológicos la mayoría de los sitios presenta contaminación por *E. coli* evidenciando la presencia de aguas residuales vertidas en los cauces.

Cuadro n° 7. 91 Resultado de los análisis bacteriológicos del agua para los ríos del Canal Oeste Tramo III del proyecto PAACUME.

Campaña	Sitio muestreado	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E. coli</i>
Noviembre 2016	Río Salto	>2000	60	60
	Quebrada Zopilota	600	10	10
	Río Liberia	>2000	40	40
	Río Tempisque	>2000	40	40
Enero 2017	Río Salto	300	0	0
	Quebrada Zopilota	620	20	20
	Río Liberia	>2000	0	0
	Río Tempisque	780	40	40

Red de Distribución

Finalmente, para la zona de la red de distribución, debido a la gran cantidad de ríos dentro del AP, se decidió seleccionar como muestra los cinco ríos principales: Las Palmas, Cañas, Diría, Charco y Bolsón. Esta selección se realizó ya que estos sitios de confluencia de los demás ríos de la zona, de manera que, de encontrarse algún impacto, se pueda identificar y direccionar la procedencia de manera más puntual.

Para estos sitios se considera de calidad mala (muy contaminada) en los ríos Las Palmas, Cañas y Charco, mientras que el río Diría y Bolsón se consideran como aguas de calidad muy mala (extremadamente contaminadas), esto para la época lluviosa.

En época seca, si bien se aumentan los puntajes, siguen siendo clasificadas como aguas contaminadas. Para el caso específico del río Bolsón, para la fecha del muestreo a pesar de que se realizó el mismo esfuerzo de muestreo, no se encontraron individuos, posiblemente esto se relacione con el que es una zona en la cual hay mucha presencia de ganado, lo cual se observó en el momento del muestreo (huellas), los bordes son muy lodosos y no se observaron zonas en las cuales se acumule la materia orgánica que facilite el establecimiento para familias de macroinvertebrados presentes en la cuenca del Tempisque.

Cuadro n° 7. 92 Resultados del BMWP-CR, para los principales ríos de la Red de Distribución del proyecto PAACUME.

Campañas	Sitios muestreado	BMWP
Noviembre 2016	Río Las Palmas	19
	Río Cañas	25
	Río Diría	8
	Río Charco	19
	Río Bolsón	10
Enero 2017	Río Las Palmas	41
	Río Cañas	37
	Río Diría	23
	Río Charco	50
	Río Bolsón	ND

Nuevamente, en la mayoría de los ríos se da la presencia de *E. coli* lo que se relaciona con vertido de aguas servidas a los ríos y gran alteración por factores antropogénicos.

Cuadro n° 7. 93 Resultado de los análisis bacteriológicos del agua para los principales ríos de la Red de Distribución del proyecto PAACUME.

Campaña	Sitio muestreado	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E. coli</i>
Noviembre 2016	Río Las Palmas	>2000	30	30
	Río Cañas	>2000	0	0
	Río Diriá	>2000	210	210
	Río Charco	>2000	0	0
	Río Bolsón	320	320	320
Enero 2017	Río Las Palmas	750	60	60
	Río Cañas	600	440	440
	Río Diriá	>2000	182	182
	Río Charco	>2000	150	150
	Río Bolsón	>2000	175	175

Calidad físico-química del agua Canal Oeste Tramo III y Red Distribución

Los ríos muestreados presentan una buena condición para que se desarrolle la vida acuática, presentando rangos adecuados de temperatura en época lluviosa (de 22,50 a 25,50° C), pH (de 6,70 a 7,10) y en época seca (de 18,7 a 28° C), pH (de 6,78 a 8,27).

Además de que no se detectaron metales pesados y la conductividad presentó valores muy bajos por lo que indica que no hay contaminación por metales o se encuentran en muy baja concentración. Lo que es beneficioso para los organismos ya que la presencia de altas concentraciones de metales, genera la muerte de la mayoría de los organismos acuáticos.

Época Lluviosa (noviembre)

En el río Las Palmas, Quebrada Zopilota y Cañas, se encontraron valores significativos de DQO, lo que significa un potencial riesgo para las especies presentes en dichos sitios, ya que esto indica que la presencia de materia orgánica pueda generar un mayor consumo de las bacterias y una disminución considerable de los niveles de oxígeno y con ello provocar la muerte de los organismos presentes.

Es importante mencionar que este muestreo, se realizó puntual, en un momento específico, por lo que se considera como una fotografía del momento en el que fueron colectadas las muestras. Por lo que es de recalcar que el índice de BMWP-CR puede variar dependiendo de las condiciones ambientales. Este muestreo al realizarse en la época Lluviosa, las comunidades de macroinvertebrados puede verse afectadas por las fuertes lluvias, como se presentaron un día antes del muestreo, ya que los organismos no se pueden adherir lo suficiente para no ser llevados por la corriente, por lo que al suceder esto, los individuos comienzan a recolonizar de nuevo sus hábitats naturales posterior al evento.

Época seca (enero)

A excepción de Quebrada Zopilota, se encontraron valores significativos de DQO, lo que significa un potencial riesgo para las especies presentes en dichos sitios, ya que esto indica que la presencia de materia orgánica pueda generar un mayor consumo de las bacterias y una disminución considerable de los niveles de oxígeno y con ello provocar la muerte de los organismos presentes, en corto o mediano plazo.

Es importante mencionar que este muestreo, se realizó puntual, en un momento específico, por lo que se considera como una fotografía del momento en el que fueron colectadas las muestras. Por lo que es de recalcar que el índice de BMWP-CR puede variar dependiendo de las condiciones ambientales.

7.5.2 Aguas subterráneas

El área de proyecto se encuentra ubicada climatológicamente, según el Instituto Meteorológico Nacional, en la región del Pacífico Norte: una de las zonas más secas y cálidas del país (Figura n° 7.153). Posee un periodo seco de diciembre a marzo, debido a la influencia de los vientos alisios. La temperatura promedio es de 33°C durante el día y el promedio anual de precipitaciones oscila entre 1500 y 2500 mm.

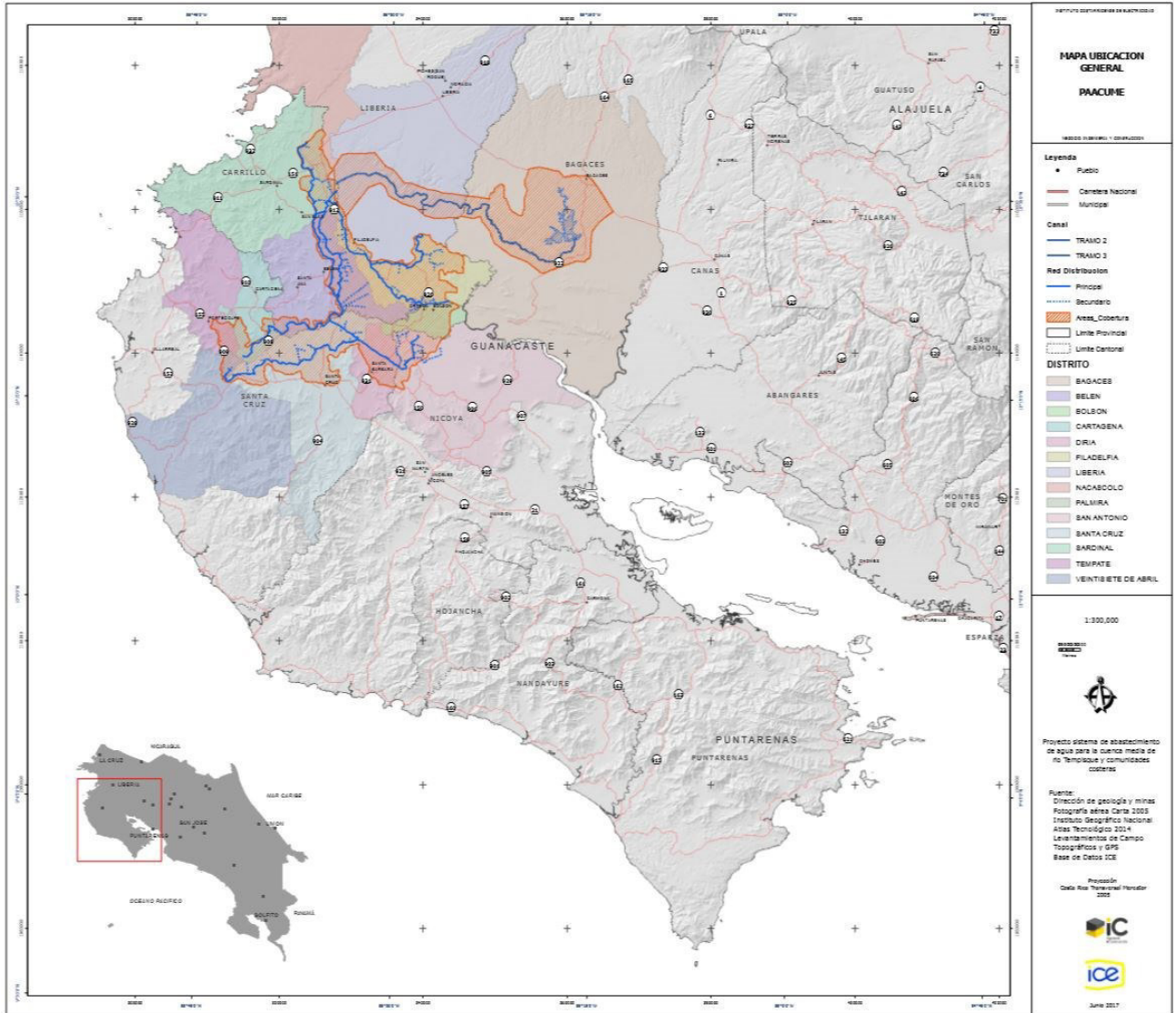


Figura n° 7. 153 Mapa de ubicación general de PAACUME.

Zona del embalse

La topografía del área es plana ondulada, típica de rocas volcánicas piroclásticas. El río Piedras es el principal cuerpo de agua superficial ingresando al embalse, nace en las faldas de los volcanes Rincón de La Vieja y Miravalles con un rumbo general hacia el sureste. Posee una extensión de aproximada de 17 km medidos en línea recta desde la unión del río Potrero hasta la confluencia con el río Blanco. Durante su recorrido recibe agua de las quebradas Pital, Biscoyol y Bejuquito.

El tramo del río Piedras, bajo la huella del embalse, posee un drenaje subdendrítico meándrico, con un cauce bien encajado en el macizo. En algunos sectores el cauce del río posee un control estructural. Hidrogeológicamente existen sectores del río con regímenes efluentes e influentes de manera alternada, en secciones menores a 3 km, por lo que es posible determinar una relación directa del río con el acuífero.

Dentro de las áreas de influencia, aledañas al embalse, se encuentran 28 pozos registrados para aprovechamiento hídrico. La información básica se muestra en el documento Tomo I ver Anexo n° 7.7.

El nivel estático registrado en estos pozos, presenta una oscilación general entre los 76 m.s.n.m. y los 95 m.s.n.m. En promedio, el nivel estático en el conjunto de pozos se encuentra en 12.23 m de profundidad, con variaciones entre los 3 y los 29 m (figura n° 7.154).

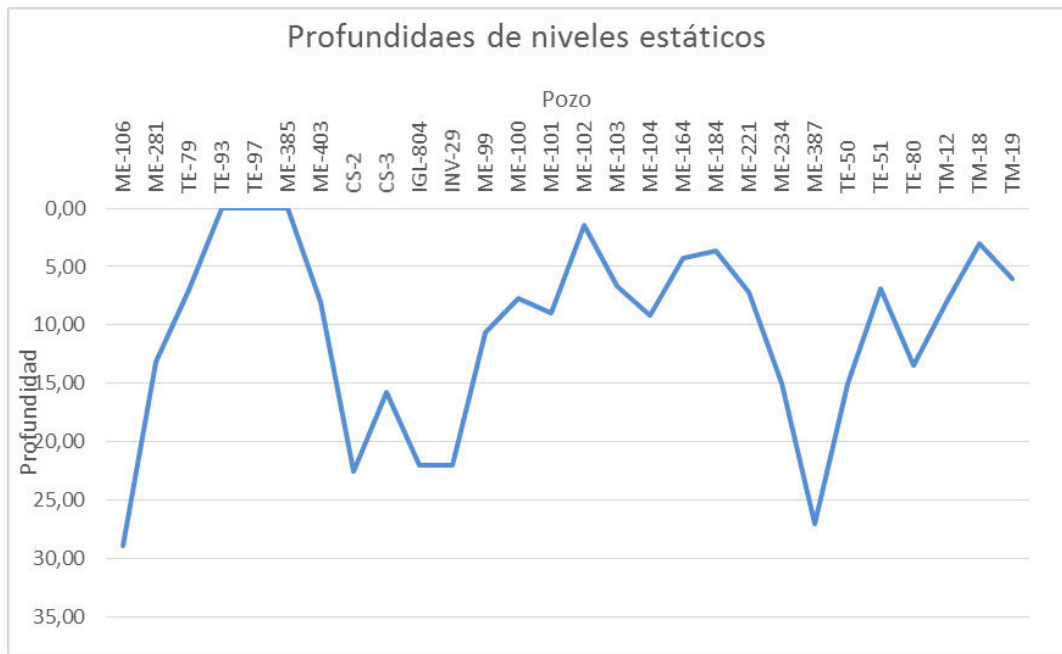


Figura n° 7. 154 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de embalse de PAACUME.

Se observa una importante variabilidad de registros para nivel estático, lo que evidencia la complejidad del sistema acuífero de la zona: variaciones en el espesor de la zona no saturada y la existencia de diversos niveles saturados, separados por capas de menor permeabilidad.

A través de los primeros metros de la zona no saturada (1.50 m), se observan variaciones importantes de permeabilidad, en función del desarrollo de suelo y del litotipo y de sus condiciones locales. El rango abarca desde 0.04 m/día hasta 1.04 m/día, en litologías correspondientes con depósitos fluvio-lacustres bien consolidados y tobas líticas. En promedio la permeabilidad superficial de la zona de embalse es de 0.387 m/día.

El acuífero se encuentra ubicado en las intercalaciones de rocas piroclásticas (tobas), sedimentarias (areniscas tobáceas continentales) y lavas de la Fm. Bagaces (Denyer & Alvarado, 2007) (ver documento Tomo I anexo n° 7.10 Perfil hidrogeológico zona de embalse). La profundidad a la que se encuentra dicho nivel varía en dependencia de la zona y de la época del año, bajando hasta niveles mínimos en la estación seca, para los niveles saturados superiores.

Zona de Riego

La zona de riego de PAACUME, tiene como finalidad la distribución de agua principalmente para uso agropecuario, mediante una red de canales secundarios a lo largo de la margen derecha del río Tempisque: desde Guardia (al norte), extendiéndose en dirección sur, hasta las cercanías de la colonia Veinticinco de Abril (al oeste de Santa Cruz).

Una de las limitantes en la interpretación hidrogeológica, es la escasa información referente a la litología disponible en los registros de perforación. Esto, muy a pesar de la importante cantidad de pozos armados dentro de esta zona (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.8).

Aunado a esto, el empirismo generalizado en el diseño del pozo, ocasiona que usualmente los niveles captados se encuentren mezclados, lo que obstaculiza la determinación de parámetros hidráulicos para un acuífero específico.

El sector norte de la zona de riego, desde Guardia hasta el sureste de Belén, se localiza sobre el acuífero aluvial del Tempisque, mientras que el sector sur, desde Belén hasta Veinticinco de Abril, se proyecta sobre los acuíferos aluviales pertenecientes a los amplios valles de Santa Cruz, entre los que destaca el acuífero aluvial río Cañas.

SENARA (2013), menciona que el acuífero Tempisque se encuentra alojado de manera general, en depósitos aluviales y coluviales someros, sobre la margen derecha del río del mismo nombre. Situación muy similar a la que sucede con los acuíferos aluviales de los valles de Santa Cruz (SENARA, 2007).

La extensión lateral de estos acuíferos está en función de la presencia e interrelación de lentes arenosos y gravosos con transmisibilidades variables, asociados genéticamente con cauces antiguos. Estos lentes a su vez, se encuentran intercalados con otros de menor conductividad hidráulica que funcionan como acuitardos y acuicludos.

El basamento aflora hacia el oeste y hacia el sur de la zona de riego, lo conforman rocas del Complejo de Nicoya: principalmente basaltos, así como rocas sedimentarias del Paleógeno (Denyer & Alvarado, 2007). El fracturamiento, ocasionalmente limpio en estas rocas, permite la recarga lateral desde el macizo hacia los acuíferos aluviales de las partes bajas.

El nivel freático se encuentra, frecuentemente, por encima de los 10 m de profundidad, pero puede presentar profundidades incluso menores a los 2 m, y ocasionalmente llegar hasta los 50 m (figura n° 7.155).

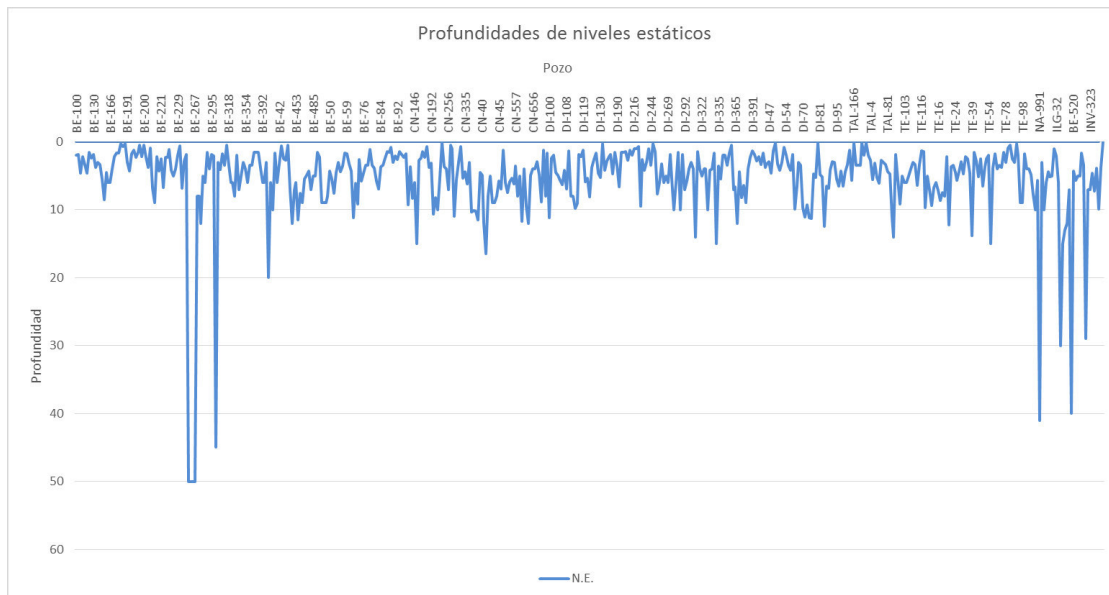


Figura n° 7. 155 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de riego de PAACUME.

La cobertura superficial del acuífero aluvial del río Cañas presenta rangos de permeabilidad vertical que varía desde 0.048 m/día hasta 0.590 m/día, las permeabilidades promedio son del orden de 0,390 m/día.

Es importante recalcar que en estos acuíferos aluviales es donde se reportan los caudales de extracción más importantes. En el acuífero Tempisque alcanzan hasta los 100 L/s, mientras que en los pozos que se encuentran captando el macizo fracturado, no sobrepasan los 3 L/s (SENARA, 2013). El acuífero Río Cañas presenta tasas de extracción máximas de 67 L/s, con un promedio de entre 5 y 10 L/s (SENARA, 2007).

Canal de conducción

La información disponible sobre investigaciones hidrogeológicas a lo largo de la traza del canal de conducción, es bastante limitada. Debido a la importante extensión lineal de la obra, una investigación hidrogeológica por cuenta del proyecto sería bastante costosa en tiempo y recursos, careciendo además de criticidad. Esto, tomando en cuenta la naturaleza del proyecto y el bajo o nulo impacto que ejercería sobre las aguas subterráneas.

Gran parte del tramo de conducción (85%), desde la toma de aguas en el Embalse de Río Piedras hasta el paso por el río Liberia, se proyecta sobre un terreno no muy diferente a la zona de embalse. Tanto geológicamente como en el aspecto de aguas subterráneas, ambos tramos muestran similitudes muy importantes.

Desde esa perspectiva, la disposición del agua subterránea a lo largo de esta porción del tramo de conducción, parece estar asociada al sistema acuífero de la Formación Bagaces. Al igual que en la zona de embalse, es posible que, bajo el canal de conducción, este acuífero se encuentre alojado en material tobáceo de diferentes grados de soldamiento, materiales de sedimentación fluvio-lacustre de granulometría y consolidación variables, y

en lavas fracturadas (ver documento Tomo I anexo 7.10 Perfil hidrogeológico a lo largo del canal de conducción).

En este tramo (acuífero Bagaces), el nivel freático se encuentra en promedio alrededor de los 5 m de profundidad, con profundidades máximas alrededor de los 14 m (figura n° 7.156).

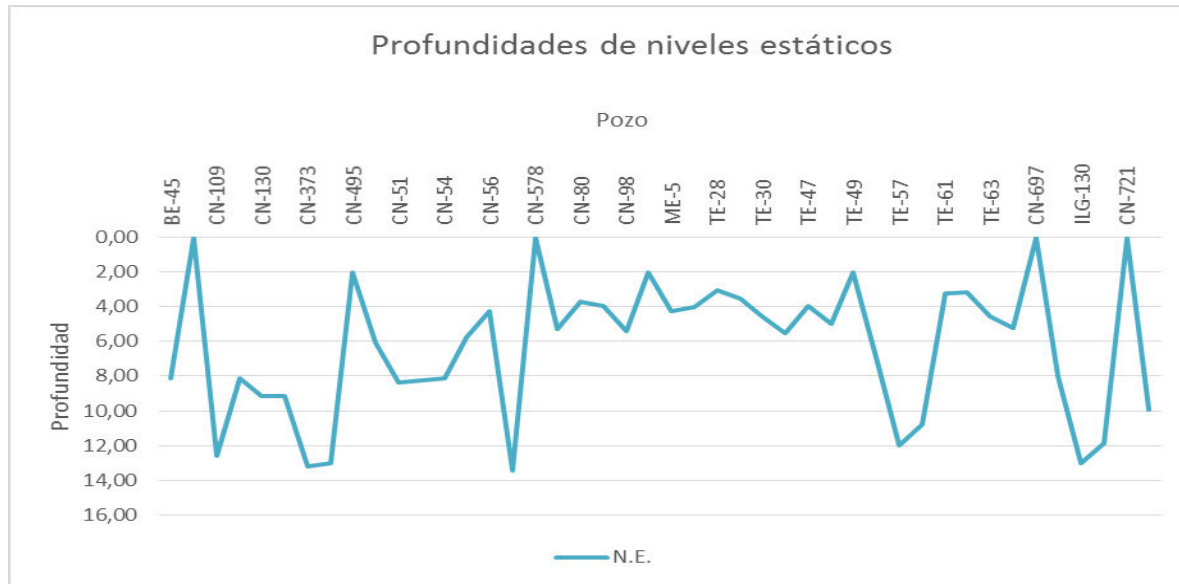


Figura n° 7. 156 Gráfico comparativo de las profundidades del nivel estático reportadas para cada pozo inscrito dentro de la zona de riego de PAACUME.

Los caudales máximos para los pozos ubicados a lo largo de este tramo están entorno a los 9.5 L/s, reportados en pozos para abastecimiento público.

El 15% restante del tramo de conducción, desde la margen izquierda del río Liberia hasta Palmira -donde se conecta a la red de canales de distribución-, corresponde con depósitos aluviales del Cuaternario, asociados a la llanura aluvial del río Tempisque. Esta condición parece replicarse localmente en los pasos del canal sobre los principales ríos: Cabuyo y Zopilota.

Este tramo final de la conducción, de aproximadamente 7 Km de longitud, yace sobre un acuífero con características muy similares al acuífero Tempisque, mencionadas en el apartado anterior.

El nivel freático se encuentra en promedio entre los 5 y 10 m de profundidad, similar a los reportes del acuífero Tempisque (alrededor de los 5 m de profundidad). Los caudales máximos reportados a lo largo de este tramo final están entre los 20 y 28 L/s, en dos pozos destinados para riego (Ver documento Tomo I Anexo n° 7.9).

7.5.2.1 Vulnerabilidad

7.5.2.1.1 Zona de embalse

Tiempo de tránsito de contaminantes

Debido a que las instalaciones habitables temporales y permanentes, necesarias para la construcción y operación del proyecto, en su mayoría estarán ubicadas dentro de esta zona hidrogeológica, será importante conocer el tiempo que le tomará a una sustancia contaminante hipotética, llegar al manto acuífero en función de las condiciones geológicas e hidráulicas del medio.

La ecuación de Darcy (Custodio & Llamas, 1983) se utiliza para determinar el tiempo de tránsito bacteriano como efecto de infiltración de aguas negras, dicha ecuación indica el movimiento de fluidos hasta alcanzar alguna fuente de abastecimiento.

Ecuación de Darcy:

$$T = (B \times N) / K,$$

Donde: T es el tiempo de tránsito del contaminante, B es el espesor del medio, N indica la porosidad del medio y K la permeabilidad.

A continuación, en el cuadro n° 7.94 se presenta el cálculo para este caso:

Cuadro n° 7. 94 Tiempo de tránsito de contaminantes.

Medio	B (m)	N (%)	K (m/día)	T (días)
Tobas	12,23	39	0,387	13,7

El tiempo de tránsito para la zona no saturada es de 12 días.

Una vez que el posible contaminante se encuentre en la zona saturada el tiempo de viaje hasta una fuente de abastecimiento, con una distancia (D) de 50 m y un gradiente (i) de 0,021 será dada por la ecuación:

$$T = D \times N / K \times i \quad \text{donde } T = 2400 \text{ días}$$

Con los datos anteriores se obtiene un tiempo de tránsito total de 2412 días aproximadamente; por lo tanto, las bacterias y otros contaminantes se degradarían antes de llegar a las fuentes de agua.

Análisis de vulnerabilidad Método GOD

Es importante considerar que el propósito final de PAACUME es el de llevar el recurso hídrico, principalmente para riego, a zonas con escasez o sin abastecimiento; y destinar un 4% del caudal total para consumo humano. Para ello será necesario la creación de un embalse con dimensiones que permitan el almacenamiento del excedente de agua proveniente de la zona de riego Arenal-Tempisque.

De esta manera se podrá dar abastecimiento durante la estación seca sin que haya impactos negativos sobre el agua tanto superficial como subterránea, y, por el contrario, el proyecto en su defecto, mantendrá su calidad.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero superficial encontrado en el área de embalse, se utilizó el método GOD (Foster & Hirata, 1988), el cual considera el grado de confinamiento hidráulico, la ocurrencia del sustrato sobreyacente y la distancia al nivel freático.

El método GOD realizado para este acuífero indica que la vulnerabilidad a la contaminación del mismo es baja (ver documento Tomo I anexo n° 7.12).

En el cuadro n° 7.95 se observan los parámetros utilizados para este caso.

Cuadro n° 7. 95 Resultados del Método GOD.

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento hidráulico	Libre con cobertura	0,5
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Arcillas y Tobas	0,7
Distancia al nivel freático	12,23 m	0,8
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0,280
Vulnerabilidad a la contaminación	BAJA	

Zona de riego

En el estudio de SENARA de 2013, se determinó que el acuífero Tempisque presenta tres zonas con distinto índice de vulnerabilidad a la contaminación: baja, media y media con aptitud para recarga. Dicha variación está en función del grado de confinamiento y de la profundidad del agua subterránea, y también por aspectos geomorfológicos.

En el documento Tomo I, en el anexo n° 7.12, se muestra un mapa con las diversas zonas de vulnerabilidad para los acuíferos que se encuentran bajo la huella de las obras de PAACUME. Para ello se ha compilado información generada por SENARA en diversos periodos, así como información de generación propia.

La totalidad de la zona de riego de PAACUME, es un área plana, con aptitud agrícola, donde se han asentado importantes centros de población. Esta zona presenta índices de vulnerabilidad media y baja.

Para el acuífero Tempisque se utilizó el método de índice de vulnerabilidad GOD (Foster & Hirata, 1988). Tanto el grado de confinamiento como el litotipo, fueron tomados del modelo conceptual del acuífero, propuesto por SENARA (2013); la profundidad del agua subterránea se determinó mediante el registro de niveles estáticos, medidos en los pozos de la red de monitoreo.

El cuadro n° 7.96 se basa en los parámetros utilizados para la determinación del grado de vulnerabilidad del acuífero Tempisque, sin embargo, por la similitud de las características litológicas y relaciones estratigráficas, se considera que la valoración de los parámetros del método es prácticamente la misma para los acuíferos aluviales de los valles de Santa Cruz.

Cuadro n° 7. 96 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará la zona de riego de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento hidráulico	Libre con cobertura	0,6
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Aluviones y facies piroclásticas	0,7
Distancia al nivel freático	5-20 m	0,8
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0,336
Vulnerabilidad a la contaminación	MEDIA	

Para toda la zona plana, conformada por acuíferos aluviales, se considera una distancia desde la superficie hasta el nivel freático entre los 5 y 10 metros. Sin embargo, las intervenciones requeridas en el terreno, para la construcción de los canales secundarios de la red de distribución (zona de riego), tendrán profundidades menores a los 2 metros.

Las obras se realizarán en los primeros metros de la zona no saturada, de un área con muy escasa o nula aptitud para la recarga del acuífero. Es decir, la obra en sí, se mantendrá aislada de la dinámica de las aguas subterráneas. De esta manera, ni las excavaciones temporales, ni la obra en funcionamiento interferirá con la hidráulica de los acuíferos.

Un estricto control en la gestión de la fase constructiva, evitará vertidos de contaminantes que puedan alcanzar el nivel freático. Por lo que es posible afirmar que los impactos potenciales, sobre las aguas subterráneas en la zona de riego de PAACUME, son totalmente mitigables.

Canal de conducción

Se considera que el 85% del tramo del canal de conducción posee un índice de vulnerabilidad similar al obtenido para la zona de embalse. Esta consideración se genera debido a la muy escasa investigación en este tramo, y está basada en las similitudes geológicas entre ambas zonas. De manera que gran parte de la conducción de PAACUME, se proyecta sobre una zona con un índice de vulnerabilidad baja a la contaminación de las aguas subterráneas (ver documento Tomo I anexo n° 7.12).

En el cuadro n° 7.97 se observan los parámetros considerados para este tramo del canal, basados en la correlación de parámetros geológicos con el sistema hidrogeológico de la Formación Bagaces.

Cuadro n° 7. 97 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Bagaces. Tramo: 0+00 – 40+00.

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento hidráulico	Libre con cobertura	0,5
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Arcillas y Tobas	0,7
Distancia al nivel freático	12,23 m	0,8
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0,280
Vulnerabilidad a la contaminación	BAJA	

El índice de vulnerabilidad del tramo restante, alrededor de 7 km (15%), entre el río Liberia y Palmira, es geológicamente correlacionable con el índice de vulnerabilidad del acuífero aluvial del Tempisque. Basado en esta similitud, se le asigna a este tramo final del canal de conducción un índice de vulnerabilidad a la contaminación, según el método GOD, de vulnerabilidad media (ver documento Tomo I anexo n° 7.12).

Esta condición de vulnerabilidad media se replica localmente en los cruces (sifones) con los principales ríos que discurren en dirección sur: Cabuyo y Zopilota.

En el cuadro n° 7.98 se observan los parámetros considerados para este caso, basados en la similitud de parámetros geológicos con el acuífero aluvial del Tempisque.

Cuadro n° 7. 98 Valoración de parámetros y grado de vulnerabilidad para los acuíferos aluviales donde se ubicará parte de la conducción de PAACUME, basado en la valoración para el acuífero Tempisque (SENARA 2013).

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento hidráulico	Libre con cobertura	0,6
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Aluviones y facies piroclásticas	0,7
Distancia al nivel freático	< 5 m	0,9
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0,378
Vulnerabilidad a la contaminación	MEDIA	

7.5.2.2 Mapa de elementos hidrogeológicos

En el documento Tomo I, anexo n° 7.13 se muestra el mapa general de elementos hidrogeológicos para la totalidad de la zona de influencia de PAACUME. Este mapa incluye la modelación de curvas isofreáticas, líneas de flujo hidrogeológico, principales cuerpos de agua, el trazado de las obras de PAACUME y la ubicación de cerca de 2600 pozos utilizados para la modelación. En el documento Tomo I, en el anexo n° 7.14 se incluye la lista de pozos utilizados para la generación de la superficie isofreática.

Zona de embalse

Según la información analizada y representada gráficamente en el anexo n° 7.13 (Mapa general de elementos hidrogeológicos, documento Tomo I Anexos), se determinó que la dirección general de flujo hidrogeológico bajo el embalse es hacia el sureste. Localmente, bajo la margen izquierda del río Piedras, la dirección de flujo es hacia el sur. El gradiente

hidráulico es mayor en la margen derecha del embalse, 0.021. La margen izquierda tiene un gradiente bajo, alrededor de 0.0042.

Se considera que el acuífero es libre, conformado por materiales de la Formación Bagaces, con grados de consolidación variables (sistema asociado al Acuífero Bagaces). El nivel freático promedio se encuentra a una profundidad cercana a los 12 m, entre las cotas 40 y 90 m.s.n.m., localmente en comunicación hidráulica con el río piedras (ver documento Tomo I, anexo n° 7.10 Perfil hidrogeológico en zona de embalse).

Zona de riego

Dentro del área de influencia de la zona de riego de PAACUME (margen derecha del río Tempisque), se encuentran registrados un total de 693 pozos entre perforados y excavados (ver documento Tomo I, anexo n° 7.8).

Desde el poblado de Nancital (al norte de Sardinal) hasta la confluencia del río Liberia con el río Tempisque, la dirección predominante de flujo del acuífero Tempisque es hacia el Este franco. Lo anterior sugiere una relación de efluencia entre el río Tempisque y el acuífero, por lo que el flujo base del río está dado por el aporte del acuífero.

El gradiente hidráulico del acuífero Tempisque (margen derecha del río Tempisque) es en promedio de 0.005. La profundidad del nivel freático se estima en promedio alrededor de los 5 m en la zona aluvial, oscilando entre las cotas 20 y 60 m.s.n.m.

Para los acuíferos aluviales de los valles de Santa Cruz, existen algunos sub-sistemas de flujo con direcciones de sur a norte y viceversa (documento Tomo I, anexo n° 7.13); separados del sistema del acuífero Tempisque. Posiblemente la separación entre ambos sistemas se deba a aspectos geomorfológicos y paleotopográficos del basamento, sumado al efecto de bombeo.

La profundidad del nivel freático en este sistema es similar a la reportada para el acuífero Tempisque (5 m), se ubica entre las cotas 20 y 60 m.s.n.m. El espesor del acuífero es en promedio de 10 m y localmente hasta de 30 m según evidencias indirectas.

Canal de conducción

En total, a lo largo del área de influencia del canal de conducción, se encuentran 44 pozos registrados entre perforados y excavados. Como información complementaria, se han utilizado un total de 27 sondeos tipo SPT (standard penetration test), distribuidos a lo largo de los 50 km del canal de conducción de PAACUME.

Mediante el análisis de la información sustraída de estos ensayos, se ha generado un perfil hidrogeológico básico para el canal de conducción, donde se muestra la geología sondeada y dos niveles freáticos (documento Tomo I, anexo n° 7.11).

El nivel superficial se localiza usualmente a menos de los 3 m de profundidad, y está asociado a depósitos fluviales y coluviales recientes. La continuidad de este nivel se ve limitada por la ocurrencia de sedimentos con capacidad de almacenamiento, a su variabilidad granulométrica, grado de consolidación y extensión lateral.

El nivel más profundo está albergado dentro del macizo rocoso, conformado por areniscas tobáceas finas y medias. Usualmente este nivel se localiza por debajo de los 8 m de profundidad y al parecer, tiene mayor continuidad que el nivel somero. En general, el nivel freático se estima en promedio entre las cotas 30 y 50 m.s.n.m.

El gradiente hidrogeológico a lo largo de la conducción es en promedio de 0.013, con dirección general de flujo hacia el sur-suroeste, lo que sugiere el aporte hidrogeológico al flujo base del río Tempisque (documento Tomo I, anexo n° 7.13)

7.6 Calidad del aire

Por la naturaleza de las actividades constructivas del proyecto PAACUME, así como las características del entorno propician a que la calidad del aire se vea afectada, principalmente por acción del tránsito vehicular y la presencia de maquinaria; asimismo, asociado a estas actividades, la generación de material particulado por la remoción de coberturas y suelos expuestos, así como la producción de concreto, inciden de forma impactante en el aire del área del proyecto.

Con el fin de evaluar la incidencia de estas actividades en el entorno del proyecto durante su fase constructiva, se realizó un muestreo definiendo dos puntos en el área de influencia (Escuela de Falconiana y Clínica de Bagaces) y así determinar la concentración de partículas PM-10 y PM-2.5 en aire. Es importante indicar que no se hace referencia a los límites máximos permitidos en las inmisiones, debido a que el Decreto N° 30221-S, Reglamento sobre la Inmisión de Contaminantes Atmosféricos queda derogado a partir del 01 de noviembre de 2016, con la publicación del Decreto N°39951-S, Reglamento de Calidad de Aire para Contaminantes Criterio.

Cuadro n° 7. 99 Método de Análisis Ejecutado para medición de calidad de aire en área de influencia del proyecto PAACUME.

Analito	Método	Referencia	Límite de detección	Límite de cuantificación
PM-10	PMA-022	Partículas PM10 mediante gravimetría, método modificado basado en: Code of Federal Regulations 40, part 50 appendix M, revised July, 1, 2000, USA	na	0,2µg/m ³
PM-2.5	PMA-051	Moficado a partir de: Codeof Federal regulations, EPA, Appendix M, 2000, Método título 40 parte 50. Gravimétrico	na	0,2µg/m ³

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional de Costa Rica, 2017

Cuadro n° 7. 100 Resultado de los análisis de medición de calidad de aire en área de influencia del proyecto PAACUME.

Análisis	Unidades de medida	Muestra N°1 Escuela Falconiana	de	Muestra N° 2 Clínica Bagaces	de	Valor máximo permitido
PM-10	µg/m ³	3.4±7.9		3.4±7.9		na
PM-2.5	µg/m ³	13.0±7.9		22.3±7.9		na

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional de Costa Rica, 2017

Para el punto 2, hubo presencia de fuertes lluvias en horas de la tarde, por lo que el resultado se vio afectado.

La calidad del aire, de las áreas de influencia del proyecto, se considera aceptable, sin embargo, cuenta con un grado de afectación antropogénico, producido en las comunidades que convergen en las áreas de influencia del proyecto, especialmente por las actividades centralizadas y tránsito vehicular en el cantón de Bagaces por lo que no se puede condicionar que la ejecución del proyecto PAACUME será el factor determinante de un deterioro ambiental de la zona en este aspecto.

No obstante, como medida precautoria y mitigante, para disminuir la afectación que posiblemente aportaran las actividades del proyecto, se han formulado una serie de medidas ambientales que permitirán que no se incida significativamente en la disminución de la calidad del aire.



Figura n° 7. 157 Fotografía Muestreo Calidad de Aire, 2017.

7.6.1 Ruido y vibraciones

Lo referente al ruido (considerado como sonido perturbante, indeseable y que excede los máximos niveles permitidos en la legislación nacional) producto de las obras, se establece que las mismas serán controladas, de manera que no afecta la calidad del aire de la zona. Se han considerado dentro de las medidas ambientales mediciones de ruido, monitoreo constante y otras medidas sinérgicas que permitirán no sobrepasar los niveles mínimos autorizados.

7.6.2 Olores

En lo concerniente a la emanación de olores no se identifica ninguna fuente que genere una afectación potencial en la calidad del aire, sin embargo, se han identificado las posibles

obras del proyecto que se controlarán con el fin de no generar ningún daño significativo a este componente.

7.6.3 Gases

En lo concerniente a la emanación de gases no se identifica ninguna fuente que genere una afectación potencial en la calidad del aire, sin embargo, se han identificado las posibles obras del proyecto que se controlarán con el fin de no generar ningún daño significativo a este componente.

7.7 Amenazas naturales

Las amenazas naturales son eventos inevitables que tendrán un efecto negativo sobre las personas o el medio ambiente, como, por ejemplo: tormentas, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas y otras, que eventualmente pueden ser causadas o potenciadas por la actividad humana como incendios e inundaciones.

El presente estudio tiene como finalidad identificar y cuantificar las amenazas que podrían impactar de manera negativa el proyecto, y así crear diseños y planes de contingencia que permitan el desarrollo y funcionamiento del proyecto ante una posible emergencia.

7.7.1 Amenaza sísmica

Costa Rica posee una condición tectónica compleja, se sitúa en un borde de placas convergente. Este proceso de subducción de la placa Coco bajo la placa Caribe, sumado al punto triple (conjunción de las placas Nazca, Coco y Caribe), los cinturones deformados del norte y sur de Panamá y los demás rasgos tectónicos someros, son los generadores de sismos más importantes del territorio nacional.

En la región noroeste de Costa Rica, en el sector central-sur de la península de Nicoya (sector donde se ubica el presente trabajo), la placa Coco subduce bajo la Caribe una corteza rugosa formada en la paleo-dorsal Coco-Nazca y la serranía submarina de Fisher, generando una rotación holocénica alrededor de un eje horizontal, levantamientos verticales y fallamiento neotectónico en el interior de la península (Denyer et al., 2014). Esta interacción continua entre placas es capaz de generar sismos mayores a 7.6 grados de magnitud (Protti et al., 1994).

La subducción es el proceso tectónico más importante de Costa Rica, dado que se caracteriza por grandes liberaciones de energía en forma de terremotos de magnitudes altas, que pueden generar intensidades máximas de grado VIII o IX en la zona epicentral y, además, por su profundidad, de 0 a 200 km bajo la corteza continental, en la llamada zona de Benioff, son sentidos en una región más amplia que los originados por fallas locales (Climent et al., 2016) (Figura n° 7.158).

Históricamente, la zona de subducción en la región noroeste del país ha generado importantes sismos como los de 1900, 1916, 1939, 1950, 1978, 1990 y 2012. En esta región se han identificado dos zonas sísmicas controladas por la subducción, Papagayo y Nicoya, las cuales coinciden con áreas de ruptura de sismos importantes. Específicamente en el

área de proyecto, los sismos por subducción se pueden generar a profundidades aproximadas de entre 25 km y 50 km (Climent et al., 2016).

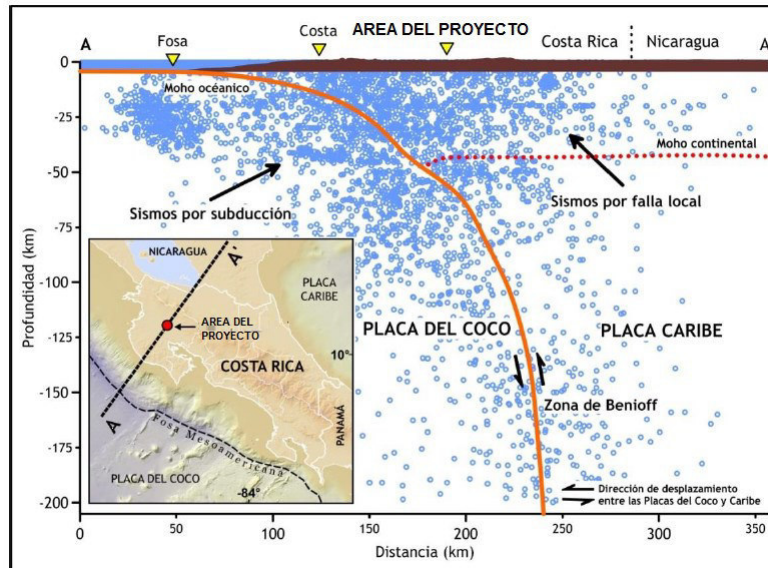


Figura n° 7. 158 Perfil SO-NE de la sismicidad en la región noreste de Costa Rica, (Climent et al., 2016).

7.7.2 Fallas geológicas activas

El proceso de subducción presente en la zona norte de Costa Rica, genera una transferencia de esfuerzos hacia el interior del territorio continental que genera la deformación de fallas corticales superficiales, se caracterizan por generar sismos de magnitudes intermedias, menores o iguales a los 6,5 grados de magnitud, a profundidades menores a 20 km (Climent *et al.*, 2016).

Durante este estudio se realizó una revisión de las condiciones sismo-tectónicas de la zona donde se ubicará el proyecto, encontrando en las cercanías del embalse dos fallas geológicas locales, consideradas activas, las fallas Bagaces y Montenegro, posiblemente relacionadas con los terremotos de Bagaces en 1935 y 1941 (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.16, Mapa de susceptibilidad). Estas dos fallas, de rumbo NNO-SSE y longitudes de 40 km y 45,7 km respectivamente, se considera controlan la amenaza sísmica en las cercanías del proyecto (Climent *et al.*, 2016). Además, en los alrededores existen otras fallas inferidas, las cuales se consideran inactivas por no poseer eventos históricos asociados, las trazas de estas fallas generalmente se encuentran cubiertas, por lo que es imposible saber la ubicación exacta y la extensión de las mismas, se sabe de su existencia por rasgos morfológicos y menciones en la literatura, como el estudio realizado por Denyer *et al.*, en año el 2014 (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.16, Mapas de susceptibilidad).

Climent *et al.* (2016) indica que, considerando una distancia de 50 km alrededor del sitio de presa del embalse río Piedras, desde 1833 hasta el presente se han reportado nueve eventos sísmicos asociados al proceso de subducción, con magnitud superior a 7,0, y cinco terremotos generados en fallas corticales superficiales con magnitud superior a 6,0. Esto indica que se tiene una ocurrencia promedio de un evento sísmico de magnitud superior o

igual a 7,0 cada 20 años relacionado con el proceso de subducción y uno de magnitud mayor o igual a 6,0 cada 36 años producto del fallamiento superficial.

De los sismos históricos relacionados con el proceso de subducción, se puede citar entre los más importantes por su magnitud y efectos causados, el de 1916 conocido como terremoto de Papagayo (M_w 7,0), así como los terremotos de Nicoya de 1950 (M_w 7,7) y Sámara 2012 (M_w 7,6). En el caso de los sismos relacionados con el fallamiento superficial, se tiene el reporte de eventos importantes ocurriendo en los años 1935 y 1941, asociados con la falla Bagaces; el de 1911 a la falla Cote-Arenal y el de 1973 a la falla Chiripa (Climent *et al.*, 2016) (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.3, Informe de Amenaza Sísmica).

Los sismos históricos ocurridos más cercanos a la zona de estudio, que generaron daños en las comunidades cercanas como Bagaces, son los siguientes:

Terremoto de Bagaces, 1 de agosto de 1935: este evento se ha asociado a la falla Bagaces y se le estimó una magnitud de 6,2 y una profundidad de 10-15 km. Este terremoto ocasionó daños principalmente en Bagaces, en donde hubo destrucción total o parcial de casas, se escucharon ruidos subterráneos y se reportaron también algunos daños en Liberia; en Cañas se sintió muy fuerte, pero no produjo daños materiales, en San José, Heredia y Cartago fue sentido fuerte y prolongado. La IMM máxima asignada fue de VII. Se ha asignado su origen a la falla Bagaces (Montero & Alvarado, 1988).

Terremoto de Bagaces, 6 de diciembre de 1941: al igual que el sismo de 1935, este evento se ha asociado al sistema de fallas Bagaces, y se le estimó una magnitud de 6,3 y una profundidad de 10-15 km, con una intensidad epicentral de VIII. Este terremoto ocasionó daños considerables en Bagaces, en donde unas 100 casas quedaron inhabitables, el techo de la iglesia colapsó, y también quedaron dañadas las oficinas de la jefatura política, la municipalidad y el telégrafo. Otros datos de intensidades, según Montero & Alvarado (1988), son: Montano VII, Montenegro VI-VII, Salitral VII, Liberia, La Fortuna de Bagaces VI y Bebedero VI.

A continuación, se presenta un resumen sobre la estimación de amenaza sísmica realizada por Climent *et al.* (2016) (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.3, Informe de Amenaza Sísmica), la cual permite cuantificar la sismicidad y la tectónica de la región, bajo diferentes parámetros sísmicos que reflejan la severidad de la posible sacudida sísmica a la cual estará expuesto un sitio en particular. Estos parámetros son utilizados generalmente para efectos de diseño sismo-resistente, así como para el análisis de la seguridad de obras civiles. Dos metodologías son utilizadas normalmente para realizar las estimaciones de amenaza sísmica: la determinística y la probabilística (Reiter, 1991; Baker, 2008). Ambas fueron utilizadas, de tal forma que el ingeniero diseñador cuente con la información necesaria para seleccionar adecuadamente la demanda sísmica de diseño de las obras relacionadas con el embalse río Piedras.

La estimación de la amenaza sísmica, por el método determinístico, se realiza con base en la determinación del peor escenario sísmico, para la determinación del mismo, se plantearon las principales fuentes sísmicas de la región y su cercanía al proyecto. Para los escenarios relacionados con el fallamiento superficial, se les asignó la magnitud máxima razonable basada en la longitud de la posible ruptura (ver apartado 7.1.3).

Para el escenario de subducción en la zona de Nicoya, el sismo se ubicó a una distancia epicentral de 35 km al sur del proyecto, a 30 km de profundidad y una distancia más cercana a la ruptura de 44 km (el epicentro cercano al del terremoto de 1950). Para el escenario en la zona de Papagayo, el epicentro se ubicó a 63 km al oeste de la zona del proyecto (15 km mar adentro de la costa), a una profundidad de 30 km y a distancia más cerca a la ruptura de 48 km (epicentro cercano al terremoto de 1916) (Climent *et al.*, 2016).

Los resultados finales de amenaza para cada fuente sísmica evaluada se presentan en el cuadro n° 7.101. Los valores de aceleración horizontal pico ahí mostrados, corresponden al promedio ponderado de considerar los valores obtenidos al evaluar cada escenario sísmico con el modelo de predicción particular. A los resultados de cada una de las ecuaciones de predicción, se les dio el mismo peso en la ponderación (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.3, informe de amenaza sísmica) (Climent *et al.*, 2016).

Cuadro n° 7. 101 Escenarios sísmicos específicos relacionados con el sitio de presa y valores de aceleración horizontal pico para cada uno de ellos. (Climent *et al.*, 2016)

Fuente Sísmica	Magnitud máxima	Profundidad (km)	Distancia al sitio (km)		Aceleración Pico (cm/s ²)	Duración del movimiento fuerte (s)
			rEPI	rRUP		
Falla Bagaces						
Segmento norte	6.7	12	12.3	6	603	7.7
Segmento sur	6.5	10	4.5	2	855	6
Falla Montenegro						
Segmento norte	6.7	10	9.4	6.7	611	7.2
Falla Chiripa	6.6	10	40	41	128	11.6
Falla Cote Arenal	6.6	10	41	42	122	11.7
Falla Caño Negro	7.1	12	50	52	153	14.2
Subducción						
Zona de Papagayo	7.5	35	62	48	316	17
Zona de Nicoya	7.9	35	35	44	548	14

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro n° 7.102, se determina que la amenaza sísmica en el campo cercano, en el sector donde se encuentra el sitio de presa del proyecto, está controlada por la ocurrencia de un evento de magnitud 6,5 en la falla Bagaces (segmento sur), y cuyo valor máximo de aceleración horizontal pico se ha estimado en 855 cm/s² (0,87 g), valor obtenido del promedio de los valores estimados para cada uno de los modelos de predicción utilizados. Otro escenario importante, es el planteado para la zona de subducción, ya que si un evento de magnitud 7,9, ocurre en esta zona sísmica de Nicoya, se presentaría una aceleración pico de 548 cm/s² (0,56 g), el cual es un nivel de intensidad bastante importante (Climent *et al.*, 2016).

En la estimación de la amenaza sísmica por medio del análisis probabilístico, el programa fue corrido para un punto, correspondiente a las coordenadas donde se ubica el sitio de presa del proyecto, se escogió este sitio debido a que corresponde con la estructura más sensible del proyecto, y se generó como resultado valores de aceleración horizontal pico del terreno para una condición local de roca y probabilidades de excedencia que corresponden a periodos de retorno de 100, 200, 500, 1000, 2000, 2500, 3000 y 5000 años.

Los resultados se muestran en el cuadro n° 7.102, la cual incluye valores de probabilidad anual de excedencia para diferentes valores de vida útil de la obra (Climent et al., 2016).

Cuadro n° 7. 102 Resultados de la amenaza sísmica probabilística en el sitio de presa del embalse río Piedras. (Climent et al., 2016).

Probabilidad anual de excedencia	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia en un lapso L					Aceleración Pico en cm/s ²
		30 años	50 años	75 años	100 años	150 años	
0.01000	100	0.260	0.395	0.529	0.634	0.778	325.8
0.00500	200	0.139	0.222	0.313	0.394	0.528	407.3
0.00200	500	0.058	0.095	0.139	1.181	0.259	526.7
0.00100	1000	0.029	0.049	0.072	0.095	0.139	631.4
0.00050	2000	0.015	0.025	0.037	0.049	0.072	756.9
0.00040	2500	0.012	0.02	0.029	0.039	0.058	801.9
0.00033	3000	0.009	0.016	0.024	0.032	0.048	838.8
0.00020	5000	0.006	0.01	0.015	0.020	0.03	946.7

También se realizó un análisis de desagregación de la amenaza sísmica, el cual indica que los sismos que más aportan a la amenaza sísmica en el sitio de presa, tanto para periodos de retorno de 500 años y de 2500 años, vienen de fuentes sísmicas que se encuentra entre los 50 y 60 km de distancia de él, o también en menor grado de fuentes localizadas entre los 5 y los 15 km de distancia del proyecto. Lo anterior concuerda en buena medida con la distancia a la cual se encuentra el sitio de proyecto con respecto a con la fuente sísmica de subducción y a algunas de las fallas superficiales importantes en la región (Climent et al., 2016).

Las magnitudes asignadas a los sismos de control, en distancias cercanas y que están asociados a fallas locales, son bastante similares a las observadas históricamente en la región. En el caso de las magnitudes para distancias mayores (50 a 60 km) que pueden estar asociadas a sismos ocurriendo en la subducción, están un poco por debajo del 7,7 M_w reportado durante el terremoto de 1950 que ocurrió en la fuente sísmica de Nicoya (Climent et al., 2016) (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.3).

7.7.3 Amenaza volcánica

Costa Rica a pesar de su pequeña extensión territorial, posee una gran cantidad de volcanes, se estima que existen alrededor de 20 focos volcánicos cuaternarios (RSN) de los cuales únicamente 5 se encuentran activos, Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba. Recientemente los volcanes Turrialba, Poás y Rincón de la Vieja iniciaron un proceso eruptivo, con erupciones freáticas que liberan a la atmósfera gases y ceniza, en algunas ocasiones bloques lávicos juveniles que caen a pocos metros del foco de emisión. Además, esta constante expulsión de material sumada a las lluvias, ha generado lahares (flujos de lodo) en algunas de las quebradas y ríos ubicadas en los flancos del volcán, afectando poblaciones y cultivos cercanos.

El área de proyecto se encuentra en la vertiente pacífica de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, a una distancia mínima de 36 km del volcán Rincón de la Vieja y 28 km del volcán Miravalles, de modo que los peligros volcánicos asociados son mínimos y

provendrían del Volcán Rincón de la Vieja, ya que el Miravalles actualmente se encuentra en un periodo de descanso o inactividad (Figura n° 7.159).

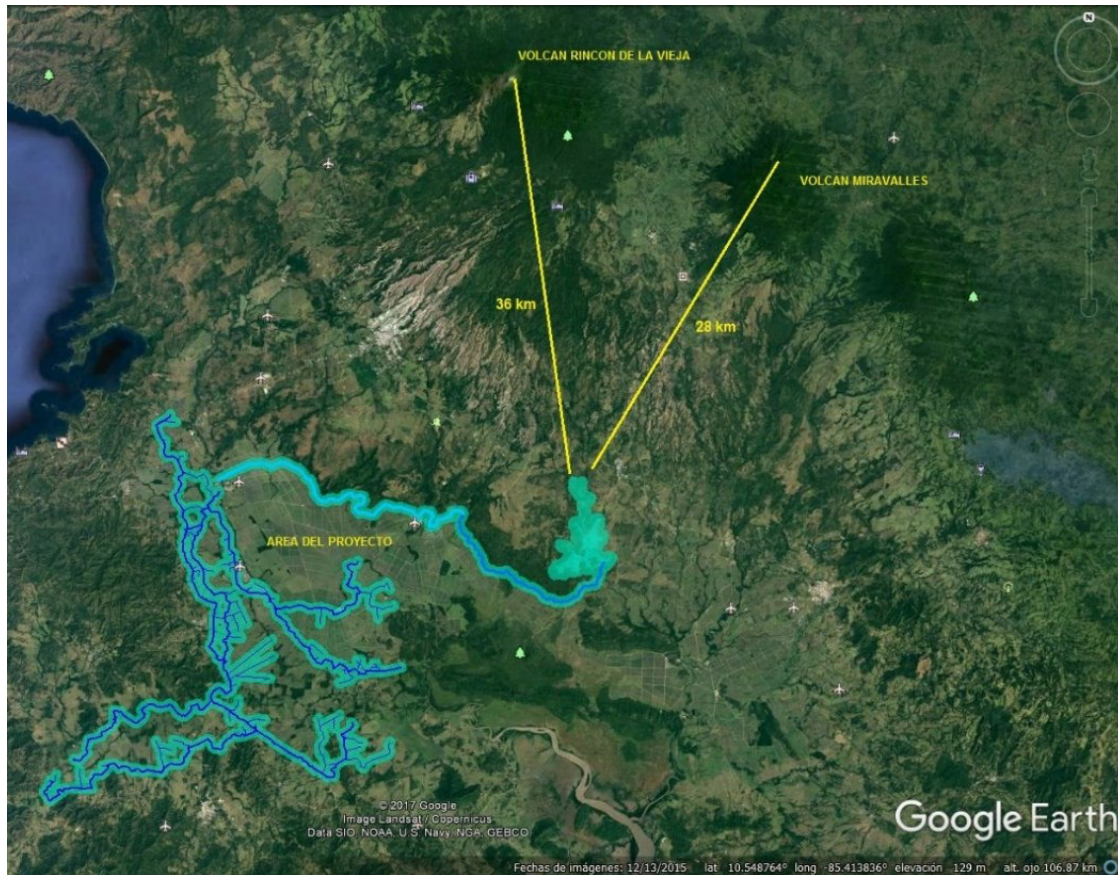


Figura n° 7. 159 Distancia mínima de los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles con el área de Proyecto.

Como ya se mencionó anteriormente, el volcán Rincón de la Vieja se encuentra activo. Sin embargo, el área de proyecto no se encuentra dentro del área potencialmente amenazada por una erupción volcánica, señalada por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE). Dada la ubicación de las obras y la dirección de los vientos, los efectos directos probablemente serían nulos o mínimos, el único efecto podría ser la caída de ceniza, la cual puede ser arrastrada por el viento durante cientos de kilómetros antes de ser depositada.

Las erupciones volcánicas actuales e históricas del Volcán Rincón de la Vieja se caracterizan por ser de tipo freáticas y freato-magmáticas, con expulsión de gases, ceniza, bloques y bombas, dirigidos hacia el sector noreste, ocasionando lahares (flujos de lodo) en los ríos Pénjamo, Niño y quebrada Azufrosa. Eventualmente, se podrían generar erupciones dirigidas hacia los otros flancos del volcán; en caso de una erupción con dirección suroeste (hacia el AP) a la distancia a la que se encuentra el proyecto la posible afectación sería por caída de ceniza y no representaría una amenaza para la operación del embalse o canales.

7.7.4 Movimientos en masa

El AP se encuentra ubicada predominantemente sobre mesetas de ignimbrita, laderas denudacionales de baja pendiente y otras formas de origen fluvial. Las obras de embalse, sitio de presa, canal de conducción y los canales de distribución, se encuentran rodeados por taludes de muy baja a media pendiente, teniendo aproximadamente el 98% de la totalidad del área del proyecto, pendientes menores al 30°, generando esto una topografía suavizada y poco abrupta.

En los recorridos realizados por el AP, así como en el análisis de la información disponible, no ha sido identificados movimientos de masa de ninguna índole, tales como desprendimientos, derrumbes, deslizamientos o reptación del suelo superficial, que afecten el desarrollo del proyecto.

Lo anterior unido a las litologías identificadas por las exhaustivas exploraciones de campo realizadas a lo largo de toda el área el proyecto, hacen que se descarte la posibilidad de que se presenten movimientos de masa en el AP.

7.7.5 Erosión

La erosión comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento, la cual puede ser generada tanto por el agua como por el viento.

Para el proyecto se pueden presentar alguno de los siguientes tipos de erosión, en mayor o menor medida dependiendo de las obras que se estén ejecutando para las diferentes etapas del proyecto:

- **Erosión por gotas de lluvia:** La erosión por el golpe de la lluvia ocurre por el impacto de las gotas de agua sobre una superficie desprotegida, el cual produce el desprendimiento y remoción de capas delgadas de suelo.
- **Erosión laminar:** La erosión laminar consiste en el desprendimiento y transporte en capas bien definidas superficiales de suelo por acción de la escorrentía superficial.
- **Erosión en surcos:** La erosión en surcos ocurre cuando el flujo superficial empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno y debido a la irregularidad natural de la superficie, forma pequeños surcos o canales los cuales van volviendo más profundos.
- **Erosión en corriente de agua:** Las corrientes de agua son volúmenes de agua en movimiento, los cuales debido a la fuerza de la corriente pueden producir el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas de suelo o sedimentos tanto en el fondo como en la orilla de la corriente.
- **Erosión en masa (deslizamientos):** Incluyen los fenómenos de desprendimiento transporte y deposición de grandes masas de suelo por acción de la fuerza del agua en movimiento.

Dentro de los principales problemas que se derivan de los procesos de erosión se pueden citar:

- Pérdida de suelos orgánicos.
- Pérdida de cobertura vegetal
- Sedimentación de cuerpos de agua.
- Sedimentación en sistemas de drenajes.
- Inestabilidad de taludes.
- Impacto en la infraestructura.

Debido a la topografía suavizada y poco abrupta de los sitios de obras, las bajas pendientes tanto de las obras de canalización, como de los ríos y quebradas que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, hacen se descarta la ocurrencia de grandes procesos de erosión debido a las acciones naturales. Sin embargo, debido a las acciones antrópicas a realizar para la construcción de las obras del proyecto, es requerida la implementación de medidas para mitigar los efectos erosivos, retardando o deteniendo el transporte de masas de suelo. A continuación, se detallan las recomendaciones a implementar en las obras del proyecto:

1. Conformación de taludes con pendientes adecuadas.
2. Construcción de bermas intermedias en los taludes a conformar.
3. Protección superficial de los taludes de corte que no sean tratados con algún sistema de estabilización adicional. Dentro de la protección que es posible considerar esta la colocación de enrocados, concreto lanzado, geosintéticos (mantos temporales), revegetación, entre otros.
4. Construcción de sistemas adecuados de canalización de las aguas de escorrentía superficial como, cunetas, bajantes, tragantes, disipadores de energía, alcantarillas, sedimentadores, entre otros.

Revestimiento con concreto de los canales de conducción y de distribución del proyecto para evitar la ocurrencia de erosión por corriente de agua.

7.7.6 Inundaciones

En el área de proyecto se van a realizar obras tales como la construcción de un embalse en el río Piedras, la ampliación de un tramo del canal del oeste y la construcción de una red de canales para la distribución de agua destinada a labores agrícolas.

El área de embalse se considera libre de amenazas por inundación, dado que en caso de una crecida en el río Piedras, cuerpo de hídrico principal en la zona, el agua sería contenida en el embalse, para luego ser liberada en un caudal menor aguas abajo en el río. Además, según el mapa de amenazas de la Comisión Nacional de emergencias para el cantón de Bagaces el área de embalse no posee amenaza por inundación. En contraste, la zona donde se realizará la ampliación y distribución del canal se encuentra dentro de la llanura del tempisque, zona plana propensa a inundarse en la época lluviosa, como lo indican los mapas de amenazas de la Comisión Nacional de Emergencias para los cantones de Bagaces, Liberia, Carrillo, Santa Cruz y Liberia (ver documento Tomo I, Anexo n° 7.16, Mapas de susceptibilidad). Sin embargo, por la naturaleza del proyecto, canales para la

conducción de agua limpia, las inundaciones no representan una amenaza para el desarrollo del proyecto.

7.7.7 Licuefacción, Subsistencia y Hundimiento.

El fenómeno de licuación consiste en la pérdida de resistencia de los suelos no cohesivos (arenas o limos no plásticos) que ocurre durante un evento sísmico. Las condiciones básicas para que se dé este fenómeno son: que el suelo esté en una condición saturada, con altos niveles freático, que la compacidad relativa del material sea suelta, una granulometría uniforme y que se produzca una condición no drenada durante el sismo.

Con base en los resultados de los ensayos de campo, ejecutados en los materiales inconsolidados presentes en el proyecto, fue realizado un análisis preliminar para descartar la ocurrencia o no del fenómeno de licuación. Para esto se recurrió a los resultados del Índice de Esfuerzo Horizontal (KD) obtenidos con la prueba con el Dilatómetro Marchetti (DMT), dado la alta sensibilidad de este tipo de ensayo en el monitoreo de la densificación de los materiales. La figura n° 7.160 muestra los resultados obtenidos de los valores de KD, tanto para el sitio de presa, como para los canales de distribución.

Según indica la literatura y la experiencia de diferentes autores en el tema, en regiones con un potencial sísmico alto, se puede realizar el siguiente análisis:

- $KD > 5$: La licuación no es un problema, por lo que su ocurrencia se puede descartar.
- $KD < 5$: La licuación puede presentarse, por lo que es necesario la ejecución de análisis y estudios adicionales, para descartar o no la ocurrencia del fenómeno.

Considerando los materiales identificados por las exploraciones de campo geológico geotécnicas ejecutadas en el área del proyecto, la naturaleza de los materiales inconsolidados, el espesor de suelo desarrollado, la presencia de los niveles freáticos, y el criterio anteriormente expuesto, entre otros, se puede afirmar que la potencial licuación para el sitio de presa y canal de conducción (canal oeste) es bajo, por lo que se puede descartar su ocurrencia. Sin embargo, para los canales de distribución es necesario realizar un análisis más detallado.

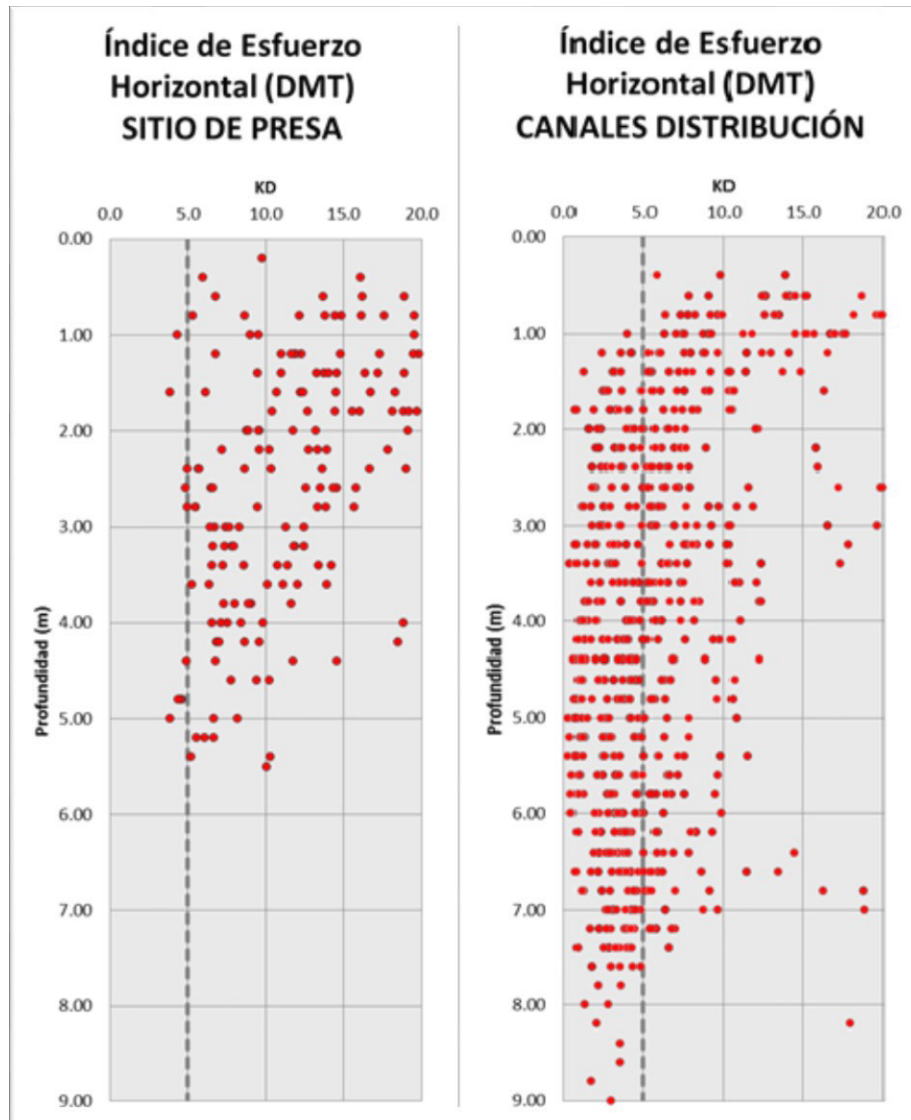


Figura n° 7. 160 Valores de KD obtenidos de las pruebas con DMT.

Para el análisis del potencial de licuación de los canales de distribución se recurrió al Procedimiento Simplificado de Seed & Idriss (NCEER, 1997), modificado con las ecuaciones determinadas por Monaco en el 2005 para la obtención de los valores requeridos a partir de los resultados de ensayos de campo con el DMT. Según el procedimiento, es necesario calcular los siguientes valores:

1. Razón de Esfuerzo Cíclico (CSR, Cyclic Stress Ratio).

$$CSR = 0.65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d$$

2. Razón de Resistencia Cíclica (CRR, Cyclic Resistance Ratio).

$$CRR = 0.0107KD^3 - 0.0741KD^2 + 0.2169KD - 0.1306$$

3. Evaluar el potencial de licuación mediante la determinación del Factor de Seguridad contra licuación, FS, dividiendo la razón CRR por CSR, multiplicado por un factor de escala de magnitud del sismo (MSF).

$$FS = \frac{CRR}{CSR} MSF$$

Dicha estimación fue realizada para cada uno de los 18 ensayos con DMT ejecutados en los canales de distribución del proyecto, de manera que se obtuvieron valores de Factor de Seguridad a la licuación (FS) a cada 20 cm, hasta llegar a la profundidad final de investigación. Para dicho análisis fue considerado un sismo de magnitud 7.5 Mw y una aceleración máxima de 0.30 g, según lo recomendado por el CSCR-2010 para la zona donde se ubican las obras, tipo de suelo donde serán cimentadas las obras y la importancia de la obra.

Finalmente, a partir de los Factores de Seguridad obtenidos, es posible determinar el Potencial de Licuación (PL) el cual se define como:

$$P_L = \int_0^{z=20m} F(z)w(z)dz$$

Donde:

- z = Profundidad bajo la superficie del terreno en metros
- F(z) = Función del factor de resistencia a la licuación F_L
- F_L = Factor de Seguridad calculado

Los valores obtenidos son clasificados según la Severidad de Licuación como se muestra en el cuadro n° 7.103, mientras que el cuadro n° 7.104 resume los valores del índice de Potencial de Licuación y Severidad de Licuación para cada uno de los 18 ensayos con DMT realizados en los canales de distribución del proyecto.

Cuadro n° 7. 103 Clasificación de la Severidad de Licuación.

PL	Severidad de Licuación
0	Muy Bajo
< 5	Bajo
5 - 15	Alto
> 15	Muy Alto

Cuadro n° 7. 104 Resumen de los valores de Potencial de Licuación para los DMTs realizados en los canales de distribución.

Ensayo	Coordenadas CRTM05		Potencial de Licuación (PL)	Severidad de Licuación
	Este	Norte		
DMT-24	323772	1168734	1.01	Bajo
DMT-25	326972	1161454	1.64	Bajo
DMT-26	329202	1156183	3.75	Bajo
DMT-27	328656	1150370	18.56	Muy Alto
DMT-28	335513	1149129	1.12	Bajo
DMT-29	340635	1147023	3.67	Bajo
DMT-30	340865	1153805	11.49	Alto
DMT-31	337654	1152238	11.09	Alto
DMT-32	332525	1152933	16.84	Muy Alto
DMT-33	325564	1159405	7.49	Alto
DMT-34	328422	1143901	3.82	Bajo
DMT-35	328018	1163820	32.81	Muy Alto
DMT-36	328719	1145569	12.95	Alto
DMT-37	316502	1137993	0.67	Bajo
DMT-38	342090	1139708	0.42	Bajo
DMT-39	336540	1141902	22.08	Muy Alto
DMT-40	329963	1141600	0.00	Muy Bajo
DMT-41	312608	1137188	6.53	Alto

Dado los resultados obtenidos, para el diseño y construcción de los canales de distribución del proyecto, será necesario considerar el potencial de licuación en algunos de los tramos de los canales donde se determine la presencia de estratos de materiales con un potencial alto de ocurrencia del fenómeno. En dichos tramos será necesario tomar medidas adicionales tales como: la conformación de rellenos de sustitución, densificación de los materiales, construcción de drenajes o columnas de grava para el alivio de las presiones de poro, entre otros, siempre en busca de disminuir el potencial de licuación y las posibles afectaciones a las obras propuestas para el proyecto.

Finalmente, basados en las observaciones de campo y en los resultados de las investigaciones geológico geotécnicas, se descarta la ocurrencia de fenómenos como subsidencia y hundimientos en el área del proyecto.

7.7.8 Mapa de susceptibilidad

Se encuentra adjunto en el documento Tomo I de Anexos: anexo n° 7.16 y en el se observan las fallas geológicas, áreas de inundación de los ríos y zonas con potencial a licuefacción.

8. Descripción del Ambiente Biológico

8.1 Introducción

El Proyecto Sistema de Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME), tal como su nombre lo indica se encuentra en la zona intermedia de la cuenca del río Tempisque, entre los 10 y 200 msnm y abarca una extensión total de 44 024 ha a ambos lados de dicho río, en los cantones de Bagaces y Liberia en la margen izquierda y los cantones de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya de su margen derecha. Todos ellos pertenecientes a la provincia de Guanacaste en la región del Pacífico Norte de Costa Rica, la cual posee una estacionalidad muy marcada, con una época seca de cinco meses entre los meses de diciembre y abril y una estación lluviosa entre los meses de mayo y noviembre, que influye en las características de su biota.

En el mapa de la figura n° 8.1 se aprecia el área de proyecto que consta de tres secciones, en primera instancia un embalse de 854 ha pretende almacenar el excedente de agua del canal oeste del Distrito de Irrigación Arenal Tempisque y ponerla a disposición de nuevas zonas de irrigación, éste se localiza en el cantón de Bagaces, en las cercanías de la comunidad de Falconiana en su parte baja al sur, y cercano al poblado de Llanos del Cortés en su extremo superior al norte, en el extremo suroeste el embalse colinda con la Reserva Biológica Lomas de Barbudal e incluso inundaría una porción de 113 ha de dicha reserva.

Aguas abajo del embalse la segunda sección del proyecto consta de un canal principal de 55 km que transportaría el agua hacia el oeste por los cantones de Bagaces y Liberia hasta la margen izquierda del río Tempisque, discurriendo cercano a los poblados de San Ramón y Playitas y a través de las haciendas del Pelón de la Bajura y Central Azucarera SA (CATSA).

La Tercera sección la constituye una red de canales de distribución en la margen derecha del río Tempisque a través de fincas agrícolas de los cantones de, Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.

8.1.1 Ambiente terrestre

El proyecto en sus tres sectores junto con sus áreas de influencia se encuentra inmerso en una matriz fragmentada y diversa de varios tipos de usos del suelo. Esta localizado en un paisaje rural de haciendas, fincas y asentamientos campesinos, dominado por extensas zonas agropecuarias con cultivos agrícolas, pastizales y plantaciones frutales y forestales, junto a parches boscosos y áreas silvestres aisladas tanto privadas como estatales que funcionan como refugios de vida silvestre, algunas de ellas conectadas por corredores de vegetación y bosques de galería a lo largo de ríos y quebradas.

Para la clasificación de uso del suelo se utilizaron los siguientes tipos de cobertura: bosque maduro, bosque secundario, cultivos agrícolas, herbazal o potrero, herbazal arbolado, matorral o charral, matorral arbolado, matorral espinoso, plantaciones forestales y frutales, cuerpos de agua, infraestructura y terreno descubierto. En los mapas de las figuras n° 8.1, 8.2 y 8.3, se presenta la ubicación de estas coberturas en las tres secciones del Proyecto.



Elaborado por

Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)



Desarrollador

En los puntos subsiguientes para cada sector del Proyecto se indicarán aspectos relacionados al bioclima, áreas protegidas, cobertura vegetal, fragilidad y caracterización de las asociaciones naturales detallando su fisonomía y composición, especies de flora y fauna indicadoras, endémicas, amenazadas y en peligro de extinción.

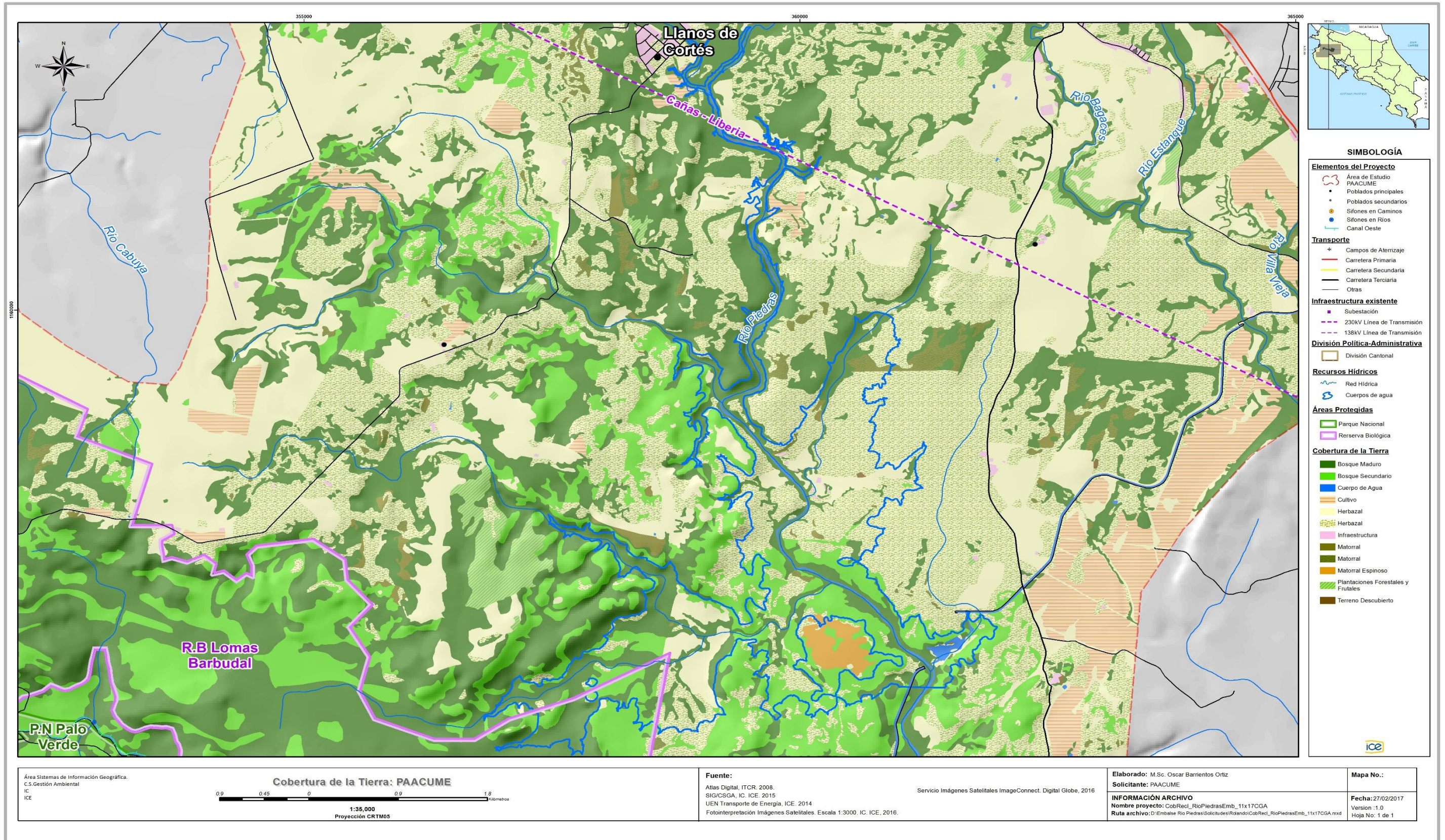
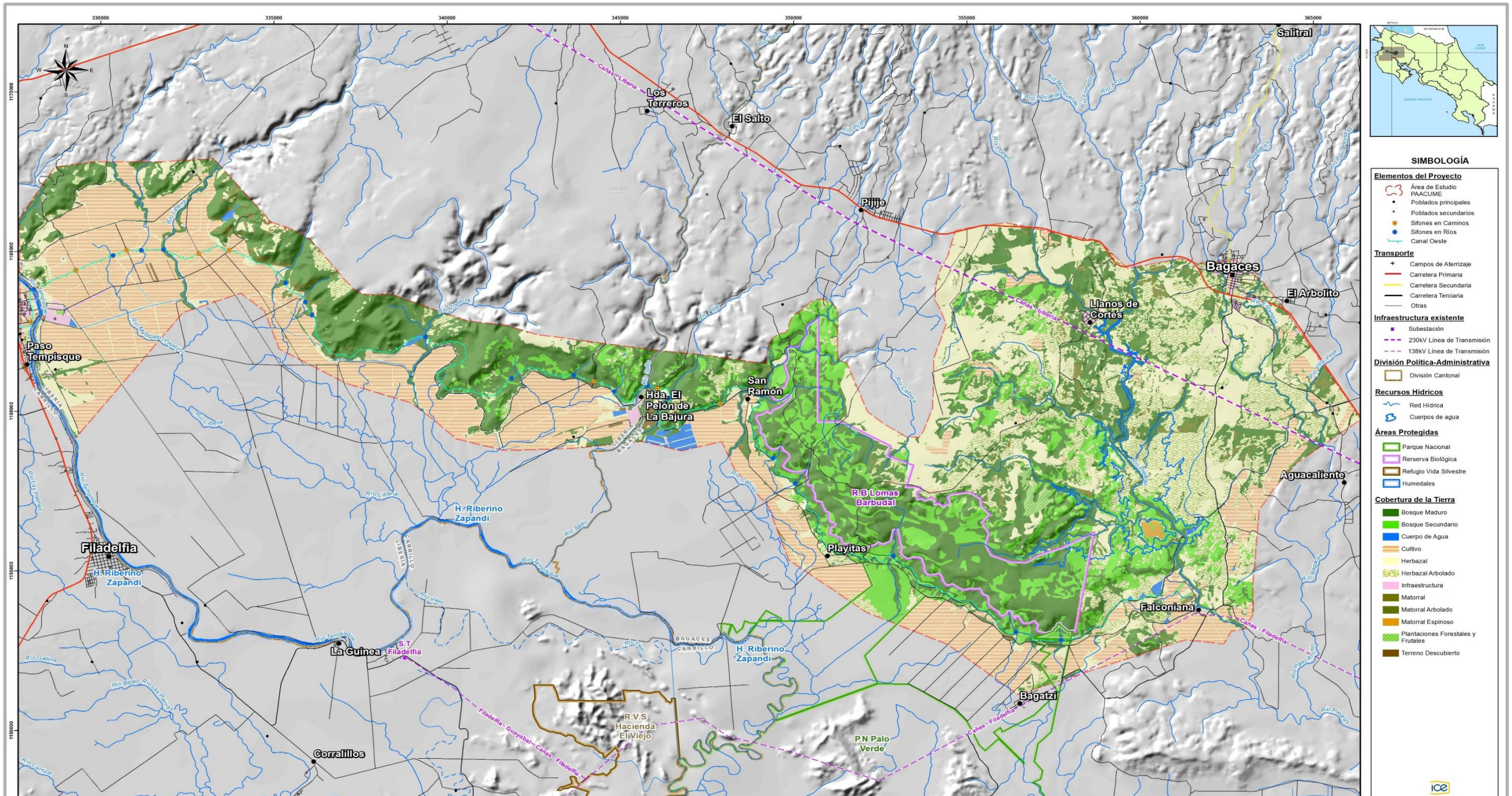


Figura n° 8. 1. Sector Embalse.



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



Fuente:
Atlas Digital, ITCR. 2008.
SIG/CSGA, IC. ICE. 2015
UEN Transporte de Energía, ICE. 2014
Fotointerpretación Imágenes Satelitales. Escala 1:3000. IC. ICE. 2016.

Servicio Imágenes Satelitales ImageConnect. Digital Globe, 2016

Elaborado: M.Sc. Oscar Barrientos Ortiz
Solicitante: PAACUME

INFORMACIÓN ARCHIVO
Nombre proyecto: CobRed_RioPiedrasAE_11x17CGA
Ruta archivo: D:\Embalse Rio Piedras\Solicitudes\Relando\CobRed_RioPiedrasAE_11x17CGA.mxd

Mapa No.:

Fecha: 27/02/2017
Version : 1.0
Hoja No. 1 de 1

Figura n° 8. 2 Sector Canal oeste, tramos I y II.

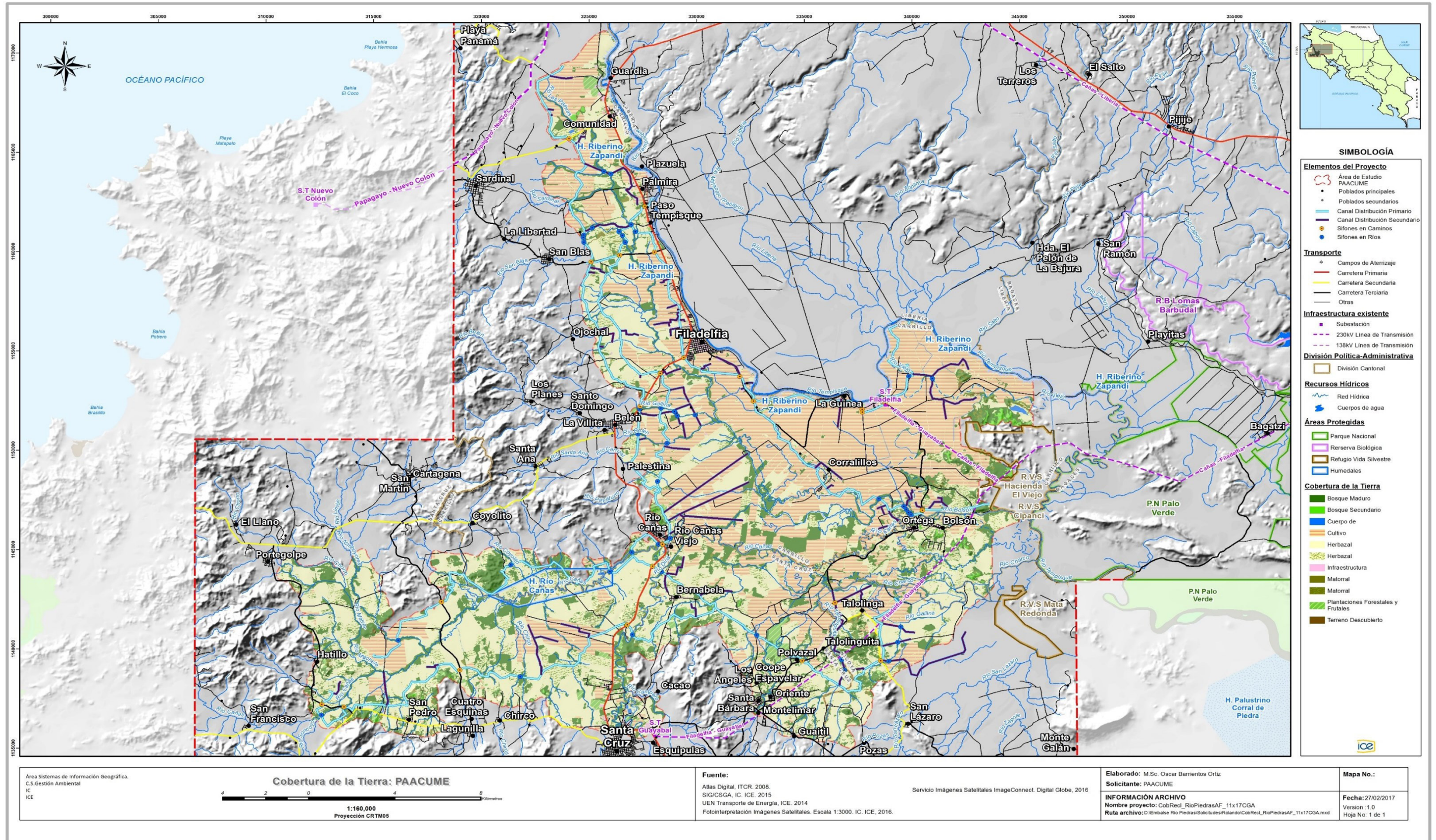


Figura n° 8. 3. Sector Distribución y conducción del riego.

8.1.1.1 Estatutos de protección del AP

8.1.1.1.1 Sector Embalse

El embalse y el canal principal se ubican en el Área de Conservación Arenal-Tempisque (ACAT).

El embalse colinda al suroeste con la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB) de la cual inundaría una porción de 113 ha, por lo cual el SENARA dispuso realizar un estudio para caracterizar los ecosistemas de la zona de la RBLB que eventualmente podría ser inundada al igual que aquellos en una zona potencial de compensación, los resultados de este estudio de equivalencia ecológica denominado “Establecimiento de la línea base de biodiversidad para la Reserva Biológica Lomas de Barbudal y finca adyacente” realizado por la Organización de Estudios Tropicales en enero del 2017, se presentan más adelante en la sección 8.1.1.8 del presente capítulo.

8.1.1.1.2 Sector Canal del Oeste

El canal del oeste se divide en dos partes: el tramo II a reconstruir es un trayecto de 20 km que inicia aguas abajo del embalse y transcurre por un bosque secundario paralelo a la RBLB hasta el río Cabuyo. En su zona intermedia por el poblado de Playitas y del sifón de la quebrada Barbudal, el canal atraviesa el corredor biológico que une el Parque Nacional Palo Verde con la RBLB.

El siguiente tramo III a construir comprende 35 km, inicialmente atraviesa los bosques secundarios y riparios asociados a los ríos Cabuyo, Pijije y El Salto y luego pasa al pie de los cerros boscosos de la Reserva Privada de la Hacienda El Pelón de la Bajura (Ver Figura n°8.2).

8.1.1.1.3 Sector Distribución

En la margen derecha del río Tempisque en las cercanías de las localidades de Filadelfia y La Guinea se encuentra el Humedal Riberino Zapandí. Al noreste del poblado de Bolsón entre las confluencias de los afluentes ríos Viejo y Bolsón se localizan las Reservas de Vida Silvestre El Viejo y Cipanci (Ver Figura n°8.3).

8.1.1.2 Zonas de vida

El área de estudio se encuentra principalmente en dos zonas de vida: el Bosque Húmedo Premontano Transición a Basal con valores de precipitación de 2000 a 4000 mm/ anuales y una temperatura entre 18 y 24° C (bh-P6) y el Bosque Seco Tropical (bs-T) que se caracteriza por tener precipitaciones entre los 1000 y 2000 mm/ anuales y una temperatura promedio que oscila de los 24 a los 30° C.

El embalse se ubica en la colindancia de ambas zonas de vida en una zona transicional bajo la influencia de ambos bioclimas. El canal principal en la margen izquierda del río Tempisque y la sección de la distribución en la margen derecha, se localizan en el Bosque Húmedo Premontano Transición a Basal, excepto un área con Bosque Seco Tropical al



Elaborado por

Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del
río Tempisque y Comunidades Costeras
(PAACUME)



Desarrollador

extremo norte de la distribución en los alrededores de los poblados de Comunidad y Guardia de los cantones de Liberia y Carrillo.

Adicionalmente otra área cercana a la costa en el extremo suroeste de la distribución, por los poblados de San Pedro y Lagunilla del cantón de Santa Cruz posee el bioclima Bosque Seco Tropical transición a perhúmedo. En el mapa de la Figura n°8.4 se aprecia lo anteriormente expuesto.

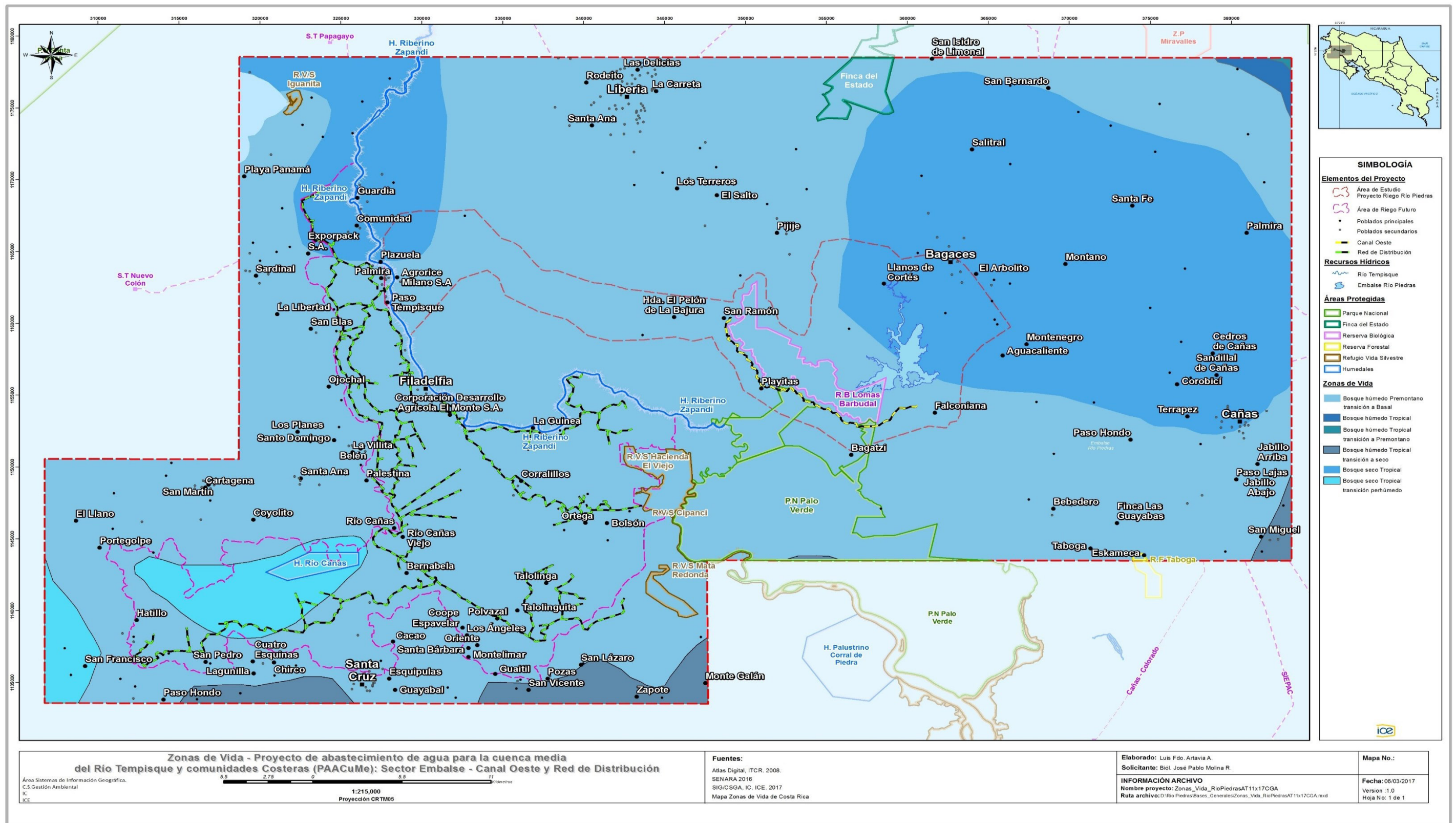


Figura nº 8. 4. Zonas de Vida.

8.1.1.3 Asociaciones naturales presente

En los mapas de coberturas de las tres secciones del proyecto (Figuras n° 8.1, 8.2 y 8.3) se aprecian los diferentes usos del suelo, en los cuales destacan las siguientes asociaciones naturales: bosque maduro intervenido asociado a ríos y quebradas denominado bosque ripario, bosque secundario caducifolio, pastizal o potrero, pastizal con árboles aislados, matorral o charral, matorral con árboles aislados y matorral espinoso.

8.1.1.3.1 Sector del embalse

En este sector, tal como se aprecia en la Figura n° 8.1 los potreros y el bosque maduro ripario con 292 ha y 289 ha son las comunidades vegetales más abundantes cubriendo 38 y 36 % del área de inundación, seguidos por el bosque secundario con 170 ha equivalentes al 22% y por último los matorrales ocupan solamente el 1% con 10 ha.

Como referencia en la Figura n° 8.1 se presenta la ubicación de las propiedades que el embalse inundaría total o parcialmente.

Los potreros arbolados se concentran en la zona central del embalse a ambos lados del río Piedras, en las fincas Ganadera Tropical el Volcán y Las Veraneras Alemanas, al igual que en el brazo occidental inferior en las fincas de la sociedad Martillos del Pacífico.

El bosque ripario se localiza en franjas angostas de ancho variable de 10 a 30 m a la orilla de ríos y quebradas, principalmente a lo largo del río Piedras en la parte inferior e intermedia del embalse en las fincas Invenio, Martimex y Ganadera Tropical el Volcán, al igual que en la quebrada Biscoyol y sus afluentes en el extremo suroeste en las propiedades de Asetrek y la RBLB. Desde el centro hasta la cola este ecosistema abarca una franja muy angosta de 10 m de ancho o menos en las márgenes del río Piedras.

El bosque secundario se encuentra en la parte baja del embalse a ambos lados del bosque ripario del río Piedras y en la serranía de la finca Invenio cercana al sitio de presa, así como en el brazo del extremo suroeste contiguo al bosque ribereño de la quebrada Biscoyol en las fincas de Asetrek y la RBLB. Adicionalmente en la zona intermedia por la confluencia del río piedras con la quebrada Bejuquillo en la finca de Gabriel Barrantes se localiza un parche de esta comunidad vegetal.

Los charrales o matorrales cubren áreas de poca extensión en el centro del embalse y también en la cima de los cerros al oeste del sitio de presa en la finca Invenio, donde se encuentra una asociación edáfica denominada matorral espinoso.

8.1.1.3.2 Sector del canal oeste

El canal principal se ubica aguas abajo del embalse y recorre 55 km hasta la margen izquierda del río Tempisque, consta de un primer tramo ya existente de 20 km donde el canal será reconstruido y de un segundo tramo totalmente nuevo de 35 km.

El mapa de coberturas (Figura n° 8.2), muestra las asociaciones naturales presentes en este sector, siendo muy abundantes los bosques secundarios y riparios con casi un 59%

del total correspondiente a 176 ha, seguido por los potreros arbolados con 36 ha equivalente al 12% y por último los matorrales o charrales ocupan una pequeña porción del 2.5% con 7 ha. Es conveniente indicar que los cultivos ocupan un porcentaje del 12.4% y el agua del canal el 13.5%.

En el primer tramo a reconstruir el canal inicialmente transcurre por 3 km de potreros arbolados y luego cruzaría un sector extenso de bosque secundario al pie de los cerros boscosos de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB), pasando por franjas angostas de 10 m de ancho de bosque maduro ripario a la orilla de algunas quebradas y desagües, hasta una franja más extensa de 50 m de ancho de bosque maduro ribereño en la margen izquierda del río Cabuyo.

En el segundo tramo el nuevo canal a construir atravesaría un trecho extenso de bosque secundario con franjas aisladas de bosque maduro ripario desde su inicio en el río Cabuyo, cruzando los ríos Pijije, El Salto y Zopilota e ingresando a la hacienda El Pelón de la Bajura, donde transcurriría al pie de los cerros boscosos de la Reserva Privada de dicha hacienda. La cobertura cambia al ingresar a la hacienda de la Central Azucarera SA (CATSA), donde el trazo sería a través de cultivos de caña de azúcar y arroz, cruzando solamente franjas angostas de 10 m de ancho con bosque ripario muy alterado en la quebrada El Moral, en el río Liberia y finalmente en la margen izquierda del río Tempisque que posee una faja ancha de 200 m de bosque maduro ribereño ralo muy intervenido.

8.1.1.3.3 Sector de distribución en la margen derecha del río Tempisque

En este sector de la margen derecha del río Tempisque los canales de distribución se orientan hacia zonas agropecuarias sin embargo también pasan cercanos a algunas zonas urbanas y cruzan caminos tanto rurales como rutas principales. Para brindar una descripción más detallada de las asociaciones naturales presentes, este sector se dividió en tres subsectores.

a. Subsector norte

En el extremo norte en las fincas cercanas a los poblados de Comunidad, Palmira y Paso Tempisque y luego hacia el sur en los alrededores de los comunidades de Filadelfia, Belén y Palestina, el canal inicialmente atraviesa la franja de 30 m de ancho del bosque ripario ralo intervenido en la margen derecha del río Tempisque y los bosquetes de poca extensión del río Las Palmas, posteriormente cruza las franjas angostas de 10 m de ancho de bosque intervenido ribereño a la orilla de los ríos Sardinal, San Blas, Gallina, Belén y Carrizal.

b. Subsector este

Inicialmente en las cercanías del poblado de La Guinea y Corralillos el canal cruza el bosque ripario angosto de un ancho menor a los 10 m en las márgenes del río Viejo y luego con rumbo al sureste y al sur por las comunidades de Ortega, Bolsón, Talolinga, Talolinguita y Polvazal.

Los canales pasan por las franjas angostas de 10 m de ancho de bosque riberino intervenido en las riberas de los ríos Bolsón, Charco y Talolinguita.

c. Subsector oeste

Partiendo de los pueblos de Río Cañas y Bernabela los canales atraviesan las franjas de 10 a 20 m de bosque ribereño a orilla de los ríos Cañas y Diría, luego hacia el suroeste por las localidades de Puente Negro, Chirco, San Pedro y Hatillo, cruzan los bosques riparios intervenidos de 10 m de ancho de los ríos Negro, Chirco y Cañas.

8.1.1.4 Cobertura vegetal actual por asociación natural

8.1.1.4.1 Bosque maduro ripario

El bosque maduro ripario intervenido es una comunidad vegetal siempre verde asociado a ríos y quebradas. En la región del Pacífico Seco con una estacionalidad muy marcada, durante la época seca los componentes florísticos de este ecosistema cuentan con mayor disponibilidad de humedad y mantienen el follaje a diferencia de la mayoría de las plantas de los bosques caducifolios que botan sus hojas como una estrategia adaptativa para mantener la poca humedad disponible.

Debido a la alteración antrópica por la actividad agropecuaria en toda la región y en el área de estudio en particular, esta comunidad vegetal se ha reducido a franjas angostas en las riberas de los ríos y quebradas, las cuales son objeto de extracción de madera y leña, además de utilizarse para refugio y ramoneo del ganado. Por lo tanto, su extensión, densidad, estructura y composición florística son muy variables dependiendo del grado de intervención.

Son pocos los sitios en el AP donde las franjas son más amplias y la intervención ha sido menor, por lo cual poseen mayor complejidad estructural y riqueza florística. En el embalse ocurre en la parte baja cercana al sitio de presa donde las franjas en el río Piedras son más anchas de 10 a 30 m al igual que en el extremo suroeste a orillas de la quebrada Biscoyol y sus afluentes. En la zona intermedia hasta la cola, el río Piedras posee franjas muy angostas de 10 m o menos.

En los sitios de los sifones del sector Canal Oeste, únicamente el río El Salto posee franjas más amplias de 50 a 100 m en ambos márgenes al igual que el río Tempisque, pero en éste último el bosque está muy intervenido.

El río Cabuyo cuenta solamente con una franja amplia de 50 m en su margen izquierda y los demás ríos de este sector tales como el Pijije y Zopilota tienen franjas angostas de 10 m de ancho con bosques secundarios aledaños, al igual que los ríos El Moral y Liberia que están inmersos en una matriz de cultivos agrícolas.

En cuanto a los sifones del sector Distribución, solamente a orillas del río Las Palmas hay pequeños bosquetes ribereños ralos e intervenidos, los demás ríos poseen franjas angostas de este mismo ecosistema con 10 a 15 m de ancho en sus riberas, tales como los ríos Sardinal, San Blas, Gallina, Belén, Cañas, Diría, Bolsón, Talonliguita y Charco.

En los sitios menos intervenidos y con franjas más amplias, este ecosistema es más complejo estructuralmente con al menos 3 estratos y un dosel de 25 m constituido por árboles de madroño (*Calycophyllum candidissimum*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), roble

de sabana (*Tabebuia rosea*), jobo (*Spondias mombin*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), surá (*Terminalia oblonga*), panamá (*Sterculia apetala*), zapotillo (*Pouteria reticulata*), pochote (*Bombacopsis quinata*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), níspero (*Manilkara chicle*), guanacaste blanco (*Albizia niopoides*) y carao (*Cassia grandis*), al igual que individuos aislados de ron ron (*Astronium graveolens*) y caoba (*Swietenia macrophylla*), junto con emergentes de mayor tamaño de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), espavel (*Anacardium excelsum*), cenízaro (*Samanea saman*), ceiba (*Ceiba pentandra*), chilamate (*Ficus insipida*), ojoche (*Brosimum allicastrum*), tempisque (*Sideroxylum capiri*), ceibo barrigón (*Pseudobombax septenatum*), varias especies de higuera (*Ficus spp.*) y alcornoque (*Licania arborea*).

En estratos intermedios hay árboles de porte medio de papaturro (*Cocoloba caracasana*, *C. acuminata*, *C. guanacastensis* y *C. venosa*), soncoya (*Annona purpurea*), cocoras (*Guarea glabra* y *G. nicaraguensis*), urucas de montaña, cedrón y manteco (*Trichilia americana*, *T. havanensis*, *T. hirta*, *T. martiana* y *T. pallida*), terciopelo (*Sloanea terniflora*), yos (*Sapium glandulosum*), sangrillo (*Pterocarpus michelianus*), guatil (*Genipa americana*), lagartillo (*Zanthoxylum fagara* y *Z. setulosum*), muñeco (*Cordia eriostigma*), madroño negro (*Guettarda macrosperma*), cortez negro (*Tabebuia impetiginosa*), corteza de chivo (*Godmania aesculifolia*) y fruta de pava (*Eugenia salamensis*) en asocio con otras muy abundantes como sotacaballo (*Zigia longifolia*), corteza amarilla (*Tabebuia ochraceae*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), almendro de río (*Andira inermis*), canelo (*Ocotea veraguensis*), guabas y cuajiniquiles (*Inga spp.*).

En el piso llamado sotobosque abundan árboles de pequeño porte de tucuico (*Ardisia revoluta*), avellán (*Garcia nuctans*), huesillo (*Allophylus occidentalis* y *A. psilospermus*), malacahuite (*Chomelia spinosa*), acerola (*Malpighia glabra*), petrono y crucillos (*Pisonia aculeata* y *Randia spp.*), asociadas a bijarro (*Stenmadennia obovata*), murtas (*Eugenia acapulcensis* y *Psidium sartorianum*), palo de arco (*Myrospermum frutescens*), aceituno (*Simaruba amara*), espuela de gallo (*Margaritaria nobilis*), naranjillo (*Hyperbaena tonduzii*), palo de sapo (*Sebastiania pavoniana*), ojochillo (*Trophis mexicana*), melón (*Agonandra macrocarpa*), pepenance (*Ximenia americana*), garrapatillo (*Hirtella racemosa*) y fruta de perico o nanciguiste (*Diospyros nicaraguensis*) junto a la palma uvita (*Bactris guineensis*), el cactus endémico cardón (*Stenocereus aragonii*) y especies arbustivas como siempreviva (*Bonellia nervosa*), achiote de monte (*Bixia urucurana*), anisillos y rabo de ratón (*Piper spp.*), talcacao (*Capparis frondosa* y *C. indica*), piedrilla (*Erythroxylum havanense*), guataco (*Rauvolfia tetraphylla*), trompillo (*Alibertia edulis*), gusanillo (*Acalypha diversifolia*) y escobillo (*Heteropterys laurifolia*), al igual que la piñuela (*Bromelia pinguin*), zacate de burro (*Oplismenus burmanii*), herbáceas de ajillo (*Petiveria alliacea*), carmín (*Rivina humilis*), cafesillo (*Psychotria horizontalis*), tabaquillo (*Aegiphilla odontophylla*), ñampí de montaña (*Dioscorea sp.*), ortigilla (*Phenax rugosus*), hierba de sapo (*Dorstenia contrajerva*), tomatillos de monte (*Solanum rudepannum* y *Witheringia sp.*), varias Acanthaceas como camarón (*Aphelandra scabra*), camaroncillo morado (*Ruellia inundata*) y pavoncillo rojo (*Razicea spicata*), además de Maranthaceas y Araceas terrestres, así como enredaderas y bejuco de ajillo (*Mansoa hymenaeae*), escalera de mono (*Bahunia guianensis*) y otros de las familias Passifloraceae y Sapindaceae de los géneros *Serjania* y *Paullinia*.

En zonas más intervenidas con mayor luminosidad, hay menor presencia de las especies apuntadas anteriormente y en su lugar predominan especies arbóreas típicas de ambientes abiertos como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia peltata*), cornizuelo

(*Acacia collinsii*), balsa (*Ochroma pyramidale*), capulines (*Trema micrantha* y *Muntingia calabura*), poro poro (*Cochlospermum vitifolium*), matacartagos (*Casearias* spp.), peipute (*Xilosma flexuosa* y *X. intermedia*), peine de mico (*Apeiba tibourbou*), laurel (*Cordia alliodora*), chapernos (*Lonchocarpus* spp.), hule (*Castilla elastica*), guácimo molenillo (*Luhea speciosa*), sahinillo (*Caesalpinia eriostachys*), papaya de monte (*Carica pennata*), rabo de ardilla (*Alvaradoa amorphoides*), mora (*Maclura tinctoria*), palanco (*Saphranthus palanga*), muñeco (*Cordia dentata*), guácharo (*Semialarium mexicanum*), cascúa (*Cupania guatemalensis*) chirca (*Thevetia obovata*), yayo (*Rhedera trinervis*), siete cueros (*Machaerium biovulatum* y *M. pittieri*), guacalmanono (*Cordia panamensis*), colpalchí (*Croton niveus*), jicaro (*Crescentia cujete*), michiguiste (*Pithecelobium dulce* y *P. lanceolatum*), saragundí (*Senna reticulata*) y madero negro (*Gliricidia sepium*).

Además, en estos sitios abiertos también se encuentran árboles frondosos muy dispersos de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), pochote (*Bombacopsis quinata*), quebracho (*Lysiloma divaricatum*), guayaquil (*Pseudosamanea guachapele*), mango (*Mangifera indica*), alcornoque (*Licania arborea*) y palmeras de coyol (*Acrocomia aculeata*). Abajo el sotobosque cuenta con mayor luminosidad por lo cual es denso y encharalado con abundancia de arbustos y hierbas heliófitas de rabo de chancho (*Helicteres guazumifolia*), candelillo (*Senna hayesiana*), pisí (*Hamelia patens*), escobilla (*Sida rhombifolia*), chan (*Hyptis suaveolens*), abejoncillo (*Senna nicaraguensis*), Corchorus hirtus, hierba santa (*Cnidioscolus urens*), moriseco (*Bidens pilosa*), biojo (*Hyptis capitata*) y amapola (*Malvaviscus arboreus*), así como zacates de jaragua (*Hyparrhenia rufa*), zacate guinea (*Panicum maximum*), zacate ilusión (*Pharus latifolia*), zacate fuego (*Rottboellia cochichinensis*) y gran abundancia de enredaderas y bejucos de pica pica (*Mucuna pruriens*), bejuco raspa (*Davilla kunthii* y *D. nitida*), lija (*Petrea volubilis*), bejuco morado (*Cydista diversifolia*), Jacquemontia sp., bejuco plateado (*Banisteiopsis muricata*), Bigneria aculeata, bejuco de corral (*Heropterys laurifolia*) y churrystate (*Ipomea* sp.).



Figura n° 8. 5. Bosque ripario en las márgenes del río Piedras en la zona central del embalse.

Bosque secundario

Esta comunidad vegetal consiste en un bosque secundario caducifolio de fase temprana e intermedia, que se estableció por sucesión natural posteriormente al abandono de los

potreros. Estructuralmente posee de 2 a 3 estratos, con un dosel principal de altura variable de 7 a 15 m dependiendo de la edad, las condiciones edáficas y humedad, además se caracteriza por la presencia de árboles aislados de gran porte y copas amplias remanentes de los antiguos potreros, cuya densidad de cobertura de copas es muy variable e influye en los factores microclimáticos de los estratos inferiores y en la variabilidad de la composición y estructura de este ecosistema.

Estos árboles emergentes de gran porte característicos de esta región del Pacífico Seco pertenecen a especies como cenízaro (*Samanea saman*), pochote (*Bombacopsis quinata*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), espavel (*Anacardium excelsum*), quebracho (*Lysiloma divaricatum*), alcornoque (*Licania arborea*), panamá (*Sterculia apetala*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), ceiba (*Ceiba pentandra*), guayaquil (*Pseudosamanea guachapele*), higuerones (*Ficus* spp.) y chilamate (*Ficus insipida*).

El estrato principal debajo de estos emergentes aislados, presenta dominancia de especies arbóreas pioneras y heliófitas durables de rápido crecimiento como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), cornizuelo (*Acacia collinsii*), chapernillo (*Lonchocarpus minimiflorus*), poró poró (*Cochlospermum vitifolium*), chaperno (*Lonchocarpus filipei*), corteza amarilla (*Tabebuia ochraceae*), sahinillo (*Caesalpinia eriostachys*), jobo (*Spondias mombin*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), madroño (*Calycophyllum candidissimum*), guácimo molenillo (*Luhea speciosa*), roble sabana (*Tabebuia rosea*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), guanacaste blanco (*Albizia niopoides*), hormigo (*Triplaris melaenodendron*), guaba peluda (*Inga vera*) y laurel (*Cordia alliodora*), asociados a chaperno (*Lonchocarpus oliganthus*), guarumo (*Cecropia peltata*), manteco (*Trichilia americana*), coyol (*Acrocomia aculeata*), fruta de pava (*Eugenia salamensis*), guatil (*Genipa americana*), guacalmanono (*Cordia panamensis*), carao (*Cassia grandis*), caraño (*Bursera graveolens*), lagarto (*Zanthoxylum setulosum*), gavilancillo (*Albizia adinocephala*), chaperno (*Lonchocarpus phaseolifolius*), uruca de montaña (*Trichilia martiana*), cedrón (*Trichilia irta*), hule (*Castilla elástica*), yos (*Sapium glandulosum*), sangrillo (*Pterocarpus michelianus*), cortez negro (*Tabebuia impetiginosa*), peine de mico (*Apeiba tibourbou*) y guachipelín (*Diphysa americana*). Aisladamente se encuentran individuos de mediano porte de ron ron (*Astronium graveolens*) especie amenazada y también cristóbal (*Platymiscium parviflorum*), laurel negro (*Cordia gerascanthus*) y cocobolo (*Dalbergia retusa*), las cuales están en peligro de extinción y cuya corta está vedada por el decreto ejecutivo 25700-MINAE de enero de 1977.

El estrato intermedio posee una densidad y composición florística variable dependiendo del grado de luminosidad presente, por lo tanto es una mezcla de especies arbóreas heliófitas efímeras y durables en asocio con algunas esciófitas parciales en sitios más sombreados, son muy comunes árboles de matacartago (*Casearia arguta*), soncoya (*Annona purpurea*), plomillos (*Casearia aculeata*, *C. tremula*, *C. praecox* y *C. sylvestris*), cola de ardilla (*Alvaradoa amorphoides*), guácharo (*Semialrium mexicanum*), papaturros (*Coccoloba caracasana* y *C. acuminata*), raspalengua (*Casearia corymbosa*), siete cueros (*Machaerium biovulatum* y *Lonchocarpus costaricensis*), palanco (*Sapranthus palanga*), petrono (*Pyzonia aculeata*), fruta de perico (*Dyospiros nicaraguensis*), huevos de caballo (*Stenmadenia obovata*), aceituno (*Simarouba amara*), crucillo (*Randia monantha* y *R. Thurberii*), capulín (*Trema micrantha*), cascúa (*Cupania guatemalensis*), michiguiste (*Pithecellobium dulce*), horquetillas (*Randia aculeata* y *R. armata*), mora (*Maclura tinctoria*), jocote (*Spondias purpurea*), canelo (*Ocotea veraguensis*), sotacaballo (*Zigia longifolia*), muñeco (*Cordia dentata* y *C. salvadorensis*), almendro de río (*Andira inermis*), palo de arco (*Myrospermum*

frutescens), espino de vaca (*Pithecellobium lanceolatum*), corteza de chivo (*Godmannia aesculifolia*), espuela de gallo (*Margaritaria nobilis*), ipil ipil (*Leucaena leucocephala*), papaya de monte (*Carica pennata*), acerola (*Malpighia glaba*), colpalchí (*Croton niveus*), guayacán carboncillo (*Acosmium panamense*), jicaro (*Crescentia cujete*), madero negro (*Gliricidia sepium*), papaturros (*Coccoloba padiformis* y *C. venosa*), guaba (*Inga multijuga*), pepenace (*Xymenia americana*), peipute (*Xylosma flexuosa*) y saragundí (*Cassia reticulata*).

La composición de especies arbustivas y herbáceas y otras plantas de flora menor que componen el estrato bajo o sotobosque varía según las condiciones microclimáticas y edáficas, influenciadas en gran parte por la densidad de la cobertura de los árboles de estratos superiores y emergentes. En sitios sombreados se encuentran las mismas especies del sotobosque del bosque ripario, junto con regeneración natural de especies arbóreas heliófitas durables y esciófitas de etapas sucesionales más avanzadas. En sitios más abiertos con mayor luminosidad, en el piso del bosque secundario se encuentran los mismos arbustos y hierbas de especies pioneras apuntadas anteriormente para zonas de bosque ripario muy intervenido.

En zonas con mayor humedad del suelo como en swampos u orillas de quebradas o desagües, se da gran abundancia de especies arbóreas de pequeño porte y arbustivas adaptadas a esta condición tales como papaturro (*Coccoloba caracasana*), aroma (*Acacia farnesiana*), michiguiste (*Pithecelobium dulce*) y trompillo (*Alibertia edulis*), al igual que la palma uvita (*Bactris guianensis*), la piñuela (*Bromelia pinguin*) y el zacate guinea (*Panicum maximum*).

Para la determinación de la estructura y composición florística del bosque ripario y secundario descritos anteriormente, además de recorridos exhaustivos por el área del Proyecto y sus áreas de influencia, se realizó un inventario forestal mediante un muestreo sistemático con arranque aleatorio, considerando una intensidad mínima de muestreo del 1.12 % y un error máximo de muestreo permisible del 15% para la estimación del área basal por hectárea, con una confiabilidad probabilística no menor del 95%. En cuanto a composición florística en el AP en total se contabilizaron 123 géneros y 192 especies pertenecientes a 46 familias botánicas (Ver cuadro n° 8.3).

A continuación, se presentan algunos resultados de este inventario que se pueden consultar en el informe técnico "Caracterización florística y estructural de los bosques presentes en el AP del PAACUME" (Ver documento Tomo II, anexo n° 8.1). En el siguiente gráfico se muestran las 15 especies arbóreas con mayor peso ecológico según el Índice de Valor de Importancia (IVI) por tipo de bosque y para el muestreo total.

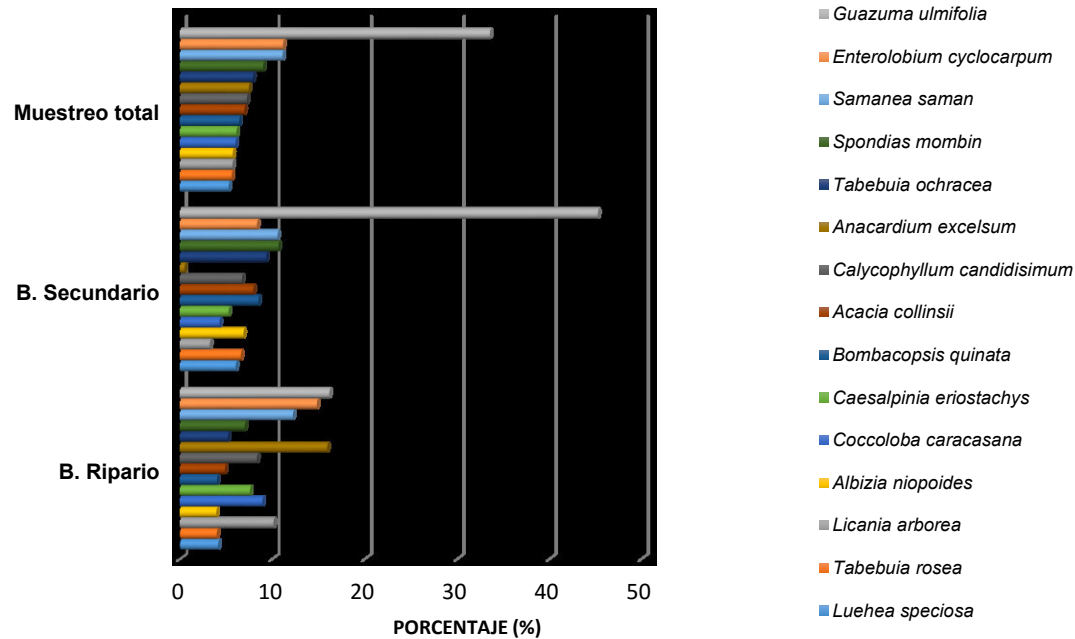


Figura n° 8. 6 Especies arbóreas con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) por tipo de bosque, en el AP del PAACUME. Muestreo forestal, oct. – dic. 2016.

El IVI es un índice que refleja la importancia o peso ecológico de las especies, compuesto por las siguientes variables: la abundancia, la frecuencia y el área basal. En el gráfico se aprecia que en el bosque ripario, las especies con mayor IVI son el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) que es un árbol heliófito de porte medio pero sumamente abundante que confirma que es un ecosistema alterado, por su parte guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), espavel (*Anacardium excelsum*), cenízaro (*Samanea saman*) y alcornoque (*Licania arborea*) además de ser abundantes son árboles emergentes muy gruesos y frondosos que aportan mucha área basal, le siguen en importancia madroño (*Calycophyllum candidissimum*) que es un árbol alto y jobo (*Spondias mombin*) y sahinillo (*Caesalpinia eriostachys*) que son de mediano porte y muy frecuentes, luego se encuentran pochote (*Bombacopsis quinata*) y guanacaste blanco (*Albizia guachapele*) que son altos pero no tan abundantes y asimismo corteza amarilla (*Tabebuia ochracea*), roble sabana (*Tabebuia rosea*) y guácimo molenillo (*Luehea speciosa*), por último está el cornizuelo (*Acacia collinsii*) que es medianamente abundante por ser una especie pionera y al ser delgado provee poca área basal.

En el caso del bosque secundario es extremadamente abundante el guácimo que es una especie colonizadora muy agresiva de rápido crecimiento, otros árboles como cenízaro, guanacaste y pochote son medianamente abundantes pero aportan mucha área basal al ser árboles frondosos remanentes, el cornizuelo es sumamente abundante por ser una especie pionera colonizadora pero al ser delgado provee poca área basal, por su parte jobo, corteza amarilla, roble sabana, guácimo molenillo, sahinillo y papaturro son colonizadoras de rápido crecimiento abundantes, durables y de porte medio que aportan cierta área basal al igual que guanacaste blanco que es de mayor porte en su madurez pero actualmente son individuos jóvenes, por último se encuentra el espavel que es un árbol muy frondoso

típico del bosque ripario, que en este bosque secundario es un tanto frecuente pero con árboles jóvenes y delgados.

En el Cuadro n°8.1 se presenta un resumen de algunos resultados de estructura y riqueza florística por tipo de bosque en el Área de Influencia (AP) del Proyecto, es importante señalar que el error de muestreo para el área basal es bajo y aceptable estadísticamente.

Cuadro n° 8. 1 Variables dasométricas de estructura y riqueza florística por tipo de bosque, en el AP del PAACUME. Muestreo forestal, oct. – dic. 2016.

Variables dasométricas de estructura y riqueza florística por tipo de bosque		
Variables dasométricas y riqueza florística (DAP ≥ 1 cm)	Tipos de bosque	
	Maduro ripario	Secundario
Riqueza (Cantidad de sp)	149 sp	178 sp
Densidad (Cantidad de arb/ha)	618 arb	632 arb
Área Basal (m ² /ha)	65	28,8
Volumen (m ³ /ha)	301,6	109,8
Biomasa en pie (Mg/ha)	338	123
Error de muestreo (E%)	7,4	6,6

Simbología: sp = especies, arb = arboles

Para referencia en el siguiente Cuadro n° 8.2 se presentan las variables dasométricas de bosques secundarios en Guanacaste.

El bosque secundario del AP en una etapa sucesional temprana a intermedia con árboles remanentes frondosos, presenta valores más altos en riqueza florística y área basal en comparación con los dos bosques secundarios intermedios de la región del Pacífico Seco, localizados en el Parque Nacional Palo Verde que está cercano al AP y en la Estación Experimental Forestal Horizontes ubicada al noroeste de Liberia, ambos en la zona de vida Bosque Seco Tropical. Sin embargo, al compararlo con el bosque secundario intermedio de la Península de Nicoya en Bosque Húmedo Tropical, los valores en área basal son más similares. Es pertinente aclarar que la estimación de las variables del inventario forestal en el AP se calculó con los individuos de DAP ≥ 1 cm, lo cual incide que las variables presenten valores de mayor magnitud en comparación con los otros bosques de la región, otro factor influyente es la variabilidad en la densidad de árboles frondosos remanentes en los sitios.

Cuadro n° 8. 2 Riqueza y variables dasométricas de bosques secundarios del Pacífico Seco de Costa Rica, según la fase de desarrollo.

Fuente	Zona de Vida	Fase de desarrollo	Edad (años)	Variables dasométricas		
				Riqueza (Cantidad sp)	Densidad (Cantidad arb)	Área basal (m ² /ha)
Spittler (2001) Estación Experimental Forestal Horizontes	Bs-T	Bosque secundario temprano	13	63	799	13.3
	Bs-T	Bosque secundario intermedio	17 a 25	68	914	17.2
	Bs-T	Bosque secundario tardío	50	64	996	30.6
González y Quesada (2004) Parque Nacional Palo Verde	Bs-T	Bosque secundario temprano	11 a 15	21	230 a 256	8.1 a 9.5
	Bs-T	Bosque secundario intermedio	20 a 29	35	288 a 720	10.6 a 21.5

Fuente	Zona de Vida	Fase de desarrollo	Edad (años)	Variables dasométricas		
				Riqueza (Cantidad sp)	Densidad (Cantidad arb)	Área basal (m ² /ha)
Quesada (2005) Nicoya Hojancha y Nandayure	Bh-T	Bosque secundario temprano	10 a 15	76	261 a 332	8.6 a 14.3
	Bh-T	Bosque secundario intermedio	≥20	112	322	25.8

Simbología: Bs-T=Bosque seco Tropical, Bh-T= Bosque húmedo Tropical, arb=árboles, sp=especies, ha=hectáreas

Cuadro n° 8. 3 Especies de plantas observadas en las áreas de influencia de PAACUME.

	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Hábito
1	Abejoncillo	<i>Senna nicaraguensis</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	ar
2	Aceituno	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	A
3	Aceituno blanco	<i>Forchhammeria pallida</i>	Capparidaceae	A
4	Acerola	<i>Malpighia glabra</i>	Malpighiaceae	A
5	Acerola de monte	<i>Bunchosia pilosa</i>	Malpighiaceae	A
6	Achiote de monte	<i>Bixa urucurana</i>	Bixaceae	h
7	Achiotillo	<i>Vismia ferruginea</i>	Clusiaceae	A
8	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	A
9	Ajillo	<i>Mansoa hymeneae</i>	Bignoniaceae	b
10	Ajillo, zorrillo	<i>Petiveria alliacea</i>	Phytolacaceae	h
11	Alcornoque	<i>Licania arborea</i>	Chrysobalanaceae	A
12	Almendo de río, arenillo	<i>Andira inermis</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
13	Amapola	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	h
14	Anonillo de montaña	<i>Annona reticulata</i>	Annonaceae	A
15	Aromo, Espino Blanco	<i>Acacia farnesiana</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
16	Avellán	<i>Garcia nuctans</i>	Euphorbiaceae	A
17	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	A
18	Bejuco de corral	<i>Heteropterys laurifolia</i>	Malpighiaceae	b
19	Bejuco morado	<i>Cydista diversifolia</i>	Bignoniaceae	b
20	Bejuco plateado	<i>Banisteriopsis muricata</i>	Malpighiaceae	b
21	Bejuco raspa1	<i>Davilla kunthii</i>	Sapindaceae	b
22	Bejuco raspa2	<i>Davilla nitida</i>	Sapindaceae	b
23	Bijarro	<i>Stermadenia ovobata</i>	Apocynaceae	A
24	Bizcoyol	<i>Bactris guianensis</i>	Arecaceae	P
25	Bombillo, biojo	<i>Hyptis capitata</i>	Lamiaceae	h
26	Cafesillo	<i>Psychotria horizontalis</i>	Rubiaceae	h
27	Calabacillo, jicarito de playa	<i>Amphitecna latifolia</i>	Bignoniaceae	A
28	Camarón	<i>Aphelandra scabra</i>	Acanthaceae	h
29	Camaroncillo morado	<i>Ruellia inundata</i>	Acanthaceae	h
30	Canastilla	<i>Calliandra rubescens</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
31	Candelillo	<i>Senna hayesiana</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	ar
32	Canelo	<i>Ocotea veraguensis</i>	Lauraceae	A
33	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	A
34	Capulín	<i>Trema micrantha</i>	Ulmaceae	A
35	Capulín dulce	<i>Muntingia calabura</i>	Muntingiaceae	A
36	Caraño	<i>Bursera graveolens</i>	Burseraceae	A
37	Carao, Sandal	<i>Cassia grandis</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	A
38	Cardón	<i>Stenocereus aragonii</i>	Cactaceae	c
39	Carmín	<i>Rivina humilis</i>	Phytolacaceae	h
40	Cascuá	<i>Cupania guatemalensis</i>	Sapindaceae	A
41	Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	A
42	Cedrón, uruca	<i>Trichilia hirta</i>	Meliaceae	A
43	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	A

Elaborado por

Desarrollador

	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Hábito
44	Ceibo barrigón	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Bombacaceae	A
45	Cenízaro	<i>Samanea saman</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
46	Cenízaro macho, Guayaquil	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
47	Cerrecillo	<i>Bunchosia cornifolia</i>	Malpighiaceae	A
48	Chan	<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiaceae	h
49	Chapernillo	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
50	Chaperno sp1	<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
51	Chaperno sp2	<i>Lonchocarpus felipei</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
52	Chaperno sp3	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
53	Chaperno sp4	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
54	Chaperno sp5	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
55	Chilamate	<i>Ficus insípida</i>	Moraceae	A
56	Chirca	<i>Thevetia ovata</i>	Apocynaceae	A
57	Churristate	<i>Ipomea sp.</i>	Convolvulaceae	e
58	Cocobolo	<i>Dalbergia retusa</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
59	Colpalchí	<i>Croton niveus</i>	Euphorbiaceae	A
60	Cordoncillo, rabo de ratón	<i>Piper reticulatum</i>	Piperaceae	ar
61	Cordoncillo, anisillo	<i>Piper tuberculatum</i>	Piperaceae	ar
62	Cornizuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
63	Cortez negro	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	A
64	Corteza amarilla	<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae	A
65	Corteza de chivo	<i>Godmania aesculifolia</i>	Bignoniaceae	A
66	Coyol	<i>Acrocomia aculeata</i>	Arecaceae	P
67	Cristóbal, cachimbo	<i>Platymiscium parviflorum</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
68	Crucillo sp1	<i>Randia armata</i>	Rubiaceae	A
69	Crucillo sp2	<i>Randia thurberi</i>	Rubiaceae	A
70	Crucillo sp3	<i>Randia monantha</i>	Rubiaceae	A
71	Encino, roble de bajura	<i>Quercus oleoides</i>	Fagaceae	A
72	Escalera de mono	<i>Bahuinia guianensis</i>	Bignoniaceae	b
73	Escalera de mono	<i>Bahuinia monantha</i>	Bignoniaceae	b
74	Espavel	<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	A
75	Espuela de gallo	<i>Margaritaria nobilis</i>	Euphorbiaceae	A
76	Fruta de pava, moridero	<i>Eugenia salamensis</i>	Myrtaceae	A
77	Fruta de perico, nancigüiste	<i>Diospyros nicaraguensis</i>	Ebenaceae	A
78	Garrapatillo, cerrecillo	<i>Hirtella racemosa</i>	Chrysobalanaceae	A
79	Gavilancillo	<i>Albizia adinocephala</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
80	Guaba peluda	<i>Inga vera</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
81	Guaba sp1	<i>Inga multijuga</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
82	Guacalmanono	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	A
83	Guácharo, palo de rosas	<i>Semialarium mexicanum</i>	Celastraceae	A
84	Guachipelín	<i>Diphysa americana</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
85	Guácimo molenillo	<i>Luehea speciosa</i>	Malvaceae	A
86	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	A
87	Guaitil, tapaculo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	A
88	Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
89	Guanacaste blanco	<i>Albizia niopoides</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
90	Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	A
91	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	A
92	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	A
93	Guayabillo, murta	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	A
94	Guayacán carboncillo	<i>Acosmium panamensis</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
95	Gusanillo	<i>Acalypha diversifolia</i>	Euphorbiaceae	h
96	Hierba de sapo	<i>Dorstenia contrajerba</i>	Moraceae	h
97	Hierba santa, mala mujer	<i>Cnidocolus urens</i>	Euphorbiaceae	h
98	Higuerón sp1	<i>Ficus obtusifolia</i>	Moraceae	A

Elaborado por

Desarrollador

	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Hábito
99	Higuerón sp2	<i>Ficus citrifolia</i>	Moraceae	A
100	Higuerón sp3	<i>Ficus máxima</i>	Moraceae	A
101	Higuerón sp4	<i>Ficus pertusa</i>	Moraceae	A
102	Higuerón sp5	<i>Ficus popenoei</i>	Moraceae	A
103	Higuerón sp6	<i>Ficus tonduzii</i>	Moraceae	A
104	Higuerón, matapalo	<i>Ficus goldmannii</i>	Moraceae	A
105	Higuito	<i>Ficus colubrinae</i>	Moraceae	A
106	Hormigo	<i>Triplaris melaenodendron</i>	Polygonaceae	A
107	Horquetilla, crucillo	<i>Randia aculeata</i>	Rubiaceae	A
108	Huesillo, Estaquillo	<i>Allophylus occidentalis</i>	Sapindaceae	A
109	Huesillo, Estaquillo	<i>Allophylus psilospermus</i>	Sapindaceae	A
110	Huevos de caballo, cachitos	<i>Tabernaemontana alba</i>	Apocynaceae	A
111	Hule	<i>Castilla elástica</i>	Moraceae	A
112	Indio desnudo, jiñocuabe	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	A
113	Ipil ipil, árbol milagroso	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
114	Jaragua	<i>Hyparhenia rufa</i>	Poaceae	g
115	Javillo	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	A
116	Jicaro	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	A
117	Jicaro	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae	A
118	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	A
119	Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	A
120	Jucó, capulín	<i>Trema micrantha</i>	Malvaceae	A
121	Lagartillo	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Rutaceae	A
122	Lagarto	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	Rutaceae	A
123	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	A
124	Laurel negro	<i>Cordia gerascanthus</i>	Boraginaceae	A
125	Lija, bejuco raspa	<i>Petrea volubilis</i>	Verbenaceae	b
126	Madero negro, cacaonance	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
127	Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	A
128	Madroño negro	<i>Guettarda macrosperma</i>	Rubiaceae	A
129	Malacagüite	<i>Chomelia spinosa</i>	Rubiaceae	A
130	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	A
131	Manteco	<i>Trichilia americana</i>	Meliaceae	A
132	Mario, palo de sapo	<i>Sebastiania pavoniana</i>	Euphorbiaceae	A
133	Matapulgas, escobillo	<i>Thouinidium decandrum</i>	Sapindaceae	A
134	Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Verbenaceae	A
135	Melón	<i>Agonandra macrocarpa</i>	Opilaceae	A
136	Michiguiste	<i>Pithecellobium dulce</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
137	Michiguiste, espino de vaca	<i>Pithecellobium lanceollatum</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
138	Mora, Palo de mora	<i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	A
139	Moriseco	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	h
140	Muñeco sp1	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	A
141	Muñeco sp2	<i>Cordia eriostigma</i>	Boraginaceae	A
142	Muñeco sp3	<i>Cordia guanacastensis</i>	Boraginaceae	A
143	Muñeco sp4	<i>Cordia salvadorensis</i>	Boraginaceae	A
144	Murta sp3	<i>Eugenia monticola</i>	Myrtaceae	A
145	Nacascal	<i>Caesalpinia coriaria</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	A
146	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	A
147	Naranjillo, papaturro monte	<i>Hyperbaena tonduzii</i>	Menispermaceae	A
148	Nispero, Chicle	<i>Manilkara chicle</i>	Sapotaceae	A
149	Nanpi de montaña	<i>Dioscorea sp.</i>	Dioscoreaceae	h
150	Ocora, pocora	<i>Guarea glabra</i>	Meliaceae	A
151	Ocora, pocora	<i>Guarea nicaraguensis</i>	Meliaceae	A
152	Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	A
153	Ojochillo	<i>Trophis mexicana</i>	Moraceae	A
154	Ortiguilla	<i>Phenax rugosus</i>	Urticaceae	h

	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Hábito
155	Palanco	<i>Sapranthus palanga</i>	Annonaceae	A
156	Palo de arco, guachipelín ratón	<i>Myrospermum frutescens</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
157	Panamá	<i>Sterculia apetala</i>	Malvaceae	A
158	Papaturro sp1	<i>Coccoloba caracasana</i>	Polygonaceae	A
159	Papaturro sp2	<i>Coccoloba acuminata</i>	Polygonaceae	A
160	Papaturro sp3	<i>Coccoloba guanacastensis</i>	Polygonaceae	A
160	Papaturro sp4	<i>Coccoloba venosa</i>	Polygonaceae	A
161	Papaya de monte	<i>Carica pennata</i>	Caricaceae	A
162	Pavoncillo rojo	<i>Razisea spicata</i>	Acanthaceae	h
163	Peine de mico	<i>Apeiba tibourbou</i>	Malvaceae	A
164	Peipute, Espino	<i>Xylosma flexuosa</i>	Salicaceae	A
165	Pepenance	<i>Xymenia americana</i>	Olacaceae	A
166	Petrono	<i>Pizonia aculeata</i>	Nyctaginaceae	A
167	Pica pica	<i>Mucuna pruriens</i>	Fabaceae-papilionoideae	e
168	Piedrillo	<i>Erythroxylum havanense</i>	Erythroxylaceae	ar
169	Piñuela	<i>Bromelia pinguin</i>	Bromeliaceae	p
170	Pisí, zorrillo colorado	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	ar
171	Pitahaya	<i>Hylocerus costaricensis</i>	Cactaceae	c
172	Plomillo, matacartago	<i>Casearia aculeata</i>	Salicaceae	A
173	Plomillo, matacartago	<i>Casearia arguta</i>	Salicaceae	A
174	Plomillo, matacartago	<i>Casearia corymbosa</i>	Salicaceae	A
175	Plomillo, matacartago	<i>Casearia guatemalensis</i>	Salicaceae	A
176	Plomillo, matacartago	<i>Casearia praecox</i>	Salicaceae	A
177	Plomillo, matacartago	<i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae	A
178	Plomillo, matacartago	<i>Casearia tremula</i>	Salicaceae	A
179	Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>	Bombacaceae	A
180	Poró	<i>Erythrina gibbosa</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
181	Poro poro	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bixaceae	A
182	Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
183	Rabo de chancho	<i>Helicteres guazumifolia</i>	Malvaceae	ar
184	Roble sabana	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	A
185	Ron ron	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	A
186	Sahino	<i>Caesalpinia eriostachys</i>	Fabaceae-caesalpinioideae	A
187	Sangrillo	<i>Pterocarpus michelianus</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
188	Siempreviva, burriquita	<i>Bonellia nervosa</i>	Primulaceae	ar
189	Sierrillo, cola de ardilla	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Simaroubaceae	A
190	Siete cueros sp1	<i>Lonchocarpus costaricensis</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
191	Siete cueros sp2	<i>Macherium biovulatum</i>	Fabaceae-papilionoideae	A
192	Sin nombre común	<i>Corchorus hirtus</i>	Malvaceae	h
193	Sin nombre común	<i>Jacquemontia sp.</i>	Convolvulaceae	e
194	Sotacaballo	<i>Zygia longifolia</i>	Fabaceae-mimosoideae	A
195	Surá, guayabón	<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	A
196	Tabaquillo	<i>Aegiphila odontophylla</i>	Verbenaceae	ar
197	Talcacao	<i>Capparis frondosa</i>	Capparidaceae	A

	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Hábito
198	Talcacao	<i>Capparis indica</i>	Capparidaceae	A
199	Teca	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	A
200	Tempisque	<i>Sideroxylon capiri</i>	Sapotaceae	A
201	Terciopelo	<i>Sloanea terniflora</i>	Elaeocarpaceae	A
202	Tomatillo de monte	<i>Solanum rudepannum</i>	Solanaceae	h
203	Tomatillo de monte	<i>Witheringia sp.</i>	Solanaceae	h
204	Toreta, soncoya	<i>Annona purpurea</i>	Annonaceae	A
205	Trompillo	<i>Alibertia edulis</i>	Rubiaceae	ar
206	Tucuico, Guastomate	<i>Ardisia revoluta</i>	Primulaceae	A
207	Uruca de montaña	<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	A
208	Uruca	<i>Trichilia havanensis</i>	Meliaceae	A
209	Uruca de montaña	<i>Trichilia pallida</i>	Meliaceae	A
210	Yayo	<i>Rhederia trinervis</i>	Verbenaceae	A
211	Yos	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	A
212	Zacate fuego	<i>Rottboellia cochichinensis</i>	Poaceae	g
213	Zacate guinea	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae	g
214	Zacate ilusión	<i>Pharus latifolia</i>	Poaceae	g
215	Zapotillo	<i>Pouteria reticulata</i>	Sapotaceae	A

Simbología: A=árbol, ar=arbusto, b=bejuco, c=cactus, e=enredadera, g=gramínea, h=hierba, p=piñuela, P=palma.



Figura n° 8. 7 Vista de bosque secundario caducifolio de ladera en las serranías del sector Embalse.



Figura n° 8. 8 Bosque secundario caducifolio de ladera en sitio de presa, al centro a la orilla del canal hay un árbol de cocobolo (*Dalbergia retusa*) especie en peligro de extinción
Foto 3472 18/03/2016.



Figura n° 8. 9 Bosque secundario caducifolio en partes altas de las serranías del sector Embalse con predominancia de árboles delgados de porte medio.



Figura n° 8. 10 Bosque secundario caducifolio en zona baja de topografía plana con estructura vertical de dos estratos y abundancia de árboles de porte bajo, en el sector Embalse.

8.1.1.4.2 Charral o matorral

El charral es la primera etapa del proceso de sucesión natural y se caracteriza por la presencia de especies herbáceas y arbustivas, con algunos árboles delgados aislados de especies pioneras heliófitas, así como regeneración natural de especies arbóreas de etapas más tardías de la sucesión que germinan y desarrollan bajo la sombra del dosel. (Figura n° 8.11)



Figura n° 8. 11 Charral en la ribera del río Piedras en la parte baja del sector Embalse.

En la cima de los cerros de la finca Invenio al oeste del sitio de presa se ubica un tipo de charral denominado matorral espinoso de 26 ha de extensión, que corresponde a una asociación edáfica de suelos vertisoles con arcillas expansivas sobre una capa de roca a poca profundidad (30 a 50 cm), que representa una limitante para el desarrollo de los árboles por lo cual la vegetación se compone de especies leñosas achaparradas, en su mayoría espinosas adaptadas a estas condiciones limitantes tales como cornizuelo (*Acacia collinsii*), aroma (*Acacia farnesiana*), abejoncillo (*Senna pendula* var. *grabrata*), caraño (*Bursera graveolens*), jicaro (*Crescentia cujete*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guácharo (*Semialarium mexicanum*), canastilla (*Calliandra rubescens*), chirca (*Thevetia ovata*), burriquita (*Bonellia nervosa*), tuna (*Opuntia guatemalensis*), moriseco (*Bidens pilosa*) y pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*).

8.1.1.4.3 Potreo o pastizal con árboles aislados

Esta comunidad vegetal está compuesta por gramíneas o zacates principalmente jaragua (*Hyparrhenia rufa*) en asocio con especies herbáceas y arbustivas, así como árboles aislados remanentes de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guayaquil (*Albizia guachapele*), cenízaro (*Samanea saman*), roble sabana (*Tabebuia rosea*), guanacaste blanco (*Albizia niopoides*), mora (*Maclura tintorea*), higuierón (*Ficus spp.*), jicaro (*Crescentia cujete*), raspaguacal (*Curatella americana*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), gallinazo (*Schizolobium parahyba*) y corteza amarilla (*Tabebuia ochraceae*), junto con palmeras de coyol (*Acrocomia aculeata*).

8.1.1.5 Especies indicadoras por ecosistema natural

8.1.1.5.1 Flora

8.1.1.5.1.1 Bosque maduro ripario

Según lo indicado en el apartado 8.1.1.4 anterior, el bosque maduro ripario del AP es un bosque siempre verde asociado a ríos y quebradas, por lo cual sus componentes florísticos cuentan con mayor disponibilidad de humedad incluso durante la época seca. Estas condiciones favorables permiten un mayor desarrollo, por lo cual son característicos árboles muy frondosos de copas amplias de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), espavel (*Anacardium excelsum*), cenízaro (*Samanea saman*), ceiba (*Ceiba pentandra*), chilamate (*Ficus insipida*), ojoche (*Brosimum alicastrum*), tempisque (*Sideroxylum capiri*), ceibo barrigón (*Pseudobombax septenatum*), varias especies de higuera (*Ficus spp.*) y alcornoque (*Licania arborea*), asociados a árboles altos de madroño (*Calycophyllum candidissimum*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), surá (*Terminalia oblonga*), panamá (*Sterculia apetala*), zapotillo (*Pouteria reticulata*) y níspero (*Manilkara chicle*), así como árboles de porte medio muy abundantes de estratos inferiores como sotacaballo (*Zigia longifolia*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), almendro de río (*Andira inermis*), canelo (*Ocotea veraguensis*), papaturros (*Cocoloba caracasana*, *C. acuminata*, *C. guanacastensis* y *C. venosa*), guabas y cuajiniquiles (*Inga spp.*). En el sotobosque son abundantes la palma uvita (*Bactris guineensis*) y especies arbustivas como siempreviva (*Bonellia nervosa*), achiote de monte (*Bixa urucurana*), anisillos (*Piper spp.*), talcacao (*Capparis frondosa* y *C. indica*), piedrilla (*Erythroxylum havanense*) y trompillo (*Alibertia edulis*), junto a herbáceas de ajillo (*Petiveria alliacea*), carmín (*Rivina humilis*), cafesillo (*Psychotria horizontalis*), ñampí de montaña (*Dioscorea sp.*), hierba de sapo (*Dorstenia contrajerva*), varias Acanthaceas como camarón (*Aphelandra scabra*), camaroncillo morado (*Ruellia inundata*) y pavoncillo rojo (*Razicea spicata*), además de Maranthaceas y Araceas terrestres.

Es pertinente apuntar que tal como se indica en el punto 8.1.1.4, este ecosistema se encuentra muy alterado y en muchos casos son franjas angostas con presencia de especies propias de ambientes abiertos detalladas en el punto anterior mencionado.

8.1.1.5.1.2 Bosque secundario

Según lo indicado en el apartado 8.1.1.4 anterior, esta comunidad vegetal consiste en un bosque secundario caducifolio de fase temprana e intermedia, que se estableció por sucesión natural posteriormente al abandono de los potreros. Estructuralmente posee de 2 a 3 estratos, con un dosel principal de altura variable de 7 a 15 m dependiendo de la edad, las condiciones edáficas y humedad, además se caracteriza por la presencia de árboles aislados de gran porte y copas amplias remanentes de los antiguos potreros, cuya densidad de cobertura de copas es muy variable e influye en los factores microclimáticos de los estratos inferiores y en la variabilidad de la composición y estructura de este ecosistema.

El estrato principal debajo de estos emergentes aislados, presenta dominancia de especies arbóreas pioneras y heliófitas durables de rápido crecimiento como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), cornizuelo (*Acacia collinsii*), chapernillo (*Lonchocarpus minimiflorus*), poró poró (*Cochlospermum vitifolium*), chaperno (*Lonchocarpus filipei*), corteza amarilla (*Tabebuia*

ochraceae), sahinillo (*Caesalpinia eriostachys*), jobo (*Spondias mombin*), madroño (*Calycophyllum candidissimum*), guácimo molenillo (*Luhea speciosa*), roble sabana (*Tabebuia rosea*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), guanacaste blanco (*Albizia niopoides*), hormigo (*Triplaris melaenodendron*), guaba peluda (*Inga vera*) y laurel (*Cordia alliodora*), asociados a otras especies indicadas en el punto 8.1.1.4,r junto con árboles de menor porte muy comunes de matacartago (*Casearia arguta*), soncoya (*Annona purpurea*), plomillos (*Casearia aculeata*, *C. tremula*, *C. praecox* y *C. sylvestris*), cola de ardilla (*Alvaradoa amorphoides*), guácharo (*Semialrium mexicanum*), raspalengua (*Casearia corymbosa*), siete cueros (*Machaerium biovulatum* y *Lonchocarpus costaricensis*), palanco (*Sapranthus palanga*), petrono (*Pyzonia acualeata*), crucillo (*Randia monantha* y *R. Thurberii*), capulín (*Trema micrantha*), cascúa (*Cupania guatemalensis*), horquetillas (*Randia aculeata* y *R. armata*), mora (*Maclura tinctoria*), jocote (*Spondias purpurea*) y muñeco (*Cordia dentata*).

8.1.1.5.2 Fauna

8.1.1.5.2.1 Metodología para la realización del Diagnóstico de Fauna

Para mayor facilidad en el desarrollo del trabajo de campo, el área de proyecto se dividió en tres zonas de estudio:

Zona 1, Embalse. Área de inundación y zonas aledañas que comprende al embalse, sitio de presa y áreas de influencia directa.

Esta zona a su vez se subdivide en: un primer sector que incluye la cuenca del río Piedras, en el tramo que va desde el puente en la carretera Interamericana cercano a Bagaces hasta el sitio de presa en la proximidad de la comunidad de Falconiana. Este sector incluye el área de inundación, donde los potreros arbolados se ubican en centro, los bosques secundarios en distintas etapas de sucesión en el sector sur, cerca del sitio de presa y los bosques riparios a lo largo del río Piedras y quebradas afluentes. El segundo sector incluye 10 km aguas abajo del sitio de presa (Sureste) hasta la finca Cabo Blanco, conformado mayormente por campos de cultivo de arroz y caña de azúcar, así como franjas angostas de bosque ripario en las riberas del río Piedras.

Zona 2, Canal Oeste. Área de conducción de agua conformada por el canal Oeste que comprende desde el pie de presa hasta la margen izquierda del río Tempisque.

Zona 3, Red de distribución. Área de conducción y distribución de riego en la margen derecha del río Tempisque, en los cantones de Carrillo, Santa Cruz y Nicoya.

En el área de estudio: Para la identificación de fauna terrestre (aves, mamíferos, reptiles y anfibios), se utilizaron las siguientes metodologías según protocolo ICE (2014):

Transectos: Con el propósito de abarcar todos los tipos de cobertura presentes en el área de embalse, se realizaron transectos de un kilómetro de longitud y un ancho de banda variable a cada lado de la línea central, en los cuales se registró tanto de día como de noche todos los grupos de fauna presentes.

Búsqueda intensiva: Esta técnica se realizó como actividad complementaria a los transectos, que implica recorridos aleatorios con el fin de abarcar mayor área y la identificación de más especies. Además, se incluye búsqueda de rastros (huellas, heces, señales de ramoneo, y cantos de aves) y la utilización de cámaras trampa ubicadas en sitios estratégicos de manera que abarcaran mayor cantidad de hábitats.

Los sitios de muestreo de fauna terrestre, así como las coordenadas geográficas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro n° 8. 4 Sitios de muestreo de Fauna en zonas 1, 2 y 3.

Zona	Transecto	Abrev	Coordenadas CTRM05		Ecosistema
			Este	Norte	
Embalse	Río Piedras bajo el Puente Carretera Interamericana	RPP	356958,0028	1165759,4542	Acuático y charral y potrero arbolado
	Río Piedras aguas arriba del sitio de presa	RPE	361329,3004	1156037,5819	Acuático y Bosque ripario
	Río Piedras 10 km aguas abajo del embalse, en finca Cabo Blanco	RPCB	363480,4538	1150945,6954	Acuático y Bosque ripario
	Quebrada Biscoyol 2 km aguas arriba de la presa, en finca INVENIO	QB	359923,8726	1156657,4689	Acuático y Bosque ripario
	Río Potrero aguas arriba del embalse	RPT	358860,2396	1162564,4565	Acuático y Bosque ripario
	Finca ASETREX	ASTX	357940,9964	1156583,6567	Bosque secundario y Bosque ripario
	Finca ASETREX sector Lomas Barbudal	ASTX-LB	357831,6213	1155431,4919	Bosque secundario y Bosque ripario
	Finca ASETREX sector Quebrada Biscoyol	ASRX-QB	359924,1185	1156656,5044	Acuático y Bosque ripario
	Eje de Presa, sitio de construcción del embalse	EJP	361094,1783	1155856,7798	Bosque secundario y Bosque ripario
	Embalse SENARA del canal Oeste.	EMSE	361720,3994	1156563,0349	Bosque secundario y humedal artificial
	Finca Ganadera Tropical El Volcán (Golden Mountain Valley)	FGMV	361189,3379	1158433,2047	Potrero arbolado y Bosque ripario
	Finca INVENIO	FIN	360876,2067	1156349,7094	Bosque secundario
	Finca Cabo Blanco, aguas abajo del sitio de presa.	FCB	363923,1742	1150615,6999	Acuático y Bosque ripario
Canal Oeste Tramo II	Eje Presa	T2	361068	1155855	Potrero arbolado
	Laguna artificial en canal oeste 2 km aguas abajo del sitio de presa	T2	360531	1154213	Bosque secundario y humedal artificial
	Lomas Barbudal colindancia con canal oeste	T2	355778	1153476	Bosque secundario
	Sifón Río Cabuyo	T2	348704	1160619	Acuático y Bosque ripario
	Hda Pelón Tilapiera	T2	346308	1159392	Bosque secundario
	Río Pijije	T2	346236	1160322	Acuático y Bosque secundario
	Río Salto	T2	343769	1158745	Acuático, Bosque ripario y bosque secundario

Zona	Transecto	Abrev	Coordenadas CTRM05		Ecosistema
			Este	Norte	
Canal Oeste Tramo III	Hda Pelón Compostera	T3	345912	1161010	Bosque secundario
	Quebrada Zopilota	T3	339353	1162117	Acuático y Bosque ripario
	Quebrada el Moral	T3	334946	1163666	Acuático, Bosque ripario y arrozal
	Río Liberia	T3	332338	1164169	Acuático, Bosque ripario y cañal
	Río Tempisque	T3	328205	1163524	Bosque ripario
Red Distribución	Río Las Palmas	RD	326945	1159876	Acuático y Bosque ripario
	Río Belén	RD	330224	1151212	Acuático y Bosque ripario
	Río Cañas	RD	329142	1146163	Acuático y Bosque ripario
	Río Diríá	RD	329229	1145006	Acuático, Bosque ripario y potrero
	Río Charco	RD	340244	1143233	Bosque ripario
	Río Bolsón	RD	342907	1146835	Bosque ripario

Tal y como se desarrolló anteriormente en la sección 8.1.1.3 y 8.1.1.4, la zona de estudio se caracteriza por poseer una diversidad de ecosistemas tales como los potreros arbolados, los matorrales espinosos, bosque secundario deciduo y bosque ripario. Debido a que estos ecosistemas se encuentran entremezclados en algunas áreas y los bosques forman islas entre zonas de potreros y campos agrícolas, es poco útil identificar especies indicadoras para cada tipo de ecosistema ya que se trasladan de un sitio a otro libremente en su búsqueda de alimento en una zona que hace difícil la sobrevivencia por el avance de la frontera agrícola y la cacería, lo cual se agudiza en los meses de verano donde la sequía es muy severa y son frecuentes los incendios forestales y agrícolas. Lo anterior hace que se hayan observado especies típicas de bosques como manigordos, en áreas abiertas posiblemente en sus rutas de paso de un sitio a otro, así como pumas y coyotes transitando fuera de la RBLB hacia zonas abiertas, por ello y por la gran extensión del AP que se extiende desde las proximidades de Bagaces en la margen izquierda del río Tempisque hasta la zona de Nicoya en la margen derecha del mismo río, resulta más adecuado presentar los listados de especies por zonas, relacionando éstas con las áreas de impacto del proyecto.

8.1.1.5.2.2 Avifauna de la zona 1, Embalse

Un total de 3127 individuos fueron observados o escuchados durante el periodo de estudio. Como referencia se tiene que la avifauna reportada para la RBLB, consta de alrededor de 56 familias y 282 especies migratorias y residentes. En nuestro caso en la zona 1 de monitoreo (Embalse), el grupo de aves está conformado por 49 familias y 136 especies representando el 48.6 %, del PNPV, esta menor cantidad refleja a grosso modo el estado de conservación de la zona de estudio, la cual está constituida en su mayoría por bosque ripario estrechado por el avance de las fincas ganaderas, pastizales y zonas de regeneración reciente.

Entre las especies observadas se encuentran aves migratorias tales como reinitas (*Setophaga petechia*, *Archilochus colubris*, *Vireo flavifrons*, *Vireo flavoviridis*), rapaces

(*Falco peregrinus*, *Buteo swainsoni*), cucos (*Coccyzus minor*, *Coccyzus americanus*) y residentes tales como el gorrión savanero (*Ammodramus savannarum*), rapaces (*Rupornis magnirostris*, *Buteogallus urubitinga*), garrapateros o tijos (*Crotophaga sulcirostris*), trogones (*Trogón melanocephalus*, *T. elegans*), palomas (*Zenaida asiatica*, *Columbina inca*, *C. passerina*) y algunas aves acuáticas como cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), garzas (*Ardea alba*, *Tigrisoma mexicanum*), martín pescador (*Chloroceryle amazona*, *Megaceryle torquatus*) entre otros .



Figura n° 8. 12. Gavilan de Swainson (*Buteo swainsoni*) rapáz migratoria que abunda cerca de los campos arados y quemados donde aprovecha para alimentarse.



Figura n° 8. 13 Cernicalo americanus (*Falco sparverius*), especie migratoria indicadora de ecosistemas de pastizales y potreros arbolados.



Figura n° 8. 14. Gorrión savanero (*Ammodramus savannarum*) especie indicadora de pastizales y matorrales observada huyendo de una quema de cañales y en la zona de inundación.



Figura n° 8. 15. Gavilán negro mayor (*Buteogallus urubitinga*), especie indicadora de áreas boscosas y frecuentemente observada en bordes de bosque, especialmente cerca de ríos.

En el cuadro n° 8.5, se muestran las especies detectadas en la zona, así como su ubicación según sitio de muestreo. Cabe resaltar que los sitios de muestreo (Cuadro n° 8.4) fueron

escogidos de manera que representan la mayor cantidad de hábitats disponibles y los diferentes tipos de cobertura vegetal presente.

Cuadro n° 8. 5 Lista total de aves presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la reserva biológica Lomas Barbudal, ASTX-QB: Finca Asetrex en el sector.

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo								
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N	
<i>Accipitridae</i>										
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto					X				
<i>Buteo plagiatus</i>	Gavilán Gris	X						X	X	
<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán Aludo						X			
<i>Buteo swainsoni</i>	Gavilán de Swainson	5						X		
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Águila negra mayor									X
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio Enano							X		
<i>Leptodon cayanensis</i>	Gavilán Cabecigrís									X
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Elanio Caracolero					X				
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Chapulinero	X				X	X	X	X	
<i>Alcedinidae</i>										
<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín Pescador Amazónico					X				X
<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde		X							X
<i>Megaceryle torquatus</i>	Martín Pescador Collarejo					X				X
<i>Anatidae</i>										
<i>Anas discors</i>	Cerceta Aliazul					X				
<i>Cairina moschata</i>	Pato Real					X	X			X
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije Común					X		X		X
<i>Anhingidae</i>										
<i>Anhinga anhinga</i>	Aninga					X				
<i>Apodidae</i>										
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuellicastaño									X
<i>Ardeidae</i>										
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza-Tigre Cuellinuda	X								
<i>Ardeidae</i>										
<i>Ardea alba</i>	Garceta Grande					X	X			X
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	X				X		X		3
<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Verde				X	X	X	X	X	
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Pico Cuchara				X			X		

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo								
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N	
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul									X
<i>Egretta thula</i>	Garceta Nivosa					X				X
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza-Tigre Cuellinuda	X			X	X	X	X	X	X
Bucconidae										
<i>Notharchus hyperrhynchus</i>	Buco Collarejo	X								X
Burhinidae										
<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván Americano	X					X	X	X	X
Caprimulgidae										
<i>Chordeiles minor</i>	Añapero Zumbón							X		
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacaminos Común	X				X		X	X	X
Cardinalidae										
<i>Passerina caerulea</i>	Picogrueso Azul					X		X	X	X
<i>Passerina ciris</i>	Azulillo Sietecolores						2			
<i>Passerina cyanea</i>	Azulillo Norteño						X			
<i>Piranga olivacea</i>	Tangara Escarlata					X				
Cathartidae										
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	X				X	X	X	X	X
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	X				X	X	X	X	X
Charadriidae										
<i>Vanellus chilensis</i>	Chorlito Sureño	X								
Ciconiidae										
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeñón			X		X				X
<i>Jabiru mycteria</i>	Jabirú						X			
Columbidae										
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Columbina minuta</i>	Tortolita Menuda							X	X	X
<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Común	X	X			X	X	X	X	X
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza							7		
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Coliblanca	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquirroja						X	X		
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Aliblanca	X				X	X	X	X	X
<i>Zenaida macroura</i>	Paloma Rabuda	X				X				
Corvidae										
<i>Calocitta Formosa</i>	Urraca Copetona	X				X	X	X	X	X
Cracidae										
<i>Crax rubra</i>	Pavón			X						
Cuculidae										

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo							
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N
<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo Piquigualdo								X
<i>Coccyzus minor</i>	Cuclillo de Antifaz					X			
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Tijo	X	X			X	X	X	X
<i>Morococcyx erythropygus</i>	Cuclillo Sabanero					X	X		
<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	X	X			X	X	X	X
Emberizidae									
<i>Ammodramus savannarum</i>	Sabanero Colicorto					X			X
<i>Arremonops conirostris</i>	Pinzón Cabecilistado	X							
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Pinzón Aceitunado	X	X						
<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero Cabecilistado					X	X	X	X
<i>Sporophila americana</i>	Espiguero Variable							X	X
<i>Sporophila torqueola</i>	Espiguero Collarejo						X		
Falconidae									
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Cargahuesos	X				X	X	X	
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino						X		
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano							X	
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco					X	X		X
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón de Monte Collarejo	X							
<i>Milvago chimachima</i>	Caracara Cabecigualdo							X	
Fringillidae									
<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Gargantinegra	X	X			X	X	X	X
Hirundinidae									
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijereta	X				X	X	X	X
<i>Progne chalybea</i>	Martín Pechigrís								1
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina Sureña					X			
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	GolondrinaNorteña					X			X
Icteridae									
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento								X
<i>Icterus gálbula</i>	Bolsero Norteño	X				X	X		
<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero Dorsilistado	X	X		X	X	X	X	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Clarinero, Zanate Grande					X	X	X	X
<i>Sturnella magna</i>	Zacatero Común	X				X	X	X	
Jacanidae									
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana						X		

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo								
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N	
<i>Mimidae</i>										
<i>Mimus gilvus</i>	Pájaro-imitador Tropical							X		
<i>Momotidae</i>										
<i>Eumomota superciliosa</i>	Momoto Cejiceleste	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Odontophoridae</i>										
<i>Colinus cristatus</i>	Codorniz Crestada	X						X	X	
<i>Pandionidae</i>										
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora					X	X			
<i>Parulidae</i>										
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita Cabecicastaña	X	X					X	X	
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Antifacito Coronigrís							X		
<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita Verdilla					X			X	
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	X			X	X	X	X	X	X
<i>Phalacrocoracidae</i>										
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical					X				
<i>Picidae</i>										
<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero Picoplata	X								
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de Hoffmann	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Pipridae</i>										
<i>Chiroxiphia linearis</i>	Saltarín Toledo		X							X
<i>Poliophtilidae</i>										
<i>Poliophtila albiloris</i>	Perlita Cabecinegra	X	X			X		X	X	
<i>Poliophtila plúmbea</i>	Perlita Tropical						X			
<i>Psittacidae</i>										
<i>Amazona albifrons</i>	Loro Frentiblanco	X	X			X	X	X	X	X
<i>Amazona auropalliata</i>	Lora de Nuca Amarilla					X	X	X	X	
<i>Ara macao</i>	Guacamayo Rojo						X			
<i>Brotogeris jugularis</i>	Periquito Barbinaranja	X	X			X	X	X	X	
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja		X			X	X	X	X	
<i>Ramphastidae</i>										
<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucancillo Collarejo		X							
<i>Recurvirostridae</i>										
<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela Cuellinegro					X		X	X	
<i>Scolopacidae</i>										
<i>Actitis macularius</i>	Andarríos Maculado					X				
<i>Strigidae</i>										

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo								
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N	
<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Lechuza Blanco y Negro									X
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Mochuelo Común	X					X			X
<i>Megascops cooperi</i>	Lechucita Sabanera	X				X				X
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de Anteojos									X
<i>Thraupidae</i>										
<i>Volatinia jacarinaA</i>	Semillerito Negro Azulado						X			
<i>Threskiornithidae</i>										
<i>Platalea ajaja</i>	Espátula Rosada									X
<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis Morito					X				
<i>Tinamidae</i>										
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú Canelo	X	X						X	X
<i>Trochilidae</i>										
<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia Canela	X							X	X
<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia Rabirrufa						X			
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí Garganta de Rubí	X				X	X	X	X	X
<i>Helimaster constantii</i>	Colibrí Pochotero	X	X			X		X	X	X
<i>Troglodytidae</i>										
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Soterrey Nuquirrufo	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Soterrey Barreteado	X	X			X		X	X	X
<i>Trogonidae</i>										
<i>Trogon elegans</i>	Trogón Elegante	X	X							X
<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón Cabecinegro	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Turdidae</i>										
<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Pardo (Yigüirro)				X			X	X	
<i>Tyrannidae</i>										
<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquerito Chillón						X			
<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí Occidental									X
<i>Contopus sp</i>	Pibí Occidental	X						X	X	
<i>Empidonax sp</i>	Mosquerito Vientriamarillo						X	X		
<i>Megarhynchus pitangua</i>	Mosquerón Picudo	X								X
<i>Myiarchus nuttingi</i>	Copetón de Nutting	X				X	X	X	X	
<i>Myiarchus sp</i>	Copetón						X			
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón Crestioscuro	X				X		X	X	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Copetón Crestipardo						X	X	X	

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de Muestreo							
		AST X	ASTX- LB	ASTX- QB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Mosquero Vientriazufrado							X	
<i>Myiodynastes maculatus</i>	Mosquero Listado	X						X	X
<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero Cejiblanco					X	X	X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Grande	X	X			X	X	X	X
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Piquiplano Azufrado	X	X			X	X	X	X
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada					X	X	X	X
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	X				X	X	X	X
<i>Tyritidae</i>									
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón Plomizo	X					X		
<i>Tytonidae</i>									
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario					X		X	
<i>Vireonidae</i>									
<i>Hylophilus decurtatus</i>	Verdillo Menudo	X	X				X	X	
<i>Vireo flavifrons</i>	Vireo Pechiamarillo							X	X
<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo Cabecigrís	X					X	X	X
<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo Amarillento						X		

8.1.1.5.2.3 Mastofauna de la zona 1, Embalse

Un total de 154 mamíferos terrestres no voladores fueron detectados por observación directa, indirecta y por medio de cámaras trampa. Este número de individuos se compone de 17 familias y 21 especies (Cuadro n°8.6). Al igual que las aves, la mayoría de las especies deambulan por las distintas coberturas vegetales, por ello con nuestras observaciones no es posible asignarles a todas unas preferencias de hábitat específica a excepción de algunas de ellas que solamente fueron observadas en bosque secundario y ripario como el tepezcuinle, guatusa y la rata vespertina.

De acuerdo a los listados de mamíferos del MINAE para la zona del PNPV, se reportan 17 familias de mamíferos terrestres con 74 especies sin incluir los mamíferos voladores o murciélagos. En este caso, la riqueza para el área de proyecto representa el 28 % de lo reportado para el parque y zonas aledañas, en tanto que para la RBLB el MINAE reporta 18 familias y 38 especies de tal manera que el área de embalse presenta una riqueza del 55 % de lo reportadas para esta reserva. Según la composición de especies se observan diferencias mayormente en cuanto a felinos, encontrándose únicamente 2 especies (*Leopardus pardalis*, *Puma yagouaroundi*) en el AP del embalse en tanto que en la segunda se reportan 5 especies (*Leopardus pardalis*, *Puma yagouaroundi*, *Pantera onca*, *Puma concolor*, *Leopardus weidii*), lo que sugiere que el área de estudio es un área alterada con reducida presencia de especies indicadoras de hábitat conservados sin embargo esto no disminuye la importancia de estos sitios como zonas alternas de alimentación y tránsito de especies que se movilizan entre parches de bosque a través de zonas en regeneración, campos de cultivo y fincas ganaderas.



Figura n° 8. 16. Mapache (*Procyon lotor*) observado en las instalaciones temporales de exploración geotécnica en el sitio de presa



Figura n° 8. 17. Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) transitando entre un arrozal y un potrero arbolado contiguo al canal oeste, sitio de presa.



Figura n° 8. 18. Tolomuco (*Eira barbara*) cruzando un camino interno en un bosque secundario dentro del área de embalse.

Cuadro n° 8. 6 Lista total de mamíferos presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la reserva biológica Lomas Barbudal, EJP: eje de presa en finca IN

Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo						
			AST X	ASTX- LB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N
Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	X		X		X	X	X
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote					X		
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris						X	X
Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono cariblanco	X	X	X		X	X	X
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca		X			X		X
Cricetidae	<i>Nyctomys sumichrasti</i>	Rata vespertina							X
Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuinle	X						
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa	X	X			X		X
Didelphidae	<i>Caluromys derbianus</i>	Zorro de Balsa					X		
	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón					X		X
Erethizontidae	<i>Coendou mexicanum</i>	Puercoespín			X				
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo							X
	<i>Puma yagouaroundi</i>	Yaguarundi						X	
Heteromyidae	<i>Liomys salvini</i>	Ratón de Monte							X
Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de Florida					X	X	X
Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tolomuco		X		X			X

Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo						
			AST X	ASTX- LB	EJ P	EMS E	FC B	FGM V	FI N
	<i>Mephitis macroura</i>	Mofeta						X	
Myrmecophagi dae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso Hormiguero			X				X
Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote				X	X	X	X
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache					X		X
Sciurudae	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla				X		X	X

8.1.1.5.2.4 Herpetofauna zona 1, Embalse

b. Reptiles

Para la comunidad de reptiles se observó un total de 43 individuos. Este número se compone de 8 familias y 12 especies (Cuadro n° 8.7). De acuerdo a los listados de herpetofauna del PNPV, se reportan 20 familias y 59 especies en el parque y áreas aledañas, cantidad mucho mayor a lo observado en este estudio donde obtuvimos un 25.5 % de esta riqueza. Por otra parte, esta riqueza de 12 especies de reptiles resulta menor que la reportada por la OET (2017) para el área de inundación de la RBLB y área de compensación ASETREX (18 especies) y de los listados del MINAE donde para la RBLB se reportan 14 familias y 23 especies, lo que sugiere que se requiere mayor esfuerzo de muestreo y/o que la riqueza del AP podría ser menor a lo esperado para áreas en mejor estado de conservación.



Figura n° 8. 19. Lagartija (*Holcosus undulatus*) observada en bosque secundario.



Figura n° 8. 20. Serpiente cascabel (*Crotalus durissus*), observada en bosque secundario y en campos de cultivo de caña.

Al igual que en los grupos anteriores se evidencia una composición de especies comunes para la zona (Cuadro n° 8.7) a excepción de la presencia de un único individuo, la culebra ciega (*Epicta goudotii*), la cual es una especie difícil de detectar y parece no haber sido reportada previamente para la zona del PNPV y RBLB. Además, se observa que las iguanas únicamente están presentes en los bosques riparios con cuerpos de agua permanentes.



Figura n° 8. 21. Culebra ciega (*Epicta goudotii*), observada en la finca INVENIO en un sector compuesto por matorral espinoso.

Cuadro n° 8. 7 Lista total de reptiles presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, ASTX-LB: finca ASETREX en el sector de la Reserva Biológica Lomas Barbudal, EJP: eje de presa en finca INVENIO)

Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo					
			ASTX	ASTX-LB	EJP	FCB	FGMV	FIN
Colubridae	<i>Coluber mentovarius</i>	Sabanaera de Bosque Seco			X			
	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Culebra corredora de petatillos	X					
	<i>Leptodeira annulata</i>	Falsa Mapanare					X	X
	<i>Trimorphodon biscutatus</i>	Culebra lira	X					X
Corytophanidae	<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco común			X			X
Eublepharidae	<i>Coleonyx mitratus</i>	Gecko Rayado						X
Geckonidae	<i>Hemidactylus gamotii</i>	Gecko Indopaífico					X	
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo	X	X	X	X	X	X
	<i>Iguana iguana</i>	Iguana				X	X	X
Leptotyphlopidae	<i>Epicta goudotii</i>	Culebra ciega						X
Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>	Ameiva manchada			X		X	X
Viperidae	<i>Crotalus durissus</i>	Cascabel						X

c. Anfibios

Se observaron un total de 143 individuos. Este número lo componen 3 familias y 6 especies (Cuadro n°8.8). En la zona de embalse, este grupo es más abundante que el de los reptiles sin embargo es de menor riqueza, por otra parte, representa solamente el 27 % de las especies del PNPV, el cual se compone de 7 familias y 22 especies, y el 42.8 % de lo reportado hasta el momento para la RBLB y ASETREX donde OET (2017) reporta 16 especies de anfibios para la cobertura vegetal de bosque seco y 14 para el área de inundación de la RBLB y área de compensación ASETREX.

Al igual que con los reptiles, se observa una riqueza mucho menor que las áreas de conservación cercanas, aunque con una composición de especies similar. Todas ellas son especies indicadoras de ambientes acuáticos, observándose en orillas de ríos, quebradas y charcas temporales que ocurren en época de invierno.

Cuadro n° 8. 8 Lista total de anfibios presente en el área de inundación del embalse río Piedras y zonas de influencia directa e indirecta. (ASTX: finca ASETREX, FGMV: finca Golden Mountain Valley, FIN: finca INVENIO).

Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		
			ASTX	FGMV	FIN
Bufonidae	<i>Incilius luetkenii</i>	Sapo amarillo	X		
	<i>Rhinella marina</i>	Sapo gigante	X	X	X
Leptodactylidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	Rana túngara		X	X
	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Rana de hojarasca			X
Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>	Rana forreri	X	X	X
	<i>Lithobates vaillanti</i>	Rana verde			X



Figura n° 8. 22. Sapo oveja (*Hypopachus variolosus*) observado en época lluviosa en charcas temporales, en zonas abiertas como campos de cultivo y pastizales arbolados fuera del área del AP.



Figura n° 8. 23. Rana Tungara (*Engystomops pustulosus*), observada en época lluviosa en charcas temporales en zonas abiertas como campos de cultivo y pastizales arbolados.

8.1.1.5.2.5 Zona 2 y 3

a. Avifauna

En cuanto al Canal Oeste Tramo II, se registró un total de 107 especies pertenecientes a 46 familias, siendo este el sector con más registros de los tres sitios de muestreo. Por otro lado, en Tramo III se contabilizaron 74 especies de 33 familias diferentes y finalmente para el área de distribución solamente 72 especies las cuales corresponden a 27 familias.

Entre las especies migratorias se encuentran rapaces como el Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*), y el gavilán de Swainson (*Buteo swainsoni*), especies migratorias (*Dendrocygna autumnalis*) como el piche y reinitas varias (*Oreothlypis peregrina*, *Basileuterus rufifrons*, *Parkesia noveboracensis*, *Protonotaria citrea*, *Setophaga petechia* entre otras). En el Cuadro n°8.9 se presenta la lista completa por sitio de muestreo.

Cuadro n° 8. 9 Lista total de aves presente en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución).

Familia	Especie	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto	X	X	X
	<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán Aludo	X		X
	<i>Elanoides forficatus</i>	Elanio Tijereta		X	
	<i>Elanus leucurus</i>	Elanio Coliblanco	X		

Familia	Especie	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Chapulinero	X		X
	<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán Colifajeado	X		X
	<i>Buteo swainsoni</i>	Gavilán de Swainson	X	X	X
	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Alicastaño		X	
	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán Caracolero	X		
Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	Martín Pescador Amazónico	X		X
	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde	X	X	X
	<i>Megaceryle torquatus</i>	Martín Pescador Collarejo	X	X	X
Anatidae	<i>Anas discors</i>	Cerceta Aliazul	X	X	
	<i>Cairina moschata</i>	Pato Real	X		
	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije Común (Piche)	X	X	
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	Aninga (Pato Aguja)	X		
Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	Carao (Correa)	X	X	
Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	X	X	X
	<i>Egretta thula</i>	Garceta Nivosa	X	X	X
	<i>Egretta tricolor</i>	Garceta Tricolor			X
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Martinete Cabecipinto		X	
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Martinete Coroninegro (Chocuaca)	X	X	X
	<i>Ardea alba</i>	Garceta Grande (Garza Real)	X	X	X
	<i>Ardea herodias</i>	Garzón Azulado	X		
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	X	X	X
	<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Verde (Martín Peña)	X	X	X
	<i>Cochlearius cochlearius</i>	Pico Cuchara (Chocuaco, Cuaca)	X		
	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza-Tigre Cuellinuda	X	X	X
Burhinidae	<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván Americano	X		
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacaminos Común (Cuyeo, Pucuyo)	X		
Cardinalidae	<i>Cyanocompsa cyanooides</i>	Picogrueso Negro Azulado		X	
	<i>Passerina caerulea</i>	Picogrueso Azul (Alondra)	X		X
	<i>Passerina ciris</i>	Azulillo Sietecolores (Arcoiris, Siete Colores)			X
	<i>Passerina cyanea</i>	Azulillo Norteño (Indris)			X
	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogrueso Pechirrosado (Calandria)			X
	<i>Piranga ludoviciana</i>	Tangara Carirroja		X	
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	X	X	X

Familia	Especie	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro (Zoncho)	X	X	X
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeñón	X	X	X
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	X	X	X
	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita Común	X	X	X
	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	X	X	X
	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Coliblanca	X	X	X
	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquirroja (Paloma Morada)	X	X	
	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Aliblanca (Arrocera)	X	X	X
Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	X		
Cuculidae	<i>Morococcyx erythropygus</i>	Cuclillo Sabanero (Horero)	X		
	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Piquiestriado (Tijo)	X	X	X
	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	X		
Emberizidae	<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero Cabecillado	X	X	X
	<i>Sporophila americana</i>	Espiguero Variable	X		X
	<i>Sporophila torqueola</i>	Espiguero Collarejo		X	X
Estrildidae	<i>Lonchura malacca</i>	Monjita Tricolor	X		
Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Cargahuesos	X	X	
	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco	X	X	
Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia Gargantinegra	X	X	X
Furnariidae	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	Trepador Cabecirrayado	X		
Hirundinidae	<i>Progne chalybea</i>	Martín Pechigrís	X		
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azul y Blanco	X	X	X
	<i>Riparia riparia</i>	Golondrina Ribereña	X		
	<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Lomiblanca			X
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Tijereta	X	X	X
	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina Alirrasposa Norteña	X		X
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento (Sargento)	X	X	
	<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor	X		
	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero Norteño (Cacique Veranero, Naranjero)	X	X	X
	<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero Dorsilistado (Chorcha)	X	X	X
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande (Sanate, Zanate)	X		X
Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana (Cirujano, Gallito de Agua)	X	X	X
Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momoto Cejiceleste (Pájaro Bobo)	X	X	X

Familia	Especie	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora (Gavilán Pescador)	X	X	X
Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita Cabecicastaña	X		
	<i>Geothlypis poliocephala</i>	Antifacito Coronigrís			X
	<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita Verdilla (Cazadorcita)	X	X	X
	<i>Parkesia noveboracensis</i>	Reinita Acuática Norteña			X
	<i>Protonotaria citrea</i>	Reinita Cabecidorada		X	X
	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla (Canarita)	X	X	X
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical (Pato Chancho)	X	X	
Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de Hoffmann	X	X	X
Pipridae	<i>Chiroxiphia linearis</i>	Saltarín Toledo (Toledo)	X		
Poliptilidae	<i>Poliptila albiloris</i>	Perlita Cabecinegra	X	X	X
	<i>Poliptila plumbea</i>	Perlita Tropical	X	X	X
Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro Frentiblanco	X		
	<i>Amazona auropalliata</i>	Lora de Nuca Amarilla	X	X	X
	<i>Brotogeris jugularis</i>	Periquito Barbinaranja (Perico, Zapoyolito, Catano)	X	X	X
	<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja (Catano, Periquito, Zapoyol)	X	X	X
Rallidae	<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallareta Morada	X		
Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela Cuellinegro (Soldadito)	X	X	
Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	Andarrios Maculado	X	X	X
Strigidae	<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de Anteojos (Oropopo)	X		
Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	Batará Barreteado		X	
Thraupidae	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Mielero Patirrojo	X		
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito Negro Azulado	X	X	X
Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis Blanco	X		
	<i>Platalea ajaja</i>	Espátula Rosada	X		
Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú Canelo	X		
Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia Canela	X		X
	<i>Amazilia saucerrottei</i>	Amazilia Culi azul	X	X	X
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia Rabirrufa	X	X	x
	<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí Manguito Pechiverde	X	X	X
	<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí Garganta de Rubí	X	X	
	<i>Helimaster constantii</i>	Colibrí Pochotero	X	X	

Familia	Especie	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
Troglodytidae	<i>Thryophilus rufalbus</i>	Soterrey Rufo y Blanco	X		
	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Soterrey Nuquirrufo (Chico Piojo)	X	X	X
	<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Soterrey de Costillas Barreteadas	X	X	X
Trogonidae	<i>Trogon elegans</i>	Trogón Elegante	X	X	
	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón Cabecinegro	X	X	X
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo Pardo (Yigüirro)	X		X
Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí Occidental (Tontillo, Piguí)		X	
	<i>Contopus sp</i>	Pibí Occidental	X	X	X
	<i>Elaenia flavogaster</i>	Elainia Copetona	X		
	<i>Megarhynchus pitangua</i>	Mosquerón Picudo (Pecho Amarillo)			X
	<i>Myiarchus nuttingi</i>	Copetón de Nutting (Tontillo)	X	X	X
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón Crestioscuro (Tontillo)		X	
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Copetón Crestipardo (Tontillo)	X		
	<i>Myiodynastes maculatus</i>	Mosquero Listado (Pecho Amarillo)	X		
	<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero Cejiblanco (Pecho Amarillo)	X	X	X
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo Grande (Cristo Fue, Pecho Amarillo)	X	X	X
	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Piquiplano Azufrado	X		
	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada (Tijerilla)	X		
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical (Pecho Amarillo)	X	X	X
Tytridae	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón Plomizo	X	X	
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario	X		
Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo Cabecigrís	X	X	X
	<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo Amarillento	X		X

Dentro de los sitios muestreados a lo largo del Canal Oeste, se debe destacar la finca el Pelón de la Bajura entre el río Cabuyo y el río Salto, donde existe una transición entre bosque secundario y cultivos de Tilapia, por lo que se cuantificaron grandes cantidades de aves acuáticas y rapaces. Especies como el Gavilán Caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), la Espátula Rosada (*Platalea ajaja*), el Cigueñon (*Mycteria americana*), y el Cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) se observan en cantidades conviviendo en este ambiente. (Figura n° 8.24).



Figura n° 8. 24. Interacciones entre las diferentes especies de aves. Tilapiera de la Finca Pelón de la Bajura.

b. Mastofauna

La mastofauna presente en los sitios de muestreo corresponde a lo detallado en el Cuadro n°8.10, que suma un total de 17 especies de 14 familias diferentes, siendo la familia Felidae la que presenta más especies.

La mayoría de las especies mayores como coyotes (*Canis latrans*), el Puma (*Puma concolor*) y Manigordo (*Leopardus pardalis*) se reportaron en la colindancia de la Reserva Biológica Lomas Barbudal mediante el uso de cámaras trampa en las cercanías de los puentes de acceso a la reserva, además se observaron huellas al otro lado del canal, lo que sirve como indicio de que estos puentes son utilizados como pasos de fauna para movilizarse en la zona (Figuras n° 8.25, 8.26 y 8.27).



Figura n° 8. 25 Puma (*Puma concolor*) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.



Figura n° 8. 26. Manigordo (*Leopardus pardalis*) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.



Figura n° 8. 27 Coyote (*Canis latrans*) en las cercanías del canal Oeste, RBLB.

Cuadro n° 8. 10 Lista total de mamíferos presente en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución.

Familia	Nombre científico	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono aullador, Congo	X	X	X
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	X	X	
Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Capuchino Cariblanco	X	X	X
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	X	X	

Familia	Nombre científico	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
			T2	T3	RD
Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas	X		
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa	X	X	
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	X		X
Erethizontidae	<i>Coendou mexicanum</i>	Puercoespín	X		
Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	Yaguarundi	X		
	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	X		
	<i>Puma concolor</i>	Puma	X		
Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de Florida, Conejo Castellano	X	X	
Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso Hormiguero	X		
Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote	X	X	
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	X	X	
Sciurudae	<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla, Chiza	X	X	X
Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Saino	X		

c. Herpetofauna

Para la Zona 2 y 3, se reportan 10 especies de reptiles y 5 especies de anfibios, pertenecientes a 8 y 5 familias respectivamente. Entre las especies de reptiles observadas en todos los sitios se encuentran el Basilisco (*Basiliscus basiliscus*), el Cocodrilo (*Crocodylus acutus*), el Garrobo (*Ctenosaura similis*), la Iguana Verde (*Iguana iguana*) y la Lagartija (*Holcosus undulatus*). Mientras que en el caso de los anfibios solo la especie *Lithobates forreri* se encontró en toda el área. Cuadro n°8.11.

Cuadro n° 8. 11 Lista total de reptiles y anfibios presentes en el área del canal oeste y red de distribución para el PAACUME. (T2: Canal Oeste Tramo II; T3: Canal Oeste Tramo III y RD: Red Distribución.

	Familia	Nombre científico	Nombre Común	Sitios de Muestreo		
				T2	T3	RD
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa		X	
	Colubridae	<i>Coluber mentovarius</i>	Sabanaera de Bosque Seco	X		
		<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquillo	X		
	Corytophanidae	<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco común	X	X	X
	Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo	X	X	X
	Geoemydidae	<i>Rhinoclemys pulcherrina</i>	Tortuga de Bosque	X		
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada, Garrobo	X	X	X	

		<i>Iguana iguana</i>	Iguana Verde	X	X	X
	Kinosternidae	<i>Cryptochelys leucostoma</i>	Tortuga candado	X		
	Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>	Ameiva manchada	X	X	X
Anfibios	Bufo	<i>Rhinella marina</i>	Sapo de caña	X	X	
	Hylidae	<i>Scinax staufferi</i>	Rana de Stauffer	X		
	Leptodactylidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	Rana túngara	X	X	
	Microhylidae	<i>Hypopachus variolosus</i>	Sapo Oveja	X		X
	Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>	Rana	X	X	X



Figura n° 8. 28 Boa béquer (*Boa constrictor*) encontrada en canal Oeste Tramo III.



Figura n° 8. 29. Cocodrilo (*Crocodylus acutus*), Canal Oeste Tamo II.

8.1.1.6 Especies endémicas con poblaciones reducidas o en vías de extinción

Con base en el muestreo forestal realizado en el AP, únicamente se encontró una especie endémica que es el cactus de nombre vernáculo cardón y nombre científico *Stenocereus aragonii* de la familia Cactaceae. Adicionalmente se registraron 14 especies arbóreas que en Costa Rica se consideran con algún grado de amenaza en sus poblaciones (sin llegarse a considerar especies en peligro de extinción) de acuerdo a la revisión de listas rojas sobre especies prioritarias para conservación (UICN, 2016) y también, los apéndices I, II y III del Convenio sobre Conservación de Especies de Flora y Fauna (CITES, 2016). Éstas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro n° 8. 12 Listado de especies florísticas con algún grado de amenaza presentes en el AP.

Especie (Nombre científico)	Nombres comunes	Familia botánica
Anacardium excelsum	Espavel	Anacardiaceae
Astronium graveolens	Ron ron	Anacardiaceae
Hymenaea courbaril	Guapinol	Caesalpinaceae
Albizia niopoides	Guanacaste blanco	Mimosaceae
Cedrela odorata	Cedro amargo	Meliaceae
Eugenia salamensis	Fruta de pava, moridero	Myrtaceae
Agonandra macrocarpa	Melón	Opiliaceae
Manilkara chicle	Níspero, chicle	Sapotaceae
Sideroxylon capiri	Tempisque	Sapotaceae
Ceiba pentandra	Ceiba	Malvaceae
Bursera graveolens	Caraño	Burseraceae
Capparis discolor	Talcacao	Capparidaceae
Forchhammeria pallida	Aceituno blanco	Capparidaceae
Acosmium panamense	Guayacán carboncillo	Papilionaceae
Stenocereus aragonii	Cardón	Cactaceae

Fuente: (UICN, 2016); (CITES, 2016); Baltodano, J. 2003.

Algunas especies son relativamente frecuentes e inclusive algo abundantes en el AP, tales como guanacaste blanco, espavel, tempisque, ceiba, guapinol y fruta de pava; en contraposición otras especies son escasas como guayacán carboncillo, níspero, aceituno blanco, talcacao, caraño, melón y cardón.

En cuanto a especies declaradas en peligro de extinción, en la zona de estudio se registraron las siguientes cinco especies: cocobolo (*Dalbergia retusa*), chaperno (*Lonchocarpus phaseolifolius*), laurel negro (*Cordia gerascanthus*), Cristóbal (*Platymiscium parviflorum*) y caoba (*Swietenia macrophylla*), la corta de las tres últimas está prohibida por el decreto ejecutivo 25700-MINAE.

8.1.1.6.1 Avifauna zona 1, Embalse.

Con respecto a la categoría de protección de las especies, según los listados del estado de conservación de las especies de la UICN, todas las especies observadas se encuentran en categoría de preocupación menor LC o no están registradas.

Las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro según Apéndice I de la CITES y LCVS son la lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*), lapa roja (*Ara macao*), el galán sin ventura (*Jabiru mycteria*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y la espátula rosada (*Platalea ajaja*). Cabe destacar que solamente la lora nuca amarilla se encuentra de manera frecuente en el área de inundación, las otras especies citadas han sido observadas una única vez en el All, hacia el sur este del sitio de presa, en las zonas de campos de cultivos aledañas al río piedras en la finca Cabo Blanco (FCB), sitio que no será inundado y que se ubica aproximadamente 10 Km aguas abajo del sitio de presa. Las especies que figuran como no necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (Apéndice II CITES y LCVS) se muestran en el Cuadro n°8.13.

Cuadro n° 8. 13 Estado de conservación de las aves presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.

Especie	Nombre Común	CITES		UICN	LCVS 32633	
		I	II	LCVS	Peligro de extinción	Reducidas o amenazadas
<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia canela		X	X		
<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia rabirrufa		X	X		
<i>Amazona albifrons</i>	Lora frenti blanca		X	X		X
<i>Amazona auropalliata</i>	Lora nuca amarilla	X		X	X	X
<i>Ara macao</i>	Lapa Roja	X		X	X	
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí		X	X		
<i>Brotogeris jugularis</i>	Perico barbinaranja		X	X		X
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán colicorto		X	X		
<i>Buteo plagiatus</i>	Gavilán gris		X	X		
<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán Aludo		X	X		
<i>Buteo swainsoni</i>	Gavilán de Swainsoni		X	X		
<i>Buteogallus urubitinga</i>	Águila negra mayor		X	X		X
<i>Cairina moscata</i>	Pato real					X
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara		X	X		
<i>Crax rubra</i>	Pavón					X
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico frente naranja		X	X		X
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	X		X		X
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano		X	X		
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio enano		X	X		
<i>Glaucidium brasilianum</i>	Mochuelo común		X	X		
<i>Heliomaster constantii</i>	Colibrí pochotero		X	X		
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco		X	X		

Especie	Nombre Común	CITES		UICN		LCVS 32633	
		I	II	LCVS	Peligro de extinción	Reducidas o amenazadas	
<i>Jabiru mycteria</i>	Cigüeñón	X		X	X		
<i>Leptodon cayanensis</i>	Gavilán cabecigrís		X	X			
<i>Megascops cooperi</i>	Lechucita sabanera		X	X			
<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón de monte collarejo		X	X			
<i>Milvago chimachima</i>	Caracara cabecigualdo		X	X			
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora		X	X			
<i>Platalea ajaja</i>	Espátula rosada				X		
<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis morito		X	X			
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de anteojos		X	X			
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Elanio caracolero		X	X		X	
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán chapulinero		X	X			
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario		X	X			

8.1.1.6.2 Avifauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución

De todas las especies observadas en la Zona 2 y Zona 3 solamente la *Passerina ciris* también conocida como Azulillo Siete Colores se encuentra en la categoría de Casi Amenazada (NT) para la UICN, mientras que las demás se clasifican como Preocupación Menor (LC). Entre las especies con mayor grado de protección según la Ley de Conservación de Vida Silvestre 32633 (LCVS) para nuestro país son los psitácidos como la Lora de Nuca Amarilla (*Amazona auropalliata*), el Periquito Barbinaranja (*Brotogeris jugularis*) y el Perico Frentinaranja (*Eupsittula canicularis*). Las especies en el Cuadro n°8.14 son las que se encuentran presentes en los apéndices I, II y III de CITES:

Cuadro n° 8. 14 Estado de conservación de las aves presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACuMe.

Especie	Nombre Común	CITES			UICN		LCVS 32633	
		I	II	III	LC	NT	Peligro de Extinción	Reducidas o Amenazadas
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto		X		X			
<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán Aludo (Gavilán Pollero)		X		X			
<i>Elanoides forficatus</i>	Elanio Tijereta (Gavilán Tijereta)		X		X			
<i>Elanus leucurus</i>	Elanio Coliblanco (Gavilán Bailarín, Gavilancillo Blanco)		X		X			
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Chapulinero (Pata Podrida)		X		X			
<i>Buteo albonotatus</i>	Gavilán Colifajeado		X		X			
<i>Buteo swainsoni</i>	Gavilán de Swainson		X		X			
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Alicastaño		X		X			

Especie	Nombre Común	CITES			UICN		LCVS 32633	
		I	II	III	LC	NT	Peligro de Extinción	Reducidas o Amenazadas
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Elanio Caracolero (Gavilán Caracolero)		X		X			
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije Común (Piche, Quichichi, Pichichi)			X	X			
<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván Americano (Alcaraván)			X	X			
<i>Passerina ciris</i>	Azulillo Siete Colores					X		
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Cargahuesos (Cargahuesos, Querque, Quebrantahuesos)		X		X			
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Guaco		X		X			
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora		X		X			
<i>Geothlypis poliocephala</i>	Antifacito Coronigris			X	X			
<i>Amazona albifrons</i>	Loro Frontiblanco (Cancan, Lora)		X		X			
<i>Amazona auropalliata</i>	Lora de Nuca Amarilla (Lora Jupa Amarilla)	X			X			X
<i>Brotogeris jugularis</i>	Periquito Barbinaranja (Perico, Zapoyolito, Chimbolito, Catano)		X		X			X
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja (Catano, Periquito, Zapoyol)		X		X			X
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de Anteojos (Oropopo)		X		X			
<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia Canela (Gorrión)		X		X			
<i>Amazilia saucerottei</i>	Amazilia Culiazul (Gorrión)		X		X			
<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia Rabirrufa (Gorrión)		X		X			
<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí Manguito Pechiverde		X		X			
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí Garganta de Rubí		X		X			
<i>Helimaster constantii</i>	Colibrí Pochotero		X		X			
<i>Tyto alba</i>	Lechuza de Campanario		X		X			

8.1.1.6.3 Mastofauna zona 1, Embalse.

Con respecto al estado de conservación de las especies, según los listados de la UICN, todas las especies observadas se encuentran en categoría de preocupación menor LC. Tres especies presentan peligro de extinción: mono Congo (*Alouatta palliata*), yaguarundi (*Puma yagouarundi*) y Manigordo (*Leopardus pardalis*), según Apéndice I de la CITES y LCVS mientras que el mono carablanca (*Cebus capucinus*) se encuentra como reducida o amenazada según LCVS (Cuadro n°8.15).

Cuadro n° 8. 15 Estado de conservación de mastofauna presente en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.

Especie	Nombre común	CITES		UICN	LCVS 32633	
		I	II	LC	Peligro de extinción	Reducidas o amenazadas
<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	X		X	X	
<i>Canis latrans</i>	Coyote			X		
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris			X		
<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca		X	X		X
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado		X	X		
<i>Nyctomys sumichrasti</i>	Rata vespertina			X		
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuinle			X		
<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa			X		
<i>Caluromys derbianus</i>	Zorro de balsa			X		
<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón			X		
<i>Coendou mexicanum</i>	Puercoespín			X		
<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	X		X	X	
<i>Puma yagouarundi</i>	Yaguarundi			X	X	
<i>Liomys salvini</i>	Ratón de monte			X		
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo			X		
<i>Eira barbara</i>	Tolomuco			X		
<i>Mephitis macroura</i>	Mofeta			X		
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero			X		
<i>Nasua narica</i>	Pizote			X		
<i>Procyon lotor</i>	Mapache			X		
<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla			X		

8.1.1.6.4 Mastofauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución

En cuanto al estado de conservación, las especies del Cuadro n° 8.16 como *Alouatta palliata* (Mono Congo), *Leopardus pardalis* (Manigordo) y *Puma concolor* (Puma) se encuentran catalogadas como en Peligro de Extinción según la Legislación Nacional y además se encuentran incluidas dentro del apéndice I de CITES. Mientas que solo el Mono

Cariblanco (*Cebus capucinus*) se considera como especie con poblaciones Reducidas o Amenazadas para el país.

Cuadro n° 8. 16 Estado de conservación de mamíferos presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACUME.

Especie	Nombre Común	CITES			UICN		LCVS 32633	
		I	II	III	LC	NT	Peligro de Extinción	Reducidas o Amenazadas
<i>Alouatta palliata</i>	Mono aullador, Congo	X			X		X	
<i>Cebus capucinus</i>	Capuchino Cariblanco		X		X			X
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca		X		X			
<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	X			X		X	
<i>Puma concolor</i>	Puma	X			X		X	
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso Hormiguero			X	X			
<i>Pecari tajacu</i>	Saíno		X		X			

8.1.1.6.5 Herpetofauna zona 1, Embalse.

a. Reptiles

En el Cuadro n° 8.17 se presentan las especies con alguna categoría de conservación, ninguna no se observaron especies en peligro de extinción o amenazadas, 1 especie, el geko rayado (*Coleonyx mitratus*) en categoría de reducida o amenazada según LCVS, esta especie se observó solamente un individuo en la finca INVENIO en una zona de potreros arbolados contiguo a un corral y una casa abandonada. En categoría de preocupación menor según la UICN se observaron 6 especies.

Cuadro n° 8. 17 Estado de conservación de reptiles presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.

Especie	Nombre común	CITES		UICN	LCVS 32633	
		I	II	LC	Peligro de extinción	Reducidas o amenazadas
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	Culebra lira			X		
<i>Coleonyx mitratus</i>	Gecko rayado			X		X
<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo			X		
<i>Holcosus undulatus</i>	Lagartija arcoiris			X		
<i>Crotalus durissus</i>	Cascabel			X		

b. Anfibios

Todas las especies detectadas están en categoría de preocupación menor según la UICN y no hay especies en peligro de extinción, solamente el sapo amarillo (*Incilius luetkenii*) en categoría de reducida o amenazada según LCVS. Esta especie se observó una vez, un individuo en la finca ASETREX colindante con la RBLB.

Cuadro n° 8. 18 Estado de conservación de anfibios presentes en la zona de inundación del embalse río piedras y áreas aledañas.

Especie	Nombre común	CITES		UICN	LCVS 32633	
		I	II	LC	Peligro de extinción	Reducidas o amenazadas
<i>Incilius luetkenii</i>	Sapo amarillo			X		X
<i>Rhinella marina</i>	Sapo gigante			X		
<i>Engystomops pustulosus</i>	Rana túngara			X		
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Rana de hojarasca			X		
<i>Lithobates forreri</i>	Rana forreri			X		
<i>Lithobates vaillanti</i>	Rana verde			X		



Figura n° 8. 30. Sapo amarillo (*Incilius luetkenii*) observado en un sector de matorral espinoso en una colina de la finca ASETREX.

8.1.1.6.6 Herpetofauna zona 2 y 3. Canal Oeste y Red Distribución de riego.

Todas las especies de anfibios se encuentran catalogadas como Preocupación Menor (LC) en la UICN y no presentan regulaciones en CITES ni en la LCVS. Por otro lado, de los reptiles encontrados, la Boa (*Boa constrictor*) (Figura n° 8.28), se encuentra incluida en el apéndice II de CITES y sus poblaciones se encuentran Reducidas y en Peligro de Extinción, mientras que el Cocodrilo (*Crocodylus acutus*), presenta poblaciones en categoría Vulnerable (VU) para la UICN y por su condición de comercio, se incluye en los apéndices I y II de CITES, y se considera en Peligro de Extinción según la Ley de Conservación de Vida Silvestre, Cuadro n° 8.19.

Cuadro n° 8. 19 Estado de conservación de reptiles presentes en el Canal Oeste y Red de Distribución del PAACUME

Especie	Nombre Común	CITES			UICN			LCVS 32633	
		I	II	III	LC	NT	VU	Peligro de Extinción	Reducidas o Amenazadas
<i>Boa constrictor</i>	Boa		X					X	X
<i>Coluber mentovarius</i>	Sabanaera de Bosque Seco								
<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquillo								
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco común								
<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo	X	X				X	X	
<i>Rhinoclemys pulcherrina</i>	Tortuga de Bosque					X			
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana rayada, Garrobo				X				
<i>Iguana iguana</i>	Iguana Verde								
<i>Cryptochelys leucostoma</i>	Tortuga candado								
<i>Holcosus undulatus</i>	Ameiva manchada				X				

8.1.1.7 Fragilidad de ecosistemas

La integridad ecológica de un ecosistema depende de la permanencia de las complejas interrelaciones de flora y fauna que permiten la continuidad de los ciclos de vida de todos sus componentes y el equilibrio dinámico del sistema.

La fragilidad del ecosistema en términos de su capacidad intrínseca de restauración involucra aspectos tales como a) Existencia y distribución espacial en la región y áreas de influencia del Proyecto b) grado de intervención y degradación c) grado de amenaza o peligro de extinción (erosión genética) de sus componentes de flora y fauna.

En la siguiente figura se presenta el esquema de desarrollo de un bosque secundario para la región del Pacífico Seco de Costa Rica, propuesto por Spittler, indicando los lapsos de tiempo requeridos en las etapas del proceso de sucesión natural.

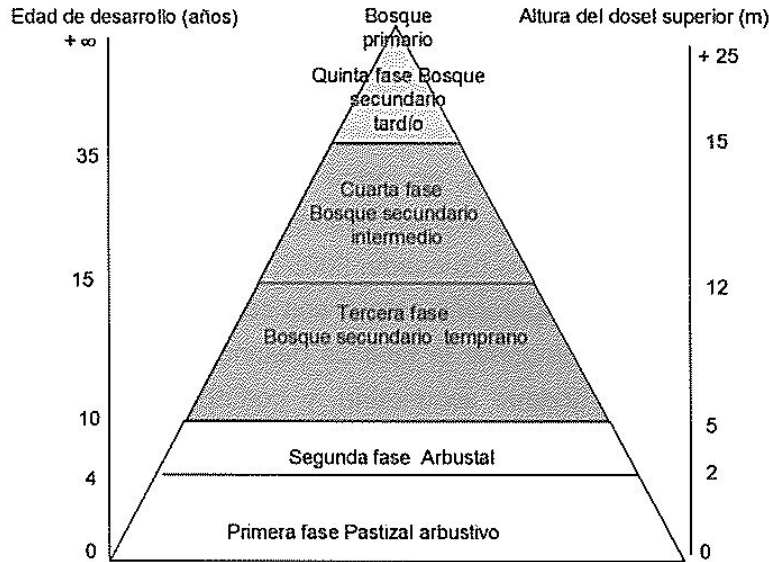


Figura n° 8. 31 Esquema de desarrollo del proceso de sucesión natural en la región del Pacífico Seco de Costa Rica. Modificado por Spittler (2001). (Quesada. 2008)

Con base en la capacidad intrínseca de recuperación considerando todos sus aspectos al igual que los períodos de tiempo requeridos para el desarrollo de cada una de las etapas de sucesión natural según Spittler (2001), se elaboró la siguiente escala de calificación de la fragilidad: 1 = muy baja (lapso 1 a 2 años), 2 = baja (4 a 10 años), 3 = media (10 a 35 años), 4 = alta (35 a 50 años) y 5 = muy alta (más de 50 años).

En la cuenca media del río Tempisque y en las zonas de influencia del Proyecto, el bosque maduro ripario es el ecosistema de mayor complejidad en fisonomía, relaciones ecológicas y composición de flora y fauna, asimismo por la fuerte intervención antrópica actualmente es muy escaso, restringido a franjas angostas discontinuas en las riberas de ríos y quebrada.

Además, se encuentra degradado con poblaciones reducidas de flora de etapas sucesionales maduras y por ende con un pool genético pobre que restringe las relaciones ecológicas entre sus componentes como alimentación, polinización y dispersión de semillas y propágulos, disminuyendo su capacidad de restauración ecológica y requiriendo períodos de tiempo más extensos. Según Spittler 2001 el período de restauración de un bosque maduro comprende más de 50 años, por lo tanto, su fragilidad se califica como muy alta

8.1.1.8 Caracterización del área a inundar en la Reserva Biológica Lomas de Barbudal y del sitio de eventual compensación.

Debido a que el embalse inundaría casi 113 ha de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB), SENARA contrato la realización del estudio de los componentes de la biodiversidad del sitio de afectación directa en la RBLB y además en una finca adyacente propiedad de ASETREK Tres Azul S.A., valorando su potencial para compensar las pérdidas en la

Reserva Biológica Lomas de Barbudal, con el objetivo de establecer el área de equivalencia necesaria para realizar dicha compensación.

A continuación, se expone un resumen de la metodología, los resultados y conclusiones tomados del estudio de equivalencia ecológica “Establecimiento de la línea base de biodiversidad para la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB) y finca adyacente” elaborado por la Organización de Estudio Tropicales (OET) en enero del 2017. (Ver estudio completo en el documento Tomo II de anexo n° 8.2)

En la metodología empleada por la OET, se realizaron dos evaluaciones de compensación de forma independiente, una basada en indicadores de calidad de hábitat y la otra basada en diversidad y composición de comunidades. La evaluación de calidad de hábitat fue establecida sobre atributos geofísicos (composición de suelos, atributos geomorfológicos); calidad de paisaje (tipo de hábitat, tamaño de fragmento, conectividad); estructura de vegetación (dominancia de árboles, cobertura de dosel, hábitos de especies de sotobosque, biomasa en pie, cobertura de hierbas, reclutamiento, cantidad de hojarasca y troncos caídos) y servicios ecosistémicos (producción de agua, descomposición de materia orgánica y fijación potencial de carbono). Para la evaluación de diversidad y composición de comunidades se incluyó: plantas vasculares, avifauna, mamíferos, herpetofauna, ictiofauna y diversidad de insectos del sotobosque.

El sitio de afectación en Lomas de Barbudal posee tres tipos de ambientes, cada uno correspondiendo a una cobertura forestal distinta: bosque deciduo, bosque secundario y bosque maduro asociado a las quebradas en el sitio y, por lo tanto, llamado aquí bosque ripario. El bosque deciduo, que corresponde a un estadio de sucesión temprano caracterizado por ser muy abierto, con especies colonizadoras y una alta densidad de árboles delgados, domina el paisaje. El bosque secundario posee mayor estructura y corresponde a un estadio más avanzado donde persisten árboles dominantes.

Finalmente, el bosque ripario, integrado principalmente por especies siempre verdes y con árboles dominantes, es uno de las asociaciones vegetales más amenazadas de la región. El sitio de afectación posee 24.7 hectáreas, lo que representa cerca del 11% de la cobertura de ese tipo de asociación en la Reserva Biológica. El sitio de compensación también es heterogéneo en cobertura forestal y cuenta con bosque deciduo, bosque secundario y zonas de pastizal y no forestales. Este sitio no dispone de bosque ripario.

El bosque deciduo domina el paisaje, cubriendo más del 70 % del área boscosa en ambos sitios de estudio. El bosque secundario constituye cerca del 7 % y 9 % de la superficie del sitio potencial de inundación en RBLB y del sitio de compensación en ASETREK respectivamente, por lo que es un hábitat reducido en ambos sitios (17 hectáreas en ASETREK). Además, en ambos sitios hay evidencia de daños severos por fuegos, por lo que se considera perturbado.

El bosque ripario siempreverde otrora común a la orilla de ríos y quebradas, está muy disminuido en toda la Cuenca Baja del Tempisque, de hecho, el bosque ripario cubre tan sólo 216 hectáreas del área superficial total de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal, por lo que es el ambiente más amenazado de los que son protegidos por esa reserva y este ecosistema dentro del sitio de inundación corresponde a un 11.4 % del área total del mismo en la RBLB.

Dicho estudio concluye que el sitio de potencial compensación en ASETREK es una fracción de la calidad del hábitat encontrado en Lomas de Barbudal, principalmente por carecer de bosque maduro ripario y porque la remoción de árboles en la cobertura de bosque secundario ha modificado sus atributos de estructura. Según los análisis, el ambiente en ASETREK representa cerca del **34 %** de la calidad de hábitat relativa al sitio de referencia. Siguiendo la metodología de hábitat-hectárea aplicada se estima que se requerirían 332 Ha del hábitat evaluado en ASETREK para compensar la pérdida.

La cobertura boscosa en ASETREK se encuentra distribuida en dos fragmentos con una porción de pastizales, por lo cual para poder unirlos el estudio determina que se requeriría segregar una porción de 444 Ha de la propiedad. Además, dicho estudio apunta que el estimado del área boscosa en ASETREK necesaria para indemnizar las pérdidas no resuelve el problema porque ésta no incluirá la cobertura de bosque ripario.

Ante esta realidad, se evaluó una propiedad adyacente al extremo norte de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal, que posee un fragmento de bosque ripario de 15.9 ha del río Cabuyo que irriga la reserva y proponen que esta propiedad, denominada Brindis de Amor, sea incluida como complemento a la porción boscosa de ASETREK. Asimismo, se evaluaron 40 ha de la Hacienda Ciruelas que colinda al sur con Brindis de Amor y con la RBLB en su extremo noroeste, la cual posee 8.5 ha de bosque ripario a orillas de la quebrada Amores que desemboca en el río Cabuyo dentro de la reserva.

En total se propone la compra de 571 ha lo que representa 5 veces más del área que se vería afectada en la RBLB, con una semejanza en tipos de bosque. En la siguiente figura se aprecia la ubicación de las áreas de compensación en relación a la RBLB y del embalse en el río Piedras.

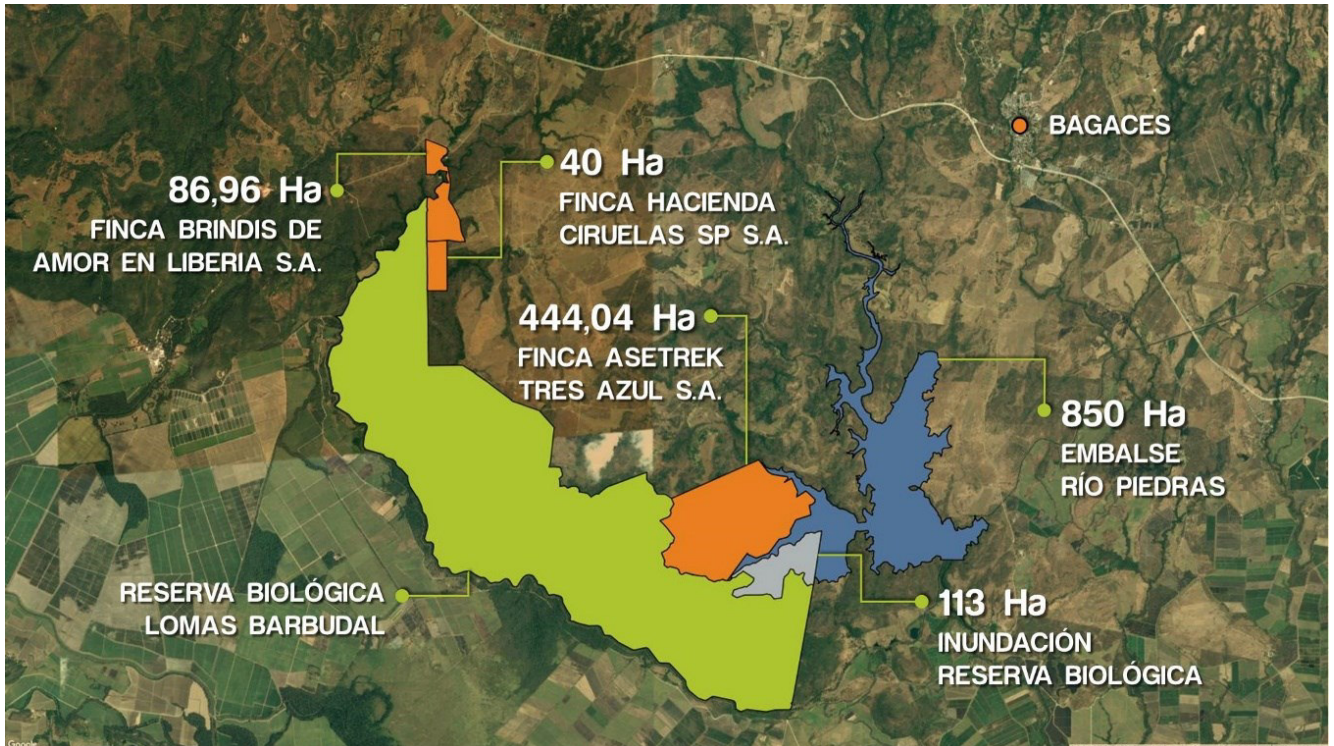


Figura n° 8. 32 Propuesta de compensación por la inundación de 113 ha de la RBLB con un área de 571 ha distribuidas en tres fincas colindantes con la reserva (color anaranjado). Mapa cortesía SENARA.

Cuadro n° 7. 105 Comparación de área por tipo de cobertura entre el área afectada de la RBLB y el área total propuesta para la compensación.

Tipo de cobertura	Área afectada en RBLB (ha)	Área de compensación (ha)
Bosque maduro ripario	24.71	30.5
Bosque secundario	9.13	70.34
Bosque decíduo	96.05	358.78
Pastos	0.79	92.88
Áreas no forestales	0.39	18.50
TOTAL	131.07	571.00

Fuente: SENARA, 2017.

8.1.2 Ambiente marítimo

Se omite desarrollar este apartado ya que la ubicación geográfica del Proyecto no esta sujeta a ecosistemas marinos.

8.1.3 Ambiente acuático (aguas continentales)

El ambiente acuático en la zona de proyecto está representado por ecosistemas naturales de ríos y quebradas y ecosistemas artificiales de canales de distribución de agua para riego y sus embalses.

Los ríos se caracterizan por tener un suministro permanente de agua durante el año, con dos fluctuaciones de caudal muy marcadas donde en época de invierno aumentan el caudal y la turbidez y en época de verano disminuyen considerablemente.

Las quebradas en su mayoría presentan un comportamiento intermitente donde en verano se secan, sin embargo, en invierno cuando vuelven las aguas se observa una recolonización de peces y anfibios que hacen uso temporal de estos cuerpos de agua. Estos ríos y quebradas se encuentran rodeados de potreros, campos agrícolas y mantienen en su mayoría una franja delgada de bosque ripario.

Por otra parte, los ecosistemas acuáticos artificiales, están constituidos por los canales de riego, un embalse de almacenamiento y un pequeño humedal que funciona también como pequeño sitio de almacenamiento.

Los canales, aunque son artificiales y revestidos de cemento presentan fauna muy particular, la cual en su mayoría proviene del lago arenal tales como olominas (*Poecilia gilli*), sardinas (*Astyanax aeneus*), variedad de mojarras (*Amphilopus citrinellus*), guapotes (*Parachromis dovii*), machacas (*Brycon costarricensis*), especies introducidas como la tilapia además de cocodrilos y nutrias que ingresan de los ríos aledaños. Es importante destacar que el embalse y el humedal, aunque son artificiales, al recibir agua proveniente de los canales han permitido el establecimiento de comunidades faunísticas no solo de peces, sino de aves, anfibios, reptiles y macro invertebrados, sirviendo en cierta forma de oasis para especies de mamíferos y aves que no son acuáticas en una zona muy seca en época de verano.

En general se han observado aves acuáticas residentes y migratorias que hacen uso de los ríos, quebradas y los bordes riparios con vegetación, algunos ejemplos de ellas son el pato real (*Cairina moschata*), pato piche (*Dendrocygna autumnalis*), gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), martín pescador (*Megaceryle americana*), garzas (*Tigrisoma mexicanus*, *Ardea alba*, *Nyctanasa violacea*, *Cochlearius cochlearius*) y jacanas (*Jacana spinosa*) entre otros. (Cuadro n° 8.5 y 8.9).



Figura n° 8. 33 Martín pescador (*Megascops americana*) en las márgenes de los ríos y canales de SENARA.



Figura n° 8. 34 Gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), se alimenta de caracoles que colecta en el canal oeste y reservorios del mismo.



Figura n° 8. 35 Aves acuáticas migratorias. Patos (*Anas discors*) y monjitas (*Himantopus mexicanus*) en el canal oeste y reservorios del mismo.

En menor cantidad, se observan especies de reptiles que hacen uso de los bosques riparios como iguanas (*Iguana iguana*), garrobos (*Ctenosaura similis*), basiliscos (*Basiliscus basiliscus*), serpientes (*Leptodeira annulata*), cocodrilos (*Crocodylus acutus*), este último solamente en las zonas 1 y 2 (canal oeste y red de distribución), tanto en ríos y quebradas como en los propios canales de SENARA, también habitan anfibios como ranas (*Lithobates forreri*) y sapos (*Rhinella marina*). (Cuadros n° 8.7, 8.8 y 8.11).



Figura n° 8. 36 Cocodrilo (*Crocodylus acutus*) observado en los tramos II y III en Hacienda el Pelón de la Bajura y CATSA



Figura n° 8. 37 Rana (*Lithobates forreri*) común en toda el AP.

8.1.3.1 Fauna acuática

a. Listados de especies

La determinación de las especies que habitan el AP y AID se llevó a cabo mediante el muestreo de 4 sitios dentro de la zona a inundar, 1 sitio aguas abajo del eje de presa hacia el sureste del poblado Falconiana y 10 sitios distribuidos a lo largo del canal oeste y red de distribución de riego, en total 15 sitios de muestreo (Figura n° 8.37).

En cada sitio se muestreó un transecto de 50 metros lineales, se eligieron zonas que representaran la máxima variedad de hábitats posible, se utilizó mascarilla, equipo de electropesca, chinchorro, atarraya, trasmallo, caña-carrete, señuelos artificiales y carnada viva. En cada muestreo los animales se devolvieron vivos a los cuerpos de aguas una vez identificados y medidos en el mismo lugar de colecta. Los individuos colectados fueron identificados a nivel de especie y se tomaron las medidas morfométricas de longitud total (LT) y longitud estándar (LS). La determinación de especie se llevó a cabo utilizando las claves de Rolier (2009), Bussing (2002) y Bussing & López (1993).

Los nombres de los sitios de muestreo, sus abreviaturas, así como las coordenadas de ubicación se muestran en el Cuadro n° 8.20.

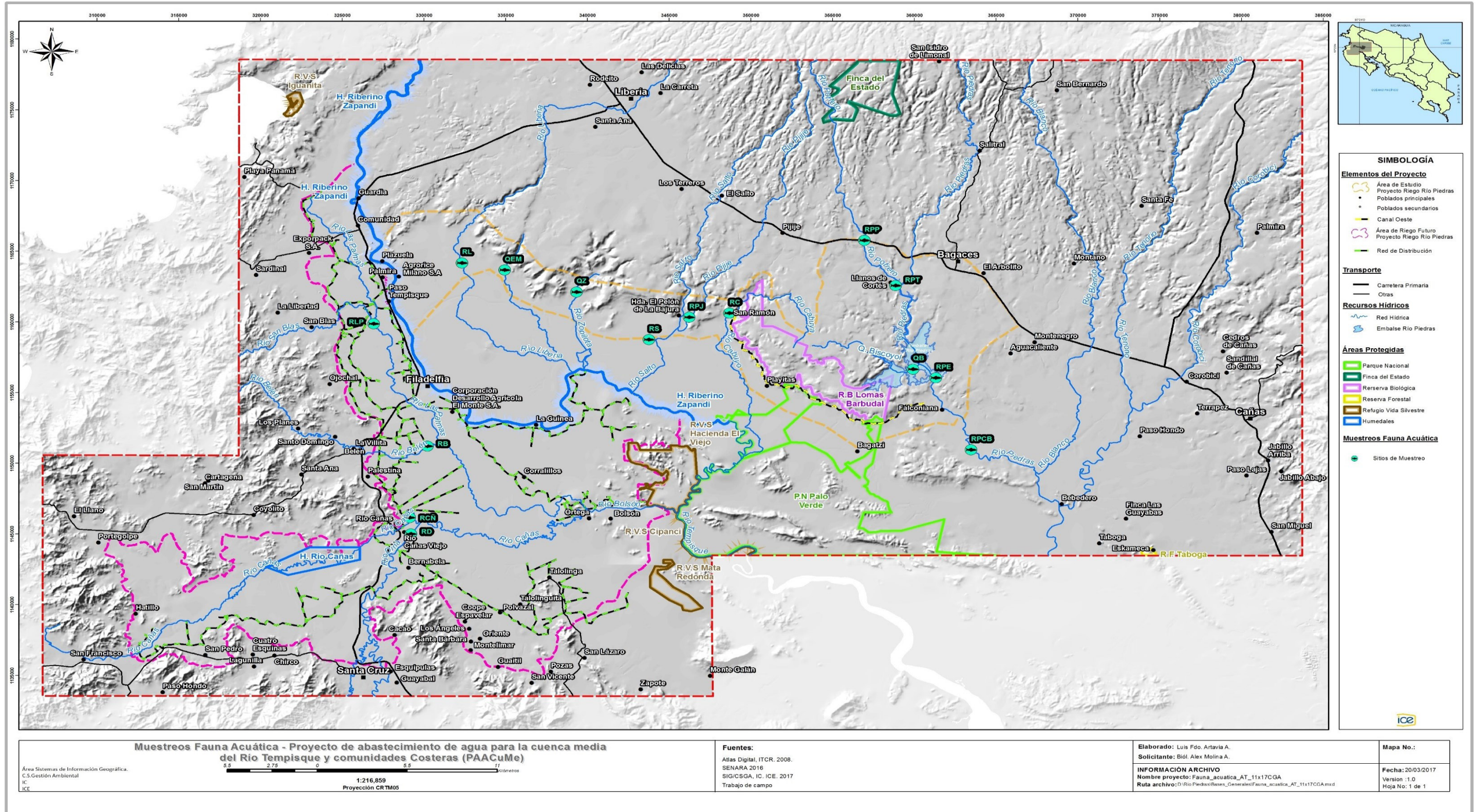


Figura n° 8. 38 Distribución de sitios de muestreo de peces y crustáceos en toda el área de proyecto.

Cuadro n° 8. 20 Sitios de muestreo para peces y crustáceos de las zonas 1, 2 y 3.

Sitio	Abrev	Coordenadas CTRM05	
		Este	Norte
Río piedras bajo el Puente Carretera Interamericana	RPP	359862,8281	1164529
Río Piedras aguas arriba del Embalse cerca de sitio de presa	RPE	361329,3004	1156037
Río Piedras aguas abajo del embalse, en finca cabo Blanco	RPCB	363480,4538	1150945
Quebrada Biscoyol aguas arriba del embalse, en finca INVENIO	QB	359923,8726	1156657
Río Potrero aguas arriba del embalse	RPT	358860,2396	1162564
Quebrada El Moral, finca El Pelón	QEM	334946	1163666
Quebrada Zopilota, finca El Pelón	QZ	339353	1162117
Río Pijije, finca El Pelón	RPJ	346236	1160322
Río Liberia, finca CATSA	RL	332338	1164169
Río Cabuyo, próximo al caserío Playitas	RC	348704	1160619
Río Belén, área de distribución margen derecha río Tempisque.	RB	330224	1151212
Río Cañas, área de distribución margen derecha río Tempisque.	RCÑ	329142	1146163
Río Diríá, área de distribución margen derecha río Tempisque.	RD	329229	1145006
Río Las Palmas, área de distribución margen derecha río Tempisque.	RLP	326945	1159876
Río Salto, finca El Pelón	RS	343769	1158745

b. Crustáceos

En Costa Rica en el grupo de los decápodos podemos encontrar camarones, langostinos, burras, langostas, cangrejos y cangrejos ermitaños, solamente tres familias habitan en las aguas dulces de Costa Rica, la familia Palaemonidae o langostinos, la familia Atyidae o burras y la familia Pseudothelphusidae o cangrejos, este último grupo debido a la complejidad para identificarlos se nombraron solamente como cangrejos.

En la vertiente del Pacífico de Costa Rica se han reportado 10 especies de langostinos (8 del género *Machrobrachium*, 2 del género *Palaemon*) y 4 especies de burras (3 del género *Atya* y 1 del género *Potimirin*) (Rolier, 2009).

En general, los langostinos presentan un comportamiento migratorio, los adultos se reproducen en agua dulce, las larvas son transportadas aguas abajo con las corrientes hasta las zonas de estuarios donde completan su desarrollo larval y una vez que alcanzan la etapa de juvenil migran aguas arriba para recolonizar las aguas continentales.

En la zona de estudio (zona 1, 2 y 3) se detectaron solamente dos familias, la familia Palaemonidae (langostinos) con 3 especies y la familia Pseudothelphusidae (cangrejos) con un representante. No se observaron individuos de la familia Atyidae o burras. Se observó que las especies de crustáceos fueron muy escasas en toda el AP, de manera que se observaron solamente en 6 sitios de 15 muestreados.

Este grupo se caracteriza porque tradicionalmente sufre una gran presión por pesca debido a que son muy apetecidos como alimento y además son muy susceptibles a contaminantes químicos lo que los hace muy vulnerables. A pesar de que no se encuentran en ninguna categoría oficial de amenaza, se considera que podrían ser indicadores tanto de contaminación como de impacto humano por el sobreuso del recurso hídrico.

La especie de langostino más abundante fue *Macrobrachium digueti*, la cual es una especie de talla pequeña que no es de interés comercial. *M. americanum* es una de las especies menos abundantes, alcanza grandes tallas y tiene un alto valor comercial por la calidad de su carne. En cuanto a los cangrejos solamente se observó un individuo en el río Piedras en el sector de inundación representando el grupo de menor abundancia.

Cuadro n° 8. 21 Abundancia relativa (%) de crustáceos según sitio de monitoreo. (QB: quebrada Biscoyol, RD: río Diríá, RPJ: río Pijije, RPP: río piedras a nivel de la carretera interamericana aguas arriba del área de inundación, RPT: río Potrero cerca de confluencia con río Piedras y poblado Llanos de Cortés, RPE: río Piedras en la finca INVENIO zona que será inundada cercana al eje de presa.

Familia/Especie	Nombre común	Sitios de muestreo						Total general
		QB	RD	RPJ	RPP	RPT	RPE	
<i>Palaemonidae</i>								
<i>Macrobrachium americanum</i>	Langostino		3					3
<i>Macrobrachium digueti</i>	Langostino	4		25	14	44	5	92
<i>Macrobrachium tenellum</i>	Langostino						4	4
<i>Pseudothelphusidae</i>								
Sp	Cangrejo						1	1
Total general		4	3	25	14	44	10	100



Figura n° 8. 39. *Macrobrachium americanum*.

8.1.3.1.1 Ictiofauna de la zona 1, Embalse.

En la zona de inundación, se encuentran dos ríos, el río Piedras el cual forma parte de la cuenca del río Bebedero que a su vez drena en el río Tempisque, el río potrero que drena sus aguas en el río Piedras y la quebrada Biscoyol, que también drena hacia el río Piedras. Los tres tienen la particularidad de que no se secan en verano y mantienen una fauna acuática que debe resistir condiciones adversas de calidad de agua en verano y altos caudales y sedimentación en la temporada lluviosa.

En Costa Rica se han identificado 250 especies de peces dulceacuícolas, de las cuales 108 son nuevos registros o adiciones a las hechas por Bussing en 1998, para el caso específico de la cuenca del río Bebedero se reporta un total de 22 familias y 56 especies de peces continentales (Angulo, 2013).

Según la tolerancia a la salinidad de las especies descrita por Myers (1949) el río Bebedero presenta una fauna íctica compuesta por especies primarias como las sardinas y los barbudos que son exclusivas de agua dulce, especies secundarias como las olominas, las mojarras, guapotes y tilapias, que son las que toleran cierta cantidad de salinidad por periodos cortos y un alto porcentaje de especies periféricas que pueden vivir en agua salada y agua dulce (diádromas) como los bagres, róbalo, chupapiedras, pargos y corvinas entre otros. Es importante recalcar que el río Piedras al estar ubicado en la cuenca media del río Bebedero, a considerable distancia del estuario, la presencia de las especies periféricas es baja y aunado a que la riqueza de un río es inversamente proporcional a la altitud, da como resultado que la riqueza en el AP sea mucho más baja que lo reportado para la cuenca en general.

En el presente estudio se capturaron 703 individuos distribuidos en 9 familias y 20 especies (Cuadro n°8.22) lo que representa el 35.7 % de las especies reportadas para la cuenca del río Bebedero.

Se puede apreciar que las especies que predominan son las sardinas (*Astyanax aeneus*) y las mojarras (*Amatitlania siquia*, *Hypsophrys nematopus*) y la olomina *Poecilia gillii*, las cuales son especies primarias.

Por otra parte, se observa que los sitios dentro de la zona de inundación presentan abundancias mucho mayores que del sitio RPCB (río Piedras cabo Blanco), el cual se ubica aguas abajo del sitio de presa. Esta sección del río se caracteriza porque pasa de ser un río rocoso a un río con fondos arenosos, lodosos y de menor velocidad, este cambio hace que el río tenga menos variedad de hábitats lo que se refleja en la menor riqueza y abundancia relativa. Solo 5 especies se observaron en esta sección y son especies que toleran bien este tipo de hábitat tales como el barbudo (*Rhamdia nicaraguensis*), sardinas (*Astyanax aeneus*), machacas (*Brycon sp*) y guapotes (*Parachromis dovii*) las cuales son especies primarias o netamente de agua dulce. Además, se detectó solamente una especie periférica, el bagre (*Sciades guatemalensis*), sin embargo, según informes de pobladores también habitan róbalo y roncadores, aunque probablemente en muy baja cantidad ya que se realizaron muestreos específicos para tratar de capturar estas especies sin resultados positivos.

Cuadro n° 8. 22 Abundancia relativa (%) de peces según especie y sitio de muestreo. (QB: quebrada Biscoyol, situada en la finca INVENIO zona que será inundada, RPCB: río Piedras aguas abajo del puente de Falconiana donde no será inundado, en el sector que pasa por la finca Cabo Blanco, RPE: río Piedras en la finca INVENIO zona que será inundada cercana al eje de presa, RPP: río piedras a nivel de la carretera interamericana aguas arriba del área de inundación, RPT: río Potrero cerca de confluencia con río Piedras y poblado Llanos de Cortés).

Familia	Especie	Nombre común	Sitio de muestreo					Total general
			QB	RPCB	RPE	RPP	RPT	
Ariidae	<i>Sciades guatemalensis</i>	Bagre		0,71	0,14			0,85
Atherinopsidae	<i>Atherinella argentea</i>	Sardina			0,14			0,14
Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	Sardina	4,95	1,77	4,24	8,36	4,71	24,03
	<i>Brycon sp</i>	Machaca		0,18		0,12		0,3
	<i>Roeboides bouchellei</i>	Sardina	0,59		0,28	1,30		2,17
Cichlidae	<i>Amatitlania siquia</i>	Convicto	4,71		0,85	8,01	11,31	24,88
	<i>Amphilophus citrinellus</i>	Midas	0,35		0,71	0,47		1,53
	<i>Cribroheros longimanus</i>	Cholesca	0,12		0,14	3,30		3,56
	<i>Hypsophrys nematopus</i>	Moga	0,71		4,52	1,88	2,59	9,7
	<i>Hypsophrys nicaraguensis</i>	Moga amarilla			0,14			0,14
	<i>Parachromis dovii</i>	Guapote	0,82	0,18	0,28	1,88	1,18	4,34
Gobiidae	<i>Awaous trasandeanus</i>	Lamearena					0,24	0,24
	<i>Sicydium salvini</i>	Chupapiedras			0,71	0,12	0,47	1,3
Heptapteridae	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Barbudo	0,35	1,06			0,24	1,65
	<i>Rhamdia nicaraguensis</i>	Barbudo	0,82	1,06	0,14	0,82	1,41	4,25
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i>	Tepemechín			0,28			0,28
Poeciliidae	<i>Brachyrhaphis olomina</i>	Olomina	2,95		0,28	0,47	0,71	4,41
	<i>Poecilia gillii</i>	Olomina	3,65		1,56	5,18	2,36	12,75
	<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>	Olomina	1,06		1,70	0,12		2,88
Symbranchidae	<i>Symbranchus marmoratus</i>	Anguila	0,24			0,12	0,24	0,6
	Total general		21	5	16	32	25	100

Es importante mencionar que esta cuenca recibe las descargas de agua directamente del sistema de riego de SENARA del canal oeste, estas aguas provienen del lago arenal, lo que ha provocado la introducción de especies de la vertiente atlántica a la vertiente pacífica. Tal es el caso de la machaca (*Brycon costarricensis*), esta especie habita la vertiente atlántica y *Brycon behreae* el pacífico central y sur, los individuos capturados probablemente sean de la variedad de la vertiente atlántica, sin embargo, ante la duda se han incluido como *Brycon sp*. Otros casos son la presencia de *Amphilophus citrinellus*, *A. rostratus* y de *Hypsophrys nematopus*.

Por otra parte, se observó la presencia una especie endémica para Costa Rica, la olomina *Brachyrhaphis olomina* en todos los sitios dentro del área de inundación y varias especies

con comportamientos migratorios como lo son el tepemechín (*Agonostomus monticola*) y los chupapiedras (*Sicydium salvini* y *Awaous trasandeanus*).



Figura n° 8. 40. Mojarra masamiche (*Amphilophus rostratus*) especie típica de la vertiente Atlántica.

8.1.3.1.2 Ictiofauna de las zonas 2 y 3, Canal Oeste y Canales de distribución

Los peces que habitan las zonas 2 y 3 pertenecen a la cuenca del río Tempisque, a diferencia de los de la zona 1 (embalse) los cuales pertenecen a la cuenca del río Bebedero.

Los ríos y quebradas monitoreados se caracterizan por sufrir bajas considerables de caudal en época seca, sin embargo, normalmente no se secan en su totalidad. La quebrada el Moral, quebrada Zopilota, río El Salto, río Pijije y río Liberia se encuentran con alteraciones de manera que funcionan como canales de abastecimiento y drenaje de las fincas agrícolas aledañas observándose modificaciones de su cauce y obras de represamiento que podrían interferir en la continuidad longitudinal (Figura n°8.41).



Figura n° 8. 41. Alteración del cauce del Río Liberia. Arriba cauce previo a la construcción del dique de la fotografía de abajo.

Esta cuenca es muy diversa en cuanto a la clasificación por familias debido a la influencia de peces de origen marino (periféricas), las cuales enriquecen la baja riqueza que caracteriza a los ríos del pacífico seco (Norte) de Costa Rica. Según Angulo (2013) la fauna continental para esta cuenca se compone de 20 familias y 51 especies.

En este estudio se monitoreó una muestra de 10 ríos y quebradas asociados con obras de construcción de sifones (Cuadro n° 8.23), los cuales se utilizan para dar paso a los canales de riego sin interrumpir el flujo y la continuidad de los cuerpos de agua naturales. Se capturaron un total de 371 individuos, distribuidos en 5 familias y 19 especies, lo que corresponde al 37.25% de las especies y el 25% de las familias de la cuenca del Tempisque. Esta cantidad es consistente con la fauna dulceacuícola de la zona donde hay poca influencia de especies periféricas debido a la distancia que separa estos ríos del Mar.

Entre las especies encontradas llama la atención la presencia de especies introducidas por la acuicultura como tilapias (exótica) y el guapote tigre, el cual habita en la vertiente norte y probablemente fue introducido por la acuicultura.

Se observa la presencia de un único individuo de róbalo (*Centropomus nigrescens*), especie periférica o de origen marino, sin embargo, aunque no fueron capturados en este estudio, se espera la presencia de algunos otros representantes de este grupo tales como lenguados, bagres y roncadorenses.

La especie más abundante en esta zona es la sardina (*Astyanax aeneus*), seguida por el grupo de los ciclidos como la tilapia y las mojaras. No se observan especies endémicas.

Cuadro n° 8. 23 Abundancia relativa (%) de peces según sitio de muestreo para las zonas 2 (canal oeste) y zona 3 (canal de distribución) del proyecto PAACUME. QEM: quebrada El Moral, QZ: quebrada Zopilota, RB: río Belén, RC: río Cabuyo, RCÑ: río Cañas, RD: río Diríá, RLP: RÍO Las Palmas, RL: río Liberia, RPJ: río Pijije, RS: río El Salto.

Familia/especie	Nombre común	Sitios de muestreo										Total general
		QEM	QZ	RB	RC	RCÑ	RD	RLP	RL	RPJ	RS	
Centropomidae												
Centropomus nigrescens	Róbalo		0.3									0.3
Characidae												
Astyanax aeneus	Sardina	2.5	1.0	7.1	0.5	21.2	14.9		0.3	6.3	7.6	61
Brycon sp	Machaca										0.5	1
Roeboides bouchellei	Sardina					1.3	0.3			0.3	0.5	2
Cichlidae												
Amatitlania siquia	Convicto		0.5		0.5		1.0			1.8		4
Amphilophus alfari	Mojarra				0.5							1
Amphilophus citrinellus	Midas		1.0								1.0	2
Cribroheros longimanus	Cholesca		0.5			4.3					2.5	7
Archocentrus multispinosa	Mojarrita		0.8									1
Hypsophrys nematopus	Moga				0.3							0
Hypsophrys nicaraguensis	Moga amarilla										1.0	1
Oreochromis sp	Tilapia	1.0	2.0			0.3			1.5		2.5	7
Parachromis dovii	Guapote						0.3		0.5	0.8	0.3	2
Parachromis managuensis	Guapote Tigre		0.8								0.8	2

Familia/especie	Nombre común	Sitios de muestreo										Total general
		QEM	QZ	RB	RC	RCÑ	RD	RLP	RL	RPJ	RS	
Heptapteridae												
Rhamdia guatemalensis	Barbudo		0.8	0.5			0.8	0.5		0.5		3
Rhamdia nicaraguensis	Barbudo				0.8				0.5			1
Poeciliidae												
Alfaro cultratus	Olomina				0.5							1
Poecilia gillii	Olomina	1.0			0.8		1.3			1.0		4
Poeciliopsis turrubarensis	Olomina									0.3		0.3
Total general		5	8	8	4	27	18	1	3	11	17	100

8.1.3.2 Caracterización del ecosistema ripaio

El ecosistema ripario está constituido por los ríos y quebradas del AP cuyas orillas se encuentran ocupadas principalmente por franjas angostas de bosque maduro ripario intervenido, el cual fue ampliamente descrito en el punto 8.1.1.4 Cobertura Vegetal por Asociación Natural detallando su estructura y composición florística con nombre científico y vernáculo, así como el hábito de crecimiento. A continuación, se detalla la presencia de este ecosistema aledaño a las corrientes de agua en cada sector del Proyecto, lo cual se indicó en el punto 8.1.1.3 Asociaciones Naturales Presentes.

a. Sector Embalse

En este sector la cobertura vegetal aledaño al ecosistema ripario es el bosque maduro ribereño intervenido, localizado en franjas angostas de ancho variable de 10 a 30 m a la orilla de ríos y quebradas, principalmente a lo largo del río Piedras en la parte inferior e intermedia del embalse en las fincas Invenio, Martimex y Ganadera Tropical el Volcán, al igual que en la quebrada Biscoyol y sus afluentes en el extremo suroeste en las propiedades de Asetrek y la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB). Desde el centro hasta la cola del embalse este bosque ribereño intervenido abarca una franja muy angosta de 10 m de ancho o menos en las márgenes del río Piedras.

b. Sector Canal Oeste

En este sector la cobertura vegetal aledaño al ecosistema ripario también es el bosque maduro ripario intervenido. En el primer tramo de 20 km el canal transcurriría al pie de los cerros boscosos de la Reserva Biológica Lomas de Barbudal (RBLB), pasando por varios yurros y quebradas pequeñas como La Mula y Barbudal, cuyas orillas están ocupadas por franjas angostas de 10 m de ancho de bosque maduro ripario intervenido, al final de este tramo se encuentra el río Cabuyo que posee una franja más extensa de 50 m de ancho de bosque maduro ribereño en su margen izquierda y una franja angosta de 10 m en su orilla derecha.

En el segundo tramo el nuevo canal a construir atravesaría los ríos Pijije, El Salto y Zopilota en la hacienda El Pelón de la Bajura, todos estos ríos cuentan con franjas angostas de 10 m de ancho de bosque ripario intervenido en sus riberas excepto el río Salto que posee franjas más anchas de 100 m de este mismo tipo de vegetación. La cobertura cambia al ingresar a la hacienda de la Central Azucarera SA (CATSA), donde el trazo sería a través de cultivos de caña de azúcar y arroz, cruzando solamente franjas angostas de 10 m de ancho con bosque ripario muy alterado en la quebrada El Moral y en el río Liberia. Al final

el río Tempisque posee una faja ancha de 200 m de bosque maduro ribereño ralo muy intervenido en su margen izquierda.

Sector de distribución en la margen derecha del río Tempisque

En este sector de la margen derecha del río Tempisque los canales de distribución cruzan varias quebradas que poseen franjas angostas de bosque maduro ripario muy intervenido. Para brindar una descripción más detallada, este sector se dividió en tres subsectores.

c. Subsector norte

En el extremo norte en las fincas cercanas a los poblados de Comunidad, Palmira y Paso Tempisque y luego hacia el sur en los alrededores de los comunidades de Filadelfia, Belén y Palestina, el canal inicialmente atraviesa la franja de 30 m de ancho del bosque ripario ralo intervenido en la margen derecha del río Tempisque y los bosquetes de poca extensión del río Las Palmas, posteriormente cruza las franjas angostas de 10 m de ancho de bosque intervenido ribereño a la orilla de los ríos Sardinal, San Blas, Gallina, Belén y Carrizal.

d. Subsector este

Inicialmente en las cercanías del poblado de La Guinea y Corralillos el canal cruza el bosque riberino angosto de un ancho menor a los 10 m en las márgenes del río Viejo y luego con rumbo al sureste y al sur por las comunidades de Ortega, Bolsón, Talolinga, Talolinguita y Polvazal, los canales pasan por las franjas angostas de 10 m de ancho de bosque ripario intervenido en las riberas de los ríos Bolsón, Charco y Talolinguita.

e. Subsector oeste

Partiendo de los pueblos de Río Cañas y Bernabela los canales atraviesan las franjas de 10 a 20 m de bosque ribereño a orilla de los ríos Cañas y Diría, luego hacia el suroeste por las localidades de Puente Negro, Chirco, San Pedro y Hatillo, cruzan los bosques riparios intervenidos de 10 m de ancho de los ríos Negro, Chirco y Cañas.

8.1.3.3 Especies indicadoras

En Costa Rica, los crustáceos dulceacuícolas sufren gran presión por pesca debido a que son muy apetecidos como alimento, utilizados como carnada y además son muy susceptibles a contaminantes agroquímicos lo que los hace muy vulnerables. A pesar de que no se encuentran en ninguna categoría oficial de amenaza, se considera que podrían ser indicadoras tanto de contaminación como de impacto humano por el sobreuso del recurso.

Con respecto a la estructura de las comunidades de macrobentos, éstos se evaluaron de manera extensa por medio del índice BMWP y la calidad de agua por medio del índice holandés y presencia de coliformes fecales en el capítulo 7.5.1.1 donde en resumen se determina que la calidad del ecosistema acuático para los ríos y quebradas de la zona del embalse es muy buena mientras que en los ríos y quebradas en la zona 2 y 3 es de mala a muy mala

8.1.3.4 Especies endémicas con poblaciones reducidas o en vías de extinción

El grupo de fauna íctica y de crustáceos continentales de Costa Rica no cuenta con evaluaciones oficiales de su estado de conservación, únicamente algunos de ellos son catalogados como LC o preocupación menor en los listados de la UICN por lo que se hace difícil determinar el estado de amenaza o peligro de extinción de las especies, sin embargo se conoce localmente que algunas especies de agua dulce de interés comercial sufren presión por sobre pesca tales como los róbalos, guapotes y los langostinos. En el presente estudio, estas especies han sido muy escasas en los muestreos del AP y AID.

En el caso de la zona de estudio referente al proyecto PAACUME, no se detectaron especies en categoría de amenazada o en peligro de extinción, sin embargo se encontró una especie de olomina endémica para Costa Rica (*Brachyrhaphis olomina*) (Figura n° 8.42) la cual se encuentra presente en todos los sitios monitoreados dentro del área del embalse.



Figura n° 8. 42. Olomina endémica *Brachyrhaphis olomina*.

8.1.3.5 Fragilidad del ambiente acuático continental

Se considera que los ríos y quebradas son los únicos ecosistemas acuáticos naturales frágiles presentes en el AP debido a que se encuentran sometidos a una disminución de los caudales producto del uso agrícola y del consumo humano, además del impacto recibido por vertido de aguas residuales, posible contaminación por agroquímicos, aumento de sedimentación y la continua pérdida de la cobertura boscosa lo que afecta negativamente su capacidad intrínseca de recuperación natural y su estructura original. Por este motivo se clasifica como ambiente con fragilidad media ya que, si se restaura la condición de calidad y cantidad de agua, el tiempo de recuperación de las comunidades acuáticas sería menor a 5 años.

Por otra parte, se observa en el AP la presencia de varios humedales artificiales considerados como frágiles, los cuales se han formado en sitios de almacenamiento de agua a lo largo del canal oeste de SENARA y en poco tiempo han facilitado la presencia y establecimiento de comunidades de flora y fauna, generando nuevos ecosistemas en la zona. Estos ecosistemas son dependientes del abastecimiento constante de agua del canal, por lo que, si se les interrumpe este suministro, no habría forma de que se recupere naturalmente. Esta condición hace que se clasifique como ecosistema altamente frágil.