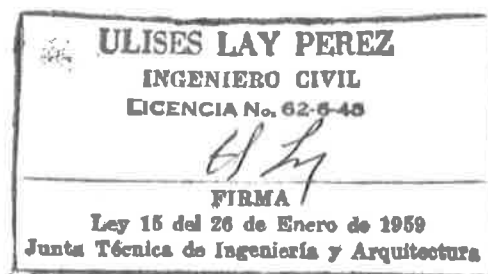


**ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO
RIO SEÑORA Y AFLUENTES**

**CARRETERA PANAMERICANA
EL NARANJAL – PACORA
PROVINCIA PANAMA**

**ULISES LAY PEREZ
INGENIERO CIVIL**



INTRODUCCION:

El cauce del Rio Señora localizado en el sector del Naranjal en la carretera Panamericana en el área de la población de Pacora, nace a cuatro kilómetros al norte de la carretera Panamericana y termina desembocando sus aguas en dirección sur-este en el río Chico a diez kilómetros desde la carretera.

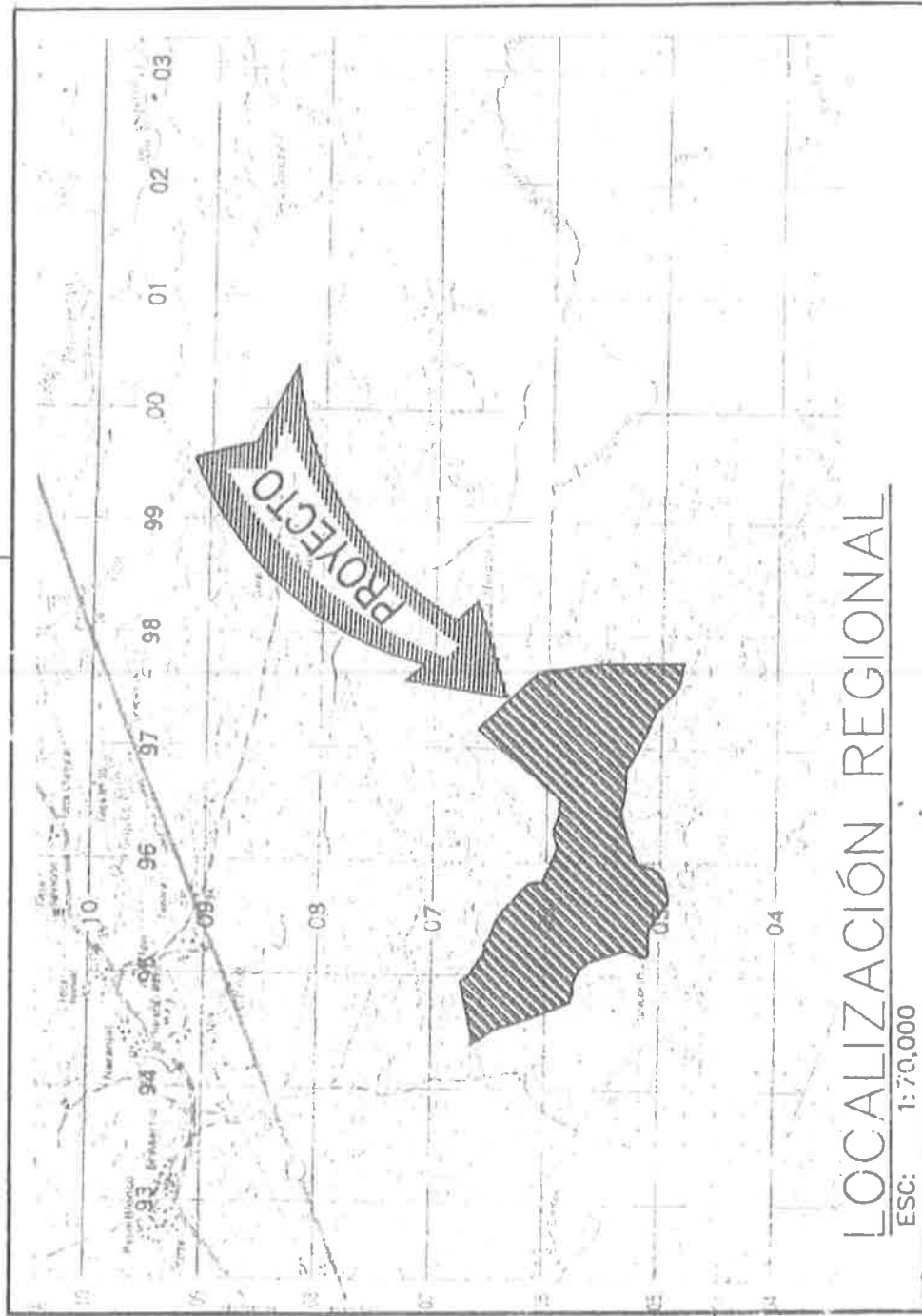
La cuenca hidrológica del área en estudio está dividida por la carretera Panamericana en dos áreas con diferentes características. Al norte de la carretera y al sur de la antigua carretera a Chepo se encuentran terrenos despojados de vegetación con potencial de nuevas urbanizaciones. Al sur de la Panamericana tenemos terrenos sin desarrollar con dos afluentes principales y lagos artificiales que se integran al cauce principal del Río Señora.

La cuenca del Rio Señora corresponde a la cuenca No. 146 de la red de Estaciones Hidrometeorológicas de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) comprendida entre los ríos Cabra y Mamoni.

El cauce desde su nacimiento hasta el cruce con la antigua carretera a Chepo se encuentra en un 80 % despoblada. Desde este punto hasta un kilómetro aguas abajo de la Carretera Panamericana está en proceso de desarrollo. Desde aquí hasta su desembocadura en el río Chico no hay población y ha sido utilizada en ganadería.

1

2

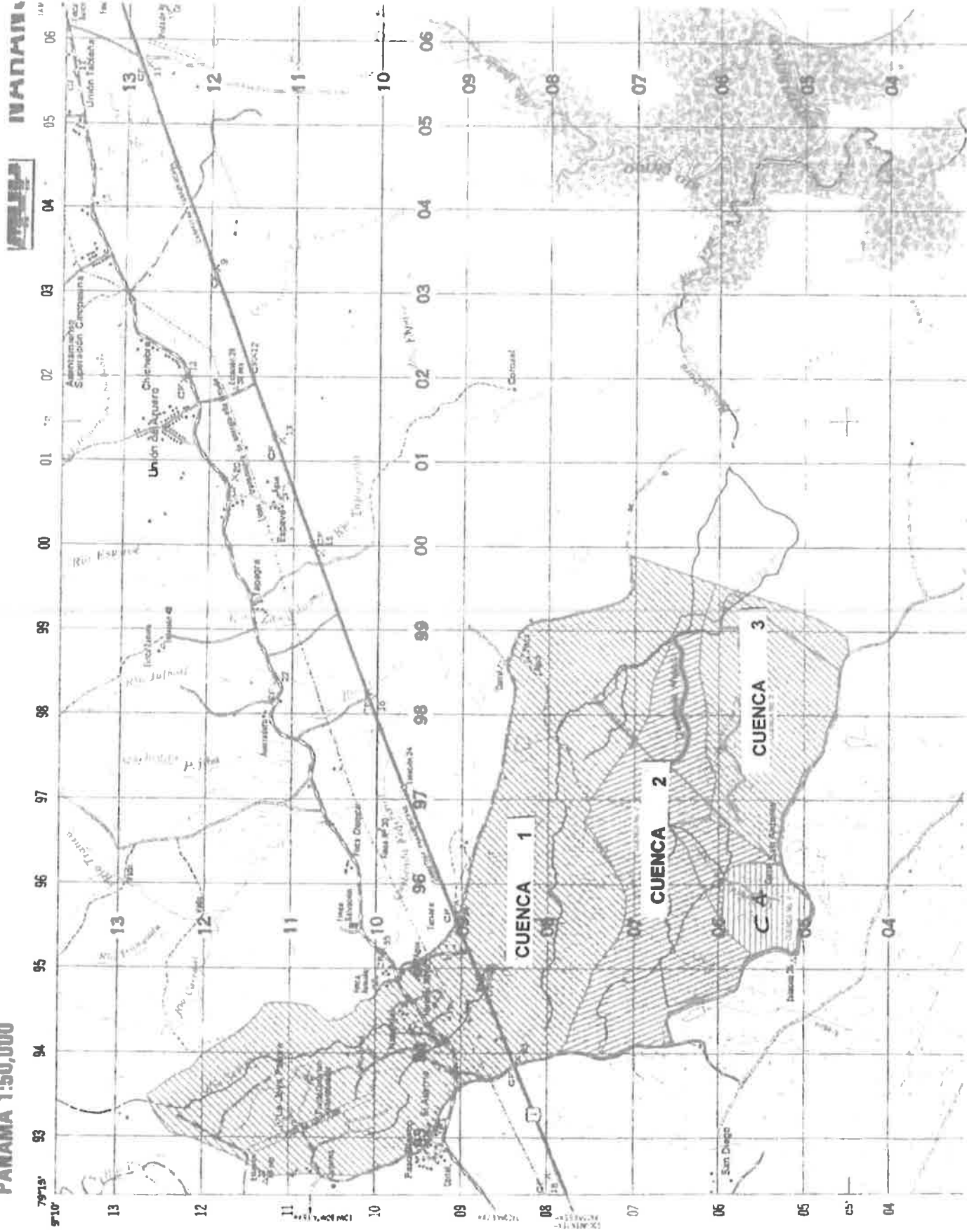


A

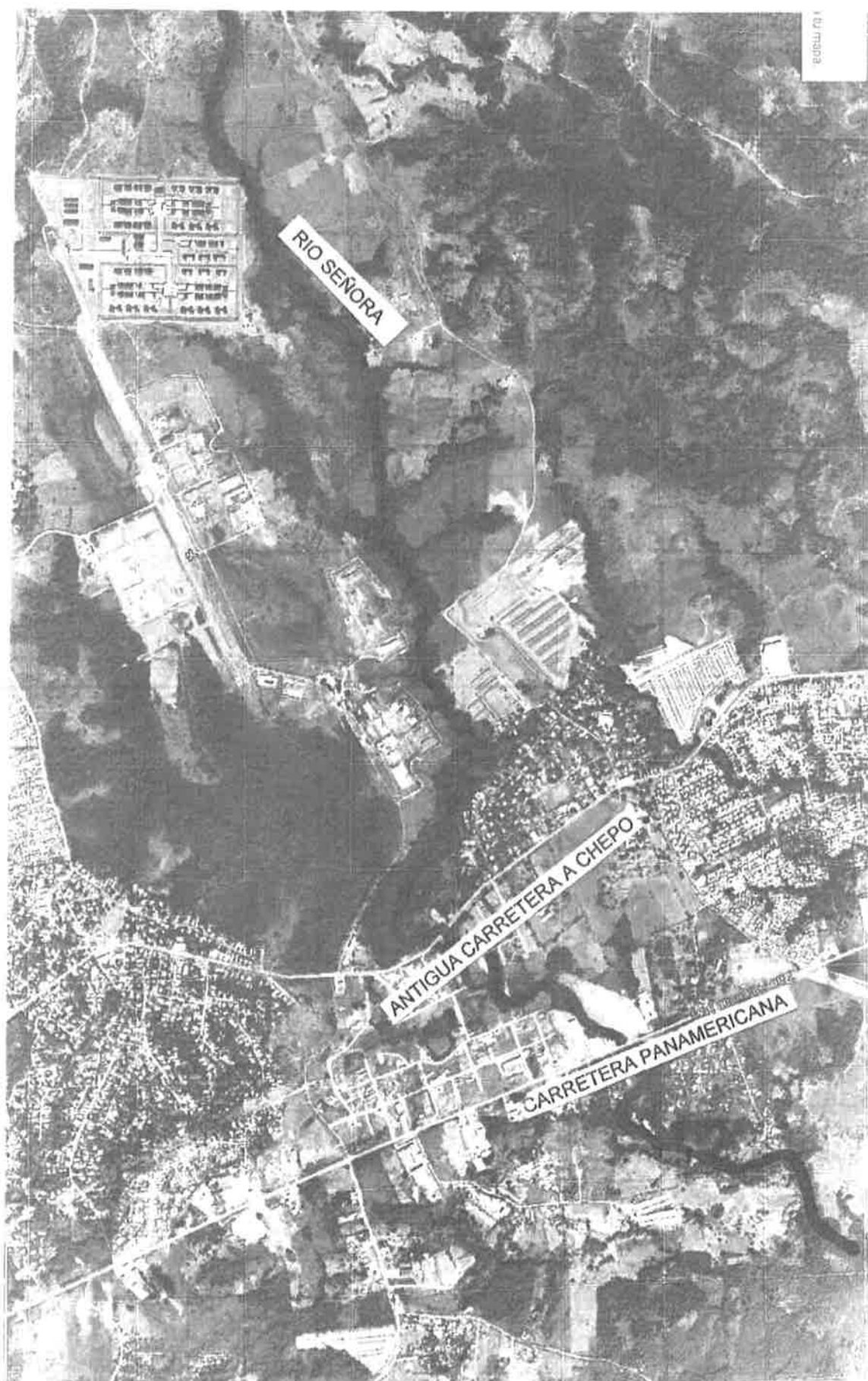
LOCALIZACIÓN REGIONAL

ESC: 1:70,000

PANAMÁ 1:50,000



AREA DE DRENAJE - CAUCE RIO SEÑORA Y AFLUENTES



GENERALIDADES DE LA CUENCA 146, RÍO PACORA

Principales actividades registradas en la cuenca

Tradicionalmente en la cuenca del río Pacora se desarrollan una serie de actividades productivas que requieren de agua: abastecimiento doméstico, agua para consumo animal y cultivos, uso industrial para la extracción de piedra y arena del río, usos turísticos entre otros (PREVDA, 2008). La población se dedica principalmente a la producción de arroz y maíz para su subsistencia, papaya, guayaba, marañón, aguacate, naranja, limón, toronja, café y coco. Además de la explotación de ganado vacuno y porcino (ANAM, 2013). El río Pacora constituye la fuente de agua superficial que abastece la planta potabilizadora de Pacora.

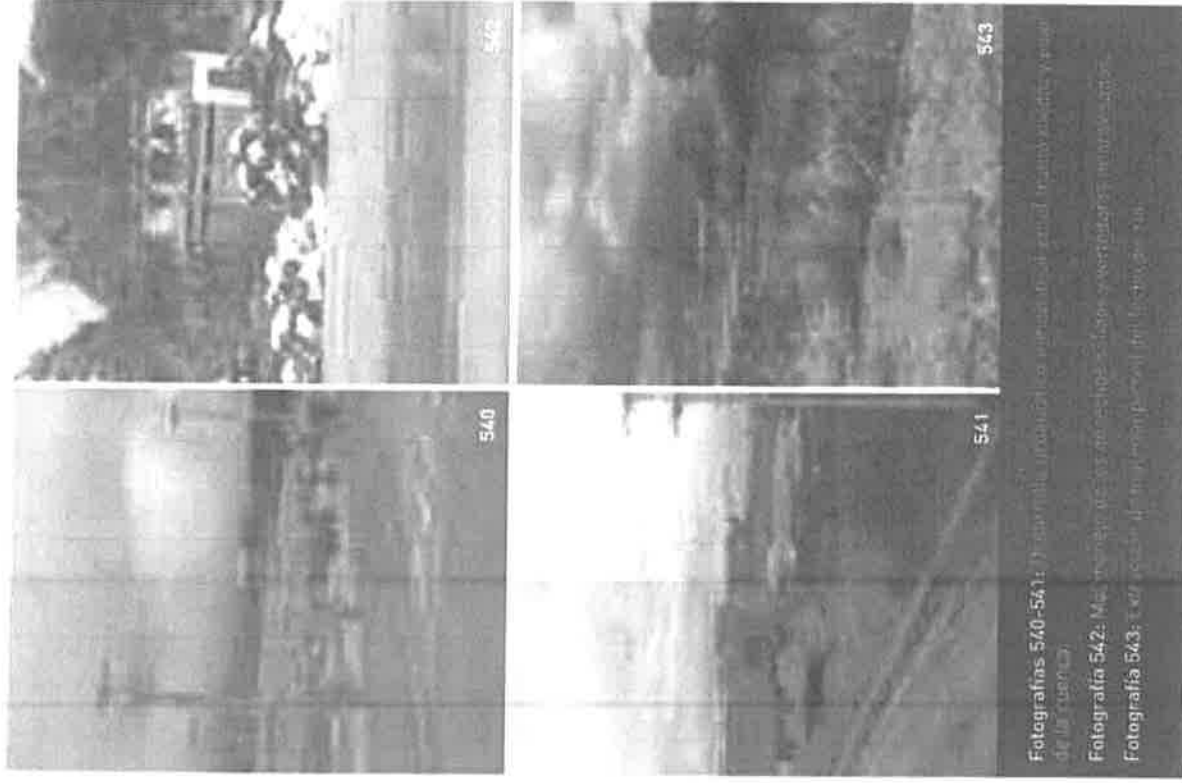
Problemáticas identificadas

Por su cercanía a la Ciudad de Panamá, esta cuenca ha experimentado un crecimiento en su tramo medio y bajo en los últimos años, con el consecuente cambio de uso de suelo para el desarrollo urbanístico e industrial (Fotografías 540-541), acumulación de desechos sólidos a falta de un sistema eficiente de recolección (Fotografía 542) y vertidos de aguas residuales a falta de un sistema de tratamiento. En la parte alta de la cuenca se observa el reemplazo de la vegetación nativa para el desarrollo de actividades agropecuarias que causan erosión de los suelos. Además, se realiza la extracción de material pétreo directamente del lecho del río (Fotografía 543), que alteran las condiciones naturales del cauce y reduce la disponibilidad de hábitats acuáticos.

Por otro lado, la cuenca del río Pacora, está expuesta a una serie de riesgos del clima y eventos extremos como fuertes lluvias e inundaciones, con algunos periodos de sequía. La mala adaptación y la alta vulnerabilidad debida a la degradación de los recursos naturales y la carencia de planificación en el uso de la tierra y preparación, juegan un papel importante en los daños ocasionados por los desastres ocasionados por el clima (PREVDA, 2008).

ESTACIONES DE MUESTREO

En esta cuenca se evaluaron cuatro estaciones de muestreo durante la época seca del 2015 en el río Pacora (Mapa 53).



El país está dividido en seis regiones hídricas que agrupan las 52 cuencas hidrográficas de acuerdo a sus características más relevantes, tales como: rangos de precipitación, ubicación geográfica y la vertiente (CANSH, 2016) (Cuadro 1; Mapa 2).

El patrimonio hidrológico de Panamá es abundante y ciertamente ha jugado un papel fundamental en el impulso de su economía. Sin embargo, el rápido crecimiento económico y de la población, la falta de una cultura ambiental y los efectos del cambio climático, están comprometiendo la

Cuadro 1. Regiones hídricas de la República de Panamá.

Regiones Hídricas	Características	Cuencas
Caribe Occidental	Su extensión es de 15 125 km ² y abarca el territorio de la provincia de Bocas del Toro, la porción norte de la Comarca Ngäbe-Buglé y de la provincia de Veraguas, y una pequeña fracción territorial del oeste de la provincia de Colón. Incluye cuencas que desembocan hacia el Caribe y que presentan niveles de precipitación que oscilan entre los 3100 y 4530 l/m ² /año y un promedio de 3900 l/m ² /año.	87, 89, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 107, 109, 111 y 113.
Central	Su extensión es de 72 784 km ² y abarca el territorio de la provincia de Colón, de la provincia de Panamá, delimitada por la cuenca del Canal. Incluye cuencas que desembocan hacia el Caribe y al Pacífico que presentan niveles de precipitación que oscilan entre los 1736 y 3348 l/m ² /año y un promedio de 2500 l/m ² /año.	115, 117, 119 y 142.
Caribe Oriental	Con una extensión de 1655 km ² , abarca la mayor parte del territorio de la Comarca Kuna Yala. Incluye la cuenca de los ríos entre Mandinga y Armita; cuencas que desembocan hacia el Caribe y que presentan niveles de precipitación entre 500 y 3248 l/m ² /año y un promedio de 1360 l/m ² /año.	121
Pacífico Occidental	Su extensión es de 20 274 km ² y abarca la provincia de Chiriquí, el sur de la Comarca Ngäbe-Buglé y la parte oeste y sur de la provincia de Veraguas. Incluye cuencas que desembocan hacia el Pacífico y cuyos rangos de precipitación oscilan entre 2200 y 3800 l/m ² /año y un promedio de 3100 l/m ² /año.	100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 y 122.
Pacífico Central	Con una extensión de 7867 km ² , abarca el territorio de la provincia de Los Santos, la mayor parte de la de Herrera, la parte central y sur de la de Coclé y el sur del sector oeste de la de Panamá, hasta la cuenca urbana del río Juan Díaz. Incluye cuencas que desembocan hacia el Pacífico y cuyos rangos de precipitación oscilan entre 1027 y 1722 l/m ² /año y un promedio de 1400 l/m ² /año.	124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138 y 140.
Pacífico Oriental	Se extiende desde el este de la provincia de Panamá hasta la de Darién, abarcando una extensión de 23 028 km ² . Incluye cuencas que desembocan hacia el Pacífico y con rangos de precipitación entre los 1700 y 3435 l/m ² /año y un promedio de 1360 l/m ² /año.	144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164 y 166.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO SEÑORA

1. OBJETIVO:

Este estudio tiene como objetivo analizar la cuenca del Río Señora y determinar los niveles de crecida máxima de este río y su influencia en las quebradas de la urbanización próxima a desarrollar al oeste de su recorrido. Se analizará la cuenca del Río Señora utilizando dos métodos de análisis hidrológicos. Debido a que este río no cuenta con una estación de nivel de caudal se homologará con los datos de las cuencas adyacentes. El análisis de la cuenca se realizará desde donde nace el río cercano a la Joya hasta donde se incorpora la quebrada Mojada y Mojaculo.

2. DESCRIPCION DEL AREA DE LA CUENCA

LOCALIZACION: El área en estudio se encuentra hacia el Este de la Ciudad de colindando con la cuenca hidrográfica del Río Pacora hacia el Oeste y con los ríos Carrizal y Jujucal hacia el Este.

En su nacimiento al norte de la Carretera Panamericana a una distancia de 4 kilómetros su cuenca tiene un ancho que es la mitad del largo, con una pendiente longitudinal del uno por ciento. A partir de la Carretera Panamericana la pendiente baja al 0.1 por ciento y su caudal se incorpora al Río Chico.

La cuenca del Río Señora corresponde a la cuenca No. 146 de la red de Estaciones Hidrometeorológicas de la Empresa de Trasmisión Eléctrica (ETESA) y que en conjunto con la cuenca No. 144 de los ríos Juan Díaz y Pacora conforman la delimitación de la región hidrológicamente homogénea para la elaboración del Mapa regional. También se relaciona con la cuenca No. 148 del río Bayano al este.

RECORRIDO: El río Señora nace hacia el norte del Centro Penitenciario La Joya con dirección sur hasta llegar a la Antigua carretera hacia la población de Chepo y de aquí hasta el puente de la carretera Panamericana con un recorrido de 4.5 kilómetros. En este trayecto su pendiente es de uno (1) por ciento. A partir de la

carretera Panamericana el cauce toma una dirección este – oeste donde se le adicionan las quebradas Mojado y Mojaculo hasta su incorporación al río Chico el cual drena en un estero en el océano Pacífico. Este recorrido a partir de la carretera Panamericana es sobre tierras bajas con pendientes de cero punto uno (0.1) por ciento y niveles inferiores a cinco (5) metros. ✓

3. METODO DE ANALISIS DE CRECIDAS MAXIMAS

Para el cálculo de crecidas máximas aplicamos el método de análisis regional de crecidas máximas de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA.

Esta herramienta es muy útil en el diseño de estructuras hidráulicas y su aplicación permite estimar los caudales máximos instantáneos que se pueden presentar en un sitio determinado, para distintos períodos de recurrencia con solo conocer el área de drenaje de la cuenca en kilómetros cuadrados hasta el sitio de interés y su ubicación en el país.

Para la cuenca en consideración del río Señora en el sector de Felipillo se utilizarán los datos de la cuenca No. 146 del río Pacora homologada con la cuenca No. 144 del río Juan Díaz. Se utilizará el siguiente procedimiento:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés en kilómetros cuadrados.
- Se determina a que zona pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa de la figura 73.
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las cinco ecuaciones
- SE calcula el caudal máximo instantáneo para distintos períodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo en el punto anterior, por los factores que se presentan en el cuadro 6, utilizando la tabla correspondiente a la zona del sitio de interés.

CALCULOS

Utilizando el Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas se determina que las cuencas Nos 144 y 146 corresponden a la zona 3, ecuación 2 con una $Q_{max} = 25 A^{0.59}$ de la tabla # 1 de distribución de frecuencia. En el cuadro No.4 para una recurrencia de 100 años corresponde un factor de 2.68 en la tabla 1. El cuadro 4 determina los factores para diferentes periodos de retorno en años.

- Area de drenaje de la cuenca = 22 kilómetros cuadrados
- Area de Pacora en el mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas corresponde a la cuenca No. 146.
- En el cuadro 7 la cuenca No. 146 corresponde a la zona 3 con el número de ecuación 2, $Q_{max.} = 25 A^{0.59}$ y una distribución de frecuencia de 100 años Tabla 1 de 2.68.
- $Q_{max.} = 25 \times 22^{0.59} = 155 \times 2.68 = 415$ metros cúbicos por segundo.

La descarga máxima calculada de 415 metros cúbicos por segundo se utilizará determinar el nivel máximo en el cauce actual del río Señora en la intersección de las quebradas del proyecto en estudio.

RESULTADO DEL ESTUDIO

El cauce propuesto del Río Señora donde se ubica el final de la cuenca de 22 hectáreas estudiada para el propósito de este proyecto es de una capacidad de 527 metros cúbicos por segundo que se enmarca en una sección trapezoidal con el siguiente dimensionamiento:

Base o fondo	10 metros
Altura del agua	6 metros
Talud lateral	1 : 1
Coeficiente rugosidad	0.03
Pendiente del cauce	0.005 m/m
Elevación del fondo	2.50 metros

El resultado del Caudal es de 527 metros cúbicos

Para esta capacidad en nivel del agua resultante es de $2.50 + 6.00 = 8.50$ metros de altura.

En los estudios preliminares del Proyecto se ha propuesto como rasante más baja del nivel de las calles una elevación de 17.00 metros y terracería más baja de 17.50 metros. El nivel de fondo de las estructuras de drenaje propuestas dentro del proyecto tienen una elevación de fondo de 10.00 metros mínimas resultando estar sobre el nivel de aguas máximas del estudio.

AREA EN ESTUDIO LOCALIZADA AGUAS ABAJO DE LA CARRETERA PANAMERICANA EN EL LADO OESTE Y QUE DRENAN SUS AGUAS PLUVIALES AL CAUCE DEL RIO SEÑORA

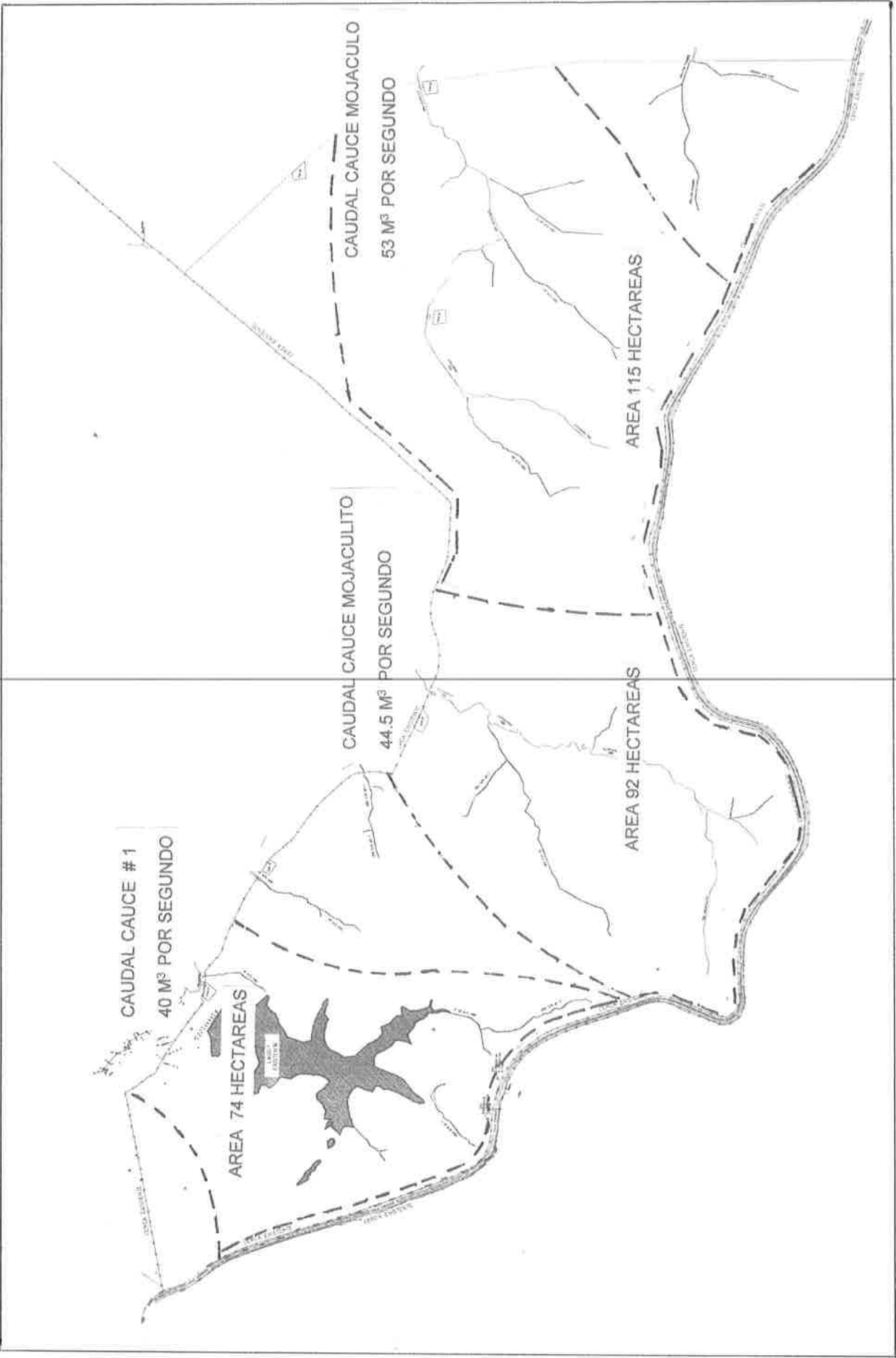
En el extremo oeste del Rio Señora colindante con camino existente que se inicia en la Carretera Panamericana en dirección sur, se localizan tres cauces de aguas pluviales que corresponden a un área de próximo desarrollo urbanístico y que tienen su elevación más alta de inicio de cauce.

Estos tres cauces denominados en este estudio como CAUCE # 1, Quebrada MOJACULITO Y Quebrada MOJACULO se muestran en el mapa adjunto, drenan sus aguas pluviales de este a oeste hasta llegar a incorporarse al cauce del Rio Señora

El CAUCE # 1 tiene un cauce principal de 800 metros de longitud desde su inicio hasta salir fuera del área de próximo desarrollo y contribuye en este tramo de su recorrido con un caudal de 40 metros cúbicos hasta salir fuera de la propiedad.

La Quebrada MOJACULITO tiene un cauce principal de 1,200 metros de longitud desde su inicio hasta salir fuera de la propiedad con un caudal de 44.5 metros cúbicos.

La Quebrada MOJACULO tiene un cauce principal de 1,300 metros de longitud desde su inicio hasta salir fuera de la propiedad con un caudal de 53 metros cúbicos.



Lugar: **PACORA**

Proyecto: **GANADERA NACIONAL**

Tramo: **RIO SEÑORA**

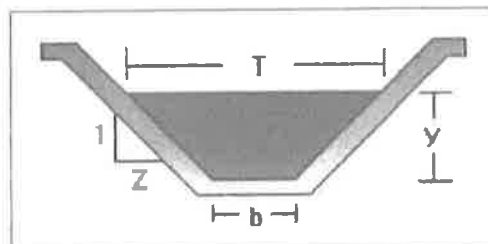
Revestimiento: **NATURAL**



Calculadora

Datos:

Tirante (y) : **6.00** m
Ancho de solera (b) : **10.00** m
Talud (Z) : **1**
Coeficiente de rugosidad (n) : **0.03**
Pendiente (S) : **0.005** m/m



Resultados:

Caudal (Q) :	527.500	m ³ /s	Velocidad (v) :	5.4948	m/s
Area hidráulica (A) :	96.0000	m ²	Perímetro (p) :	26.9706	m
Radio hidráulico (R) :	3.5594	m	Espejo de agua (T) :	22.0000	m
Número de Froude (F) :	0.8398		Energía específica (E) :	7.5389	m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	Subcrítico				

Cuidado velocidad erosiva



Ejecutar



Limpiar Pantalla

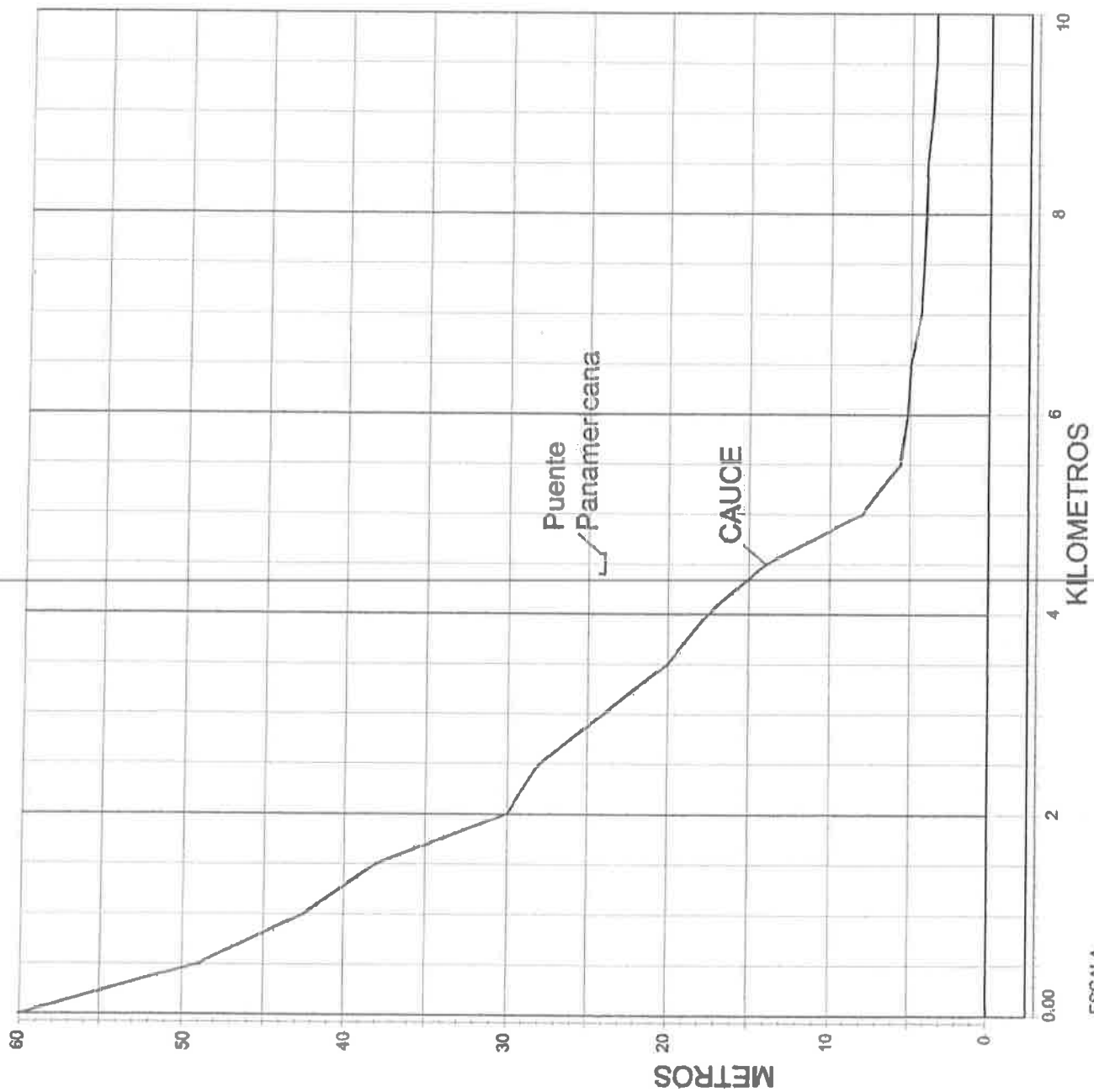


Imprimir



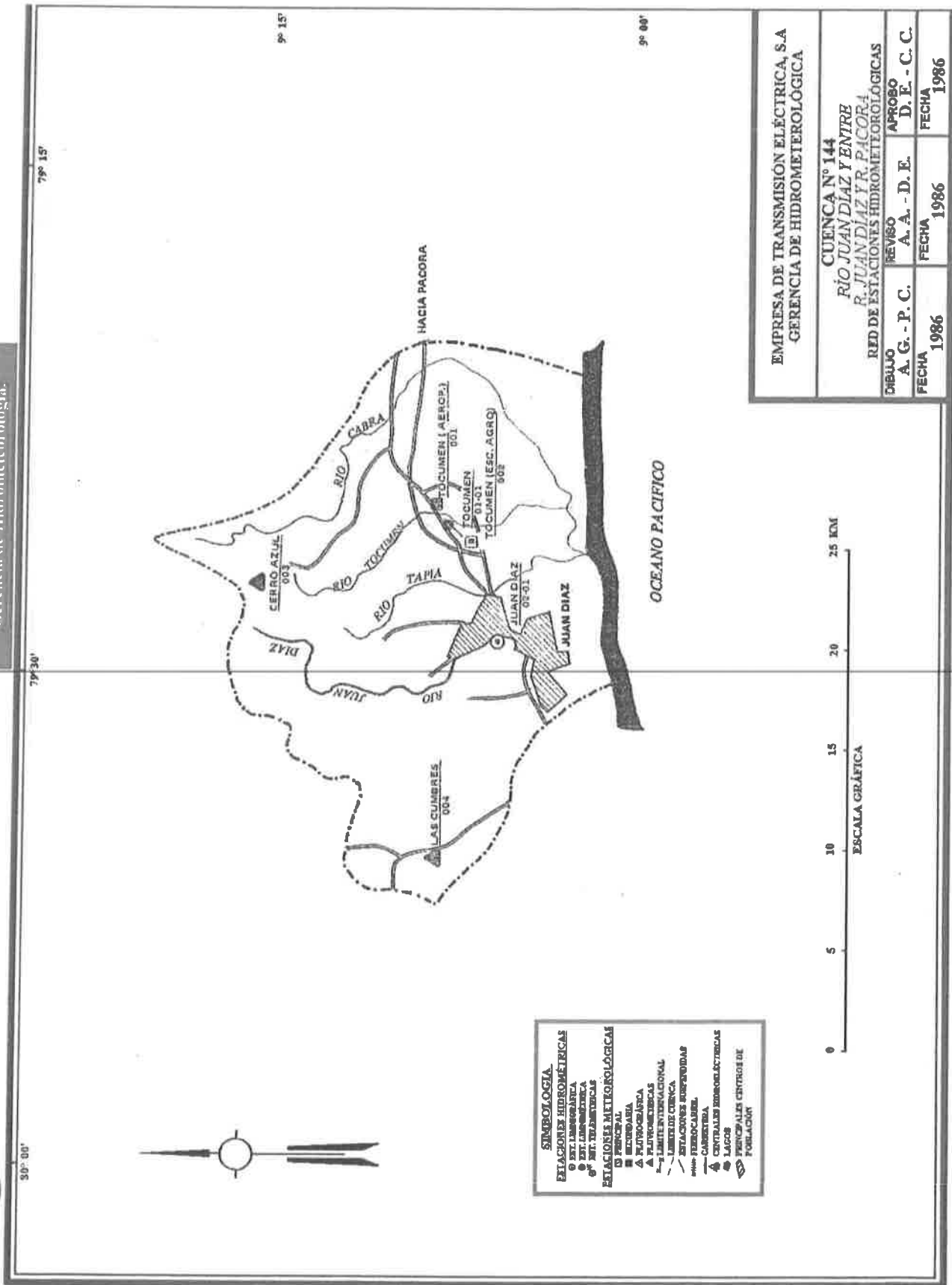
Menú Principal

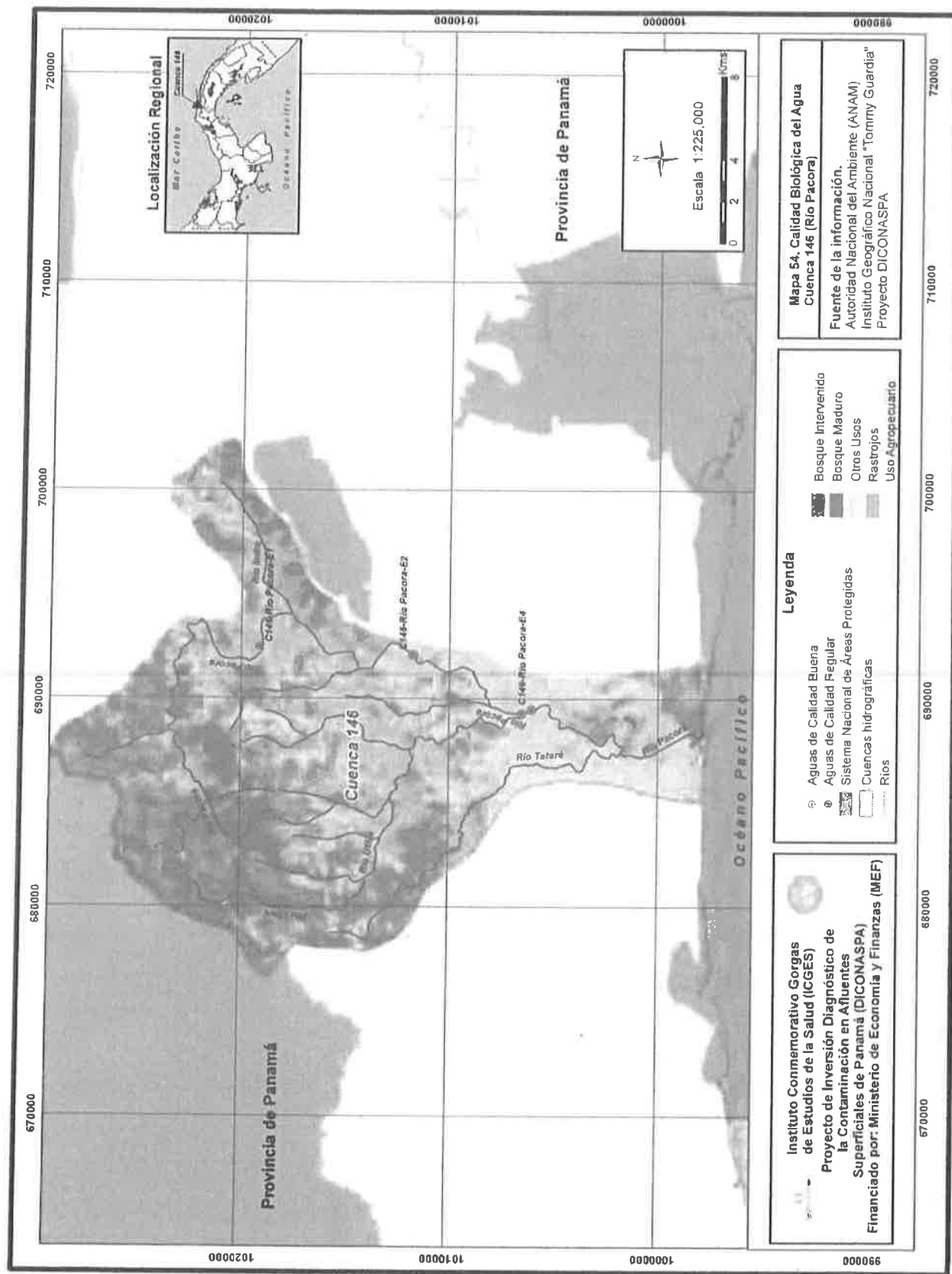
Realiza la impresión de la pantalla



ESCALA
V:250
H:400

RIO SEÑORA







५३

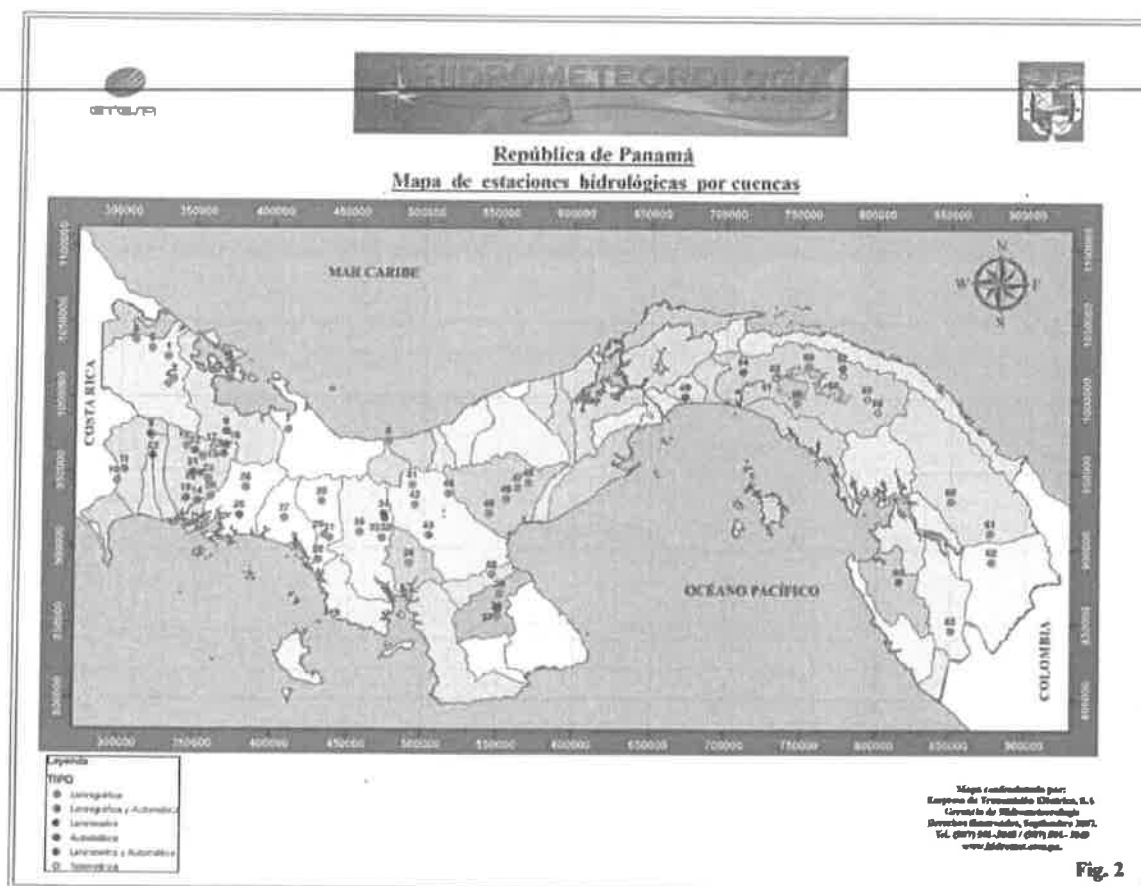
2.1 Recopilación de la información de crecidas máximas anuales.

Para la elaboración del Análisis Regional de Crecidas Máximas, se consideró la información básica registrada en 79 estaciones hidrológicas operadas por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA, 6 estaciones hidrológicas manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá; dando un total de 85 estaciones hidrológicas consideradas en este estudio.

La Autoridad del Canal de Panamá tiene en funcionamiento, las estaciones con registro más largo del área centroamericana (máximo de 73 años), lo cual ha sido una información muy valiosa en este estudio. Actualmente Panamá dispone de estaciones medidoras de caudal con registros de más de 50 años.

Para la recopilación de datos, se realizó una campaña especial de cálculos, ya que existía información proveniente de campo. Para ello, se realizaron las revisiones de los hidrogramas extrayendo los niveles máximos mensuales en todas las estaciones hidrológicas para unificar los caudales máximos instantáneos al periodo de estudio.

Una vez obtenidos los niveles máximos mensuales de cada estación se le calculó el caudal mediante la utilización de la curva de descarga y sus periodos de validez. También se obtuvo información de estaciones hidrológicas automáticas. En la figura 2 se muestra la red de estaciones hidrológicas activas.



Nº de Cuenca	Nombre del Río	Área total de la cuenca (Km²)	Longitud del Río (Km)	Río principal de la Cuenca
119	Río Mandinga	337	41.3	Mandinga
120	Río San Pedro	996	79	San Pedro
121	Ríos entre el Mandinga y Armila	2238	26.5	Cartí
122	Ríos entre el San Pedro y el Tonosí	2467	40.4	Río Quebro
124	Río Tonosí	716.8	91	Tonosí
126	Ríos entre el Tonosí y La Villa	2170	45	Guararé
128	Río La Villa	1284.3	117	La Villa
130	Río Parita	602.6	70	Parita
132	Río Santa María	3326	168	Santa María
134	Río Grande	2493	94	Río Grande
136	Río Antón	291	53	Río Antón
138	Ríos entre el Antón y el Caimito	1476	36.1	Chame
140	Río Caimito	453	72	Caimito
142	Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz	383	6	Matasnillo
144	Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora	322	22.5	Juan Díaz
146	Río Pacora	388	48	Pacora
148	Río Bayano	4984	215	Bayano
150	Ríos entre el Bayano y el Sta. Bárbara	1270	22.4	Chimán
152	Río Sta. Bárbara y entre Chucunaque	1796	78.1	Sabanas
154	Río Chucunaque	4937	215	Chucunaque
156	Río Tuira	3017	127	Tuira
158	Río Tucutí	1835	98	Tucutí
160	Ríos entre el Tucutí y el Sambú	1464	23.9	Marea
162	Río Sambú	1525	80	Sambú
164	Ríos entre el Sambú y el Juradó	1158	46.7	Jaqué
166	Río Jurado *	91.2	63	Juradó
Nota: * Cuencas Internacionales.				
Áreas en cuencas internacionales solo corresponden al territorio panameño.				
Las áreas de las cuencas son medidas hasta la desembocadura del río principal				

Nº	ESTACIÓN HIDROLÓGICA	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3	Ecuación 4	Ecuación 5
24	TABASARÁ - GARRAPATO		2			
25	TABASARÁ - LLANO ÑOPO		2			
26	VIGUÍ - INTERAMERICANA		2			
27	BOQUERÓN - PELUCA	1				
28	CHAGRES - CHICO	1				
29	CIRI GRANDE - LOS CAÑONES				4	
30	GATÚN - EL CIENTO		2			
31	PEQUENÍ - CANDELARIA	1				
32	TRINIDAD - EL CHORRO				4	
33	SAN PABLO - INTERAMERICANA		2			
34	COBRE - LOS ESTRECHOS		2			
35	SAN PEDRO - LLANO GRANDE				4	
36	LA VILLA - MACARACAS			3		
37	LA VILLA - ATALAYITA			3		
38	PARITA LA VALDESA				4	
39	SANTA MARÍA SAN FRANCISCO		2			
40	SANTA MARÍA LA SOLEDAD		2			
41	SANTA MARÍA SANTA FE		2			
42	RIO GRANDE RIO GRANDE			3		
43	COCLÉ DEL SUR CAÑAVERAL			3		
44	CHICO EL CORTEZO			3		
45	ZARATÍ MURCIELAGUERO			3		
46	JUAN DIAZ JUAN DIAZ		2			
47	BAYANO - PIRIA	1				
48	MAMONÍ - CHEPO	1				
49	DIABLO - ANTE EMBALSE	1				
50	CAÑITA - ANTE BAYANO	1				
51	IPETÍ - IPETÍ	1				
52	AGUAS CLARAS - AGUAS CLARAS	1				
53	CAÑAZAS - ANTE BAYANO					5
54	CHUCUNAQUE - LAJA BLANCA					5
55	CHICO - CUBILELE			3		
56	TUIRA - BOCA DE CUPE				4	
57	BALSAS - MANENE		2			
58	SAMÚ - BOCA DE TRAMPA				4	

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km² y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

Cuadro 4: Caudales promedios máximos instantáneos comparación año 1986 y año 2008

Análisis Regional de Crecidas Máximas.	Año 1986	Año 2008
	Período 1962 - 1985	Período 1971-2006
Ecuación 1	$Q_{\text{máx.}} = 34A^{0.58}$	$Q_{\text{máx.}} = 34A^{0.59}$
Ecuación 2	$Q_{\text{máx.}} = 27A^{0.58}$	$Q_{\text{máx.}} = 25A^{0.59}$
Ecuación 3	$Q_{\text{máx.}} = 13A^{0.58}$	$Q_{\text{máx.}} = 14A^{0.59}$
Ecuación 4	$Q_{\text{máx.}} = 10A^{0.58}$	$Q_{\text{máx.}} = 9A^{0.59}$
Ecuación 5		$Q_{\text{máx.}} = 4.5A^{0.59}$

El Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá correspondiente al año 2008 se actualiza gracias: al crecimiento de los registros de crecidas a nivel nacional con más de 15 años adicionales, que en el año 1986; al mejoramiento de la precisión de la ubicación de las estaciones hidrológicas sobre todo las que están en áreas de difícil acceso; a la disponibilidad de mejores herramientas para el cálculo de las áreas de drenaje; a la disponibilidad de información cartográfica actualizada, y a la experticia del personal de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA.

En el Cuadro 5 se muestra los datos utilizados para obtener las ecuaciones descritas arriba y para la elaboración de la Figura 68

Cuadro 6: Factores para diferentes periodos de retorno en años

<i>Factores $Q_{m\acute{a}x}/Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos Tr.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

4.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de los puntos 4.1 y 4.2, es decir, las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas. Ver Cuadro 7.

Cuadro 7

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{m\acute{a}x} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

En la Figura 73 se muestra el mapa de zonas, con las regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



República de Panamá
Regiones Hidrológicamente Homóneas

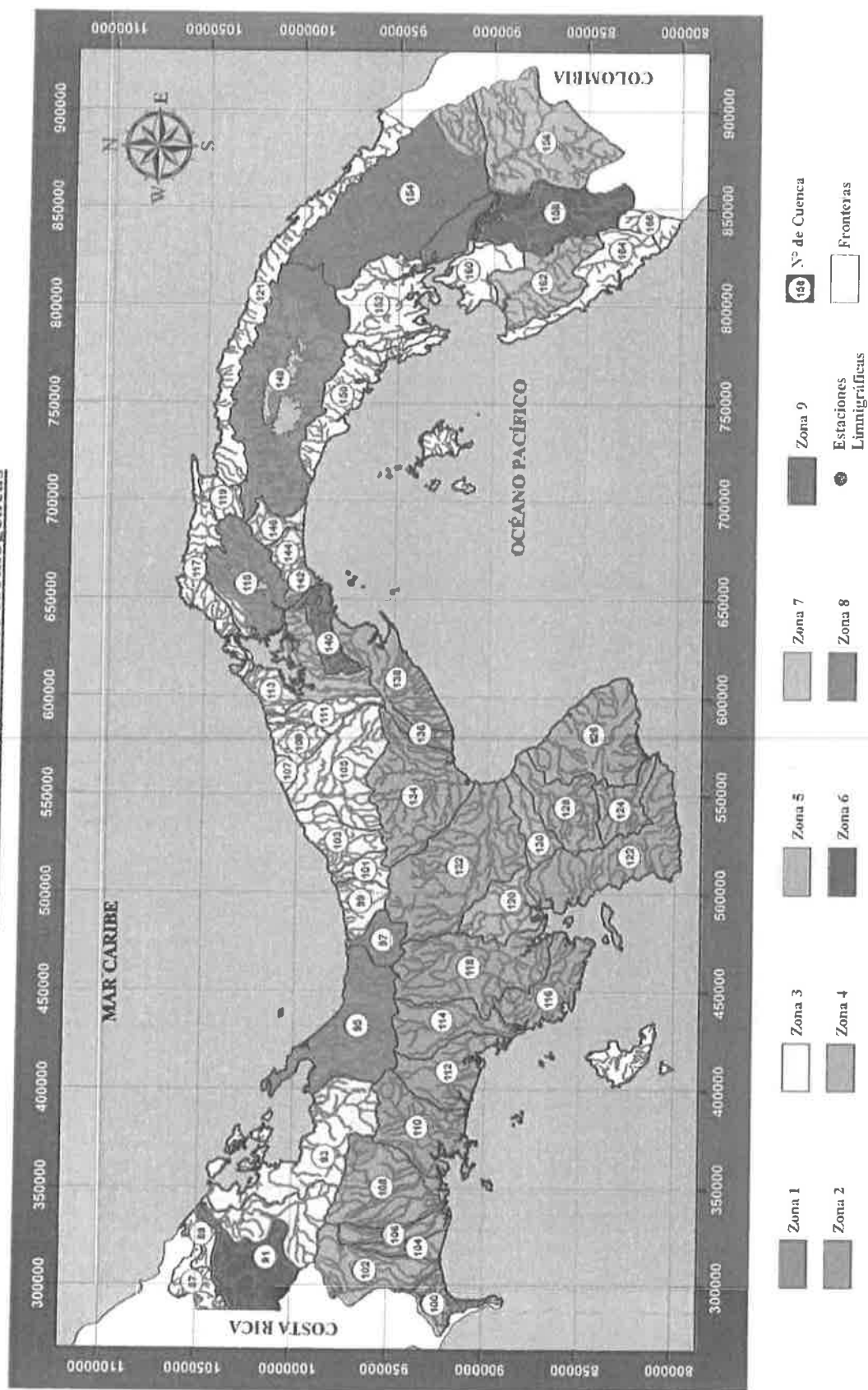


Fig.

4.4 Aplicación del método análisis regional de crecidas máximas

Para determinar la crecida máxima que se pueda presentar en un sitio determinado para distintos periodos de recurrencia mediante este método, se procede de la siguiente manera:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km².
- Se determina a qué zona pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa de la Figura 73
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las 5 ecuaciones
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo en el punto anterior, por los factores que se presentan en el Cuadro 6, utilizando la Tabla correspondiente a la zona del sitio de interés.

Para la validación del método, se utilizó el programa de computadora FLFREQ que nos permitió obtener los caudales máximos instantáneos para distintos periodos de retorno en cada uno de los sitios con registro, los cuales fueron comparados con los resultados del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Con el método Análisis Regional de Crecidas Máximas, solo se requiere conocer el área de drenaje y la ubicación del sitio de interés.

Nota: Los caudales calculados con el Método Regional de Crecidas Máximas, dentro de la zona 4, en cuencas que están en la parte alta, colindando con la cordillera central, tienen un comportamiento distintos a las otras regiones, por lo que los resultados obtenidos son sobreestimados. Estas zonas serán objeto de un estudio más detallado, posteriormente. Para calcular caudales de diseño en estas zonas, recomendamos utilizar datos registrados y trasladarlos a los sitios de interés. En la parte media y baja de las cuencas, el método tiene un buen ajuste. A continuación se presenta la Fig. 74 del relieve de Panamá, que explica el comportamiento de lo anteriormente descrito.

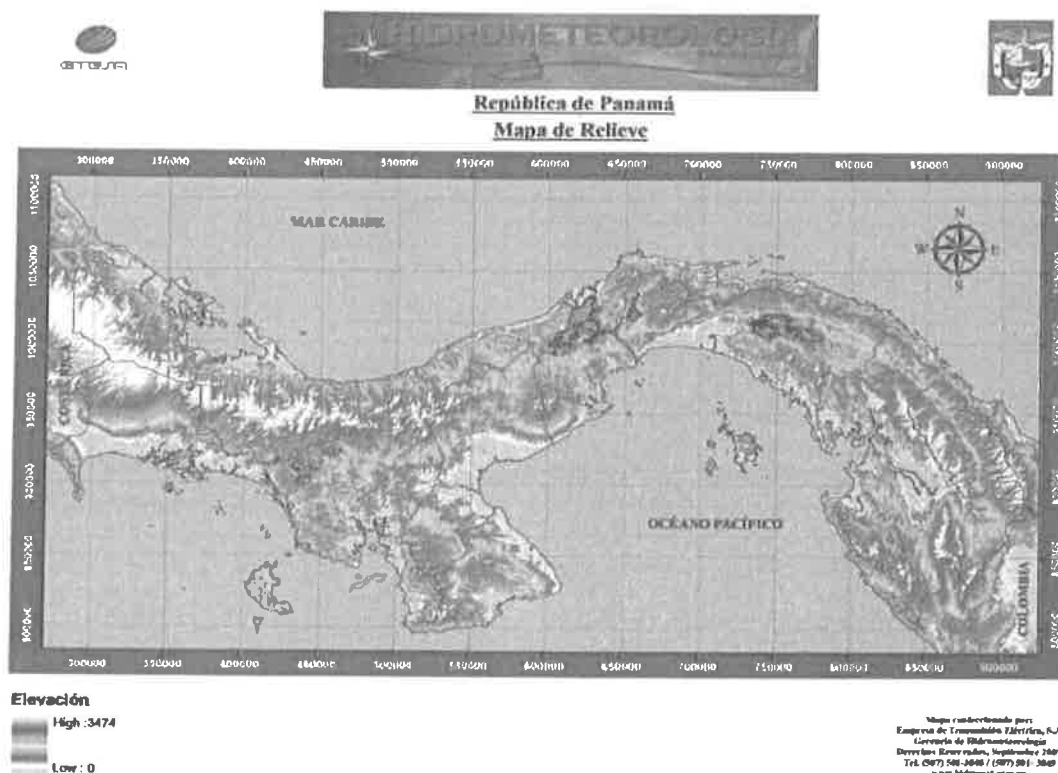


Fig. 74

Conclusión

Este análisis regional de crecidas máximas de la república de Panamá, siguió la metodología presentada en el análisis del año 1986. La acumulación de nuevos datos permitió mejorar la estadística, aplicando siempre criterios básicos, para garantizar buenos resultados.

El desarrollo de este estudio permitió al departamento de Hidrología de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA, mejorar el trazado de curvas de descarga de algunas estaciones hidrológicas, enriquecer la estadística del análisis regional de crecidas con información adicional y con caudales máximos que anteriormente no se habían registrado.

Entre los resultados significativos de este análisis podemos enunciar:

- La obtención de cinco (5) ecuaciones que relacionan la crecida media anual y el área de drenaje de las estaciones hidrológicas, mostradas a continuación.

Análisis Regional de Crecidas Máximas.	Año 2008
Ecuación 1	$Q_{\text{máx.}} = 34A^{0.59}$
Ecuación 2	$Q_{\text{máx.}} = 25A^{0.59}$
Ecuación 3	$Q_{\text{máx.}} = 14A^{0.59}$
Ecuación 4	$Q_{\text{máx.}} = 9A^{0.59}$
Ecuación 5	$Q_{\text{máx.}} = 4.5A^{0.59}$

- La definición de nueve (9) zonas, producto de la regionalización de crecidas máximas (dos más que el estudio anterior).
Estas zonas adicionales, se dan por el hecho de incluir la parte Este del país (la cuenca del río Bayano y las cuencas de la provincia de Darién), que en estudios anteriores no había sido posible considerar por no contar con la información topográfica adecuada de la región, ni la cantidad de datos suficientes.
- La utilización de modelos digitales de elevación, la disponibilidad de programas para el manejo de estos archivos y la verificación de la ubicación de las estaciones hidrológicas, nos permitió realizar este trabajo con mejor precisión y rapidez.
- El caudal máximo instantáneo más grande registrado en la estación hidrológica Chagres (Chico) es el único en el país que está por encima de la envolvente para Centroamérica. Su crecida del 4 de noviembre de 1966, con un caudal unitario de $9.20 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ para un área de 414 Km^2 , fue de carácter extraordinario ya que según informaciones obtenidas de parte de los empleados de la Sección de Hidrología de la Comisión del Canal de Panamá (Hoy Autoridad del Canal de Panamá), así lo confirman. El limnógrafo de la estación fue arrastrado por la creciente y los niveles de la misma fueron obtenidos mediante un levantamiento topográfico. Hubo inundaciones en diversos puntos del país.

