

Las estaciones se agruparon en cuatro (4) zonas que fueron descritas previamente y se presentan continuación.

Zona 1: Estaciones ubicadas desde la parte media hacia el Norte de la cuenca hasta llegar al litoral, que incluyen a Boca de Toabré, San Lucas, Coclé del Norte, Sabanita Verde, Coclesito y Santa Ana.

- **Boca de Toabré (105-001):** La estación pluviométrica está localizada en la parte baja de la cuenca, en la confluencia del Río Toabré con el río Coclé del Norte. Para el periodo de análisis desde 1974 a 1998 presenta un registro casi completo. Para el año 1987, faltaban los meses de noviembre y diciembre, razón por lo cual fueron rellenos con los datos de la estación San Lucas. El factor de determinación R^2 con la estación San Lucas, es de 0.9996 y su pendiente 1.063. Al compararla con el resto de las estaciones de la zona su ajuste fue bueno, por lo que se usó como estación patrón o base para las estaciones que están ubicadas en la parte baja. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 4316 mm. En la **Tabla N° A.2.5 y Figura N° A.2.1 del Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **San Lucas (105-007):** Localizada en la parte baja de la cuenca del Río Coclé del Norte, al Norte de la estación Boca de Toabré, presenta información a partir del año 1974. Los datos se usaron sin efectuarle corrección alguna. El factor de determinación R^2 con la estación Boca de Toabré es de 0.9996. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 4663 mm.
- **Coclé del Norte (105-009):** Se encuentra en la parte baja de la cuenca en la desembocadura del Río Coclé del Norte. Se procedió a rellenar los datos faltantes en ésta estación a escala mensual por medio del método de proporción normal con Boca de Toabré y San Lucas. Se rellenaron los meses de mayo y junio de 1983, febrero de 1985, febrero de 1987 y agosto de 1996.

Tabla N° 4
ESTACIONES DE LLUVIA USADAS PARA REALIZAR EL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
ESTACIONES LOCALIZADAS DENTRO DE LA CUENCAS EN ESTUDIO: CUENCAS DEL RÍO COCLÉ DEL NORTE, MIGUEL de LA BORDA e INDIO
(INFORMACIÓN CORREGIDA)

PRECIPITACION ANUAL (milímetros)											
Nombre	Boca de Toabre	Chiguirí Arriba	Coclé del Norte	Tambo	Toabré	San Lucas	Sabanita Verde	Coclesito	Santa Ana (Obre)	Miguel de La Borda	Boca de Uracillo
Número	105001	105002	105003	105004	105005	105007	105008	105009	105010	109001	111001
Tipo	Pv	Pv	Pv	Pv	B	B	Pv	B	Pv	Pv	Pv
Año											
1974	4493	2912	4688	1755	1711	4456	3452	3256	2503	3527	2939
1975	4518	3782	4894	2621	2426	5111	3471	3273	2517	3800	3700
1976	3260	2355	4617	1302	1273	4184	2505	2362	1816	2559	2490
1977	3600	2878	4211	1484	1839	4504	2766	2608	2006	2826	2618
1978	4067	3562	4510	2493	2292	4610	3125	2947	2266	4077	3309
1979	4360	3125	4640	2017	2281	4605	3512	3159	2429	3471	3396
1980	4166	3186	4566	2063	2201	4532	3586	3002	2321	3536	2954
1981	6108	4335	6104	1999	1933	6058	4406	4095	3549	5019	3939
1982	3891	2848	4321	1850	1788	4288	3264	2862	2103	3782	2540
1983	4026	3975	5540	1616	1439	4080	3204	2747	2233	3921	2860
1984	4244	3142	4935	2376	2298	4500	3192	3336	2655	3513	3263
1985	3525	2754	4765	2213	2021	3434	2909	2619	2162	3749	3021
1986	5420	2784	5473	1969	2062	4826	3479	3652	2733	4256	2928
1987	3158	2407	4831	1628	1435	4278	2686	3179	1961	2906	2900
1988	3998	3376	3465	2571	2490	3420	3301	2871	2265	2209	3114
1989	4467	3259	4553	1740	1719	5165	3084	3108	2376	3519	2665
1990	4840	3196	4496	1935	1840	5040	3129	3399	2397	3444	3590
1991	5075	2938	4875	1649	1407	5544	3965	3396	2668	4285	2547
1992	4517	2978	5001	1677	1497	4408	3529	2823	2021	3442	2734
1993	4540	3580	5822	1695	1799	4466	3446	3402	2530	3653	2964
1994	4307	2655	5944	1773	1477	5418	3275	3292	2400	3441	2995
1995	4001	2851	5049	2028	1461	4329	3088	2944	2170	3503	3181
1996	5831	4195	6850	2610	2524	6708	4556	4401	3249	4394	3229
1997	3464	1730	3827	1076	1041	4242	2518	2549	1930	2810	1452
1998	4029	3398	3853	1964	2300	4370	3281	3791	2245	3168	2461
Prom. (74-98) =	4316	3128	4873	1924	1862	4663	3309	3163	2380	3552	2952
Prom. Reg. =	4332	3414	4845	1946	1842	4675	3175	3125	2219	3644	2952
Diferencia en %	-0.37	-8.38	0.58	-1.13	1.09	-0.26	4.22	1.21	7.27	-2.51	-0.01

XXXX = Dato incompleto en *italic*

XXXX = Dato corregido por pendiente

XXXX = Dato extendido o rellenado

Tabla N° 5
ESTACIONES DE LLUVIA USADAS PARA REALIZAR EL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
ESTACIONES LOCALIZADAS FUERA DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO: CUENCAS DEL RÍO GRANDE,
RÍO ANTÓN, CIRÍ GRANDE, TRINIDAD y CAIMITO
(INFORMACIÓN CORREGIDA)

PRECIPITACION ANUAL (milímetros)									
Nombre	El Harino	El Copé	Llano Grande	El Valle	Cirí Grande	Caimito	Humedad	Chorro	Cañones
Número	134002	134004	134025	136001	105005	140005	30	43	21
Tipo	Pv	B	Pv	Pv	Pv	Pv	Tm	Tm	Tm
Año									
1974	1345	1831	1688	2923	2201	1959	2405	1875	2267
1975	1858	2337	2091	3900	3048	2322	2789	3073	3105
1976	1210	1080	1172	2401	1987	1420	1697	1557	1723
1977	1383	1259	1347	2726	1949	1846	1788	1867	1936
1978	1875	2156	1826	3236	2794	2734	2390	2477	2577
1979	1929	2176	1869	3203	2781	1909	2263	1928	2220
1980	1846	1889	1789	2833	2111	2193	2443	2530	2560
1981	1488	2267	2092	4021	3221	2680	2957	2743	3279
1982	1303	1451	1287	2271	2183	1494	1819	1859	1882
1983	1540	1582	1386	2896	2506	1815	2075	1788	2144
1984	2240	2179	1927	3111	2551	2393	2123	2217	2517
1985	1558	1771	1509	3301	2653	2176	2035	1704	1877
1986	1691	1680	1720	2322	2474	1863	1857	2101	1435
1987	1602	1972	1552	2117	2292	1742	2410	2024	2812
1988	2587	2405	2293	3228	2839	2060	2395	2085	2405
1989	1942	1790	1919	2744	2746	2083	1976	1920	2385
1990	1697	1324	1620	2989	2471	1910	2601	2479	2474
1991	1372	1132	1250	2591	1995	1913	2113	1989	1984
1992	1365	1102	1393	2848	2302	2083	2365	2078	2329
1993	1512	1903	1755	2694	2552	2242	2390	2413	2670
1994	1834	1991	1835	2826	2093	1854	2032	1793	1692
1995	2289	2005	1849	3679	2353	2021	2497	2306	2703
1996	2258	3280	2177	3919	3549	2669	2837	2692	3048
1997	1150	1315	1213	1966	1269	1231	1397	1240	1461
1998	1672	1963	1810	2508	2103	2155	2286	2223	2339
Prom. (74-98) =	1703	1834	1695	2930	2441	2030	2238	2118	2313
Prom. Reg. =	1583	1746	1695	3008	2413	1824	2238	2118	2311
Diferencia en %	7.55	5.02	-0.02	-2.59	1.15	11.32	-0.02	0.02	0.08

XXXX = Dato incompleto en italic

XXXX = Dato corregido por pendiente

XXXX = Dato extendido o rellenado

Nota:

La data corregida de las estaciones pluviométricas de Cirí Grande, Caimito, Humedad, Chorro y Cañones se tomaron del Informe Preliminar del Balance Hídrico Superficial de la Cuenca Oriental.

La pendiente de ajuste contra Boca de Toabré es de 1.007 y se corrigieron los años de 1979 a 1982. El coeficiente de determinación resultante R^2 es de 0.9994. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 4873 mm. En la **Tabla N° A.2.5** y **Figura N° A.2.2** del **Anexo N° 2** se presentan los cálculos y resultados de las dobles acumuladas.

- **Sabanita Verde (105-008):** Se encuentra localizada en la parte media de la cuenca. Se verificó su consistencia con la estación base o patrón Boca de Toabré. Los meses faltantes que son mayo, noviembre y diciembre del año 1987 y octubre y noviembre del año 1989 se rellenó por el método de proporción normal con Coclesito y Santa Ana. La pendiente de ajuste contra Boca de Toabré es de 0.7565 y se ajustaron los años 1987 y 1994 debido a que sus totales anuales están muy por debajo comparado contra los registros de las estaciones vecinas. Se extrapolaron los datos desde 1974 a 1978 para uniformar la serie. El coeficiente de determinación resultante R^2 es 0.9998. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 3309 mm. En la **Tabla N° A.2.6** y **Figura N° A.2.3** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **Coclesito (105-009):** Se encuentra ubicada en la parte media de la cuenca hacia el Suroeste. Se verificó su consistencia con la estación base Boca de Toabré. La pendiente de ajuste es de 0.7246 y se corrigieron los años 1995 y 1997 ya que los totales de lluvia anuales son muy bajos para el periodo; se extrapoló desde 1974 a 1979 para uniformar la serie. El coeficiente de determinación resultante R^2 es de 0.9998. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 3163 mm. En la **Tabla N° A.2.6** y **Figura N° A.2.4** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **Santa Ana (105-010):** Se encuentra ubicada en la parte media hacia el Sureste de la cuenca cercana a la estación pluviométrica Sabanita Verde. Se verificó su consistencia con la estación base Boca de Toabré. La pendiente de ajuste es de 0.5572 y se ajustaron los años 1993, 1994, 1996, 1997 y 1998 ya que los totales de lluvia anuales son muy bajos para el

periodo; se extrapoló desde 1974 a 1978 para uniformar la serie. El coeficiente de determinación resultante R^2 es 0.9997. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es de 2380 mm. En la **Tabla N° A.2.4** y **Figura N° A.2.5** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.

Zona 2: Estaciones ubicadas hacia el Sur de la cuenca, ubicadas en la parte más baja de la divisoria continental las cuales son Tambo, Toabré y Chiguirí Arriba.

- **Tambo (105-004):** Se encuentra localizada hacia el Sur de la cuenca, cercana a la parte más baja de la cordillera central. Se encuentra cercana a Toabré y casi a la misma elevación por lo cual se asume presentan un comportamiento homogéneo entre sí. Los valores faltantes en Tambo los cuales son abril y septiembre de 1994, y diciembre de 1998, se rellenaron por doble acumuladas a escala mensual contra Toabré. No se corrigieron datos por pendiente de ajuste y el coeficiente de determinación R^2 es de 0.9994. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 en Tambo es 1924 mm. En la **Tabla N° A.2.5** y **Figura N° A.2.6** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **Toabré (105-005):** Está localizada hacia el Sur de la cuenca, cercana a la parte más baja de la cordillera central, cercana a Tambo, en la población del mismo nombre, en la provincia de Coclé. Con una pendiente de 0.967 al realizar la doble acumulada contra Tambo, se ajustaron en Toabré los años 1981, 1982, 1984 1996 y 1997. La razón es que estos años presentan valores muy bajos, cuando se comparó contra Tambo y Chiguirí Arriba. El coeficiente de determinación resultante R^2 es de 0.9994. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 en Toabre es de 1862 mm. En la **Tabla N° A.2.7** y **Figura N° A.2.6** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **Chiguirí Arriba (105-002):** Se encuentra localizada hacia el Sur de la cuenca, cercana la división continental entre las estaciones de Tambo y Toabré. Se procedió a verificar la consistencia de Chiguirí Arriba usando el

promedio de Tambo más Toabré. Al aplicarle las doble acumuladas, se observó una desviación de la pendiente a partir del año 1994 a 1998, razón por lo cual se ajustaron estos años a través de la pendiente de ajuste 1.634. El coeficiente de determinación resultante R^2 es de 0.9992. La precipitación media anual para el periodo 1974 a 1998 es 3128 mm. En la **Tabla N° A.2.7** y **Figura N° A.2.7** del **Anexo N° 2** se presentan los cálculos y resultados de las doble acumuladas.

Zona 3: Incluye las estaciones de lluvia localizadas en las cuencas vecinas al Sur, las cuales son la cuenca 134 del Río Grande y 136 de El Valle. Las estaciones pluviométricas vecinas o cercanas que se usaron para complementar el balance hídrico en la parte Sur son Llano Grande, El Copé, El Harino y El Valle.

- **Llano Grande (134-025):** Se encuentra ubicada al Sur de la cuenca en estudio en la provincia de Coclé. Luego de revisar los datos de lluvia de Llano Grande, se pudo observar que estos están casi completos, faltándole solamente el año 1974 para ser homogéneo con la serie, razón por la cual se usó como estación base para la zona 3. El año 1974 se extrapoló con El Copé con una pendiente de ajuste de 0.9196. El coeficiente de determinación resultante R^2 es de 0.9991. El promedio anual de lluvia para el periodo 1974 a 1998 es de 1695 mm. En la **Tabla N° A.2.8** y **Figura N° A.2.8** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados de las doble acumuladas.
- **El Copé (134-004):** Se encuentra ubicada al Suroeste de la cuenca en estudio, cercana a la divisoria continental, en la provincia de Coclé. Se ajustaron seis (6) valores al Copé debido a que los últimos años presentan inconsistencia, que son los años desde 1993 a 1998. El coeficiente de determinación resultante es de 0.9991. El promedio anual de lluvia de El Copé para el periodo 1974 a 1998, es 1834 mm. En la **Tabla N° A.2.8** y la **Figura N° A.2.8** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados.
- **El Harino (134-002):** Se encuentra ubicada también al Suroeste de cuenca en estudio en la provincia de Coclé, entre las estaciones de Copé y Llano Grande. Por medio de la pendiente de ajuste 1.0324 de la doble acumulada

contra Llano Grande, se ajustaron los años 1976 a 1979, 1985 y 1987. El coeficiente de determinación resultante es de 0.9997. El promedio anual de lluvia para el periodo 1974 a 1998 es 1703 mm. En la **Tabla N° A.2.8** y la **Figura N° A.2.9** del **Anexo N° 2** se presentan los cálculos y resultados.

- **El Valle de Antón (136-001):** Se encuentra ubicada al Sureste de la cuenca en estudio, en la población de El Valle de Antón, Provincia de Coclé. La doble acumulada contra Llano Grande presenta un factor de determinación R^2 0.9992, que es muy bueno, por lo cual no se efectuó corrección a los datos. El promedio anual de lluvia en El Valle para el periodo 1974 a 1998 es 2930 mm. En la **Tabla N° A.2.8** y la **Figura N° A.2.10** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados.

Zona 4: Estaciones ubicadas al este de la cuenca en estudio, las cuales son Miguel de La Borda y Boca de Uracillo.

- **Miguel de la Borda (109-001):** Se encuentra hacia el nordeste de la cuenca en estudio, cercana a la población de Boca del Guásimo. La doble acumulada contra la estación base Boca de Toabré presenta una desviación desde el año 1975 a 1977, por lo cual se corrigieron los años 1976 y 1977, se rellenó el año 1986 por datos faltantes y se extrapoló el año 1974 debido a que se tiene información desde 1975. El coeficiente de determinación resultante R^2 es 0.9991. El promedio total de lluvia anual desde 1974 a 1998 para Miguel de la Borda es de 3552 mm. En la **Tabla N° A.2.9** y la **Figura N° A.2.11** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados.
- **Boca de Uracillo (111-001):** Se encuentra ubicada hacia al el Nordeste, dentro de la cuenca del Río Indio en la población de Boca Uracillo en la provincia de Coclé. Se comparó contra la estación base Boca de Toabré y contra la estación Los Cañones (operada por la ACP). Debido a que Boca de Uracillo empezó a operar en agosto de 1974, se extrapoló el año 1974 contra

Los Cañones⁸ por medio de la pendiente 1.2968. El coeficiente de determinación resultante es de 0.9993. El promedio del total de lluvia anual para Indio en Boca de Uracillo de 1974 a 1998 es de 2952 mm. En la **Tabla N° A.2.10** y la **Figura N° A.2.12 y A.2.13** del **Anexo N° 2** se presenta los cálculos y resultados.

En la **Tabla N° 6** se presenta el resumen de las ecuaciones obtenidas por el método de doble acumuladas en donde aparece la zona o región, la ecuación utilizada para ajustar los datos de ser necesario, la ecuación final resultante y sus coeficientes de determinación.

Adicionalmente, se utilizó un grupo de estaciones ubicadas al este de la cuenca en estudio que son Cirí Grande, Caimito, Chorro, Los Cañones y Humedad. La finalidad es ajustar el balance hídrico en la zona que limita con la cuenca tradicional del Canal de Panamá.

Las estaciones ya fueron verificadas su homogeneidad y consistencia previamente y sus doble acumuladas se presentan en el informe preliminar del “Balance Hídrico Superficial en la Cuenca del Canal de Panamá” realizado en marzo de 2000, documento interno no publicado. De éstas estaciones, la serie de datos de la estación de Los Cañones aparece en éste informe, ya que se usó para ajustar los datos de Boca de Uracillo.

El promedio anual de lluvia de las estaciones para el periodo 1974 a 1998 es 2441 mm para Cirí Grande, 2030 mm para Caimito, 2238 mm para Humedad, 2118 mm para Chorro y 2313 mm para Cañones y los datos se presentan en la **Tabla N° A.2.4** del **Anexo N° 2**.

⁸ La homogeneidad y consistencia de la estación de Los Cañones, fue verificada en el informe preliminar de balance hídrico superficial de la cuenca tradicional (documento interno no publicado)

Tabla N° 6
RESUMEN DE LAS ECUACIONES OBTENIDAS POR EL MÉTODO DE LAS DOBLE ACUMULADAS

Zona	Estación 1	Estación 2	Ecuación para ajuste de datos	(R ²)	Ecuación Final	(R ²)
Zona 1	Boca de Toabré	San Lucas	-----	-----	1.063X+855.63	0.9996
	Boca de Toabré	Coclé del Norte	1.007X - 713.71	0.9962	1.061X – 878.55	0.9994
	Boca de Toabré	Sabanita Verde	0.7565X + 657.31	0.9998	0.7631X + 382.84	0.9998
	Boca de Toabré	Coclesito	0.7246X – 133.44	0.9996	0.7232X – 26.57	0.9998
	Boca de Toabré	Santa Ana	0.5572X + 265.4	0.9993	0.5504X + 325.93	0.9997
Zona 3	Tambo	Toabré	0.967X + 1673.8	0.9986	0.9599X + 489.74	0.9994
	Tambo y Toabré (Patrón)	Chiguirí Arriba	1.634X – 34.825	0.9988	1.6535X – 326.18	0.9992
Zona 2	Llano Grande	El Copé	1.0847X – 10.874	0.9991	1.0694X + 147.84	0.9991
	Llano Grande	El Harino	1.0324X – 1275.3	0.9998	1.0233X – 770.19	0.9997
	Llano Grande	El Valle	-----	-----	1.7136X + 1126.1	0.9992
Zona 4	Boca de Toabré	Miguel de La Borda	0.7851X – 385.19	0.9994	0.8264X + 562.51	0.9991
	Los Cañones	Boca de Uracillo	1.2968X + 275.31	0.9992	1.2979X + 230.6	0.9993
	Miguel de La Borda	Boca de Uracillo	-----	-----	0.8315X + 957.65	0.9993

R² = Coeficiente de determinación

5. ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIA ANUAL

Después de revisar la información existente de las estaciones climatológicas instaladas en la cuenca y analizar varios procedimientos disponibles para la estimación de la evapotranspiración real, se seleccionó el método de Holdridge para desarrollar el estudio.

La justificación para usar el método de Holdridge, se basa en que existen en la región occidental únicamente tres (3) estaciones climatológicas las cuales son ordinarias “tipo B” y solamente miden (4) cuatro parámetros que son la evaporación por tanque, precipitación, temperatura y humedad del aire.

Por ejemplo, la radiación solar es uno de los parámetros principales dentro de la ecuación de Penman y ninguna de las estaciones posee este tipo de registro, razón por lo cual no se cuenta con todos los parámetros requeridos para su aplicación.

De la revisión general de los datos climatológicos de la cuenca para la determinación de la evapotranspiración real (ETR), puede concluirse que la información es escasa, razón por la cual hay muchas limitaciones para realizar cualquier estimación.

Antes de calcular la ETR, se debe estimar la evapotranspiración potencial anual (ETP) al través de la formula desarrollada por Holdridge:

$$ETP = 58.93 * T^{bio}$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial media anual en mm

T^{bio} = Es la biotemperatura anual media en grados Celsius

El factor 58.93 multiplicado por la biotemperatura promedio anual en grados centígrados correspondiente a un área con un clima uniforme, un suelo zonal único y un único tipo de vegetación, determinará el valor de la evapotranspiración media anual en mm.

La biotemperatura promedio es una medida de calor dado en grados centígrados a la cual tiene lugar el crecimiento vegetativo con relación al periodo anual, es

decir, la biotemperatura es un promedio de las temperaturas entre 0°C y 30°C. Como no se dispone de información de temperaturas horarias, se utiliza una fórmula empírica que trabaja bien en la región subtropical para convertir una temperatura media mensual en grados centígrados en una biotemperatura promedio mensual. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$T^{bio} = T - (3 * \text{grados de latitud}) * (T - 24)^2 / 100$$

Donde:

T^{bio} = biotemperatura promedio mensual en °C

T = temperatura media mensual en °C

En aquellos sitios donde la temperatura media mensual estimada es menor de 24 °C , la biotemperatura se iguala a la temperatura normal del mes o a 24 °C , según el caso.

El uso de fórmulas empíricas como la de Holdridge, que usan solamente el parámetro de temperatura para calcular la ETP, es aproximado, pero a veces es necesario usarlas por ser la información escasa o inexistente. La fórmula de Penman⁹ es ampliamente usada y estudios de comparación contra mediciones en tanque de evaporación, demuestra que su aplicación es confiable ya que utiliza gran cantidad de parámetros meteorológicos, principalmente la radiación solar que es dominante en el trópico.

Comparaciones de estimaciones realizadas por el método de Holdridge contra Penman, demuestran que para las regiones del trópico en donde se encuentra localizado nuestro país, la aproximación por Holdridge sobreestima los valores de ETP, razón por la cual se introdujo un factor de corrección con la finalidad de ajustarla.

5.1. ESTIMACIÓN DE LA ETP PROMEDIO ANUAL:

Para estimar la ETP promedio anual representativa de toda la cuenca, ésta se subdividió en subcuencas y se calculó la elevación media por medio del método

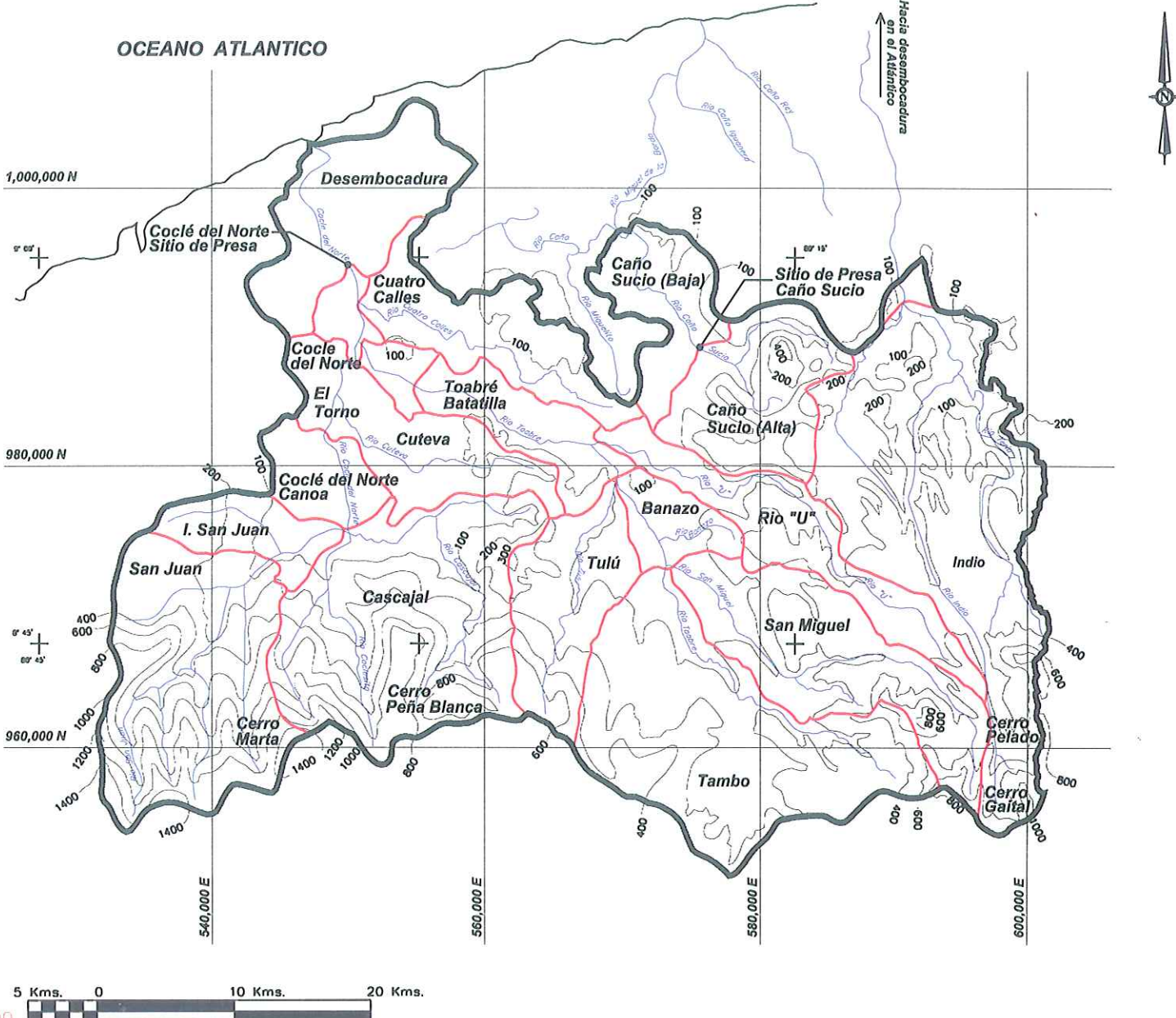
⁹ Water Resources Management, página 136

analítico y se representó gráficamente las curvas hipsométricas. La información topográfica de las elevaciones fue sacada de los mosaicos elaborados por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia a escala 1:250,000. En las **Tablas N° 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del Anexo N° 3** se presenta el cálculo analítico de las elevaciones medias para cada subcuenca y en las **Figuras N° A.3.1 a A.3.8** se presenta la curva hipsométrica para algunas estaciones. No se representan las curvas de todas las subcuencas, debido a que la resolución de los mapas a esta escala (1:250000) es baja, ya que solamente presenta elevaciones cada 200.00 metros, lo que hace escaso los puntos para dibujar la curva hipsométrica. En la **Figura N° 8**, se presenta el mapa de elevaciones topográficas de la región occidental de la cuenca del a Canal a escala 1:250000, dividido en las tres cuencas principales con sus respectivas subcuencas.

Determinada la elevación media, se procedió a estimar las temperaturas medias mensuales, utilizando las relaciones altura-temperatura o ecuaciones altotérmicas desarrolladas, calculadas y publicadas por el Departamento de Hidrometeorología de ETESA (antes IRHE). En el **Anexo N° 3**, se presenta la **Tabla N° A.3.7** donde aparecen las ecuaciones altotérmicas

La temperatura media mensual se estimó a escala mensual en °C, la biotemperatura en °C y la ETP media anual utilizando el método de Holdridge. El mapa de ETP resultante se elaboró en escala 1:250000 y se determinó para cada 200 metros de elevación, partiendo de 0 hasta la máxima elevación de la cuenca, 1400 metros. En la **Figura N° 9**, se presenta el mapa de ETP de la cuenca debidamente calibrado. Se puede observar que la ETP varía desde valores de 1210 mm en el litoral hasta valores de 950 mm hacia la cordillera central en la división continental en las subcuencas del Río San Juan hacia el Suroeste y hacia El Valle de Antón. En la **Tabla N° A.3.5 y A.3.6 del Anexo N° 3** se presenta los cálculos realizados para obtener la ETP y los resultados finales.

Figura No 8

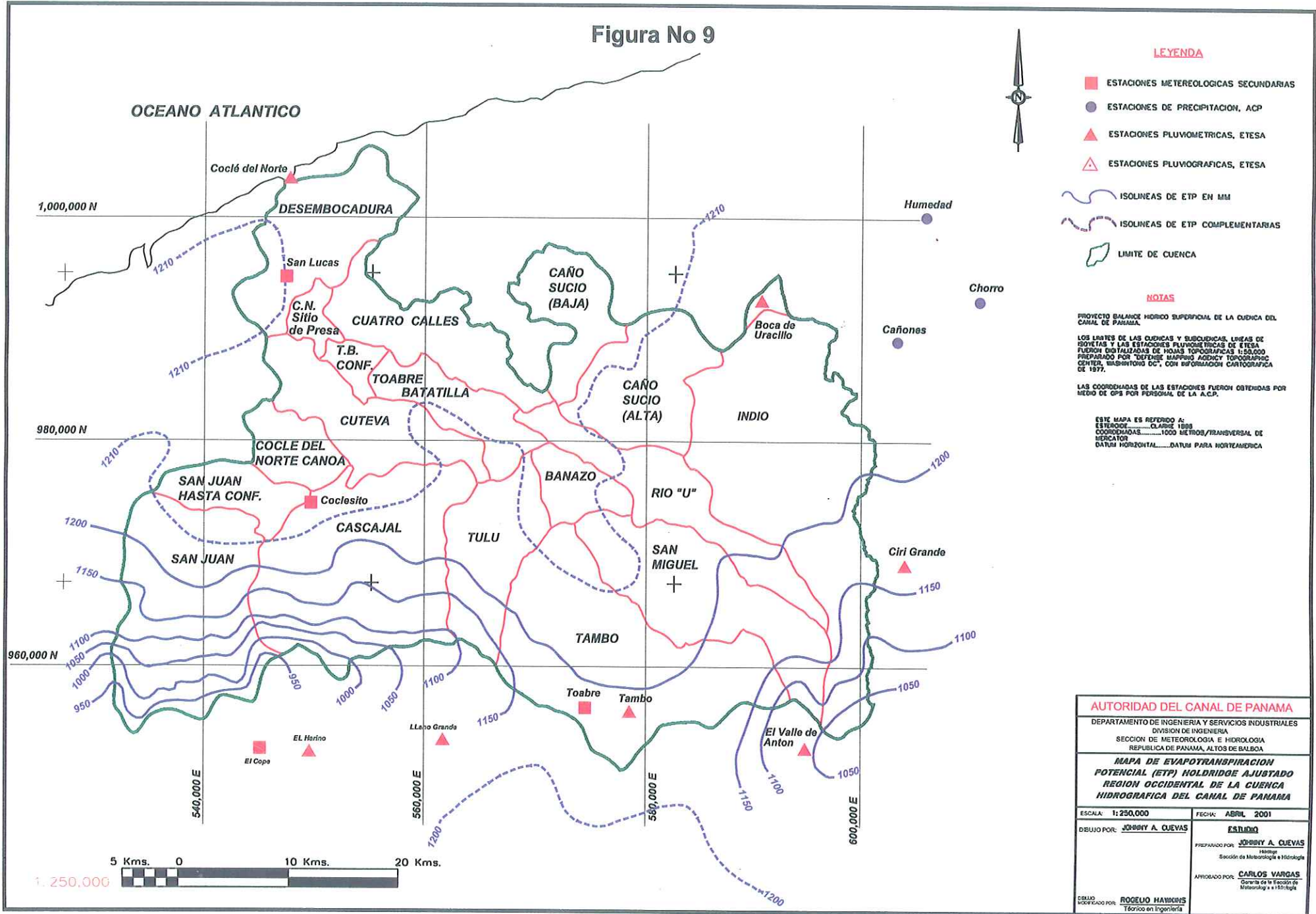


AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y SERVICIOS INDUSTRIALES
DIVISION DE INGENIERIA
SECCION DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
REPUBLICA DE PANAMA, ALTOS DE BALBOA

**MAPA DE ELEVACIONES TOPOGRAFICAS
DEL BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
DE LA REGION OCCIDENTAL DE LA CUENCA
HIDROGRAFICA DEL CANAL DE PANAMA**

ESCALA: 1:250,000	FECHA: ABRIL 2001
DIBUJO POR: <u>JOHNNY A. CUEVAS</u>	<u>ESTUDIO</u>
	PREPARADO POR: <u>JOHNNY A. CUEVAS</u> Hidrólogo Sección de Meteorología e Hidrología
	AFILIADO POR: <u>CARLOS VARGAS</u> Gerente de la Sección de Meteorología e Hidrología
DISEÑO MODIFICADO POR: <u>ROGELIO HAINONS</u> Técnico en Informática	

Figura No 9



5.2. ESTIMACIÓN DE LA ETR PROMEDIO ANUAL

Finalmente, para estimar la evapotranspiración real se utiliza el diagrama de Holdridge de movimiento de agua en asociaciones climáticas, la que nos permite encontrar la relación entre la Evapotranspiración real y la potencial, la cual depende fundamentalmente de la precipitación media de la cuenca.

El nomograma de Holdridge se aplica de la siguiente forma; se procede al cálculo de la relación de evapotranspiración potencial RE, que es el cociente de la evapotranspiración potencial anual media ETP a la precipitación anual media P, con este valor de RE, que es el parámetro de entrada al nomograma de Holdridge para el cálculo del movimiento de agua en asociaciones climáticas, se obtiene el factor F, que es la relación ETR a ETP y con éste valor obtenido del nomograma multiplicado por la ETP ($F \cdot ETP$), se obtiene el valor de la ETR.

Por medio de esta relación obtenemos valores de ETR para puntos de la cuenca donde se conocen valores de biotemperatura anual media y precipitación anual media, obtenidos ya sean por medición directa o por estimación. En la **Figura N° A.3.9** del **Anexo N° 3**, se presenta la gráfica del movimiento del agua en asociaciones climáticas.

***Nota:** La aplicación del Nomograma de Holdridge, para el cálculo de la ETR en este trabajo se obtuvo por medio de expresiones analíticas para calcular el factor F, desarrolladas por el Ing. Agustín Rodríguez del ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) y que son las siguientes:*

Para $0.0625 < RE < 0.45$

$$F = 7.4617 * RE^3 - 10.46 * RE^2 + 4.63 * RE + 0.273$$

Para $0.45 < RE < 1.50$

$$F = 1.12 - 0.44 * RE$$

En la **Tabla N° 7** y **N° 8**, se presenta el resumen de los parámetros utilizados para calcular la evapotranspiración potencial mediante el método de Penman y Holdridge para las estaciones de Tocumen y Bocas del Toro.

El método de Penman utiliza datos de temperatura, humedad relativa, insolación relativa y velocidad del viento a dos (2) metros de la superficie del suelo, otros parámetros necesarios se estiman directamente de tablas elaboradas para nuestro medio, utilizando la latitud, temperatura y elevación del sitio.

El valor estimado de ETP anual en la estación de Tocumen, utilizando Holdridge, es 1476 mm, y utilizando el método de Penman es 1244mm, de acuerdo con este resultado el factor de ajuste es 0.843.

El valor estimado de ETP anual en la estación de Bocas del Toro, utilizando Holdridge, es 1414 mm, y utilizando el método de Penman es 1164 mm. De acuerdo con este resultado el factor de ajuste es 0.823.

Para completar la tabla de datos en la estación meteorológica Bocas del Toro, valores como la radiación, fueron trasladados desde la estación de Tocumen a la de Bocas del Toro. Como puede observarse, los factores de corrección de la ETP para ambas estaciones está por encima del 80%.

Se usó la estación de Bocas del Toro porque representa las condiciones del la vertiente del Atlántico del territorio panameño, en donde se encuentra localizada la cuenca occidental del canal de Panamá.

El ajuste de la ETP, se realizó utilizando el factor de corrección 0.823.

Tabla N° 7
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL - ESTACIÓN BOCAS del TORO
(Elevación 5.00 msnm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
n/N	0.390	0.433	0.457	0.399	0.394	0.325	0.270	0.331	0.367	0.390	0.359	0.357
U	0.900	1.000	0.900	0.900	0.800	0.800	0.800	0.800	0.700	0.800	0.900	0.900
Po7P .r	2.935	2.930	3.010	3.070	3.180	3.170	3.090	3.120	3.150	3.140	3.090	3.000
Ra	13.22	14.24	15.26	15.68	15.51	15.26	15.34	15.51	15.34	14.66	13.56	12.88
Ea	32.63	32.82	33.61	34.41	35.86	35.65	34.62	35.03	35.44	35.23	34.62	33.41
ed	26.79	26.62	27.06	28.32	29.62	29.91	29.50	29.78	29.88	29.56	29.43	27.96
TK	15.76	15.78	15.86	15.94	16.09	16.07	15.97	16.01	16.05	16.03	15.97	15.84
TC	25.50	25.60	26.00	26.40	27.10	27.00	26.50	26.70	26.90	26.80	26.50	25.90
HR	0.821	0.811	0.805	0.823	0.826	0.839	0.852	0.850	0.843	0.839	0.850	0.837
ETP Día	2.820	3.169	3.489	3.494	3.493	3.264	3.100	3.280	3.329	3.231	2.893	2.707
Etp Mes	87.4	88.7	108.2	104.8	108.3	97.9	96.1	101.7	99.9	100.2	86.8	83.9

Etp Anual Penman:	1164
Etp Anual Holdridge:	1414
Relación Pen/Hold:	0.823

Tabla N° 8
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL - ESTACIÓN TOCUMEN
(Elevación 14.00 msnm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
n/N	0.62	0.59	0.56	0.49	0.34	0.26	0.27	0.32	0.33	0.31	0.36	0.49
U	0.85	0.97	1.05	0.96	0.68	0.59	0.56	0.59	0.59	0.67	0.62	0.72
Po/P.r	3.1	3.14	3.24	3.33	3.26	3.19	3.18	3.18	3.13	3.08	3.1	3.08
Ra	13.22	14.24	15.26	15.68	15.51	15.26	15.34	15.51	15.34	14.66	13.56	12.88
ea	34.62	35.23	36.5	37.58	36.71	35.86	35.65	35.65	35.03	34.41	34.62	34.41
ed	23.40	22.44	22.89	24.77	28.16	28.69	28.13	28.38	28.23	28.18	27.83	25.08
TK4	15.97	16.03	16.16	16.27	16.18	16.09	16.07	16.07	16.01	15.94	15.97	15.94
T°C	26.5	26.8	27.4	27.9	27.5	27.1	27.0	27.0	26.7	26.4	26.5	26.4
HR	0.676	0.637	0.627	0.659	0.767	0.8	0.789	0.796	0.806	0.819	0.804	0.729
ETP Día	3.391	3.767	4.131	4.110	3.499	3.172	3.219	3.338	3.274	3.054	2.922	3.043
	105.11	105.47	128.08	123.29	108.46	95.17	99.79	103.47	98.23	94.69	87.67	94.33

Etp Anual Penman:	1244
Etp Anual Hold.:	1476
Relación Pen/Hold:	0.843

** Información suministrada por ETESA (se ajustó Bocas delToro)

6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CAUDALES

Para verificar la consistencia y homogenizar la serie anual de caudales, hasta completar el periodo de análisis de veinticinco (25) años (1974-1998) de las cuatro (4) estaciones hidrométricas consideradas en este estudio, se utilizó la información de caudales mensuales suministrada por la oficina de Capacidad del Canal¹⁰.

Los datos de caudales mensuales suministrados, ya previamente se habían rellenados y extendidos en las oficinas de Capacidad del Canal a través de correlaciones a escala mensual. El resumen de éstas correlaciones se presenta a continuación en la **Tabla N° 9**.

Tabla N° 9
RESUMEN DE ECUACIONES PARA RELLENAR LOS REGISTROS DE
CAUDALES
(Estaciones Hidrológicas de la Región Occidental)

N°	Nombre	Ecuación
1	Coclé del Norte Canoas	$0.9935 * \text{Coclé del Norte El Torno}^{0.9375}$
2	Coclé del Norte El Torno	$6.0965 * \text{Toabré Batatilla}^{0.5948}$
3	Toabré Batatilla	$2.4037 * \text{Indio Boca de Uracillo}^{0.9029}$
4	Indio Boca de Uracillo	$2.8653 * \text{C. G Cañones}^{0.9606}$

Como fase preliminar, se verificó la consistencia de la estadística de los caudales promedios anuales suministrados para el periodo de análisis, 1974 a 1998, a través del método de las doble acumuladas. Los resultados de las doble acumuladas fueron muy buenos, con coeficientes de determinación R^2 cercanos a uno (1), pero al realizar el balance hídrico superficial para cada subcuenca, hubo que posteriormente ajustar algunos datos, debido a que

¹⁰ Los datos de caudales mensuales fueron suministrados por el Departamento de Hidrometeorología de ETESA a la oficina de Capacidad del Canal

presentaban inconsistencia cuando se comparó con la lluvia. A continuación, se presentan los resultados del análisis realizado por el método de las dobles acumuladas a los datos rellenados y extrapolados en la oficina de Capacidad del Canal y los ajustes que se le realizaron.

En la **Tabla N° 10** del texto y en la **Tabla N° A.4.7** del **Anexo N° 4** se presenta el resumen de los caudales promedio multianuales para el periodo 1974 hasta 1998 (25 años) y se señala los valores que fueron estimados, corregidos o extendidos. A continuación se presentan las correcciones efectuadas y los resultados de las doble acumuladas.

- **Coclé del Norte El Torno (105-0101):** Con registros desde julio de 1958, la doble acumulada con Coclé del Norte en Canoa es buena, presenta un coeficiente de determinación de 0.9993. Debido a que la estación fue eliminada en junio de 1986, se extendieron sus datos desde 1986 hasta 1998. Estos datos fueron corregidos a pesar de presentar una buena correlación, por el método de relación de áreas con Canoa por un factor de corrección igual a 1.178. El ajuste de los caudales se debe, a que cuando se realizó el balance hídrico preliminar para esta subcuenca, el valor del caudal específico fue de 130 l/s/km^2 , lo causaba inconsistencia entre la lluvia, la ETP y el caudal (no balanceaba). El coeficiente de determinación resultante R^2 de la doble acumulada contra Toabré en Batatilla es de 0.9994. El caudal promedio multianual ajustado para el periodo 1974 a 1998 es de $50.2 \text{ m}^3/\text{s}$. En la **Tabla N° A.4.8** y las **Figuras N° A.4.1** y **A.4.2** se presentan los datos y los resultados.
- **Toabré en Batatilla (105-0201):** Con registros desde julio de 1958, su doble acumulada se utilizó para verificar los datos de Coclé del Norte El Torno. El Caudal promedio multianual para el periodo 1974 a 1998 es de $41.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Los datos y resultados se presentan con los de Coclé del Norte El Torno.
- **Coclé del Norte Canoa (105-0102):** Con registros desde octubre de 1983, se comparó la doble acumulada con Coclé del Norte El Torno. Sus datos fueron extendidos desde 1983 a 1974 con Toabré en Batatilla, por medio de la ecuación $0.9935 * \text{Coclé del Norte el Torno}^{0.9375}$. El factor de

Tabla N° 10
RESUMEN DE DOBLE ACUMULADAS DE CAUDALES PROMEDIOS
ANUALES (m³/s)
(Datos Corregidos)

Estación	Cocle del Norte El Torno	Toabre en Batatilla	Cocle del Norte Canoa	San Juan Los Higuerones	Indio Limón	Indio Boca de Uracillo
Año						
1974	56.9	36.9	43.8	19.7	19.7	19.1
1975	66.4	55.6	50.0	22.5	27.4	26.5
1976	36.6	29.0	28.9	13.0	18.1	17.5
1977	40.9	33.3	31.9	14.4	19.0	18.4
1978	54.3	44.4	41.7	18.7	24.8	24.0
1979	52.0	39.5	40.1	18.0	20.6	19.1
1980	50.3	40.6	38.8	17.5	22.2	21.4
1981	79.2	63.9	59.5	31.0	36.6	35.4
1982	40.2	32.4	31.6	17.1	19.0	18.4
1983	39.9	31.8	31.5	16.0	20.2	19.6
1984	58.9	45.2	46.8	20.9	25.3	24.5
1985	45.2	37.5	35.7	16.7	22.0	21.3
1986	52.5	46.8	44.6	18.9	24.3	23.6
1987	43.6	34.2	37.1	18.0	23.8	23.0
1988	46.5	39.0	39.5	14.8	22.4	21.7
1989	47.2	41.5	40.1	19.2	23.9	23.1
1990	50.6	42.1	43.0	20.6	27.8	26.9
1991	46.8	37.7	39.8	20.0	22.2	21.5
1992	41.1	37.4	34.9	15.5	24.2	23.4
1993	51.1	46.7	43.4	15.8	25.2	24.4
1994	49.6	39.4	42.2	20.5	17.6	17.1
1995	40.6	40.7	34.5	14.0	23.9	23.1
1996	87.6	85.9	74.5	30.3	42.1	40.8
1997	34.1	24.6	29.0	17.1	10.9	10.5
1998	42.2	31.6	35.9	16.1	17.6	17.1
Promedio =	50.2	41.5	40.7	18.6	23.2	22.5

XX.X = En negrita se presenta data corregida

El Torno: Se rellenó del 86 al 98 por relación de areal con Canoa

Batatilla: Valores correlacionados mensualmente con Indio Uracillo

Canoa: Valores correlacionados mensualmente con Toabre en Batatilla

Higuerones: Extendido por doble acumulada con Canoa del 74 al 80 y 98

Indio Limón: Extendido del 80 al 98 por relación areal con Boca de Uracillo

Indio Boca de Uracillo: Extendido del 74 al 78 por relación areal con Limón

El año 94, 96 y 98 correlacionado mensualmente con Ciri Grande

determinación resultante R^2 es de uno (1). El caudal promedio multianual para el periodo 1974 a 1998 es 40.7 m³/s. En la **Tabla N° A.4.8** y las **Figuras N° A.4.3** se presentan los datos y los resultados de las doble acumuladas.

- **San Juan Los Higuerones (105-0102):** Con registros desde julio de 1980, su doble acumulada con Coclé del Norte Canoa es buena, por lo que se procedió a extender su registro desde 1974 a 1980 por medio de la pendiente 0.4496. El coeficiente de determinación resultante R^2 es 0.9996. El caudal promedio multianual para el periodo 1974 a 1998 es 18.6 m³/s. En la **Tabla N° A.4.9** y las **Figuras N° A.4.4** y **A.4.5** se presentan los datos y los resultados de las doble acumuladas.
- **Indio en Limón (111-0101) y Boca de Uracillo (111-0102):** Indio en Limón suspendida en octubre de 1980, se trasladaron los caudales hasta el año 1998, por el método de relación de área con Indio en Boca de Uracillo a escala anual multiplicando por el factor 0.9685. De la misma forma, para Boca de Uracillo, se trasladaron los caudales de Indio en Limón desde el año 1980 hasta 1974, multiplicando por el factor 1.0325. Se utilizó este método debido a que la distancia entre ambas estaciones es de aproximadamente 1.5 km y no se consideran aportes adicionales. El coeficiente de determinación R^2 es de uno (1) por lo que se procedió a verificar el ajuste de Boca de Uracillo con Toabré Batatilla, presentando un coeficiente R^2 de 0.9995. El caudal promedio multianual para el periodo 1974 a 1998 en Indio en Limón es de 23.2 m³/s y de Indio en Boca de Uracillo es de 22.5 m³/s. En la **Tabla N° A.4.9** y las **Figuras N° A.4.6** y **A.4.7** se presentan los datos y los resultados de las doble acumuladas.

7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CORREGIDA DE PRECIPITACIÓN Y CAUDALES

La información de precipitación y caudales debidamente corregida de algunas estaciones seleccionadas, ubicadas dentro de las cuencas de Coclé del Norte e Indio, se verificó su consistencia a través del método de las dobles acumuladas con la finalidad de verificar si existe relación entre su comportamiento (relación precipitación escorrentía).

Las estaciones de registro de lluvia seleccionadas en la Cuenca del Coclé del Norte son Coclesito, Sabanita Verde y Santa Ana. Se seleccionaron dichas estaciones porque están ubicadas aguas arriba o cercanas a las estaciones hidrométricas, razón por lo cual deben tener influencia directa en los caudales. Las estaciones de caudales seleccionados en Coclé del Norte son San Juan, Coclé del Norte Canoa, Toabré Batatilla y Coclé del Norte El Torno.

El resultado de las doble acumuladas entre la lluvia y los caudales indican que el comportamiento es consistente con factores de determinación R^2 que van desde 0.9989 a 0.9994. En el **Anexo N° 5, Tabla N° A.5.1 y A.5.2** se presenta el resultado de las doble acumuladas y en las **Figuras N° A.5.1, A.5.2 y A.5.3** las gráficas de las doble acumuladas con los coeficientes de determinación resultantes.

La estación de registro de lluvia seleccionada en la cuenca del Río Indio es Boca de Uracillo y Chiguirí Arriba. Las estaciones con registro de caudales seleccionados son Boca de Uracillo y Limón.

El resultado de las doble acumuladas entre la lluvia y los caudales para la cuenca del Río Indio indica, que el comportamiento es consistente con factores de determinación R^2 que van desde 0.9985 a 0.9994. En el **Anexo N° 5, Tabla N° A.5.3** se presenta el resultado de las doble acumuladas y en las **Figuras N° A.5.4 y A.5.5** las gráficas de las doble acumuladas con los coeficientes de determinación resultantes.

8. MAPA DE ISOYETAS

Luego de verificarse la consistencia y de homogenizarse las series de datos hidrometeorológicos para el periodo seleccionado de 25 años (1974 a 1998), para las estaciones ubicadas dentro y cercanas a la región occidental en estudio, se procedió a elaborar el mapa de isoyetas final.

Se seleccionó el método de las isoyetas, ya que éste método toma en consideración los efectos orográficos (topografía) en el comportamiento y distribución de la lluvia.

El resumen de la precipitación anual corregida de las estaciones usadas para el balance hídrico superficial de la región occidental se presenta en las **Tablas N° A.2.3 y A.2.4 del Anexo N° 4**.

El mapa final de isoyetas, fue ajustado y calibrado asumiendo que la data de caudal es confiable. Esta asunción se debe a que se considera que los caudales representan integralmente el comportamiento de una cuenca, además de que es un parámetro que se mide con mayor exactitud.

Con respecto a la lluvia, si sus datos provienen de estaciones pluviométricas está expuesta a mayor cantidad de errores, debido a que depende de que una persona realice diariamente una lectura.

Los valores de lluvia totales para el periodo analizado se manipuló en lo menos posible. El mapa final de isoyetas se presenta en la **Figura N° 10**.

Del mapa final de las isoyetas para la cuenca se puede inferir que la precipitación media de la cuenca del Río Coclé del Norte hasta el sitio de presa en Río Coclé del Norte es de 3125 mm para un volumen de 4975 Mm³ por año. Para la subcuenca del Río Indio hasta la estación limnigráfica Indio Limón, la precipitación media es de 3023 mm por año para un volumen de 1151 Mm³. La del Río Caño Sucio hasta el sitio de presa es de 3179 mm para un volumen de 352 Mm³.

Previo al reporte final, se realizó una presentación preliminar del trabajo, al personal técnico de la sección de Meteorología e Hidrología con la finalidad de

someterlo a un escrutinio cuidadoso y a recomendaciones finales. En el **Anexo N° 7** se presenta la lista de los participantes en la presentación.

El punto de controversia que surgió en la presentación, fue la integración del mapa de isoyetas para la cuenca tradicional elaborado en el informe preliminar del “Balance Hídrico Superficial en la Cuenca del Canal de Panamá”, (documento no publicado), con el mapa de isoyetas desarrollado en éste estudio para la región occidental.

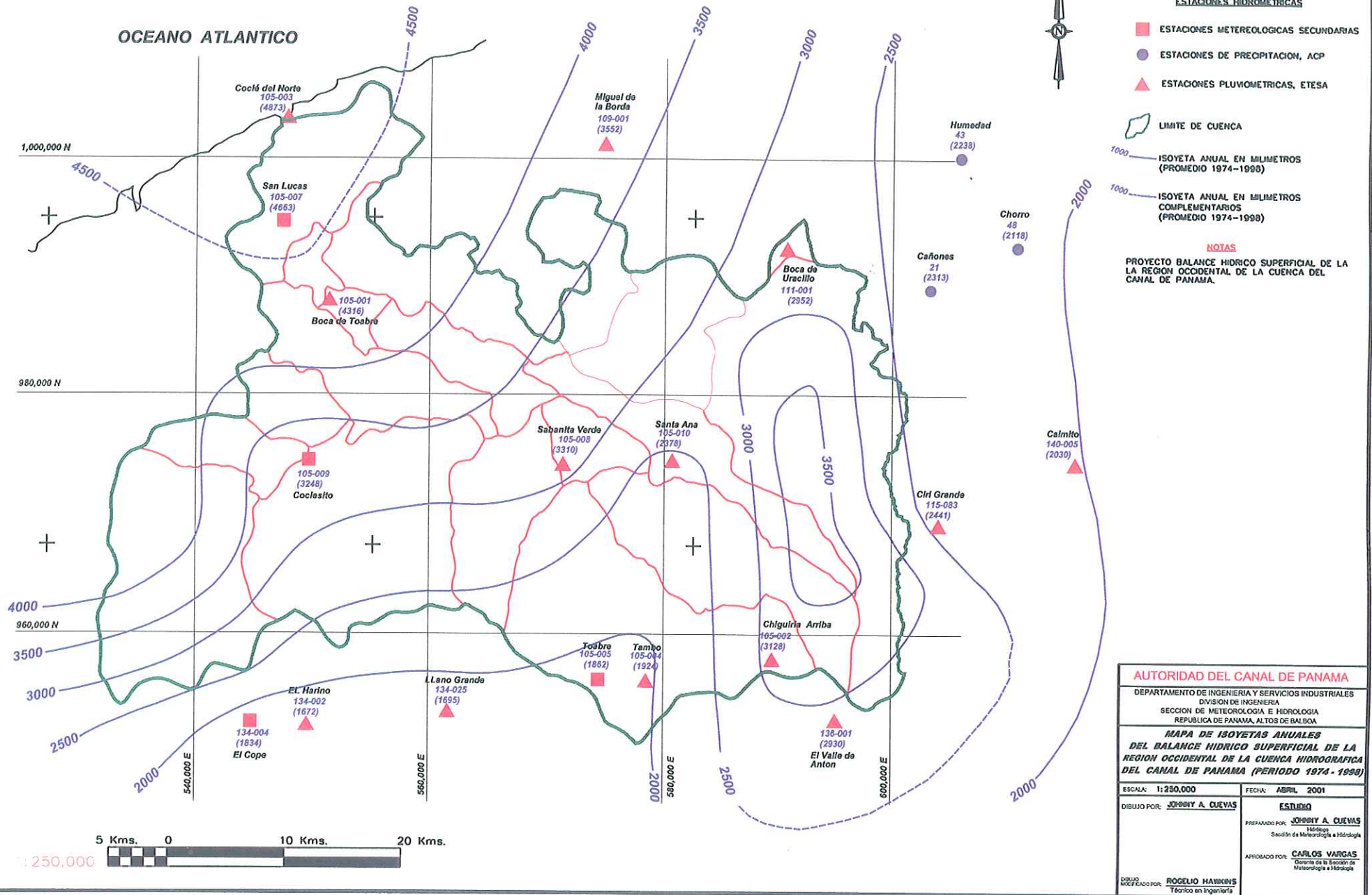
El problema evidente es la diferencia entre ambos mapas en los límites de la cuenca oriental (cuenca tradicional) con la cuenca de la región occidental.

Las isoyetas de la cuenca tradicional presentan ciertos núcleos de precipitación en los límites de la cuenca de Cirí Grande con la de Río Indio en la región occidental, para el mapa de isoyetas de la región occidental el núcleo está ubicado más al occidente.

En un intento preliminar, revisando los datos de precipitación de las estaciones existente en los límites con los datos debidamente corregidos, se realizó el ajuste de las isoyetas que están en el límite entre ambas cuencas, lográndose obtener el mapa de isoyetas que se presenta en la **Figura N° 10**.

Posteriormente, se recomienda la revisión del ajuste de las isoyetas efectuados en ésta etapa usando el método del balance hídrico, particularmente para dicha zona.

Figura No 10



9. MAPA DE CAUDALES ESPECIFICOS (l/s/km²)

El mapa de caudales específicos es el resultado de la calibración de los mapas de isoyetas y de ETP. Para estimar el caudal medio anual en cada una de las subcuencas, como primera iteración se consideró confiable la información de registro de caudales de las estaciones hidrométricas. De manera sistemática se calculó y determinó la precipitación media (mm) en cada una de las subcuencas en que se dividió la cuenca principal y se calculó la ETP; estos datos se verificaban con el control hidrométrico, el cual son las estaciones con registro de caudales. Este proceso se repitió de forma iterativa, ajustando las isoyetas hasta que el porcentaje de error quedó por debajo del cinco por ciento (5%).

En la **Tabla N° A.6.1** y **A.6.2** del **Anexo N° 6**, se presentan los resultados finales del balance hídrico superficial con el caudal específico determinado para cada una de las subcuencas. En la **Tabla N° A.6.1** las variables que se pueden identificar son la elevación media en metros sobre el nivel del mar, el área de drenaje de la cuenca (km²), la precipitación media de la cuenca en mm, la ETR media en mm, la escorrentía en mm, el caudal en m³/s, el caudal específico en l/s/km², el coeficiente de escorrentía y el porcentaje de error en las cuencas con control hidrométrico.

Para trazar el mapa final de caudales específicos, se utilizó el método del balance hídrico superficial para estimar los caudales promedios anuales (caudal Q en m³/s) en aquellos sitios donde no hay estaciones limnimétricas. Luego de determinado el caudal para cada subcuenca se multiplicó por 1000 y se dividió por el área de drenaje para obtener el caudal específico en l/s/km².

Los caudales específicos se estimaron partiendo desde la cabecera de la cuenca hasta aguas abajo. A cada subcuenca se le hizo corresponder un valor determinado de caudal específico q dado por:

$$q_{i+1} \dots = \dots \frac{Q_{i+1} \dots \dots \sum Q_i}{A_{i+1} \dots \dots \sum A_i}$$

Donde:

q_{i+1} = Caudal específico estimado en el punto de interés en $l/s/km^2$

Q_{i+1} = Caudal observado en el punto $i+1$ en m^3/s

Q_i = Caudal observado en los puntos i que limitan la cuenca aguas arriba en m^3/s

A_{i+1} = Área de drenaje de la subcuenca total controlada por el punto $i+1$ en km^2

A_i = Área de drenaje de la cuenca controlada por los puntos i en km^2

En la **Tabla N° 11** se presenta el resumen del balance hídrico superficial para las subcuencas con control hidrométrico y en la **Tabla N° 12** el resumen del balance integral de la cuenca con los datos de precipitación promedio en mm, escorrentía en mm, coeficiente de escorrentía, caudal estimado en m^3/s , caudal específico en $l/s/km^2$, caudal registrado en las estaciones y el porcentaje de error entre el caudal estimado y el registrado.

En la **Figura N° 11**, se presenta el mapa de caudales específicos debidamente calibrado para la cuenca. Los caudales específicos van desde los más bajos en la subcuenca de Tambo con $40.6 l/s/km^2$ hasta $112.8 l/s/km^2$ en la subcuenca número 17 denominada Desembocadura, ubicada en la desembocadura con el Océano Atlántico.

Adicionalmente, en el **Anexo N° 6** en la **Tabla N° A.6.1** y **A.6.2**, se presentan las mismas tablas.

Tabla N° 11
RESUMEN DEL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL de las SUBCUENCAS con CONTROL HIDROMÉTRICO
REGIÓN OCCIDENTAL de la CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANAL de PANAMÁ

Estacion	ELEVACION (m)	AREA (km ²)		P (mm)	ETR (mm)	ESCORR. BHS		Q Reg (m ³ /s)	R Reg (mm)	q (l/s/km ²)	Coef. de Escorrentia	% Error
		Parcial	Acum.			(mm)	(m ³ /s)					
San Juan, Los Higuerones	605.70	217.2	217.2	3660	1081	2579	17.8	18.6	2701	85.6	0.738	-4.49
Coclé del Norte, Canoa	50.00	54.2	577.7	3688	1121	2567	39.5	40.7	2222	70.5	0.603	-3.02
Coclé del Norte, El Torno	52.90	102.7	680.4	3925	1115	2810	9.1	9.5	2917	92.5	0.743	-3.72
Toabre en Batatilla	89.30	70.9	770.5	3750	1122	2628	39.9	41.5	1699	53.9	0.453	-3.78
Río Indio Boca de Uracillo	278.10	368.6	368.6	3024	1121	1902	22.2	22.5	1925	61.0	0.637	-1.15
Río Indio Limón	50.00	12.0	380.6	3021	1119	1901	23.0	23.2	1922	61.0	0.636	-1.01

P = Precipitación en mm

ETR = Evapotranspiración real estimada

Q. Reg. = Caudal registrado en las estaciones hidrométricas

R. Reg. = Escorrentía registrada en mm

q = Caudal específico en litro/segundo/km² calculado del registro para la cuenca hasta la estación hidrométrica

770.5
380.6

1151.1 km²

Tabla N° 12
RESUMEN DEL BALANCE INTEGRAL DE LA CUENCA
REGIÓN OCCIDENTAL de LA CUENCA HIDROGRÁFICA del CANAL de PANAMÁ

Cuenca	AREA (km ²)	P. Prom (mm)	ESC (mm)	Coef. Escorr.	Q Est (m ³ /s)	q (l/s/km ²)	Q Est (acum)	Q Reg (m ³ /s)	% Error
San Juan, Los Higuerones	217.2	3660	2579	0.705	17.8	81.8	17.8	18.6	-4.49
San Juan, Hasta Confluencia	45.6	3705	2580	0.696	3.7	81.8			
Cascajal	260.7	2737	1641	0.600	13.6	52.0			
Coclé del Norte, Canoa	54.2	3688	2565	0.696	4.4	81.3	39.5	40.7	-3.02
Coclé del Norte, El Torno	102.7	3925	2810	0.716	9.1	89.1	9.1	9.5	-3.72
San Miguel	174.0	2738	1629	0.595	9.0	51.6			
Río U	107.0	2985	1861	0.624	6.3	59.0			
Tambo	265.1	2362	1279	0.542	10.8	40.6			
Tulú	113.5	2669	1556	0.583	5.6	49.4			
Banazo	40.0	2990	1867	0.624	2.4	59.2			
Toabre en Batatilla	70.9	3750	2628	0.701	5.9	83.3	39.9	41.5	-3.78
Toabre en Batatilla, Confl.	17.3	4250	3145	0.740	1.7	99.7			
Cuatro Calles	102.2	4059	2950	0.727	9.6	93.5			
Confluencia Canoas S. Presa	21.6	4426	3331	0.753	2.3	105.6			
Desembocadura Coclé del Norte	119.4	4640	3559	0.767	13.5	112.8			
Caño Sucio Cuenca Alta	110.6	3179	2053	0.646	7.2	65.1			
Caño Sucio Sitio de Presa	72.6	3488	2361	0.677	5.4	74.4			
Río Indio Boca de Uracillo	368.6	3024	1902	0.629	22.2	60.3	22.2	22.5	-1.15
Río Indio Limón	12.0	3021	1901	0.629	0.72	60.3	23.0	23.2	-1.01

Qreg = Son las estaciones hidrométricas que tienen registro de caudales, utilizadas como punto de control para el balance entre la precipitación, ETP y escorrentía

q = Caudal específico en l/s/km², obtenido por el balance hídrico para cada subcuenca

$$\begin{array}{r}
 3208 \text{ mm.} \\
 - 1106 \text{ mm (ETP)} \\
 \hline
 2102 \text{ mm. ESC.}
 \end{array}
 \quad
 A.T. = 2275.2$$

Figura No 11

