

## FACTORES MÁS IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO HUICICILA.

Por *Arturo Jiménez Román\**

### RESUMEN

El régimen hidrológico del río Huicicila está determinado por una serie de características físicas, climáticas y fisiográficas, que dan a la red fluvial peculiaridades que se manifiestan en su escurrimiento.

En este estudio se determinan y analizan los más significativos aspectos que influyen en el citado río, así como el comportamiento de éste.

### SUMMARY

The hydrologic regime of the Huicicila river is determined by a serie of physical, climatological and physiographycal characteristics that give to the fluvial system special features that are shown in its runoff.

In this study is determined and analyzed the significative causes that influence the said river, as soon as his behavior.

### I. INTRODUCCIÓN

Todo escurrimiento superficial representa una etapa del ciclo hidrológico, cuyo comportamiento obedece a determinados factores que es necesario precisar porque sirven de base para la mejor planeación de los recursos hidrológicos de las cuencas fluviales.

Los factores que influyen en el escurrimiento se pueden considerar de dos tipos: climáticos y fisiológicos, que en la mayor parte de los casos se interrelacionan caracterizando un medio que se refleja en el régimen de toda corriente.

\* Investigador del Instituto de Geografía de la UNAM.

En los factores climáticos, la precipitación es la de más importancia, aunque también intervienen otros elementos del clima, como la temperatura, etc.

Los factores fisiográficos se refieren, por una parte, a la forma y características físicas del terreno de la cuenca y, por otra, a los canales que forman el sistema fluvial que lo drena.

En el presente trabajo se analizan la temperatura y la precipitación, entre los factores climáticos, y el área de la cuenca, forma de la cuenca, pendiente media, curva hipsométrica, altura media de la cuenca, coeficiente de masividad, coeficiente orográfico, histograma de frecuencias altimétricas, coeficiente de cubrimiento de bosque y geología, entre los fisiográficos.



La determinación de todos estos factores de la cuenca del río Huicicila está supeditada al material disponible para el cálculo de los mismos.

Como material cartográfico se utilizaron los siguientes mapas: topográfico y geológico, escala 1: 50 000 y la carta de climas 1: 500 000<sup>1</sup>; esta última como referencia.

La información meteorológica fue proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Dirección General de Hidrología y Meteorología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos; los datos hidrológicos también fueron proporcionados por esta última Secretaría gubernamental.

Este trabajo tuvo la asesoría de la Dra. Laura E. Madercy R., Investigadora del Instituto de Geografía.

## II. LOCALIZACIÓN Y LÍMITES

La cuenca del río Huicicila drena una parte de la vertiente occidental de la República Mexicana, localizada en la parte extrema oeste de la Sierra Volcánica Transversal; sus límites naturales están representados por la divisoria común con otras cuencas, al noreste con la cuenca del sistema Lerma-Santiago, al sur con la del río Chila o Viejo; al sureste con las cuencas cerradas de los lagos Tepetitlac y San Pedro y al noroeste con la del río Ixtapan.

Esta cuenca se encuentra comprendida entre los 21° 16' 45" y 21° 27' 00" de latitud Norte y 104° 48' 20" y 105° 48' 40" de longitud Oeste (mapa M-1 y M-2).

La cuenca en cuestión se encuentra situada en su totalidad en la parte centro-occidental del Estado de Nayarit.

## III. FACTORES CLIMATOLÓGICOS

Los factores del clima son importantes en los estudios hidrológicos porque el incremento y

<sup>1</sup> Secretaría de la Presidencia. CETENAL. *Carta Topográfica*. Hojas Jalisco (F-13-D-31), Jalcocotlán (F-13-D-39), Compostela (F-13-D-41) y Las Varas (F-13-D-49). México, D. F. 1971. *Carta Geológica*. Hojas Jalisco (F-13-D-31), Jalcocotlán (F-13-D-39), Compostela (F-13-D-41) y Las Varas (F-13-D-49). México, D. F. 1971. *Carta de Climas*. Hoja San Blas (13-Q-III), México, 1971.

el decremento de la alimentación de los cauces, en el espacio y en el tiempo, repercute muy significativamente en el comportamiento de un escurrimiento, y mediante su observación se puede predecir la disponibilidad que en un momento determinado se pueda tener del agua como recurso, además de los posibles estragos que causaría a la población el exceso o la falta de alguno de ellos.

Los factores a los que anteriormente se hace referencia son la precipitación y la temperatura, cuyo análisis medio conduce al conocimiento del clima con el cual, independientemente de los otros factores, se puede deducir a grandes rasgos el régimen hidrológico de una corriente.

### a) *Temperatura.*

La localización de esta cuenca en la zona intertropical la hace tener temperaturas altas; además, el desplazamiento del ecuador térmico es notorio en las curvas de temperaturas de los climogramas de las estaciones climatológicas, pues en cuatro de ellas se presentan dos máximos de temperatura, mayor el segundo que el primero, seguramente debido a su cercanía al trópico de Cáncer; por otro lado, las más elevadas se registran durante el verano y las más bajas en el invierno e intermedias en las dos estaciones del año restantes.

Debido a que en la cuenca alta se carece de información al respecto, ésta se tomó de las cartas de climas de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional<sup>2</sup>, para delimitar una zona de bajas temperaturas ocasionada por la altitud del terreno.

La oscilación térmica, en su mayor extensión se presenta entre 5° y 7°C, excepto en la cuenca baja (estación Zacualpan) y extremo suroeste (estación Compostela) que son extremosas.

La distribución de la temperatura media en toda el área (mapa M-3) presenta una disminución desde la desembocadura hacia aguas arriba, por la influencia de la altitud del terreno. La temperatura media anual más elevada se registró en la estación Paso de Arocha, con 24.6° C, y la menor en la estación Miravalles, con 22.2° C dentro de la cuenca, sin

<sup>2</sup> En colaboración con el Instituto de Geografía, UNAM.



tomar en cuenta la zona de bajas temperaturas, ya mencionada, que pueden quedar comprendidas entre los 20° y 18°C.

La temperatura media ambiente de la cuenca se determina por la siguiente fórmula<sup>3</sup>:

$$T_m = \frac{\sum T_n \cdot a_n}{A}$$

en la que

$T_m$  = Temperatura media.

$T_n$  = Temperatura media correspondiente a las áreas entre cada dos isotermas, en °C. Se obtiene por la semisuma del valor de las dos isotermas.

$a_n$  = Área entre cada dos isotermas, en Km<sup>2</sup>.

$A$  = Área total de la cuenca, en Km<sup>2</sup>.

De esta manera, al aplicar la fórmula expuesta, el resultado para la cuenca del río Huicicila es de 23.3° C, según los datos del cuadro 1.

CUADRO NUM. 1

TEMPERATURA MEDIA

Zona	Área en Km <sup>2</sup>	Temperatura media anual de la zona, en °C.
A	137.10	24.4 <sup>+</sup>
B	135.60	23.5
C	24.40	24.0
D	267.89	22.5
E	3.60	22.0
F	1.40	22.0 <sup>++</sup>

<sup>+</sup> Interpolando la estación San Blas, Nay.

<sup>++</sup> Tomado de la carta CETANAL.

b) Precipitación

El régimen pluviométrico de la cuenca en cuestión está determinado principalmente por las lluvias de verano y principios del otoño, época en que son frecuentes los ciclones tropicales que se originan en el Océano Pacífico, cuya influencia es importante en las estaciones del año antes mencionadas.

Para determinar la distribución de la precipitación en la cuenca en estudio, se utilizó

<sup>3</sup> Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Elementos del Escurrimiento Superficial". *Memorandum Técnico* Núm. 330, p. 57. México, D. F. 1974.

el método de isoyetas por tratarse de una superficie con orografía muy acentuada; es decir, muy irregular o montañosa; su trazo se efectuó considerando tanto la altura de la lluvia registrada como la topografía de la región. Las cartas climáticas de CETENAL se utilizaron para cubrir los datos faltantes en la cabecera de la cuenca, ya que en esa zona se carece de estaciones climatológicas.

En la carta de precipitación (mapa M-4) con isoyetas cada 200 mm, se observa que las precipitaciones más abundantes se localizan en la parte media de la cuenca baja, con 1 768.3 mm (estación Paso de Arocha); a partir de este lugar, los volúmenes precipitados disminuyen hacia el oriente hasta 1 361.0 mm (estación Miravalles). Esta distribución se debe a que los vientos húmedos del mar alcanzan ahí su nivel de condensación. A partir de la estación Miravalles la precipitación es menor hacia el norte, con 1 215.6 mm (estación Jalisco) y al sur hasta 997.4 mm (estación Compostela), porque en ambas zonas difícilmente pueden penetrar las masas de aire húmedo por ser regiones intermontanas.

CUADRO NUM. 2

PRECIPITACIÓN MEDIA

Zona	Área en Km <sup>2</sup>	Precipitación media anual de la zona, en mm.
A	22.50	1 398.0 <sup>+</sup>
B	31.43	1 500.0
C	76.30	1 600.0
D	108.43	1 500.0
E	286.14	1 300.0
F	35.10	1 100.0
G	10.18	1 000.0

<sup>+</sup> Interpolando la estación San Blas, Nay.

<sup>++</sup> Tomado de la carta de climas de CETENAL.

La precipitación media de la cuenca del río Huicicila se determinó aplicando la fórmula siguiente, con los datos del cuadro 2:

$$P_m = \frac{\sum P_n \cdot a_n}{A}$$

en la cual:



tomar en cuenta la zona de bajas temperaturas, ya mencionada, que pueden quedar comprendidas entre los 20° y 18°C.

La temperatura media ambiente de la cuenca se determina por la siguiente fórmula<sup>3</sup>:

$$T_m = \frac{\sum T_n \cdot a_n}{A}$$

en la que

$T_m$  = Temperatura media.

$T_n$  = Temperatura media correspondiente a las áreas entre cada dos isotermas, en °C. Se obtiene por la semisuma del valor de las dos isotermas.

$a_n$  = Área entre cada dos isotermas, en Km<sup>2</sup>.

$A$  = Área total de la cuenca, en Km<sup>2</sup>.

De esta manera, al aplicar la fórmula expuesta, el resultado para la cuenca del río Huicicila es de 23.3° C, según los datos del cuadro 1.

CUADRO NUM. 1  
TEMPERATURA MEDIA

Zona	Área en Km <sup>2</sup>	Temperatura media anual de la zona, en °C.
A	137.10	24.4 <sup>+</sup>
B	135.60	23.5
C	24.40	24.0
D	267.89	22.5
E	3.60	22.0
F	1.40	22.0 <sup>++</sup>

<sup>+</sup> Interpolando la estación San Blas, Nay.

<sup>++</sup> Tomado de la carta CETANAL.

#### b) Precipitación

El régimen pluviométrico de la cuenca en cuestión está determinado principalmente por las lluvias de verano y principios del otoño, época en que son frecuentes los ciclones tropicales que se originan en el Océano Pacífico, cuya influencia es importante en las estaciones del año antes mencionadas.

Para determinar la distribución de la precipitación en la cuenca en estudio, se utilizó

<sup>3</sup> Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Elementos del Escurrimiento Superficial". *Memorandum Técnico* Núm. 330, p. 57. México, D. F. 1974.

el método de isoyetas por tratarse de una superficie con orografía muy acentuada; es decir, muy irregular o montañosa; su trazo se efectuó considerando tanto la altura de la lluvia registrada como la topografía de la región. Las cartas climáticas de CETENAL se utilizaron para cubrir los datos faltantes en la cabecera de la cuenca, ya que en esa zona se carece de estaciones climatológicas.

En la carta de precipitación (mapa M-4) con isoyetas cada 200 mm, se observa que las precipitaciones más abundantes se localizan en la parte media de la cuenca baja, con 1 768.3 mm (estación Paso de Arocha); a partir de este lugar, los volúmenes precipitados disminuyen hacia el oriente hasta 1 361.0 mm (estación Miravalles). Esta distribución se debe a que los vientos húmedos del mar alcanzan ahí su nivel de condensación. A partir de la estación Miravalles la precipitación es menor hacia el norte, con 1 215.6 mm (estación Jalisco) y al sur hasta 997.4 mm (estación Compostela), porque en ambas zonas difícilmente pueden penetrar las masas de aire húmedo por ser regiones intermontanas.

CUADRO NUM. 2  
PRECIPITACIÓN MEDIA

Zona	Área en Km <sup>2</sup>	Precipitación media anual de la zona, en mm.
A	22.50	1 398.0 <sup>+</sup>
B	31.43	1 500.0
C	76.30	1 600.0
D	108.43	1 500.0
E	286.14	1 300.0
F	35.10	1 100.0
G	10.18	1 000.0

<sup>+</sup> Interpolando la estación San Blas, Nay.

<sup>++</sup> Tomado de la carta de climas de CETENAL.

La precipitación media de la cuenca del río Huicicila se determinó aplicando la fórmula siguiente, con los datos del cuadro 2:

$$P_m = \frac{\sum P_n \cdot a_n}{A}$$

en la cual:



Pm = Precipitación media.

Pn = Precipitación media de las áreas limitadas entre cada dos isoyetas, en mm, que se obtiene por la semisuma del valor de las dos isoyetas limítrofes de cada superficie.

an = Area entre cada dos isoyetas, en Km<sup>2</sup>.

A = Area total de la cuenca, en Km<sup>2</sup>.

así se obtuvo un resultado de 1 375.4 mm.

### c) *Clima*

Al hacerse la determinación y el análisis de los parámetros del clima correspondientes a cada una de las estaciones (cuadro 3, 4 y 5) se llegó a su conocimiento.

El grupo climático que predomina en la región es cálido húmedo (mapa M-5), con temperatura del mes más frío mayor de 18°C (A), con diversos grados de humedad, predominando las lluvias de verano (w); en otras palabras, el clima Aw<sub>2</sub> —cálido húmedo, el más húmedo de este grupo— predomina en la parte baja y en una faja en el centro de la cuenca. Este mismo grupo climático, pero de humedad intermedia (w<sub>1</sub>), se interpone entre el primeramente tratado y el más seco de los cálidos húmedos (w<sub>0</sub>), localizado al sureste.

Por otra parte, también se encuentra el clima (A)Cw<sub>2</sub> que corresponde al semicálido; es decir, el más cálido de los templados, con temperatura media anual mayor de 18° C, con estación lluviosa de verano, la de mayor grado de humedad de este subgrupo y con cociente de precipitación sobre temperatura superior a 55.0 mm °C. Esta zona climática se tomó de las cartas de climas de CETENAL, por las razones ya expuestas.

## IV. FACTORES FISIOGRAFICOS

Los factores fisiográficos son característicos del terreno que es conveniente abordar al tratar el régimen de un río, porque todo escurrimiento tiende a obedecer las condiciones que el mismo medio le impone para retener o facilitar el desalojamiento de sus aguas. Estas características pueden ser determinadas mediante cálculos matemáticos como índices, coeficientes y factores propios del área drenada y

algunos de la red fluvial que, al ser aplicados, permitirán obtener, con algunas limitaciones, mayor información que conduzcan al mejor conocimiento de todo escurrimiento.

### 1. Características de la cuenca.

a) Area de la cuenca. La superficie de una cuenca hidrográfica representa gran interés por estar en relación con el régimen de escurrimiento.

Conocer la magnitud de la superficie que drena una corriente en condiciones homogéneas, puede dar una idea de las fluctuaciones de los caudales, ya que generalmente éstos aumentan con el área mencionada; por otro lado, su extensión se relaciona con el tiempo en que esos mismos volúmenes de agua son desalojados de la unidad.

El área de la cuenca del río Huicicila es de 570.08Km<sup>2</sup>, la cual se determinó por medio del planímetro; sin embargo, es importante señalar que, aunque no existe un límite preestablecido para considerarla dentro de un tamaño determinado, bien puede tomarse como una cuenca pequeña.

b) Forma de la cuenca. Esta característica se puede determinar por el índice de compacidad "K", dado por Gravelius<sup>4</sup>, el cual se obtiene por la siguiente relación:

$$K = \frac{\text{Perímetro de la cuenca (P)}}{\text{Perímetro del círculo equivalente (A)}}$$

$$A = \pi r^2 \quad r = \frac{A}{\pi}$$

$$K = \frac{P}{2\pi r}$$

$$K = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\pi \sqrt{\pi A}}$$

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

<sup>4</sup> Tomado de Laura E. Maderey. "Obtención de los elementos físicos que influyen en el régimen hidrológico de la cuenca del río Pabellón, afluente del río Aguascalientes". *Rev. Recursos Hidráulicos*, Vol. II, p. 31. México, 1973.



substituyendo:

P = perímetro de la cuenca = 178.0 Km.  
 A = área de la cuenca = 570.08 Km<sup>2</sup>.  
 K = constante = 0.28.

El resultado obtenido, de 2.09, indica que la cuenca en cuestión es alargada, ya que a medida que este índice se aproxima a la unidad las posibilidades de semejanza con un círculo de igual superficie es cada vez menor. Esto lleva a la conclusión de que las posibilidades de que se produzcan avenidas son escasas, ya que el agua que se precipite tardará más en llegar al punto de salida.

c) Factor de forma. Otra manera de determinar la forma de la cuenca es por medio de la fórmula siguiente<sup>5</sup>:

$$Ff = \frac{Am}{Ea}$$

en la que

Ff = factor de forma.  
 Am = Anchura media en Km.  
 Ea = Eje axial en Km.

La anchura media es la relación del área de la cuenca (A = 570.08 Km<sup>2</sup>) entre la longitud del eje axial (Ea = 52.0 Km<sup>2</sup>), es decir.

$$Am = \frac{A}{Ea}$$

Al hacer la aplicación de las fórmulas citadas, el resultado para esta cuenca es, en anchura media, 14.924 Km, y de factor de forma 0.39.

El último de los cálculos anteriores representa el objetivo de este inciso y confirma que, efectivamente, se trata de una cuenca alargada, ya que el factor determinado se encuentra muy alejado de la unidad y, por ende, indica que las posibilidades de avenidas durante las tormentas con fuertes precipitaciones son reducidas, por la razón ya apuntada.

d) Pendiente media. El gasto de una corriente, así como su capacidad de erosión depende de la inclinación media de la superficie avenida, y a medida que la inclinación au-

<sup>5</sup> Índice de compacidad de Gravelius. Tomado del artículo de Laura E. Maderey, Características físicas de la cuenca del río Tizar. *Boletín del Instituto de Geografía*. Vol. III, p. 31, UNAM. México, 1970.

menta, el escurrimiento se efectúa con mayor rapidez y su poder erosivo se eleva; por tanto provocará avenidas acompañadas de grandes volúmenes de material sólido y su desplazamiento vertiginoso reducirá la infiltración del agua en el suelo. Otro de los efectos relacionados con esta peculiaridad es la determinación de las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua.

La pendiente media de la cuenca del río Huicicila se determinó por el método de Horton<sup>6</sup>, en el que se emplea la fórmula siguiente:

$$Pm = \frac{(\sum Lc)(c)}{A}$$

cuyos parámetros son:

Pm = Pendiente media.  
 Lc = Longitud total de las curvas de nivel comprendidas dentro de la divisoria topográfica = 1691.3 Km.  
 C = Cota de las curvas de nivel medidas = 100 m.  
 A = Area de la cuenca = 570.08 Km<sup>2</sup>.

que fueron tomados del cuadro 6.

CUADRO NÚM. 6  
 CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA

Curva de nivel	Longitud en Km	Curva de nivel	Longitud en Km.
2 200	.1	1 100	165.3
2 100	.5	1 000	170.0
2 000	.6	900	187.5
1 900	1.0	800	114.0
1 800	2.5	700	73.5
1 700	27.3	600	55.0
1 600	62.0	500	43.5
1 500	116.5	400	46.7
1 400	136.3	300	61.0
1 300	160.0	200	57.0
1 200	150.0	100	61.0
Total			1 691.3

De acuerdo con la aplicación de la fórmula anterior, la pendiente media que presenta la cuenca del río Huicicila es de 0.296, que representa el 29.6%.

<sup>6</sup> Tomado de Wisler, C. O. y Brater, E. F., *Hydrology*. p. 45-46. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1959.



CUADRO NÚM. 7

CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO HUICICILA

Intervalo entre las curvas de nivel	Area en Km <sup>2</sup> .	% del área	Area acumulada en Km <sup>2</sup> .	% del área acumulada
0 — 100	69.18	12.14	69.18	12.14
100 — 200	15.58	2.73	89.76	14.87
200 — 300	14.98	2.63	99.74	17.50
300 — 400	11.90	2.09	111.64	19.59
400 — 500	9.20	1.61	120.84	21.20
500 — 600	10.50	1.84	131.34	23.39
600 — 700	12.48	2.19	143.82	27.04
700 — 800	20.85	3.65	164.67	28.88
800 — 900	82.00	14.39	246.67	43.27
900 — 1000	74.10	13.00	320.77	56.27
1000 — 1100	63.25	11.09	384.02	67.36
1100 — 1200	43.43	7.63	427.45	74.98
1200 — 1300	39.55	6.94	467.00	81.92
1300 — 1400	40.98	7.19	507.98	89.11
1400 — 1500	26.83	4.70	534.81	93.81
1500 — 1600	21.55	3.78	556.36	97.59
1600 — 1700	9.80	1.72	566.16	99.31
1700 — 1800	3.00	0.52	569.16	99.83
1800 — 1900	0.53	0.09	569.69	99.92
1900 — 2000	0.20	0.03	569.89	99.95
2000 — 2100	0.08	0.02	569.97	99.97
2100 — 2200	0.08	0.02	570.05	99.99
2200 — 2300	0.03	0.01	570.08	100.00
	570.08	100.00		

e) Curva hipsométrica. La línea que representa la distribución altitudinal de una cuenca hidrográfica es la curva hipsométrica o hipsográfica y se traza en función de las curvas de nivel consideradas y las áreas comprendidas entre cada una de ellas.

Para el cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca del río Huicicila se utilizaron los datos del cuadro 7, del cual se representa el kilometraje de las áreas en el eje de las abscisas y las alturas correspondientes a dichas áreas en el eje de las ordenadas (gráfica G-1).

El análisis de la gráfica puede hacerse como si ésta fuese un corte transversal de la cuenca en estudio, y en ella se apreciará que desde los 70 m a los 165 m.s.n.m., el declive promedio que presenta es considerable; por otro lado, en lo referente a la cuenca media, decrece con la altura hasta los 1400 m de altitud, a partir

de la cual nuevamente se agudiza la pendiente hasta adquirir su mayor grado en la cabecera de la cuenca.

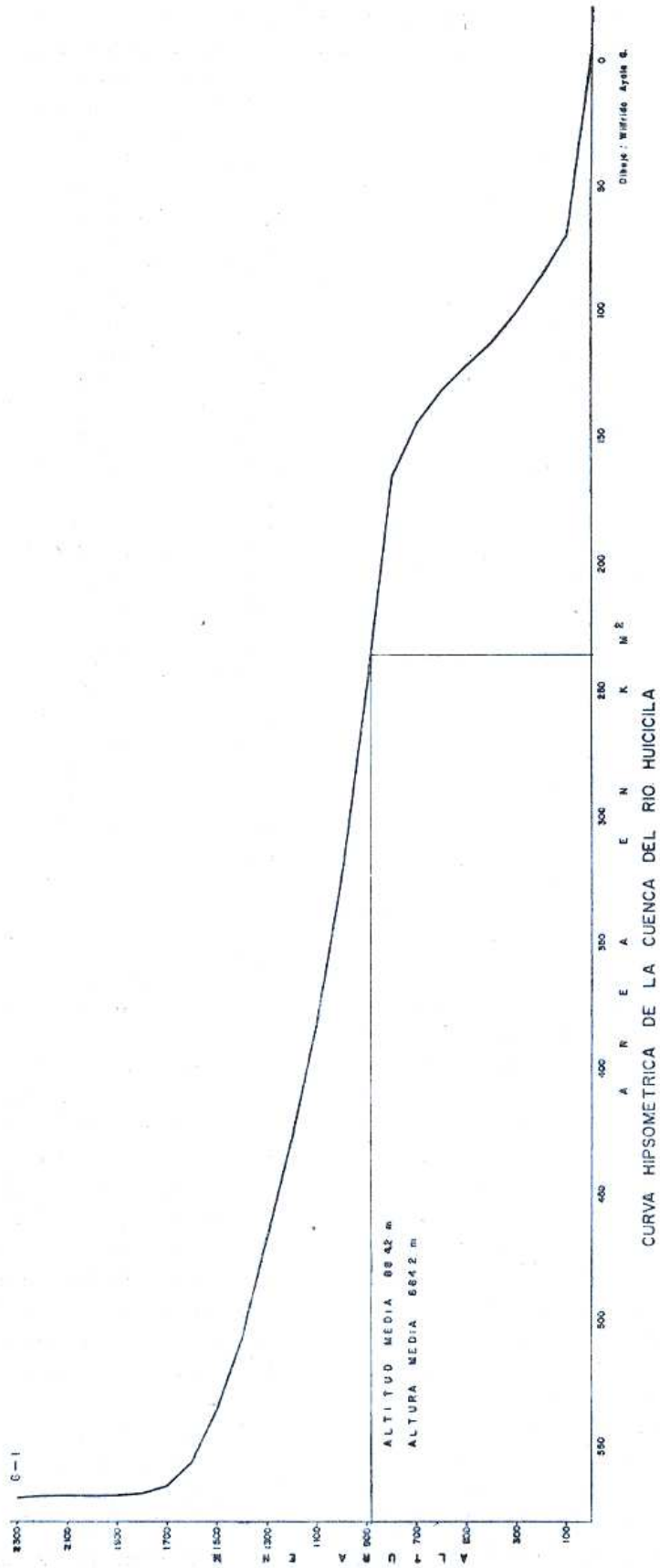
f) Elevación o altura media de la cuenca. Este dato morfométrico es muy importante porque participa en el comportamiento de los escurrimientos e influye en otras características tales como climatológicas, grado de erosión, etc., así como determina algunas peculiaridades del agua de los cauces, como sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Para el cálculo de la altura media ( $E_m$ ) de la cuenca que aquí se trata, se utilizaron los siguientes parámetros:

$E_m$  = Elevación media entre cada dos curvas de nivel con cota de 100 m.

$s$  = Superficie entre cada dos isohipsas de cada 100 m. de elevación.

$A$  = Area de la cuenca.





CUADRO NÚM 8

Cálculo de la altura media de la cuenca del río Huicicila

<i>Intervalo entre las curvas de nivel</i>	<i>Altura media entre cada dos isohipsas</i>	<i>Area en Km<sup>2</sup> entre cada dos isohipsas</i>	<i>Producto de la altura media y el área de cada dos isohipsas</i>
0 — 100	50	69.18	3.459
100 — 200	150	15.58	2.337
200 — 300	250	14.98	3.745
300 — 400	350	11.90	4.165
400 — 500	450	9.20	4.140
500 — 600	550	10.50	5.775
600 — 700	650	12.48	8.112
700 — 800	750	20.85	15.637
800 — 900	850	82.00	69.700
900 — 1 000	950	74.10	70.395
1 000 — 1 100	1 050	63.25	66.412
1 100 — 1 200	1 150	43.43	49.944
1 200 — 1 300	1 250	39.55	49.437
1 300 — 1 400	1 350	40.98	55.323
1 400 — 1 500	1 450	26.83	38.903
1 500 — 1 600	1 550	21.55	33.402
1 600 — 1 700	1 650	9.80	16.170
1 700 — 1 800	1 750	3.00	5.250
1 800 — 1 900	1 850	0.53	0.980
1 900 — 2 000	1 950	0.20	0.390
2 000 — 2 100	2 050	0.08	0.164
2 100 — 2 200	2 150	0.08	0.172
2 200 — 2 300	2 250	0.03	0.067
		570.08	504.079

cuyos datos se presentan en el cuadro 8, y constituyen los elementos de la fórmula:<sup>7</sup>

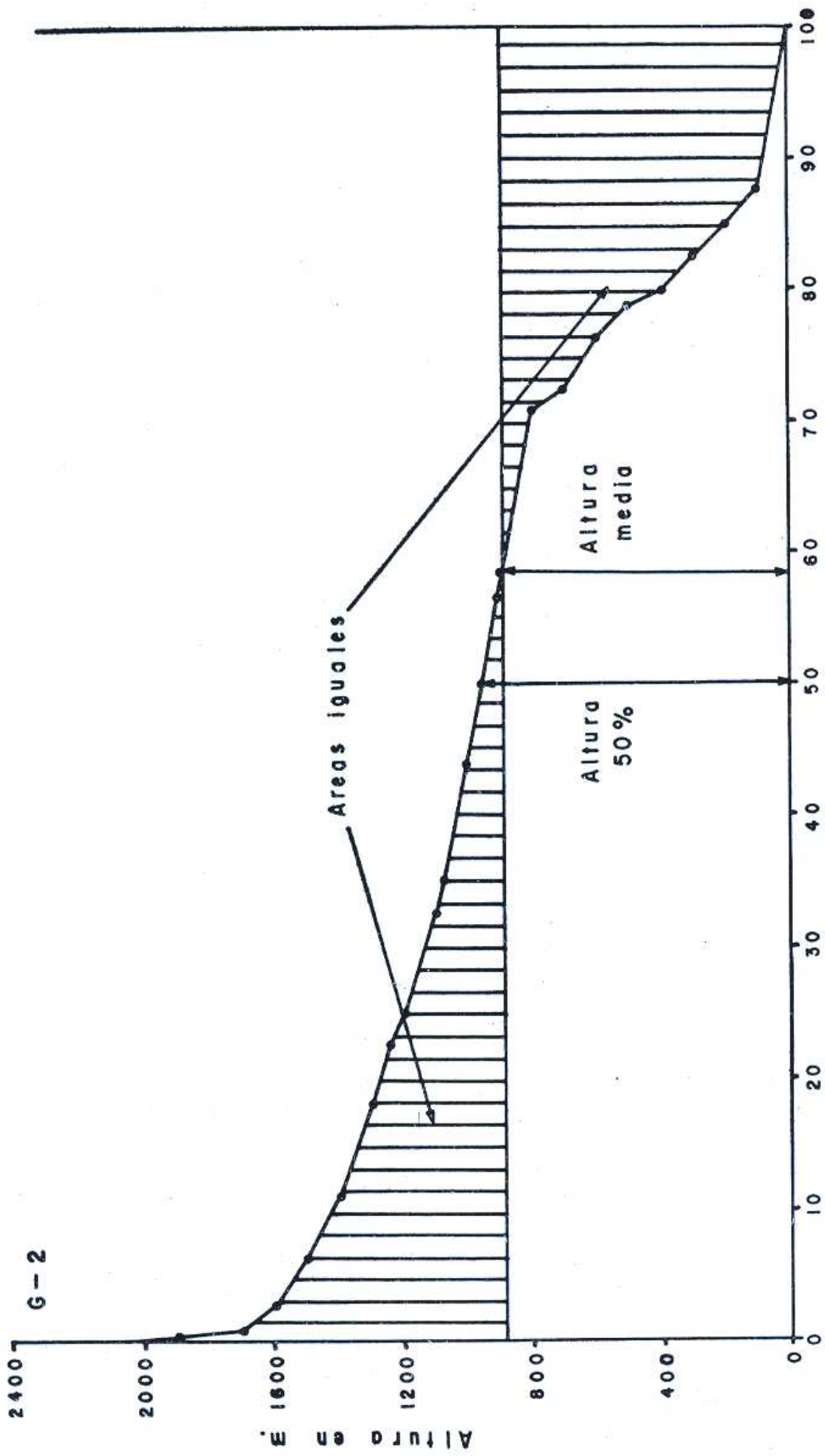
$$Em = \frac{(\Sigma e)(s)}{A}$$

Al aplicar la citada fórmula, la elevación media de la cuenca en estudio resulta de 884.2 m, y debido a que la cota mínima es el nivel del mar, esto es, cero metros, esta misma cantidad representa la altitud media del área (gráfica G-2).

<sup>7</sup> Stanescu Silviu, *Determinación práctica de las principales características morfométricas y fisiográficas de las cuencas hidrográficas y su aplicación a los cálculos hidrológicos*. Rev. SCMH. pp. 45-46. Bogotá, 1970.

Por otra parte, si se traza la curva hipsométrica considerando las áreas en porcentajes y las alturas en metros, se puede comprobar la exactitud de la altura media de la cuenca, ya que si se traza la línea que determina la altura media, las áreas comprendidas entre esta línea y la curva mencionada resultan iguales. Asimismo, esta misma gráfica da la oportunidad de obtener directamente la altura 50% o mediana con la que se determina las superficies de mayor y menor altitud que la mediana.

Por último, es importante señalar que de ninguna manera la elevación o altura media representa la distribución de la topografía de la cuenca, porque puede suceder que para otra área se obtenga el mismo resultado, pero la disposición del relieve sea diferente.



ALTURA MEDIA Y ALTURA 50% DE LA CUENCA DEL RIO HUICICILA

G-2



g) Coeficiente de masividad. Debido a que la altura media de la cuenca no es representativa de la distribución topográfica, el francés De Martone ideó el coeficiente de masividad,<sup>8</sup> que es una relación de la altura media de la cuenca entre el área de la misma, y en ella puede verse que dicho coeficiente es proporcional a la elevación media de la superficie drenada, el que aparentemente la identifica y la diferencia de las curvas con aproximadamente el mismo índice de altura media. Sin embargo, el coeficiente podrá ser el mismo en dos cuencas sin tomar en cuenta la erosión que tiene lugar en ellas.

Para determinar el coeficiente de masividad de la cuenca del río Huicicila, se aplicó la fórmula correspondiente.

$$C_m = \frac{E_m}{A}$$

en la que:

$C_m$  = Coeficiente de masividad.

$E_m$  = Elevación media en decímetros = 884.2 dm.

$A$  = Área de la cuenca = 570.08 Km.<sup>2</sup>

Si se coteja el resultado de 0.155 dm/Km<sup>2</sup> con la pendiente media (.296) no coinciden, por lo que puede decirse que no se identifican, seguramente debido a que las pendientes de las vertientes no son uniformes a lo largo del trayecto del colector general.

h) Coeficiente orográfico. El hecho de que el coeficiente de masividad no es un índice fidedigno del relieve en función de la erosión, hizo que el francés Fournier<sup>9</sup> combinara el índice de masividad y la altura media de la cuenca, para obtener lo que llamó coeficiente orográfico:

$$C_o = (C_m)(E_m) = \left(\frac{A_m}{A}\right) \left(\frac{\sum L_c \cdot C}{A}\right)$$

donde:

$A_m$  = Altura media en decímetros.

$A$  = Área de la cuenca en kilómetros cuadrados.

<sup>8</sup> "Coeficiente de masividad de De Martonne, modificado por Laura E. Maderey, en: "Características físicas de la cuenca del río Tizar". *Boletín del Instituto de Geografía*. UNAM. Vol. III, p. 32. México, 1970.

<sup>9</sup> Fournier, F., "Débit des cours d'eau. Essai d'estimation de la perte en terre subie par l'ensemble du globe terrestre". *Bull. Assoc. Int. Hidr. Scientifique*, Vol. 53, p. 19-22.

$L_c$  = Longitud total de las curvas de nivel comprendidas dentro de la cuenca, en Km.

$C$  = Cota de las curvas de nivel medidas.

El coeficiente orográfico de la cuenca del río que se considera en este trabajo es de 5.7, el cual se aproxima mucho al límite de 6.0 que determina lo acentuado del relieve, por lo que puede decirse que éste lo representa.

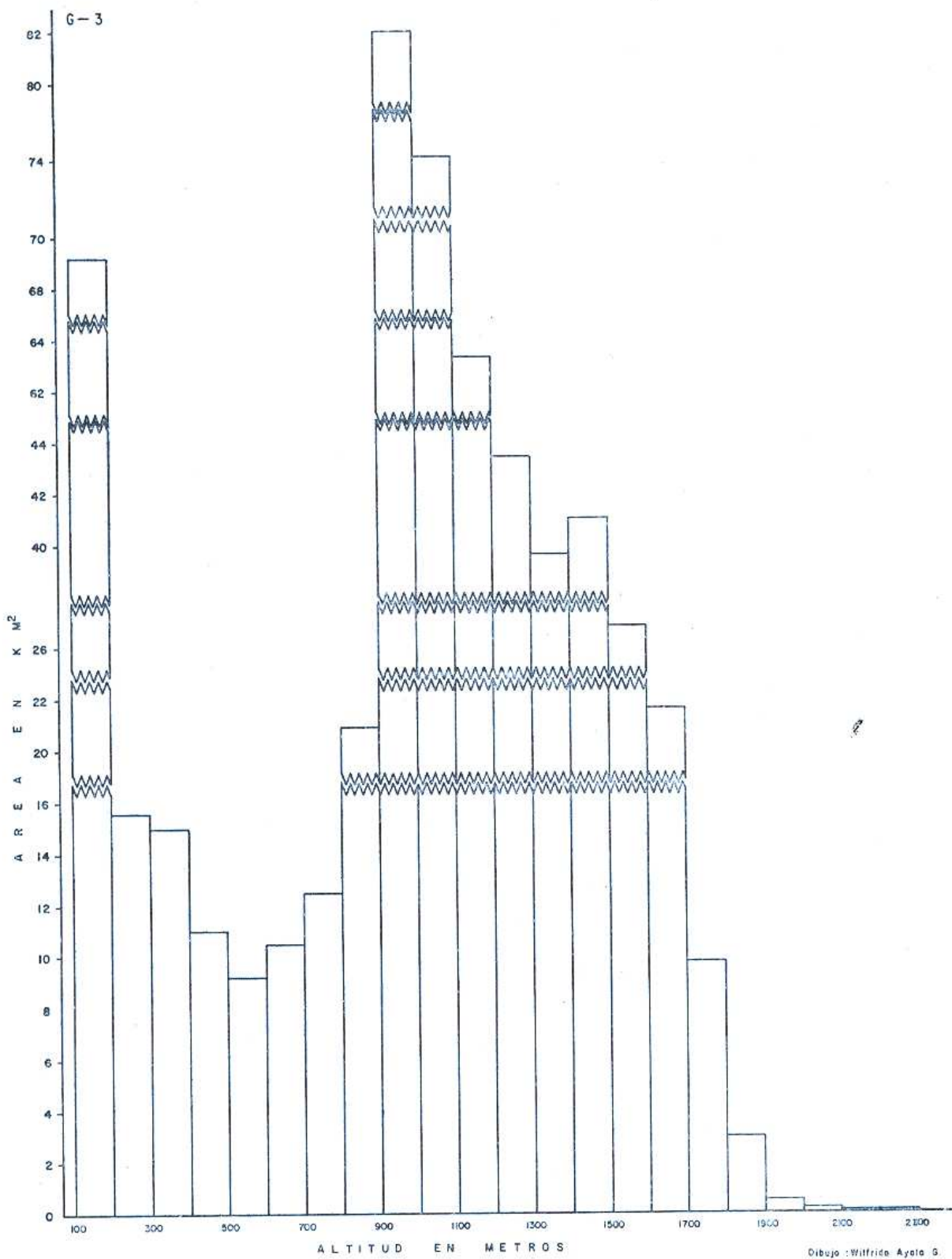
i) Histograma de frecuencias altimétricas. La distribución de las áreas en función de su altitud es lo que representa el histograma de frecuencias altimétricas.

En el trazo del mencionado histograma, considerando las características de la cuenca del río Huicicila, corresponden al eje de las "X" las áreas cuyas altitudes tienen un rango de 100 m, y al eje de las "Y" las curvas de nivel con dicho intervalo. Ambos parámetros se concentran en el cuadro 9, y se representan gráficamente en el histograma (gráfica G-3), en el que se puede apreciar que las superficies más amplias corresponden a la parte media de la cuenca, de los 800 a los 1 100 m.s.n.m., con excepción de los primeros 100 m de altitud que forman parte de la llanura costera del Océano Pacífico y que se hace notable por la amplitud de su área. Por lo que a las extensiones restantes se refiere, éstas no presentan grandes diferencias entre sí en lo concerniente a su área, más sí en su distribución altitudinal. En resumen, la amplitud extrema de las superficies se localiza entre los 800 y 900 m y los 2 200 y 2 300 m de altitud, correspondientes a las mayores y menores, respectivamente. Esta distribución morfológica del terreno cuantifica en cierta manera la distribución del mismo que se observa en la curva hipsométrica.

j) Geología. Las características geológicas de una cuenca tienen importancia por la diversidad de grados de permeabilidad que presentan las rocas que la constituyen, y la modalidad que presenta todo escurrimiento cuando fluye sobre ella.

Las características geológicas de la cuenca en cuestión, fueron tomadas de dos cartas<sup>10</sup> en

<sup>10</sup> Secretaría de la Presidencia. CETENAL. *Carta Geológica*. Hojas Jalisco (F-13-D-31), Jalcoatlán (F-13-D-39), Compostela (F-13-D-41) y Las Varas (F-13-D-49), México, D. F., 1971, y Comité de la Carta Geológica de México, *Carta Geológica de la República Mexicana*. México, D. F. 1960.



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA CUENCA DEL RIO HUICICILA



CUADRO NÚM. 9

Cálculo del histograma de frecuencias altimétricas de la cuenca del río Huicicila

Intervalo entre las curvas de nivel	Area en Km <sup>2</sup>	% del área
0 — 100	69.18	12.14
100 — 200	15.58	2.73
200 — 300	14.98	2.63
300 — 400	11.90	2.09
400 — 500	9.20	1.61
500 — 600	10.50	1.84
600 — 700	12.48	2.19
700 — 800	20.85	3.65
800 — 900	82.00	14.39
900 — 1 000	74.10	13.00
1 000 — 1 100	63.25	11.09
1 100 — 1 200	43.43	7.63
1 200 — 1 300	39.55	6.94
1 300 — 1 400	40.98	7.19
1 400 — 1 500	26.83	4.70
1 500 — 1 600	21.55	3.78
1 600 — 1 700	9.80	1.72
1 700 — 1 800	3.00	0.52
1 800 — 1 900	0.53	0.09
1 900 — 2 000	0.20	0.03
2 000 — 2 100	0.08	0.02
2 100 — 2 200	0.08	0.02
2 200 — 2 300	0.01	0.01

las que pudo apreciarse que en su totalidad pertenece a la era cenozoica de la que se distinguen el cenozoico medio volcánico (del oligoceno al plioceno inferior) y el cenozoico

superior clástico y volcánico (del mioceno al reciente), con materiales como basalto, tobas y rocas extrusivas que proceden de diferentes formaciones volcánicas que limitan la región, tales como: el volcán La Tigra, y los cerros El Palmoso, Alto, La Cafecillosa, La Cumbre, Buenavista, El Oro y Coatepec.

Otros materiales importantes correspondientes al plioceno y al reciente están representados por gravas, arenas, arcillas y conglomerados en depósitos aluviales.

Los índices o porcentajes correspondientes a cada uno de los materiales citados en el cubrimiento superficial de la referida cuenca se presentan en el cuadro 10, y su distribución en el mapa M-6.

k) Coeficiente de cubrimiento de bosque. Las áreas boscosas juegan un papel importante en el comportamiento del escurrimiento de toda cuenca hidrográfica, especialmente en lo referente a la erosión del suelo, la infiltración, el transporte de materiales, la regulación de caudales, etc.

El coeficiente de la superficie boscosa de la cuenca del río Huicicila es de 66.5% que equivale a 378.8 km<sup>2</sup> del área total.

Como se puede observar en el mapa M-7, la mayor parte de la vegetación se localiza en las partes altas de la cuenca, donde las fuertes pendientes no permiten que esos terrenos sean abiertos a la agricultura, pero facilitan el incremento de humedad en el subsuelo del área drenada.

CUADRO NÚM 10

Material geológico superficial de la cuenca del río Huicicila

Tipo	Parcial		Total	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
I ROCAS IGNEAS .....			478.83	84.0
a) Basalto .....	217.15	38.1		
b) Toba .....	11.80	2.1		
c) Extrusiva ácida .....	249.88	43.8		
II ROCAS SEDIMENTARIAS .....			12.70	2.2
a) Conglomerado .....	12.70	2.2		
III SUELOS .....			78.55	13.8
a) Aluvial .....	63.80	11.2		
b) Recidual .....	14.75	2.6		
Total	570.08	100.0	570.08	100.0



De cualquier manera, más de la mitad de la cuenca se encuentra aún cubierta por bosque.

## 2. Red de drenaje.

El conocimiento de la red de drenaje tiene importancia para este tipo de estudio, porque sus condiciones no solamente son resultado de los factores hasta ahora tratados, esto es, producto del clima y la fisiografía, sino que, a su vez, participa en forma muy marcada en el régimen hidrológico de una corriente según las características que presenta su cauce.

### a) Descripción.

*Río Huicicila.* Este escurrimiento nace a 1 800 m.s.n.m., a una distancia de 4 km al nornoroeste de la población de San Pedro Lagunillas, Nay. Su nombre en un principio es Arroyo Grande, y desde su origen fluye hacia el norte, hasta el sur de la Mesa de Llano Grande, en donde modifica su rumbo al poniente y, después de pasar próximo al poblado denominado La Esperanza, recibe el nombre de arroyo El Refilión que, con curso noreste-suroeste llega al lugar llamado La Curva; a partir de ese punto escurre hacia el suroeste, y en su trayectoria recibe los aportes del arroyo Chiquito, por su margen derecha, y del arroyo El Tajo por la izquierda; aguas abajo, por esta última orilla descarga en el colector general el más importante de sus tributarios, el arroyo El Asalto. Después de la afluencia del arroyo El Asalto, el nuevo nombre del río principal es el de Arroyo Miravalles, que modifica su curso de desplazamiento hacia el noreste, describiendo en su recorrido una serie de sinusidades al mismo tiempo que descargan en él varios arroyos, entre los más significativos: Los Cuetes, Limoncillos, Guamara, El Limón, El Capulín, La Jabalina y Las Peñas, por su margen derecha, y por la izquierda el arroyo Las Burras. Río abajo de la descarga del arroyo El Limón, el colector general se denomina Huicicila y se orienta de noreste a suroeste, pasando por las poblaciones de Parral y Zacualpan, y a escasa distancia de su desembocadura recibe al arroyo La Tinaja.

La distancia recorrida por el colector principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura en una pequeña albufera, es de 649.4

km; posteriormente este cuerpo de agua se comunica al Océano Pacífico.

*Arroyo El Asalto.* Se origina a una altitud de 1 740.0 m, con el nombre de arroyo El Potrero; inicialmente escurre de norte a sur, hasta la afluencia del arroyo La Turbera, donde cambia su nombre por el de arroyo Compostela; aguas abajo se dirige al oeste, pasando por la ciudad de donde tomó su denominación, y posteriormente modifica su curso de sureste a noroeste y recibe por su margen derecha los aportes de los arroyos El Arrabán y Los Capulines, y por la izquierda la de Los Cafés; posteriormente el Arroyo Compostela recibe el nombre de El Asalto, para, finalmente, terminar en el río principal cuando ha recorrido 76.1 km.

*Arroyo El Limón.* Desciende desde Cerro Alto, a 2 240.0 m.s.n.m.; su nombre inicial es arroyo El Chorrillo, y después El Limón; su recorrido es de 88.3 km y su principal tributario es el arroyo Las Juntas.

*Arroyo La Tinaja.* Empieza a fluir desde el cerro La Cafecillosa que tiene una altitud de 720.0 m; su desplazamiento es de noreste a suroeste, y aguas abajo del rancho Las Juntas el arroyo El Oro descarga sus demasías en él. Posteriormente, al recorrer 31.6 km, desemboca en el río Huicicila.

En el cuadro número 11, se consignan los nombres de los principales escurrimientos que conforman el drenaje de la cuenca del río Huicicila.

Los escurrimientos más frecuentes en la cuenca en estudio son intermitentes. Su longitud total es de 1 783.5 km, misma que representa el 93.466% del drenaje total. Este tipo de corrientes está determinado por las condiciones climáticas, porque dependen exclusivamente de las lluvias que, como se mencionó en el inciso referente, son más frecuentes en la estación de verano y principios del otoño.

Las corrientes perennes representan el 6.534%, con una longitud de 124.7 km, y su escurrimiento, al igual que los demás, también recibe influencia de las precipitaciones, pero el existente en el estiaje proviene de las reservas subterráneas que muchas veces afloran en forma de manantiales que descargan en sus cauces (mapa M-8).

En general, la longitud total de la red de drenaje de la cuenca del río Huicicila es de



CUADRO NÚM. 11

Corrientes principales que conforman el drenaje de la cuenca del río Huicicila

COLECTOR GENERAL: Río Huicicila

<i>Afluentes</i>	<i>O.+</i>	<i>M.a.+</i>	<i>Subafluentes</i>	<i>O.+</i>	<i>M.a.+</i>	<i>Sub-subafluentes</i>	<i>O.+</i>	<i>M.a.+</i>
Majadas .....	4º	.. D						
El Atajo .....	3º	.. D						
Los Cuates .....	4º	.. D						
Limoncillos .....	3º	.. D						
Guamara .....	3º	.. D						
El Limón .....	5º	.. D	Cuanelillos .....	3º	.. D			
			Las Juntas .....	4º	.. D	El Salto .....	3º	.. D
			La Pitaya .....	3º	.. D			
			El Pozo .....	3º	.. D			
El Naranja .....	4º	.. D						
Los Fresnos .....	4º	.. D						
El Capulín .....	4º	.. D						
La Jabalina .....	3º	.. D						
Las Peñas .....	3º	.. D						
La Tinaja .....	5º	.. D	El Oro .....	5º	.. D			
La Víbora .....	5º	.. I						
Chiquito .....	5º	.. I	Realito .....	4º	.. D			
			Agua Hedionda .....	4º	.. D	Batillero .....	3º	.. D
						El Oso .....	3º	.. I
El Asalto .....	5º	.. I	El Arrayán .....	4º	.. D			
			Los Capulines .....	4º	.. D			
			Las Tinajas .....	4º	.. D			
			Tepeguaje .....	3º	.. I			
			La Taberna .....	4º	.. I	Maruchina .....	3º	.. D
						Colorado .....	3º	.. I
Los Cafés .....	2º	.. I						
Las Burras .....	4º	.. I						

NOTA: Todas estas corrientes están consideradas como arroyos.  
 + Margen de afluencia, D = Derecha, I = Izquierda y O = Orden.

1 908.2 km y drena una superficie de 570.08 km.<sup>2</sup>

b) *Configuración del drenaje.* Las modalidades de avenamiento o configuración del drenaje de una cuenca revelan las características del terreno que drenan.

La modalidad de avenamiento que predomina en la cuenca del río Huicicila es la dendrítica o arborescente, en la que los principales factores son la geología y la topografía; las ramificaciones que presenta el escurrimiento se unen a las de mayor jerarquía, formando ángulos agudos de abertura variable.

Por otra parte, debido a que la cuenca se localiza en una región de gran actividad tectónica, las líneas de drenaje se ajustan a las zonas de debilidad del terreno; es decir, los

canales siguen el trazado de algunas de las fallas y fracturas de la superficie (mapa M-8).

En la escasa superficie de la llanura costera, el río principal presenta una serie de serpenteados sobre el material de acarreo, que no son más que meandros de llanura aluvial.

c) *Densidad de drenaje.* La densidad de la red hidrográfica tiene importancia por la relación que presenta con la pendiente del terreno y cantidad de lluvias. Una alta densidad de drenaje significa mejor desalojamiento del agua, acompañado de fuertes corrientes.

Esta característica se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$Dd = \frac{\sum Le}{A}$$



en la que:

- Dd = Densidad de drenaje en km/km<sup>2</sup>.  
 $\Sigma$  Le = Longitud total de los escurrimientos en km.  
 A = Area de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Para la cuenca del río Huicicila se obtuvo 3.347 km/km<sup>2</sup>; como es de esperarse, este dato no es homogéneo para toda la cuenca, sino más bien medio, ya que si se observa el mapa M-1, las corrientes de mayor longitud corresponden al río principal y a determinados tributarios localizados en las partes de menor pendiente del terreno, a diferencia de las zonas más escarpadas, principalmente en la cabecera, en donde los canales son sumamente cortos y con escurrimiento mínimo indicado por su carácter intermitente, en contraste con los primeros que, además de recibir diversas descargas superficiales también son alimentados con los aportes del subsuelo, algunos de ellos en forma de manantiales.

d) *Densidad hidrográfica*. Esta característica que presenta la red fluvial se debe a la naturaleza litológica del área drenada, la pendiente del terreno y la climatología de la zona (principalmente la precipitación). Este aspecto permite conocer la eficiencia del desalojamiento del agua del suelo, aunque para ello debe tenerse en cuenta la distribución de los canales de escurrimiento dentro de la cuenca.

Para determinar la densidad de las corrientes de la cuenca en estudio, se contó cada uno de los escurrimientos intermitentes y perennes, dando un total de 2 797 y se aplicó la fórmula:

$$Dh = \frac{Nc}{A}$$

en la que:

- Dh = Densidad hidrográfica.  
 Nc = Número de corrientes = 2 797.  
 A = Area de la cuenca = 570.08 km<sup>2</sup>.

Al llevar a cabo la relación del número de corrientes y la superficie de la cuenca del río Huicicila, se determinó una densidad hidrográfica de 4.907 corrientes por kilómetro cuadrado.

Al analizar el mapa M-1 puede observarse mayor número de canales en la parte alta de la cuenca debido a que en ella las pendientes son más bruscas, por lo que el índice determinado representa la distribución media.

Con respecto a la jerarquización y determinación del número de canales en la cuenca en cuestión, se utilizó una carta topográfica de escala 1:50 000 y, de acuerdo con ésta, se determinó, para el colector general, el 6o. orden.

En el mapa M-9 puede verse la mencionada ordenación, misma que puede cotejarse con el cuadro 12 en el que se hace un resumen de los resultados obtenidos; también se incluye la longitud global de las corrientes del mismo orden.

Debido a que las pendientes del terreno que drena este río son muy fuertes, los escurrimientos formadores de la red son bastante cortos, sobre todo en la parte media y alta de la cuenca, como consta en el mapa M-2.

f) *Relación de bifurcación*. La relación de bifurcación indica el grado de desarrollo de la red fluvial de una cuenca y se conoce mediante la siguiente fórmula:<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Maderrey, L. E. "Características físicas de la cuenca del río Tizar". *Boletín del Instituto de Geografía*. Vol. III, p. 31. UNAM. México, 1970.

CUADRO NÚM. 12

Características del drenaje para el cálculo de la relación de bifurcación

Orden	Frecuencia	Logaritmo frecuencia	Extensión total en Km.	Extensión media en Km.	Relación de bifurcación
1	2 193	3.341039	1 194.7	0.5447	4.2
2	483	2.683947	385.5	0.7981	5.3
3	92	1.963788	134.5	1.4619	4.4
4	22	1.342423	76.9	3.4954	3.4
5	6	0.778151	57.6	9.6000	6.0
6	1	0.000000	59.0	59.0000	—
	2 797		1 908.2	0.6822	



$$Rb = \frac{Fc}{Fc + 1}$$

en donde:

Rb = Relación de bifurcación.

Fc = Frecuencia de los canales de un orden considerado.

Fc + 1 = Frecuencia de los canales de orden inmediato superior al anterior.

Al aplicar la citada fórmula con base en los datos del cuadro 12, se determinó una relación de bifurcación para la cuenca del río Huicicila, de 4.66, lo cual indica que, de acuerdo con esta relación entre 3 y 5, es un valor alto.

En la gráfica G-4 la relación de bifurcación está representada por el antilogaritmo del número de canales y el orden de los mismos.

g) *Perfil longitudinal.* El perfil longitudinal de una corriente indica el grado de evolución que ha logrado dicho escurrimiento a lo largo de su curso; esto es, el avance alcanzado hacia el nivel de base; su representación gráfica se lleva a cabo teniendo como parámetros la longitud del curso y la altura del terreno (cuadros 13, 14, 15 y 16).

CUADRO NÚM. 13

Cálculo del perfil longitudinal del río Huicicila

Altitud en m.	Longitud en Km.	Longitud acumulada en Km.
1700 — 1800	0.1	0.1
1600 — 1700	0.5	0.6
1500 — 1600	1.5	2.1
1400 — 1500	4.0	6.1
1300 — 1400	6.5	12.6
1200 — 1300	12.2	24.8
1100 — 1200	14.2	39.0
1000 — 1100	17.8	56.8
900 — 1000	24.4	81.2
800 — 900	34.0	115.2
700 — 800	41.0	146.2
600 — 700	46.0	202.2
500 — 600	49.8	252.0
400 — 500	53.2	305.2
300 — 400	56.0	361.2
200 — 300	59.8	421.0
100 — 200	65.6	486.6
0 — 100	163.3	649.9

CUADRO NÚM. 14

Cálculo del perfil longitudinal del arroyo La Tinaja

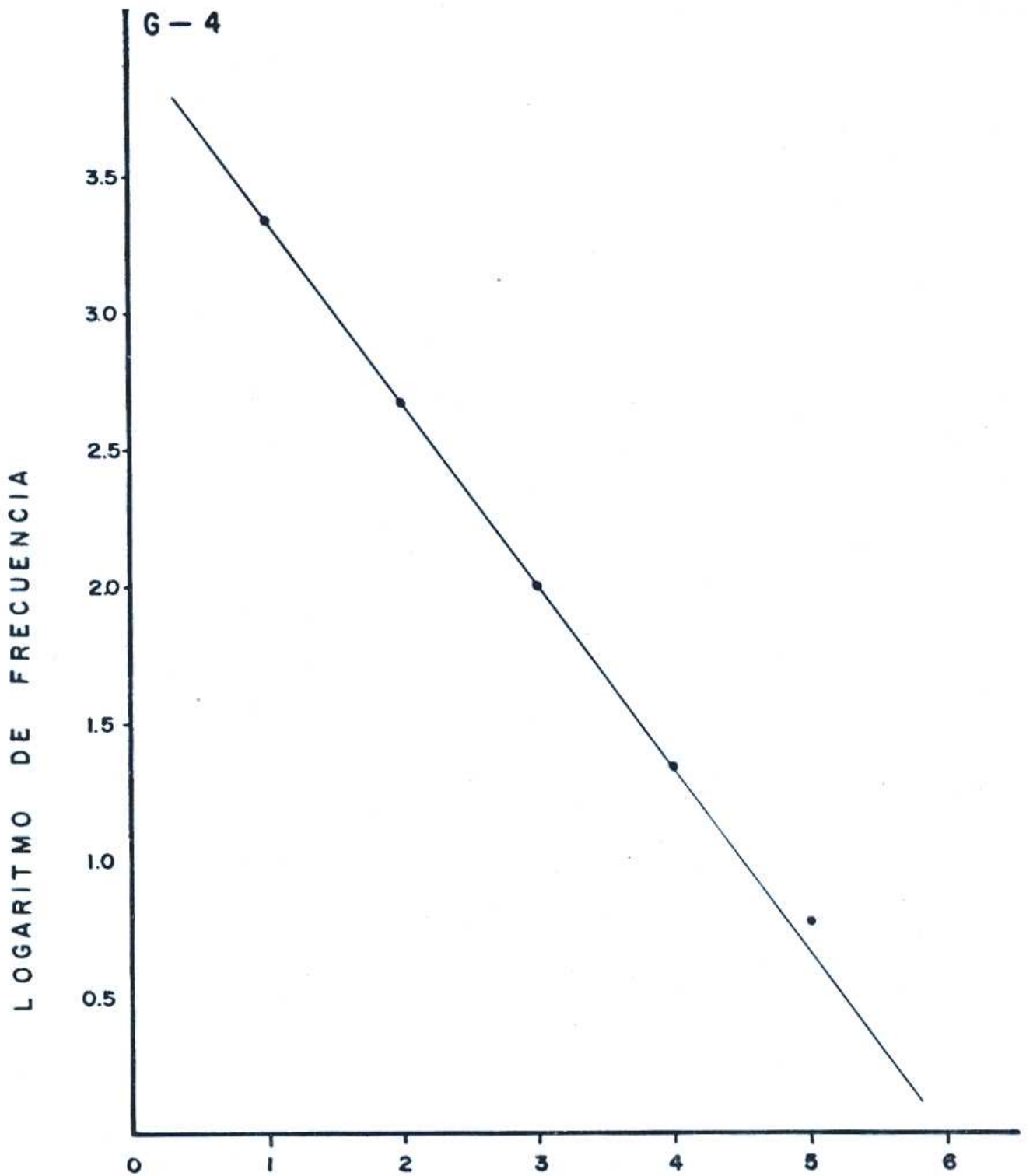
Altitud en m.	Longitud en Km.	Longitud acumulada en Km.
700 — 720	0.1	0.1
600 — 700	0.3	0.4
500 — 600	0.5	0.9
400 — 500	0.3	1.2
300 — 400	1.7	2.9
200 — 300	1.5	4.4
100 — 200	4.7	9.1
0 — 100	22.5	31.6

En las gráficas G-5 y G-6 se presentan los perfiles longitudinales del río Huicicila y sus principales afluentes, a diferentes escalas, y en ellas puede advertirse que las pendientes más fuertes corresponden a las cabeceras o lugares de nacimiento, mientras que en el resto de sus trayectorias se aprecian rupturas de pendiente de menor significación. Estas características dan una idea de la naturaleza tan desigual que

CUADRO NÚM. 15

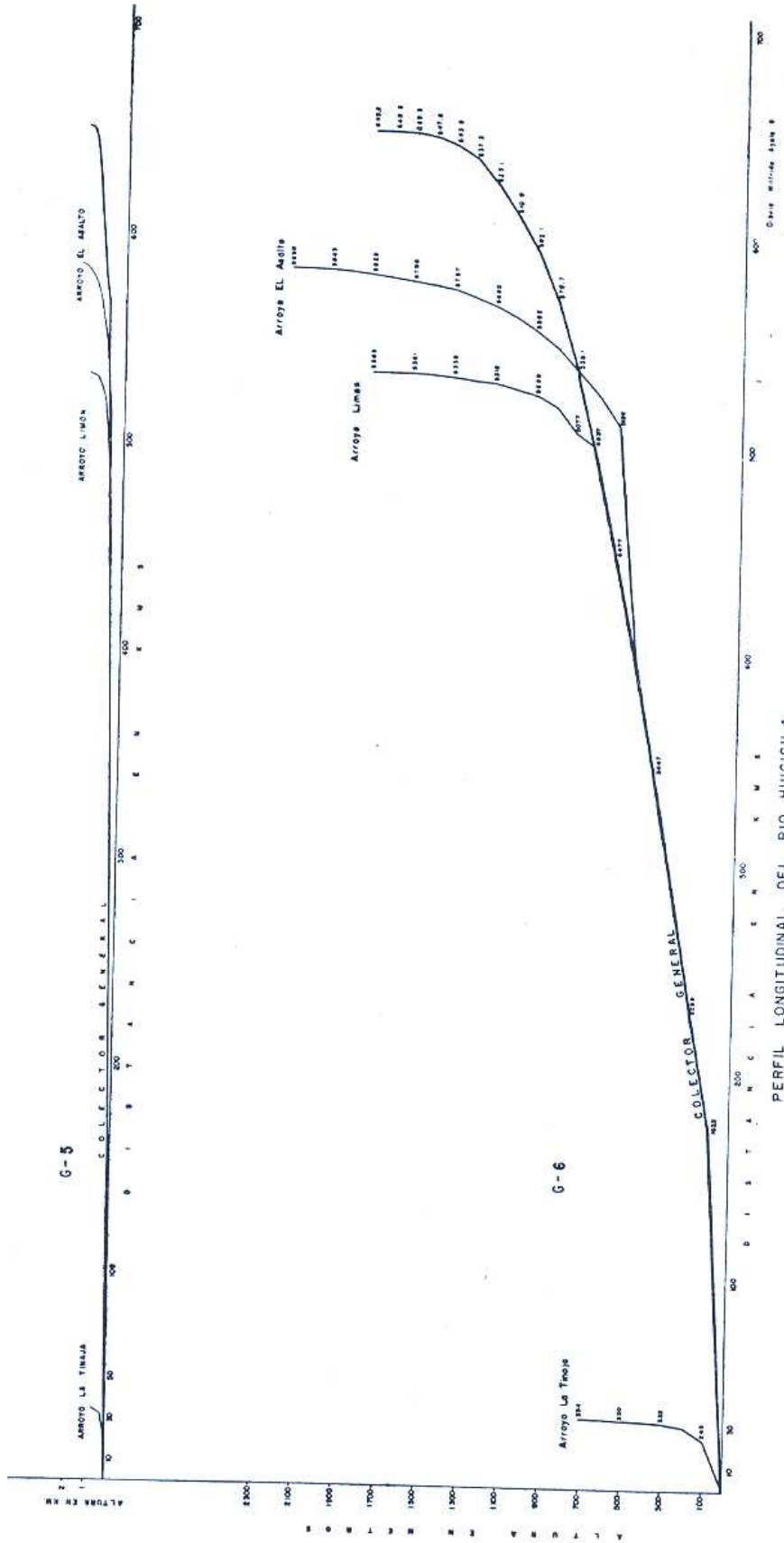
Cálculo del perfil longitudinal del arroyo El Limón

Altitud en m.	Longitud en Km.	Longitud acumulada en Km.
2200 — 2240	0.1	0.1
2100 — 2200	0.2	0.3
2000 — 2100	0.5	0.8
1900 — 2000	0.8	1.6
1800 — 1900	1.0	2.6
1700 — 1800	1.2	3.8
1600 — 1700	1.5	5.3
1500 — 1600	1.9	7.2
1400 — 1500	2.2	9.4
1300 — 1400	3.0	12.4
1200 — 1300	4.1	16.5
1100 — 1200	5.7	22.2
1000 — 1100	6.8	29.0
900 — 1000	8.0	37.0
800 — 900	10.1	47.1
700 — 800	12.4	59.5
600 — 700	13.7	73.2
500 — 600	15.0	88.2
480 — 500	0.1	88.3



RELACION DE BIFURCACION DE LA CUENCA DEL RIO HUICICILA





CUADRO NÚM. 16

Cálculo del perfil longitudinal del arroyo El Salto

Altitud en m.	Longitud en Km.	Longitud acumulada en Km.
1700 — 1740	0.05	0.05
1600 — 1700	0.1	0.15
1500 — 1600	0.4	0.55
1400 — 1500	1.7	2.25
1300 — 1400	2.3	4.55
1200 — 1300	4.1	8.65
1100 — 1200	5.5	14.15
1000 — 1100	7.9	22.05
900 — 1000	11.0	33.05
800 — 900	16.3	49.35
780 — 800	26.8	76.15

presenta el terreno en cuanto a su grado de erosión y aluviamiento, y la capacidad y competencia de las corrientes fluviales.

La evolución alcanzada por estos cauces dista mucho del nivel de base o del equilibrio total, debido a las fuertes pendientes que conforman su perfil longitudinal.

h) *Pendiente media del colector general y sus principales afluentes.* La pendiente media de una corriente (Pmc) se determina por la relación existente entre las diferencia de la altura de su nacimiento y la altura de su desembocadura, o hasta la altura considerada, entre la longitud del cauce; así se tiene que:

$$P_{mc} = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

substituyendo con los datos del río Huicicila:

$$\begin{aligned} H_1 &= 1\ 820\ m. \\ H_2 &= 0\ m. \\ L &= 649.4\ Km. \end{aligned}$$

la pendiente media de la corriente principal es de 2.8m./Km.

La representación de la pendiente referida para esta corriente aparece con la línea AB de la gráfica G-7, en la que se han unido los puntos de mayor altura, pero para hacer más real la pendiente media se hizo el trazo de la línea AC, que divide el perfil longitudinal en dos partes con áreas iguales.

La pendiente media de los principales afluentes del río en estudio se presentan a continuación:

Arroyo El Limón (gráfica G-8).

Parámetros:

$$\begin{aligned} H_1 &= 2\ 240\ m. \\ H_2 &= 500\ m. \\ L &= 88.1\ Km. \end{aligned}$$

Resultado:

$$P_{mc} = 19.75\ m\ Km.$$

Arroyo El Asalto (gráfica G-9).

Parámetros:

$$\begin{aligned} H_1 &= 1\ 740\ m. \\ H_2 &= 720\ m. \\ L &= 76.1\ Km. \end{aligned}$$

Resultado:

$$P_{mc} = 19.40\ m/Km.$$

Arroyo La Tinaja (gráfica G-10):

Parámetros:

$$\begin{aligned} H_1 &= 720\ m. \\ H_2 &= 0\ m. \\ L &= 31.6\ Km. \end{aligned}$$

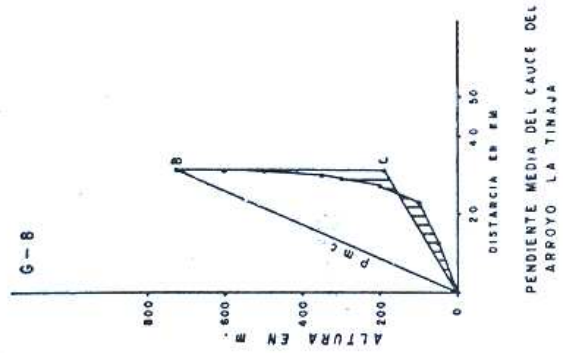
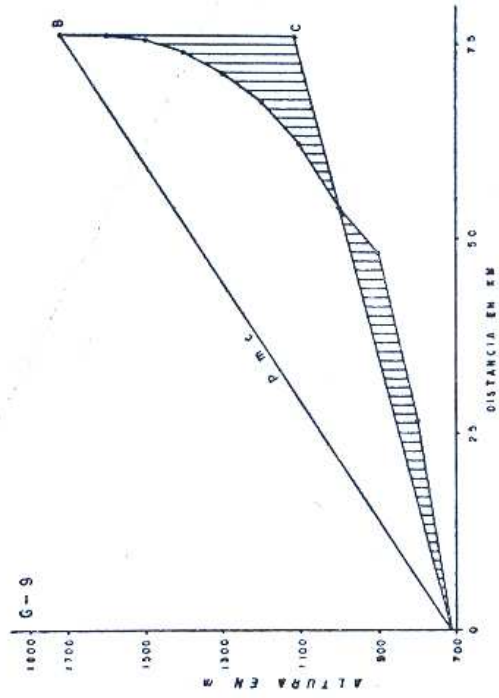
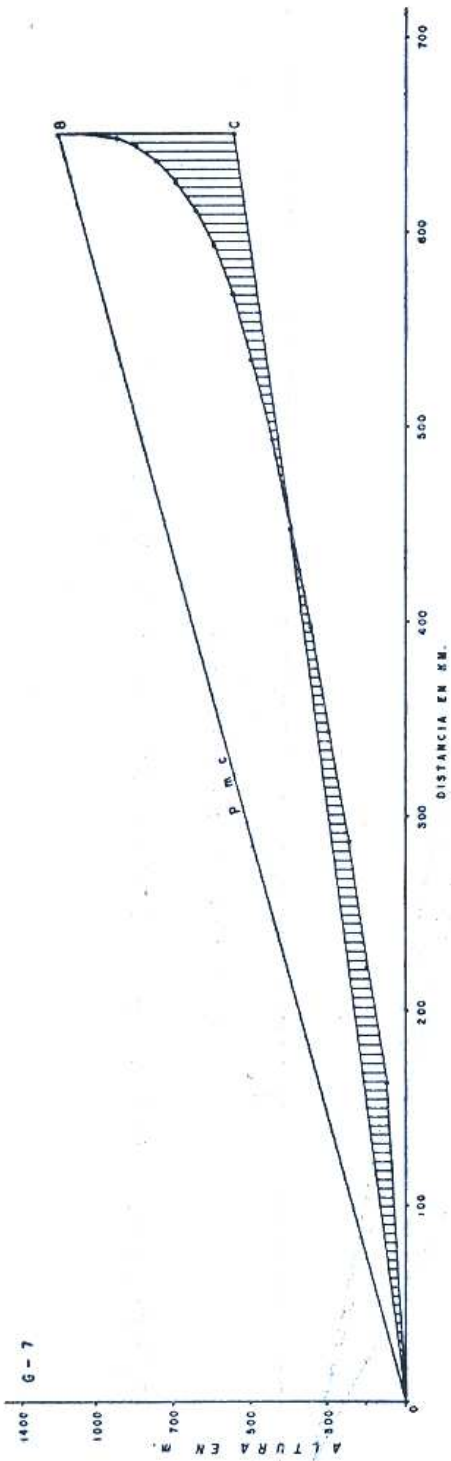
Resultado:

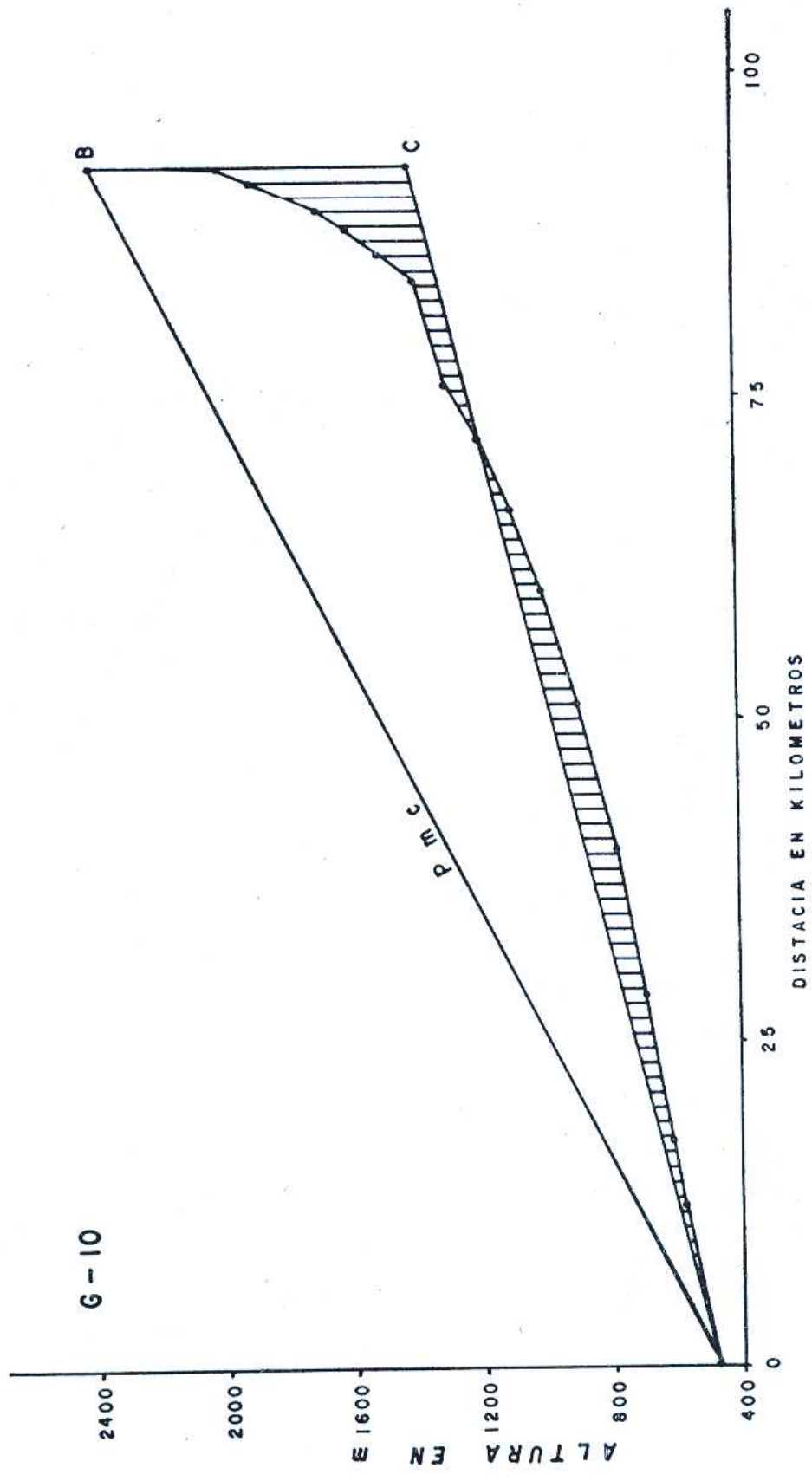
$$P_{mc} = 22.78\ m/Km.$$

Como se observará, las pendientes medias tanto del río principal como de sus tributarios son diferentes; esto no es más que una consecuencia de la topografía del terreno en donde se originan y fluyen, así como de la longitud de sus cauces, lo que indudablemente se manifiesta en los caudales de cada uno de ellos.

El río Huicicila presenta una pendiente suave en relación con sus tres afluentes más significativos, por lo que es de esperarse que en estos últimos los gastos sean mayores; sin embargo, al ser vertidos en el colector general necesariamente tendrán que moderarse debido a lo reducido de su pendiente.







G-10

PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE DEL ARROYO EL LIMON



## V. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Con el objeto de relacionar los factores hasta ahora tratados, con el comportamiento del escurrimiento del río Huicicila, y a fin de comprobar la influencia de los primeros en este último, se han obtenido índices propios de su régimen, como: lámina de agua escurrida, déficit de escurrimiento, caudal específico y coeficiente mensual de caudales; así como en relación con los materiales de acarreo se determinan la carga específica y la degradación específica.

El régimen hidrológico es el resultado de la acción combinada de la serie de factores anteriormente estudiados, y su manifestación más o menos marcada se deja sentir en el comportamiento de sus aguas; sin embargo, algunos factores como los climáticos, especialmente la precipitación, ejercen una acción muy notoria debido a las variaciones que presentan durante todo el año.

El significado que el clima tiene en el régimen hidrológico del río en estudio, se manifiesta, como ya se dijo, en la precipitación que constituye la principal fuente de alimentación, y su variación cuantitativa en el espacio y en el tiempo se refleja en las características de sus caudales.

Al llevarse a cabo la comparación de los datos de la precipitación media mensual y la lámina de escurrimiento media mensual de la cuenca limitada por la estación Paso de Arocha, puede verse que, al iniciarse la estación húmeda en el mes de junio, la lámina de escurrimiento no recibe un incremento notable de acuerdo con las cantidades precipitadas porque primero tienen que ser satisfechas las necesidades del suelo; posteriormente empieza el escurrimiento superficial al cual le tomará tiempo llegar a la estación hidrométrica en la que se cuantifica dicho escurrimiento. A partir de ese momento las variaciones de la lluvia con respecto a la lámina de agua escurrida casi coinciden; es decir, sus fluctuaciones presentan una marcha aproximadamente paralela. En la época de estiaje los volúmenes de escurrimiento decrecen notoriamente, pero el escurrimiento continuo que presentan algunos cauces está condicionado a las reservas del subsuelo que alimentan las corrientes por medio de infiltraciones o manantiales, además de las escasas lluvias que se presentan.

Para algunos otros estudios hidrológicos, como el cálculo de los caudales a partir de la correlación existente entre la precipitación y los escurrimientos, se utiliza la altura de la lámina de agua escurrida; para las áreas de las estaciones hidrométricas en cuestión se aplica la fórmula siguiente:

$$h = \frac{Q}{A}$$

en la cual:

$h$  = Lámina de agua escurrida, en mm.

$Q$  = Volumen de agua escurrida, en  $m^3$ .

$A$  = Área de la cuenca en  $Km^2$ .

Los resultados para las dos áreas correspondientes a las estaciones hidrométricas de El Refilión y Paso de Arocha son de 334.1 y 402.8 mm, respectivamente; esto resulta obvio, ya que la primera superficie se encuentra incluida en la segunda.

Al equiparar los resultados de la precipitación con el escurrimiento de las superficies drenadas citadas (cuadros 17 y 18), puede advertirse que existe un déficit de escurrimiento que se determina con la substracción de la lámina de agua escurrida a la altura de la lámina pluvial del área considerada, esto es:

$$D = p - h$$

esta diferencia resultante es consecuencia de la evaporación directa del suelo, del agua del río y la de las hojas y tallos de las plantas cuando se mojan con la lluvia, y de la evaporación biológica o transpiración de la vegetación al extraer el agua del subsuelo; ambos conceptos se engloban en lo que se llama evapotranspiración. Infortunadamente, los datos de evaporación obtenidos en las estaciones climatológicas son de poca confiabilidad por la falta de continuidad con que se presentan; por ende, se decidió excluirlos de este trabajo.

A pesar de lo anteriormente señalado, para el área avenada correspondiente a la estación hidrométrica Paso de Arocha ese déficit es de 942.0 mm y de la estación El Refilión de 966.6 mm, lo que representa el 70.04%, respectivamente, de la precipitación; de estos dos márgenes, el primero se presenta en una zona de temperaturas más elevadas, además con aprovechamiento de riego dentro de ella y, por tanto, con mayor evaporación o pérdida.



La variabilidad de la temperatura media anual del aire en la cuenca del río Huicicila, como consecuencia de la altitud del terreno, quizá también se presente en el agua de escurrimiento; es decir, en sentido inverso al flujo de sus caudales. Esto se deduce por la dependencia que de la temperatura del aire tiene el agua y, por tanto, sus oscilaciones son válidas para este razonamiento.

En las gráficas G-11 y G-12 puede verse que, lógicamente, son mayores los volúmenes y gastos que se presentan en la estación Paso de Arocha que en la de El Refilión. Esto se explica por la extensión de las áreas drenadas, puesto que Paso de Arocha (472.5 Km<sup>2</sup>) drena un espacio mayor e, incluso recibe los aportes de la superficie correspondiente a El Refilión (184.8 Km<sup>2</sup>) (gráfica G-13).

Otra manera de analizar el escurrimiento es por medio del caudal específico, que se determina por la siguiente fórmula:

$$q = \frac{Q}{A} K$$

en la que:

q = Caudal específico en l/s/Km<sup>2</sup>

Q = Caudal o gasto en m<sup>3</sup>/s.

A = Área de la cuenca o sección considerada en Km<sup>2</sup>.

K = Constante para transformar m<sup>3</sup> a litros (1 000).

La información resultante permite hacer un cotejo entre las estaciones hidrométricas consideradas, para que, desde este punto de vista, se pueda apreciar el comportamiento de sus aguas, ya que de esta manera resulta más sencillo observar sus rendimientos.

Aun cuando resulta paradójico, los mayores caudales específicos corresponden a la estación El Refilión y los menores a la de Paso de Arocha (gráfica G-14), esta marcada diferencia en contraste con las superficies drenadas (mapa M-10) se debe a que el escurrimiento de la primera es prácticamente virgen en relación con la segunda.

Las variaciones que experimentan los caudales medios mensuales en el transcurso de un año —independientemente de los gastos brutos o absolutos—, también se determinan mediante el coeficiente mensual de caudales, que se obtiene por la relación de la media aritmética

de los gastos absolutos entre el módulo interanual o caudal medio anual, esto es:

$$X_n = \frac{Q_n}{M}$$

en la que:

X = Coeficiente mensual de caudales.

Q = Caudales promedios mensuales.

n = Mes considerado.

M = Módulo o promedio anual de los gastos absolutos.

Para comprobar lo arriba expuesto, en las gráficas G-15 y G-16 se presentan los resultados obtenidos (cuadro 17 y 18), con los gastos medios mensuales, y en ellas se puede observar, efectivamente, cierta semejanza en cuanto a su paralelismo que indica, a su vez, las fluctuaciones de los gastos mensuales en el año.

La erosión fluvial es un proceso que, como su nombre lo indica, se debe a la acción de las corrientes sobre las superficies que drenan, de la cual resultan materiales que son transportados por dichos escurrimientos y posteriormente son depositados. Estos materiales constituyen el azolve.

El poder erosivo de una corriente depende de su potencial, en el que están implicados el volumen de agua y el caudal, los que al mismo tiempo se encuentran relacionados con otros factores fisiográficos. Para ilustrar el efecto ocasionado por las corrientes que conforman la red hidrográfica de la cuenca del río Huicicila, en las gráficas G-17 y G-18 se aprecia que, en la medida que se incrementan los volúmenes y los gastos, el poder erosivo se eleva, lo que se deduce del aumento en el volumen de carga o azolves registrados en las estaciones hidrométricas, precisamente en los meses de mayor volumen y caudal. Esto resulta lógico porque las corrientes adquieren capacidad y competencia para este trabajo. El poder erosivo del agua se puede determinar a través de la carga específica, cuya fórmula es la siguiente:

$$C_e = \frac{V_c}{V_a}$$

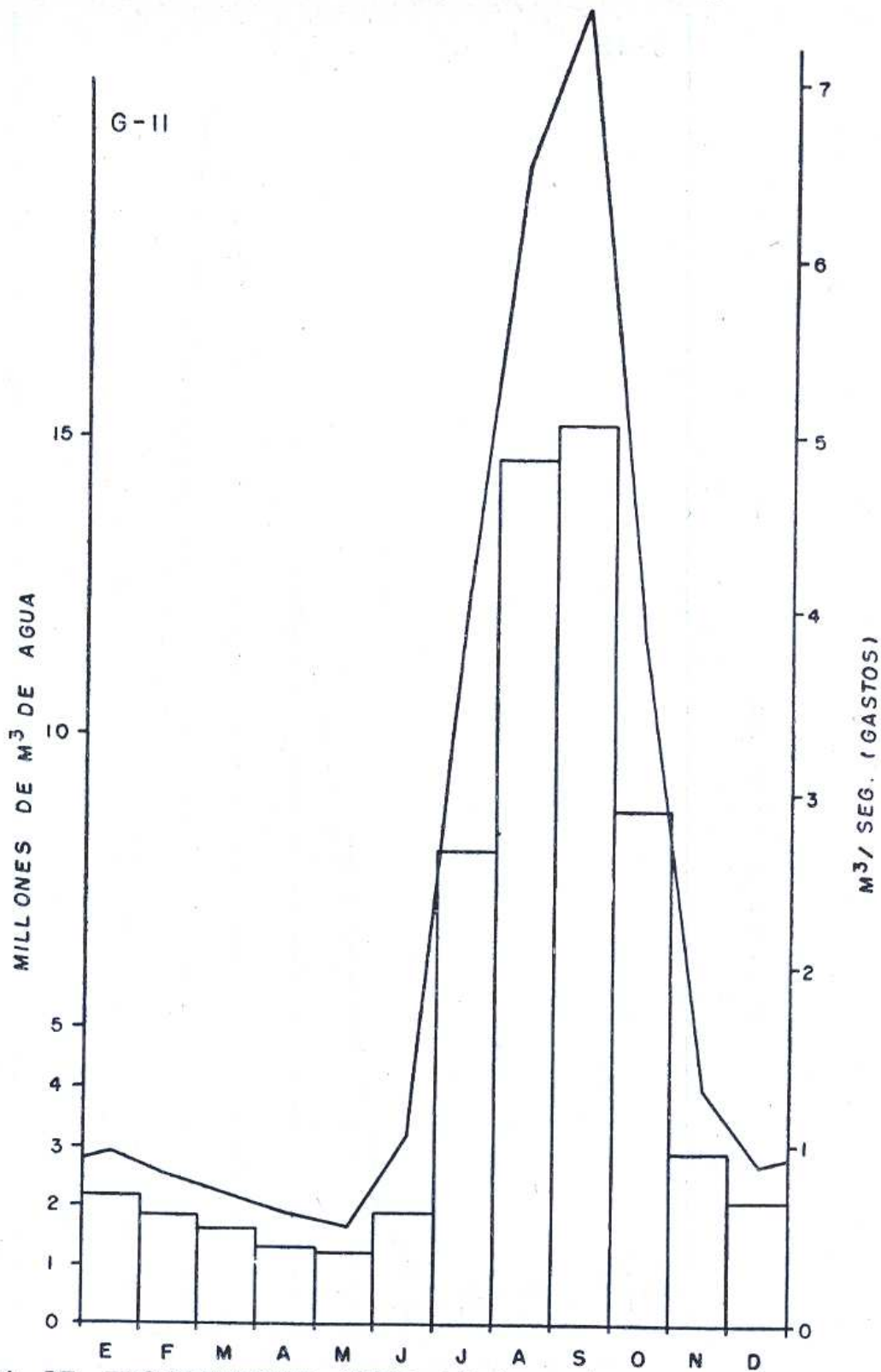
en la que:

C<sub>e</sub> = Carga específica en m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

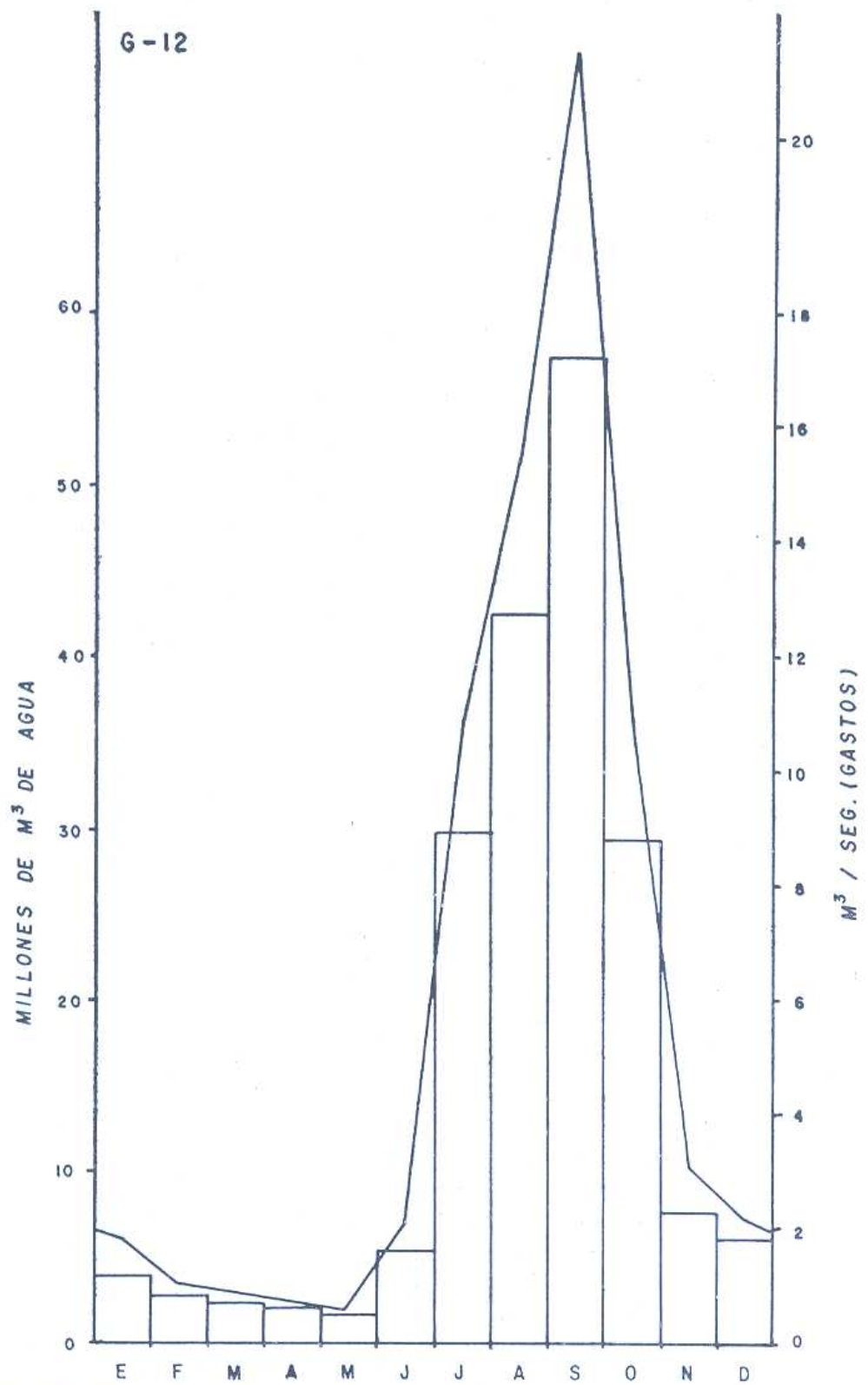
V<sub>c</sub> = Volumen de azolves o carga en m<sup>3</sup>.

V<sub>a</sub> = Volumen de agua en m<sup>3</sup>.



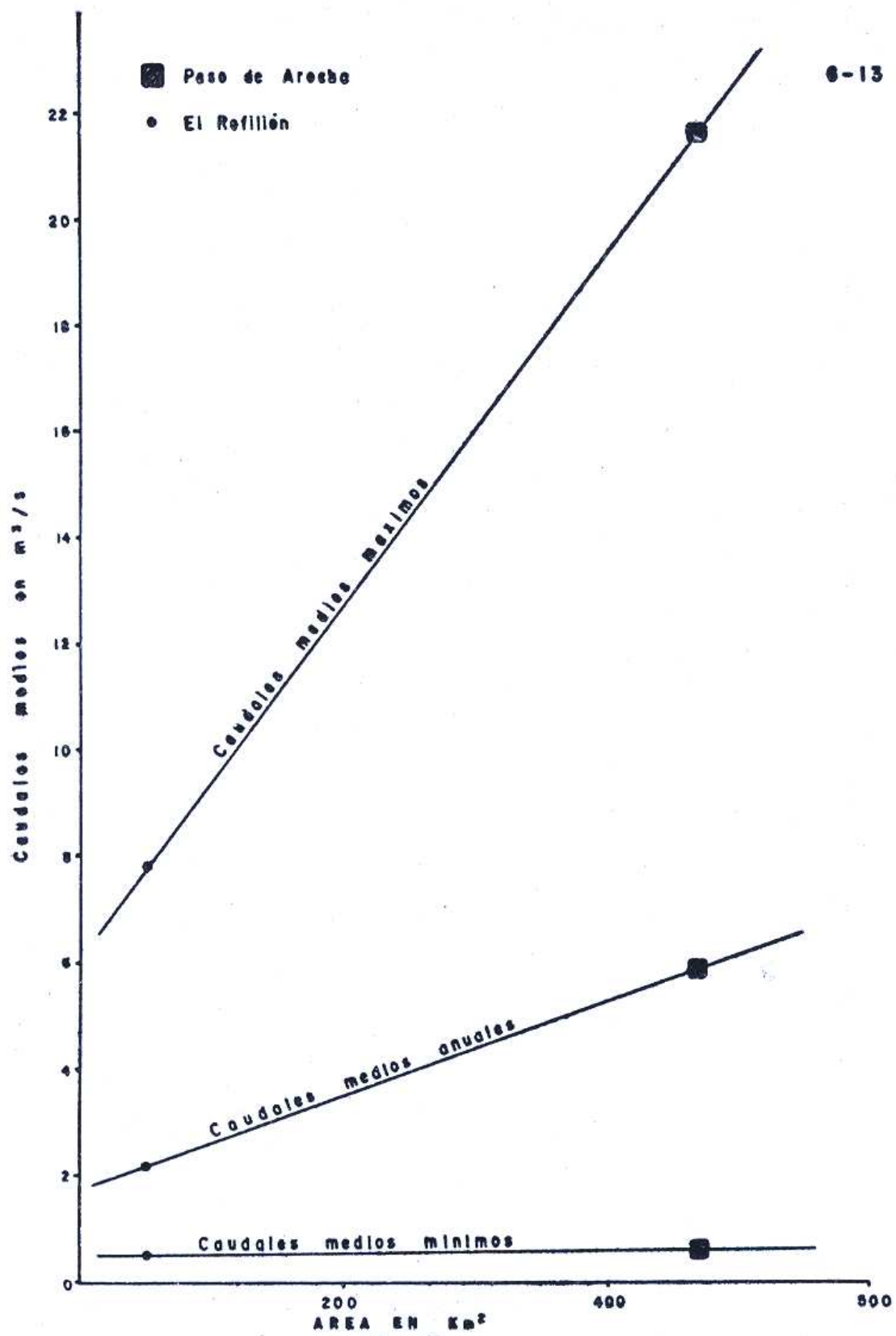


GRAFICA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL, ESTACION HIDROMETRICA EL REFILION

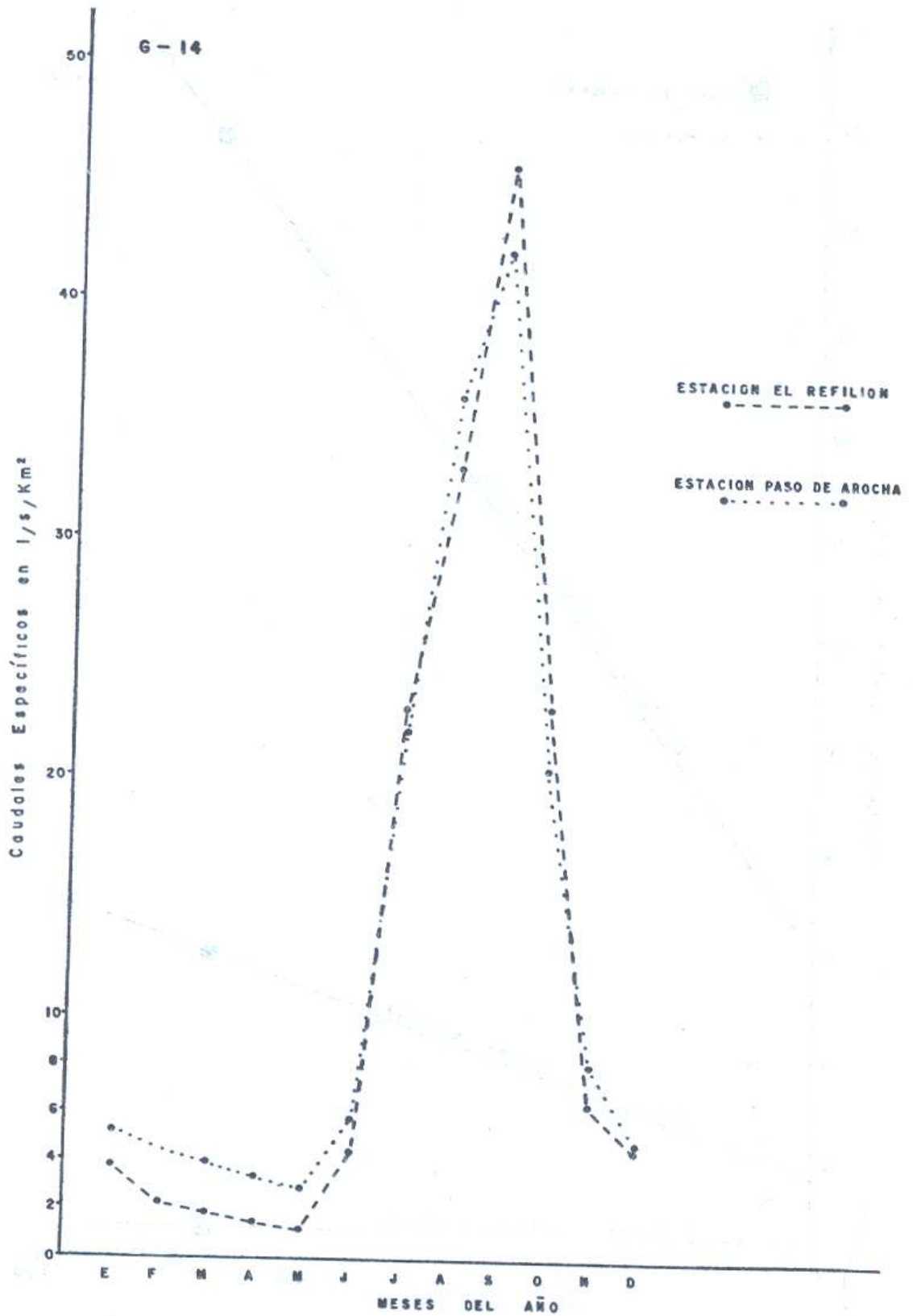


GRAFICA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL, ESTACION HIDROMETRICA PASO DE AROCHA



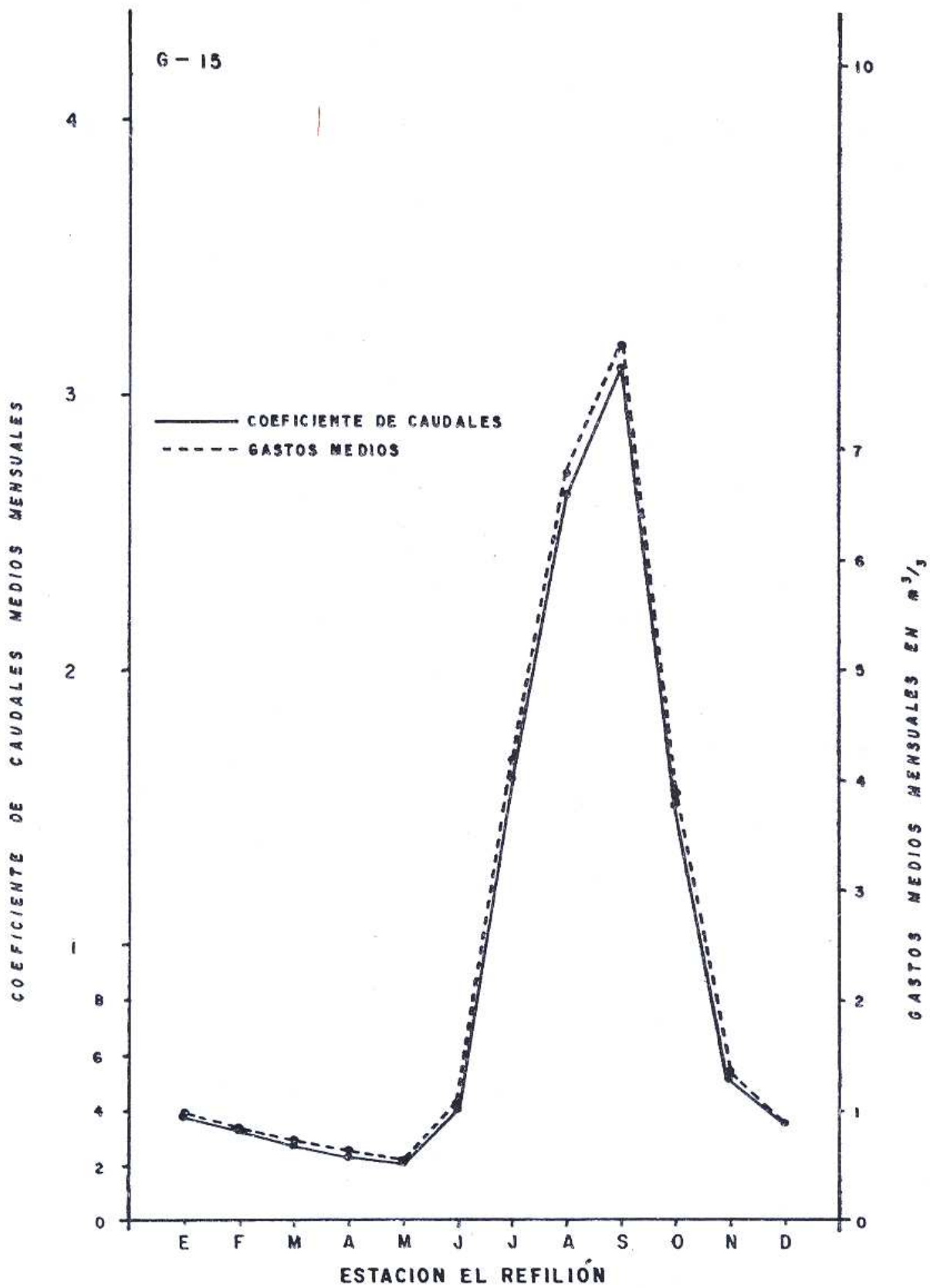


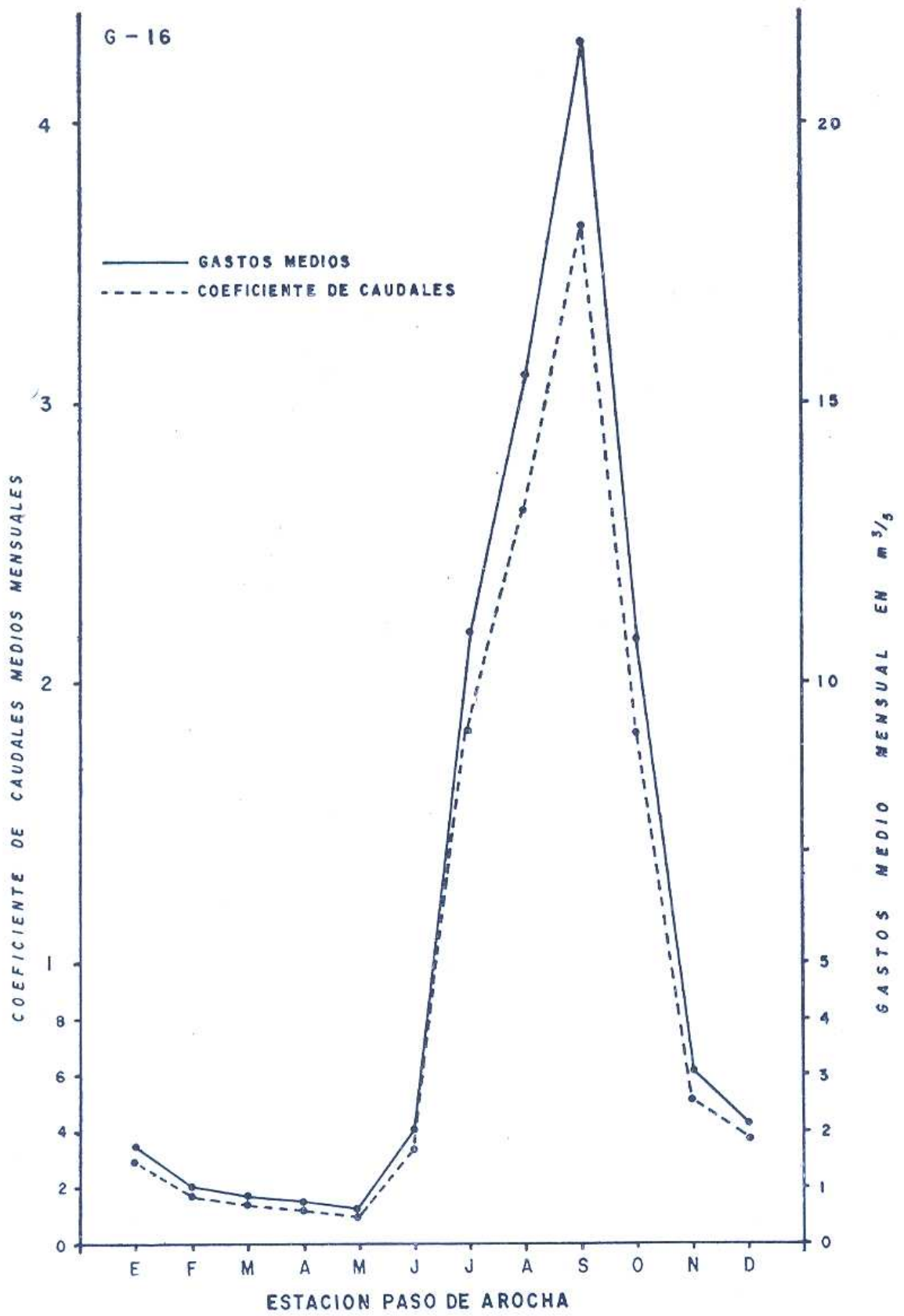
VARIACION DE LOS CAUDALES MEDIOS CON CRECIMIENTO DEL AREA



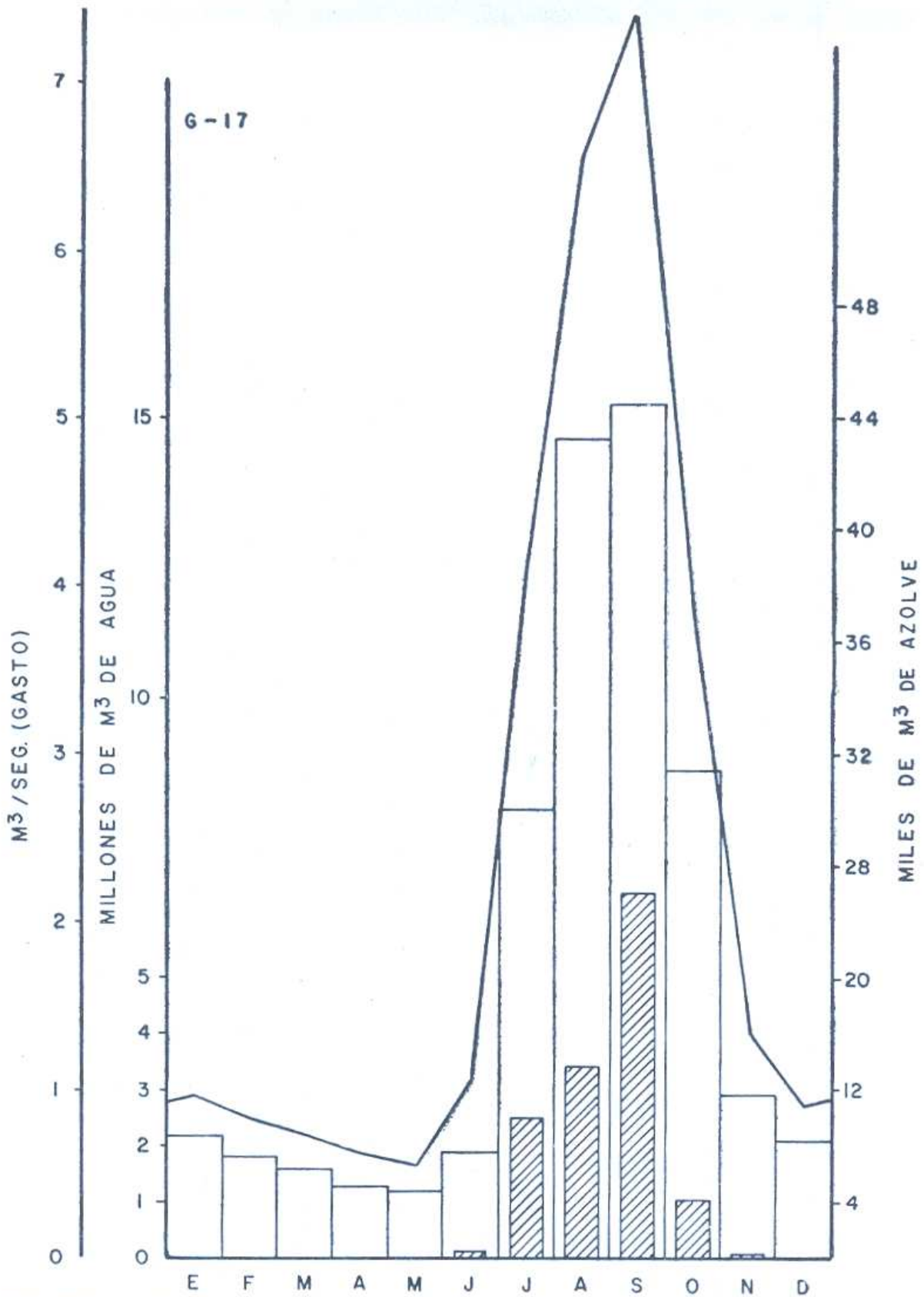
CURVAS DE CAUDALES ESPECIFICOS MEDIOS MENSUALES



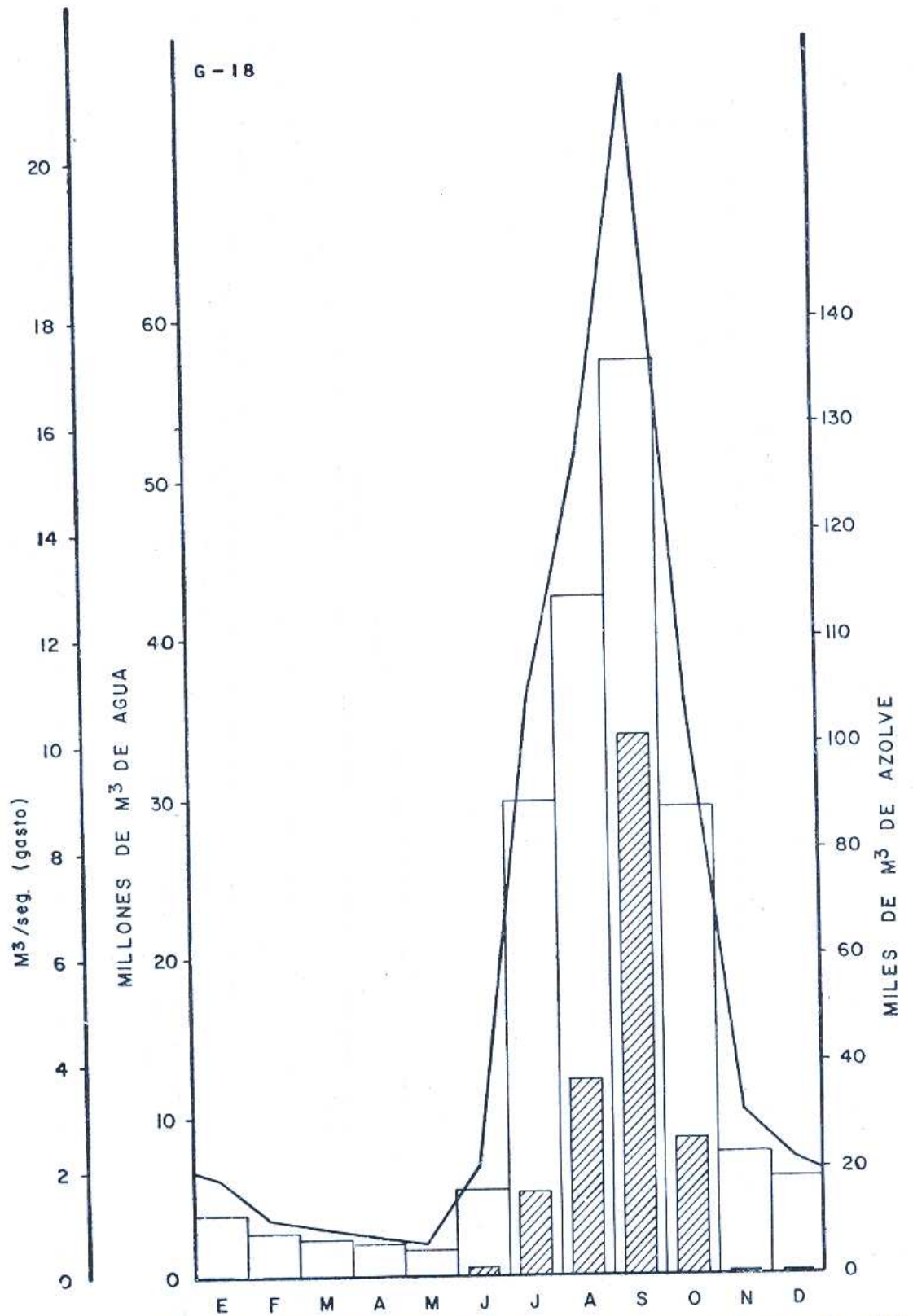








GRAFICA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL, ESTACION HIDROMETRICA EL REFILION



GRAFICA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL, ESTACION HIDROMETRICA PASO DE AROCHA.



Para el área drenada que registra la estación hidrométrica El Refilión, es de 0.0048 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> y para la de Paso de Arocha, de 0.004 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de acuerdo con el volumen medio mensual de agua escurrida, pero si se consideran los volúmenes medios anuales de escurrimiento los resultados se abaten notoriamente ya que en ellos se incluyen aquellos meses en que no se registraron azolves; por ende, son los datos citados los correspondientes a la carga específica media anual. Por otro lado, el registro de mayor carga específica en el área más pequeña se debe a lo pronunciado de su pendiente; además corresponde a una zona de bastante humedad y, por tanto, los escurrimientos adquieren un poder erosivo superior.

El reiterado trabajo de las corrientes provoca un desgaste en la superficie referida, que se denomina degradación específica, que indica con mucha aproximación la cantidad de material resultante correspondiente a cada kilómetro cuadrado del área considerada. Esta cuantificación se lleva a cabo mediante la fórmula siguiente:

$$De = \frac{Vc}{A}$$

en la cual:

- De = Degradación específica en m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>
- A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.
- Vc = Volumen de azolves o carga en m<sup>3</sup>.

Para las áreas en cuestión se obtuvieron 295.89 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup> para la superficie que registra la estación El Refilión y 366.11 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup> para la de Paso de Arocha.

Para dar una explicación a la degradación específica de las áreas drenadas, es necesario observar las características que aquéllas presentan.

El hecho de que presente áreas distintas y, sobre todo, una dentro de la otra, tiene importancia porque a medida que el espacio drenado es mayor, se incrementa la superficie expuesta a la erosión.

Por otra parte, en el área drenada correspondiente a la estación Paso de Arocha existen grandes espacios dedicados a la agricultura, en los que el suelo queda sin protección a la acción erosiva de la escorrentía.

Sin embargo, el trabajo de la degradación no solamente depende de lo hasta aquí tratado, sino, también, está interrelacionado con la co-

herencia de los materiales que constituyen la superficie de la cuenca; esto puede notarse en la evolución alcanzada por los perfiles longitudinales de sus cauces (G-6), especialmente en donde presentan rupturas de pendiente en cuyos puntos seguramente existen materiales más resistentes a la acción del agua.

Es importante hacer hincapié en que la pendiente media general de la cuenca del río Huicicila, de 29.6%, y su coeficiente orográfico acentuado, de 5.7, son propicios para el desarrollo de la erosión fluvial si se alteran las condiciones originales del terreno sin tomar alguna precaución.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

La determinación de los elementos que intervienen en el comportamiento del escurrimiento es de gran relevancia, porque por medio de sus índices o coeficientes y de su análisis gráfico se puede generalizar su efecto dentro del régimen hidrológico, mas este panorama físico del paisaje no proporciona una solución determinante y verídica en un cien por ciento en las zonas carentes de información, sino, más bien, dan una idea, dentro de grandes limitantes, de las condiciones existentes y sus posibles consecuencias.

El régimen hidrológico es el resultado de la acción combinada de la serie de factores anteriormente estudiados, y su manifestación más o menos marcada se deja sentir en el comportamiento de sus aguas.

El río Huicicila drena un área de 570.08 Km<sup>2</sup>, localizada íntegramente en el Estado de Nayarit, cuya magnitud es pequeña si se coteja con la cuenca de los sistemas fluviales más significativos del país.

Desde el punto de vista climático, según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, la superficieavenada por este río recibe en su mayor parte la influencia del clima Aw; es decir, cálido húmedo, con diversos grados de humedad en el verano, excepto en la cabecera, donde es (A)C; esto es, un semicálido correspondiente al más cálido de los templados, con el mismo régimen pluviométrico que el anterior.

La variación de los elementos del clima se lleva a cabo principalmente por la acción combinada de los diversos factores propios de la



zona, tales como el relieve, la proximidad al mar, la periodicidad de los ciclones tropicales del Océano Pacífico, etc.

La temperatura de la cuenca se abate con la altitud del terreno y con las invasiones de aire polar, mientras que en los valles intermontanos las temperaturas son elevadas y con fuertes oscilaciones. El régimen térmico del aire de la superficie en cuestión, además de influir en la evaporación (infortunadamente no tratada, por las causas expresadas), interviene en el comportamiento de la temperatura del agua de escurrimiento, debido a la estrecha relación existente entre ambas; por tanto, puede decirse que la temperatura decrece hacia aguas arriba y con sus respectivas variaciones estivales. La temperatura media de la cuenca es de 23°C.

Las precipitaciones durante el verano son abundantes en casi toda la cuenca, con excepción del extremo sur en el que la naturaleza topográfica impide el paso de los vientos húmedos del mar. La distribución territorial de las lluvias es irregular, ya que éstas disminuyen de la costa hacia río arriba, hasta la parte media de la cuenca, incrementándose nuevamente hasta alcanzar un grado medio en la cabecera.

La precipitación es la fuente principal alimentadora del sistema de drenaje del río Huicicila, y su variabilidad en su distribución territorial y en el tiempo la hace tener mayor dinamismo dentro del conjunto de factores influyentes en su régimen de escurrimiento; de esta manera, en la estación lluviosa del verano, particularmente en los meses de agosto y septiembre se registran los mayores gastos, no así en los de abril y mayo en los que la curva de caudales experimenta los niveles más bajos. La precipitación media de la cuenca se ha calculado en 1 342.64 mm.

Independientemente de los factores puramente climáticos vistos hasta ahora, existen otros propios del terreno y del drenaje que también intervienen en el régimen hidrológico del río en cuestión.

De acuerdo con el índice de compacidad (2.09) y el factor de forma (0.001) del área en estudio, se puede apreciar que se trata de una cuenca alargada, ya que los resultados obtenidos se alejan de la unidad. Estos factores son importantes porque por la forma alar-

gada de la cuenca, las posibilidades de que se produzcan avenidas son escasas.

Por otra parte, los índices en que se manifiestan las condiciones topográficas de la cuenca, esto es, la pendiente media (0.296 o 29.6%), la elevación media (884.2 m) y el coeficiente de masividad (0.155 dm/km<sup>2</sup>), así como el análisis de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencias altimétricas, son indicadores de que la superficie referida presenta un relieve medio y, por tanto, no es un factor determinante para que se produzcan escurrimientos masivos. Sin embargo, el coeficiente orográfico (5.7) es bastante acentuado; en este caso, como quedó establecido en el inciso correspondiente, al parámetro se da en función de la erosión, aspecto por el que es necesario no descuidar las zonas agrícolas y forestales, ya que si bien este fenómeno aún no se ha presentado, lo acentuado del coeficiente indica la propensión a efectos erosivos; por esto es indispensable aplicar y mantener efectivas técnicas de conservación del suelo en las áreas erosionadas.

En relación con el escurrimiento como agente erosivo, se ha visto que tiene capacidad y competencia para degradar y transportar materiales, como lo demuestran los resultados obtenidos en la estación Paso de Arocha, en la que la carga específica de la corriente alcanza 0.004 m<sup>3</sup> de azolves por cada metro cúbico de agua escurrida en promedio anual, y los acarreo presentan una marcha paralela a los volúmenes y gastos del río; es decir, oscilan con éstos. Por otra parte, si se relacionan los volúmenes medios anuales de azolves (171 428 m<sup>3</sup>) registrados en la reiterada estación, y su área correspondiente (472.5 Km<sup>2</sup>), puede apreciarse que existe una degradación del terreno a razón de 366.11 m<sup>3</sup> de materiales por cada kilómetro cuadrado de superficie drenada; a esto también se le denomina degradación específica.

La geología superficial de la cuenca del río Huicicila está constituida en un 84% por rocas volcánicas fracturadas, lo cual es muy significativo si se tiene presente el alto índice de infiltración que estos materiales tienen, lo que redundará en mayor incremento en las recargas del subsuelo, cuya agua, posteriormente, aflorará principalmente en forma de manantiales que alimentan el cauce del río durante el estiaje.



Por otro lado, la alta infiltración impide los escurrimientos voluminosos porque gran parte del agua que en un momento pudiera escurrir superficialmente, es retenida o escurre subterránea y subsuperficial o también se evapora o evapotranspira, o ambas cosas.

Otro de los aspectos en que influye la geología es la modalidad de avenamiento que da a los escurrimientos; es decir, la manera como se presentan los canales que conforman el sistema sobre la superficie drenada; en este caso los materiales geológicos de la cuenca han contribuido a una modalidad dendrítica o arborescente en la que también se puede apreciar el curso que toman algunos escurrimientos sobre las líneas de fracturas.

Con relación al coeficiente de cubrimiento de bosque (66.5%) de la cuenca, éste contribuye a la infiltración, o sea a la recarga de los mantos freáticos de los que se han de alimentar en parte los escurrimientos superficiales de la red; este factor también es importante porque la vegetación impide los escurrimientos masivos y con grandes volúmenes de azolves; esto es, amortigua los flujos repentinos y detiene las partículas del suelo, sobre todo en las zonas de fuertes pendientes, además de que coadyuva a la evaporación directa y fisiológica lo que ocasiona, aproximadamente, un 70% de déficit de escurrimiento.

La acción conjunta de la distribución territorial de las lluvias y la intensidad de éstas, así como la pendiente del terreno y los materiales geológicos del área drenada, hacen que el avenamiento se lleve a cabo por 2 797 canales, con una longitud total de 1 908.2 Km, o sea una densidad de 4.9 corrientes/Km<sup>2</sup>, esto es, 3.347 Km/Km<sup>2</sup> que, aunado a un alto desarrollo de la red o coeficiente de bifurcación (4.66), facilitan el desalojamiento oportuno de sus aguas.

En relación con algunas características del colector general (río Huicicila) y sus tributarios más significativos (arroyos El Limón, El Asalto y La Tinaja), puede decirse que son poco evolucionados, ya que en sus perfiles longitudinales sus cauces presentan rupturas de pendientes, las cuales son indicadoras de que dichos escurrimientos no han podido vencer la resistencia de los materiales presentes en sus lechos; por otra parte, sus pendientes medias calculadas son considerables.

Como se ve, la aplicación de una metodología como ésta, en la determinación de los factores analizados, ha aportado elementos que contribuyen al mayor conocimiento del río, lo que también sirve de base o complemento a estudios destinados al mejor aprovechamiento de los escurrimientos en sus diferentes aspectos, o, en su caso, si así se requiere, para ejercer mayor control de las aguas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow, V. T. (editor in Chief), *Handbook of Applied Hidrology A Compendium of Water Resources Technology*. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1964.
- Davis, S. N y Wiest R., *Hidrogeología*. Ed. Ariel, S. A. Barcelona, 1971.
- Fournier, F., "Débit des Cours d'Eau, Essai d'estimation de la Perte en Terre subie par l'ensemble du Globe Terrestre". *Bull Assoc. Int. Hidr. Scientifique*, Vol. 53, 1960.
- García, E., "Distribución de la precipitación en la República Mexicana". *Boletín del Instituto de Geografía*. Vol. V. México, 1974.
- García, E., *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México, 1964.
- Klohn, Wulf, "Magnitudes fisiográficas e índices morfométricos relacionados con la Hidrología", *Rev. S.C.M.H.* Bogotá, 1970.
- Maderey R., L. E., *Balance hidrológico de la cuenca del río Tizar, durante el periodo 1967-1968*. Tesis profesional. México, 1971.
- Maderey R., L. E., "Obtención de los elementos físicos que influyen en el régimen hidrológico de la cuenca del río Pabellón, Afluente del río Aguascalientes". *Rev. Recursos Hidráulicos*. México, 1973.
- Remeniera, G., *Tratado de hidrología aplicada*. Ed. Técnicos Asociados, S. A., Barcelona, 1971.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, *Boletín Hidrológico Número 41*, México.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, "Elementos de Escurrimiento Superficial". *Memorándum Técnico Núm. 330*, México, 1974.
- Stanescu Silviu, "Determinación práctica de las características morfométricas y fisiográficas de las cuencas hidrográficas y su aplicación a los cálculos hidrológicos", *Rev. S.C.M.H.* Bogotá, 1970.
- Viers G., *Geomorfología*. Ed. Oikos-Tau, S. A., Barcelona, 1974.
- Wisler, C. O. y Brater, E. F., *Hydrology*. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1959.

## MATERIAL CARTOGRAFICO

Comité de la Carta Geológica de México, *Carta Geológica de la República Mexicana*, Esc. 1:2 000 000. México, 1960.

Secretaría de la Presidencia. CETENAL. Instituto de Geografía-UNAM, *Carta de Climas* Hoja 13Q-(III) San Blas. México, 1970.

Secretaría de la Presidencia. CETENAL. *Carta Topográfica*. México, 1971.

<i>Clave de hoja</i>	<i>Nombre</i>
F-13-D-31	Jalisco
F-13-D-39	Jalcocotlán
F-13-D-14	Compostela
F-13-D-49	Las Varas

Secretaría de la Presidencia. CETENAL. *Carta Geológica*. México (1971).

<i>Clave de hoja</i>	<i>Nombre</i>
F-13-D-31	Jalisco
F-13-D-39	Jalcocotlán
F-13-D-41	Compostela
F-13-D-49	Las Varas

## FUENTES DE INFORMACION

Secretaría de Agricultura y Ganadería. Servicio Meteorológico Nacional.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Hidrología y Meteorología.