

2.0 EL MEDIO FÍSICO

De la superficie total de la región (213,111 ha), la mayor parte (65 %) está dominada por un paisaje de rastrojos y pastizales. En el 35 % restante se observan fragmentos de bosques naturales de diversos tamaños. Las zonas boscosas se observan principalmente en las partes altas de las cuencas de los ríos Coclé del Norte e Indio, y en el sector oeste del río Coclé del Norte.

Para la descripción del medio físico se ha utilizado la información procedente de diferentes fuentes:

- Atlas Nacional de la República de Panamá (edición de 1988)
- Mapa geológico de Panamá de 1982
- Mapa de suelos de Panamá de 1968
- Desastres naturales y zonas de riesgo en Panamá. Universidad de Panamá, Instituto de Estudios Nacionales, 1991
- ETESA, Información hidrológica y climática, 1990-2000

2.1 RELIEVE E HIDROGRAFÍA

2.1.1 RELIEVE

Las regiones morfoestructurales de la República de Panamá se individualizan claramente desde el punto de vista topográfico (altitud y pendiente), estructural (litología y tectónica) y de acuerdo con su historia geológica. En la parte alta de la región la topografía es quebrada, con pendientes mayores a 50%. La zona en la parte más alta de la cuenca alcanza alturas mayores a 1,200 msnm. Desde el punto de vista topográfico en la región se distinguen distintos niveles altitudinales del terreno (Mapa 2.1-1) cuyas características se describen a continuación:

- Altitud relativa de < 20 msnm: son áreas formadas por planicies litorales y costas bajas en las cuales las pendientes varían de ligeramente inclinadas a planas. En los terrenos planos las limitaciones más severas están relacionadas con la salinidad (esteros) y las inundaciones frecuentes (planicies aluviales). Los sectores con pendientes suaves muestran reducidas limitaciones de uso, mientras que los que poseen pendientes moderadas presentan severas limitaciones de uso.
- Altitud relativa de 20 a 49 msnm: en este sector se presentan colinas y llanuras con pendiente de ligera a medianamente inclinadas y suelos de bajo contenido en nutrientes.
- Altitud relativa de 50 a 99 m: en este nivel altitudinal se presentan cerros y colinas bajas con pendientes de medianas a fuertemente inclinadas, buen drenaje interno y baja capacidad agrológica.
- Altitud relativa de 100 a 199 msnm: estas áreas se caracterizan por la presencia de montañas bajas y cerros altos en los que el drenaje es de bueno a excelente y los suelos tienen baja capacidad agrológica.
- Altitud de 200 a 399 msnm: este sector se caracteriza por la presencia de montañas medias y bajas en las cuales la pendiente de la vertiente montañosa es muy fuerte. Además, poseen buen drenaje interno y la capacidad agrológica del suelo es de buena a excelente.
- Altitud de 400 a 599 msnm: Este nivel está representado por montañas altas en las que prevalecen las pendientes fuertes y los suelos son delgados y de baja capacidad agrológica.
- Altitud de 600 msnm y más: esta formado por picos y cimas de montañas altas caracterizadas por pendientes abruptas, suelos delgados con drenaje interno bueno a excesivo.

2.1.2 HIDROGRAFÍA

La Región Occidental se caracteriza por contar una red de drenaje en la que se destacan tres cuencas principales: las de los ríos Indio, Coclé del Norte y Miguel de la Borda/Caño Sucio. Los dos primeros nacen en las elevaciones de la Cordillera Central mientras que el último se desarrolla como una red de drenaje intersticial entre las anteriores, desde menor altura; las tres desembocan en el Océano Atlántico en sendas rías.

El clima y orografía de la región determinan una pluviografía abundante y más uniformemente distribuida que en otras regiones del país. Asimismo, el desarrollo orográfico de sur a norte de los ríos de la región, hace que las amenazas por erosión e inestabilidad de las cabeceras sea menor.

La Región Occidental no es una cuenca hidrográfica; por lo tanto no pueden atribuírsele características hidrográficas o hidrológicas propias; no obstante, el Cuadro 2.1-1 resume algunas características hidrográficas e hidrológicas de los ríos de la región, además del uso del suelo, a la altura del límite norte de la misma.

CUADRO 2.1-1
CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E HIDROGRÁFICAS DE LA ROCC

Sitio de Caracterización		Límite de la Rocc
Área (ha)		213,111
Uso del Suelo	Bosque (ha)	35%
	Rastrojo (ha)	44%
	Pastizal (ha)	21%
Características Hidrográficas	Elevación Máxima (msnm)	1,200
	Elevación Mínima (msnm)	10
	Red de drenaje (km)	3,589
	Densidad de drenaje (km ⁻¹)	1.68
	Orden hidrográfico máximo (Strahler)	7
Características Hidrológicas	Precipitación media (mm)	3,294
	Escorrentía media (mm)	2,069
	Coefficiente de escorrentía medio anual	0.63

Fuente: Elaborado por el Consorcio

En el mapa 2.1-2 presenta la hidrografía de la región de acuerdo con las cartas topográficas del Instituto Tommy Guardia, Escala 1:50,000.

2.2 HIDROLOGÍA

2.2.1 AGUAS SUPERFICIALES

2.2.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Las relaciones entre los componentes físicos, químicos y biológicos de un cuerpo de agua dependen no sólo del entorno acuático sino también de uno más amplio que involucra la cuenca tributaria. Por lo tanto, para un análisis adecuado de dichas relaciones se elaboró un marco de referencia espacial escala a múltiple.

Este enfoque incluye el análisis a cuatro escalas espaciales:

- Cuenca
- Segmento
- Tramo

- Microhábitat¹

Los datos a nivel de cuenca y segmento fueron obtenidos utilizando mapas topográficos del Instituto Nacional Tommy Guardia, imágenes satelitarias LandSat TM y el Mapa de Vegetación de Panamá elaborado por The Louis Berger Group, Inc., en 1999.

Los datos a nivel de tramo se obtuvieron a partir de las giras de campo. Las mismas incluyeron:

- La caracterización de transectos tanto transversales como longitudinales al río teniendo como premisa la captura de información a nivel de rápidos y pozas.
- La caracterización del área de aporte directamente conexas (considerada por algunos autores como determinante de las condiciones del microhábitat²) que se ha asumido de 200 m de longitud (en función de los mismos autores).

A. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL MEDIO ACUÁTICO

Los sitios de muestreo fueron seleccionados para representar, de la mejor manera y más amplia posible, el conjunto de condiciones ambientales significativas para los sistemas hídricos. Estos sitios representan combinaciones de factores humanos y naturales que influyen colectivamente las características físicas, químicas y biológicas de las aguas y el escurrimiento y que, al mismo tiempo, se consideren típicos de las condiciones encontradas en toda la región. Para ello se midieron dos grupos básicos de variables:

- Físico-químicas
- Biológicas.

Las primeras incluyen los parámetros típicos del escurrimiento y calidad del agua, mientras que las del segundo grupo incluyen:

- Peces
- Invertebrados bénticos
- Moluscos
- Crustáceos
- Insectos acuáticos

Los sitios elegidos no cuentan aún con estaciones de medición sistemática de variables hidrológicas, como sería deseable, para disponer de mediciones de caudal y velocidad, que son características del escurrimiento. Los mismos han fungido como puntos sinópticos para mediciones puntuales en los cuales las variables hidráulicas fueron medidas en campo.

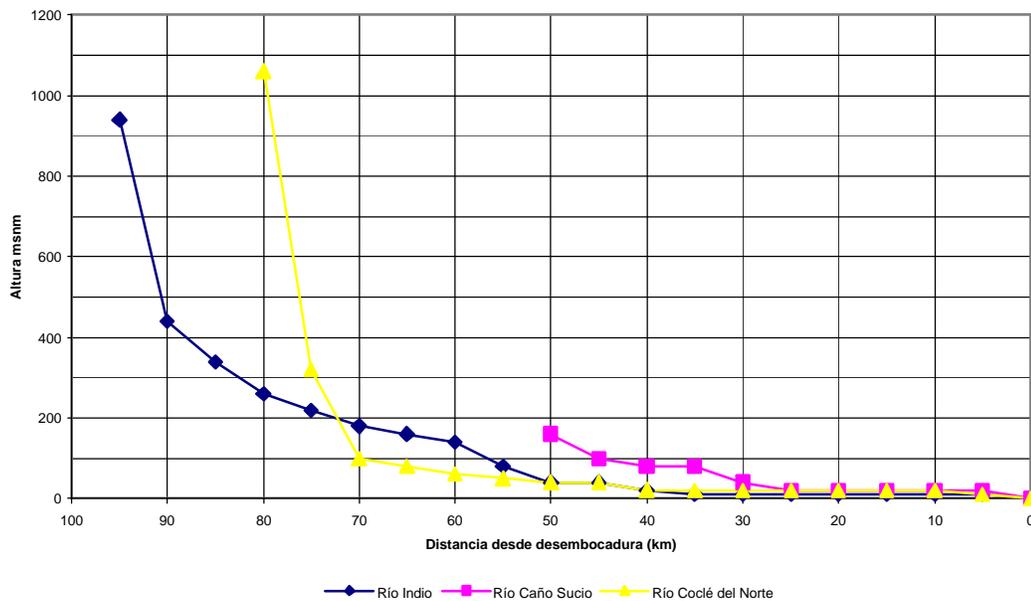
El enfoque utilizado ha tenido como base una partición de la región (y de las cuencas principales en la misma) en tres niveles que son representativos de las condiciones topográficas y morfológicas del cauce, las cuales condicionan a su vez el escurrimiento y, por ende, el resto de las variables características incluyendo las biológicas.

En la Figura 2.2-1 se presentan los perfiles longitudinales de los tres ríos principales de la región, medidos a lo largo de la rama de mayor longitud.

¹ La escala a nivel de microhábitat ha sido incluida a través de las investigaciones realizadas sobre invertebrados, principalmente.

² James Karr y Ellen Chu. Restoring Life in Running Waters – Better Biological Monitoring, 1999, Island Press.

FIGURA 2.2-1
PERFILES LONGITUDINALES DE LAS PRINCIPALES CUENCAS



Elaborado por el Consorcio

Tal como puede observarse, en el caso de los ríos Indio y Coclé del Norte se presentan tres tramos de pendiente bien diferenciada. En el caso del río Miguel de la Borda/Caño Sucio, el primer tramo no existe, siendo evidentes sólo los dos últimos. Los quiebres en el perfil se han seleccionado como los niveles representativos antes aludidos.

Dichos niveles son, en orden creciente de altitud, los siguientes:

- a) Estuarino, típico de las condiciones que se encuentran en la desembocadura de los ríos principales, y que se desarrolla hasta el nivel 10 msnm aproximadamente³
- b) De bajura o intermedio, que se desarrolla entre el nivel de 10 msnm y un nivel variable para cada una de las cuencas principales que depende del perfil longitudinal del cauce principal.
- c) De altura, que se desarrolla entre el límite de bajura y las nacientes de cada río.

A partir de este esquema surgieron los puntos seleccionados para el muestreo. Cabe señalar que el número mínimo de puntos, según el concepto planteado, sería de ocho:

- Tres en el río Indio
- Tres en el Coclé del Norte
- Dos en el Miguel de la Borda/Caño Sucio

No obstante, debe tenerse presente que, además de las tres cuencas principales, existen alrededor de catorce subcuencas principales cuya caracterización ha resultado de interés para la ACP. La combinación del criterio morfológico con el de las subcuencas de interés ha derivado en la selección de 20 sitios que son los finalmente utilizados para el muestreo.

³ La precisión de la información topográfica disponible no permite una mejor aproximación de este nivel; no obstante, debe considerarse que dada la reducida amplitud de la marea en el sector Caribe, este nivel sea probablemente menor.

En los sitios seleccionados para la caracterización obtuvieron dos réplicas de cada una de las variables de interés en cada uno de los 20 sitios muestreados lo que hace un total de cuarenta grupos de variables.

Se laboró un mapa de sitios de muestreo (ver Mapa 2.2-1) en el que se señalan los sitios efectivamente visitados. En casi todos los casos se logró una notable aproximación con los propuestos "a priori" atendiendo a aspectos de accesibilidad, representatividad y operatividad.

En la mayoría de los casos se muestreó en tributarios del curso originalmente contemplado básicamente por dificultades operativas propias asociadas a este último:

- corrientes fuertes
- excesiva profundidad

En todos los casos, no obstante, se considera haber logrado la representatividad buscada en la selección del sitio original.

B. CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUDALES

La cantidad de las aguas superficiales de la ROCC (caudales en las principales cuencas) ha sido medida por la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) en puntos de control específicos. La información hidrológica obtenida consiste en promedios multianuales (período 1990-1999) de caudales mensuales en las estaciones de aforos de la región.

El Cuadro 2.2-1 a continuación, resume la ubicación geográfica y características de las estaciones utilizadas por ETESA según el Catastro de Caudales Mensuales y Aforos Esporádicos en Ríos de la República (Anuario Hidrológico) publicado por el Departamento de Hidrometeorología del antiguo Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE):

CUADRO 2.2-1
ESTACIONES HIDROLÓGICAS EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA DEL CANAL

Río	Estación	Período operación	Latitud	Longitud	Tipo
Coclé del Norte	Canoas	1983	8° 53' N	80° 34' W	Limnigráfica
	El Torno	1958/1986	8° 31' N	80° 31' W	Limnigráfica
San Juan	Los Higueros	1980	8° 48' N	80° 36' W	Limnimétrica
Toabré	Batatilla	1958	8° 55' N	80° 30' W	Limnigráfica
Indio	Limón	1958/1980	8° 59' N	80° 11' W	Limnimétrica
	Boca del Uracillo	1979	8° 58' N	80° 11' W	Limnigráfica

Fuente: Elaborado por el Consorcio en base a información de ETESA

Los caudales medios mensuales, los promedios anuales así como las escorrentías medias anuales para las estaciones actualmente en operación en el período 1990 a 1999, según información proporcionada por ETESA, se presentan a continuación en el cuadro 2.2-2..

CUADRO 2.2-2

CAUDAL PROMEDIO MULTIANUAL (m³/s)

COCLÉ DEL NORTE, CANOAS													
Latitud: 08° 53' N Número: 105- 01- 02													
Longitud: 80° 34' O Provincia: Coclé													
Elevación: 20 msnm Área de Drenaje: 571 Km²													
Información desde: Octubre de 1983 Tipo de Estación: Limnigráfica													
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	PR	ES
42.3	29.8	29.4	32.6	46.5	40.4	33.1	44.2	52.1	52.2	51.5	77.3	44.2	2441
96%	65%	67%	74%	105%	91%	75%	100%	118%	118%	117%	175%	10%	mm
TOABRE, BATATILLA													
Latitud: 08° 55' N Número: 105- 02- 01													
Longitud: 80° 30' O Provincia: Colón													
Elevación: 20 msnm Área de Drenaje: 788 Km²													
Información desde: Julio de 1958 Tipo de Estación: Limnimétrica													
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	PR	ESC
34.4	15.9	14.3	14.9	35.1	49.4	44.8	59.1	79.0	66.8	68.3	77.2	46.6	1865
74%	34%	31%	32%	75%	106%	96%	127%	170%	143%	147%	166%	100%	mm
SAN JUAN, LOS HIGUERONES													
Latitud: 08° 48' N Número: 105- 03- 01													
Longitud: 80° 36' O Provincia: Colón													
Elevación: 8 msnm Área de Drenaje: 211 Km²													
Información desde: Agosto de 1979 Tipo de Estación: Limnigráfica													
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PR	ESC
20.8	17.5	15.9	13.3	27.3	14.4	13.5	17.7	20.9	18.3	20.3	34.3	19.5	2917
107%	90%	81%	68%	140%	74%	68%	91%	107%	94%	104%	176%	100%	mm
INDIO, BOCA DE URACILLO													
Latitud: 08° 58' N Número: 111- 01- 02													
Longitud: 80° 11' O Provincia: Colón													
Elevación: 99 msnm Área de Drenaje: 365 Km²													
Información desde: Agosto de 1980 Tipo de Estación: Limnigráfica													
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	ESC
10.5	8.53	4.61	5.0	20.4	30.8	24.2	26.8	39.7	52.7	57.1	49.3	27.6	2373
38%	31%	17%	18%	74%	112%	88%	98%	145%	192%	208%	179%	100%	mm

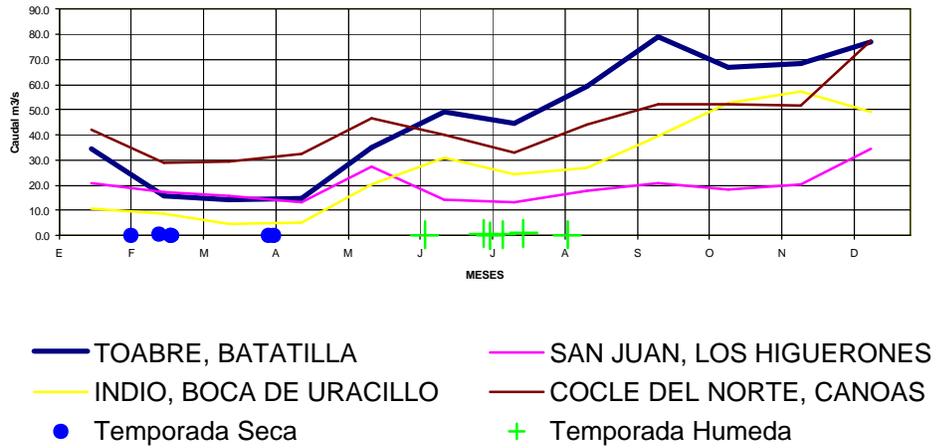
Fuente: ETESA

La estacionalidad de los caudales, si bien es apreciable, no es tan significativa como en otras áreas del país. (Figura 2.2-2).

Como puede observarse en la figura las visitas realizadas en la temporada seca encajan perfectamente en el valle de los caudales mínimos; en cuanto a la temporada considerada como lluviosa, las mismas no reflejan la estacionalidad de manera adecuada ya que fueron realizadas en el período que la mayoría de los ríos presenta una tendencia decreciente (mayo – julio).

FIGURA 2.2-2

DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE CAUDALES Y OPORTUNIDAD DE MUESTREO



Elaborado por el Consorcio

- Caudales máximos

Los registros de caudales máximos instantáneos tomados en las estaciones de aforo en el período de análisis suministrado por ETESA (1990 – 1999), se procesaron estadísticamente con miras a caracterizar los caudales máximos de distintos períodos de retorno (recurrencias).

Se realizó un ajuste con una función del tipo Gumbel para estimar los caudales pico de distintas recurrencias.

El río San Juan posee una estación limnimétrica (su estadística de caudal se basa en dos lecturas diarias de nivel) por lo que no es apta para el análisis de crecidas máximas.

Como representativo de las crecidas se seleccionó el caudal centenario (Probabilidad del 1% de ocurrencia).

- Caudales mínimos

Utilizando el mismo procedimiento estadístico, se calcularon los caudales mínimos diarios de distintos períodos de retorno, a partir de las series de caudales mínimos diarios del período 1990 – 1999 suministrados por ETESA. En este sentido, es usual utilizar como caudal mínimo característico aquél que tiene una probabilidad del 90% de ser excedido en cualquier año, es decir un período de retorno de 10 años. Las figuras de caudales extremos presentan los resultados obtenidos.

En el Cuadro 2.2-3, a continuación resumen los valores extremos analizados.

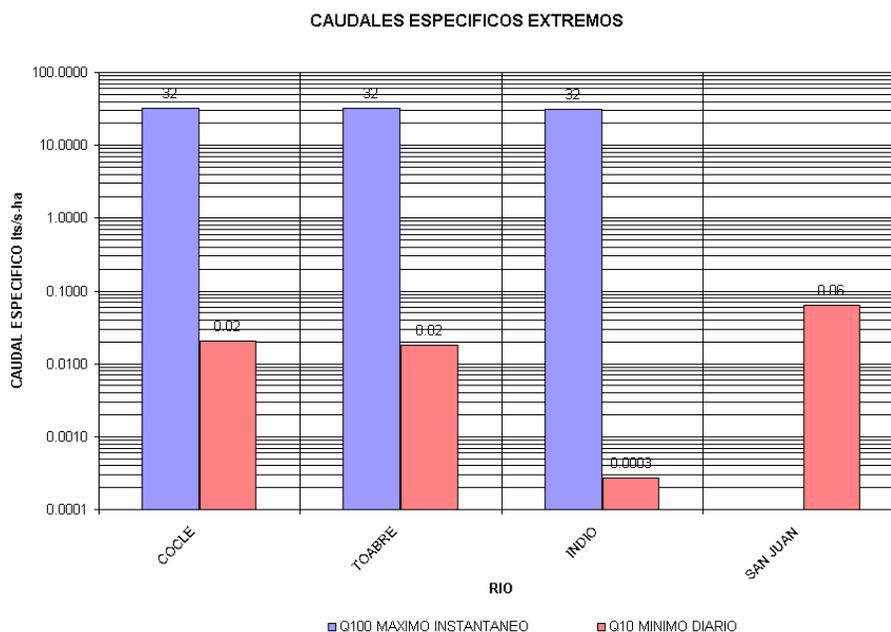
CUADRO No. 2.2-3
CAUDALES EXTREMOS

Río	Caudal máximo instantáneo TR = 100 años (m ³ /s)	Caudal mínimo diarios TR = 10 años (m ³ /s)
Coclé del Norte, Canoas	1854	1.19
Indio, Boca de Uracillo	1151	0
Toabré, Batatilla	2520	1.44
San Juan, Los Higueros	NA	1.35

Elaborado por el Consorcio

Dado que los valores absolutos – tratándose de cuencas de distinto tamaño – difieren, se calcularon los caudales específicos máximos y mínimos (caudal por unidad de área) que se presentan en la gráfica de la Figura 2.2-3. La gráfica ofrece una comparativa en cuanto a la respuesta de cada cuenca: los ríos San Juan, Coclé del Norte, Indio y Toabré, cuyo grado de intervención es menor, presentan caudales específicos mínimos superiores al del río Indio.

FIGURA 2.2-3
COMPARACIÓN CAUDALES ESPECÍFICOS EXTREMOS



Elaborado por el Consorcio

2.2.1.2 INDICADORES DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO EN LOS SITIOS DE MUESTREO

A partir de las mediciones de sección hidráulica y velocidad realizadas en campo como parte de la campaña de muestreo, se determinaron las características hidráulicas del escurrimiento en los 20 sitios visitados.

A. Indicadores hidráulicos seleccionados

La caracterización hidráulica a nivel de tramo, se utilizó para determinar asociaciones entre el escurrimiento y las especies presentes.

Como parte del análisis se ha efectuado, en dos temporadas, la caracterización del escurrimiento en cada curso de agua muestreado en las condiciones encontradas al momento de realizar las pruebas de campo. Esta información puede resumirse mediante tres parámetros hidráulicos:

- Caudal
- Velocidad
- Profundidad

Los mismos se encuentran vinculados entre sí por relaciones físicas.

Las variables medidas en campo, según lo establecido oportunamente en los protocolos correspondientes, son la velocidad y la sección de escurrimiento; a partir de esta última se determina el ancho superficial y la profundidad hidráulica. El caudal resulta del producto de la velocidad y la sección hidráulica, expresión válida donde la corriente del río es perpendicular a la sección transversal.

Las mediciones hidráulicas se realizaron, por lo general, en los intervalos comprendidos entre rápidos y pozas; asimismo se ha medido, en todos los casos, la velocidad y profundidad en los rápidos. En los casos en que se efectuaron mediciones en distintos microhábitat del mismo curso (rápidos, pozas y/o intervalos entre ambos), se asumió el caudal constante a lo largo de los mismos.

B. Resultados del muestreo

En el Cuadro No.2.2-4 se presentan los resultados obtenidos de los muestreos para las variables seleccionadas en las dos temporadas lluviosa y seca.

Asimismo, se determinó el caudal promedio de las dos temporadas como indicativo del caudal medio anual. Como ya se comentó, si bien la temporada seca fue realizada en el intervalo estacional apropiado, la temporada lluviosa fue caracterizada en un período previo donde las condiciones de máxima no estaban plenamente desarrolladas. Es por ello que los resultados en este caso deben tomarse con alguna reserva.

A partir de las curvas de isoescorrentía media anual (Mapa 2.2-2) se estimaron los caudales medios anuales en los cursos de agua que corresponden a los sitios visitados.

El caudal estimado fue comparado con el determinado como promedio de los datos de campo, ambos valores, en la mayoría de los casos, presentan una aceptable similitud (Figura 2.2-4) lo que permite suponer que las mediciones realizadas son representativas de las condiciones usuales de escurrimiento en cada uno de los cursos visitados.

CUADRO 2.2-4
VARIABLES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS

Nombre	Sitio	Fecha 1	Fecha 2	Área de drenaje (km ²)	Medición de caudales y velocidades en el tramo											
					Ancho (m)		Profundidad media (m)		Velocidad media (m/s)		Velocidad Promedio	Área (m ²)		Caudal (m ³ /s)		Caudal Promedio
					Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca		Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	
Membrillar	1	05-Jul-01	01-Abr-02	9.8	2.70	4.10	0.50	0.46	0.12	0.07	0.10	1.21	2.3	0.15	0.16	0.15
Jobito	2	07-Jun-01	03-Abr-02	6.4	4.10	5.00	0.40	0.29	0.11	0.03	0.07	2.31	1.76	0.26	0.06	0.16
Los Uveros	3	07-Ago-01	18-Feb-02	5.1	2.80	4.50	0.17	0.15	0.41	0.305	0.36	0.52	0.76	0.21	0.23	0.22
Las Marías	4	02-Jul-01	13-Feb-02	9.9	7.70	7.70	0.16	0.16	0.52	0.52	0.52	1.39	1.39	0.72	0.72	0.72
La Conga	5	10-Jul-01	18-Feb-02	2.9	6.20	3.00	0.27	0.16	0.23	0.123	0.18	2.18	0.49	0.51	0.06	0.28
Río Indio Nacimiento	6	19-Jul-01	01-Feb-02	6.3	5.00	3.50	0.44	0.15	0.50	0.17	0.34	2.22	0.82	1.11	0.14	0.63
Caño Rey	7	17-May-01	02-Abr-02	50.9	9.90	8.00	0.42	0.43	0.37	0.03	0.20	4.81	3.87	1.78	0.11	0.94
Río Caño Sucio	8	18-May-01	04-Abr-02	319.6	23.00	16.30	0.52	0.57	0.95	0.94	0.95	13.29	11.38	12.63	10.70	11.66
El Guásimo	9	21-Jun-01	25-Feb-02	3.8	3.50	3.50	0.15	0.121	0.43	0.118	0.28	0.585	0.49	0.25	0.06	0.16
Platanal	10	22-Jun-01	09-Abr-02	4.3	3.90	3.30	0.33	0.215	0.09	0.28	0.19	1.402	0.81	0.13	0.23	0.18
Lavandera	11	25-Jul-01	13-Mar-02	0.5	4.00	1.50	0.28	0.02	0.13	0.03	0.08	1.12	0.03	0.14	0.00	0.07
San Lucas	12	25-Jul-01	13-Mar-02	22.4	16.60	16	0.3	0.314	0.54	0.287	0.42	5.42	5.3	2.94	1.52	2.23
Qda. Jacinta	13	31-May-01	12-Mar-02	2.1	5.60	4.00	0.20	0.20	0.33	0.23	0.28	1.34	1.02	0.44	0.23	0.34
Río Toabre (Batatilla)	14	30-May-01	14-Mar-02	795.5	43.50	44.00	0.48	0.51	0.36	0.99	0.68	21.15	23.32	7.61	23.09	15.35
Tortugueta	15	26-Jul-01	15-Mar-02	2.8	5.60	9.00	0.21	0.55	0.19	0.157	0.17	1.31	3.83	0.25	0.60	0.42
Victoria	16	30-May-01	12-Mar-02	10.7	6.30	5.50	0.24	0.21	0.71	0.33	0.52	1.666	1.35	1.18	0.44	0.81
Cascajal	17	24-May-01	11-Mar-02	149.5	21.50	18.00	0.42	0.39	0.35	0.28	0.31	9.46	8.48	3.31	2.34	2.83
Río Botija	18	29-May-01	11-Mar-02	32.1	14.80	8.00	0.30	0.37	0.31	0.63	0.47	5.16	3.26	1.60	2.06	1.83
Río Moreno	19	24-May-01	10-Mar-02	5.2	7.40	3.00	0.13	0.13	0.38	0.13	0.25	0.88	0.47	0.33	0.06	0.20
Guabal	20	11-May-01	05-Feb-02	11.5	12.00	13.50	0.39	0.40	0.18	0.48	0.33	5.182	6.65	0.93	3.19	2.06

Nombre	Sitio	Fecha 1	Fecha 2	Ancho y Velocidad de rápidos								
				Ancho		Vel. Media		Profundidad		Froude		
				Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Qestimado	Húmeda	Seca
Membrillar	1	05-Jul-01	01-Abr-02	2.70	sd	0.12	sd	0.47	sd	sd	0.06	sd
Jobito	2	07-Jun-01	03-Abr-02	1.10	sd	0.64	sd	0.17	sd	sd	0.49	sd
Los Uveros	3	07-Ago-01	18-Feb-02	1.70	2.50	0.85	0.968	0.15	0.19	0.45	0.69	0.71
Las Marías	4	02-Jul-01	13-Feb-02	2.00	2.00	0.74	0.739	0.17	0.17	0.25	0.57	0.57
La Conga	5	10-Jul-01	18-Feb-02	5.4	3.00	0.54	0.255	0.21	0.14	0.11	0.38	0.22
Río Indio Nacimiento	6	19-Jul-01	01-Feb-02	3.55	3.40	0.77	0.94	0.21	0.21	0.67	0.54	0.66
Caño Rey	7	17-May-01	02-Abr-02	9.90	sd	0.73	sd	0.48	sd	sd	0.34	sd
Río Caño Sucio	8	18-May-01	04-Abr-02	10.90	9.00	0.95	1.39	0.52	0.25	3.13	0.42	sd
El Guásimo	9	21-Jun-01	25-Feb-02	3.50	3.00	0.52	1.21	0.11	0.20	0.73	0.49	0.86
Platanal	10	22-Jun-01	09-Abr-02	2.20	3.00	0.48	0.695	0.13	0.14	0.28	0.43	0.60
Lavandera	11	25-Jul-01	13-Mar-02	2.70	sd	0.31	sd	0.12	sd	sd	0.29	sd
San Lucas	12	25-Jul-01	13-Mar-02	3.70	3.40	1.38	1.33	0.31	0.21	0.97	0.79	0.92
Qda. Jacinta	13	31-May-01	12-Mar-02	3.20	1.10	0.33	0.55	0.23	0.12	0.07	0.22	0.51
Río Toabre (Batatilla)	14	30-May-01	14-Mar-02	31.50	8.40	0.36	0.45	0.48	sd	sd	0.17	sd
Tortugueta	15	26-Jul-01	15-Mar-02	3.10	1.00	0.57	0.42	0.12	0.14	0.06	0.52	0.35
Victoria	16	30-May-01	12-Mar-02	5.30	6.50	0.71	0.677	0.24	0.17	0.75	0.46	0.52
Cascajal	17	24-May-01	11-Mar-02	21.50	13.00	0.35	1.23	0.41	0.26	4.16	0.17	0.77
Río Botija	18	29-May-01	11-Mar-02	7.80	3.50	0.70	1.57	0.23	0.18	0.97	0.47	1.20
Río Moreno	19	24-May-01	10-Mar-02	5.40	3.00	0.38	0.4	0.09	0.18	0.21	0.40	0.30
Guabal	20	11-May-01	05-Feb-02	5.30	sd	0.22	sd	0.37	sd	sd	0.12	sd

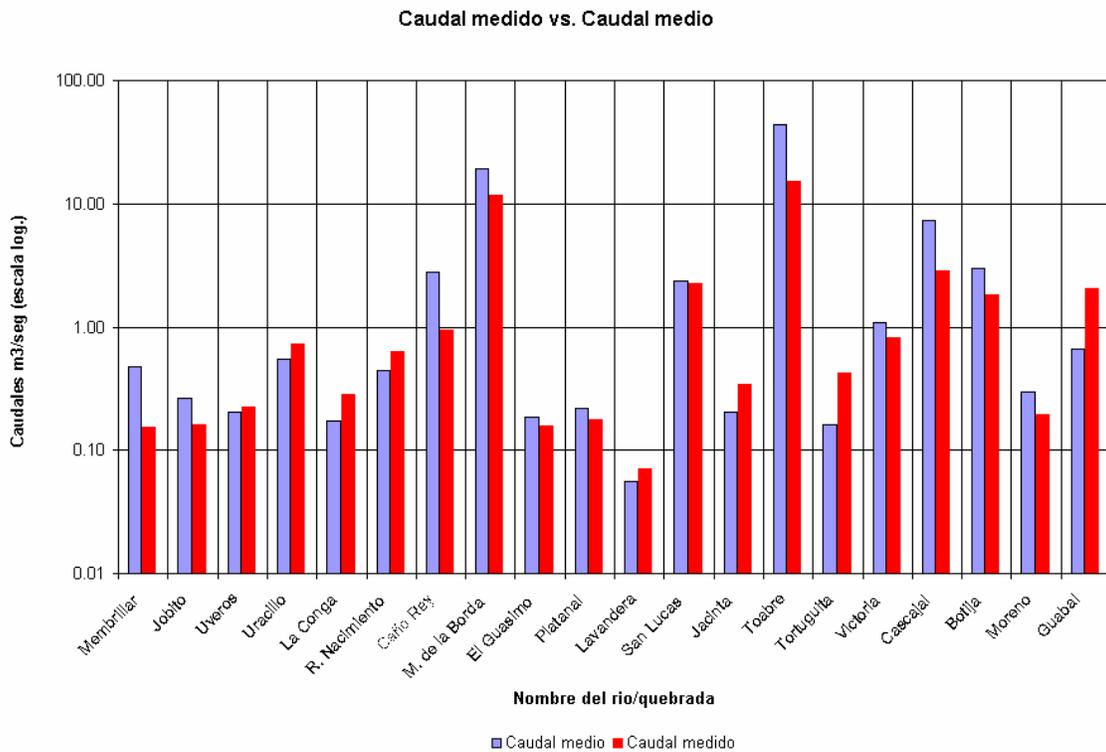
Fuente: Elaborado por el Consorcio

A partir de las mediciones efectuadas se calcularon, para cada curso de agua muestreado, funciones de la forma:

$$\text{Ancho} = a \times \text{caudal}^d$$

que permite estimar el ancho superficial⁴ del río, una vez conocido el caudal.

FIGURA 2.2-4
CAUDALES MEDIDOS vs. CAUDALES MEDIOS ESTIMADOS



Elaborador por el Consorcio

Al igual que lo hecho para el caso del ancho, se ha desarrollado una función de la forma:

$$\text{Prof} = c \times \text{caudal}^d$$

que permite estimar la profundidad media una vez conocido el caudal.

⁴ La expresión aplica a los intervalos entre rápidos y pozas.

A partir de las expresiones anteriores es posible determinar la velocidad media, la cual utilizó para la clasificación de los ecosistemas hídricos..

En el Cuadro No. 2.2-5 se presentan los caudales y velocidades medias anuales estimados con el procedimiento indicado.

CUADRO 2.2-5
CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIOS CAUDALES MEDIDOS Y SISTEMAS HÍDRICOS

Nombre	Sitio	Escorrentía media anual (mm)	Área (km ²)	Caudal medio (m ³ /s)	Caudal promedio mediciones (m ³ /s)	Ancho estimado (m)	Profundidad estimada (m)	Velocidad media estimada (m/s)
Oda. Membrillar	1	1520	9.8	0.47	0.15	179.93	0.22	0.01
Oda. Jobito	2	1299	6.4	0.26	0.16	4.10	0.40	0.16
Oda. Uveros	3	1274	5.1	0.21	0.22	2.43	0.18	0.48
Oda. Uracillo	4	1757	9.9	0.55	0.72	8.28	0.23	0.30
Oda. La Conga	5	1901	2.9	0.17	0.28	4.30	0.21	0.19
R. Indio Nacimiento	6	2211	6.3	0.44	0.63	4.26	0.27	0.38
Río Caño Rey	7	1711	50.9	2.76	0.94	10.24	0.42	0.65
Río M. de la Borda	8	1894	319.6	19.20	11.66	54.93	0.41	0.85
Río El Guásimo	9	1536	3.8	0.19	0.16	3.50	0.14	0.37
Oda. Platanal	10	1590	4.3	0.22	0.18	3.34	0.22	0.30
Oda. Lavandera	11	3433	0.5	0.06	0.07	3.34	0.17	0.10
Río San Lucas	12	3351	22.4	2.38	2.23	16.41	0.30	0.48
Oda. Jacinta	13	3029	2.1	0.21	0.34	3.73	0.20	0.28
Río Toabré	14	1749	795.5	44.12	15.35	44.29	0.53	1.89
Oda. Tortugueta	15	1803	2.8	0.16	0.42	4.47	0.13	0.27
Oda. Victoria	16	3167	10.7	1.08	0.81	6.22	0.24	0.73
Río Cascajal	17	1536	149.5	7.28	2.83	32.20	0.51	0.44
Río Botija	18	2972	32.1	3.02	1.83	3.19	0.49	1.94
Río Moreno	19	1775	5.2	0.30	0.20	6.94	0.13	0.33
Río Guabal	20	1806	11.5	0.66	2.06	11.60	0.39	0.15

Elaborado por el Consorcio

2.2.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la evaluación de la ubicación, características y profundidad de las aguas subterráneas se utilizó información antecedente y exploraciones en campo.

A. Información antecedente

La información antecedente sobre las aguas subterráneas en la región es escasa; ello se debe a la reducida oferta hídrica en este sentido, comparado con los enormes recursos superficiales disponibles. Las fuentes consultadas incluyen:

- “Mapa Hidrogeológico de Panamá”, Empresa de Transmisión Eléctrica SA, Departamento de Hidrometeorología, Panamá, 1999
- “Evaluación de Recursos Hidráulicos para Panamá”, Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, para el Comando Sur del Ejército, Diciembre 1997

- Datos de Fuentes del Ministerio de Salud, Subdirección de Salud Ambiental, Departamento de Calidad de Agua.

Según la primera de las publicaciones, la zona de interés presenta, de sur a norte, dos formaciones hidrogeológicas principales (ver Mapa 2-2-3).

- Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas que comprenden un conjunto de volcánicas (lavas y aglomerados); las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se encuentran en las zonas fracturadas y la calidad química de las aguas es generalmente buena.
- Acuíferos locales constituidos por volcánicas, depósitos marinos y lacustres consolidados y no consolidados. Las zonas meteorizadas pueden funcionar como acuitardos. La calidad química de las aguas es variable desde buena hasta salobre.

Según la segunda de las publicaciones, también se presentan dos zonas de límites cuya descripción es similar a la anterior:

- Escasas a pequeñas cantidades de agua de rocas volcánicas. Profundidad de pozos generalmente menor de 70 m; los mejores rendimientos se producen a lo largo de fracturas.
- Escasas a muy pequeñas cantidades de agua de rocas sedimentarias mezcladas con volcánicas generalmente areniscas, lutitas, tobas, calizas, y conglomerados. Profundidad de los pozos generalmente menor de 50 m.

Según la tercera de las fuentes, los acueductos de la región son en general captaciones de vertientes (a gravedad) que no involucran pozos. Estas vertientes son, a menudo, ojos de agua donde se produce el afloramiento del flujo subterráneo de alguna grieta o sistema de grietas.

B. Exploraciones de campo

Se realizaron perforaciones con barrena en las planicies aluviales aledañas a los cursos muestreados, en las proximidades de los tramos estuarinos, para monitorear el nivel del manto freático y tomar muestras para análisis de la calidad. Los sitios investigados se muestran en el Mapa Hidrogeológico (mapa 2.2-3). En el Cuadro No. 2.2-6 se muestran los resultados obtenidos.

CUADRO 2.2-6
NIVEL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Cuenca	Río/Quebrada	Sitio	Elevación msnm	Nivel freático (m de la superficie)	Comentarios
Río Indio	Oda. Membrillar	1	11	-0.91	Pozo a 20 m del cauce en suelo seco con bosque circundante de Palma Africana
Río Miguel de la Borda	Río Caño Rey	7	5	- 0.32	Pozo a 25 m del cauce del río Caño Rey en área de potreros saturada de agua; salinidad = 0.10 ppm
Río Coclé del Norte	Oda. Lavandera	11	5	ND	Se muestreó a 15 m del cauce de la quebrada hasta 0.70 m de profundidad, donde se encontró roca

Elaborado por el Consorcio

Como resultado de la recopilación realizada, puede concluirse que las aguas subterráneas no constituyen un recurso explotable en forma masiva dado que su relativamente escasa presencia se reduce, principalmente, a los sistemas de grietas y fallas de la roca fracturada.

C. Penetración salina

Uno de los aspectos importantes de los sistemas estuarinos, relacionados con las aguas subterráneas, consistió en la estimación de la intrusión salina.

Para ello se utilizó la expresión de Ghyben and Herzberg que permite determinar la profundidad de la cuña salina en función de la distancia a la costa utilizando la relación de densidades de las aguas salada y dulce (normalmente 40). En términos simples, la profundidad de la cuña salina en la interfase con el agua dulce será alrededor de 40 veces la altura del nivel freático en cualquier punto. Con las profundidades halladas en las campañas, sólo en las proximidades de las desembocaduras de los ríos es de esperar la presencia de aguas subterráneas salinas.

Las observaciones del grupo botánico, por su parte, no indicaron la presencia de plantas ya adaptadas al ambiente salobre, lo cual es indicativo que, en la actualidad, el área próxima al sector atlántico es lixiviada por las fuertes precipitaciones y no manifiesta, por lo menos en superficie, presencia de sales.

2.3 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, TECTÓNICA, ÁREAS INESTABLES

La parte más antigua de la región es el sector medio superior, que se formó a finales del Terciario hace unos 15 millones de años por levantamientos y acumulación de material volcánico. Luego, durante el Cuaternario, hace unos 3 millones de años, se formó la parte media inferior, producto de la erosión y acumulación de sedimentos desde la parte alta. (Coates, 2002)

En la Región, el sector que corresponde a las montañas cuyas alturas oscilan entre 100 y 400 m pertenece al Período Terciario de la Era Cenozoica, que se caracteriza por la presencia de, arcillas, conglomerados, lavas tobas, aglomerados andesíticos – basálticos

Dentro del área se presentan rocas sedimentarias del Período Terciario Superior – Inferior que se caracteriza por la presencia de calizas, limonitas, lutitas, arenisca, tobáceas, tobas y lavas.

Gran parte de la región está conformada por colinas, cerros bajos, montañas bajas y cerros altos, cuyas altitudes oscilan entre 50 y 200 m, en la cual prevalecen las rocas sedimentarias y rocas ígneas extrusivas (Basalto, Andesita, Toba, etc.).

2.3.1 GEOLOGÍA

La caracterización geológica del área se realizó en base a la información obtenida a través del mapa geológico de Panamá (Mapa Geológico de Panamá, 1968). (Mapa 2.2-4).

La Región Occidental está emplazada en formaciones litológicas del Terciario Inferior- Superior e Indiferenciado en los que se encuentran rocas de origen sedimentario y volcánico.

En el sector cuyos niveles altitudinales oscilan entre <20 y 49 msnm, se distinguen las siguientes formaciones por cuenca:

- Cuenca del río Indio dominan las formaciones sedimentarias Gatún y Chagres, principalmente del Terciario Inferior y Superior compuestas por arenisca, arenisca tobácea, arenisca maciza, lutitas, tobas, conglomerados y arcillita arenosa.

- Cuenca del río Miguel de la Borda/ Caño Sucio dominan:
 - La formación sedimentaria Las Lajas del Grupo Aguadulce del Cuaternario compuesto por aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, lutitas carbonosas, conglomerados y calizas.
 - La formación sedimentaria río Hato del Grupo Aguadulce del Cuaternario compuesto por areniscas, lutitas carbonosas, conglomerados, depósitos orgánicos con pirita, tobáceas y arcillitas
 - La formación sedimentaria Caimito, del Grupo Caimito del Terciario compuesta por arenisca tobácea, lutita tobácea, toba y caliza foramífera.
- Cuenca del río Coclé del Norte domina la formación volcánica Cañazas del Grupo Cañazas compuesta por andesitas, basaltos y tobas.

En el sector donde los niveles altitudinales varían entre 50 y 200 msnm. (Sección Media de la Cuenca), se distinguen las siguientes formaciones por cuenca:

- Cuenca de río Indio: dominan la formación sedimentaria Gatún compuestas por arenisca tobácea, lutita tobácea, toba y calizas foraminíferas
- Cuenca del río Miguel de la Borda/ Caño Sucio: se distinguen las siguientes formaciones:
 - Formación sedimentaria Caimito compuesta por arenisca tobácea, lutita tobácea, toba y caliza
 - La formación volcánica Cerro Viejo compuesta por basalto, andesitas, amigdaloides vídriosos, basaltos post ignimbríticos
 - La formación volcánica Cañazas compuesta por andesitas/ basaltos, lavas y tobas.
- Cuenca del río Coclé del Norte en la que se identifican:
 - La formación plutónica Petaquilla del grupo Tabasará, compuesta por granodiorita, cuarzomonzonitas, dioritas y dacitas.
 - La formación volcánica Cañazas del grupo Cañazas compuesta por andesitas, basaltos y tobas

En el sector donde los niveles altitudinales están por encima de los 200 msnm se distinguen las siguientes formaciones por cuenca:

- Cuenca del río Indio: en esta cuenca se identifican:
 - La formación volcánica Tucúe del Grupo Cañazas compuesta por andesitas/ basaltos, lavas, brechas, tobas y “plugo”
 - La formación Cerro Viejo compuesta por basaltos/ andesita, amigdaloides vídriosos y basaltos post- ignimbríticos
- Cuenca del río Coclé del Norte: en esta cuenca se encuentra la formación volcánica Cañazas del grupo Cañazas compuesto por andesitas, basaltos y tobas. Además se distingue también, la formación plutónica Petaquilla compuesta por granodiorita, cuarzomonzonitas, dioritas y dacitas.

2.3.2 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo al Atlas Nacional de la República de Panamá (edición de 1988), la Región se caracteriza por tener cinco estructuras geomorfológicas predominantes:

- **Planicies litorales y costeras bajas de < 20 msnm**

La mayor parte de este sector se caracteriza por la presencia de sedimentos del Mioceno de la Era Terciaria y rocas volcánicas del Mioceno de la Era terciaria.

- **Cerros y colinas bajas**

En la Región se distingue un vasto complejo de cerros y colinas bajas, con elevaciones que oscilan entre 20 y 200 msnm.

La mayor parte de estos cerros y colinas se presentan con una topografía muy moldeada, con pendientes poco pronunciadas (lo que se podría definir como una morfología suave o moderada), se trata de terrenos del Terciario Inferior- Superior e Indiferenciado.

- **Montañas medias y bajas**

Conformada por montañas, del Terciario Indiferenciado, cuyas alturas que oscilan entre 200 y 400 msnm y con pendientes varían entre mediana y fuertemente inclinadas

- **Montañas Altas**

Esta área pertenece al Terciario Indiferenciado, esta formada por montañas cuyas alturas oscilan entre 400 m y 600 msnm.

- **Picos y cimas de montañas altas**

Esta área pertenece al Terciario Indiferenciado y en ella se encuentran los siguientes cerros:

- Cerro Gaital
- Cerro Santa Marta
- Cerro Peña Blanca

2.3.3 TECTÓNICA

La tectónica en la región de América Central esta predominantemente regulada por la interacción de las placas de Nazca, Cocos, y las Placas de Centro y Sur América. Los procesos geológicos en el Istmo de Panamá incluye la sedimentación, tectónica. El vulcanismo y la sismicidad son fuertemente influenciados por el movimiento relativo de las placas mencionadas. Aunque el istmo está localizado en el borde sureste de la Placa del Caribe, Panamá, en si misma, está localizada sobre la microplaca denominada Bloque Panamá. Al oeste del Canal de Panamá, la cordillera y sus vertientes septentrional y meridional, presenta en las formaciones terciarias una tectónica de bloques monoclinales delimitados por fallas variadamente desplazados en sentido vertical.

La formación de la cordillera es probablemente mas debida a la simple acumulación de abundante productos volcánicos que a empujes verticales.

De acuerdo al Mapa Geológico de Panamá (edición de 1988), en el área de estudio se distinguen dos estructuras tectónicas, tipo fallas, una con dirección E-O y la otra con dirección N- S

2.3.4 ÁREAS INESTABLES

En relación con las condiciones de estabilidad que presentan los taludes y laderas de las montañas y colinas, puede indicarse que de acuerdo a las observaciones de campo, no fueron identificadas zonas inestables. Se distinguen en el área una zona de colinas con pendientes muy mo-

deradas en las que no se observaron evidencias de derrumbes, además, la cobertura boscosa y herbácea es muy abundante, sirviendo la misma como un mecanismo estabilizador natural.

En las zonas bajas y planas no se identificaron fenómenos cársticos y en las zonas de montañas medias y altas no fueron identificados deslizamientos activos.

En cuanto al efecto de la erosión por causa de los distintos agentes meteóricos cabe decir que en la Región se pueden identificar 2 tipos de áreas sobre las cuales el fenómeno de erosión ha tenido efectos.

En primer lugar están las tierras dedicadas a la producción agropecuaria, las cuales se encuentran fuertemente intervenidas por el hombre, a tal punto que la cobertura boscosa prácticamente no existe y en las que predominan los pastizales y en segundo lugar las áreas cubiertas por rastrojos

La otra área, en la cual la mayor parte se encuentra muy bien protegida por una fuerte cobertura boscosa, no se observaron efectos evidentes de la erosión, excepto los producidos por la acción natural.

2.4 SUELOS

Los terrenos más antiguos se han originado a partir de formaciones volcánicas de dacitas, riocitas, material sub – intrusivo, tobas y lavas.

De acuerdo al sistema de clasificación de capacidad agrológica de los suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la mayoría de los suelos, de la parte alta de la Región pertenecen a los suelos Clase VI, VII y VIII, que son suelos con severas limitaciones de uso, donde en algunos casos es posible el desarrollo de la ganadería (suelos VI), pero en casos de terrenos muy inclinados, éstos se deben destinar para recreación, reservas o para el abastecimiento de agua.

La parte media de la región se formó en base a andesitas, basalto, lavas y tobas. La mayor parte de los suelos que componen esta sección son clasificados como clase VI y VII, por lo que no se les considera arables y con severas limitaciones de uso. Se recomienda el uso de los suelos para pastizales, en algunos casos y cobertura boscosa, con fines de protección o producción de madera. En este sector se encuentran pequeños sectores con suelos de clase II, III y IV. Estos suelos son arables y presentan limitaciones de diferente orden en la escogencia de las plantas que pueden ser utilizadas con fines de protección.

En la parte baja de la región, que se originó principalmente de material sedimentario de arenisca tobácea, lutita tobácea, toba y material calizo, los suelos son de clase III, IV, VI y VII, los cuales, tal como se mencionó en el párrafo precedente, presentan limitaciones de uso.

2.5 CLIMA

El Clima de la región, según la clasificación climática de Köppen, se encuentra, en general, dentro de la característica de clima tropical Húmedo (Cuadro No. 2.5-1 y Cuadro No. 2.5-2):

- precipitación anual mayor de 2500 mm
- uno o más meses con precipitación menor de 60 mm
- temperatura media del mes más fresco >18°C
- diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco <5°C

El extremo NO de la cuenca del río Coclé del Norte se encuentra dentro de la categoría de Clima Tropical muy Húmedo, caracterizado por:

- lluvia copiosa todo el año
- precipitación del mes más seco >60 mm. (Atlas Nacional de la República de Panamá).

2.5.1 PRECIPITACIÓN

La información recopilada sobre precipitaciones consiste en precipitaciones medias mensuales en el período 1991 – 2000 en 13 estaciones pluviométricas la cual se presenta en el Cuadro 2.5-1 (dentro de la Región Occidental o próxima a ella).

CUADRO 2.5-1
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm) EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA DEL CANAL Y ALREDEDORES

Estación	Lat.	Long.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Coclesito	08°49'	80°33'	227	144	137	251	363	314	257	294	310	370	349	453	3458
Coclé del Norte	09°04'	80°34'	306	157	175	328	506	485	625	411	322	478	745	741	5279
La Pintada	08° 35'	80° 27'	37	19	17	39	169	190	127	170	262	199	146	74	1449
Toabré	08° 38'	80° 21'	53	26	27	48	214	204	159	221	279	234	184	123	1772
Boca de Toabré	08° 55'	80° 33'	309	217	197	363	465	365	403	372	327	416	519	652	4603
Tambo	08° 39'	80° 17'	49	29	32	39	226	207	195	237	311	266	197	124	1911
Chiguirí Arriba	08°40'	80°11'	135	66	64	151	537	528	445	548	506	459	509	337	4285
Boca de Uracillo	08°58'	80°11'	112	78	91	176	301	347	220	236	298	322	339	288	2807
Miguel de la Borda	9° 09'	80° 19'	223	116	109	272	367	410	398	423	275	349	553	367	3861
Llano Grande	08°38'	80°27'	54	34	39	64	206	208	126	203	316	225	185	111	1772
El Valle	08°36'	80°08'	51	20	27	62	338	421	283	391	478	469	316	73	2927
Antón	08°23'	80°16'	42	14	8	28	170	218	181	178	206	237	220	116	1616
El Copé	08° 38'	80° 35'	86	36	27	32	135	199	136	191	318	243	168	111	1682

Fuente: ETESA

Cabe señalar las series de que precipitaciones fueron revisadas y homogeneizadas hasta completar el período de análisis. Los datos mensuales faltantes de precipitación se estimaron utilizando el método de proporción normal, que consiste en rellenar el dato faltante con los valores de precipitación encontrados en las estaciones circundantes.

La ecuación utilizada en el relleno de datos mensuales es la siguiente:

$$P_{\text{ mensual }} = (P_{\text{ me1 }} + P_{\text{ me2 }} + P_{\text{ me3 }} + P_{\text{ mx+1 }}) / (X + 1)$$

Tal como se puede observar en el cuadro mencionado, en la estación correspondiente a Coclé del Norte se registró la mayor precipitación media mensual en la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá y alrededores (5279 mm), le siguen en orden descendente:

- la estación de Boca de Toabré (4603,0 mm)
- la estación de Chiguirí Arriba (4285,0 mm)
- la estación de Miguel de la Borda (3861,0 mm)

El Mapa 2.2-5 presenta las isoyetas medias anuales elaborado según la información recopilada. El mismo muestra un fuerte gradiente de Norte a Sur que, conjuntamente con la orografía, constituye una de las características más salientes de la región. En efecto, la combinación de fuertes precipitaciones desde el litoral caribeño y la inexistencia de una barrera orográfica inmediatamente después (como es el caso de la Región Oriental de la Cuenca del Canal), permite la precipitación de las lluvias íntegramente en el área de las cuencas tributarias. Asimismo, el desarrollo inverso (Sur – Norte) de los cursos de agua en relación al gradiente de precipitación hace que las amenazas por erosión e inestabilidad de las cabeceras sea menor (menor vulnerabilidad ambiental).

2.5.2 TEMPERATURA

La información recopilada sobre temperatura consiste en promedios mensuales multianuales de temperatura en cinco estaciones (Cuadro 2.5-2):

CUADRO 2.5-2
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES (°C) EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA DEL CANAL

Estación	Lat.	Long.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Coclesito	8° 49'	80° 33'	25.3	25.5	25.9	26.3	27.2	26.8	26.4	26.8	26.7	26.5	25.9	25.7	26.2
El Copé	8° 38'	80° 35'	24.8	24.9	25.2	25.4	25.6	25.3	25.4	25.3	25.2	25.1	24.7	25.1	25.2
Icacal	9° 02'	80° 09'	26.9	27.2	27.3	27.6	27.5	27.1	27.2	26.9	26.8	26.8	26.3	26.6	27.0
Toabré	8° 55'	80° 33'	24.8	25.2	25.8	26.3	26.3	25.9	25.8	25.9	25.8	25.5	25.0	24.9	25.6
Antón	8° 23'	80° 16'	27.5	28.1	28.7	29.1	28.2	27.5	27.4	27.3	27.0	26.8	27.0	27.2	27.7

Fuente: ETESA

Tal como se puede observar, las temperaturas medias mensuales en la Región Occidental del Canal de Panamá y alrededores oscila entre 25.2°C y 27.7°C, correspondiéndole a la estación de Antón la mayo temperatura media mensual y a El Copé la menor. Para complementar la caracterización térmica de la cuenca se han utilizado las ecuaciones alto-térmicas desarrolladas por el IRHE para determinar la temperatura media mensual en función de la elevación del lugar.

Las ecuaciones utilizadas son de la forma:

$$T (^{\circ}\text{C}) = a - b (H)$$

donde H corresponde a la altura sobre el nivel del mar y los valores de a y b para cada mes se indican en el Cuadro No. 2.5-3:

CUADRO 2.5-3
PARÁMETROS DE LAS ECUACIONES PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN FUNCIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL LUGAR

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a	26.47	26.97	27.52	27.68	27.26	26.78	26.92	26.86	26.65	26.55	26.53	26.61
b	0.0057	0.0060	0.0058	0.0058	0.0055	0.0052	0.0054	0.0053	0.0054	0.0054	0.0054	0.0057

Fuente: Departamento de Hidrometeorología, IRHE

Con estos valores se han determinado las temperaturas medias mensuales que se utilizaron en los balances hídricos.

2.5.3 EVAPORACIÓN

En el Cuadro 2.5-4 se presentan los datos correspondiente al promedio diario mensual de evaporación tanque en mm, medida en un período de seis años consecutivos (1995- 2000) en la Estación de San Lucas, ubicada en el corregimiento de Coclé del Norte, distrito de Donoso, provincia de Colón.

CUADRO 2.5-4
PROMEDIO MENSUAL DE EVAPORACIÓN TANQUE EN mm/día

ESTACIÓN SAN LUCAS
CORREGIMIENTO: COCLÉ DEL NORTE
DISTRITO. DONOSO
PROVINCIA: COLÓN

AÑO	MESES												
	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
1995	3.0	3.8	4.1	3.5	3.5	3.0	2.4	3.3	2.7	2.8	3.4	2.6	3.2
1996	2.3	2.7	3.8	3.7	3.2	2.3	3.0	2.8	3.9	3.5	2.2	2.8	3.0
1997	2.4	1.8	3.0	2.4	3.0	2.9	2.1	3.0	3.2	2.9	2.5	3.0	2.7
1998	3.2	2.6	3.7	5.4	2.7	2.8	2.7	2.3	3.4	3.1	2.7	2.8	3.1
1999	3.4	2.8	3.7	2.6	3.8	3.2	3.2	4.0	3.4	3.1	2.7	2.8	3.2
2000	3.3	3.2	3.9	3.1	3.2	2.8	3.0	3.1	3.1	3.1	2.7	2.8	3.1
PROM	3.0	2.8	3.7	3.6	3.2	2.8	2.7	3.1	3.3	3.1	2.7	2.8	
MAX	3.4	3.8	4.1	5.4	3.8	3.2	3.2	4.0	3.9	3.5	3.4	3.0	
MIN	2.3	1.8	3.0	2.4	2.7	2.3	2.1	2.3	2.7	2.8	2.2	2.6	

Fuente: ETESA

2.5.3.1 EVAPOTRANSPIRACIÓN Y ESCORRENTÍA

La evapotranspiración (EVT) en las estaciones del área de estudio fue calculada aplicando el método de Thornthwaite; como verificación, se calcularon también los valores con el método de Holdridge.

Las temperaturas, con excepción de las estaciones donde se cuenta con información propia, fueron calculadas con las ecuaciones alto-térmicas dadas anteriormente.

Con los datos de precipitación y temperatura mensual balances hídricos a nivel anual utilizando las de metodologías de Thornthwaite y Holdridge para el cálculo de la EVT. Los balances hídricos han permitido calcular los valores de escorrentía media anual en cada estación.

Los resultados obtenidos indican una EVT de aproximadamente 1,600 mm (Thornthwaite) para todas las estaciones y un excedente hídrico medio (escorrentía) variable, según la ubicación y altura de la estación, entre 3,600 mm a 350 mm anuales.

El Cuadro No. 2.5-5 resume los resultados obtenidos

CUADRO No. 2.5-5
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y ESCORRENTIA

Estación	EVT Thornthwaite mm	EVT Holdridge mm	Escorrentia Thornthwaite mm	Escorrentia Holdridge mm
Coclesito	1593	1547	1876	1921
Coclé del Norte	1720	1584	3559	3695
La Pintada	1022	1057	426	606
Toabré	1154	1166	618	392
Boca de Toabré	1533	1529	3070	3073
Tambo	1153	1162	759	750
Chiguirí Arriba	1403	1406	2882	2879
Boca de Uracillo	1567	1468	1240	1339
Miguel de la Borda	1659	1548	2202	2312
Llano Grande	1231	1203	541	569
El Valle	950	1049	1978	1878
Antón	1267	1150	349	466
El Copé	1175	1181	507	502

Elaborado por el Consorcio

La utilización de métodos más detallados (como el de Penman) no es posible con la información existente. Sin embargo, la experiencia recogida por el antiguo IRHE avala el empleo del método de Thornthwaite: los resultados obtenidos con el método de Thornthwaite, además de presentar un comportamiento mensual bastante similar a la evaporación, presentan alta correlación con los valores obtenidos mediante Penman (Candanedo, 1998).

En el Mapa 2.2-2 “Isoescorrentía Media Anual” se presentan las isolíneas anuales de escorrentía como producto de la extrapolación de los balances hídricos por estación. Las mismas han sido ajustadas para determinar los resultados de los caudales en cualquier punto de la región de estudio que permitió la elaboración del cuadro 2.2-4.

2.6 ZONAS DE VIDA

De acuerdo a la clasificación de Zonas de Vida y formaciones vegetales del mundo de L.R. Holdridge (1947, 1967) y el Mapa de Zonas de Vida de J. Tosi (1979) en la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá, se distinguen cinco Zonas de Vida (mapa 2.2-6), cuyas características se describen el Cuadro 2.6-1.

CUADRO 2.6-1
ZONAS DE VIDA

ZONAS DE VIDA	Simbolo	Características
Bosque muy Húmedo Tropical	Bmh-T	Bio temperatura anual (°C): 24 Razón de evapotranspiración potencial: 2.5-3 Promedio de precipitación anual (mm: 4000-8000)
Bosque muy Húmedo Premontano	Bmh-P	Bio temperatura anual (°C): 12-24 Razón de evapotranspiración potencial: 3.0-4.0 Promedio de precipitación anual (mm: 2000-4000)
Bosque pluvial Premon-tano	Bp-P	Bio temperatura anual (°C): 12-24° Razón de evapotranspiración potencial: 2.5-3 Promedio de precipitación anual (mm: 4000-8000)
Bosque húmedo Tropi-cal	Bh-T	Bio temperatura anual (°C): 24° Razón de evapotranspiración potencial: 2.5-3 Promedio de precipitación anual (mm: 2000-4000)
Bosque pluvial Montano Bajo	Bp-MB	Bio temperatura anual (°C): 12-24 Razón de evapotranspiración potencial: 3.0-4.0 Promedio de precipitación anual (mm: 4000-8000)

Fuente: Mapa de Zonas de Vida y formaciones vegetales de L.R. Holdridge Mapa de Zonas de Vida de J Tosi.