

01059
29-5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras
División de Estudios de Posgrado
Colegio de Geografía

MORFOMETRIA ZONIFICADA INTERNA Y SU
RELACION CON EL MEDIO FISICO. CUENCA
DEL RIO EL PITAHAYO - ARROYO GRANDE,
ESTADO DE JALISCO.

T E S I S

Que presenta

JORGE LOPEZ BLANCO

para obtener el grado de :

MAESTRO EN GEOGRAFIA

(Eval. Rec. Nat)

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
NIVELES SUPERIORES

México, D. F.

1987

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	página
PREFACIO.....	1
INTRODUCCION.....	4
CAPITULO I. Localización y caracterización de la cuenca hidrográfica de estudio.....	14
I.1.Características climatológicas.....	23
I.2.Características fisiográfico-geológicas.....	32
I.3.Clasificación primaria de tipos de relieve.....	37
I.4.Características cualitativas de la red fluvial..	48
I.5.Breve explicación de la información contenida en la carta hipsométrica.....	51
I.6.Breve explicación de la información contenida en la carta edafológica.....	53
I.7.Uso del suelo y vegetación.....	57
CAPITULO II. Morfometría general.....	60
II.1.Aspectos lineales de un sistema de erosión fluvial.....	63
II.1.1.Número de segmentos de la red de cauces y sus jerarquías.....	64
II.1.2.Longitudes de los cauces.....	69
II.1.3.Longitud del flujo de superficie (Lg).....	73
II.2.Aspectos areales de un sistema de erosión fluvial.....	74
II.2.1.Distribución de frecuencias de las áreas de subcuencas.....	74
II.2.2.Ley de áreas de subcuencas.....	81
II.2.3.Relaciones de áreas con respecto a las longitudes.....	85
II.2.4.La forma del contorno de la cuenca.....	87
II.2.5.Densidad de drenaje.....	92

II.2.6.	Constante de mantenimiento de cauce (Gmc).	96
II.2.7.	Frecuencia de cauces (Fc).....	98
II.3.	Propiedades altimétricas de un sistema de erosión fluvial.....	99
II.3.1.	Mediciones del relieve general.....	100
II.3.2.	Medición del relieve local.....	104
II.3.3.	Relaciones áreas-altitudes de la cuenca..	104
II.3.4.	Relaciones longitudes-altitudes de la cuen ca.....	112
II.3.5.	Relación longitud-área-altura, de la cuen ca.....	130
CAPITULO III. Morfometría zonificada interna (MZI)...		132
III.1.	Procedimientos de medición y organización de la información geométrica particularizada.....	134
III.2.	Análisis estadístico de la distribución interna de la red hidrográfica de la cuenca.....	142
III.3.	Análisis estadístico de las propiedades geométri cas individuales de los cauces y subcuencas..	159
III.4.	Procesamiento de los valores que definen la tra yectoria lineal de los cauces.....	159
III.5.	Definición de la morfometría zonificada inter na.....	169
CAPITULO IV. Interpretación de la relación de la MZI y el medio físico de la cuenca.....		194
IV.1.	Relaciones MZI/medio físico, de las subcuencas de primer orden.....	195
IV.2.	Análisis de la MZI de las subcuencas de 2º or den.....	204
IV.3.	Análisis de la MZI de las subcuencas de tercer orden.....	208

IV.4. Análisis de la MZI de las subcuencas de 4 ^o , 5 ^o y 6 ^o orden.....	209
CONCLUSIONES.....	211
SUMENARIOS.....	216
BIBLIOGRAFIA.....	220

INDICE DE MAPAS

Número	contenido	página
1.	Troquis de localización de la cuenca de estudio.....	15
2.	Carta planimétrica.....	16
3.	Carta hipsométrica.....	19
4.	Mapa de la región hidrológica número 16.....	21
5.	Carta de climas.....	29
6.	Carta geológica.....	34
7.	Carta geomorfogenética.....	42
8.	Carta hidrográfica.....	49
9.	Carta edafológica.....	54
10.	Carta de uso del suelo y vegetación.....	58
11.	Carta de subcuencas de primer orden.....	75
12.	Carta de subcuencas de segundo orden.....	76
13.	Carta de subcuencas de tercer orden.....	77
14.	Carta de subcuencas de cuarto orden.....	78
15.	Carta de subcuencas de quinto orden.....	79
16.	Carta de subcuencas de sexto orden.....	80
17.	Carta de pendiente media de la cuenca (criterio Alvorá)	115
18.	Carta de pendientes (criterio geomorfológico).....	121
19.	Carta de MZI de longitudes de cauces de 1 ^o orden.....	170
20.	Carta de MZI de áreas de subcuencas de 1 ^o orden.....	171
21.	Carta de MZI de densidades de drenaje parcial de subcuencas de 1 ^o orden.....	172
22.	Carta de MZI de pendientes de cauces de 1 ^o orden.....	173
23.	Carta de MZI de subcuencas de 2 ^o orden (diferencias de índices de comparación, agrupadas).....	190
24.	Carta de MZI de subcuencas de 3 ^o orden (diferencias de índices de comparación, agrupadas).....	191
25.	Carta de MZI de subcuencas de 4 ^o , 5 ^o y 6 ^o orden (diferencias de índices de comparación, agrupadas).....	192

INDICE DE GRAFICAS

Número	contenido	página
1.	Gráficas combinadas de precipitación y temperatura de las estaciones climatológicas cercanas a la cuenca de estudio	25
2.	Regresión del número de cauces con respecto a sus jerarquías.....	68
3.	Regresión de la longitud media de cauces (normal y acumulativa) con respecto a sus jerarquías.....	71
4.	Histogramas de frecuencias de áreas de subcuencas por jerarquía.....	82
5.	Regresión de las áreas medias de subcuencas con respecto a sus jerarquías.....	84
6.	Regresión de la relación área-longitud, ley del crecimiento alométrico.....	88
7.	Gráfica de la curva lemniscata, para la descripción de la forma del contorno de la cuenca.....	94
8.	Regresión de la densidad de drenaje con respecto a sus jerarquías.....	97
9.	Curva hipsométrica.....	107
10.	Curva hipsométrica (Criterio de Strahler).....	109
11.	Histograma de frecuencias altimétricas de la cuenca.....	111
12.	Histograma de frecuencia de pendientes (criterio de Alford).....	111
13.	Regresión de las pendientes medias de cauces con respecto a sus jerarquías.....	125
14.	Perfil longitudinal general promedio de los cauces por jerarquía.....	127
15.	Perfiles transversales.....	129
16.	Frecuencia de cauces de primer orden por Km ² de cuadrícula de la red de coordenadas UTM.....	150

17. Frecuencia de cauces de segundo orden por Km ² de cuadrícula de la red de coordenadas UTM.....	152
18. Frecuencia de cauces de tercer orden por Km ² de cuadrícula de la red de coordenadas UTM.....	154
19. Histogramas de frecuencias de longitudes de cauces por jerarquía.....	160
20. Histogramas de frecuencias de densidades de drenaje parciales por jerarquía.....	161
21. Histogramas de frecuencias de pendientes de cauces por jerarquía.....	162
22. Histogramas de frecuencias de longitudes medias de cuerdas de cauces por jerarquía.....	163
23. Regresión del número de cuerdas de cauces con respecto a sus jerarquías.....	168

INDICE DE CUADROS

Número	contenido	página
1.	Características generales de las estaciones climatológicas usadas para el cálculo del clima de la cuenca.....	24
2.	Determinación del tipo de clima para cada estación.....	27
3.	Glasificación morfogenética de tipos de relieve.....	40
4.	Características de la morfometría generalizada de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, Edo. de Jalisco...	66
5.	Valores de coordenadas calculados para la graficación de la curva lemniscata.....	93
6.	Cálculo de la altitud media de la cuenca.....	103
7.	Datos para la elaboración de la curva hipsométrica e histograma de frecuencias altimétricas de la cuenca.....	106
8.	Cálculo de la pendiente media del relieve de la cuenca, criterio de Alvord (por franjas).....	116
9.	Datos para la obtención del histograma de frecuencias de pendientes medias del relieve de la cuenca (Alvord).....	118
10.	Ejemplo de listado de los datos de la geometría individual de los cauces y subcuencas.....	141
11.	Datos del cálculo del análisis Chi-Cuadrada para los cauces de primer orden.....	148
12.	Datos para el cálculo del análisis Chi-Cuadrada para los cauces de segundo orden.....	151
13.	Datos para el cálculo del análisis Chi-Cuadrada para los cauces de tercer orden.....	153
14.	Comparación de variables morfométricas con respecto a los valores promedio para toda la cuenca, subcuencas de segundo orden.....	175
15.	Comparación de variables morfométricas con respecto a los valores promedio para toda la cuenca, subcuencas de tercer	

orden.....	184
16.Comparación de variables morfométricas con respecto a los valores promedio para toda la cuenca, subcuencas de cuarto orden.....	186
17.Comparación de variables morfométricas con respecto a los valores promedio para toda la cuenca, subcuencas de quinto y sexto orden.....	187
18.Número de cauces por jerarquía que poseen determinado número de cuerdas.....	165

PREFACIO

Existe en la actualidad una preocupación constante por definir objetivamente las condiciones futuras que se encontrarán para la satisfacción de necesidades de recursos naturales que permitan sostener y enriquecer la vida de las poblaciones humanas que crecen aceleradamente y que buscan también crecer económicamente.

De entre los recursos naturales necesarios, los hidráulicos, sin duda alguna, ocupan uno de los lugares más destacados por su importancia para la vida de los seres humanos, forman parte fundamental de la existencia biológica, social y económica de las culturas y de los pueblos, además se les considera como reguladores y conformadores primordiales del medio ambiente.

En las últimas décadas ha habido una creciente cooperación internacional para estudiar y establecer estrategias de aprovechamiento racional e integral de los recursos hidráulicos. Uno de los frutos parciales que resultó de las reuniones de científicos con motivo de formalizar esa cooperación, fue el de proponer un desarrollo integrado de las cuencas hidrográficas, considerándolas como elementos de riqueza nacional, que permiten mejorar sustancialmente el nivel de vida de los pueblos (Organización de las Naciones Unidas, 1972).

Tal proposición trata de evitar el considerar a las cuencas fluviales como elementos "útiles" con fines exclusivos de ser utilizadas en los proyectos de obras de generación hidroeléctrica, riego, navegación, abastecimiento doméstico, etc. con argumentos de economía relativos a costo-beneficio. En cambio sí aconseja aprovechar las cuencas tomando en cuenta el beneficio social comunitario, el impacto ecológico, los intere-

ses multilaterales, la ubicación de la población rural y urbana, industrias y campos de cultivo, la prevención del agotamiento del recurso buscando su reproducción ampliada, etc. (Ivovich, 1975).

A pesar que los ríos del mundo sólo contienen 1200 Km^3 de agua (op.cit. p.18), que corresponde al 0.0001 por ciento del volumen total de la hidrosfera, ellos son los elementos del ciclo hidrológico que más a fondo se han estudiado.

Históricamente el hombre siempre ha estado ligado a las márgenes de los escurrimientos, se ha alimentado de ellos, bebido sus aguas, tomado su fuerza, fertilizado sus tierras y los ha usado también como medio de transporte.

Esta dependencia del hombre con respecto a la distribución geográfica aleatoria de los ríos y al régimen de sus caudales ha estimulado intentos por entender la mecánica de creación de los cauces, el camino seguido por el agua que corre en ellos, la modificación del relieve terrestre debido a la energía contenida por el líquido, las particularidades geométricas de aquéllos y de sus cuencas de captación.

En el trabajo que se presenta a continuación se trata de explicar los resultados encontrados al analizar cuantitativamente, la expresión espacial de una cuenca hidrográfica particular del occidente de México, con base en las propuestas de usar "intensivamente" la información cartográfica existente con fines de obtención de la Morfometría Zonificada Interna (MZI) de cada cuenca (concepto que también se propone en este trabajo), buscar no homogeneizar algunos aspectos de la morfometría interna de las cuencas hidrográficas pequeñas, tratar de establecer ideas prácticas para realizar el inventariado de los escurrimientos potenciales de las cuencas del país, apoyándose en

la cartografía nacional escala 1:50,000, además de intentar en
contrar las relaciones geográfico-estadísticas entre la geome
tría de la cuenca y el medio físico de la misma.

INTRODUCCION.

El conocimiento de los elementos y cualidades geométricas y físicas de una cuenca de drenaje fluvial, así como de sus interrelaciones, es fundamental para planear el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y también para evaluar la evolución y magnitud del efecto erosivo y deposicional de esos recursos sobre la superficie de captación alimentadora de los escurrimientos. Es importante también para considerar los efectos que originan las acciones de los seres humanos al darle cierta utilización al suelo de la cuenca, a la cubierta vegetal y a las modificaciones de las características hidrométricas de los ríos en las obras de almacenamiento, extracción y distribución del agua.

Una búsqueda primordial de la geomorfología fluvial cuantitativa, lo mismo que de la hidrología de cuencas pequeñas, menores a 250 Km² de superficie (Chow en Springall, 1970), ha sido encontrar las relaciones, influencias y condicionantes de la conformación de la red de cauces de un sistema de erosión fluvial (cuenca hidrográfica), utilizando para ello métodos y técnicas específicas, desarrollados y usados por las dos ciencias mencionadas. Uno de estos métodos, que es usado en este trabajo de tesis, es el que integra las relaciones existentes entre la geometría de la red fluvial y del relieve que la contiene con respecto a las zonificaciones de cualidades puramente físicas del área de estudio y que son representadas en forma espacial en las cartas geográficas temáticas comunes.

Normalmente han existido muchas dificultades para poder precisar el comportamiento interior de una cuenca hidrográfica, debido a que se tiene una gran cantidad de elementos que intervienen e influyen en el interior de la misma, asimismo por

la intensidad y tipos de energía y materia que penetran por las fronteras del sistema de erosión fluvial, de una manera aleatoria en espacio y tiempo, haciendo que se generen multitud de variables y funciones donde sus dinámicas ponderadas son todavía imposibles de conocer en forma absoluta.

Tradicionalmente se han manejado análisis morfométricos comparativos entre cuencas hidrográficas pequeñas, considerándolas como unidades homogéneas en sus características internas, geométricas y físicas. Muchas veces, a juicio del autor, esto ha sido correctamente realizado, pero en cambio en algunas otras, se han obtenido y utilizado valores morfométricos como representativos de toda la superficie de la cuenca, habiendo aún grandes discrepancias entre tipos de unidades litológicas, de climas, de suelos, de especies vegetales; y en el aspecto geométrico, de distribución espacial de los cauces de la red fluvial, diferencias marcadas en pendientes, longitudes de cauces, áreas de subcuencas, etc.

De acuerdo a esto se puede decir que la intención de parte de esta investigación es demostrar que a condiciones interiores heterogéneas en una cuenca, los valores morfométricos particulares zonificados, pueden ser substancialmente diferentes con respecto a valores generales para la morfometría del área total de ese sistema de erosión fluvial, buscando posteriormente las relaciones geográfico-estadísticas entre esos parámetros geométricos obtenidos y las zonificaciones representadas de las propiedades físicas del interior de la cuenca.

Los antecedentes metodológicos de este tipo de estudio se encuentran en el pasado reciente, precisamente en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, cuando se deja sentir el surgimiento de una nueva concepción de la filosofía positi

vista conocida como Revolución Cuantitativa o Teorética, que transforma de manera definitiva la visión científica tenida hasta ese momento (Capel, 1984). Esta revolución metodológica ha sido un intento de teorizar para predecir el comportamiento de los fenómenos de las ciencias físicas y sociales, en base al establecimiento de modelos matemáticos rígidos, cimentados principalmente en el desarrollo de algoritmos, inducidos por técnicas estadísticas de muestreo y por el avance del desarrollo tecnológico de las computadoras digitales. Es la búsqueda por establecer modelos que expliquen los procesos de los fenómenos que se repiten continuamente, formas generalizadas y en algunos casos leyes que ayuden a entender la realidad en forma simplificada.

Dentro de algunas de las ciencias auxiliares de la Geografía Física, la cuantificación se impuso antes de que se iniciara la Revolución Cuantitativa, tales fueron los casos de la Climatología y la Hidrología, las cuales alcanzaron rápidamente un desarrollo teórico consistente, gracias a las relaciones cuantitativas difundidas y comprobadas en muchos trabajos de investigación en el mundo.

En cambio la Geomorfología había permanecido por mucho tiempo con su carácter genético-evolucionista, establecido de manera brillante, en su tiempo, por el Profesor Davis a finales del siglo pasado, carácter apoyado en explicaciones deductivas de la realidad observada, mediante proposiciones cualitativas y descriptivas que conducían a generalizaciones reduccionistas y lineales de la evolución del relieve de la Tierra, clasificando las formas del paisaje y los tipos de procesos con base a verbalizaciones que carecían casi totalmente de mediciones.

Precisamente en los inicios de la Revolución Cuantitativa empezaron a desarrollarse en la Geomorfología intentos de sistematización rígida de los trabajos de investigación, aplicando un cuerpo físico-matemático reconocido que permitió establecer relaciones generalizadas adecuadas, usadas en algunos casos para estudiar e inferir la dinámica de regiones con características físicas similares a las de las zonas experimentales. Estas relaciones obtenidas empezaron a difundirse de manera importante a finales de los años 50's, en las publicaciones y en los congresos relacionados con la investigación en las ciencias de la Tierra.

A partir de esto la Geomorfología cuantitativa se fue desarrollando con gran rapidez, de tal forma que hoy día cualquier investigación que se hace de formas y procesos contiene un sostenimiento geométrico-estadístico importante para llegar a conclusiones aceptables. A pesar de todo esto, no se puede olvidar que aún no existe un suficiente grupo de relaciones que se consideren generales para explicar cualquier tipo de procesos y formas geomorfológicas.

En este trabajo se analizan exclusivamente las formas geométricas superficiales generadas por un sistema de erosión fluvial, es decir, el modelado debido a procesos de erosión y deposición provocados por la energía del agua en movimiento, esto se debe a que en forma general el elemento principal que origina las características geométricas de una cuenca hidrográfica es la mencionada potencialidad de la energía del agua (Strahler, 1982).

En una cuenca de drenaje, el agua que se precipita como lluvia al atravesar las fronteras del sistema se comporta inicialmente como agua de arroyada, que es el flujo del líquido

no concentrado en cauce que se desplaza por las laderas, parte de este volumen sigue un camino más o menos largo, tratando de alcanzar niveles inferiores de altitud empujado por la acción gravitacional, consiguiendo finalmente llegar y encauzarse en algún trazo de la red fluvial. En este punto el líquido no conserva las mismas características físicas y químicas que tenía al entrar a la cuenca, sino que en su interior mantiene en suspensión, en solución y en arrastre una cantidad de partículas minerales producto de la desintegración de las rocas formadoras del relieve interno, y de los aportes orgánicos de las comunidades vegetales y animales, asimismo contiene cierta cantidad de sustancias y materiales producto del impacto ambiental de los seres humanos en este medio.

Gran parte del agua y de las partículas mencionadas abandonan el sistema por una salida estrecha formada por el colector principal, éste se une aguas abajo con una corriente mayor o a un cuerpo de agua importante (lago, laguna, océano), es decir, se van formando una serie de subsistemas pequeños, con escorrentía débil y difusa, que se van integrando para formar cauces secuencialmente más amplios y de dinámica mayor.

Como ya se ha explicado en anteriores párrafos, la investigación de este trabajo se ha apoyado en una parte de la metodología de la Geomorfología que corresponde al análisis integral de las formas del relieve (Palacio, 1983), sobre todo en los aspectos estudiados por la Morfología y dentro de ésta, la parte que considera las propiedades cuantitativas (Morfometría) más que las cualitativas (Morfografía) de la expresión del relieve contenido dentro de una serie de sistemas individualizados de erosión fluvial.

Por otro lado, también forma parte esta investigación

de la búsqueda de la Hidrología por hallar modelos matemáticos que generalicen el comportamiento hidrológico de una cuenca con respecto a la expresión espacial de su red hidrográfica, conociendo de antemano sus parámetros hidrológicos y fisiográficos para posteriormente hacer extrapolaciones en regiones semejantes, pero con un desconocimiento total de los parámetros mencionados.

Para la justificación de los estudios geográficos, enfocados desde los puntos de vista de la Geomorfología Fluvial y de la Hidrología de cuencas de drenaje, se puede decir que representan intentos por conocer el comportamiento de los ríos como elementos primordiales en el abastecimiento de agua para los seres humanos, asimismo para entender el modelado que efectúan en el relieve de la Tierra, originando procesos geomorfológicos, degradativos y gradativos que ocasionan cambios en los elementos del paisaje natural y cultural, inclusive afectando directamente la vida de los seres humanos, como ha sucedido en los casos de desastres naturales, por ejemplo: derrumbes, inundaciones, avalanchas de lodo, etc.

Además estos estudios permiten visualizar prácticamente lo que representa la energía potencial del agua convertida a cinética, precipitándose el líquido desde la atmósfera, siguiendo diversos caminos al entrar en contacto con la superficie terrestre, escurrimiento difuso, concentrado, superficial o sub superficial, su evaporación, su intercepción por la vegetación, etc. Entendiendo que esto es sólo una parte del ciclo que resulta básicamente de la interacción de varios niveles y tipos de energía en la interfase litósfera-hidrosfera-biosfera-atmósfera y que a su vez son consecuencia del aporte de las diferentes formas de la energía nuclear transformada del sol y de su

energía de arrastre gravitacional que lleva a los planetas en una trayectoria a través del Universo.

En los párrafos anteriores se ha tratado de explicar algunas generalidades del trabajo, incluyendo una exposición breve del objetivo general del mismo, en seguida se explicarán solamente algunos de los objetivos particulares buscados en la investigación:

-Inicialmente demostrar cuantitativamente la existencia de diferencias considerables internas en la distribución de la red de drenaje fluvial (capítulo III), es decir, no tomando el total de la superficie de la cuenca como unidad homogénea en densidad de cauces, sino como una serie de espacios internos bien delimitados (subcuencas) que poseen homogeneidad en el posicionamiento tridimensional de los escurrimientos contenidos.

-Comparar los resultados de la Morfometría generalizada de la cuenca (capítulo II), tomándola como unidad homogénea hipotética y por otro lado valorar los resultados concibiéndola como unidad heterogénea compuesta de pequeños espacios con sus valores morfométricos particulares, estos espacios reducidos son las representaciones de las superficies de las subcuencas de los diversos órdenes interiores de la red fluvial, las cuales si se quiere pueden ir aumentando de tamaño progresivamente conforme se vayan tomando las superficies de las subcuencas de ordenes superiores, por lo que se pueden obtener valores "iterativamente" más generalizados cubriendo mayores espacios interiores de la cuenca. Esta técnica propuesta de análisis espacial morfométrico es la que se ha denominado en este trabajo Morfometría Zonificada Interna (MZI).

-Correlacionar la (MZI) con respecto a la representación espacializada de las características fisiográficas inter

nas (tipos de suelos, rocas, climas, vegetación, relieve, etc.), buscando establecer ciertos criterios cuantitativos de identificación que faciliten la tarea de entender el funcionamiento de las cuencas, considerándolas como sistemas espaciales abiertos.

-Establecer en las ideas del texto la posibilidad de utilizar una mayor cantidad de información individualizada, medida en las cartas geográficas fuente con fines de análisis morfométrico, utilizando una cartografía de escala media (1:50 mil), considerando la posibilidad de evitar el desperdicio de información que se da al hacer mediciones de la geometría de la red fluvial y de la cuenca en una forma demasiado generalizada e integrada.

El apoyo de referencia teórico, necesario para dar validez al estudio morfométrico que aquí se plantea, está conformado básicamente en las relaciones matemáticas encontradas por el ingeniero estadounidense R.E. Horton y expuestas a la comunidad científica en 1945, estas relaciones de carácter teórico-empíricas fueron y son generalmente aceptadas para el estudio de cuencas hidrográficas en el campo cuantitativo mencionado. Posteriormente en los años 50's el geógrafo estadounidense Arthur N. Strahler hizo modificaciones a lo establecido por Horton, para simplificar el ordenamiento y jerarquización de los tramos de cauces de la red fluvial en las cuencas. Además hubo otros científicos de la Geomorfología Fluvial que hicieron aplicaciones, ampliaciones y modificaciones a lo propuesto por Horton, entre ellos han destacado W.B. Langbein, M.A. Melton, J.T. Hack, M.E. Morisawa, J.P. Miller, L.B. Leopold, A.J. Brogcoe, S.A. Schumm; Strahler (1964, 1982) y M.E. Morisawa (1985), han realizado importantes trabajos de compilación y análisis

de los investigaciones y tendencias de la Geomorfología Fluvial cuantitativa cuya utilidad para esta tesis ha sido fundamental. No se pueden dejar de mencionar los trabajos de los científicos mexicanos, orientados hacia el campo de estudio mencionado y en algunos casos específicamente a estudios de morfometría de cuencas, que han sido de provecho para los fines que se persiguen en esta investigación (Socco, 1983; Lugo, 1984; Martínez L., 1980, 1982, 1983; Palacio, 1983).

Algunas de las hipótesis de trabajo planteadas con intención de ser aclaradas a lo largo de este trabajo son:

-La aplicación de las relaciones cuantitativas generales para el análisis global de la morfometría de las cuencas hidrográficas, puede conducir a la obtención de resultados menos cercanos a la realidad en los casos de cuencas con diferencias fisiográficas internas marcadas, en cambio si se ha o e particularmente para determinadas zonas interiores, se puede encontrar mayor correlación con los planteamientos teóricos utilizados como base de comparación.

-Existe una distribución espacial irregular de los cauces de la red fluvial debido a las siguientes causas principales:

- a) Heterogeneidad en edades y tipos de unidades litológicas.
- b) Los rangos altitudinales generan diferencias en la cantidad de precipitación, en la temperatura, en los tipos dominantes de asociaciones vegetales, etc.
- c) La cubierta vegetal aminora la dinámica erosiva, y en los lugares donde hay escasez o ausencia de ella, la diseción del relieve se acentúa.
- d) Las diferencias internas en las características

morfométricas individuales de las propiedades volumétricas de los cauces, como es el caso de las pendientes del terreno y de los ríos, originan competencias dinámicas erosivas diferenciales, lo mismo que cambios en la forma del desarrollo de los mismos (cortos, largos, sinuosos, rectos).

e) Las diferencias geoestructurales internas de la cuenca, como son las fallas, fracturas, volcanes alineados o aislados, flujos lávicos, escarpes, etc., sus formas, ubicaciones, magnitudes espaciales y orientaciones, también ocasionan cambios en la conformación de sectores de la red de drenaje, es decir, originan variaciones en los patrones de drenaje y en los cauces, proporcionalmente a las características de dichas estructuras.

Las técnicas empleadas para comprobar las hipótesis formuladas se han descrito y desarrollado en la parte del texto correspondiente, en los capítulos interiores.

CAPITULO I

LOCALIZACION Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DE ESTUDIO.

La cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande se encuentra comprendida en su totalidad dentro del Estado de Jalisco, aunque muy cercana a los límites con el Estado de Michoacán (mapas 1 y 2). Está aproximadamente a 30 Km al suroeste de la Laguna de Chapala, a 15 Km al este de la Laguna Sayula y a 10 Km al noreste de la Laguna Zapotlán. Se encuentra circundada por cuatro centros de población de importancia, que les corresponde también ser cabeceras de los municipios jaliscienses que llevan el mismo nombre: Concepción de Buenos Aires al noroeste, La Manzanilla de la Paz al norte, Mazamitla al este, y Tamazula de Gordiano al sur.

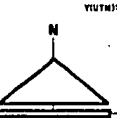
Con la forma teóricamente esperada (piriforme), esta cuenca hidrográfica se encuentra orientada sensiblemente desde la cabecera hasta la desembocadura del cauce principal en dirección norte-sur. En este mismo sentido tiene un desarrollo longitudinal aproximado de 22 Km y en dirección este-oeste de 11 Km. Además posee un valor de superficie de 196.4 Km², obtenido mediante el planímetro polar.

Los límites extremos de la cuenca se localizan en las coordenadas geográficas siguientes: 103°07'30" y 103°15'45" de longitud oeste, y 19°47'45" y 19°59'45" de latitud norte, encontrándose comprendida totalmente en la carta geográfica cuya clave en la cartografía nacional a escala 1:50,000 es E 13 B 16 hoja Mazamitla (Dirección de Geografía, SPP, 1980).

El nombre de la cuenca obedece a la consideración de las longitudes de los cauces principales, al mayor alejamiento lineal, y a la amplitud altitudinal desde sus cabeceras hasta la

Concepción de Buenos Aires
(Pueblo Nuevo)

LA Manzanilla
de la Paz

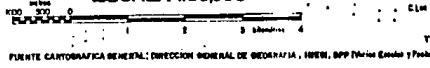


SIMBOLOGIA

- TIERRAZONA
- BACHA
- LOCALIDAD
- CASERO
- PRESA
- COMISARIA DE AGUAS

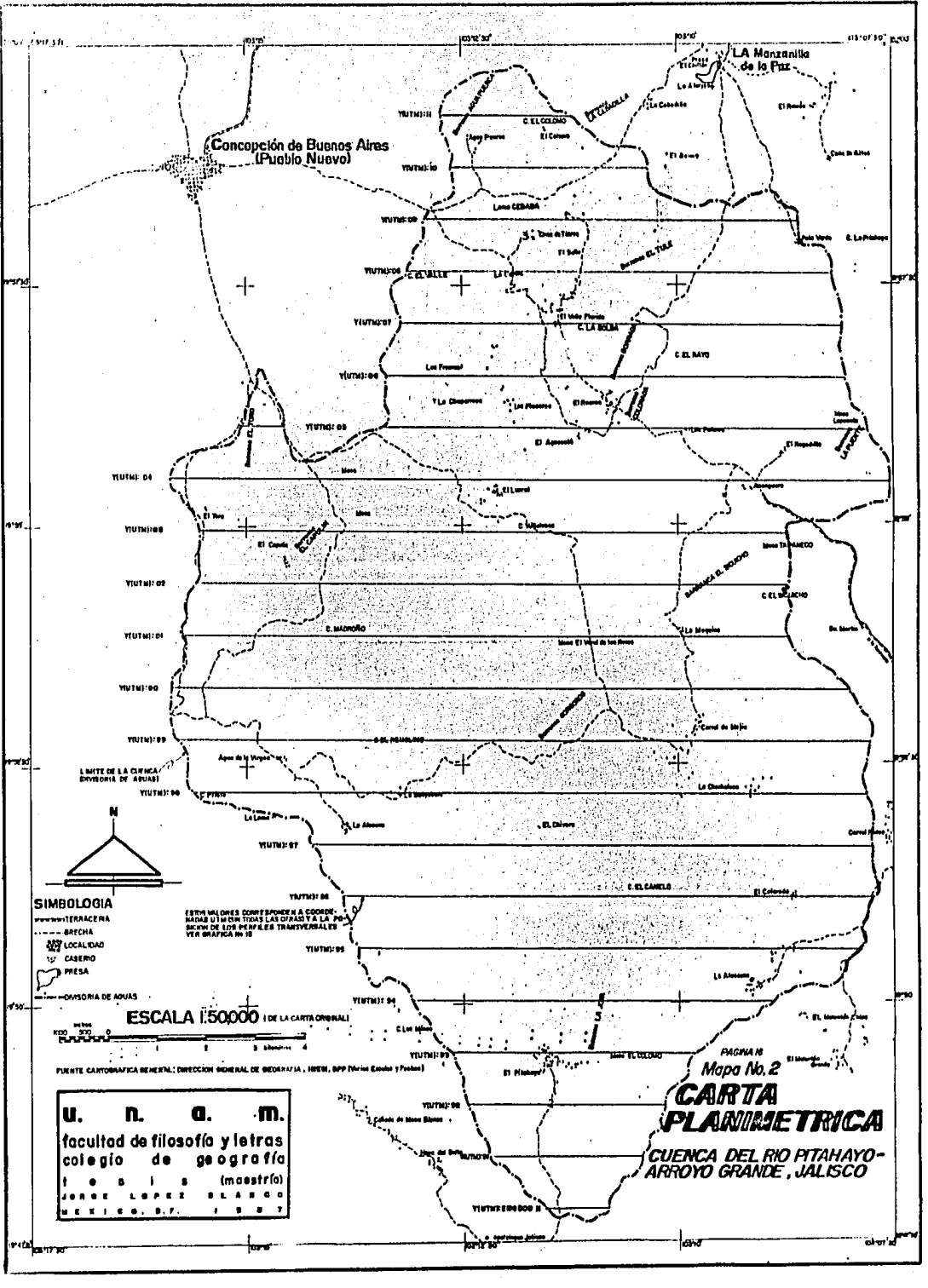
ESTOS VALORES CORRESPONDEN A COORDENADAS UTM CON TODAS LAS DECIMALES Y LA POSICION DE LOS PUNTOS TRANSVERSALES VER GRAFICA No 10

ESCALA 1:50000 DE LA CARTA ORIGINAL



U. N. A. M.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 J. O. S. I. S. (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

PAGINA No. 2
CARTA PLANIMETRICA
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-ARROYO GRANDE, JALISCO



confluencia con otro cauce del mismo orden, lo mismo por el grado de importancia que le da la población local a dichos escurrimientos. El colector principal que tiene un desarrollo longitudinal mayor, es el Arroyo Grande (31.85 Km) (mapa 5) que en la mayor parte de su trayecto está marcado con ese nombre en la toponimia de la carta fuente, aunque en la parte final del mismo, antes de su desembocadura, le han puesto un distinto anotándole el de Las Taunas, pero como regionalmente es más conocido por el primero se decidió conservarlo como uno de los dos cauces principales que le da nombre a la cuenca.

Por otro lado, existe otro cauce de la misma jerarquía de El Arroyo Grande (6^a orden) denominado El Pitahayo, aun cuando su desarrollo longitudinal es menor (24.12 Km) su amplitud vertical es muy similar a la de aquél. Otro detalle que influyó para que el río El Pitahayo quedase dentro del nombre general de la cuenca, fue el de la importancia que tiene este escurrimiento para los habitantes del lugar, ya que le da denominación a una localidad rural cercana a la desembocadura elegida de la cuenca.

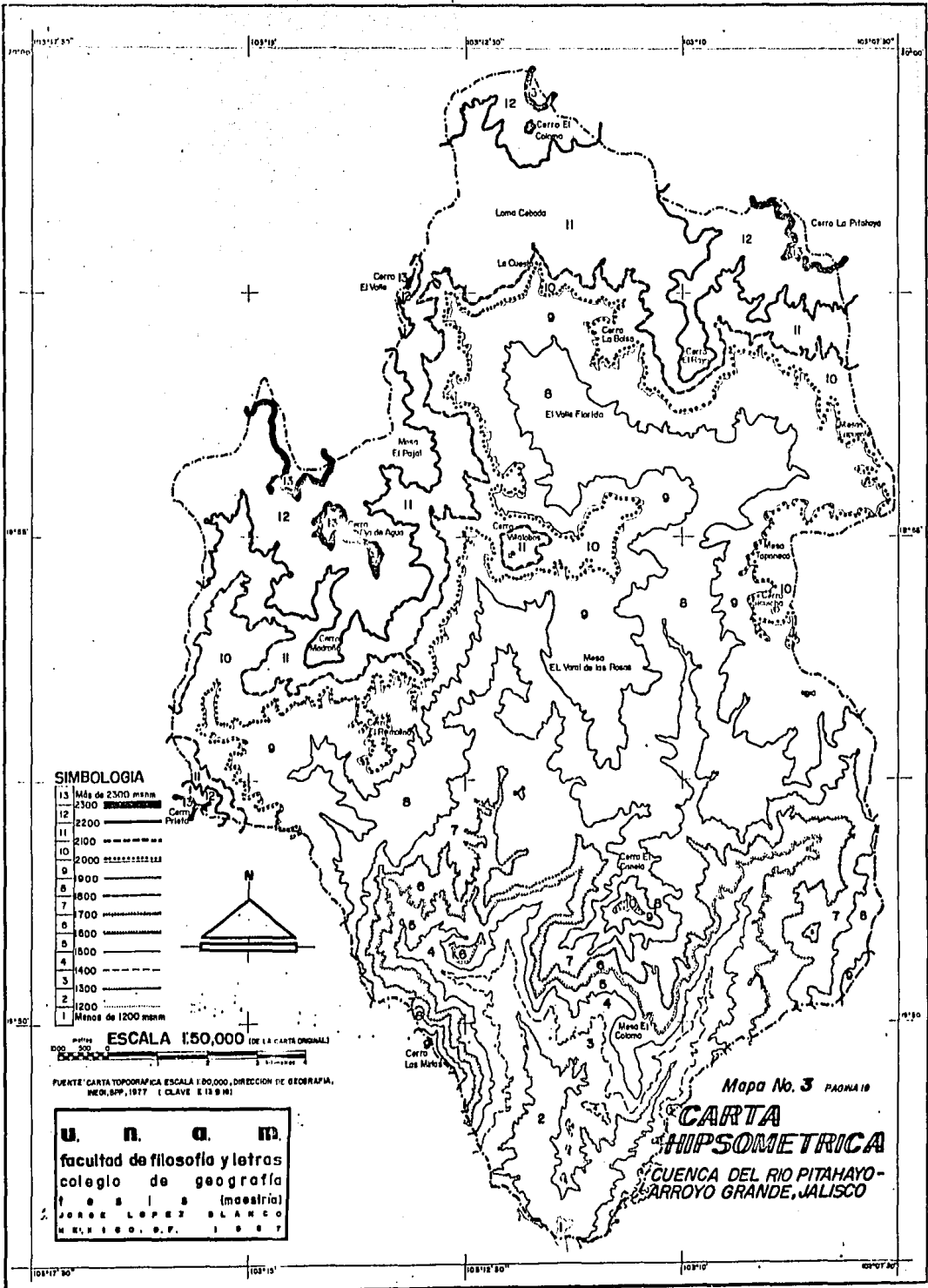
Para la elección de la cuenca se consideraron dos aspectos principales: que tuviera en su espacio interno diferencias fisiográficas sensibles (litología, edades de rocas, y climas primordiales) que ayudaran a demostrar la efectividad de los planteamientos del análisis morfométrico por zonas interiores, y que el valor del área de la cuenca no se alejara, en ningún sentido, de la cifra de 250 Km² de superficie máxima, para que fuera considerada, según los planteamientos de Chow, como cuenca hidrológica pequeña, o sea: "aquella cuyo escurrimiento es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración, y donde predominan las características físicas del suelo con respec

to a las del cauce" (Springall, 1970, p.9).

Esta última razón influyó categóricamente para haber es
cogido por conveniencia el lugar de la desembocadura, es decir,
si se hubiera tomado un poco más hacia el norte del lugar ele
gido hubiesen existido dos cuencas de 6^o orden, pequeñas y ale
jadadas mucho del valor extremo mencionado, en cambio si se es
cogía un poco más hacia el sur, la confluencia de un cauce de
orden alto y su propia superficie de captación hubieran rebasa
do el límite de valor de área que se tomó como referencia.

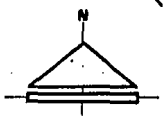
La divisoria de aguas de la cuenca (parteaguas) se con
forma de los accidentes naturales que serán descritos de la si
guiente manera: Partiendo de la desembocadura, siguiendo la di
visoria de aguas que está al este, se encuentra inicialmente
la prominencia conocida localmente como Cerro La Carbonera
(1400 msnm) compuesta de material sedimentario plegado, de li
molitas y areniscas alternadas. Dentro de este mismo material,
siguiendo la dirección noreste (3 Km) se encuentra el Cerro
Las Taunas (1530 msnm) (mapa 3), tomando enseguida la misma
dirección noreste (4 Km) está el volcán basáltico conocido co
mo El Malentón Chico (1870 msnm). Ahora cambiando la dirección
hacia el norte franco, se sigue por una de las coladas del vol
cán descrito, bajando suavemente de altitud hasta llegar al
puerto topográfico o collado intermontano conocido como Corral
Falso. Enseguida se vuelve a ascender pausadamente por la cola
da suroeste del volcán Suicuicho (2100 msnm), localizándose muy
cerca de este último, la Mesa Tapaneco (2050 msnm).

Después, tomando la dirección noroeste, se sube por las
faldas de un cono basáltico voluminoso conocido como Cerro La
Pitahaya (2360 msnm), finalizando en la prominencia que define
la cabecera del Arroyo Grande, que es el Cerro El Colomo (2330
msnm).



SIMBOLOGIA

13	Más de 2300 metros	-----
12	2300	-----
11	2200	-----
10	2100	-----
9	2000	-----
8	1900	-----
7	1800	-----
6	1700	-----
5	1600	-----
4	1500	-----
3	1400	-----
2	1300	-----
1	Menos de 1200 metros	-----



ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

0 200 400 metros

FUENTE: CARTA TOPOGRAFICA ESCALA 1:50,000, DIRECCION DE GEOGRAFIA, MEXI, S.P.P., 1977 (CLAVE E 13 9 N)

U. N. A. M.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 J. O. S. (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXI 100. D.F. 1987

Mapa No. 3 PAGINA 10
CARTA
HIPSOMETRICA
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO -
 ARROYO GRANDE, JALISCO

El recorrido por la divisoria de aguas poniente, parte también de la desembocadura y con dirección noroeste (5 Km) se encuentra el volcán basáltico Cerro Las Minas (1960 msnm); con tinuando con la orientación mencionada (7 Km) está el volcán de tobas andesíticas nombrado Cerro Prieto (2360 msnm). Con rumbo norte franco se encuentra una serie de pequeñas mesas ba sálticas formadas por las coladas de volcanes (no definidos cla ramente debido a su escasa prominencia), las cuales originan cambios de dirección bruscos al parteaguas a causa de las diver sas direcciones de flujo de las lavas. Finalmente y antes de llegar a la cabecera (5 Km) se encuentra un pequeño volcán con laderas abruptas conocido como Cerro El Valle (2330 msnm).

Cabe señalar que dentro de la superficie de la cuenca existen algunas prominencias que conforman la superficie del relieve y el arreglo de la red fluvial de algunas de las sub-cuencas. Entre esos accidentes orográficos están: en la parte centro-sur el Volcán El Canelo (2070 msnm); al centro-occiden te los volcanes El Remolino, Madroño y Villalobos (2100, 2200, y 2200 msnm respectivamente). En la parte central se aprecia una gran mesa de lavas basálticas que cubre varios kilómetros cuadrados y que es conocida como El Varal de las Rosas (1980 msnm).

Con respecto a la hidrología superficial, la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande se encuentra comprendida dentro de la cabecera del Río Coahuayana, el cual es uno de los dos grandes ríos que forman parte a su vez de la Región Hidrológi ca Nacional número 16 (el otro río es El Armeria) (SARH, 1970).

La cuenca del Río Coahuayana es de forma alargada en di rección noreste-suroeste (mapa 4), sus latitudes norte extre mas son de 18°35' a 20°03' y sus longitudes oeste extremas van

de 102°57' a 103°58'. Su divisoria de aguas limita al suroeste con una cuenca de pequeños escurrimientos entre el río Armería y el río Coahuayana; al oeste con la cuenca general del río Armería, al noroeste con las cuencas endorreicas de las lagunas Zapotlán y Sayula, al norte con la región hidrológica número 12 (Lerma-Chapala-Santiago), al este con la región hidrológica número 18 (Balsas) y al sureste con la región hidrológica número 17 (Coalcomán), (SARH, 1970).

El Río Coahuayana nace en las cercanías del Cerro del Tigre, en la parte sureste del Estado de Jalisco, a una altitud aproximada de 2800 msnm, donde se unen una serie de afluentes menores (entre ellos El Pitahayo-Arroyo Grande) para formar la cabecera, denominándose el cauce principal en ese tramo Río Tamazula, posteriormente el río cambia de nombre cerca de la población de Tuxpan, Jal., donde toma el de la población que se ha indicado.

Más adelante, en las cercanías del Cerro El Naranjo el río adquiere este nombre sirviendo de límite estatal natural entre los estados de Jalisco y Colima. Finalmente cerca de su desembocadura el río recibe el nombre de Coahuayana, sirviendo en este tramo, como en el caso anterior, de límite estatal entre Colima y Michoacán.

Este escurrimiento desemboca en Boca de Apiza, frente al Océano Pacífico, al suroeste del poblado de Coahuayana de Hidalgo, Mich., teniendo una superficie total la cuenca de 7114 Km².

I.1 Características climatológicas.

Las características climatológicas fueron definidas en base al procesamiento de datos sistemáticamente medidos a través del tiempo en las estaciones respectivas, datos que fueron facilitados para su uso por el Servicio Meteorológico Nacional de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Existen cinco estaciones climatológicas ubicadas en puntos que circundan las cercanías de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, cuatro de ellas situadas en las localidades jaliscienses de Concepción de Buenos Aires (CBA), La Manzanilla de la Paz (MDP), Mazamitla (MZM), y Tanazula de Gordiano (TDG); la quinta y última se encuentra en la estación hidrométrica San Gregorio (SNG), establecida sobre el río Cobianes, en la parte cercana a la ranchería El Corralito, municipio de Ciudad Guzmán Jal., aproximadamente a 8 Km al poniente de la divisoria de aguas occidental de la cuenca de estudio (ver cuadro 1 y gráfica 1).

Se calcularon las temperaturas medias anuales y mensuales para cada una de las estaciones mencionadas, lo mismo se hizo para obtener las precipitaciones medias anuales y mensuales (cuadro 1). Como se puede ver en el cuadro mencionado, la diferencia mayor de temperaturas medias anuales es entre las estaciones La Manzanilla de la Paz con 14.7°C y Tanazula de Gordiano con 21.6°C , y la diferencia extrema de precipitación es entre las estaciones La Manzanilla de la Paz con 951.6 mm y San Gregorio con 1329.4 mm.

Con los valores encontrados se determinaron los tipos de clima correspondientes a cada estación utilizando el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por la Mtra. Enriqueta García (García, 1981, 1983). Se encontró en las esta

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS USADAS PARA EL CALCULO DEL CLIMA DE LA CUENCA

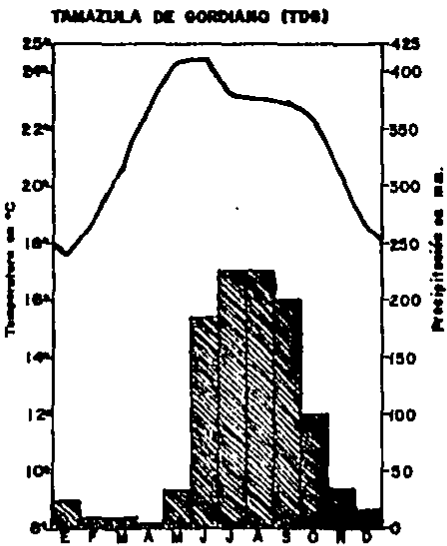
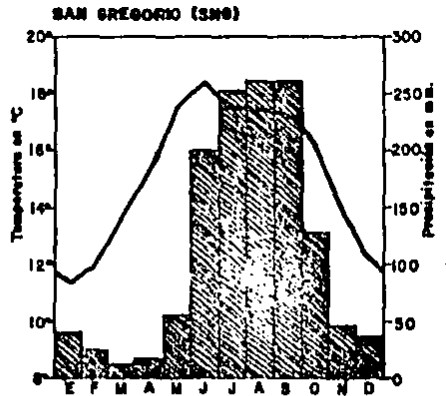
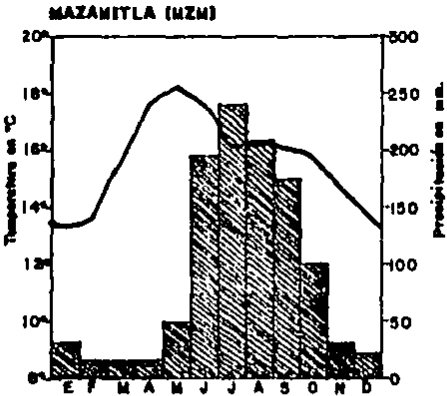
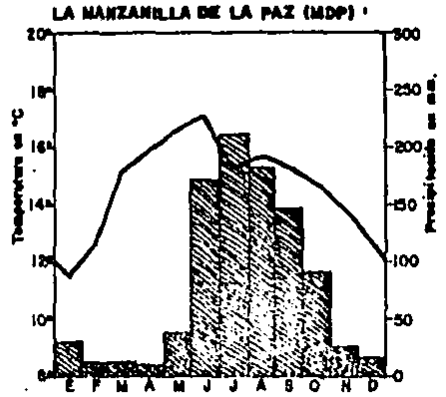
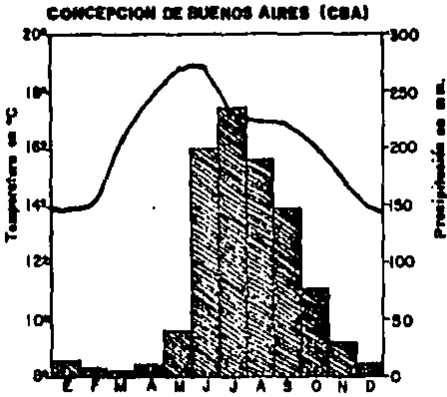
Estación: Concepción de Buenos Aires (CBA), Jalisco.
Coordenadas: Lat=19°59', Long=103°16', Alt= 2150 msnm
Autoridad: SMN
Periodo de Obs.: Temp. 11 años (1974-84), Prec. 13 años (1972-84)
Temp. media anual=16.3°C, Prec. media anual=972.99 mm

Estación: La Manzanilla de la Paz (MDP), Jalisco.
Coordenadas: Lat=20°00', Long=103°09', Alt= 2050 msnm
Autoridad: SRH
Periodo de Obs.: Temp. 10 años (1975-84), Prec. 23 años (1961-84)
Temp. media anual=14.7°C, Prec. media anual=951.64 mm

Estación: Mazamitla (MzM), Jalisco.
Coordenadas: Lat=19°56', Long=103°01', Alt= 2250 msnm
Autoridad: SMN (SARH)
Periodo de Obs.: Temp. 19 años (1965-84), Prec. 23 años (1961-84)
Temp. media anual=15.7°C, Prec. media anual=1097.51 mm

Estación: San Gregorio (SNG), Jalisco.
Coordenadas: Lat=19°52', Long=103°21', Alt= 1900 msnm
Autoridad: SRH
Periodo de Obs.: Temp. 23 años (1961-84), Prec. 23 años (1961-84)
Temp. media anual=15.19°C, Prec. media anual=1329.36 mm

Estación: Tamazula de Gordiano (TDG), Jalisco.
Coordenadas: Lat=19°40', Long=103°14', Alt=1127 msnm
Autoridad: SMN
Periodo de Obs.: Temp. 23 años (1961-83), Prec. 22 años (1961-83)
Temp. media anual=21.6°C, Prec. media anual=1067.35 mm



GRAFICAS COMBINADAS DE
PRECIPITACION Y TEMPERATURA
DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
CERCANAS A LA CUENCA DE ESTUDIO

GRAFICA No.1

ciones sólo dos tipos generales de climas, el templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano, $C(w_2)b$, para las estaciones situadas más hacia el norte (CBA, MDP, MZM, y SNG), teniendo éstas sólo variaciones en el tipo de oscilación térmica, en porcentaje de lluvia invernal, y en el tipo de marcha anual de temperatura (ver cuadro 2). El otro tipo de clima le correspondió únicamente a la estación Tamazula de Gordiano, localizada más hacia el sur con respecto a las otras estaciones, es del grupo semicálido subhúmedo con régimen de lluvias de verano, $(A)C(w_1)(w)a(i')g'$.

Debido a que la información obtenida en una estación climatológica es de carácter "puntual" (Aparicio, 1986), es decir, con características climáticas que se miden sólo donde están instalados los instrumentos, y como la intención de esta parte del trabajo es generar una carta de climas local, que caracterice las condiciones atmosféricas medias del interior de la cuenca de estudio, que es un espacio definido, entonces se hizo necesario elaborar el trazado de las isotermas medias anuales (no reducidas), para lo cual se calculó primero un gradiente térmico local (García, 1983) que permitiera definir espacialmente la situación probable del paso de las isolíneas. Se hizo esto, obteniéndose un valor promedio general para la cuenca de 0.62, esta magnitud sirvió para calcular las altitudes probables (curvas de nivel topográficas), mediante una relación simple, por donde pasa la isoterma deseada (mapa 5), desde luego que para hacer el trazado de las líneas se utilizó la carta altimétrica, con el fin de dar una delimitación espacial más apropiada.

Como antes se mencionó, debido al carácter no espacial de la información climatológica, es necesario hacer algunas con

DETERMINACION DEL TIPO DE CLIMA PARA CADA ESTACION.

Estación: <u>Concepción de Buenos Aires (OBA)</u> , Jalisco.												
T°C	<u>13.8</u>	14.0	16.3	17.7	18.7	<u>18.8</u>	17.2	16.9	17.0	16.1	14.9	13.9
Pmm	13.9	7.4	<u>5.1</u>	11.6	41.0	200.4	<u>235.6</u>	191.3	148.1	76.8	29.9	12.0
Temperatura Media Anual= 16.27°C, Precipitación Media Anual= 972.99 mm												
Porcentaje de Lluvia Invernal= 2.706%												
Regimen de Humedad: $rh=2t+28=60.54cm < 972.99mm$ (Subhúmedo).												
Oscilación Térmica Anual= $18.77-13.83= 4.94°C$ (Isotermal 1). P/T=59.803												
Tipo de Clima: <u>C(w₂)b₁g'</u> . Templado Subhúmedo con regimen de lluvias de verano, el más húmedo de los subhúmedos, con porcentaje de lluvia invernal menor al 5%, verano fresco y largo, isotermal, mes más cálido posterior al Solsticio de Verano.												
Estación: <u>La Manzanilla de la Paz (MDP)</u> , Jalisco.												
T°C	<u>11.4</u>	12.6	15.1	15.9	16.7	<u>17.0</u>	15.2	15.6	15.3	14.7	13.9	12.7
Pmm	30.0	12.3	13.0	<u>9.4</u>	38.1	171.7	<u>211.6</u>	184.9	146.5	90.8	24.8	15.6
Temperatura Media Anual= 14.69°C, Precipitación Media Anual= 951.64 mm												
Porcentaje de Lluvia Invernal= 5.809%. P/T=64.781												
Regimen de Humedad: $rh=2t+28=57.38cm < 951.64mm$ (Subhúmedo).												
Oscilación Térmica Anual= $16.96-11.39= 5.57°C$ (Con poca oscilación térmica 1)												
Tipo de Clima: <u>C(w₂)b(i')g'</u> . Templado Subhúmedo con regimen de lluvias de verano, el más húmedo de los subhúmedos, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%, verano fresco y largo, con poca oscilación térmica y mes más cálido posterior al Solsticio de Verano.												
Estación: <u>Mazamitla (MZH)</u> , Jalisco.												
T°C	<u>13.1</u>	13.6	15.6	17.6	<u>18.2</u>	17.6	16.1	16.3	16.1	15.8	14.6	13.7
Pmm	<u>32.1</u>	<u>14.9</u>	15.1	15.0	<u>48.1</u>	196.0	240.2	207.4	174.7	101.3	30.7	22.0
Temperatura Media Anual= 15.69°C, Precipitación Media Anual=1097.51 mm												
Porcentaje de Lluvia Invernal= 5.659%. P/T=69.950												
Regimen de Humedad: $rh=2t+28=59.38cm < 1097.51mm$ (Subhúmedo).												
Oscilación Térmica Anual= $18.22-13.13= 5.09°C$ (Con poca oscilación térmica 1)												
Tipo de Clima: <u>C(w₂)b(i')g</u> . Templado Subhúmedo con regimen de lluvias de verano, el más húmedo de los subhúmedos, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%, verano fresco y largo, con poca oscilación térmica y marcha de la temperatura Tipo Ganges.												
Estación: <u>San Gregorio (SNG)</u> , Jalisco.												
T°C	<u>11.3</u>	11.9	13.6	15.4	17.5	<u>18.4</u>	17.5	17.4	17.3	16.2	13.8	12.1
Pmm	40.3	24.2	<u>12.3</u>	18.3	54.0	200.3	252.1	<u>261.0</u>	260.6	127.2	44.6	34.6
Temperatura Media Anual= 15.19°C, Precipitación Media Anual=1329.36 mm												
Porcentaje de Lluvia Invernal= 5.776%. P/T=87.544												
Regimen de Humedad: $rh=2t+28=58.37cm < 1329.36mm$ (Subhúmedo).												
Oscilación Térmica Anual= $18.37-11.29= 7.08°C$ (Extremoso (e)).												

Continúa Cuadro #2

Tipo de Clima: C(w₂)b(e)g'. Templado Subhúmedo con regimen de lluvias de verano, el más húmedo de los subhúmedos, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%, verano fresco y largo, extremoso en oscilación térmica y mes más cálido posterior al Solsticio de Verano.

Estación: Tamazula de Gordiano (TDG), Jalisco.

T°C 17.6 18.7 20.6 22.8 24.3 24.4 23.2 23.0 22.9 22.3 20.3 18.5

Pmm 25.7 10.8 9.5 5.2 33.2 185.2 225.0 224.6 199.7 98.7 34.3 15.4

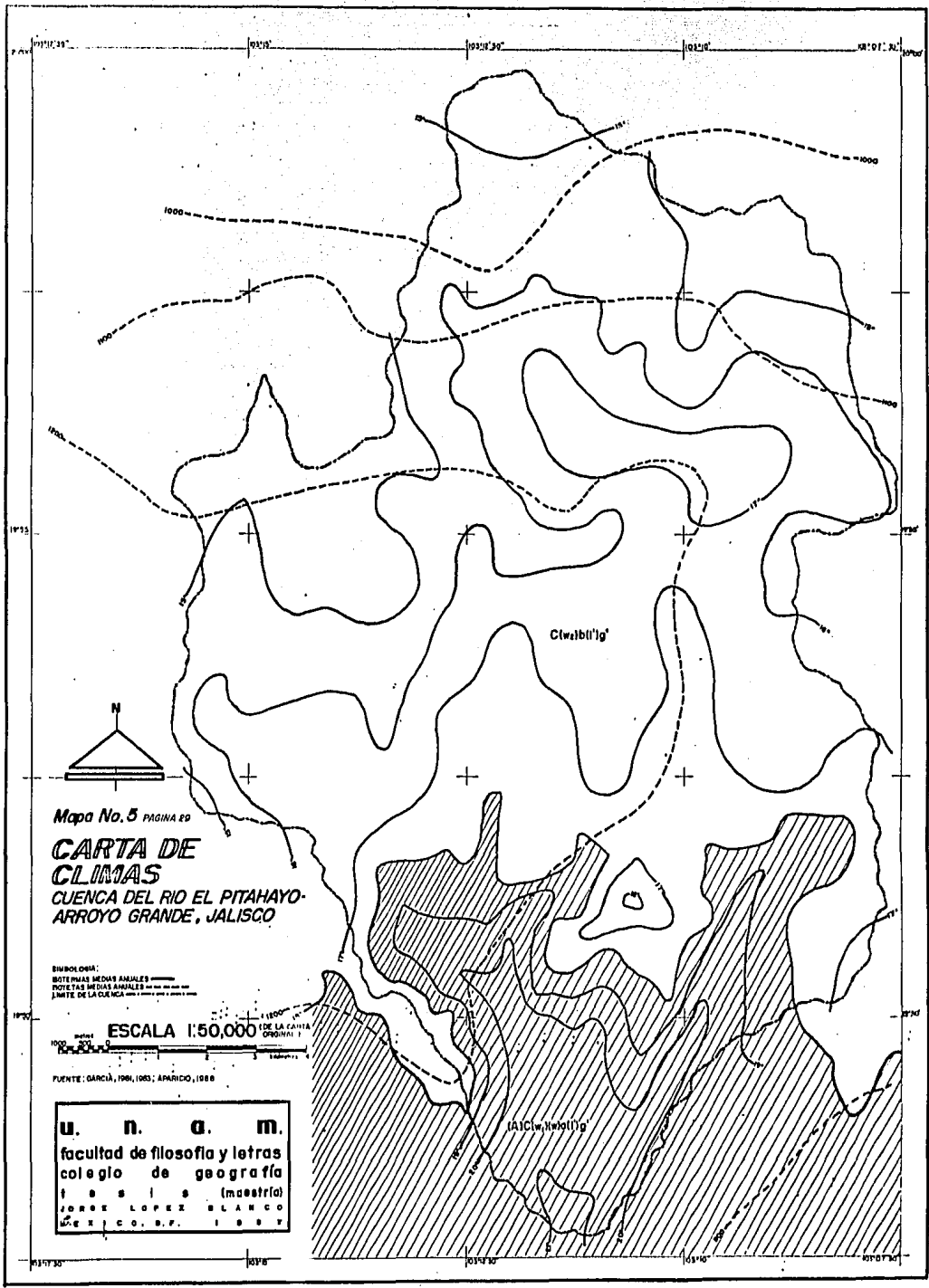
Temperatura Media Anual= 21.55°C, Precipitación Media Anual=1067.35 mm

Porcentaje de Lluvia Invernal= 4.308%. P/T=49.529

Regimen de Humedad: $rh=2t+28=71.1cm=711mm < 1067.35mm$ (Subhúmedo).

Oscilación Térmica Anual=24.40-17.59= 6.81°C (Con poca oscilación térmica i')

Tipo de Clima: (A)C(w₁)(w)a(i')g'. Semicálido Subhúmedo con regimen de lluvias de verano, intermedio en humedad, con porcentaje de lluvia invernal menor a 5%, temperatura del mes más cálido superior a 22°C, con poca oscilación térmica y mes más cálido posterior al Solsticio de Verano.



Mapa No. 5 PAGINA 20

CARTA DE CLIMAS
CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-
ARROYO GRANDE, JALISCO

EMBOLEDA:
NOTAS MEDIDAS ANUALES
NOTAS MEDIDAS ANUALES
LIMITE DE LA CUENCA

ESCALA 1:50,000 DE LA CARTA
ORIGENAL

FUENTE: GARCÍA, 1904, 1905; AMRICO, 1988

u. n. a. m.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
I S S I S (maestría)
JORGE LOPEZ BLANCO
MEXICO, D.F. 1989

sideraciones para definir teóricamente la influencia espacial de dicha información, en este caso se trata de delinear las isoyetas medias anuales para el interior de la cuenca. Se hizo de la manera como se trazan las curvas de nivel en los levantamientos topográficos, es decir, se interpolaron los valores conocidos para obtener la posición geométrica por donde pasa la curva buscada en el mapa. Aunque este método es más laborioso que otros usados preferentemente en hidrología, también es más preciso siempre y cuando se toman en consideración los efectos del relieve interior en la distribución de la lluvia.

Es posible percatarse en la información presentada en los mapas 3 y 5, que el factor principal que determina el régimen térmico de la cuenca es la altitud del relieve, ya que en su totalidad alcanza valores mayores a 1000 msnm. Las isotermas extremas que se encontraron son de 15°C en el límite norte de la cuenca (2200 msnm) y 21°C en el límite sur (1200 msnm). La diferencia existente entre los valores de isotermas es considerable si se toma en cuenta que es relativamente reducida la distancia entre latitudes extremas.

Con respecto a las isoyetas, la notada con 1000 mm se encuentra ubicada sólo en el extremo norte de la cuenca a pesar de estar a altitudes mayores a 2000 msnm, quizá se deba su existencia a que las dos estaciones climatológicas que se utilizaron en esta parte, ya corresponden a las cuencas de los cauces que fluyen hacia la depresión de la Laguna de Chapala, además por la posición geográfica que ocupan localmente (pequeñas depresiones rodeadas de prominencias), lo que origina que tengan valores más bajos en precipitación media anual, 952 y 973 mm respectivamente.

Para poder entender las características del régimen de

lluvias de la cuenca, es bueno recordar algunos de los principales fenómenos meteorológicos relacionados con la circulación atmosférica de la franja central de la República Mexicana:

a) Los vientos alisios del noreste que parten de la zona de corrientes descendentes subtropicales en dirección suroeste son fuente importante de lluvias cuando a través de la trayectoria que siguen arrastran el agua evaporada del Golfo de México.

b) Los ciclones tropicales de verano y otoño, son el resultado del desplazamiento hacia el Hemisferio Norte de la zona intertropical de convergencia (ZIC), que propicia un gran desarrollo nuboso-convectivo que produce fuertes precipitaciones, además origina los enormes vórtices al chocar los vientos del sureste con los del noreste, iniciando su giro en sentido retrógrado. Estos ciclones se forman entre el Golfo de Tehuantepec y el de Fonseca, describen trayectorias iniciales al oeste, luego tuerca hacia el noroeste siguiendo la forma definida por las costas del Océano Pacífico en México, entrando en algunas ocasiones a tierra, produciendo precipitaciones favorables en muchos casos.

I.2. Características fisiográfico-geológicas.

La provincia fisiográfico-geológica que incluye a la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande es el Sistema Volcánico Transversal (SVT). Se caracteriza esta provincia por contener una serie de cadenas montañosas volcánicas, paralelas y alineadas que cruzan la República Mexicana de este a oeste y de costa a costa, con una amplitud que va del paralelo 19° al 21°. Dicho sistema está constituido por una gran cantidad de volcanes originados por rocas ígneas de diversas composiciones (Nixon, 1981; Venegas, 1985) formando mesetas basálticas de altitudes mayores a 1700 mm, y por algunas cuencas endorreicas.

La evolución de las estructuras geológicas del Sistema Volcánico Transversal en la porción que comprende la zona de estudio se caracteriza en varias etapas:

a) En el triásico se presentaron hundimientos graduales que permitieron sedimentaciones amplias.

b) En el jurásico se conectan el Golfo de México con el Océano Pacífico por medio del Canal del Balsas.

c) En el cretácico inferior el mar cubrió mayor cantidad de tierras conservándose el Canal del Balsas (Tamayo, 1982). A partir del cretácico superior se inicia una vigorosa y amplia etapa compresiva (Campaniano), principiando los empujamientos de las intrusiones de granito, granodiorita y tonalita, levantando y plegando la secuencia ígneo-sedimentaria de la porción correspondiente al arco magmático insular que se reconoce desde Baja California, pasando por el Bloque de Jalisco hasta Oaxaca y Chiapas, compuesto este arco de rocas monzoníticas y basálticas asociadas con calizas. Después de una calma sedimentaria en la orogenia, sucede la fase compresiva del paleoceno (Laramílica) deformando y plegando los sedimentos acu

mulados, y exponiéndolos al trabajo erosivo.

d) Enseguida se produce la fase compresiva oligo-miocénica que origina plegamientos y fracturamientos intensos por donde efusionan tobas, brechas y derrames, de composición ácida e intermedia, así como intrusiones amplias de composición intermedia.

e) Finalmente sucede la fase tensional distensiva pliocuaternaria, formando grandes fallas y fisuras que originan chimeneas volcánicas, con orientación noreste-suroeste, por las que emanan grandes masas de basaltos y basaltos-andesíticos cuya orientación es semejante a las de las estructuras anteriores de tal forma que las cubren y ocultan en gran parte del Sistema Volcánico Transversal (Campa et al, 1975).

La litología que presenta la cuenca hidrográfica en su relieve interior, se caracteriza principalmente por la extensión amplia de los derrames basálticos del terciario superior ocupando la mayor superficie proporcional (mapa 6). La peculiaridad de estos materiales es que muestran textura porfídica, donde se observa nugita, pigeonita, y pirita en una matriz afanítica. En otras áreas, aunque con menor valor de superficie, se encuentran las tobas del terciario superior de diversos tipos de composición mineralógica: andesíticas, basálticas y riolíticas.

Las rocas más antiguas están en el sur y sureste de la cuenca, corresponden a secuencias sedimentarias de limolitas y areniscas depositadas en ambientes infralitorales del cretácico inferior, esta secuencia corresponde a la Formación San Lucas que subyace en posible discordancia a las calizas del cretácico inferior (carta geológica Colima, clave E-13-3, escala 1:250,000, INEGI, SPP, 1982).

La secuencia sedimentaria descrita se encuentra intrusiva, en las cercanías de la desembocadura de la cuenca, por rocas intrusivas ácidas del cretácico, del tipo granodiorítico, son de color gris, contienen feldespatos potásicos, plagioclasa y hornblenda, presentan intemperismo profundo y están moderadamente fracturadas.

Finalmente se encuentran los materiales más recientes en la cuenca, los suelos aluviales y residuales del cuaternario. Los primeros se derivan principalmente del intemperismo y denudación de rocas volcánicas, se localizan formando pequeñas planicies de antiguas cuencas endorreicas generadas por el vulcanismo propio de la región, son suelos de color café oscuro, con arcilla, arena, limo y lúvicos de basalto mal clasificados.

Los suelos residuales sólo se encuentran en la parte centro-noroeste de la cuenca, coronando unas pequeñas mesetas de coladas de lava, son suelos arcillosos con fragmentos de rocas basálticas, y su color varía de café claro a rojizo como producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos.

En el interior de la cuenca y cerca de su divisoria de aguas en el exterior, existen varios edificios volcánicos a los que se les ha marcado (en la representación cartográfica correspondiente) la dirección del flujo de las coladas de lava basáltica, que cubrieron y "suavizaron" en algunas partes el relieve antecedente, en el terciario superior.

El número de fracturamientos es considerable, se encuentran en toda la superficie de la cuenca, aunque en mayor proporción desde la parte central hasta el extremo centro-occidental de la misma. Claramente se puede notar el control estructural del trayecto inicial de los ríos Agua de la Virgen, Las Trojes y El Greñero, y algunos otros de jerarquía menor, a causa de

las fracturas mencionadas (mapas 6 y 8).

Existen siete fallas normales detectadas, cuatro de las cuales tienen orientación noreste-suroeste y las tres restantes noroeste-sureste. Estas disyunciones del relieve ocasionan también el control estructural de la dirección de los ríos, al correr éstos al pie de los escarpes; y en otros casos cuando son perpendiculares a la línea de falla, provocan colgamientos de valles y encajamientos en los espejos del borde de la grieta modelando secciones trapezoidales.

I.3. Clasificación primaria de tipos de relieve.

Después de haber visto las características fisiográfico-geológicas de la región donde se encuentra la cuenca de estudio, y de haber hecho una pequeña descripción de la litología y cronología de las rocas que forman la parte sólida de aquélla, es importante y oportuno definir particularidades genéticas y espaciales de las geoformas. Para ello se explica a continuación el procedimiento seguido para la realización de la carta geomorfogenética o primaria de tipos de relieve.

Esta carta es el resultado del análisis de una amplia cantidad de elementos y del seguimiento de una serie de pasos comprendidos por la metodología geomorfológica elegida. Para la creación de esta carta fue necesario considerar los aspectos primordiales en la búsqueda de la explicación del relieve, y finalmente llegar a su zonificación, entendida ésta como la delimitación de la extensión espacial de las formas con orígenes y características comunes.

La clasificación utilizada en la elaboración de la carta mencionada es la morfogenética, propuesta y usada por Lugo, 1984; Palacio, 1983; Martínez L., 1980; Bocco, 1983; Correa P., (comunicación personal, 1986) y otros, quienes la han encontrado apropiada para usarla en estudios geomorfológicos en el territorio mexicano.

Aparentemente esta clasificación tiene su origen en la recomendada por la Comisión Internacional de Geomorfólogos, organizada y compuesta por científicos franceses, polacos, soviéticos y alemanes Democráticos (Bashenina et al, 1975, en Lugo, 1984, p.9) y que se basa en clasificar inicialmente las formas del relieve de acuerdo al proceso genético dominante que les dio origen.

Se considera al relieve como una resultante entre dos fuerzas en oposición, de acción continua, conocidas como endógenas y exógenas. A las primeras se les considera como responsables de la construcción del relieve. Resultan de la acción de escape de la energía calorífica que fluye desde el interior del planeta hacia las capas superficiales del mismo, obligando al movimiento tridimensional de los múltiples fragmentos de la corteza terrestre (tectónica global) que interactúan produciendo consecuentemente compresiones y distensiones mutuas lo cual origina fracturamientos y afallamientos por los que afloran hasta la superficie de la Tierra materiales magmáticos (vulcanismo), motivando la ampliación volumétrica del relieve en tiempos históricos cortos, del orden de meses y años.

A las fuerzas exógenas se les considera como las modeladoras del relieve. Son las originadas por la energía contenida en los diversos elementos dinámicos de la interfase litósfera-atmósfera-hidrosfera-biosfera, que tienden a suavizar las masas sólidas formadas por el vulcanismo y tectonismo, mediante dos acciones principales: la erosión y la depositación.

La clasificación morfogenética establece inicialmente tres tipos principales de relieve: I. Endógeno, II. Epiógeno modelado, y III. Exógeno. A estos grupos se les añaden y combinan un conjunto de especificaciones para definir las geoformas particulares, de acuerdo al interés de profundidad de clasificación, al objetivo perseguido en el estudio y a la escala de representación de la carta.

Las principales ventajas de esta clasificación son su sencillez y flexibilidad, ya que se facilita su aplicación y modificación de acuerdo a necesidades particulares, aunque conserva siempre su base de clasificación en función de los pro-

cesos dominantes que intervinieron en la creación de las formas.

La clasificación morfogenética usada para la elaboración de la carta de tipos de relieve se muestra completa en el cuadro 3.

Se nota de inmediato en la clasificación, que se le ha dado mayor énfasis y especificidad a las formas de origen endógeno, ya que como se ha expuesto antes, existe un dominio marcado de diversos elementos volcánicos dentro de la parte sólida de la cuenca, así como dentro de la provincia fisiográfico-geológica a que pertenece la misma, por lo que es necesario hacer este desglosamiento mayor.

El procedimiento seguido para la zonificación en la carta geomorfogenética, parte de tener información de ciertos antecedentes geológicos, históricos y estructurales, de la conformación del relieve general y local. Con esta información se pueden inferir las geoformas que predominarán en la carta por elaborar.

Enseguida, utilizando la cartografía geológica fuente se puede empezar a delimitar las zonas mayores del relieve común tomando en cuenta los elementos significativos simbolizados, fallas, fracturas, conos volcánicos, coladas, etc.

Después, considerando la información litológica y cronológica, se puede hacer una zonificación más fina en base a los tipos de materiales y sus edades. Finalmente se revisa la carta topográfica fuente y las fotografías aéreas de la cuenca, para conocer de manera cualitativa la geometría de las formas definidas por las curvas de nivel, así como por el efecto tridimensional de las imágenes, con lo que se infiere su grado de erosión al observar el mayor o menor número de inflexiones que tengan las isolíneas que configuran ese rasgo.

CLASIFICACION MORFOGENETICA DE TIPOS DE RELIEVE

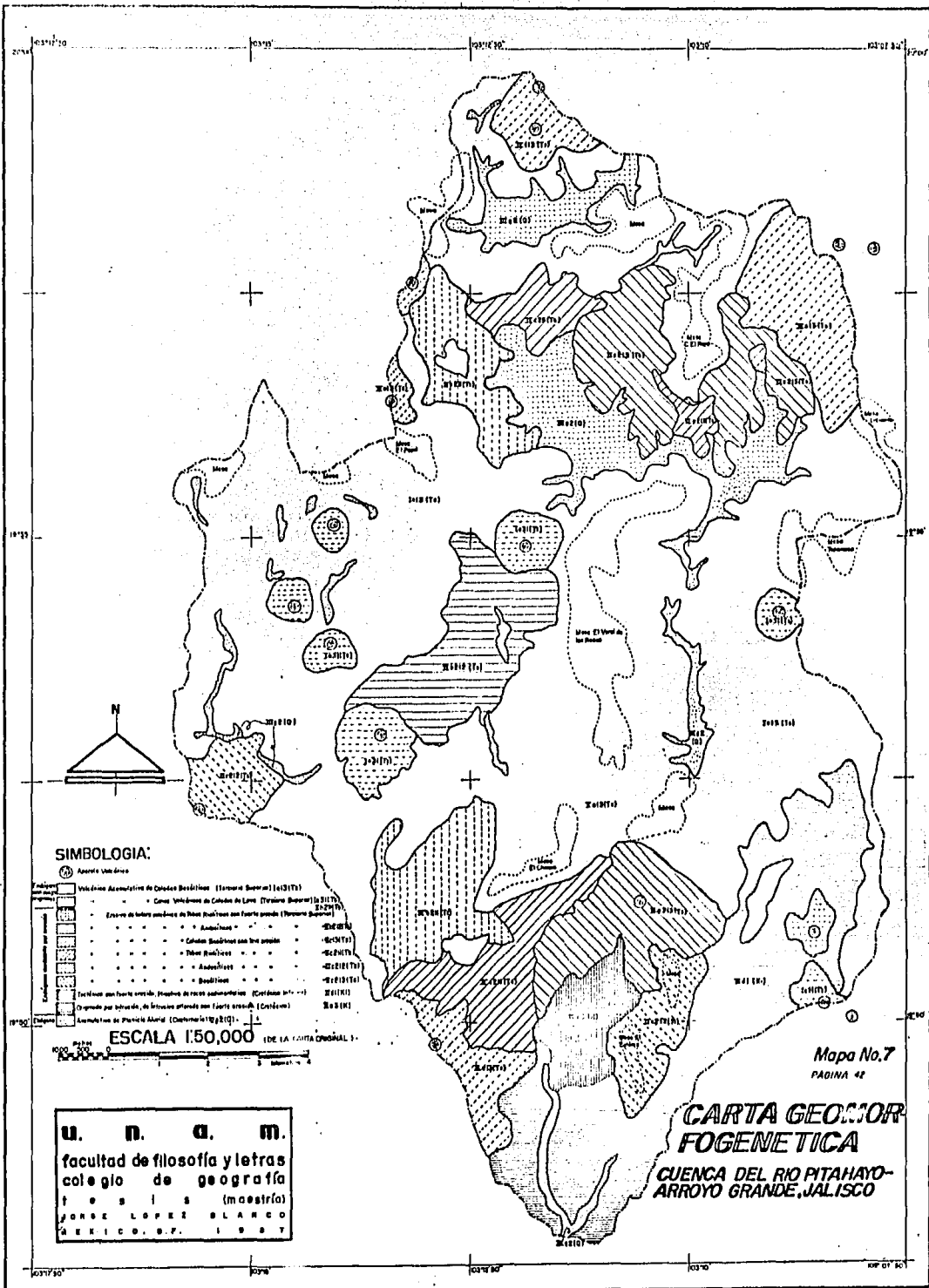
I)Relieve Endógeno con rasgos originales:	a)Volcánico Acumulativo	1)de Coladas:	1)Riolíticas, 2)Andesíticas 3)Basálticas	
		2)de Laderas Volcánicas:	1)de Coladas de lava, 2)de Piroclastos	
		3)de Conos Volcánicos:	1)de Coladas de lava, 2)de Piroclastos	
		4)de Domos Volcánicos:	1)Riolíticos, 2)Andesíticos 3)Basálticos	
II)Relieve Endógeno Modelado por erosión:	b)Volcánico Erosivo de Ladera Volcánica con fuerte erosión	1)de Coladas:	1)Riolíticas, 2)Andesíticas 3)Basálticas	
		2)de Piroclastos:	1)de Tobas:	1)Riolíticas, 2)Andesíticas, 3)Basálticas
			2)de Brechas:	1)Riolíticas, 2)Andesíticas 3)Basálticas
			3)de Ignimbritas	
	c)Volcánico Erosivo de Ladera Volcánica con leve erosión	1)de Coladas:	1)Riolíticas, 2)Andesíticas 3)Basálticas	
			2)de Piroclastos:	1)de Tobas:
		2)de Brechas:		1)Riolíticas 2)Andesíticas 3)Basálticas
		3)de Domo		3)de Ignimbritas
	d)Tectónico con fuerte erosión:	4)de Laderas de Esquistos		
		1)Plicativo de Rocas Sedimentarias 2)De Bloque Levantado 3)De Bloque Hundido 4)De Bloque Basculado		
e)Originado por intrusión:	1)De Intrusivo cubierto, con leve erosión 2)De Intrusivo aflorado poco erosionado 3)De Intrusivo aflorado, con fuerte erosión.			
	f)Erosivo:	1)Fluvial 2)Glacial 3)Marino (de litoral, de plataforma continental, de fondo oceánico) 4)Eólico		
g)Acumulativo:		1)De Planicie Lacustre, 2)De Planicie Aluvial, 3)De superficie cubierta por deluvión, 4)De superficie cubierta por coluvión, 5)Glacial, 6)Marino, 7)Eólico.		
III)Relieve Exógeno:				

Como información complementaria para definir la distribución de los tipos de relieve, se debe utilizar y analizar toda la cartografía temática disponible ya que en ciertos casos resulta de valor concluyente.

Los tipos de relieve determinados y ubicados de acuerdo a las formas encontradas dentro de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande se pueden describir así:

I.a.1.3 (Ts) Relieve endógeno con rasgos originales, volcánico acumulativo de coladas de lava basáltica. Con una edad de materiales y formas correspondiente al terciario superior. Este tipo de relieve se localiza principalmente en la parte central de la cuenca, desde la divisoria este hasta la oeste, ocupando la mayor cantidad proporcional de superficie interior. Son formas originales, jóvenes, poco erosionadas, sumamente fracturadas y por lo tanto muy permeables. Su origen está asociado a los fenómenos tectónicos distensivos regionales del mioceno, que provocaron grandes alineaciones de extrusión magmática por las que fluyeron efusivamente coladas basálticas de poca coherencia que suavizaron y cubrieron el relieve anterior, sobreyaciendolo y formando gran cantidad de superficies aplanadas y prominentes conocidas como "mesas de coladas de lava", (ver mapa 7).

I.a.3.1 (Te) Relieve endógeno con rasgos originales, volcánico acumulativo, de conos volcánicos de coladas de lava basáltica, con una edad de los materiales y de las formas correspondientes al terciario superior. Se caracterizan por ser volcanes pequeños en extensión y altitud, pero que sobresalen apreciablemente de las altitudes medias de las coladas circundantes. Son formas originales, jóvenes, con intemperismo somero, poco erosionadas y muy fracturadas, dando por resultado su



SIMBOLOGIA:

	Apoyos Volcánicos
	Velocidad Acumulativa de Ondas Basálticas (Terreno Superior) [a] (b) (c)
	Conos Volcánicos de Coladas de Lava (Terreno Superior) [a] (b) (c)
	Escarpes de talud pendientes de Pisos Pluviales con fuerte erosión (Terreno Superior)
	Andénitos
	Coladas Basálticas con tres niveles
	Talud Basálticos
	Andénitos
	Basálticos
	Escarpes con fuerte erosión; Resacas de raras subparadas (Terreno inferior)
	Escarpes por actividad de lavas avanzadas con fuerte erosión (Terreno inferior)
	Escarpes por actividad de lavas avanzadas con fuerte erosión (Terreno inferior)

ESCALA 1:50,000

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 t o s l s (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1957

Mapa No.7
 PAGINA 42

CARTA GEOMORFOGENETICA
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

alta permeabilidad. Son ocho volcanes de este tipo, localizados cuatro de ellos en la parte centro-este, uno en el centro, otro en el extremo este y los dos restantes en el lado sureste.

II.b.2.1.1 (Ts) Relieve endógeno modelado por erosión, de ladera volcánica cubierta de piroclastos de tobas riolíticas con fuerte denudación, con una edad de los materiales y de las formas correspondientes al terciario superior. Se caracteriza por estar compuesto de materiales consolidados, relativamente fáciles de erosionar debido a su baja permeabilidad, a los rios someros y pedregosos, al intemperismo marcado, y a las pendientes muy pronunciadas localizadas en los escarpes donde terminan las coladas, o al pie de los volcanes. Presentan fracturamiento moderado, siendo estas zonas parcialmente ocupadas en pastizales inducidos en regosoles y luvisoles de fase lítica. Este tipo de relieve se localiza sólo en dos zonas: en las partes centro-noroeste y centro-suroeste de la cuenca.

II.b.2.1.2 (Ts) Relieve endógeno volcánico modelado por la erosión, de ladera cubierta de piroclastos de tobas andesíticas con erosión media-alta, con una edad de los materiales y de las formas correspondientes al terciario superior. Se compone de materiales detríticos medianamente consolidados, con fracturamiento moderado, intemperismo somero y permeabilidad moderada. Existe en estas formas influencia importante de las pendientes, ya que van del rango de 12° a 20° y en algunos casos lo superan. Están localizadas únicamente en la parte centro-este de la cuenca.

II.c.1.1 (Ts) Relieve endógeno modelado por erosión, de ladera volcánica de coladas basálticas masivas con leve degradación, y edad de los materiales y de las formas correspondientes al terciario superior. Se caracteriza por ser volcanes

prominentes y extensos de superficie, de altitudes mayores a los 2200 msnm (excepto el Cerro Las Minas situado en la parte sur el cual tiene 1960 msnm), poseen tipo de drenaje radial cen^{tr}ífugo y en otros casos paralelo, formando largos abarrancamientos (ladera suroeste del Cerro La Pitahaya al noreste de la cuenca). Presentan fracturamiento moderado de preferencia longitudinal a las coladas, intemperismo somero y permeabilidad mediana. Se localizan formando parte de la divisoria de aguas, principalmente al noroeste, norte y noreste, y sólo una porción al suroeste; en ésta última se presentan las mayores pendientes en este tipo de relieve, de 20° a 45°.

II.c.2.1.1 (Ts) Relieve endógeno modelado por erosión de ladera volcánica cubierta de piroclastos de tobas riolíticas con erosión media-baja, y edad de los materiales y formas correspondientes al terciario superior. La etapa de erosión que presentan estas formas se debe principalmente a la consolidación del material, que le da un carácter de permeabilidad baja, intemperismo profundo y fracturamiento moderado, con suelos someros del tipo luvisoles vérticos en fase lítica. Se localizan en las zonas centro-norte, centro-noreste y centro-suroeste, cercanas a los escarpes de coladas de lava, teniendo en muchos casos pendientes entre 20° y 45°.

II.c.2.1.2 (Ts) Relieve endógeno modelado por erosión de ladera volcánica cubierta de piroclastos de tobas andesíti^{ca}s con erosión media-baja, y una edad de los materiales y formas correspondientes al terciario superior. Se localizan al suroeste y sureste de la cuenca, cuando está asociado este tipo de relieve a las laderas de volcanes el grado de denudación es mayor con respecto a los casos en donde las tobas recubren coladas de lava de superficie plana (mesas), como sucede en las

formas situadas al sureste. Presentan fracturamiento moderado, intemperismo somero, permeabilidad alta en la zona del sureste (mesas El Colomo), y mediana al suroeste (Cerro Prieto).

II.c.2.1.3 (T_B) Relieve endógeno modelado por erosión de ladera volcánica cubierta de piroclastos de tobas basálticas con denudación leve, con una edad de los materiales y de las formas correspondientes al terciario superior. Se localizan al noreste y centro-sur, se caracteriza este relieve, al igual que los dos anteriores, por ser parte resultante de explosiones volcánicas acompañadas de materiales detríticos, condicionándose su depositación por la peculiaridad del tiempo atmosférico en el momento de la explosión. Presentan fracturamiento intenso, intemperismo somero y permeabilidad alta, lo que le da el carácter erosivo leve. En la zona centro-sur (Cerro El Canselo) el rango de pendientes es bastante homogéneo en las laderas del cerro, va de 20° a 45° (mapa 18).

II.d.1 (K1) Relieve endógeno modelado por erosión, tectónico-erosivo y plegado, con fuerte grado de denudación; la edad de los materiales sedimentarios (alternancia de limolitas y areniscas) son del cretácico inferior, los más antiguos de la cuenca. Se localizan estas formas del relieve al sur y sureste de la cuenca, en la porción de pendientes fuertes, son afloramientos de materiales que subyacen en toda la región, masas del relieve que no pudieron ser cubiertas por los continuos derrames de lava, ni por los piroclastos de las explosiones volcánicas, es por ello que los agentes modeladores continuaron afectando la superficie de este relieve desgastándolo de manera importante. Presentan fracturamiento de moderado a intenso, intemperismo somero y permeabilidad de baja a mediana. Existen suelos feozema lavados en fase gravosa y vegetación dominante

de selva baja caducifolia, perturbada antrópicamente en algunas zonas a tal grado que es considerada como vegetación secundaria, este impacto no natural es causado por la forma de utilización del suelo, ya que existen multitud de espacios dedicados al cultivo de maíz en forma nomádica, pastizales inducidos y cultivos temporales anuales, ubicados principalmente en las laderas orientadas hacia los escurrimientos principales.

II.e.3 (K) Relieve endógeno modelado por erosión con origen en un cuerpo intrusivo, es del tipo aflorado fuertemente denudado; la edad de los materiales como de las formas son correspondientes al cretácico. Son los segundos elementos más antiguos de la cuenca ya que se encuentran intrusando a la alternancia de materiales sedimentarios que se describieron antes. Consisten en rocas intrusivas ácidas (granito y granodiorita) de color gris, afectadas por intemperismo profundo, fracturamiento moderado y permeabilidad mediana. Las condiciones de vegetación y de suelos son similares a las del relieve anterior descrito, presentando también impactos ambientales antrópicos. Estas formas de origen intrusivo se localizan únicamente al centro-sur de la cuenca, cerca de su desembocadura.

III.g.2 (Q) Relieve exógeno acumulativo de planicie aluvial de edad cuaternaria, se localiza principalmente en las zonas: norte, centro-norte, centro-noreste y centro-este; existiendo también espacios pequeños al oeste y al sur, en la confluencia de los dos colectores principales (El Pitahaya y El Arroyo Grande). Se caracterizan estas formas por tener un origen de depositación fluvial de los materiales acarreados desde las partes más altas del relieve local. La mayor extensión de ellas se encuentra al norte de la cuenca. Posiblemente existe esta distribución tan marcada debido al "suavizado" del relieve

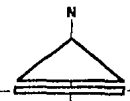
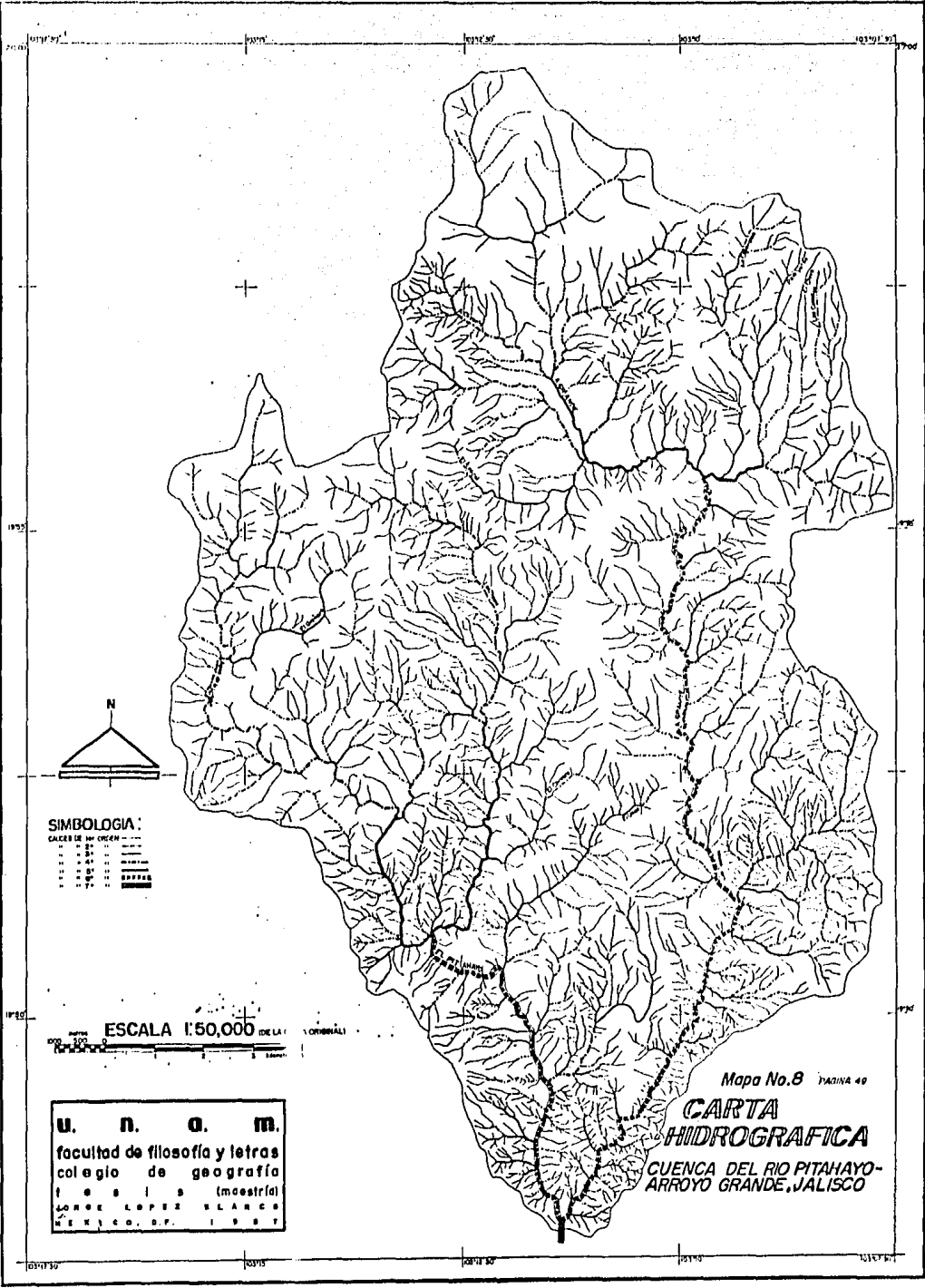
ve anterior, causado por las múltiples coladas de materiales ígneos y el cubrimiento de piroclastos, quedando en algunos ca^o sos espacios no cubiertos por el vulcanismo reciente, con dre^u najes poco eficientes, y niveles de base locales, extensos y escalonados formando cuencas endorreicas (lagos pequeños), que luego se tornaron en exorreicas debido al efecto de erosión re^g resiva al encajarse los cauces en las fracturas de las formas basálticas. En la porción oeste se nota este mismo tipo de for^u mas en número mayor pero con extensiones reducidas, causado és^o to por el carácter pronunciadamente masivo del relieve, que no permitió la formación de planicies más amplias.

Estas formas son utilizadas por el hombre con fines de producción agrícola y pecuaria, se cultiva en ellas maíz de temporal una vez al año y se inducen pastizales para el ganado. Sólo en la parte sur de la cuenca, cerca de la desembocadura, existen planicies con régimen de riego con cultivos semiperman^u nentes de caña de azúcar. Los tipos dominantes de suelo son los andosoles y vertisoles.

1.4. Características cualitativas de la red fluvial.

En el mapa 8, que pertenece a la cartografía hidrográfica, se puede apreciar específicamente toda la red fluvial de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, simbolizados cada uno de los tramos de cauce con la jerarquía de ordenamiento que le corresponde. La clasificación usada para darle los números de orden a los cauces es la desarrollada por Horton y modificada por Strahler (1964), la cual será explicada convenientemente en el capítulo siguiente.

Es difícil definir un patrón de drenaje que caracterice toda la red fluvial de la cuenca, aunque se puede decir que hay un dominio relativo del tipo dendrítico o arborecente. Tóricamente este patrón está relacionado con áreas homogéneas en litología (Guerra, 1980), aunque en este caso no podría aplicarse esa suposición, ya que a pesar de existir diferencias notables en litología y en edades, el acomodo de los cauces en general proporcionan el patrón mencionado. Se pueden definir otros tipos de drenaje que cubren áreas pequeñas en la cuenca y que son característicos del Sistema Volcánico Transversal. Uno de ellos es el radial centrífugo, denominado así porque los valles fluviales se encuentran dispuestos a partir de un centro común más elevado siguiendo trayectorias rectilíneas en los tramos iniciales. Este arreglo del sistema de drenaje se desarrolla preferentemente en relieves de conos volcánicos, de domos, y en otras estructuras aisladas, prominentes y cónicas. En la cuenca se localizan en las laderas de los siguientes volcanes: al sur El Canelo y Las Minas; al suroeste, Cerro Prieto y El Remolino; al noroeste, El Valle; y al noreste, La Pitahaya. Existen otros volcanes que por su escasa amplitud y altitud no demuestran de una manera muy clara esta forma radial, aunque



SIMBOLOGIA:
 CACERES DE ORIGEN
 CACERES DE SEGUNDA ORDEN
 CACERES DE TERCERA ORDEN
 CACERES DE CUARTA ORDEN
 CACERES DE QUINTA ORDEN
 CACERES DE SEXTA ORDEN
 CACERES DE SEPTIMA ORDEN
 CACERES DE OCTAVA ORDEN
 CACERES DE NOVENA ORDEN
 CACERES DE DECIMA ORDEN

ESCALA 1:50,000 DE LA 1:100,000 ORIGINAL

U. N. O. M.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 tesis (maestría)
 JORGE LÓPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

Mapa No. 8 PAGINA 40
**CARTA
 HIDROGRAFICA**
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

podría ser inferida e incluirlos en este grupo.

El otro tipo de drenaje que se nota en la red fluvial es el paralelo, consiste como su nombre lo dice, en el paralelismo existente entre un número sucesivo de corrientes que fluyen en forma equidistante sobre una área considerable de terreno. Se localiza solamente al noreste de la cuenca, dentro de las laderas del volcán La Pitahaya (2440 msnm), el más amplio y alto de la zona, no tiene pendientes muy pronunciadas pero sí un control estructural de fracturas que ayudan a tomar trayectos rectilíneos y de longitud considerable.

Al este y noreste de la mesa El Colomo, lo mismo que al norte del Cerro Las Minas, se observan configuraciones asimétricas del drenaje dendrítico, es decir un desequilibrio entre el número de tributarios situados en cada una de las márgenes del colector principal en ese punto. En el caso de la mesa, la causa aparente es el distinto grado de erosión en las laderas; en la margen derecha existen materiales recientes, poco trabajados y con pendientes pronunciadas en los escarpes; en la margen izquierda los materiales sedimentarios son más antiguos, tienen pendientes menos fuertes y están muy trabajadas sus laderas. En la zona cercana al Cerro Las Minas la causa del desequilibrio es el control estructural provocado por la fractura y falla orientadas en sentido norte-sur, y por las muestras de fuerte erosión en las laderas de tobas riolíticas.

Revisando la frecuencia y la densidad de la red fluvial en la carta hidrográfica, así como las longitudes de los cauces y sus trayectorias seguidas se pueden diferenciar las siguientes porciones de la cuenca: En la parte norte extrema los cauces son en general más largos, la frecuencia cualitativa es reducida y la pendiente es suave. En la parte sur y sureste la

frecuencia de cauces crece ampliamente, se tiene los rangos más altos de pendientes, los ríos son de menor longitud y sensiblemente rectos. Finalmente en las partes centrales, de este a o este, y en la parte media del centro al norte, las pendientes están en los rangos intermedios, la frecuencia de cauces también es media (con respecto a los valores extremos mencionados antes), lo mismo que la longitud de los cauces. Es de esta manera como se podría describir de una forma muy general el arreglo espacial de la red fluvial de la cuenca de estudio.

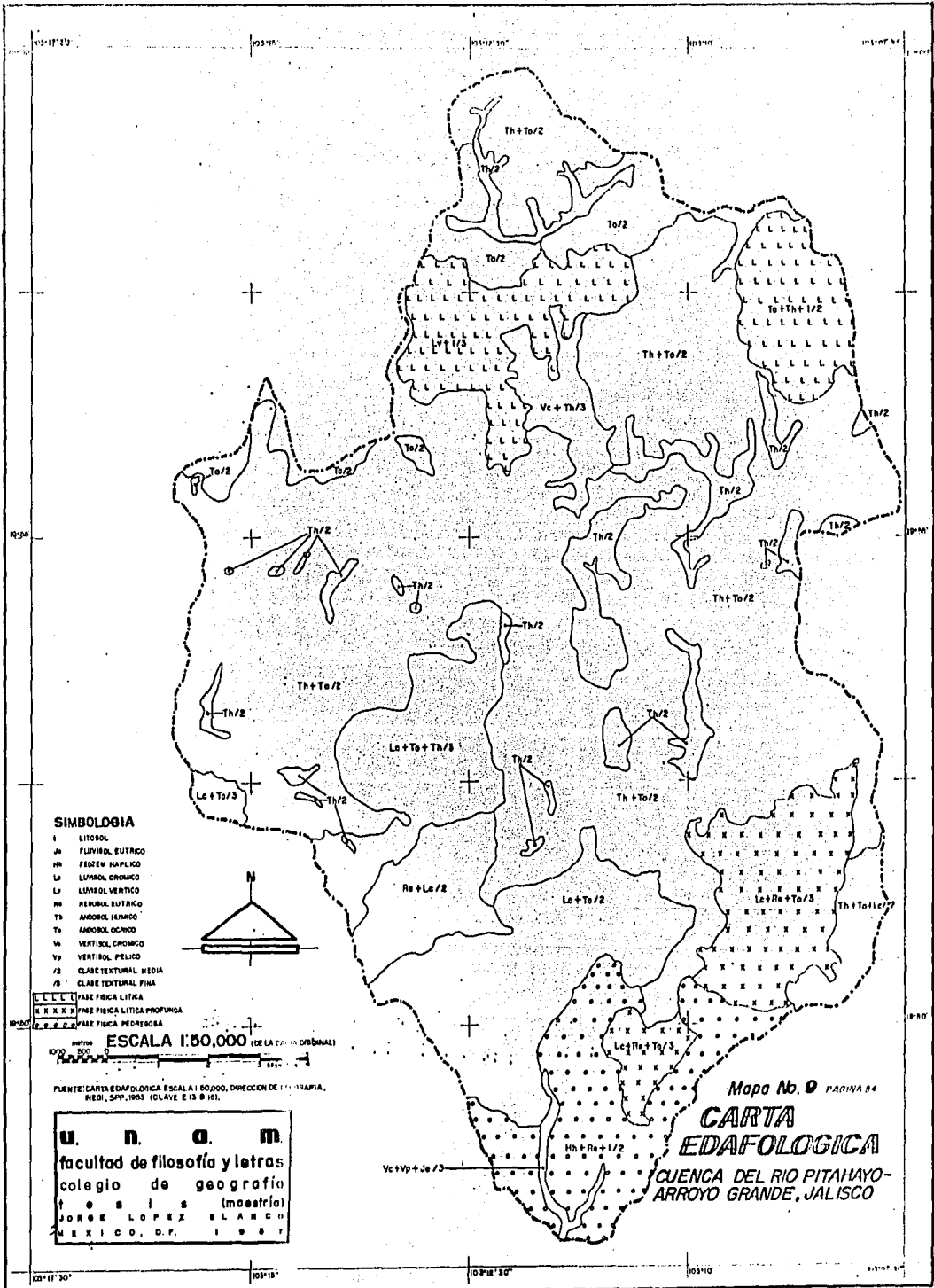
I.5. Breve explicación de la información contenida en la carta hipsométrica.

La finalidad de esta carta es mostrar espacialmente la amplitud del relieve contenido en la cuenca con respecto a ciertos rangos de altitudes (mapa 3), esto resulta útil en los casos que es necesario definir, por ejemplo; las prominencias mayores de la cuenca, la diferencia altitudinal entre la cabecera y la desembocadura, la localización de las pendientes máximas y mínimas, además facilita la medición de las superficies entre curvas de nivel para efectos de elaboración de la curva hipsométrica (ver parte II.3.3 del capítulo siguiente).

En esta carta se puede ver algo que es definitivo en las características del relieve de la cuenca, esto es, que aproximadamente el 70% de la superficie de ella tiene sólo seis de los trece rangos de altitudes simbolizados y el otro 30% tiene los siete restantes. Esto dice mucho de las particularidades de las pendientes en las dos zonas mencionadas, en la primera son más suaves y extendidas, en la segunda son abruptas y cortas, principalmente en las laderas de los volcanes y en los escarpes, notándose como la anchura de las franjas se reduce, a

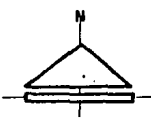
cercándose mucho las curvas de nivel, que en este caso se representan con líneas negras en los límites de las franjas. Los aparatos volcánicos son fáciles de inferir por las franjas envolventes, presentando paralelismo y formas similares que se amplían progresivamente hacia los rangos de altitudes menores. En las cercanías de la desembocadura se puede notar también como se van ampliando los espacios entre las franjas, esto indica la parte inicial de la planicie aluvial que aguas abajo, y fuera de la cuenca, alcanza su máximo desarrollo.

- LINSLEY, R.K., FRANZINI, J.B. Water-Resources engineering. Tokio, McGraw Hill/Kogakusha, 1979.
- LEOPOLD, Luna B. et al. Fluvial processes in Geomorphology. - San Francisco, W.H. Freeman and Co., 1964.
- LUGO HUBP, José. Geomorfología del sur de la Cuenca de México. Instituto de Geografía de la UNAM, Serie Varia T.1 No.8, México, 1984.
- LVOVICH, Mark. El agua en el mundo: Presente y futuro. Buenos Aires, Ed. Cartago, 1975.
- MADEREY RASCON, Laura E. El agua de escurrimiento en la República Mexicana. Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1977.
- MARSH, William M., DOZIER, Jeff. Landscape, (An introduction to Physical Geography). Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Co., 1981.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Estudio comparativo de la morfometría básica de dos cuencas hidrográficas, (Tesis maestría), México, UNAM, 1982.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato. Serie Varia T.1 No. 6, México, Instituto de Geografía de la UNAM, 1980.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Aspectos de la morfometría fluvial, (Metodología y aplicación en los estudios de las redes hidrográficas de la Cuenca de México), Ponencia 1ª Congreso interno del Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1983.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel, (Compilador). Principales aspectos morfométricos de las cuencas fluviales, (Inédito), México, Instituto de Geografía de la UNAM.
- MARTINEZ DE PISON, Eduardo. El relieve de la Tierra. Colección Salvat, Temas Clave No.75 (Aula abierta). Madrid, Ed. Salvat,



SIMBOLOGIA

- I LITOSOL
- Ja FLUVIOL EUTRICO
- Ha FIZION HAPLICO
- Lp LUVIOL CROMICO
- Lv LUVIOL VERTICO
- Rh HEMISOL EUTRICO
- Ts AMOSOL EUTRICO
- Tv AMOSOL VERTICO
- Vh VERTISOL CROMICO
- Vv VERTISOL VERTICO
- /3 CLASE TEXTURAL MEDIA
- /2 CLASE TEXTURAL FINA
- ||||| FASE FISICA LITICA
- xxxxx FASE FISICA LITICA PROFUNDA
- zzzzz FASE FISICA PEDREGOSA



ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

FUENTE: CARTA EDAFOLOGICA ESCALA 1:50,000, DIRECCION DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS, ICAJE, S.A.P.A. (CLAVE E 13 9 16)

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 tesis (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

Mapa No. 9 PAGINA 44
CARTA EDAFOLOGICA
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

tes. En esta subunidad hay una zona diferenciada en fase física por ser lítica profunda, localizada en las laderas del volcán Cerro La Pitahaya, al extremo noreste de la cuenca. Su parte secundaria (ócrico) presenta el horizonte A de coloración clara, y pobre en materia orgánica.

Los andosoles húmicos se localizan en pequeñas áreas en las planicies aluviales más reducidas y en las partes planas de las mesas, principalmente en la del Varal de las Rosas, La puente y Tapaneco (mapa 7).

Esta unidad de suelos ha sido usada con cierta intensidad en los lugares donde las condiciones de pendiente lo permiten (mesas, planicies fluviales, laderas de volcanes, y coladas) se cultiva maíz en el temporal anual y se inducen pastizales con fines de producción pecuaria.

La unidad de suelos que por su superficie ocupa el segundo lugar (aproximadamente el 25% del total de la cuenca) es de los luvisoles. Se caracterizan por ser ricos en nutrientes, su horizonte A puede ser claro o rojo y el B tiene abundante cantidad de arcillas, son de climas templados y vegetación boscosa, se usan en algunas pequeñas zonas con fines de producción agropecuaria.

Al noreste, donde se desarrolla el Arroyo Chiquito existe la subunidad de luvisoles vérticos asociada con litosoles. Son suelos de poco desarrollo, presentan grietas cuando se resacan y poseen fertilidad moderada, se encuentran en la fase lítica y son usados con fines agrícolas donde las condiciones del relieve lo permiten. Al suroeste de la mesa El Varal de las Rosas está la subunidad de luvisoles crómicos asociados con andosoles húmicos y ócricos, se caracteriza por ser de color rojo y tiene fertilidad moderada, se encuentran impactados antró

picamente solamente en algunas extensiones reducidas. También hay luvisoles crómicos asociados únicamente con andosoles ócricos, esta subunidad se localiza exclusivamente entre las laderas suroeste del Cerro El Canelo y la noreste del Cerro Las Minas, en esta zona la selva baja caducifolia aparece originada por la reducción de los rangos de altitud (1600 msnm) y por el cambio de temperatura (más de 18°C). Al este y sur del Cerro El Canelo están los luvisoles crómicos asociados con regosoles y andosoles ócricos, en fase lítica, aparece en esta parte también la selva baja considerada como vegetación secundaria por el intenso impacto antrópico.

La tercera unidad en extensión (8% aprox.) es de suelos feozem con subunidad háplico, asociados con regosoles y con litosoles. Se localizan sólo en la parte sur de la cuenca, cercana a la desembocadura y presentan fase física gravosa. La vegetación dominante es la selva baja caducifolia influenciada por cultivos nomádicos y pastizales, en las laderas.

Los regosoles son la cuarta unidad simbolizada, se encuentran únicamente hacia el norte del Cerro Las Minas en la ladera erosionada de tobas riolíticas, tiene la subunidad eútrico y están asociados con luvisoles crómicos. Son suelos claros de fertilidad moderada y presentan fase lítica, la vegetación es de selva baja con bosque de pino-encino y pastizales inducidos.

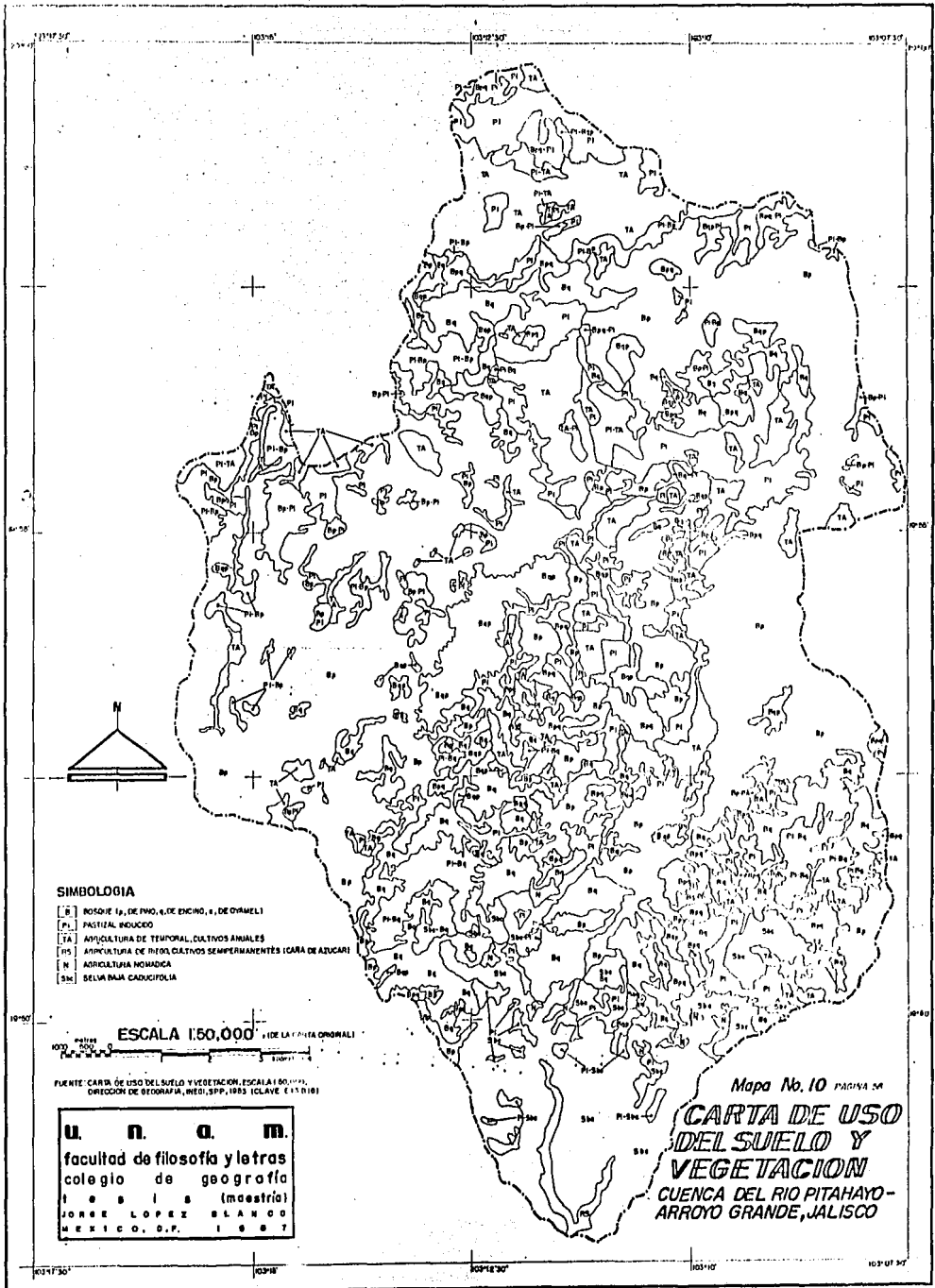
La última unidad es de los vertisoles, son suelos muy arcillosos y rojizos, de zonas templadas y cálidas en las que hay estación seca y lluviosa marcada, se utilizan totalmente con fines agrícolas y pecuarios. En la parte norte, cerca del poblado El Recreo se encuentran vertisoles crómicos asociados con andosoles húmicos, los cuales se usan para cultivos de maíz

de temporal, alternándose con pastizales que mantienen el gando Holstein y Criollo que predomina en la región. En las planicies aluviales del sur, cercanas a la desembocadura, existen vertisoles crómicos, suelos rojizos y profundos regados por el Río Contla, los cuales se utilizan para el cultivo de la caña de azúcar que es procesada en el Ingenio Tamazula, muy cercano a la zona de estudio.

I.7. Uso del suelo y vegetación.

En la zona de estudio existe un dominio sensible de la vegetación natural de bosque de clima templado; pinos (Pinus spp.) en las porciones con los mayores valores de altitud (más de 2000 msnm) y asociaciones de pino-encino (Quercus spp.) en las altitudes medias (1400-2000 msnm) (mapa 10). Se han detectado evidencias en estas zonas de partes amplias desforestadas, originado este impacto por : la apertura de espacios forestales para el uso agrícola de los suelos, la utilización de la madera de los árboles como combustible y para enviarla a procesar en la fábrica de papel de Atenquique, Jal. En la zona noreste de la cuenca, comprendida por el Cerro La Pitahaya y la mesa Tapaneco se explota intensivamente la trementina del pino lacio (Pinus michoacana) que es enviada a Ciudad Guzmán y Guadalajara, Jal.

La parte sur de la cuenca es un ejemplo característico de la influencia del clima y la altitud en la conformación de las comunidades vegetales. Abajo de los 1600 msnm, muy cerca de la isoterma 18°C, que es el límite entre el clima templado subhúmedo C(w₂)b hacia el norte, y el semicálido subhúmedo (A)C(w₁)(w) hacia el sur, existe un cambio radical en el tipo de vegetación, se torna a selva baja caducifolia conformada por



SIMBOLOGIA

- [B] BOSQUE 1a, (DE PINO, E, DE ENCINO, S, DE OYAMEL)
- [PI] PASTIZAL INDUCIDO
- [TA] AGRICULTURA DE TEMPORAL, CULTIVOS ANUALES
- [FIS] AGRICULTURA DE INTERESTIVOS SEMPERNANTES (CANA DE AZUCAR)
- [N] AGRICULTURA NOMADICA
- [SM] SELVA BAJA CADUCIFOLIA

ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

FUENTE: CARTA DE USO DEL SUELO Y VEGETACION, ESCALA 1:50,000, DIRECCION DE GEOGRAFIA, INEGI, S.P.P., 1985 (CLAVE 4151018)

u. n. a. m.
 facultad de filosofia y letras
 colegio de geografia
 I O B I B (maestria)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

Mapa No. 10 PAGINA 54
**CARTA DE USO
 DEL SUELO Y
 VEGETACION**
 CUENCA DEL RIO PITHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

Lysiloma divaricata, Bursera simaruba, Acacia cornigera, Guazuma ulmifolia, etc.

La vegetación no natural y la inducida se extienden por la mayor parte de la cuenca, aunque en mayor cantidad hacia la parte extrema norte, con amplias porciones de cultivo de maíz temporalero en los lomeríos de la parte sur del Cerro El Colomo, y en su ladera de pendientes suaves pastizales inducidos. Lo mismo pasa en la planicie aluvial del Arroyo Grande, localizada en la zona centro-norte y noreste, también en las partes planas de todas las mesas basálticas y en algunas laderas de los cerros, donde frecuentemente se cultiva maíz en forma nomádica.

La única parte donde se cultiva con riego es en la planicie aluvial de la desembocadura, es caña de azúcar considerada como cultivo semipermanente, sobre suelos vertisoles crómicos.

CAPITULO II

MORFOMETRIA GENERAL

La forma y cantidad de escurrimiento del agua en una cuenca, así como el efecto que produce en el relieve, dependen de diversos factores, siendo uno de los más importantes aquel que comprende las características fisiográficas de la misma.- La influencia de estos elementos, se sabe, tiene una relación íntima con la dinámica y respuesta geomorfológica-hidroológica de la unidad hidrográfica mencionada, por otro lado además, esa respuesta de la cuenca contribuye de manera considerable, en sentido inverso, a generar las características geométrico-espaciales del relieve. Se supone que esta interrelación puede aportar mecanismos cuantitativos, que permitan conocer y predecir la dinámica geomorfológica y eventualmente la respuesta hidroológica, a partir de aquellos parámetros físicos cuya información es relativamente fácil de medir.

En los últimos años se han podido desarrollar algunas relaciones útiles para el análisis morfométrico de cuencas fluviales (Morisawa, 1985), aunque el alcance de ellas no ha sido lo general que se ha deseado, quizás esto ha sido porque no se han muestreado los suficientes elementos con las características físicas variadas, que permitan establecer relaciones lo suficientemente consistentes para la predicción de los efectos del agua corriente en un espacio definido del relieve, aunque no se puede dejar al margen la firmeza matemática y analítica de lo alcanzado hasta el momento,

Dentro de los factores fisiográficos existen dos partes a considerar: Los aspectos puramente físicos y los factores morfológicos. Los primeros han sido descritos brevemente en el ca

pítulo anterior, constituyendo éstos, el conjunto de apreciaciones probadas y desglosadas por conveniencia, para poder analizar el sistema de erosión fluvial parcialmente (Geología, Vegetación, Suelos, etc.), con la síntesis de esta información interrelacionada y conjuntada con la morfológica y climática se puede llegar, desde el punto de vista de la Geografía Física, a la explicación del funcionamiento interno de una cuenca hidrográfica.

La visión morfológica agrupa aspectos fundamentales dentro de la metodología de la investigación científica, es el punto de partida necesario que describe el fenómeno de la mejor forma posible para llegar a su entendimiento racional, y como en este caso se está considerando a la red fluvial como fenómeno a explicar, hay que hacer un análisis tanto de las características de los ríos como del relieve que los alimenta.

La Morfología Fluvial se logra alcanzar con la conjunción de la información cualitativa (morfografía) y la cuantitativa (morfometría). Para el estudio de la cuenca del Pitahayo-A.Grande, la información morfográfica utilizada, es la que se presentó en las partes I.3 y I.4 del capítulo I (Mapas 7 y 8) que comprenden la clasificación de tipos de relieve dentro del sistema y la caracterización cualitativa de los patrones de drenaje y las formas y dimensiones de los cauces. La información que falta hasta ahora es la morfométrica, a la cual se le ha dado en este trabajo el espacio más amplio, no porque presente el aspecto más importante a estudiar en una cuenca, sino por el interés que siente el autor en definir algunos puntos que no han sido, a juicio de él, desarrollados con las particularidades espaciales necesarias.

La Morfometría Generalizada constituye el análisis cuan

titativo-espacial globalizado estadísticamente, de aquellos e l e m e n t o s g e o m e t r i c o s, y sus relaciones, que caracterizan a ca da una de las cuen cas hidro grá fic as, y que hace posible tener pará m e t r o s de com par a c i o n re s p e c t o a o t r o s s i s t e m a s de er o s i o n fl u v i a l con part icu lar i d a d e s em e j a n t e s. Es lo correspondiente a la descripción sistemática de una cuenca de drenaje y de su red de corrientes encauzadas.

Los factores del análisis morfométrico se conforman de la medición secuencial de elementos de la red fluvial y del re lie ve, progresivamente más complejos, es decir, se parte de la obtención de valores de propiedades lineales (as p e c t o s monod i m e n s i o n a l e s), después se continúa con los aspectos areales de la cuenca y subcuencas, que son los que comprenden valores de superficie o bidimensionales, finalmente se termina con los as p e c t o s del relieve y sus gradientes, considerándose ya en este punto a las tres dimensiones del espacio, estos elementos también son conocidos como propiedades volumétricas o altimétricas (Strahler, 1964, 1982).

Es muy grande la importancia de los elementos a con s i d e r a r en el análisis morfométrico, en cuanto a que condicionan la energía potencial, el movimiento y dirección del agua que se ha precipitado sobre la superficie de la cuenca y que esc u r r e hasta alcanzar algún elemento de la red fluvial, además por la velocidad que adquiere, por los efectos erosivos, de p o s i c i o n e s i o n e s de transporte que produce, y por el tiempo que tarda en llegar a la desembocadura de la misma.

En esta parte del estudio, se considerarán las med i c i o n e s morfométricas de manera general para toda la cuenca, esto es, que los valores que se obtengan serán los promedios estadísticos de todos los valores medidos, sin tomar en cuenta di a

crepancias espaciales internas.

La concepción teórica de esta forma de analizar la geo
metría del drenaje y de sus áreas de captación, se podría inter
pretar, yéndose un poco a los extremos, como una homogeneiza
ción matemática de las cuencas hidrográficas, es decir, se to
man a las expresiones espaciales del sistema como unidades com
pletas y homogéneas, sin diferencias importantes y con dinám
icas geomorfológico-hidrológicas semejantes.

Algunas de estas ideas serán ampliadas en las conclusio
nes del trabajo, lo que se puede decir por ahora, es que final
mente el análisis morfométrico generalizado ha servido mucho-
como primera aproximación en el estudio geométrico de cuencas,
sobre todo por la posibilidad de obtener con rapidez, paráme
tros que facilitan la extrápolación de valores a cuencas seme
jantes, aunque tampoco se pueden olvidar algunas desventajas-
en ciertos casos, tomando sólo este criterio de manejo de la-
información.

II.1. Aspectos Lineales de un Sistema de Erosión Fluvial

Estos aspectos se obtienen al realizar las mediciones-
sobre la Carta Hidrográfica, de todos los elementos que puedan
cuantificarse en la cuenca con unidades lineales, correspondien-
do en este caso, sólo a la medición de las longitudes de los-
cauces, sin tomar en cuenta la anchura de los mismos, ya que-
ni son medidas representadas en la carta fuente, debido a la-
dimensión de la escala, ni son comparables con sus propias lon
gitudes. Se mide además la longitud de la divisoria de aguas-
para tener el valor del perímetro de la cuenca (P_c) que se u-
sará en cálculos posteriores.

Existieron algunos pasos anteriores necesarios antes de

realizar las mediciones mencionadas, éstos se pueden reducir a lo siguiente: Se marcó en la carta fuente, el límite de la cuenca definido por la divisoria de aguas. Se remarcó y revisó la red hidrográfica, trazándose los cauces de primer orden que eran obvios, por la disposición de las curvas de nivel, y que no habían sido marcados durante la elaboración de la carta topográfica fuente (Clave E-13-B 16, SPP, 1980). Se revisó de manera expedita, el valor de la superficie de la cuenca, comprobando que estuviera cerca del valor extremo (250 km²) para ser considerada como cuenca pequeña (Chow en Springall, 1970).

II.1.1. Número de Segmentos de la Red de Cauces y sus Jerarquías.

El siguiente paso fue marcar el ordenamiento de la cuenca con base en la jerarquización de los cauces, utilizando en este caso la clasificación de Horton modificada por Strahler (Strahler, 1964, p.4-43). Esta consiste en definir los cauces de Primer Orden como los segmentos de la red de drenaje que no poseen ningún tributario, o sea que son los cauces que reciben directamente las aguas de arroyada. Si dos segmentos de Primer Orden de la red se unen, a partir de ese punto de unión el cauce es de Segundo Orden, y si dos segmentos de Segundo Orden se unen a partir de ahí el cauce es de Tercer Orden, y así sucesivamente, es decir, un cauce de Tercer Orden posee ramificaciones de Primero y Segundo. Por lo tanto, el número de orden mayor que se encuentre en una cuenca hidrográfica, será el que le de la jerarquía a dicha cuenca, teniendo el colector principal ese mismo orden (Mapa 8).

Por lo visto anteriormente, se puede suponer sin mucha dificultad, que el número de orden de una cuenca está relacio

nado directamente a la medida de contribución de los tributarios, a las dimensiones de los cauces y a la capacidad de de carga de los mismos.

Después de asignado el número de orden a cada uno de los segmentos de la red de cauces, se suman agrupándolos por jerarquía, con el fin de obtener el número, N_u , de segmentos de orden u . De acuerdo al ordenamiento de cauces de Horton, el número de ellos de un orden cualquiera, contiene mayor número de cauces del orden superior siguiente, y menor número del orden inferior a él (Cuadro 4 columnas 1 y 2). De esta idea surge el concepto de Relación de Bifurcación o de Confluencia, que es el valor adimensional obtenido a partir de la relación del número de segmentos de un orden dado N_u , con respecto al número de un orden superior N_{u+1} (Cuadro 4 columna 3), quedando expresada matemáticamente de la siguiente forma $R_b = N_u / N_{u+1}$. Esta relación generalmente no permanece constante entre los órdenes sucesivos de una cuenca, debido a las variaciones aleatorias normales de la misma. Horton, después de haber hecho mediciones en un gran número de cuencas, encontró que si permanecía la relación constante, con lo que desarrollo su Ley del Número de Co rrientes que dice: "El número de segmentos de cauces de cada orden forma una función exponencial inversa con la relación de bifurcación y el número de orden", es decir que $N_u = R_b^{k-u}$; donde k es el número de orden del colector principal.

Para poder comparar las determinaciones del análisis de Horton con respecto a los valores de la cuenca del río El Pita hayo-A.Grande, fue necesario realizar una gráfica semilogarítmica, en la que en el eje de las abscisas (X) se colocarían en escala aritmética los valores de los órdenes crecientes de los cauces y en el eje de las ordenadas (Y), en escala logarítmica

CARACTERISTICAS DE LA MORFOMETRIA GENERALIZADA DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAMAYO-A.GRANDE, EDO. DE JALISCO

Orden (m)	No. de cunetas (No)	R ₀	(L) en km	(C) en km	(C) en km acumulativo	R ₁	P ₁ (Unidad)	C ₁ (Unidad)	C ₂ (Unidad)	A ₁ (km ²)	A ₂ (km ²)	R ₂	S ₂	R ₃
P	2074	0.204	863.871	0.320	0.320	1.988	10.858	3.378	0.288	97.801	0.047	6.088	0.5888	0.538
P*	188	0.288	891.728	0.811	0.871	1.988	2.011	1.087	0.974	113.188	0.287	4.880	0.17034	0.678
P*	80	0.388	877.388	0.877	1.808	2.780	0.488	0.448	2.234	117.330	1.204	3.504	0.11814	0.408
P*	18	0.080	42.870	2.487	4.478	1.880	0.081	0.217	4.808	118.848	7.240	4.228	0.04888	0.288
P*	4	0.080	18.887	4.184	8.608	3.888	0.080	0.084	11.878	122.484	30.814	3.208	0.04888	0.780
P*	8	0.080	27.148	12.874	22.188	*	0.010	0.088	7.238	184.888	88.088	*	0.08187	*
P*	1	0.148	0.148	*	*	*	0.008	*	*	188.488	*	*	*	*
0000	0.077	1888.781	—	—	2.214	13.144	2.888	0.188	—	—	—	4.788	—	0.888

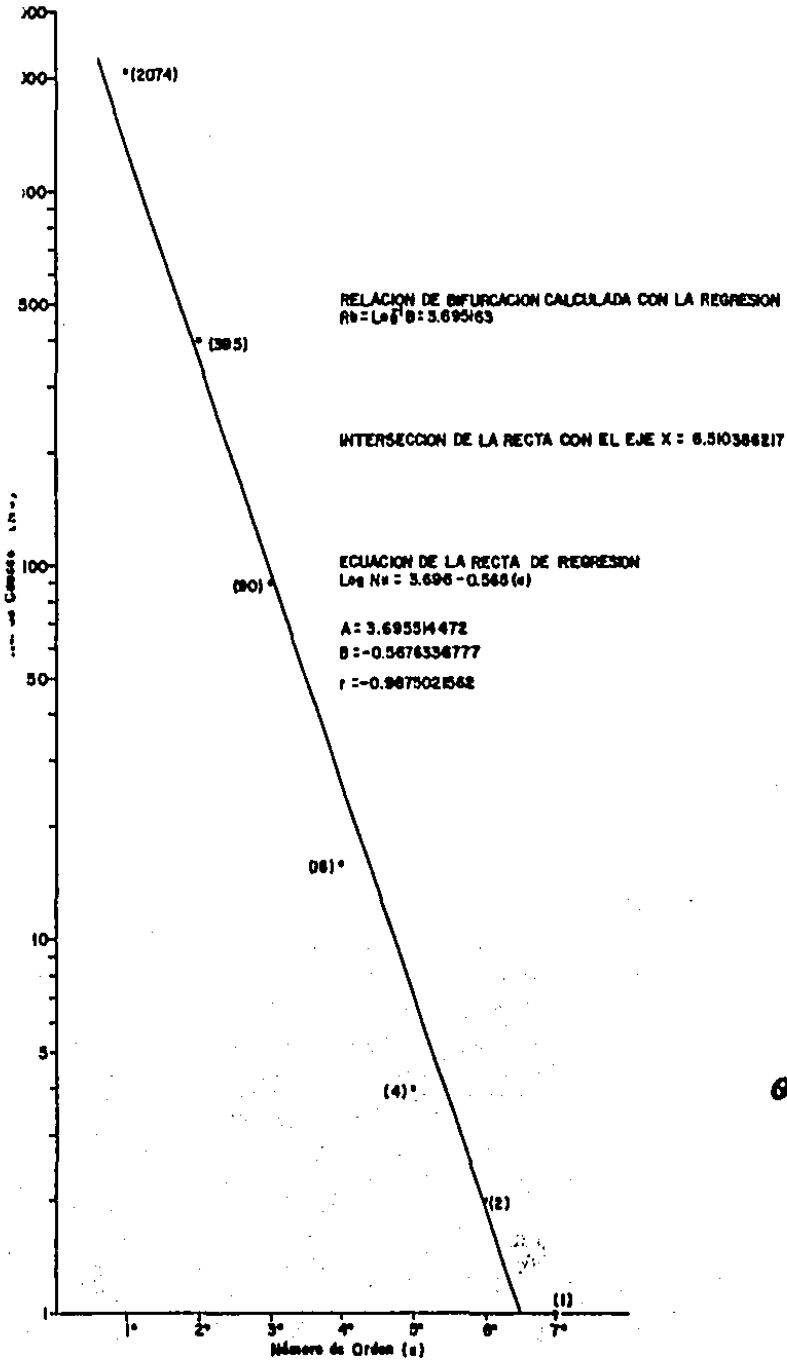
NOTA: * No se tomara para el cálculo las cunetas del orden P*, por no corresponder la superficie total de la cuenca (p-cunetas), abstrayendo total de ellas.

el número de cauces total por jerarquía. En la gráfica 2 se aprecia la mejor recta de ajuste para los datos de la cuenca de estudio, tiene una relación lineal marcada, aunque con pequeñas desviaciones de los puntos graficados con respecto a la recta mencionada. La Relación de Bifurcación para la regresión se calculó directamente utilizando el antilogaritmo del coeficiente B de la ecuación de regresión, resultando el valor siguiente: $R_b = \text{Log}^{-1} B = 3.695$. Como se ve, la recta tiene una fuerte tendencia al decrecimiento constante ($r = -0.988$) que va de acuerdo a la Ley del Número de Corrientes de Horton. Haciendo una comparación entre los valores encontrados en la realidad y los calculados por la relación de Horton, se encontró:

u	Nu (real)	$Nu = R_b^{k-u}$ (Horton)	Diferencia en % respecto a lo real
1º	2074	1342.40	-35.3%
2º	395	363.28	-8.0%
3º	90	98.31	+9.2%
4º	16	26.61	+66.3%
5º	4	7.20	+80.0%
6º	2	1.95	-2.6%
7º	1	0.53	-47.3%

En los datos claramente se notan las diferencias existentes entre el decrecimiento progresivo de una relación constante matemática, que es siempre la misma, y la relación de crecimiento variable de la cuenca real. En la fórmula de Horton el valor tomado de R_b fue el que se calculó en la regresión, u corresponde con el número de orden y k para este caso tuvo un valor constante de 6.5104 determinado por el valor de intersección de la recta de regresión con el eje de las X. Esta adaptación fue necesario hacerla debido a que la cuenca de estudio es "incompleta", es decir, que la desembocadura no correge

REGRESION DEL No. DE CAUCES CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS



GRAFICA No. 2

ponde con el punto de confluencia de dos cuencas de 7^o orden.

II.1.2. Longitudes de los cauces.

El siguiente paso es la obtención de las longitudes medias de los cauces de cada uno de los ordenes u. Consiste en medir por cualquier método práctico, cada uno de los cauces de un orden determinado, integrando las distancias, para que al final se tenga el número total de unidades lineales de todos los cauces de un orden (L_u), de tal forma que si se divide ese valor entre el número de cauces de ese orden, se obtiene el promedio buscado: $\bar{L}_u = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^N L_u$.

El conocer la longitud promedio de cauces puede dar indicios de las condiciones generales de eficiencia del sistema de drenaje. Generalmente las áreas bien drenadas y escarpadas tienen comunmente cauces rectos y pequeños, mientras que en regiones planas, donde los suelos son profundos y permeables, se tiene menor número de cauces, más largos y serpenteantes, que usualmente son corrientes perennes (Springall, 1970).

Analizando los valores encontrados para la cuenca (Cuadro 4 columnas 4 y 5) se puede ver una tendencia normal a la disminución de las longitudes totales L_u conforme se va incrementando el número de orden, sucediendo lo contrario con los valores de la longitud promedio \bar{L}_u , ya que estos se incrementan progresivamente. De esta última característica surge el concepto de Relación de Longitud (RL), que es la tendencia de crecimiento, de relación constante, de las longitudes medias de los cauces de un orden cualquiera con respecto al orden inmediato superior, se obtiene de la división de la longitud promedio \bar{L}_u de segmentos de orden u, entre la longitud promedio de segmentos del siguiente orden inferior \bar{L}_{u-1} , formalizando

la relación queda: $RL = \bar{L}_u / \bar{L}_u - 1$, esta consideración inicial le sirvió a Horton para establecer su Ley de Longitudes de Cauces "Las longitudes promedio de segmentos de cauces, de cada uno de los órdenes sucesivos de una cuenca, se acercan a una función directa exponencial de la forma $\bar{L}_u = \bar{L}_1 RL^{u-1}$ ". Se graficaron dos rectas de regresión en forma semilogarítmica, en el eje de las X, en escala aritmética, los valores crecientes de orden de jerarquía de los cauces, y en el de las Y, en escala logarítmica, la longitud promedio de los cauces, por orden, en unidades métricas. La primera de las dos rectas, a la que se llamará "normal" para efectos de explicación, se calculó en base al mejor ajuste por mínimos cuadrados de los puntos graficados, mediante las longitudes medias no acumulativas de los cauces (línea continua Gráfica 3). Puede verse que su desarrollo es sensiblemente rectilíneo, con un coeficiente de correlación $r=0.991$ que indica una fuerte tendencia al crecimiento constante de las longitudes medias de cauces con respecto al aumento de número de orden, esto se interpreta como una confirmación de lo real, con respecto a la Ley de Longitudes de Cauces de Horton. La Relación de Longitud (RL) se calculó para la regresión, en forma directa, utilizando el antilogaritmo del coeficiente B de la regresión, resultando: $RL = \text{Log}^{-1} B = 2.103$.

La segunda recta de regresión, a la que se ha llamado "acumulativa", se calculó del ajuste de los puntos graficados, de las longitudes medias acumulativas de los cauces, es decir, para el Primer Orden se utilizó el mismo valor para las dos rectas, en el Segundo Orden se utilizó, para la "acumulativa", las sumas de las longitudes medias de 1^o y 2^o ordenes usadas en la "normal", así sucesivamente hasta llegar al 6^o, en el que se sumaron los seis valores de longitud graficados en la "nor

REGRESION DE LA LONGITUD MEDIA DE CAUCES (NORMAL Y ACUMULATIVA) CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS

ECUACION DE LA RECTA CON LONGITUDES NO ACUMULATIVAS

$$\bar{L}_n = \text{Log}^{-1}(2.100 + 0.523 (n))$$

$$A = 2.09982476$$

$$B = 0.3228274563$$

$$r = 0.9907355924$$

$$R1 = \text{Log}^{-1} B = 2.102942762$$

ECUACION DE LA RECTA CON LONGITUDES ACUMULATIVAS

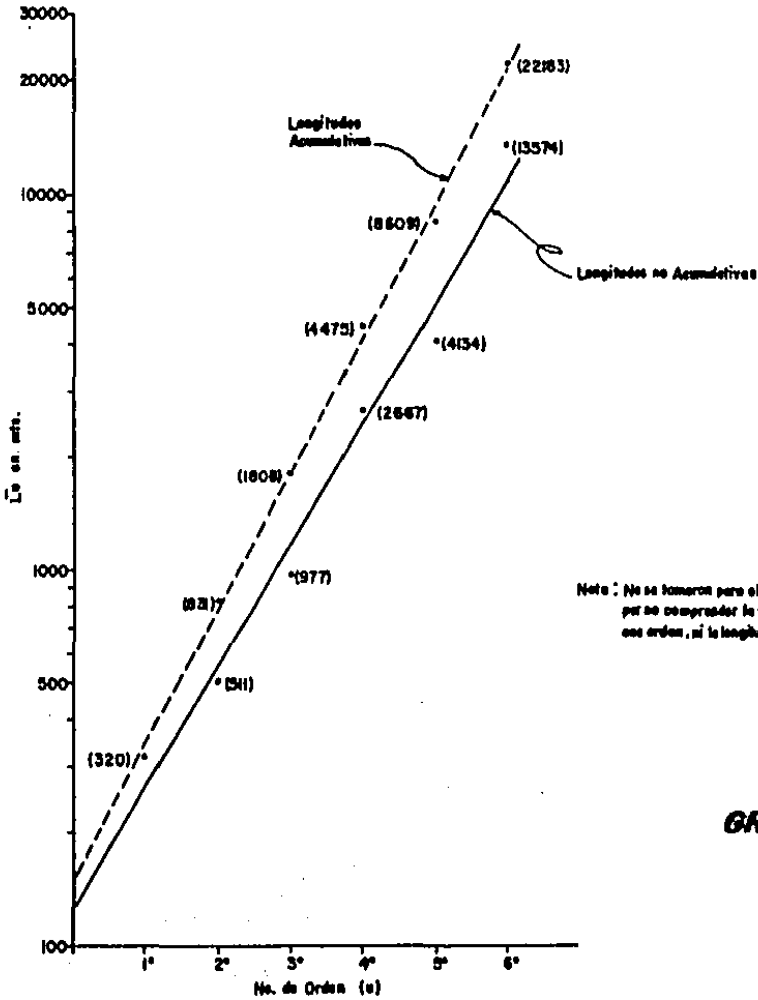
$$\bar{L}_n = \text{Log}^{-1}(2.171 + 0.361 (n))$$

$$A = 2.171061366$$

$$B = 0.362832152$$

$$r = 0.999023197$$

$$R1 = 2.297646517$$



Nota: No se tomaron para el ajuste los datos del orden 7°, por no comprender la superficie total de la cuenca de ese orden, ni la longitud total del cauce del mismo.

GRAFICA No. 3

mal" (línea intermitente gráfica 3). El ajuste que se encontró para esta regresión, fue mayor al de la recta "normal", ya que tuvo un coeficiente de correlación de $r=0.999$, que representa una mejor confirmación de la Ley de Longitudes. La Relación de Longitud (RL) se calculó de la misma forma a la explicada en anteriores párrafos, obteniéndose el valor siguiente: $RL=2.298$. Buscando las diferencias porcentuales entre los valores medidos en la cuenca y los calculados por medio de la función exponencial directa de Horton, se encontró:

Recta de regresión "normal".			
Orden	\bar{L}_u (Real) m	$\bar{L}_u = \bar{L}_l \cdot RL^{u-1}$ Horton m	Diferencia en % respecto a lo real
1º	319.95	264.63	-17.3%
2º	510.69	556.50	+8.9%
3º	977.03	1170.29	+19.8%
4º	2666.88	2461.06	-7.7%
5º	4134.25	5175.47	+25.2%
6º	13574.00	10883.72	-19.8%
Recta de regresión "acumulativa".			
Orden	\bar{L}_u (Real) m	$\bar{L}_u = \bar{L}_l \cdot RL^{u-1}$ Horton m	Diferencia en % respecto a lo real
1º	319.95	340.68	+6.5%
2º	830.64	782.76	-5.8%
3º	1807.67	1798.50	-0.5%
4º	4474.54	4132.32	-7.7%
5º	8608.79	9494.62	+10.3%
6º	22182.79	21815.27	-1.7%

Como se ve en los datos presentados, las menores diferencias se encuentran en la recta de regresión "acumulativa", - al igual que, como se expuso antes, tiene un mejor coeficiente

de correlación. Esto puede suponer llegar a mejores resultados utilizando la segunda opción, además que es indudable la influencia que tienen, las longitudes de los afluentes, en la extensión lineal de los cauces de ordenes superiores.

II.1.3. Longitud del flujo de superficie (Lg)

La escorrentía de superficie sigue un sistema de trayectorias de flujo, aguas abajo, desde la divisoria de aguas hasta el cauce más cercano. Horton definió la longitud del flujo de superficie (Lg), como la dimensión lineal del camino seguido por las aguas de arroyada, desde un punto sobre el parteeaguas hasta la zona inicial del cauce de la corriente adyacente más cercana.

La importancia de conocer este parámetro lineal es fundamental para evaluar, aunque sea de una manera muy general e inferida, la dinámica de erosión regresiva en las cabeceras de los escurrimientos, las posibilidades de captura de cuencas, la curva de retardo en las tormentas para el escurrimiento concentrado, sobre todo en las primeras lluvias después de la época de estiaje, etc.

Los valores de esta propiedad lineal pueden obtenerse, de manera aproximada, mediante la relación: $Lg = 1/(2Dd)$; o sea con la mitad del recíproco de la densidad de drenaje (Dd). Sustituyendo la relación con los datos medidos para la cuenca del Río El Pitahayo-A.Grande, resultó:

$$Lg = 1/(2 \times 5.293 \text{ km/km}^2) = 0.094 \text{ km}$$

El valor de la densidad de drenaje se tomó de la parte inferior de la columna 9 del cuadro 4, y dicho concepto será explicado ampliamente en la parte siguiente.

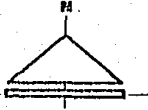
II.2. Aspectos Áreales de un Sistema de Erosión Fluvial.

Se van a tocar ahora los aspectos del análisis morfométrico referentes a la consideración de los valores bidimensionales obtenibles en la cuenca, es decir, todos los valores medibles en unidades cuadradas que representen una superficie dentro del sistema de erosión fluvial, serán cuantificados y se podrán definir combinaciones dentro del mismo género, relaciones superficie/superficie, o entre géneros distintos, como relaciones áreas/longitudes de cauces o áreas/jerarquía de cauces, etc.

La actividad inicial consiste en marcar en hojas por separado, el perímetro de cada una de las subcuencas de cada uno de los órdenes de cauces correspondientes, haciéndolo sucesivamente a partir del orden menor, auxiliándose en las curvas de nivel del mapa topográfico fuente, de tal forma que después de hacer eso, se tendrán un número de cartas igual al de la jerarquía del colector principal. En la primera hoja se marcaron todos los parteaguas de subcuencas de primer orden (2074) a las que se les midió su valor de superficie mediante el conteo de mm^2 en el papel milimétrico y después transformándolos a la escala adecuada (1:50,000) en km^2 . En la siguiente hoja, donde se encuentran contenidas las subcuencas de segundo orden (395) cuyas superficies fueron también medidas una a una; se continuó sucesivamente este procedimiento, hasta llegar a la medición de la superficie de la cuenca total ("incompleta" de 7^o orden), que resultó ser de 196.43 km^2 (mapas 11 al 16).

II.2.1. Distribución de frecuencias de las áreas de subcuencas.

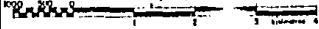
Una vez teniendo los valores de superficie, para cada-



+



ESCALA 1:50,000 DE LA CARTA DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL TERRITORIO NACIONAL

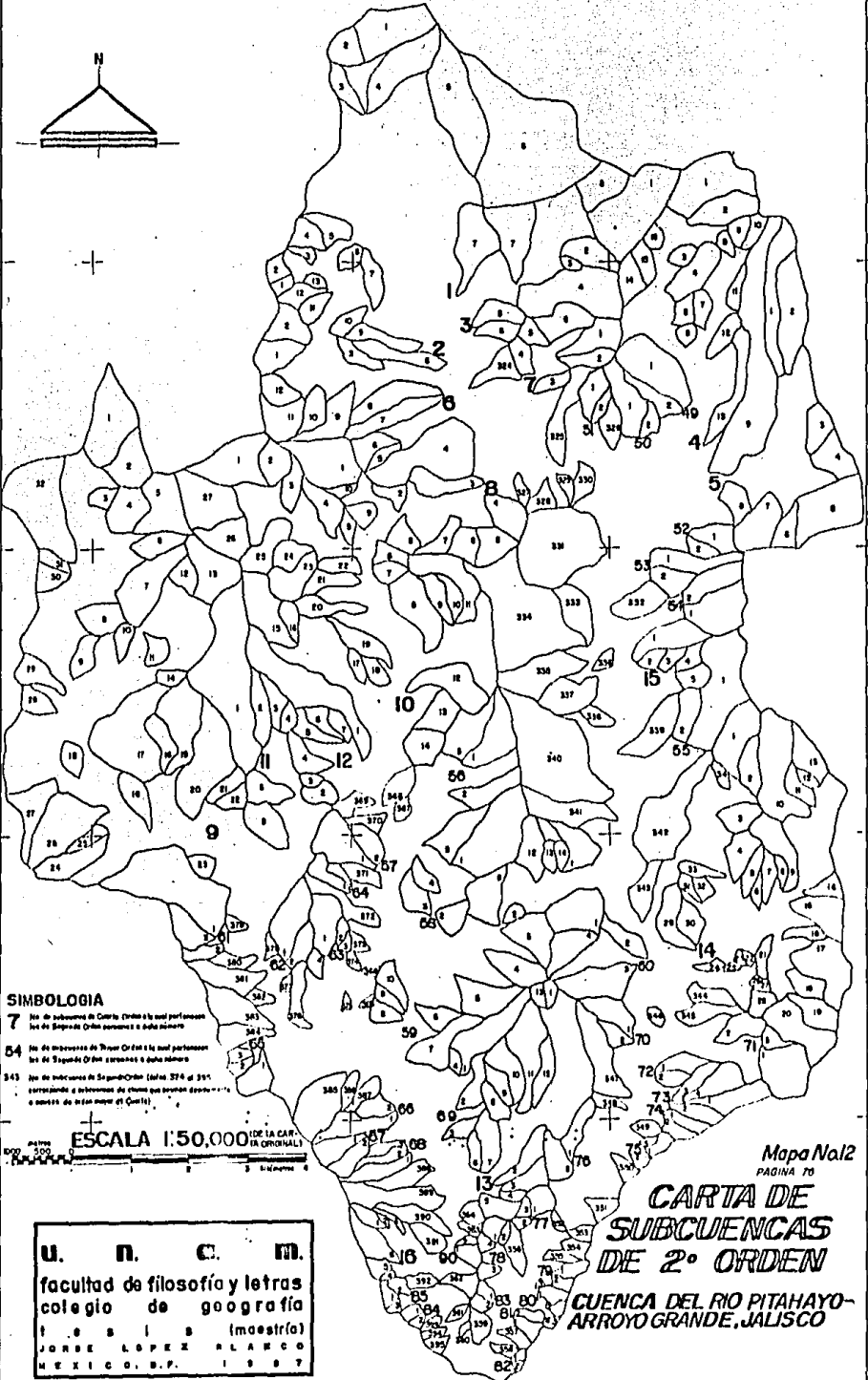
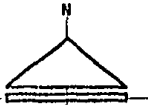


Mapa No. II
PAGINA 75

**CARTA DE
SUBCUENCAS
DE 1er ORDEN**

**CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
ARROYO GRANDE, JALISCO**

U. N. C. M.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
I S S I S (maestría)
JORGE LÓPEZ NIARCO
MEXICO, D.F. 1987



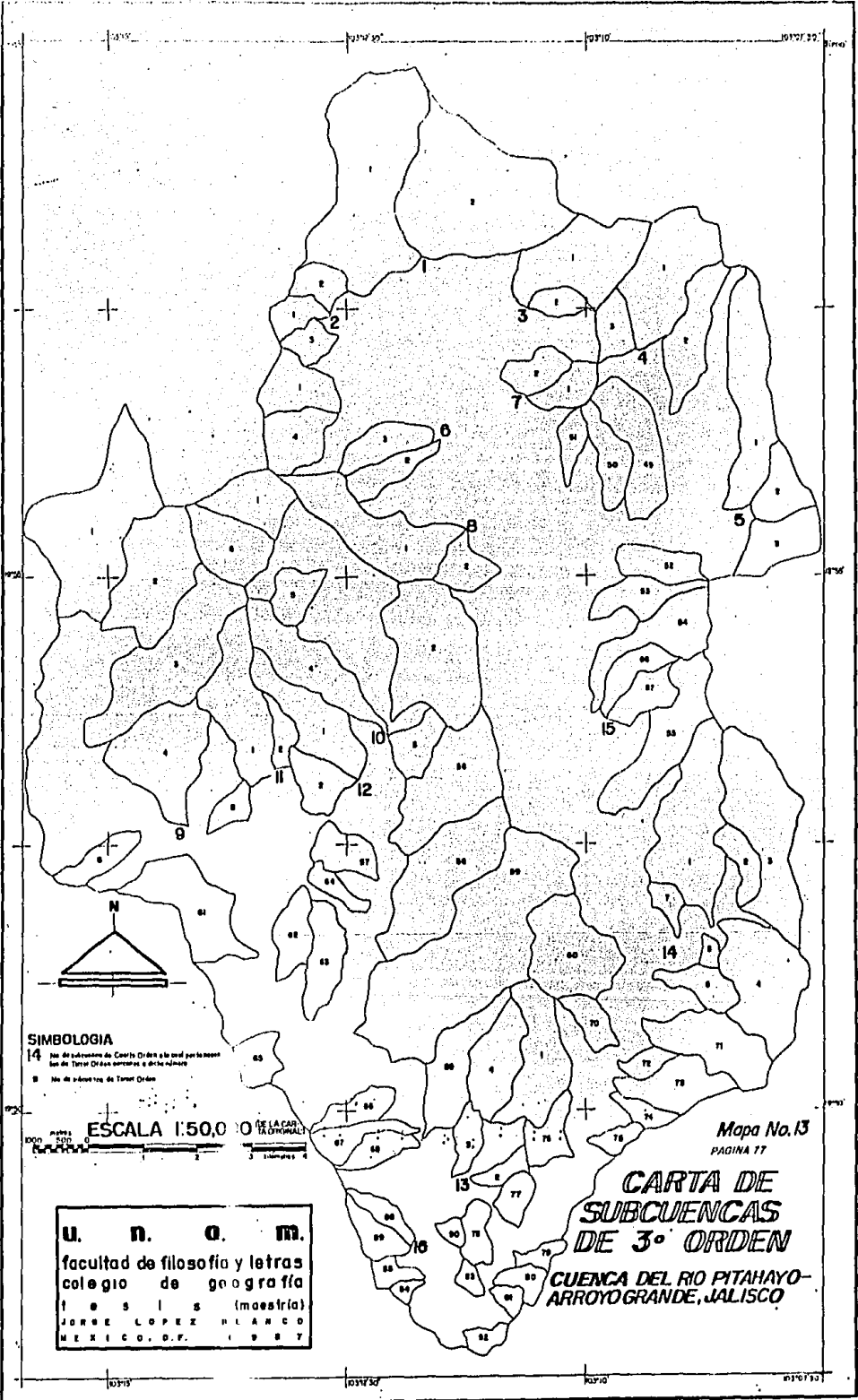
SIMBOLOGIA

- 7 No. de subcuencas de Cuervo (orden a la cual pertenecen las de Segunda Orden numeradas a dicho número)
- 84 No. de subcuencas de Tlapacotal (orden a la cual pertenecen las de Segunda Orden numeradas a dicho número)
- 843 No. de subcuencas de San Juan Orden (orden a la cual pertenecen las de Segunda Orden numeradas a dicho número)

ESCALA 1:50,000 DE LA CARTA ORIGINAL

U. N. C. M.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
J. O. S. I. S. (maestría)
JORGE LOPEZ BLANCO
MEXICO, D.F. 1997

Mapa No.12
PAGINA 70
CARTA DE SUBCUENCAS DE 2° ORDEN
CUENCA DEL RIO PITAHAYO-ARROYO GRANDE, JALISCO



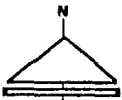
SIMBOLOGIA

- 14 No. de subcuencas de Cuarta Orden a la vez por la cuenca de Tercer Orden superior e inferior
- No. de subcuencas de Tercer Orden

ESCALA 1:50,000

U. N. O. M.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 I. S. I. S. (maestría)
 JOSE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

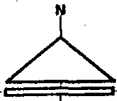
Mapa No. 13
 PAGINA 17
CARTA DE SUBCUENCAS DE 3° ORDEN
CUENCA DEL RIO PITAHAYO-ARROYO GRANDE, JALISCO



ESCALA 1:50,000 (1/4 CARTA ORIGINAL)

u. n. a. n.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
t o s i s (maestría)
JORGE LOPEZ BLANCO
MEXICO, D.F. 1987

PAGINA 7th
Mapa No.14
**CARTA DE
SUBCUENCAS
DE 4° ORDEN**
CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
ARROYO GRANDE, JALISCO

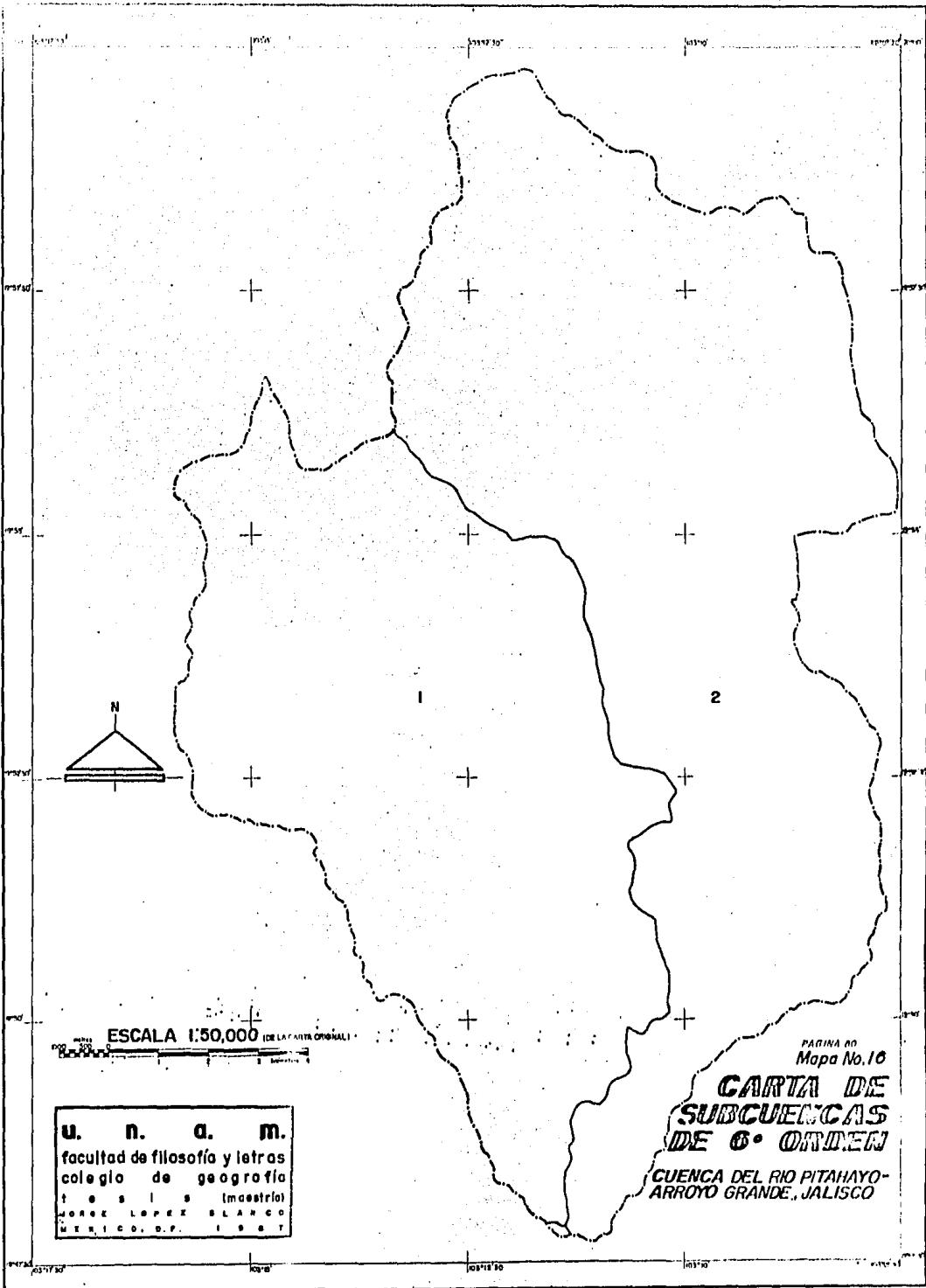


ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

u. n. a. m.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
t e s i s (maestría)
JORGE LOPEZ BLANCO
MÉXICO, D.F. 1987

PAGINA 79
Mapa No. 15
**CARTA DE
SUCUENCAS
DE 5° ORDEN**
CUENCA DEL RIO PITAHAYO
ARROYO GRANDE, JALISCO

ESTA TESIS NO SE EN
SALA DE LA BIBLIOTECA



ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

PAGINA 80
Mapa No. 10

**CARTA DE
SUBCUENCAS
DE 6° ORDEN**

**CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
ARROYO GRANDE, JALISCO**

u. n. a. m.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
t o s i s (maestría)
JOSÉ LÓPEZ BLANCO
MÉXICO, D.F. 1987

una de las subcuencas de cada uno de los órdenes, se puede calcular el parámetro de área promedio \bar{A}_u , para cada una de las jerarquías de cauces, pudiéndolo hacer de dos maneras, la más simple es sumar el total de las áreas de subcuencas entre el número de las mismas (cuadro 4 columna 12), o haciendo un cálculo estadístico más completo, con el que se pueda obtener la desviación estandar, la media, la mediana, y sus respectivas distribuciones de frecuencias para cada uno de los órdenes (gráfica 4). En los histogramas de frecuencias elaborados, se utilizó un artificio para evitar las dispersiones marcadas hacia la derecha, de los valores de longitudes de cauces y áreas de subcuencas, cosa que detectó y demostró Miller (en Chorley, - 1957) que son características de los parámetros de las cuencas hidrográficas. El artificio consiste en determinar los intervalos de clase en valores logarítmicos, lo mismo que al hacer el cálculo estadístico, los valores individuales de áreas se transforman a sus logaritmos correspondientes, de esta manera las distribuciones de frecuencia se acercan más a una distribución normal. También se consiguió con esto, tener distribuciones más simétricas y con desviaciones estandar menores.

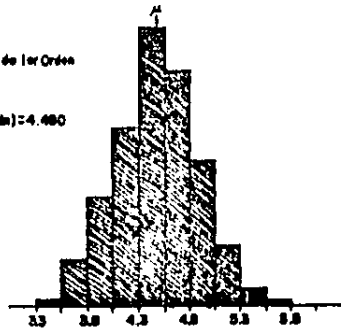
En los histogramas presentados, las subcuencas de 1^a a 3^{er} orden muestran una distribución bastante normal, en cambio del 4^a orden en adelante se vuelven menos simétricos, esto se debe principalmente al número reducido de subcuencas en estas jerarquías.

II.2.2. Ley de áreas de subcuencas.

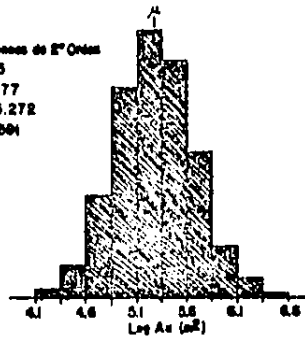
Como se mostró en la columna 12 del cuadro 4, existe un incremento progresivo en los valores del área promedio \bar{A}_u de las subcuencas de orden u , generalmente es menor esta magni

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE AREAS DE SUBCUENCAS POR JERARQUIA

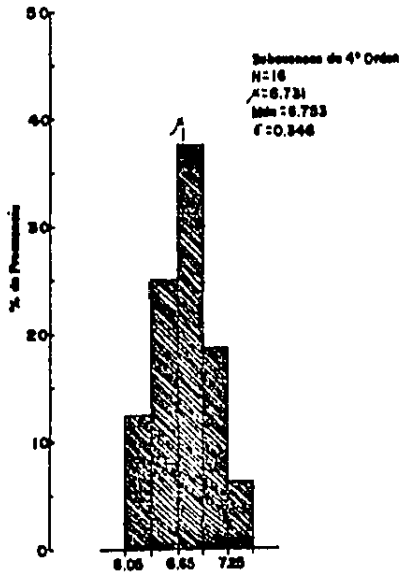
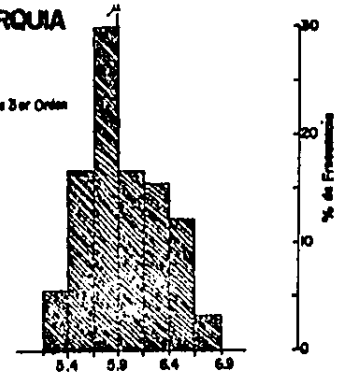
Subcuencas de 1er Orden
 N: 8074
 $\mu = 4.486$
 Mediana (Mdn) = 4.460
 $\sigma = 0.401$



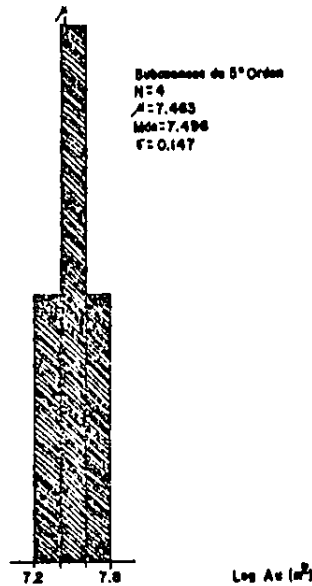
Subcuencas de 2º Orden
 N: 385
 $\mu = 5.277$
 Mdn = 5.272
 $\sigma = 0.391$



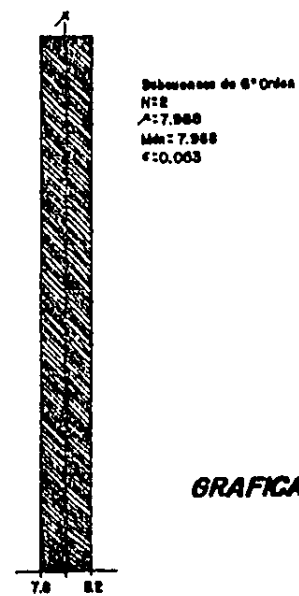
Subcuencas de 3er Orden
 N: 90
 $\mu = 5.945$
 Mdn = 5.881
 $\sigma = 0.382$



Subcuencas de 4º Orden
 N: 16
 $\mu = 6.731$
 Mdn = 6.753
 $\sigma = 0.346$



Subcuencas de 5º Orden
 N: 4
 $\mu = 7.443$
 Mdn = 7.496
 $\sigma = 0.147$



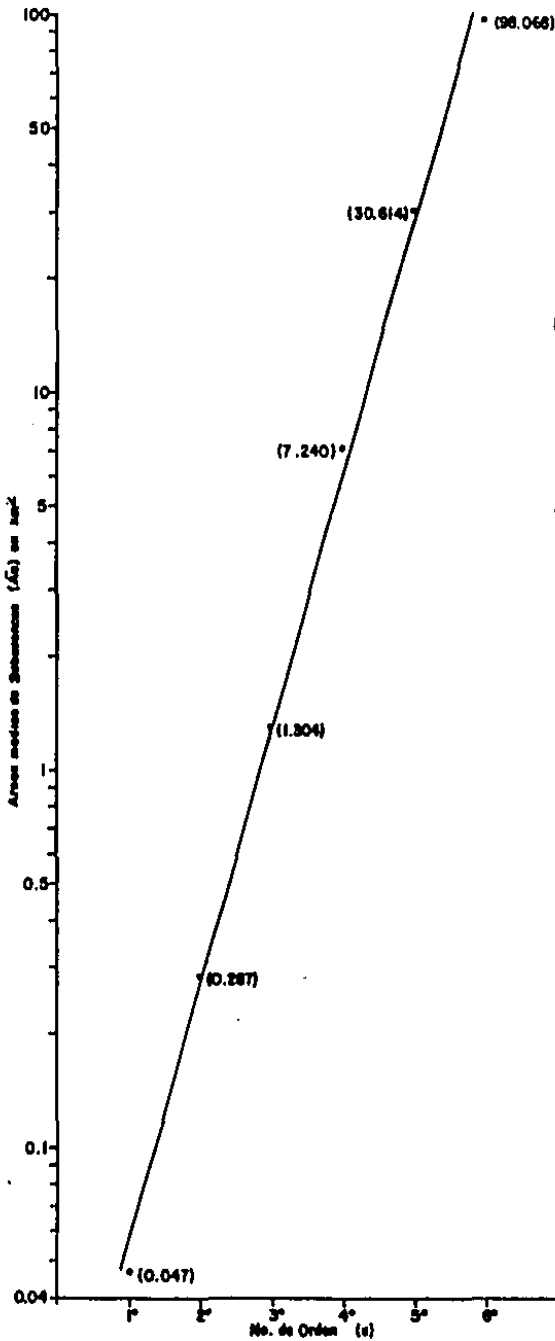
Subcuencas de 6º Orden
 N: 2
 $\mu = 7.988$
 Mdn = 7.988
 $\sigma = 0.003$

GRAFICA No.4

tud, con respecto al área promedio de subcuencas de orden mayor ($u+1$), y mayor al área promedio de las subcuencas de orden menor ($u-1$). Esta idea es semejante a la utilizada para desarrollar las Leyes de Números y Longitudes de cauces, de tal forma que se puede inferir una Relación de Area (R_a), cuyo valor adimensional es el cociente de las áreas promedio de subcuencas de un orden dado (\bar{A}_u), con respecto al área promedio de subcuencas del orden inferior siguiente (\bar{A}_{u-1}), quedando de la siguiente forma algebraica: $R_a = \bar{A}_u / \bar{A}_{u-1}$; los resultados encontrados se muestran en la columna 13 del cuadro 4.

Horton, de manera análoga a la Ley de Longitudes, expuso su Ley de Areas de Subcuencas, que expresaba lo siguiente: "Las áreas promedio de subcuencas de cauces, de cada uno de los órdenes, tiende a aproximarse cercanamente a una función exponencial directa, en la cual, el primer término es el área promedio de las subcuencas de primer orden", expresándola matemáticamente de la manera siguiente: $\bar{A}_u = \bar{A}_1 R_a^{u-1}$. Se dibujó una gráfica semilogarítmica, donde se plasmaron con puntos, en el eje de las X, en escala aritmética, el número de orden de la jerarquía de las subcuencas, y en el de las Y, en escala logarítmica, el valor de las áreas medias de las subcuencas en km^2 . El resultado fue una línea esencialmente recta al unir mentalmente los puntos graficados, después se buscó analíticamente, la ecuación de la recta que se ajusta mejor a dichos puntos (gráfica 5), encontrándose un coeficiente de correlación de $r=0.998$, que comprueba la tendencia marcada al crecimiento constante de las áreas medias de subcuencas, con respecto al aumento del número de orden. La Relación de Areas (R_a) de la recta de regresión, se calculó directamente, mediante el antilogaritmo del coeficiente B de la regresión, dando por resultado lo

REGRESION DE LAS AREAS MEDIAS DE SUBCUENCAS CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS



ECUACION DE LA RECTA DE REGRESION
 $A = L_n^{-1} (-1.912 + 0.669 (n))$
A = -1.91265064
B = 0.6693063663
r = 0.9979145663

RELACION DE AREAS CALCULADA CON LA REGRESION:
 $Re = L_n^{-1} B = 4.669886941$

* Ver nota de la Gráfica No. 3

GRAFICA No. 5

siguiente: $Ra=4.670$. Finalmente se hizo una comparación para establecer el grado de diferencia entre los valores de áreas promedio medidas en la cuenca de estudio y los calculados por la función exponencial de Horton, cuyos resultados se muestran a continuación:

Orden	\bar{A}_u (Real) km ²	$\bar{A}_u = \bar{A}_1 Ra^{u-1}$ Horton	Diferencia en % respecto a lo real
1 ^o	0.047	0.057	+21.6%
2 ^o	0.287	0.267	-7.0%
3 ^o	1.304	1.247	-4.4%
4 ^o	7.240	5.822	-19.6%
5 ^o	30.614	27.187	-11.2%
6 ^o	98.068	126.962	+29.5%

Para dejar claro el concepto y el significado de la Relación de Areas, se puede ejemplificar, utilizando el valor promedio de las Relaciones de Area parciales, obtenidas mediante el cálculo progresivo de los valores de la columna 12 del cuadro 4, la media aritmética resultante de 4.726, significa que se ocupan ese número de veces, el área promedio en km² de una subcuenca de orden u, para originar una subcuenca del siguiente orden superior, todo esto visto desde la perspectiva teórica.

II.2.3. Relaciones de áreas con respecto a las longitudes.

Si se considera que un sistema de erosión fluvial tiene una evolución constante a través del tiempo, en donde sus parámetros interiores guardan una relación de crecimiento directo, como son, las longitudes de los cauces de orden u, el crecimiento de las superficies de las subcuencas o la tendencia al aumen

to de jerarquía de los cauces a causa de la erosión regresiva; entonces se puede suponer que la evolución de la cuenca hidrográfica total, debe ser proporcionalmente semejante, a la evolución de cada uno de los elementos que la conforman. A partir de esta idea, se ha pensado que las cuencas siguen una forma de crecimiento paracida a la que estipula la Ley de Crecimiento Alométrico, que es el principio fundamental del crecimiento de los organismos en las ciencias biológicas. Esta ley establece que la velocidad relativa de crecimiento de un órgano, o elemento del sistema, es una fracción constante de la de todo el individuo o sistema (Strahler, 1982, p.529).

Tratando de buscar la manera de aplicar estos conceptos en el análisis morfométrico, se pueden hallar ciertas analogías entre la forma de crecimiento de las longitudes medias de los cauces con respecto al número de orden, como en las áreas medias de las subcuencas con relación a sus jerarquías, que permanecen guardando siempre cocientes constantes de incremento, que muestran físicamente, las etapas sucesivas de evolución que ha sufrido la cuenca de drenaje a través del tiempo.

Tomando como válidas estas ideas, se puede suponer que las etapas en la evolución de las longitudes de los cauces, corresponden a las de la evolución de las superficies medias de las cuencas, lo que dará finalmente una relación lineal directa. Para poder demostrar prácticamente esto, se realizó una gráfica que combina esos parámetros, en el eje de las X se colocó el logaritmo de las longitudes promedio acumulativas de los cauces en metros y en el de las Y, el logaritmo del área promedio de las subcuencas de ordenes sucesivos en m^2 . Se tomaron en forma acumulativa las longitudes, debido a que una subcuenca de orden u , abarca normalmente las superficies de las subcuen-

cas de órdenes inferiores a ella, de esta misma forma las longitudes medias de los cauces de orden u , deberán abarcar las longitudes medias generales de los cauces de orden inferior a ellos. El resultado es una línea de puntos casi recta, que recuerda a una gráfica de aplicación de la Ley de Crecimiento Alométrico en Biología. Se calculó la ecuación de la recta de mejor ajuste, obteniéndose un coeficiente de regresión alto ($r=0.998$) que confirma los conceptos mencionados antes.

La expresión matemática que simboliza la relación de la Ley de Crecimiento Alométrico en cuencas hidrográficas, es una ecuación de función potencial positiva, adaptada de la siguiente forma: $\bar{A}u = A \bar{L}u^B$, que está en función de las áreas medias de las subcuencas, y $\bar{L}u = (\bar{A}u/A)^{1/B}$, que está en función de las longitudes medias acumulativas de los cauces. Los valores A y B corresponden al término constante de la ecuación de la regresión, y al coeficiente de la misma (gráfica 6). Sustituyendo los valores de las literales en las ecuaciones anteriores queda: $\bar{A}u = 1.182 (\bar{L}u)^{1.851}$; y $\bar{L}u = (\bar{A}u/1.182)^{0.540}$, debiendo sustituir los valores de longitudes medias acumulativas y áreas medias de subcuencas, con unidades de m y m^2 respectivamente.

II.2.4. La forma del contorno de la cuenca.

La forma de la cuenca y las dimensiones de su contorno, proyectadas sobre un plano referido a la horizontal, pueden tener una influencia importante en las características de la descarga de los colectores de la cuenca, por ejemplo, en los hidrogramas de escorrentía, o en las tasas de flujo máximo (Linsley, et.al., 1977). Ha habido varios intentos, por parte de los geomorfólogos e hidrólogos, en tratar de establecer las características de la forma de la cuenca, mediante un solo valor mu

REGRESION DE LA RELACION AREA-LONGITUD , LEY DEL CRECIMIENTO ALOMETRICO

ECUACION DE LA RECTA DE REGRESION:

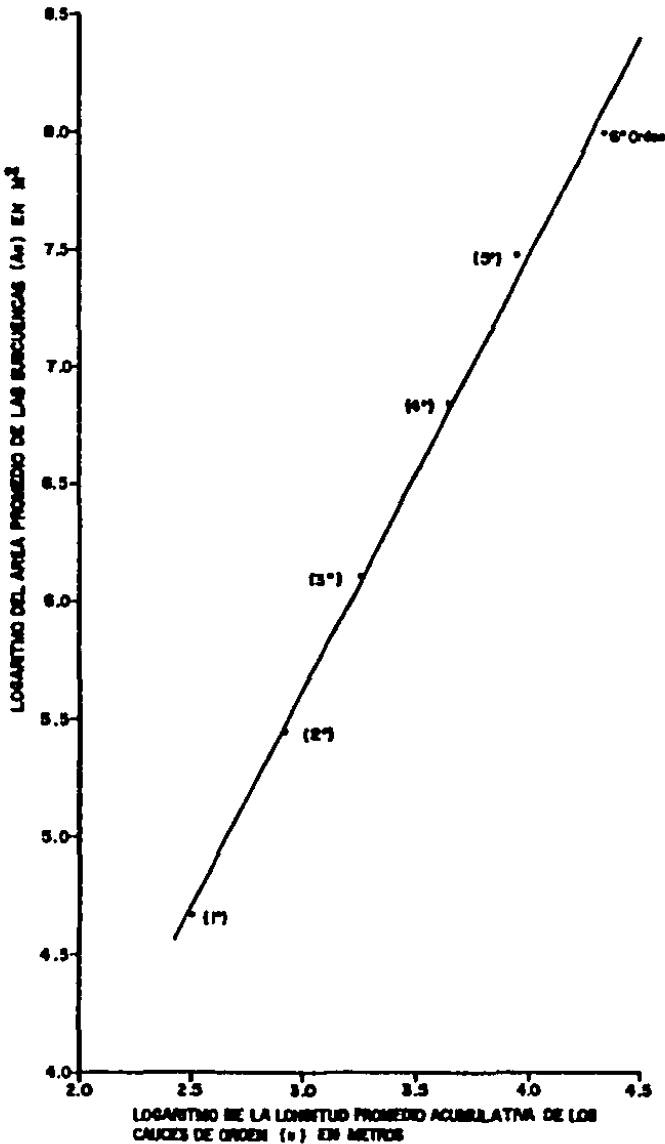
$$\text{Log } \bar{A}_n = 0.072 + 1.854 (\text{Log } \bar{L}_n)$$

$$A = 0.0724712139$$

$$B = 1.85083925$$

$$r = 0.9977490377$$

Los datos iniciales fueron tomados de los mapas 6 y 12 del Centro No. 4



Ver nota de la Grafica No. 3

GRAFICA No. 6

mérico. Algunos de los resultados hallados en esas búsquedas y aplicados a la cuenca de estudio, se pueden resumir como sigue:

-Horton expresó cuantitativamente su Factor de Forma (Rf), que partía de considerar la forma normal del contorno de la cuenca, como la de un ovoide que tiene semejanza a una pera. Ese parámetro significa la relación del área total de la cuenca, entre el cuadrado de la longitud máxima de la misma (Lb) cuya formalización algebraica queda de la siguiente manera: - $Rf = At/Lb^2$; donde At es el área de la cuenca y Lb es la longitud medida desde cerca de la cabecera del colector principal (cauce más largo), en línea recta, hasta la desembocadura de aquélla. La aplicación de esta relación en base a los datos obtenidos de la cuenca del Pitahayo-A. Grande, resultó:

$$Rf = At/Lb^2; Rf = 196.43 \text{ km}^2 / (22.12 \text{ km})^2 = 0.401$$

Esta relación no implica necesariamente una suposición especial de la forma de la cuenca para hacer con ella comparaciones específicas, pero para tener una idea a que se refiere el valor encontrado, la Rf de un círculo es igual a 0.785, para un cuadrado con su desembocadura en la parte media de uno de sus lados su Rf=1, para esta misma figura, con la desembocadura en una de sus esquinas, o para un rectángulo de longitud doble a su anchura, con su desembocadura en la parte media del lado más angosto, sus Rf son iguales a 0.5. Si se revisa el valor encontrado para la cuenca de estudio y si se observa su forma en cualquiera de los mapas elaborados, se puede deducir a grandes rasgos, que la semejanza cercana puede ser con la de un rectángulo de longitud doble a la anchura. Además, globalizando todos estos valores mencionados, se puede afirmar que, - entre más se alargue una cuenca con respecto a la longitud del

colector principal su Rf tenderá a cero, en cambio si la cuenca tiende a ser más ancha que larga, y por lo tanto su Lb se reduce considerablemente, entonces su valor de Rf se hará demasiado grande.

-La Relación de Circularidad (Rc) usada por Miller (Strahler, 1964, p.4-51), es un valor adimensional, definido por el área total de la cuenca (At) con respecto al área de un círculo Ac, que tiene un perímetro igual al de la cuenca (Pt). Aplicando esta relación a la cuenca, resultó:

Datos: $At=196.43 \text{ km}^2$; $Pt=69.88 \text{ km}$ (margen derecha=35.80 y margen izquierda=34.08 km, medidas a partir del C. El Colombo); D=diámetro del círculo.

Procedimiento: $Pt=\pi D$; $D=Pt/\pi=69.88 \text{ km}/3.14=22.24 \text{ km}$; pero como el área de un círculo es $Ac=\pi D^2/4$; resulta, $Ac=3.14(22.24)^2/4=388.59 \text{ km}^2$, entonces $Rc=At/Ac$
 $Rc=196.43/388.59=0.505$.

-La Relación de Elongación de Schumm fue definida como el cociente del diámetro de un círculo de igual área a la total de la cuenca (At), con respecto a la longitud máxima de aquélla (Lb), parámetro mencionado en los párrafos anteriores. Haciendo el cálculo de la (Rc) como aplicación de este concepto, se tiene:

Datos: $At=196.43 \text{ km}^2$; $Lb=22.12 \text{ km}$; el diámetro del círculo de área igual a At es $D=(4At/\pi)^{1/2}$

Procedimiento: $D=(4 \times 196.43/3.14)^{0.5}=15.81 \text{ km}$; por lo tanto
 $Re=D/Lb=15.81/22.12=0.715$.

-Otros autores han utilizado el Índice de Compacidad (Ic) en el análisis de las formas de las cuencas, para la aplicación de este concepto se requiere haber medido el perímetro de la cuenca (Pt), relacionándolo con el de una circunferencia

(Pc), de un círculo de área igual a la total de la cuenca (At), expresándose de la siguiente forma: Se parte de que $At = \pi r^2$; $r = (At/\pi)^{0.5}$, pero como el perímetro de la circunferencia es $Pc = 2\pi r$; sustituyendo en ésta el valor de r obtenido antes, queda $Pc = 2\pi (At/\pi)^{0.5}$; introduciendo en el radical, $Pc = 2(AT\pi^2/\pi)^{0.5}$ pero como el Índice de Compacidad es $Ic = Pt/Pc$, entonces, $Ic = Pt/2(AT\pi)^{0.5}$.

Datos: $At = 196.43 \text{ km}^2$; $Pt = 69.88 \text{ km}$; $Pc = 49.68 \text{ km}$

Resultado: $Ic = 69.88/49.68 = 1.407$.

El valor originado indica que, entre más se acerque a la unidad el Ic , la forma de la cuenca se parece más al círculo perfecto, y cuanto más se aleje de ese valor, implica un alargamiento mayor de dicha cuenca.

Hasta ahora se ha visto que la búsqueda por la obtención de una relación que analice las formas de las cuencas, ha sido basada en la comparación de ellas, con respecto a figuras geométricas regulares, que finalmente son alejamientos mayores de la realidad natural, ya que en una cuenca es muy difícil que se tengan esas formas. Observando esto, los científicos de cuencas pensaron en buscar una función matemática que generara, gráficamente una figura más cercana a la forma general de una cuenca. Chorley, Malm y Pogorzelski encontraron que la Función Lemniscata es más apropiada para compararla con las formas de las cuencas (Strahler, 1964, p.4-51), esta función formalizada matemáticamente es $\rho = Lb \cos(p \theta)$; donde ρ y θ , son el radio y ángulo de coordenadas polares de posición, p es un coeficiente que determina la redondez de la cuenca, cuando $p=1$ el contorno de la cuenca es un círculo. El área de una cuenca teórica, de acuerdo a la Función Lemniscata, se obtiene por la integración de la ecuación anterior, entre los límites $-\pi/2p$ y $+\pi/2p$, re-

sultando que $At = \frac{4Lb^2}{4p}$, si se despeja p que es el coeficiente que expresa la redondez, queda, $p = \frac{4Lb^2}{4At}$, siendo At el valor igual a la superficie total de la cuenca de estudio, que es utilizado para obtener el perímetro de la Lemniscata con área igual a At .

Sustituyendo los valores para obtener el coeficiente p se obtiene: $p = \frac{(4 \cdot 22.12^2)}{(4 \cdot 196.43)} = 1.956$, sustituyendo este valor en la forma general de la función, queda, $\rho = 22.12 \cos(1.956 \theta)$. Utilizando esta ecuación se obtiene una serie de valores de coordenadas (X, Y), que permiten graficarla, y después de obtenida la Lemniscata completa, medirle gráficamente su contorno (cuadro 5 y gráfica 7).

El perímetro de la Lemniscata medido fue de $PLe = 54.16$ km, ahora se está en posibilidades de establecer numéricamente la llamada Relación Lemniscata, que no es más que la cercanía de los valores del perímetro obtenido de la curva, con respecto al de la cuenca de estudio (Pt), expresándose algebraicamente así, $RLe = PLe/Pt$, sustituyendo se tiene:

$RLe = 54.16 \text{ km} / 69.88 \text{ km} = 0.775$; es decir, que el perímetro de la Lemniscata se acerca en 0.8 al de la cuenca, o de otra forma, el perímetro de la cuenca es 0.29 veces más grande que el de su propia Lemniscata.

II.2.5 Densidad de drenaje (Dd).

Es un indicador importante de la magnitud de los procesos de erosión, que se han dado en una cuenca hidrográfica, este factor está íntimamente relacionado con tres elementos físicos del interior de la cuenca, la litología de los materiales que subyacen al suelo de ella, la capacidad de infiltración de los materiales (suelo y lecho rocoso). y la presencia o ausen

VALORES DE COORDENADAS CALCULADOS PARA LA GRAFICACION DE LA CURVA LEMNISCATA, DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A. GRANDE, EDO. DE JALISCO.

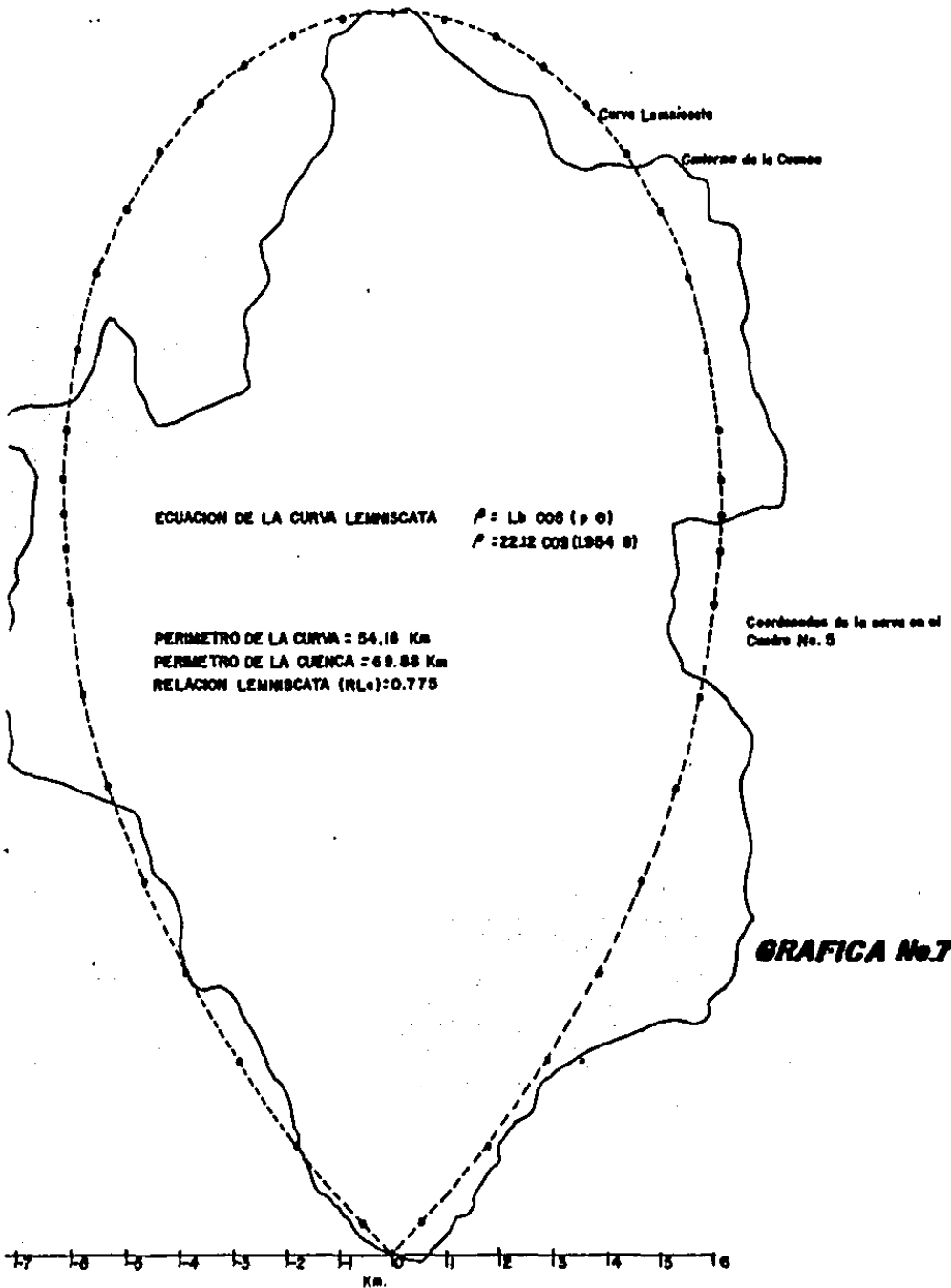
Fórmula empleada: $\rho = 22.12 \times \cos (1.956419749 \theta)$

Siendo ρ y θ radio y ángulo de coordenadas polares

θ Grados	ρ km	X km	Y km
0	22.12	0	22.12
2.5	22.04	0.96	22.02
5	21.80	1.90	21.72
7.5	21.40	2.79	21.22
10	20.84	3.62	20.53
12.5	20.14	4.36	19.66
15	19.28	4.99	18.62
17.5	18.29	5.50	17.44
20	17.16	5.87	16.12
22.5	15.91	6.09	14.70
24	15.10	6.14	13.79
25	14.54	6.14	13.18
26	13.96	6.12	12.55
27.5	13.06	6.03	11.59
30	11.49	5.75	9.95
32.5	9.84	5.29	8.30
35	8.12	4.66	6.65
37.5	6.33	3.85	5.02
40	4.50	2.89	3.45
42.5	2.64	1.78	1.95
45	0.76	0.54	0.54
46.0024	0.00	0.00	0.00

Nota: Para obtener la otra mitad de la Lemniscata ponga signo negativo a todas las X.

FIGURA DE LA CURVA LEMNISCATA, PARA LA DESCRIPCION DE LA FORMA DEL CONTORNO DE LA CUENCA



cia de cubierta vegetal. Este parámetro relaciona las longitudes de los cauces por unidad de área de la cuenca, y se interpreta como la expresión numérica de la cercanía del espaciamiento de los cauces. Existen dos conceptos ligados a la densidad de drenaje dentro del análisis morfométrico generalizado, uno que se le conoce como densidad de drenaje total de la cuenca, que corresponde a la relación entre la sumatoria de las longitudes de todos los cauces, de todos los ordenes, entre el área total de la cuenca (A_t), quedando algebraicamente de la siguiente forma: $DdT = \sum_{u=1}^n L_u / A_t$, y otro conocido como densidad de drenaje por jerarquía de cauces (Ddu), que relaciona la longitud total, de todos los cauces, de un orden determinado entre el valor del área total de la cuenca (A_t). Sustituyendo el primer concepto DdT con los valores medidos en la cuenca resulta:

$DdT = 1039.721 \text{ km} / 196.43 \text{ km}^2 = 5.293 \text{ km} / \text{km}^2$, este valor significa que existen, teóricamente, 5.293 km de cauce de cualquier orden por km^2 de cuenca. La densidad de drenaje por jerarquía, se calculó, progresivamente, con los valores anotados en la columna 4 del cuadro 4, entre el valor del área total de la cuenca, resultandó las cifras acomodadas en la columna 9 del mismo cuadro.

Ahora, considerando que, como se vió antes, las longitudes de los cauces van aumentando, secuencialmente, de magnitud conforme se va aumentando el número de orden, aunque disminuye también, el número de cauces individuales según aumenta la jerarquía de los mismos, y como esa disminución es del orden exponencial inverso, entonces se puede suponer que la disminución de la densidad de drenaje, conforme aumenta el número de orden, tenderá a ser constantemente menor. Se realizó una gráfica semilogarítmica, donde se ubicaron con puntos, en el eje de las X,

en escala aritmética, el número de orden de la jerarquía de cauces, y en el de las Y, en escala logarítmica, el valor de la densidad de drenaje por número de orden, en Km/Km^2 . En la gráfica 8 se aprecian los resultados obtenidos, una serie de puntos que no definen marcadamente una línea recta, aunque sí conservan su carácter de reducción progresiva. El desfase mayor se encuentra en los valores de Dd en los órdenes 5^o y 6^o, el primero de ellos tiene un valor mucho menor al esperado, y el otro alcanza valor más alto de lo supuesto teóricamente. Se buscó, mediante el cálculo estadístico, la ecuación y recta de regresión mejor ajustada a dichos puntos, encontrándose un coeficiente de correlación de $r=-0.945$, que aunque no es muy alto, demuestra de alguna manera la tendencia de disminución constante de la densidad de drenaje, conforme aumenta el número de orden.

II.2.6. Constante de mantenimiento de cauce (Cmc).

Un valor análogo, aunque inverso a la densidad de drenaje, es la constante de mantenimiento de cauce. Es una propiedad de la red fluvial que proporciona el número de unidades de superficie de una cuenca, necesarias para mantener una unidad lineal de cauce. También en este concepto existen dos variantes, la constante de mantenimiento de cauce total, o para toda la cuenca, y la constante de mantenimiento de cauce por jerarquía, pero siempre con respecto al área total de la cuenca (A_t). Se calcula simplemente con obtener el valor inverso de la Dd, es decir, $Cmc = 1/Dd$. Para el total de la cuenca y para cualquier número de orden; el valor resultante fue: $Cmc = 1/5.293 = 0.189 \text{ Km}^2/\text{Km}$ de cauce, este valor significa que se ocupan 0.189 Km^2 de superficie de la cuenca para mantener un Km de cauce. Los

REGRESION DE LA DENSIDAD DE DRENAJE CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS

EQUACION DE LA RECTA DE REGRESION

$$D_{T} = L_{D}^{-0.861} (0.861 - 0.30164)$$

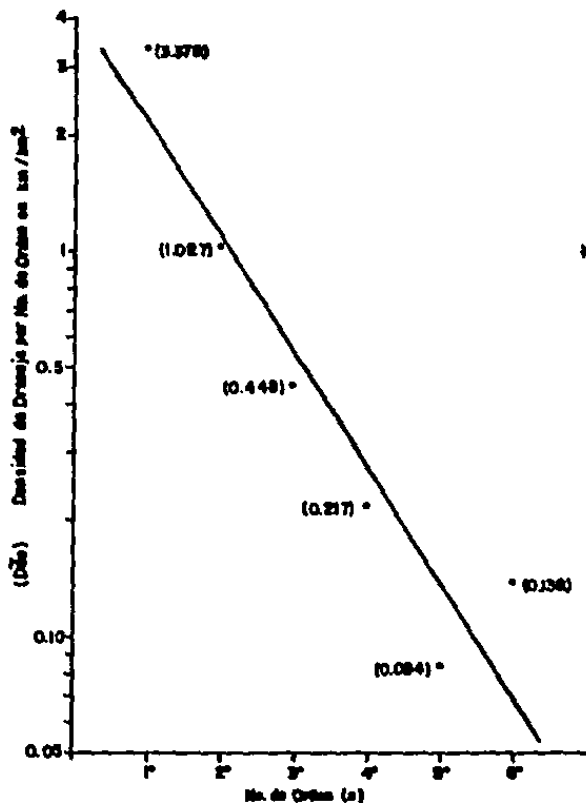
$$A = 0.860747842$$

$$B = -0.300684158$$

$$r = -0.844376492$$

DENSIDAD DE DRENAJE CALCULADA PARA LA REGRESION:

$$D_{T} \text{ Teal} = 4.41364736 \text{ km}^2/\text{km}^2$$



GRAFICA No. 3

valores de la Cmc por jerarquía y la Cmc total, se encuentran enlistados en la columna 10 del cuadro 4.

II.2.7. Frecuencia de cauces (Fc).

Es un parámetro que comprende la relación existente entre el número de segmentos de cauce por unidad de área. Se representa en su forma general como: $Fc = \frac{\sum_{u=1}^N Nu}{At}$; siendo $\sum_{u=1}^N Nu$, el número total de segmentos de cauce de todos los órdenes, y At, la superficie total de la cuenca analizada. Sustituyendo la ecuación con los valores medidos, se tiene: $Fc = 2582/196.43 \text{ Km}^2 = 13.144$ cauces por Km^2 . También se puede obtener la frecuencia de cauces particular, para cada uno de los órdenes, pero tomando en cuenta, en todos los casos, el valor del área total de la cuenca. En la columna 8 del cuadro 4 se muestran los valores de Fc para cada uno de los órdenes, y además en la parte inferior de la misma, la Fc general.

La Fc va muy ligada a la densidad de drenaje, ya que si se considera únicamente la primera, se puede evaluar erróneamente la eficiencia del drenaje. Se pueden dar casos de dos cuencas que tiene la misma Fc pero presentan altas discrepancias en Dd, y viceversa, dos cuencas que poseen la misma densidad de drenaje pueden mostrar una muy distinta frecuencia de cauces.

II.3. Propiedades altimétricas de un sistema de erosión fluvial.

Las propiedades altimétricas de una cuenca corresponden a la parte más ambiciosa del análisis morfométrico generalizado, por la razón de que comprenden las combinaciones y relaciones de los valores tridimensionales del sistema fluvial, que finalmente es como se conforman físicamente los elementos del espacio. Con lo dicho anteriormente, no se quiere plantear que las partes previas de este trabajo hayan sido menos importantes, sino que la complejidad de las mediciones se acentúa al considerarse una dimensión más. Además de que si no se poseen los datos de las propiedades iniciales, muchas de las altimétricas no podrían ser conocidas.

La importancia del análisis de las propiedades altimétricas de una cuenca estriba en la influencia que tienen en la respuesta hidrológica de la misma, y en los procesos geomórficos provocados por las corrientes fluviales, así como en las características climáticas de la zona. Especificando un poco, se tiene que en la respuesta hidrológica estas propiedades son fundamentales, porque afectan de alguna manera al tiempo de respuesta a las tormentas y en consecuencia originan cambios en el flujo de las corrientes. Con respecto a los procesos geomorfológicos, éstos intervienen en la intensidad y formas de erosión, transporte y depositación, tanto de los materiales conducidos por los ríos, como de los situados en sus lechos y en las laderas de los valles, dándoles cierta capacidad de arrastre a los cauces, hecho que está en relación directa con la energía potencial de las alturas locales. Las características climáticas también son condicionadas de alguna manera por el relieve, es decir, existen influencias de las altitudes generales, la orientación de

las prominencias y localización de las barreras orográficas; con respecto a la cantidad y distribución altitudinal de la precipitación y su temporalidad, los gradientes térmicos, la evaporación y humedad de la cuenca hidrográfica, etc. Por otro lado, y dentro de las características físicas de una cuenca, las propiedades altimétricas dicen mucho de la geología de la zona, influyen, algunas veces de manera importante en la medida de los horizontes edáficos, como en la disposición y densidad de las comunidades vegetales.

Las propiedades altimétricas, se dividieron, para su aplicación, en cinco partes menores: Mediciones del Relieve General, Medición del Relieve Local, Relaciones Area-Altitudes, Relaciones Longitudes-Altitudes y Relación Longitud-Area-Altitud.

II.3.1. Mediciones del relieve general.

En este apartado se han considerado las características de la cuenca comparadas a un plano de referencia general, como lo es el nivel del mar, tomado como nivel de base general de la mayoría de las corrientes fluviales. Los valores altitudinales se obtienen del mapa topográfico fuente de la cuenca, leyendo las acotaciones de las curvas de nivel impresas, expresadas en metros sobre el nivel del mar (msnm), algunos valores medidos del relieve general de la cuenca son:

-Altitud máxima de la cuenca (Amx). Es el valor máximo de la curva de nivel que se encuentra dentro de la superficie de la cuenca, generalmente corresponde con prominencias formadoras de la divisoria de aguas. El valor encontrado para la cuenca del Río El Pitahayo-A. Grande fue de 2380 msnm, localizando en el lugar donde se sitúa el poblado Palo Verde, cercano

al C. La Pitahaya al NE de la cuenca.

-Altitud mínima de la cuenca (Am). Es el valor mínimo de altitud que se puede localizar dentro del sistema, casi siempre corresponde con la altitud del talweg del cauce principal, en el punto escogido, por conveniencia, como desembocadura. Como en esta zona de la cuenca, la separación entre curvas de nivel continuas se hace mayor, comúnmente se interpola entre la curva de nivel de menor valor, del interior de la cuenca, con la siguiente inferior que se encuentra fuera de aquella, lográndose así un valor, poco más aproximado, que en el caso de la cuenca de estudio fue de 1197 msnm.

-Diferencia de altitudes de la cuenca (Dh). Indica el valor de altura relativa mayor, que se pueda encontrar dentro de la cuenca, es indicativa de la energía potencial máxima posible, que obtendría parte del volumen precipitado de agua al caer dentro del sistema, además proporciona una idea de la pendiente máxima general, al combinar esa diferencia con respecto a alguna medida lineal escogida. Este concepto se obtiene al restar la altitud máxima menos la altitud mínima de la cuenca. Strahler (1964, p.4-66) llama a esta diferencia, relieve máximo de la cuenca (Hmx), aunque él especifica, que esa resta se hace entre el valor de altitud de la desembocadura y del punto de la divisoria de aguas más alto. La diferencia de altitudes (Dh) encontrada para esta cuenca fue $Dh=1183$ m. Aunque este concepto se encuentra comprendido dentro de lo considerado como relieve local, se prefiere anexarlo aquí, por obtenerse a partir de valores de relieve general.

-Altitud media de la cuenca (Am). Corresponde al promedio de los valores de coordenadas de altitud Z, de un modelo tridimensional generado por un número infinito de vectores ver

tales, con respecto al plano del modelo, cuyos límites de posición (X,Y) serían los marcados por el parteaguas de la cuenca. Otra manera de interpretar este concepto, es que la altitud media corresponde con el valor de la división del volumen ubicado sobre el plano de referencia, cuya cota de éste es igual a la de la desembocadura, sobre la superficie encerrada por la divisoria de aguas. Como se ve, las dos ideas mencionadas acarrearían complicaciones importantes para su aplicación, por lo que se han buscado formas prácticas de conseguir la altitud media. Un método muy utilizado, que aunque reduce la aproximación al valor real, es muy sencillo y relativamente rápido de calcular, consiste en medir las superficies comprendidas entre curvas de nivel consecutivas, elegidas como representativas, y cuyo desnivel permanezca constante en cada una de las franjas. Los intervalos seleccionados comúnmente, son de 100 ó 50 m, y por lo tanto es lógico pensar, que mientras el intervalo sea menor, la aproximación real de altitud media será mayor. Esos valores de superficie (a_1, a_2, \dots, a_n) se multiplican individualmente por la altitud media entre dos curvas de nivel consecutivas ($a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn}$), respectivamente, obteniéndose una serie de productos que se suman y finalmente se dividen entre la superficie total de la cuenca (A_t). Formalizando esta relación queda:

$$A_m = (a_1 a_{m1} + a_2 a_{m2} + \dots + a_n a_{mn}) / A_t$$

sustituyéndola con los valores calculados para la cuenca del Pitahayo-A.Grande resultado: $A_m = 373.39 \text{ km}^3 / 196.43 \text{ km}^2 = 1.901 \text{ km} = 1901 \text{ mm}$. El desarrollo completo para obtener el valor del numerador de la ecuación se encuentra en el cálculo del cuadro 6 y los valores de superficie se midieron gráficamente en las franjas definidas en el mapa 3 (Carta Hipsométrica). Existe otra forma práctica de obtener la altitud media (A_m), consiste en hacer una división del

CALCULO DE LA ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-
A. GRANDE, EDO. DE JALISCO.

Intervalo de Altitudes en msnm	Altitud media del intervalo en km	Area de la franja km ²	Volúmen por rango de altitud km ³
2380-2300	2.340	0.5883	1.3766
2360-2300	2.330	0.6254	1.4572
2340-2300	2.320	1.1962	2.7752
2320-2300	2.310	0.2295	0.5301
2310-2300	2.305	0.0376	0.0867
2300-2200	2.250	20.0662	45.1490
2210-2200	2.205	0.0040	0.0088
2200-2100	2.150	26.8925	57.8189
2110-2100	2.105	0.0195	0.0410
2100-2000	2.050	21.6086	44.2976
2060-2000	2.030	0.1133	0.2300
2010-2000	2.005	0.0155	0.0311
2000-1900	1.950	34.7272	67.7180
1960-1900	1.930	0.0862	0.1664
1920-1900	1.910	0.1624	0.3102
1900-1800	1.850	35.0940	64.9239
1840-1800	1.820	0.0827	0.1505
1810-1800	1.805	0.0251	0.0453
1800-1700	1.750	18.4786	32.3376
1710-1700	1.705	0.0030	0.0051
1700-1600	1.650	10.0847	16.6398
1640-1600	1.620	0.1503	0.2435
1600-1500	1.550	7.7224	11.9697
1540-1500	1.520	0.0281	0.0427
1520-1500	1.510	0.0200	0.0302
1500-1400	1.450	6.5958	9.5639
1460-1400	1.430	0.2095	0.2996
1420-1400	1.410	0.0100	0.0141
1410-1400	1.405	0.0391	0.0549
1400-1300	1.350	6.8514	9.2494
1310-1300	1.305	0.0040	0.0052
1300-1200	1.250	4.5763	5.7204
1200-1197	1.1985	0.0782	0.0937
		196.4256	373.3863

Altitud Media = $373.39 \text{ km}^3 / 196.43 \text{ km}^2 = \underline{1.900904392 \text{ km}}$

Nota: Ver Mapa #3

Quadro #6

valor del área bajo la curva hipsométrica (A_h) (ver este concepto en la parte II.3.3.) sobre el área total de la cuenca (A_t). Esencialmente las dos formas se basan en el mismo principio y en las mismas mediciones, resultando semejante aproximación, sólo que esta última es un poco más elaborada, al requerir la graficación de la curva y la medición de la superficie debajo de ella.

La utilidad principal del conocimiento de la altitud media está, en que se puede evaluar la magnitud de la barrera orográfica; con respecto a las características climáticas del lugar (precipitación, nubosidad, obstáculo para los vientos y masas de humedad, etc.).

II.3.2. Medición del relieve local.

La altura media (hm) es una medida de la altura relativa promedio de la cuenca, con respecto a un plano de referencia arbitrario, elegido comúnmente en la cota altitudinal mínima de la cuenca, o sea la de la desembocadura. Su objetivo es dar un valor numérico, que permita evaluar la magnitud de la energía potencial promedio, para la superficie total del sistema, relacionándose esa energía a su vez, con los procesos geomorfológicos que modelan el relieve local (competencia de cauces).

La altura media (hm), se expresa como la diferencia de la altitud media de la cuenca (A_m), menos la altitud mínima de la misma (A_{mn}). El valor calculado para esta cuenca resultó ser $hm = A_m - A_{mn} = 1900.9 \text{ m} - 1197 \text{ m} = 703.9 \text{ m}$.

II.3.3. Relaciones áreas-altitudes de la cuenca.

-La curva hipsométrica. Es un medio de mostrar gráficamente una relación de cantidad de superficie de la cuenca, que

se encuentra entre los límites del rango altitudinal definido convencionalmente, lo que finalmente puede dar el valor de volumen sólido de la cuenca en ese rango. A esta relación también se le conoce como curva de área-altitud. Se forma en base a ejes de coordenadas ortogonales, en donde la abscisa representa el valor del área acumulativa, en km^2 o en porcentaje, para cada uno de los rangos altitudinales, definidos en m, que son representados en la ordenada.

El proceso de medición en el mapa, para la obtención de esta curva, es el mismo utilizado para el cálculo de la altitud media de la cuenca (parte II.3.1.), sólo que ahora se apoya, más que en nada, en la gráfica de la curva hipsométrica, que se genera a partir de los datos de superficie medida, entre los rangos de altitudes establecidas (cuadro 7 y gráfica 9).

La curva hipsométrica se puede trazar, colocando en el eje de las Y, los mismos valores de intervalo de las curvas de nivel, utilizadas para formar las franjas a las que se les midió su superficie. En el eje de las X se van colocando los valores de área acumulada (columna 3 cuadro 7) para cada uno de los intervalos altitudinales, de tal manera que si se trazan verticales, en cada uno de esos valores, se forman franjas que representan el volumen total, a partir del plano de referencia de la desembocadura. Luego se unen, secuencialmente, cada uno de los puntos graficados, hasta formar la curva hipsométrica total, que como se puede ver, tiene una forma semejante al signo de integración en Matemáticas, o a una S horizontal alargada, que se considera que tiene cierta aproximación con el perfil longitudinal promedio de la cuenca fluvial, y donde se pueden notar, de una manera simplificada, las partes topográficas características, como son las montañas de la divisoria de aguas,

ARA LA ELABORACION DE LA CURVA HIPSOMETRICA E HISTORAMA DE FRECUEN
TIMETRICAS DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A. GRANDE, EDO. DE JAL.

lo en	Area de la franja en km ²	Area de la franja acumulati va en km ²	% del Area Total de la Cuenca	% acumula tivo	Y=h/H	X=a/A
	-----	-----	-----	-----	1.000	0.000
00	2.6770	2.6770	1.3629	1.3629	0.966	0.014
00	20.0702	22.7472	10.2177	11.5806	0.890	0.116
.00	26.9121	49.6593	13.7009	25.2815	0.806	0.253
000	21.7374	71.3967	11.0665	36.3480	0.721	0.364
000	34.9757	106.3724	17.8061	54.1541	0.637	0.542
000	35.2017	141.5741	17.9212	72.0753	0.552	0.721
000	18.4316	160.0557	9.4090	81.4843	0.468	0.815
000	10.2350	170.2907	5.2106	86.6949	0.383	0.867
000	7.7705	178.0612	3.9559	90.6508	0.298	0.907
000	6.8544	184.9156	3.4896	94.1404	0.214	0.941
000	6.8554	191.7710	3.4901	97.6305	0.129	0.976
000	4.5763	196.3473	2.3298	99.9603	0.045	1.000
197	0.0732	196.4256	0.0398	100.0000	0.001	1.000
197	-----	-----	-----	-----	0.000	1.000
	Σ196.4256					

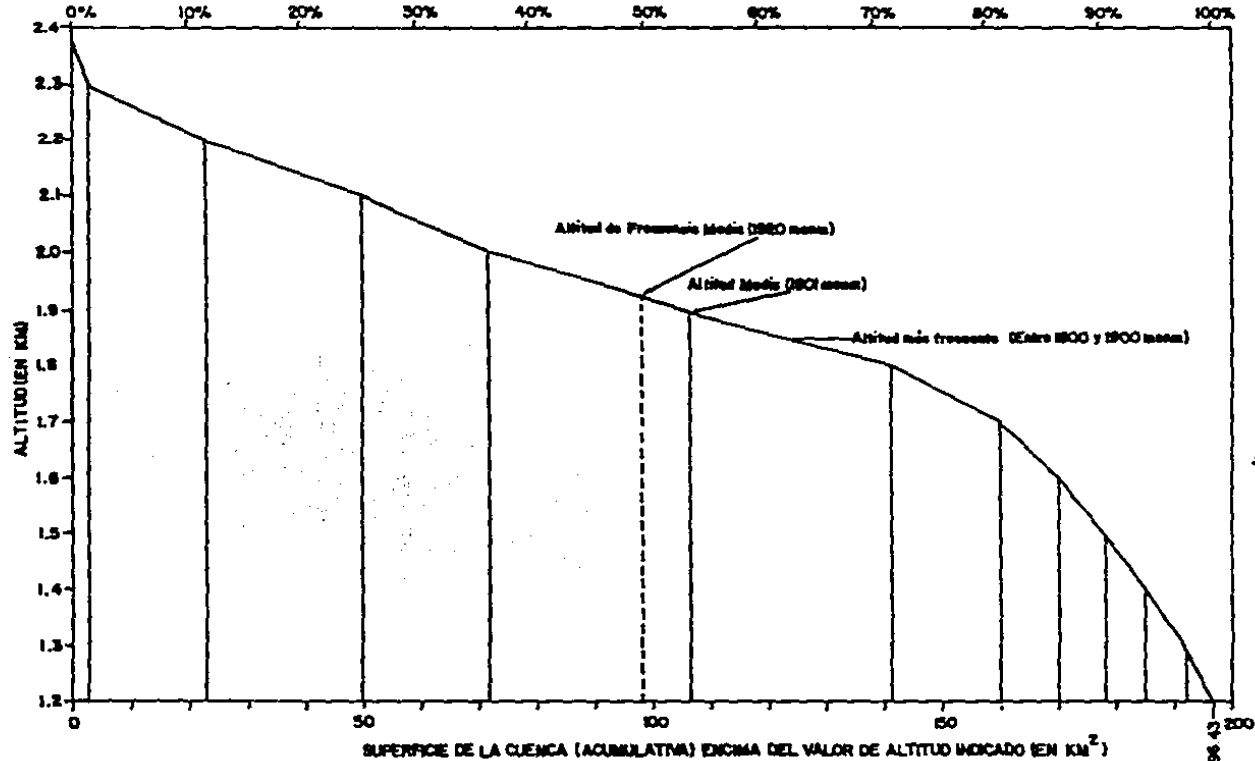
Ver Mapa #3

Las columnas 6 y 7 se utilizaron para graficar la Gráfica #10.

Las columnas 1, 3 y 5 se utilizaron para elaborar la Gráfica #9.

Las columnas 1, 2 y 4 se usaron para hacer la Gráfica #11.

CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A. GRANDE, EDO. DE JALISCO



Fuente: Limney et al., 1977, p. 351

Compare la curva con el Mapa No. 5

GRAFICA No 9

los taludes de transición y las planicies bajas de acumulación.

Dentro de las aplicaciones de la curva hipsométrica, se encuentran aquellas mencionadas en anteriores párrafos, en las relaciones de influencia del relieve con respecto a las características climáticas locales, además es muy importante para especular, sobre la etapa en que se encuentra la cuenca y las magnitudes del modelado de su relieve.

Existen algunas variantes en el método de obtención y en la forma de graficar las curvas hipsométricas. Con respecto a lo primero, se puede obtener la curva en base a muestreos, al azar, o mediante intersecciones de una cuadrícula sobrepuesta con respecto a las curvas de nivel; los datos se procesan, se calculan frecuencias y se considera como superficie total a la suma de los muestreos. Con respecto a lo segundo, Strahler (1964, p.4-68) grafica de una manera diferente su curva hipsométrica, en el eje X coloca el valor acumulativo del área relativa (a/At), definida como la división entre el área de un rango altitudinal (a), en secuencia decreciente, con respecto al área total de la cuenca (At), y en el eje Y, coloca el valor de altura relativa (h/H) acumulativa, obtenida de la división de la diferencia de altitudes (h) del rango que contiene al área (a), entre la diferencia de las altitudes máxima y mínima de la cuenca $H= 2380 \text{ m}-1197 \text{ m}= 1183$. La forma de la curva es semejante a la explicada anteriormente, sólo varían sus escalamientos y unidades de los ejes (columnas 6 y 7 del cuadro 7 y gráfica 10).

-Histograma de frecuencias altimétricas. Es un diagrama de bloques, en donde se relaciona la cantidad parcial (no acumulativa) del área total de la cuenca, comprendida en cada uno de los rangos altitudinales seleccionados. Se grafica en las

AVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A.GRANDE O. DE JALISCO. Criterio de Strahler.

5.4256 km²

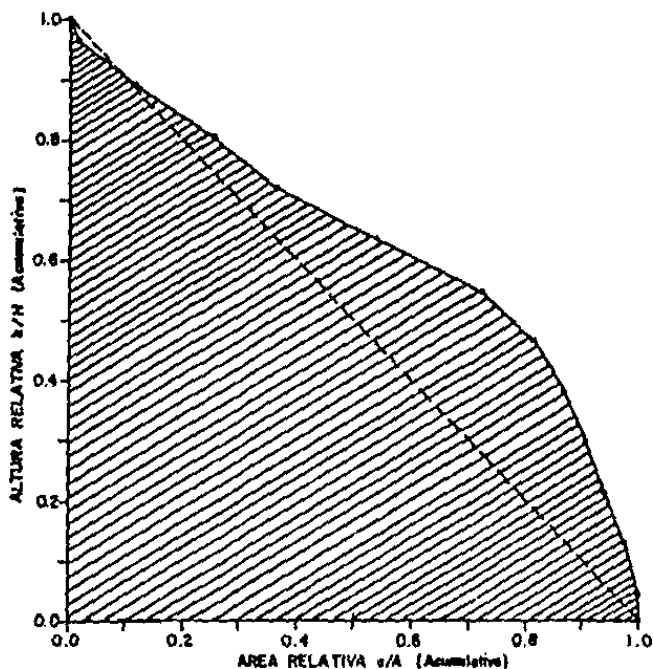
3m

DIFERENCIA DE ALTITUDES DEL RANGO QUE CONTIENE AL AREA (a)

EA DEL RANGO DE ALTITUDES QUE ORIGINA A (n)

VALORES DE (a/A) y (n/H), ACUMULATIVOS, SE ENCUENTRAN EN EL CUADRO No.7

≠ Compárese con la Grafica No.9 y con el
Mapa No. 3



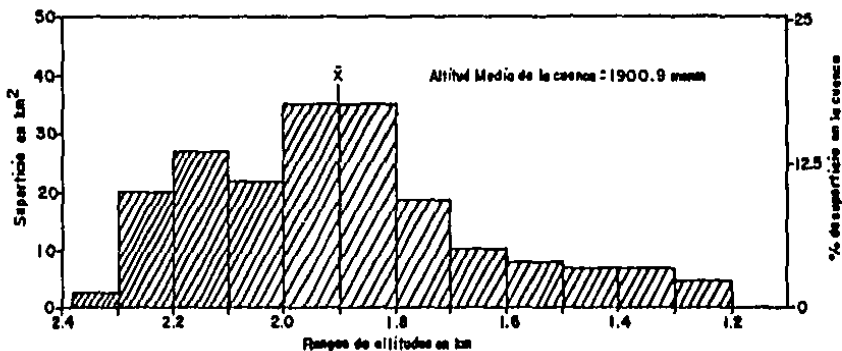
GRAFICA No.10

X los rangos altitudinales en msnm, de mayor a menor, en dirección hacia la derecha, contra el valor del área no acumulativa en km^2 y en %, correspondiente a cada uno de los rangos mencionados (gráfica 11). Puede ser usado en combinación con la curva hipsométrica o sustituirla en algunos casos; su ventaja mayor consiste en que, permite visualizar rápidamente qué altitudes comprenden mayor área en la cuenca, y como se van reduciendo los bloques, gradualmente hacia los extremos, lo cual hace recordar el principio de la curva normal de frecuencias en Estadística. Los datos del histograma fueron tomados de las columnas 1, 2 y 4 del cuadro 7.

-Altitud más frecuente. Corresponde al rango altitudinal de la curva hipsométrica o del histograma de frecuencias altimétricas, que contiene mayor área parcial (no acumulativa) de la total de la cuenca. En las gráficas 9 y 11 se nota inmediatamente cual es el rango altitudinal que tiene mayor área parcial; en la 9 es la franja vertical que tiene mayor anchura y en la 11 es la barra que tiene mayor altura. En los dos casos, el rango correspondiente, es el que está entre las altitudes de 1800 a 1900 msnm, aunque siendo menos estrictos, se puede decir que la altitud más frecuente oscila entre 1800 y 2000 msnm, porque si se comparan los valores porcentuales, correspondientes a cada barra (1800-1900, 17.92%; 1900-2000, 17.81%) su diferencia es tan pequeña que se puede considerar despreciable.

-Altitud de frecuencia media. Es el valor altitudinal definido por la intersección de la proyección de una vertical que parte del 50% del área acumulada de la cuenca (98.21 km^2) y que se intersecta con la curva hipsométrica (gráfica 9). Para el caso particular de esta cuenca el resultado fue de 1920 msnm aproximadamente.

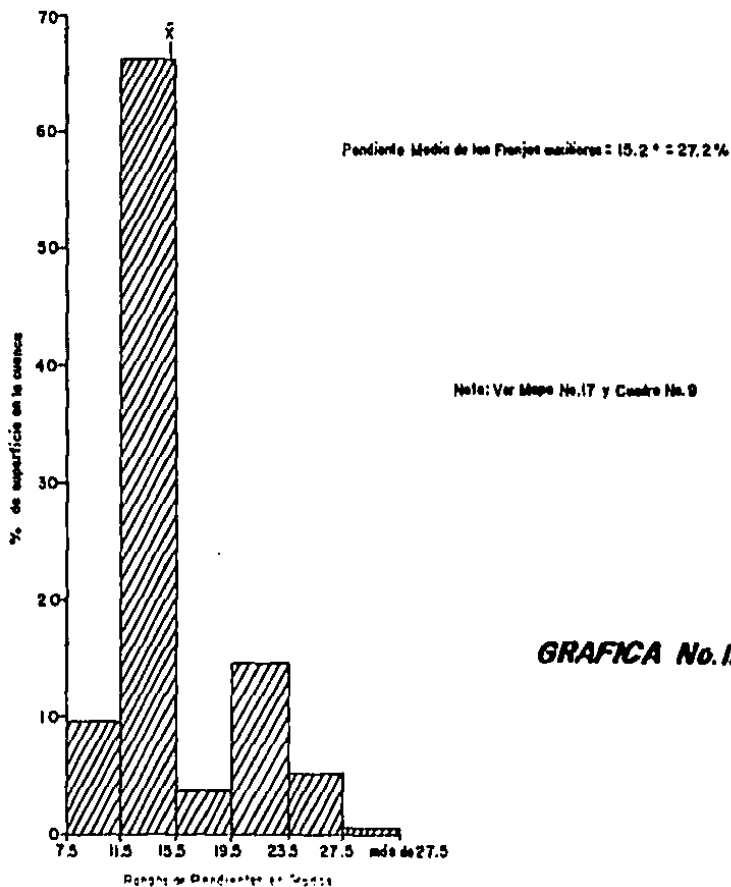
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS DE LA CUENCA



Nota: Ver Mapa No. 3 y Cuadro No.7

GRAFICA No.11

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE PENDIENTES (Criterio de Ahorro)



Nota: Ver Mapa No.17 y Cuadro No.9

GRAFICA No.12

II.3.4. Relaciones longitudes-altitudes de la cuenca.

-Pendiente media del relieve de la cuenca. El conocimiento de este parámetro es fundamental en el análisis morfométrico generalizado de cuencas fluviales, ya que la inclinación de la superficie sólida de esos sistemas influye de diversas formas: En el estudio de la evolución de las geoformas, se explican éstas, mediante relaciones directas con las pendientes de los cauces y vertientes; en la evaluación de la capacidad de los ríos para el transporte de sólidos, acarreados y suspendidos, y para su deposición en lugares propicios (pendientes bajas); en las determinaciones del comportamiento hidrológico de las cuencas, existen relaciones claras, con el retardo de la respuesta hidrológica del flujo del cauce principal, cuando hay aumentos marcados en la precipitación, también se relaciona con el tiempo de escurrimiento, velocidad del agua y por lo tanto con la magnitud del flujo, con la infiltración, evaporación y humedad del suelo; con la retención superficial del agua y la velocidad de las aguas de arroyada; además es un elemento importante para el análisis de hidrología subterránea (Martínez L., inédito p.206).

La pendiente además tiene una relación directa con la utilización del agua y del suelo por el hombre. Con respecto a esto, interviene directamente en la posibilidad de aprovechamiento del agua con fines de producción hidroeléctrica y de riego de tierras; en las actividades agrícolas es una limitante, de acuerdo a la inclinación del terreno, lo mismo que en el aprovechamiento de recursos forestales y piscícolas, indirectamente ocasiona la remoción del suelo por causas antrópicas. Con respecto al ecosistema, es un factor que origina la oxigenación y turbidez del agua.

Existen muchas técnicas de obtención de la pendiente me
dia del relieve de la cuenca, algunas varían poco con respecto
a las otras, pero todas se basan en realizar mediciones longi
tudinales y altitudinales sobre la carta topográfica fuente.
Entre los criterios más utilizados para la obtención de la pen
diente están los de Alvord, de Horton, de Nash, el de muestre
os por números Random, el de elaboración de una carta de Isotan
gentes, el de muestreos a criterio del investigador, etc. (Mar
tínez L., inédito, p.207).

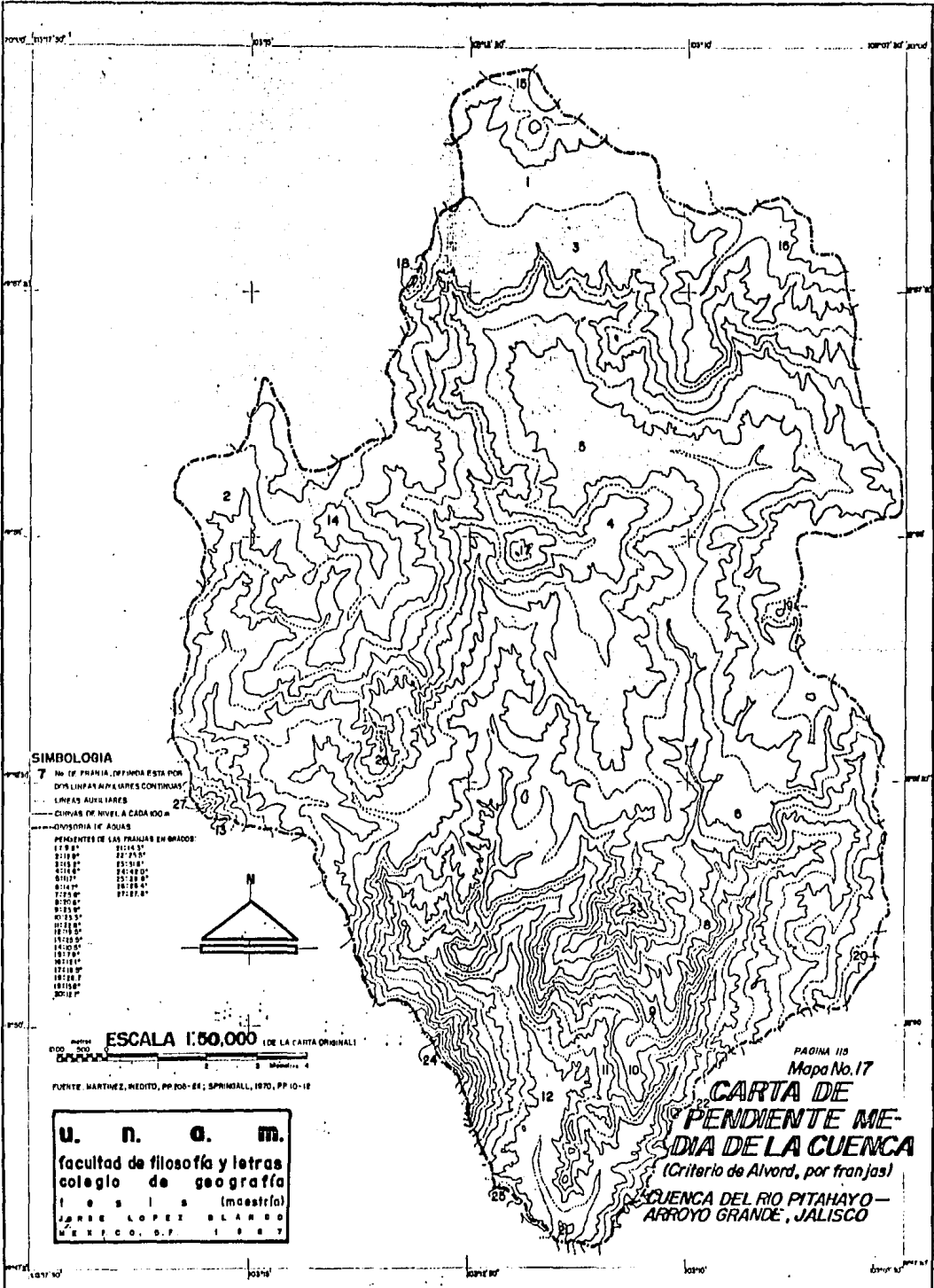
El criterio de Horton se basa en medir longitudes, míme
ro de intersecciones y tangencias, de las curvas de nivel repre
sentativas de una cuenca, mediante una mall
a de cuadrados sobre
puesta. El de Nash es semejante al de Horton, por la mall
a utilizada, sólo que aquí se miden los valores de las pendientes
directamente sobre el mapa, en las intersecciones, o en sus cer
canías, de las líneas de la mall
a con las curvas de nivel que
estén dentro de la cuenca. Con las pendientes medidas se obtie
ne la media de ellas y si se desea se puede hacer un análisis
de distribución de frecuencias (Springall, 1970, pp.10-21).

El criterio de Alvord se basa en la medición de la pen
diente promedio de las franjas de superficie, comprendidas en
tre líneas intermedias, auxiliares, a las curvas de nivel, ele
gidas como representativas dentro de la cuenca. La ecuación que
establece la pendiente media de cada una de las franja
das por dos líneas auxiliares consecutivas es $S_1 = D/w_1$; donde
 $S_1 =$ pendiente media de la franja 1, $D =$ desnivel entre líneas
medias auxiliares, que por conveniencia se toma el desnivel mis
mo de las curvas de nivel representativas de esa franja, w_1 es
el ancho de la franja definido por (a_1/L_1) ; donde a_1 es el área
de la franja 1 y L_1 es la longitud de la curva de nivel situa

da dentro de la franja 1. Como cada una de las franjas posee una fracción de la superficie de la cuenca, que no es de valor constante para cada una de ellas, entonces se hace necesario proporcionar la influencia de esa pendiente media de cada franja (a_1, a_2, \dots, a_n) con respecto al área total de la cuenca, quedando de esta forma: $S = (DL_1/a_1)(a_1/At) + (DL_2/a_2)(a_2/At) + \dots + (DL_n/a_n)(a_n/At)$; simplificando resulta que: $S = D/At(L_1 + L_2 + \dots + L_n)$ y finalmente $S = DL/At$; siendo L = longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, con desnivel constante D , y At = al área total de la cuenca.

Para el caso de la cuenca aquí estudiada se utilizó este último criterio. Se realizaron las mediciones de superficies de cada una de las franjas definidas (a_1, a_2, \dots, a_{27}) y las longitudes de las curvas de nivel situadas en medio de las franjas (L_1, L_2, \dots, L_{27}) sobre la carta de pendiente media de la cuenca por franjas (mapa 17), también se buscaron los desniveles entre curvas, que en los casos "normales" fue de 100 m y en los casos de excepción fue variable (entre 50 y 130 m). En las columnas 1 a 4 del cuadro 8 se encuentran anotados los resultados encontrados de las mediciones mencionadas, y en las columnas 5 y 6, los valores calculados de las pendientes promedio para cada franja y sus "pendientes pesadas", finalmente se sumaron estas últimas y se obtuvo la pendiente media que resultó ser de 15.2° ó del 27.2%.

-Histograma de frecuencias de pendientes del relieve de la cuenca. Se hizo un diagrama de barras, que indicara en el eje de las Y, el porcentaje de frecuencia de la superficie total de la cuenca que se sitúa entre cierto rango de pendiente, elegido por conveniencia, y graficado en el eje de las X. Los valores de porcentaje de superficie se calcularon mediante las

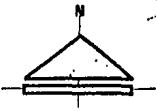


SIMBOLOGIA

- 7 No. DE FRANJA, (FRANJA ESTA POR DENTRO DE LAS LÍNEAS CONTINUAS)
- LÍNEAS AZULES CONTINUAS
- LÍNEAS AZULES INTERMITENTES
- CURVAS DE NIVEL A CADA 100
- ONDULACIÓN DE AGUAS

PENDIENTES DE LAS FRANJAS EN GRADOS:

17 30"	2154.5"
2159.5"	22 15"
2318.5"	23 30"
2478.5"	24 45"
2638.5"	25 30"
2798.5"	26 15"
2958.5"	27 00"
3118.5"	27 45"
3278.5"	28 30"
3438.5"	29 15"
3598.5"	30 00"
3758.5"	30 45"
3918.5"	31 30"
4078.5"	32 15"
4238.5"	33 00"
4398.5"	33 45"
4558.5"	34 30"
4718.5"	35 15"
4878.5"	36 00"
5038.5"	36 45"
5198.5"	37 30"
5358.5"	38 15"
5518.5"	39 00"
5678.5"	39 45"
5838.5"	40 30"
5998.5"	41 15"
6158.5"	42 00"
6318.5"	42 45"
6478.5"	43 30"
6638.5"	44 15"
6798.5"	45 00"
6958.5"	45 45"
7118.5"	46 30"
7278.5"	47 15"
7438.5"	48 00"
7598.5"	48 45"
7758.5"	49 30"
7918.5"	50 15"
8078.5"	51 00"
8238.5"	51 45"
8398.5"	52 30"
8558.5"	53 15"
8718.5"	54 00"
8878.5"	54 45"
9038.5"	55 30"
9198.5"	56 15"
9358.5"	57 00"
9518.5"	57 45"
9678.5"	58 30"
9838.5"	59 15"
9998.5"	60 00"



ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)



FUENTE: MARTÍNEZ, MEDITO, PP 200-EE; SPRINGALL, 1970, PP 10-12

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 1 0 3 1 5 (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1 9 8 7

PAGINA 115
 Mapa No. 17

CARTA DE PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA
 (Criterio de Alvord, por franjas)

CUENCA DEL RIO PITAHAYO—
 ARROYO GRANDE, JALISCO

CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DEL RELIEVE DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A. GRANDE, EDO. DE JALISCO. CRITERIO DE ALVORD (Por Franjas).

No. de franja	D Equidist. en m.	L_n Long. de curvas de nivel (km)	a_n Sup. franja km^2	(DL_n/a_n) Pendiente Franja	$(DL_n/a_n)(a_n/At)$ Pendiente pesada
1	100	22.60	13.0248	0.17352	0.01151
2	100	30.00	13.1490	0.22815	0.01527
3	100	52.80	22.4398	0.23530	0.02688
4	100	75.00	28.3811	0.26426	0.03818
5	100	78.00	37.8338	0.20616	0.03971
6	100	66.50	25.2808	0.26305	0.03386
7	100	4.63	0.9665	0.47905	0.00236
8	100	54.22	14.4016	0.37649	0.02760
9	100	38.84	8.7534	0.44371	0.01977
10	100	31.52	7.3190	0.43066	0.01605
11	100	29.28	6.9584	0.42079	0.01491
12	100	25.56	7.2316	0.35345	0.01301
13	100	1.78	0.3725	0.47785	0.00091
14	90+	10.25	5.0015	0.18444	0.00470
15	60+	2.34	1.0132	0.13857	0.00071
16	130+	3.38	2.0493	0.21441	0.00224
17	50+	0.88	0.1242	0.35427	0.00022
18	70+	0.45	0.0576	0.54688	0.00016
19	50+	1.06	0.1868	0.28372	0.00027
20	70+	1.45	0.4718	0.21513	0.00052
21	50+	3.23	0.6357	0.25405	0.00082
22	70+	0.44	0.0646	0.47678	0.00016
23	110+	1.75	0.3109	0.61917	0.00038
24	110+	1.30	0.1589	0.89994	0.00073
25	50+	0.60	0.0546	0.54945	0.00015
26	50+	0.75	0.0695	0.53957	0.00019
27	90+	0.67	0.1142	0.52802	0.00031

Suma=0.2721687

Pendiente Media=0.2721687= $\frac{15.2^{\circ}}{27.22\%}$

+Estos casos son especiales, ya que no existen dos curvas de nivel consecutivas. Se obtuvo la diferencia altimétrica (D) de las curvas de nivel a cada 20 m, estableciéndose, donde fue necesario, unas segundas líneas auxiliares. Ver Mapa #17.

frangas auxiliares establecidas antes, de acuerdo al criterio de Alvord. Los valores de pendiente media de las frangas son los transformados a grados sexagesimales de la columna 5 del cuadro 8. Con esta gráfica se puede visualizar rápidamente cuáles son los rangos de pendientes que cubren mayor cantidad de superficie en la cuenca (gráfica 12), pero si además existe un apoyo en el cuadro 9, mediante el cual se originó el histograma, y en la carta de pendiente media de la cuenca por frangas; se puede localizar geográficamente esa relación al ubicar espacialmente la inclinación y la extensión del relieve.

-Carta de pendientes (criterio geomorfológico). Como se dijo antes, existen varios criterios para la realización de las cartas dependientes, éstos se basan principalmente en el uso que se le dará a ese documento una vez elaborado, por ejemplo, los rangos de pendiente para una carta con fines de análisis de erosión y caracterización de suelos, son comúnmente diferentes de los rangos de pendientes de estudios geomorfológicos; lo mismo que para un estudio hidrológico las pendientes muy generalizadas, por sectores o frangas, o simplemente los valores numéricos de las pendientes medias de las cuencas de drenaje son suficientes para esos objetivos. Otros de los factores que influyen para la elección de un criterio de elaboración de cartas de pendientes son las características del relieve y la escala de las cartas topográficas que se usarán como base de elaboración.

El criterio elegido para realizar esta carta de pendientes del relieve de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, es el que han recomendado algunos autores que han trabajado en análisis morfométrico con fines de investigación geomorfológica, de regiones ubicadas en la misma provincia fisiográfica de

DATOS PARA LA OBTENCION DEL HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE PENDIENTES MEDIAS DEL RELIEVE DE LA CUENCA DEL RIO EL PITAHAYO-A. GRANDE, EDO. DE JALISCO. CRITERIO DE ALVORD (Por Franjas).

No. de franja	Pendiente	Area de la cuenca %	Pendiente en grados
1	0.1735	6.63	9.84
2	0.2282	6.69	12.85
3	0.2353	11.42	13.24
4	0.2643	14.45	14.80
5	0.2062	19.26	11.65
6	0.2630	12.87	14.74
7	0.4790	0.49	25.60
8	0.3765	7.33	20.63
9	0.4437	4.46	23.93
10	0.4307	3.73	23.30
11	0.4208	3.54	22.82
12	0.3534	3.68	19.47
13	0.4779	0.19	25.54
14	0.1844	2.55	10.45
15	0.1386	0.52	7.89
16	0.2144	1.04	12.10
17	0.3543	0.06	19.51
18	0.5469	0.03	28.67
19	0.2837	0.10	15.84
20	0.2151	0.24	12.14
21	0.2541	0.32	14.25
22	0.4768	0.03	25.49
23	0.6192	0.16	31.76
24	0.9000	0.08	41.99
25	0.5495	0.03	28.79
26	0.5396	0.04	28.35
27	0.5280	0.06	27.83

Nota: Ver Mapa #17 y Gráfica #12.

esta cuenca de estudio. Este criterio se basa primordialmente en determinar rangos de pendientes característicos, para la de terminación de la zonificación de procesos geomorfológicos, como son los grados de erosión potencial (Palacio, 1983). En la siguiente lista se aprecian los rangos completos usados en es te trabajo, y algunas características geomorfológicas relacio nadas con cada uno de ellos:

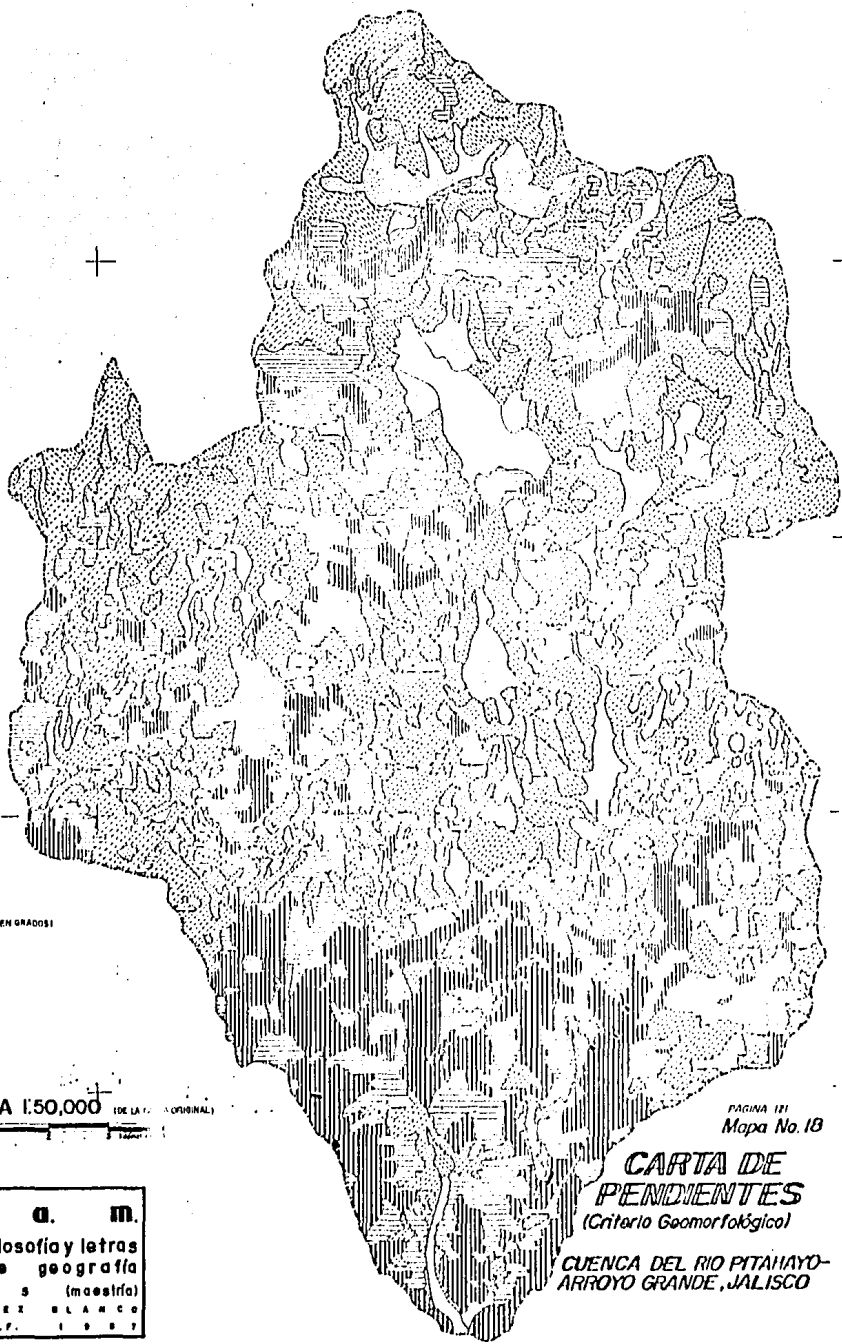
Rango de Pendientes (en grados)	Grado de Erosión Potencial	Situación de los procesos
de 0° a 1.5°	Nula	Planicies y Mesas
de 1.5° a 3°	Muy débil	" " "
de 3° a 6°	débil	" " "
de 6° a 12°	Moderada-Fuerte	Laderas
de 12° a 20°	Fuerte	"
de 20° a 45°	Muy Fuerte	"
más de 45°	Intensa	"

La técnica usada para facilitar la delimitación de la extensión espacial en la carta, de zonas con pendientes de rangos iguales, fue la de elaborar una pequeña regleta con delimitaciones de espacios "achurados", coincidiendo los límites de estos sectores gráficos, con los marcados numéricamente en la lista anterior de rangos, dichos límites gráficos se determina ron con los valores de los grados de los rangos, por medio de la función tangente y para una equidistancia entre curvas de nivel continuas de 100 m y para una representación cartográfica a escala 1:50,000. También se hizo otra regleta, pero ésta, para equidistancia entre curvas de nivel consecutivas de 20 m, que fue usada en los casos especiales, en donde las curvas de nivel "maestras" a cada 100 m se separaban demasiado.

La forma de hacerlo prácticamente, consiste en colocar

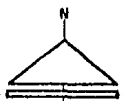
el extremo inicial de la regleta en una de las curvas de nivel "maestras", dibujadas de antemano en la carta por elaborar, y buscar en que sector de límites coincide la curva de nivel maestra siguiente; de acuerdo al rango que coincida, el espacio comprendido entre esas dos curvas mencionadas, se simbolizará con el hachuramiento que le corresponda; llegará un momento en que la curva siguiente coincidirá con una línea límite entre dos rangos, esto indicará que se ha llegado a un límite de rango de pendientes, y que hacia adelante se continuará con el símbolo de un rango de pendientes superior o inferior, siguiente.

Los resultados encontrados en la carta de pendientes elaborada, pueden describirse en forma general de la manera siguiente (ver mapa 18): en las porciones sur, suroeste y parte de la sureste, de la cuenca, existe un claro dominio de rangos de pendientes muy fuertes, primordialmente entre 12° y 20° , y de 20° a 45° , esto se debe posiblemente, a la existencia en esta zona de materiales rocosos muy antiguos, que no fueron recubiertos ni "suavizados" y aumentados de volumen por las coladas basálticas del terciario superior (principalmente del cuaternario), como ocurrió en otras zonas de esta misma cuenca; al mismo tiempo está, la influencia espacial de las pendientes fuertes en las laderas de los conos volcánicos aislados, y de los materiales tobaceos, que en la mayor parte de los casos los recubren. En la parte centro-oeste de la cuenca se nota una franja que sigue una dirección inicialmente noreste y continúa con una noroeste; esta franja de símbolos semejantes tiene un dominio amplio de rango de pendientes pronunciadas, de 12° a 20° , combinándose, aunque en menor proporción, con el rango de 20° a 45° . Esta franja corresponde inicialmente, siguiendo una trayectoria de sur a norte, con un volcán basáltico aislado, continúa



SIMBOLOGIA:

- RESUMEN DE PENDIENTES (EN GRADOS)
- 0° a 15°
 - 15° a 30°
 - 30° a 45°
 - 45° a 60°
 - 60° a 75°
 - 75° a 90°
 - Mayor a 90°



ESCALA 1:50,000 (DE LA ORIGINAL)

PAGINA 121
Mapa No. 13

**CARTA DE
PENDIENTES**
(Criterio Geomorfológico)

CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
ARROYO GRANDE, JALISCO

U. N. A. M.
facultad de filosofía y letras
colegio de geografía
1 9 5 1 5 (maestría)
JOSÉ LÓPEZ BLANCO
MÉXICO, D.F. 1 9 5 7

sobre una zona de tobas andesíticas trabajadas, después están dos volcanes basálticos unidos, también algunos escarpes de coladas de lava, luego una zona de tobas riolíticas erosionadas, y finaliza sobre un volcán basáltico, pequeño de extensión pero sobresaliente, al NW de la cuenca.

En las partes norte, centro-norte, centro y centro-este, se notan espacios amplios con rangos de pendientes muy suaves, de 0° a 1.5° (Áreas sin símbolo) y de 1.5° a 3° , estas zonas corresponden, principalmente, a planicies aluviales y a mesas de lavas basálticas.

Considerando el total de la superficie de la cuenca, se puede notar un dominio general del rango de pendientes de 6° a 12° , combinándose también en proporción alta con el rango de 3° a 6° , debido esto principalmente, como ya se dijo, a la cobertura masiva del relieve subyacente antiguo, por las extensas y fluidas coladas de basalto recientes.

-Pendiente de los cauces de la cuenca por número de orden. La actividad inicial necesaria para la obtención de la pendiente media de los cauces de un orden determinado, \overline{Scu} , es precisamente medir algunos elementos de cada cauce de cada orden, que permitan después calcularle su pendiente media. La técnica empleada para llevar a cabo esto, fue la que permitía al final del cálculo tener la pendiente media ponderada para cada tramo de cauce. Consistió en medir en la carta topográfica frente los siguientes elementos (haciendo la aclaración que esto es para un sólo tramo de cauce de orden n): Las longitudes parciales proyectadas a la horizontal (medidas del plano) entre las curvas de nivel consecutivas (a cada 20 m), los valores de cauce una de las curvas de nivel que cortaran el tramo de cauce, además las elevaciones, en muchos casos interpoladas, de los

puntos inicial y final del tramo, es decir, la cota donde inicia este tramo de cauce, ya sea en la cabecera (para los de primer orden) o donde termina su afluente de orden inferior siguiente (aguas arriba) para los cauces de orden mayor a 1; y la cota donde este tramo confluye con otro de orden superior.

Con estos datos se procedió a calcular las pendientes parciales de subtramos interiores del tramo de cauce, esto es, como se conocía la cota del inicio del cauce y de la siguiente curva de nivel inferior, se hacía una resta entre las dos para obtener el desnivel parcial (dy), y como también era conocida la longitud parcial entre esas dos curvas (dx), se podía conocer la pendiente en ese subtramo (dy/dx). Pero como este valor tenía que promediarse con las pendientes parciales de otros subtramos internos, siendo variables sus longitudes, entonces fue necesario calcular el porcentaje de longitud con respecto a la total del tramo de cauce de orden u , correspondiente a ese subtramo, con lo que se obtuvo su peso estadístico que sirvió para promediar adecuadamente la pendiente media de ese tramo de cauce.

Conocidas todas las pendientes medias de todos los cauces de todos los órdenes, se agruparon por jerarquía y promediaron estadísticamente. Estos resultados se encuentran anotados en la columna 14 del cuadro 4. Como se puede ver, existe un decrecimiento progresivo y constante, entre los valores de pendiente promedio de los cauces de órdenes sucesivamente crecientes, de tal forma que se puede inferir una relación de pendientes medias de cauces, (RSc), cuyo valor adimensional está dado por el cociente de las pendientes promedio de cauces de orden u , \bar{Sc}_u , con respecto a las pendientes promedio de cauces del orden inferior siguiente, (\bar{Sc}_{u-1}), quedando formalizada algebrai

camente así: $RSc = \bar{Sc}_u / \bar{Sc}_{u-1}$. Los resultados de esta relación se encuentran enlistados en la columna 15 del cuadro 4, y en la parte inferior de ella, el promedio de RSc para los datos medidos en la cuenca.

Tomando en cuenta la relación de pendientes, Horton desarrolló de manera análoga a las leyes anteriores, su Ley de Pendientes de Cauces, que expresa lo siguiente: "La forma en que decrecen las pendientes medias de los cauces, de cada uno de los órdenes, tiende a aproximarse cercanamente a una función exponencial inversa, en la cual, el primer término es la pendiente media de los cauces de primer orden", en lenguaje matemático queda de la manera siguiente: $\bar{Sc}_u = \bar{Sc}_1 RSc^{u-1}$. Para hacer una comparación con las determinaciones teóricas de Horton, se dibujó una gráfica semilogarítmica, donde se ubicó con puntos en el eje de las X, en escala aritmética, el número de orden de la jerarquía de los cauces, y en el de las Y, en escala logarítmica, el valor de la pendiente media de los cauces de cada orden. La gráfica resultante (13) muestra una serie de puntos sensiblemente alineados, a excepción de la pendiente media de cuarto orden que se desfasa marcadamente, a los cuales se les calculó una recta de regresión que se ajustara mejor a sus posiciones ocupadas, cuyo coeficiente de correlación fue $r = -0.975$, que demuestra la tendencia de reducción constante de los valores de pendientes medias de cauces de ordenes superiores sucesivos. La relación de pendientes (RSc) se calculó para la recta de regresión, en forma directa, utilizando el antilogaritmo del coeficiente B de la regresión, resultando: $RSc = 0.624$. Después se hizo una comparación, para establecer el porcentaje de diferencia, con respecto a lo medido, entre los valores de pendientes medias de cauces medidas en la cuenca y las calcula

REGRESION DE LAS PENDIENTES MEDIAS DE CAUCES CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS

ECUACION DE LA RECTA DE REGRESION:

$$Sen = \text{Log}^{-1}(-0.301 - 0.204 (x))$$

$$A = -0.3513304634$$

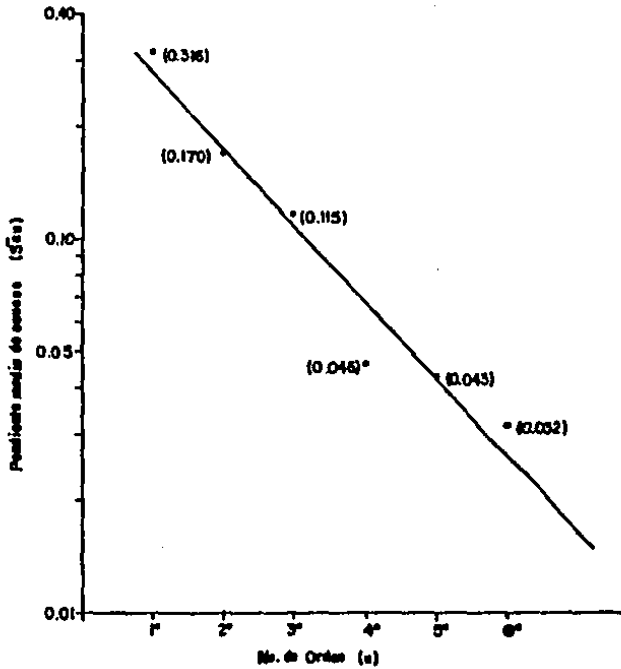
$$B = -0.2044836706$$

$$r = -0.9750681$$

RELACION DE PENDIENTES DE CAUCES CALCULADA CON LA REGRESION:

$$RS_n = \text{Log}^{-1} B = 0.624476831$$

* Ver. nota de la Gráfica No. 3



GRAFICA No. 13

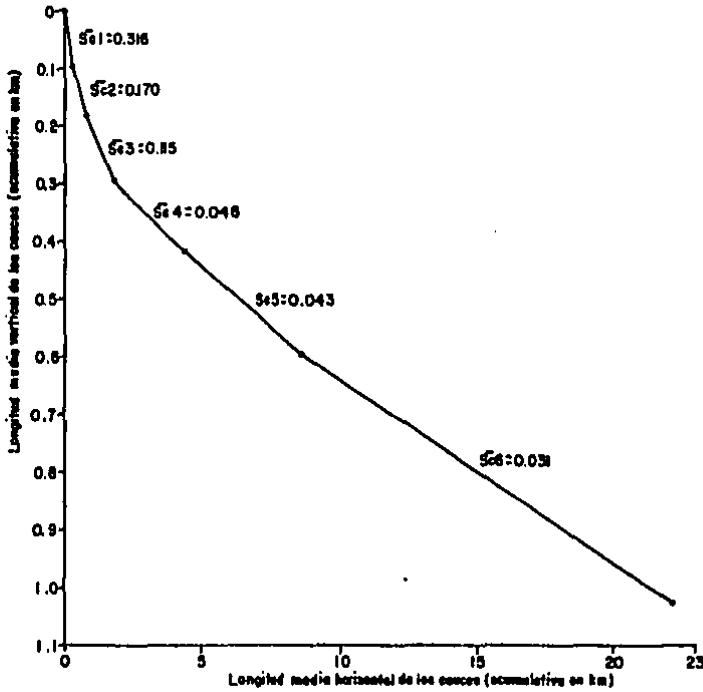
das basándose en la ecuación exponencial de Horton, resultando lo siguiente:

Orden u	$\bar{S}c_u$ (real)	$\bar{S}c_u = \bar{S}c_1 RSc^{u-1}$ (Horton)	Diferencia en % respecto a lo real
1ª	0.316	0.278	-12.0%
2ª	0.170	0.174	2.0%
3ª	0.115	0.108	-5.8%
4ª	0.046	0.068	46.1%
5ª	0.043	0.042	-2.1%
6ª	0.032	0.026	-17.4%

-Perfil general promedio de cauces. Es un asunto probado empírica y teóricamente, que el perfil característico longitudinal de un cauce sigue una trayectoria cóncava hacia arriba. Para corroborar y comparar esta idea se elaboró un perfil general longitudinal promedio, dibujando en una gráfica los puntos que al unirse forman los cauces teóricos con sus pendientes medias para cada uno de los órdenes de la cuenca. En el eje de las Y se colocaron los valores de desniveles o diferencias de alturas, dy , acumulativos, definidos por las pendientes medias para los cauces de cada orden, $\bar{S}c_u$, y las longitudes medias de cauces por jerarquía, L_u . En el eje de las X se ubicaron los puntos mediante los valores de longitudes medias horizontales y acumulativas, de los cauces del orden correspondiente. Como se ve en la gráfica 14, la escala vertical del perfil, es en proporción, veinte veces más grande que la horizontal, esto se debe a la necesidad de remarcar las diferencias de alturas con respecto a las de longitud, con el fin de apreciar de una manera más fácil los cambios graduales y constantes de pendientes medias, y para visualizar gráficamente el sentido de la ley de pendientes medias de cauces y sus relaciones de pendientes, mencionadas en párrafos anteriores.

PERFIL LONGITUDINAL GENERAL PROMEDIO DE LOS CAUCES POR JERARQUIAS

Nº Ver nota de la Gráfica No. 3



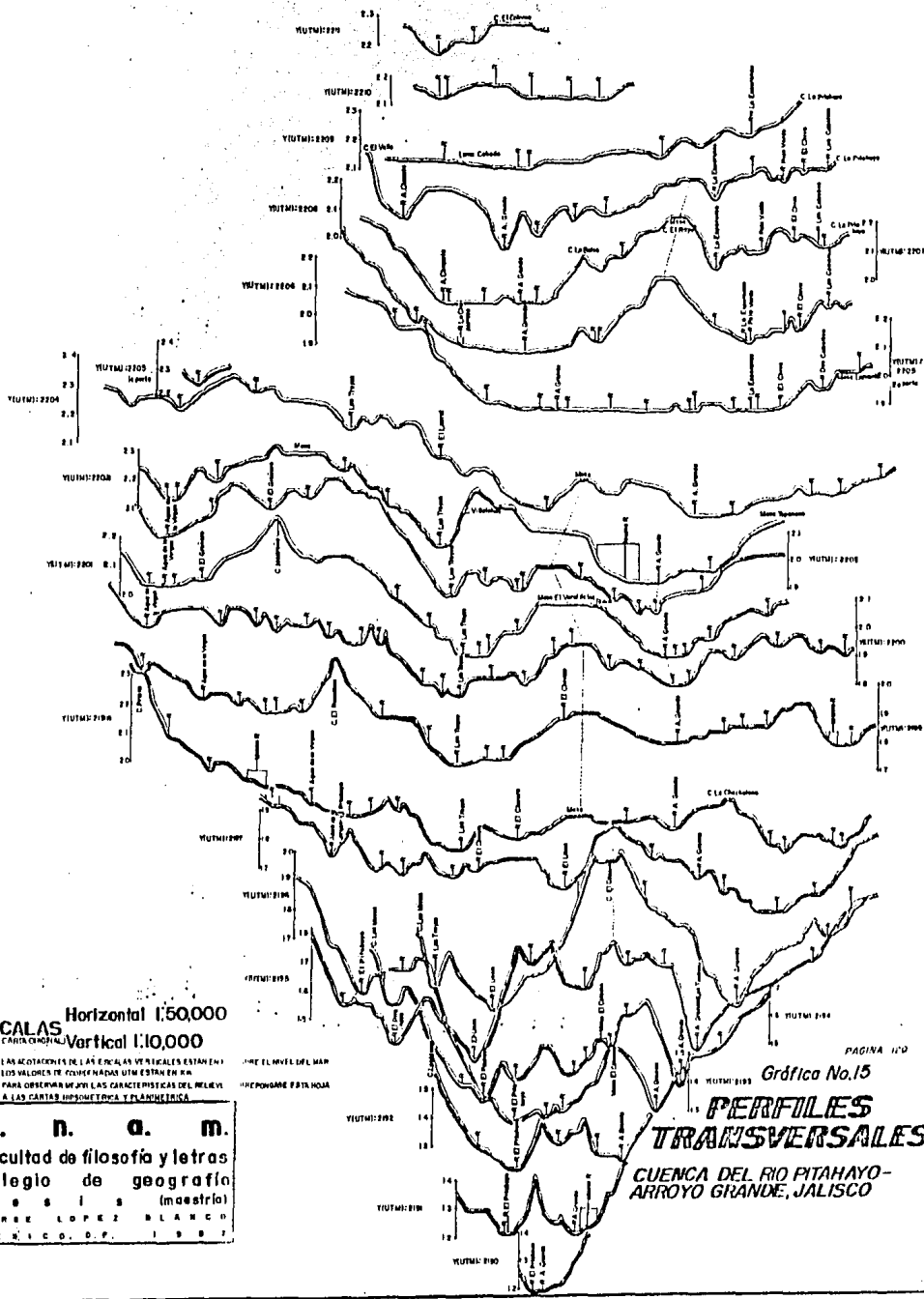
Nota: Emagreción de la escala vertical de (1 a 20)

GRAFICA No.14

-Perfiles transversales de la cuenca. Como un complemento de las relaciones morfométricas de longitudes-altitudes, se realizó para la cuenca de estudio, una gráfica general de los perfiles transversales (gráfica 15), que contiene 22 perfiles paralelos unos a otros, aproximadamente transversales al desarrollo general del colector principal. Sus situaciones planimétricas corresponden con las líneas que atraviesan la cuenca, horizontalmente, en la carta planimétrica (mapa 2), y que son las mismas que forman la cuadrícula de las coordenadas U.T.M. (valores de Y espaciados a cada Km) del sistema de proyección cartográfico usado en la construcción de la carta topográfica fuente. Se simbolizaron en los perfiles los ríos marcados en la carta, y las prominencias importantes del relieve; se dibujaron y acomodaron en la gráfica de tal manera que si se comparan conjuntamente con los detalles de cualquiera de los mapas elaborados, dan una situación aproximada de su ubicación planimétrica real dentro de la cuenca, aunque sus escalas verticales estén exageradas cinco veces. La utilidad de estos perfiles radica principalmente en la posibilidad de relacionarlos cualitativamente, como propiedades altimétricas que son, con cualquiera de las propiedades puramente físicas, que se han visto en el capítulo anterior (geología, edafología, vegetación, etc.).

Un detalle característico que se aprecia claramente en el conjunto de perfiles, es el cambio tan marcado de tipo de terreno. En la parte extrema norte se presentan con pocas inflexiones y con pendientes suaves, en cambio, en la parte sur extrema los cortes muestran grandes diferencias de alturas y quebramientos bruscos, señales de terrenos abruptos, con pendientes fuertes y ríos encajados.

Específicamente, en la parte norte, cercana a la cabece



Horizontal 1:50,000
Vertical 1:10,000

NOTAR LAS ACOTACIONES DE LAS ESCALAS VERTICALES ESTAN EN LOS VALORES DE FUENTES Y ESTAN EN KM. PARA OBSERVAR BIEN LAS CARACTERISTICAS DEL RELIEVO A LAS CARTAS HOMOGRAFICA Y PLANIMETRICA

QUE EL NIVEL DEL MAR SE RESPONDERA ESTA HOJA

u. n. a. m.
 facultad de filosofia y letras
 colegio de geografía
 1 0 8 1 8 (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

PAGINA 110
 Gráfica No.15
PERFILES TRANSVERSALES
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-ARROYO GRANDE, JALISCO

ra de la cuenca, existe una zona de lomeríos con un volcán de pendientes suaves (Cerro El Colomo), en cambio en el perfil marcado como Y(UTM)=2208, de la misma zona, la línea que simboliza el terreno se torna quebrada, debido a los escarpes litológicos que limitan la planicie aluvial, y a los volcanes El Valle (oeste), El Rayo (centro) y La Pitahaya (noreste). En la parte centro-oeste se destacan perfiles que indican la magnitud de la masividad de las coladas de lava basáltica y las prominencias de los conos volcánicos, que en conjunto dan una notable amplitud altitudinal. En cambio en la parte central se nota un descenso importante de las alturas, a causa de la extensa mesa basáltica del Varal de las Rosas, que se combina con un relieve más bajo aún, formado por algunas planicies aluviales pequeñas. Como se dijo antes, en la parte sur domina lo pronunciado de las pendientes; debido al contraste entre el relieve sedimentario e intrusivo, antiguo y sumamente erosionado, con respecto a las geoformas relevantes, volcánicas y jóvenes del ámbito local.

II.3.5. Relación longitud-área-altura de la cuenca.

Existe en el análisis morfométrico un coeficiente que combina directamente las tres propiedades mencionadas en este capítulo: lineales, areales y volumétricas. Se le conoce como número de rugosidad (N_r), y es generado por el producto de la altura media de la cuenca (h_m) y la densidad de drenaje total de la cuenca (D_d), que deben expresarse en unidades similares (Strahler, 1964, p.4-67). El N_r calculado para la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande resultó ser: $N_r = 0.704 \text{ Km} \times 5.293 \text{ Km/Km}^2 = 3.726$.

Este número indica que entre mayor sea la D_d y la altu

ra media permanezca igual, entonces la distancia horizontal pro
medio de la divisoria de aguas hasta un cauce cualquiera adya
cente se reduce, acompañada de un aumento de la altura inicial
de los cauces y de energía potencial, que hacen más abrupta la
pendiente. Y si la altura media se incrementa, mientras que la
Dd permanece constante, la diferencia de elevaciones entre la
divisoria y los inicios de los cauces adyacentes se incrementa,
lo que a su vez aumenta la capacidad erosiva debido al cambio
de energía potencial, dando un mayor pronunciamiento a la pen
diente. Es decir, cualquier aumento del valor de alguno de los
dos elementos de la relación, ocasionará un incremento en el
número de rugosidad (Nr).

CAPITULO III MORFOMETRIA ZONIFICADA INTERNA (MZI).

En este capítulo se intentará resumir el desarrollo realizado en base a la propuesta fundamental de este trabajo, que consiste principalmente en tomar en cuenta las discrepancias en la distribución interna de los cauces de la red fluvial, al mismo tiempo sus diferencias individuales dimensionales en algunas de las propiedades morfométricas ya explicadas en forma general en el capítulo anterior.

La estrategia seguida fue la de obtener una gran serie de datos, medidos con acuciosidad en la carta fuente, tomándolos en forma individual para cada tramo de cauce por orden de jerarquía, lo cual permitió caracterizar las particularidades geométricas de ellos y de sus subcuencas; asimismo sus posiciones tridimensionales definidas por un sistema de coordenadas adecuado.

Todo esto se complementó con medidas, hasta cierto punto arbitrarias, que finalmente definen mediante un número de cuerdas, el índice de sinuosidad o de linealidad (según se vea) de la trayectoria seguida por los elementos del sistema de erosión fluvial ya mencionados.

Todas esas cuantificaciones realizadas permiten zonificar internamente en la cuenca, espacios que contengan una mayor homogeneidad dimensional, comparándola con la establecida tomando los datos morfométricos generalizados para toda ella. Además es posible hacer un amplio análisis estadístico de frecuencias, que ayuda a entender las medidas absolutas de mayor presencia en los parámetros medidos, así como la medida de dispersión de los arreglos en los histogramas.

Como se puede ver esta es un intento de complementar la

información morfométrica definida por algunas cantidades generales, aplicables a toda la cuenca, mediante la espacialización de zonas internas, pequeñas y delimitadas, que se pueden ir considerando de manera "iterativa", incrementándose la perspectiva de análisis de acuerdo al aumento secuencial de los órdenes de jerarquía, hasta alcanzar los niveles de generalización tradicionales (morfometría general).

Esto es en sí un intento de dar mayor orientación geográfica a los estudios morfométricos, partiendo del concepto de delimitación de los fenómenos, donde se consideran ciertos espacios particulares internos que están contenidos en un sistema total integrado, que para fines prácticos toma en cuenta la amplitud superficial de la cuenca de estudio.

Después de obtener las particularidades morfométricas, calculadas en base a la metodología brevemente descrita, se hacen algunas comparaciones entre estos valores y algunos de los definidos en el capítulo II; de esta manera se pueden conocer las diferencias relativas entre unos y otros, lo que permite constatar hasta qué nivel se pueden desfasar algunos valores, teniendo características fisiográficas tan diferenciadas, lo cual se ha mostrado en la descripción temática de los elementos físicos que contiene la cuenca.

Finalmente se correlacionan, aunque no exhaustivamente, los elementos físicos mencionados, representados por temas (geología, clima, suelos, etc.), con respecto a los valores promedio de elementos morfométricos que están incluidos en cada uno de los espacios diferenciados en las cartas temáticas indicadas, es decir, se trata de demostrar que en algunos casos puede existir mayor cercanía y homogeneidad entre las particularidades físicas delimitadas, y sus geométricas correspondientes, o que

si sólo se consideran como generales y representativas del sistema total estudiado.

Para iniciar esta aplicación, se explica brevemente la técnica empleada para conseguir los datos necesarios que permitan definir la MZI, y además la forma de organizarlos, diferenciarlos e identificarlos, para hacer un uso rápido y simplificado de ellos. Cabe aclarar que la manera empleada, casi en forma artesanal, de medir la geometría de los cauces y sus propias subcuencas, se pudo haber hecho con técnicas mucho más rápidas y precisas, utilizando los sistemas modernos de computación que permiten programar, digitalizar y procesar los datos de una forma más adecuada, pero debido a la carencia de esos medios no se pudo realizar así.

III.1 Procedimientos de medición y organización de la información geométrica particularizada.

Se ha partido del establecimiento de un sistema de claves de identificación, asignando a cada uno de los cauces de los órdenes jerárquicos correspondientes, un número que permitió identificarlos fácilmente.

Inicialmente se le dió número de clave a cada una de las subcuencas de cuarto orden (4^{a}) (ver mapa 14), y como dentro de cada una de ellas existen subcuencas de afluentes de órdenes menores (1^{a} , 2^{a} y 3^{a}), éstas tomaron un número entero progresivo, comenzando con el uno (1), que es la subcuenca, del orden respectivo, más alejada de la desembocadura de la subcuenca de cauce de 4^{a} orden (de las cuales se habló antes), continuando con el siguiente número, en el sentido de las manecillas del reloj, hasta llegar al más grande de ese orden, que corresponde a la subcuenca adyacente a la número uno ya mencionada,

que junto con la aclaración del orden de jerarquía y el número de cuenca de 4^o orden a la cual pertenecen, se cubren los primeros pasos para la identificación total (ver mapas 11, 12 y 13). Es decir se puede fácilmente diferenciar los cauces diciendo por ejemplo: la subcuenca de primer orden clave número cinco (5), de la subcuenca de 4^o orden clave número 14. Esto en forma de expresión escrita, pero ya en forma de listados sólo se establecen en los encabezados las aclaraciones del orden y del número de subcuenca de 4^o orden, sin ser necesario agregar esa información a cada una de las claves de subcuencas.

Es claro que con esto no se cubre el total de subcuencas que existen en toda la cuenca de estudio, ya que hay subcuencas de 1^o, 2^o y 3^o orden que unen sus cauces directamente a alguno de mayor orden al 4^o (en este caso particular), entonces se procede de la misma forma ya explicada. Por ejemplo, con las subcuencas de 3^o orden (que para efectos de explicación se les llamará "independientes") que están en esas condiciones, se les dio clave partiendo del siguiente número del resultado de la suma de las subcuencas de ese orden, ya consideradas antes en las subcuencas de 4^o orden, de tal forma que dichas subcuencas fueron clasificadas con los números-clave del 49 al 90, teniendo internamente, por supuesto, sus propias subcuencas de afluentes de 1^o y 2^o orden, que fueron clasificadas por el mismo método.

Las subcuencas de 2^o orden "independientes" (aquéllas cuyos cauces se unen directamente a los de orden mayor al 4^o) fueron clasificadas de igual forma, es decir, partiendo del número posterior al de la suma de todas las subcuencas de 2^o orden antes consideradas, quedando con los números-clave del 324 al 395, y comprendiendo cada una de ellas, sus propias subcuen

cas de 1^o orden numeradas respecto a aquéllas.

Finalmente las subcuencas de 1^a orden "independientes" (aquéllas cuyos cauces confluyen an alguno de orden mayor al 4^o) fueron clasificadas con los números-clave correspondientes siguiendo el mismo procedimiento, la primera de éstas tiene el número 1900 y la última "independiente" de primer orden el 2074, que precisamente corresponde con la cantidad total de cauces de este orden en la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande.

Con esta acción se cubrieron todas las subcuencas de 1^a, 2^o, 3^o y 4^o orden, quedando por clasificar sólo las de 5^a, 6^a y la total, que corresponde al 7^a, cosa que resultó fácil de realizar por el número tan reducido de subcuencas de los órde nes mencionados (4, 2 y 1, subcuencas, respectivamente).

Para complementar ésto, se hizo un acomodo general para definir cuales de las subcuencas de 4^a orden (ya consideradas) quedan dentro de las de 5^a, resultando que:

-En la número 1 de 5^a orden se encuentran integradas la 1, 2, 3, 6, 7 y 8.

-En la subcuenca número 2 de 5^a orden están la 4 y 5 de cuarto orden.

-En la subcuenca número 3 de 5^a orden están la 9 y 11.

-En la subcuenca número 4 de 5^a orden están la 10 y 12.

-Quedando como subcuencas "independientes" de 4^a orden la 13, 14, 15 y 16.

En el caso de las subcuencas de 5^a orden contenidas en cada una de las de 6^a, las números 1 y 2 de aquéllas están in tegradas a la 2 de 6^a orden, y la 3 y 4 a la número 1 de 6^a or den (mapas 14, 15 y 16).

Para la obtención de las dimensiones necesarias, que al procesarlas definieron la geometría individual de los cauces

y subcuencas, se utilizó una técnica sencilla que requiere de recursos materiales mínimos, aunque de una gran cantidad de tiempo para su aplicación.

Para la medición de las características lineales, altitudinales y de sinuosidad de los cauces, se procedió de la siguiente manera: Primero se establecieron unas hojas de listados, donde se anotó al inicio (primera columna) el número-clave del cauce por medir (sobre la carta topográfica fuente), y con el auxilio de una tira de papel se marcó en alguno de los lados más largos de ésta, unos puntos como señal que indicaran la posición del inicio del cauce, y la de cada una de las curvas de nivel (de equidistancia vertical a cada 20 m) que cruzan el desarrollo (trayectoria) de dicho elemento de la red fluvial, hasta llegar a su parte final en el punto (que también se representaba con una marca) de confluencia con algún cauce de orden mayor a él.

Con el escalímetro se midieron las longitudes parciales entre las marcas mencionadas, anotándose en la columna correspondiente. A un lado de aquéllas se colocaron las cotas de las curvas de nivel, así como las altitudes interpoladas de los puntos inicial y final del tramo de cauce; después se calculó la suma de dichas distancias parciales para obtener la longitud horizontal del cauce, que también se anotó; además se realizó un conteo de los subtramos encontrados, conservando siempre este número para los cálculos "iterativos" de la pendiente ponderada del cauce.

Mediante la cuadrícula de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) de la carta fuente (carta topográfica escala 1:50,000, hoja Mazamitla, clave E13B16, SPP, 1980) se midieron los valores numéricos en Km de las coordenadas X e Y

que definen la posición del punto medio del cauce, con lo cual se determina una situación media aproximada del mismo, lo que permite posteriormente tener valores de referencia y ubicación en el análisis espacial de la distribución del número de cauces por Km^2 (frecuencia de cauces), usando para esto último, cada uno de los espacios de la cuadrícula indicada.

Para terminar esta primera parte del proceso se anotó también el número de "cuerdas" que se ocuparon para integrar la longitud total del cauce en la tira de papel auxiliar, es decir, cada vez que fue imprescindible cambiar la dirección de la tira, para cubrir adecuadamente la trayectoria simbolizada del río por medir, se consideró como una "cuerda" o inflexión, lo cual significaba que entre mayor fuera la sinuosidad en la dirección del cauce, influiría directamente en el número de cuerdas.

Este dato sirve para calcular un índice de rectitud de los cauces, o visto de otra forma, este valor representa la cuerda media del tramo de cauce, definida por la relación entre la longitud del mismo con respecto al número de cuerdas o inflexiones en su trayectoria.

La parte terminal en el proceso de medición de la geometría de la red fluvial y de sus subcuencas, correspondió a la obtención de los valores de áreas individuales de ellas, mediante el conteo (en el papel milimétrico) de los mm^2 que integran la superficie gráfica de cada subcuenca, para luego transformar los a valores reales de superficie en Km^2 , representados a escala 1:50,000; esto fue para las subcuencas de 1^o, 2^o y 3^o orden, ya que para las de 4^o, 5^o, 6^o y 7^o orden se midieron con el planímetro polar, porque sus extensiones de superficie gráfica son más adecuadas para solventar la precisión de la medi

ción con dicho instrumento (ver texto parte II.2 y gráfica 4).

Se procesaron todos los datos obtenidos y se acomodaron en columnas, los resultados, en los listados definitivos que comprenden los siguientes elementos:

-En la primera columna, como se dijo antes, se colocó la clave de identificación del cauce.

-En las columnas 2, 3 y 4 están los resultados de las longitudes verticales, horizontales e inclinadas o reales, de los cauces de cada orden, estas dimensiones fueron calculadas mediante un pequeño programa de microcomputadora, el cual define esos valores a partir de las distancias parciales de los sub tramos del cauce, de sus cotas inicial y final, y de aquellas curvas de nivel internas atravesadas. Además con este mismo programa se calculó, al mismo tiempo, la pendiente "ponderada" del cauce, esto es, se consideró la pendiente parcial de cada sub tramo y se le dio un peso estadístico, de acuerdo a su porcentaje correspondiente de la longitud total del tramo de cauce, lo que resultó finalmente en un valor estadístico de pendiente más cercano a su perfil real.

-Estas dimensiones calculadas de inclinación promedio de cada cauce se anotaron en la columna 7.

-Con la misma técnica digital se calculó la altitud del punto medio del cauce en el plano horizontal (coordenada Z), y el índice de sinuosidad o de rectitud, el cual se obtiene al dividir la distancia horizontal del cauce entre el número de cuerdas; estos dos valores se colocaron en las columnas 10 y 12, respectivamente.

-En la columna 5 se anotaron los valores de superficie de subcuencas, y en la 6 las magnitudes de densidades parciales individuales de drenaje, estas últimas calculadas mediante la

división de la longitud total del tramo de cauce en Km, entre el valor del área de su propia subcuenca en Km².

-En las columnas 8 y 9 fueron anotadas las coordenadas planimétricas (UTM) del punto medio de cada tramo de cauce (con una aproximación hasta la décima de Km).

-Finalmente en la columna 11 se había anotado de antema no el valor del número de cuerdas que se ocuparon para integrar la longitud del cauce en la tira de papel (ver ejemplo de liga tado en el cuadro 10).

CUADRO NUMERO 10

EJEMPLO DE LISTADO DE LOS DATOS DE LA GEOMETRIA INDIVIDUAL DE LOS CAUCES Y SUBCUENCAS.

Subcuencas de 1 ^a orden de la subcuenca de 4 ^a orden número 1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.06	0.59	0.59	0.12	5.2	5.4	88.2	111.5	2220	2	0.30
2	0.05	0.37	0.37	0.10	3.9	7.4	88.0	111.5	2216	2	0.19
3	0.06	0.63	0.64	0.11	5.8	5.8	87.7	111.4	2208	3	0.21
4	0.04	0.28	0.28	0.08	3.8	8.1	87.5	111.2	2200	1	0.28
5	0.06	0.34	0.35	0.07	5.0	10.0	87.4	111.2	2210	1	0.34
6	0.06	0.25	0.26	0.05	5.3	13.5	87.4	111.0	2210	2	0.13
7	0.04	0.21	0.22	0.02	10.8	11.3	87.5	110.7	2179	1	0.21
8	0.06	0.31	0.32	0.03	10.4	11.3	87.4	110.6	2189	1	0.31
9	0.05	0.27	0.28	0.05	5.6	10.9	87.3	110.6	2184	2	0.14
10	0.09	0.77	0.78	0.30	2.6	6.8	88.4	111.1	2214	4	0.19

Significado de las columnas:

- 1 Clave numérica del cauce para identificación.
- 2 Longitud vertical del cauce (Km).
- 3 Longitud horizontal del cauce (Km).
- 4 Longitud inclinada o real del cauce (Km).
- 5 Valor de la superficie de la subcuenca (Km²).
- 6 Densidad de drenaje "parcial", columna 4/columna 5, (Km/Km²).
- 7 Pendiente "pesada" del cauce (Grados sexagesimales).
- 8 Coordenada X (UTM) del punto medio del tramo del cauce (Km) para obtener el valor completo de la coordenada, sùmese 600 Km (al este del Meridiano Central 105^oW).
- 9 Coordenada Y (UTM) del punto medio del tramo del cauce (Km) para obtener el valor completo de la coordenada, sùmese 2100 Km (Latitud al norte del Ecuador).
- 10 Altitud del punto medio del tramo del cauce (msnm). 11 Nùmero de cuerdas. 12 Índice de Sinuosidad o longitud media de cuerdas.

III.2. Análisis estadístico de la distribución interna de la red hidrográfica de la cuenca.

Dentro de las interrogantes que se plantearon al inicio de este trabajo, está la de encontrar la forma de demostrar estadísticamente la heterogeneidad interna (apreciada cualitativamente en forma visual) en la distribución de los cauces, tomándolos unitariamente por número de orden correspondiente.

Este es uno de los principales problemas que trata de explicar la geografía, ya que una gran cantidad de fenómenos espaciales estudiados por dicha ciencia, se pueden plantear en el análisis de las características de distribución de puntos en una superficie de forma y dimensiones irregulares, representando dichos puntos la ubicación real, bidimensional, de objetos y propiedades del fenómeno por estudiar.

Es obvio que los fenómenos espaciales no sólo pueden ser representados por la situación de puntos en un espacio definido, sino también a través de representaciones de distribuciones de líneas, y de superficies, sobre el área de desarrollo del hecho científico de interés.

Tampoco es necesario que el estudio de distribución se realice sólo en un espacio de dos dimensiones, puede hacerse también en extensiones tridimensionales; aunque para efectos de esta demostración se haga bidimensionalmente, como una forma similar de simplificación o simbolización de la realidad, al considerar los tramos de cauce como puntos. Esto se justifica, según opinión del autor, a causa de la influencia menos marcada de la tercer coordenada (Z), en la distribución de frecuencias del número de cauces por Km^2 .

Asimismo la representación puntual de posición media de los cauces, no acarrea grandes diferencias de ubicación para

los de 1^o, 2^o y 3^o orden, debido a sus longitudes no demasiado extensas (menores a 1 Km); en cambio, para los cauces de 4^o, 5^o y 6^o orden los puntos medios no representan una posición real de distribución, debido a que sus longitudes superan en muchos casos (y por mucho) a 1 Km, como ejemplo se tiene el caso extremo de un cauce de 6^o orden que alcanza casi los 20 Km de desarrollo lineal. Por esta razón a los últimos no se les hizo la prueba de significación estadística de distribución de frecuencias "Chi-Cuadrada", χ^2 (más adelante se esboza en que consiste y se da la aplicación a la cuenca de estudio), por el número tan reducido de elementos formadores de la población de cauces de esos ordenes superiores (4^o, 5^o, 6^o y 7^o) no se propiciaban valores suficientes para realizar la prueba en forma satisfactoria.

Otra de las razones por la que se decidió no hacer ese tipo de prueba de distribución, a los cauces de órdenes mayores, fue que en su conjunto representan el 8.3% de la longitud total de "talwegs" de cualquier orden (ver cuadro 4), y el 0.9% del total de cauces individuales; esto hizo pensar que los resultados que se obtuvieran en las pruebas realizadas, serían representativos de la distribución de cauces de toda la red fluvial de la cuenca, aunque sólo fueran tomados los tres primeros órdenes de la jerarquía.

Dentro de los tipos de distribución bidimensional espacial en la geografía, y de acuerdo a lo expuesto por Cole y King (1964, p.178), la distribución de frecuencias de puntos en un área específica, puede inicialmente ser clasificada como regular e irregular, y secundariamente como antiagrupada, aleatoria y agrupada.

Fue evidente, desde el principio de la investigación,

cuando se catalogó cualitativamente la distribución de los cauces individuales en la red hidrográfica mostrada en el mapa 8, el carácter no homogéneo e irregular de la misma, lo que también se demostró y confirmó al comparar los diferentes valores de las frecuencias medidas, de la distribución de los puntos medios de los cauces (columna de frecuencia observada, F_o , del cuadro 11) dentro de cada uno de los "casilleros", definidos por la red de coordenadas UTM.

Se interpreta ese concepto de "irregularidad", como la forma de distribución en que cada cuadrado de la red no tiene el mismo número de puntos (cauces para este caso), y además no se encuentran espaciados equidistantemente (op.cit., p.179). El caso contrario de esto es la llamada distribución "regular", en la que en cada "casillero" de la "rejilla" tiene el mismo número de puntos, y espacios con la misma distancia entre ellos.

Los tres subtipos en que se puede clasificar la distribución irregular (antiagrupada, aleatoria, y agrupada), son en realidad tres grados visibles de heterogeneidad. En la primera, la cercanía a una distribución regular es mayor, es decir, tiene casi el mismo número de puntos por cada cuadro (con diferencia entre los valores superior e inferior extremos, por cuadro, no mayor al 10%), con distancias entre ellos aproximadamente iguales (sin diferencias mayores al 10%).

En la segunda (aleatoria), existe un mayor alejamiento con respecto a la distribución regular, la discrepancia entre los valores máximo y mínimo del número de puntos por cuadro, puede estar entre el 10 y 60%, y las diferencias de las distancias entre aquéllos pueden ser altas, incluso formando grupos, aunque no muy cercanos entre sí, y en número reducido.

La distribución irregular agrupada no tiene ninguna se

mejanza con la distribución regular, ya que la diferencia mayor entre el número de puntos (ríos) por cuadro es más grande del 60%, y puede existir un agrupamiento marcado de puntos en ciertas zonas del espacio bidimensional por analizar.

Es obvio que el número de distribuciones posibles de puntos sobre una superficie definida, es casi infinito, y por lo tanto estas clasificaciones mencionadas, por su carácter arbitrario, sólo pueden mostrar aproximadamente una condición general en una distribución específica. Es por esto que ha sido necesario utilizar una herramienta estadística que ayuda a definir cuantitativamente las características de aleatoriedad, regularidad, o heterogeneidad de la distribución.

Seguro es, que si se tuviera la necesidad de obtener cualquier distribución real de puntos en un espacio mediante "simulaciones" continuas, establecidas por números aleatorios (random), llegaría un momento, en que una determinada distribución calculada correspondería, o se acercaría mucho, al acomodo real de comparación. Pero esto no sería de mucha utilidad, por lo impráctico y costoso.

Para caracterizar cierta distribución espacial, más útil es comparar el número de puntos encontrado en cada cuadro (P_o) con respecto a una frecuencia teórica (P_t) o frecuencia de distribución aleatoria "ideal". Esta última espera que el número de puntos correspondiente a cada "compartimiento" de la red, sea el mismo, es decir, que cada cuadro tenga la misma probabilidad de recibir similar cantidad de puntos, esto es que tengan la misma frecuencia teórica.

Para la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, los valores esperados de frecuencia teórica, que fueron asignados a cada uno de los tres primeros órdenes de cauces, correspondie

ron a los promedios de frecuencia de cauces (F_c) de la morfometría generalizada, con pequeñas modificaciones de adecuación a la forma de la prueba estadística:

La prueba de significación estadística de la distribución "Chi-Cuadrada", χ^2 , es una prueba de "buen ajuste" de una distribución de probabilidad teórica, que revela, mediante la comparación y aglutinamiento de las diferencias entre las frecuencias teóricas (F_t) y las observadas (F_o), la probabilidad de que una distribución aleatoria particular pudiera haberse obtenido al azar (de manera fortuita o casual); de acuerdo a esto si se observan compartimientos de la red que tienen frecuencias encontradas, con valores demasiado pequeños o grandes, con respecto a lo teóricamente esperado, entonces estas desviaciones son las que dan la pauta, para considerar a la distribución real, en cierto rango de "facilidad" de haberse obtenido aleatoriamente (fácilmente aleatoria o agrupada; Cole y King, 1964; Gregory, 1964; Mills, 1980; Benjamin, 1981; Bajpai et al, 1981).

La prueba mencionada de buen ajuste estadístico, es un modelo de función de densidad de probabilidad, que permite conocer el intervalo de "confianza" con que se puede probar una hipótesis acerca de una forma de distribución supuesta.

Como se dijo antes, se buscó la mejor manera de demostrar estadísticamente la heterogeneidad de la distribución interna de cauces; es por ello que se eligió la distribución Chi-Cuadrada, ésta contiene algunas propiedades muy características:

1) χ^2 es una variable aleatoria que no puede asumir valores negativos por su carácter exponencial cuadrático.

2) Depende sólo del valor de "grados de libertad", v , entendidos éstos como las posibilidades de asignar "libremente"

las frecuencias teóricas, F_t , a todos los cuadrados del enrejado menos a uno, ya que el valor de F_t del último cuadrado está determinado por el cumplimiento de la igualdad $\sum F_o = \sum F_t$.

3) Representa una familia de distribuciones, cada una diferente para cada grado de libertad.

4) El valor de χ^2 , extremo, para cierta bondad de ajuste, está dado teóricamente por la integral de una función, cuyo valor se puede conocer en la tabla correspondiente de cualquier libro elemental de estadística; en cambio el valor de χ^2 para la distribución de frecuencias reales de análisis, se obtiene de $((F_o - F_t)^2 / F_t)$ (Mills, 1980, p.271).

El procedimiento que se siguió para aplicar la prueba de distribución χ^2 , a las frecuencias de cauces por Km^2 de la cuenca, consistió primeramente en situar mediante coordenadas UTM, los puntos medios de cada cauce de 1^o, 2^o y 3^o orden, en tres gráficas distintas, correspondientes a cada uno de dichos órdenes. Después se hizo un conteo del número de cauces para cada cuadro, y se anotó el valor en el casillero adecuado.

Hubo casos especiales en los que se tuvo que calcular el valor de frecuencias observadas (F_o), esto pasó cuando en los extremos de la cuenca, debido a la forma irregular de la divisoria de aguas, no alcanzaban a cubrirse kilómetros cuadrados completos, se solucionó este problema de dos maneras:

a) Cuando existieron dos casos de este mismo tipo, en casilleros adyacentes, se sumaron los dos valores de frecuencias, así como sus áreas parciales de cuadrícula, obteniéndose un valor proporcional para un solo Km^2 , el cual se colocó en el casillero que tiene una superficie más cercana a la unidad mencionada.

b) Por otra parte, en los casos en que la superficie irregular posee una extensión mayor a la mitad de un Km^2 , se

CUADRO NUMERO 11

DATOS DEL CALCULO DEL ANALISIS CHI-CUADRADA PARA LOS CAUCES DE PRIMER ORDEN.

No.	Fo	Ft	(Fo-Ft) Ft	No.	Fo	Ft	(Fo-Ft) Ft	No.	Fo	Ft	(Fo-Ft) Ft
1	9.1	10.66	0.23	41	12.0	10.66	0.17	81	7.0	10.66	1.25
2	2.5	"	6.32	42	10.0	"	0.04	82	14.0	"	1.05
3	3.7	"	4.52	43	5.0	"	3.00	83	9.0	"	0.26
4	2.0	"	7.03	44	0.0	"	10.66	84	13.0	"	0.52
5	3.2	"	5.27	45	4.0	"	4.16	85	7.0	"	1.25
6	2.0	"	7.03	46	13.0	"	0.52	86	6.0	"	2.03
7	0.0	"	10.66	47	15.0	"	1.77	87	3.0	"	5.50
8	2.0	"	7.03	48	4.0	"	4.16	88	10.0	"	0.04
9	1.0	"	3.75	49	7.0	"	1.25	89	11.1	"	0.02
10	3.0	"	5.50	50	9.8	"	0.07	90	7.0	"	1.25
11	0.0	"	10.66	51	4.0	"	4.16	91	8.0	"	0.66
12	6.4	"	1.58	52	4.0	"	4.16	92	6.0	"	2.03
13	14.1	"	1.10	53	6.3	"	1.80	93	7.0	"	1.25
14	5.0	"	3.00	54	4.0	"	4.16	94	4.0	"	4.16
15	2.0	"	7.03	55	13.0	"	0.52	95	16.0	"	2.68
16	5.0	"	3.00	56	14.0	"	1.05	96	4.0	"	4.16
17	5.0	"	3.00	57	0.0	"	10.66	97	8.0	"	0.66
18	8.0	"	3.66	58	9.0	"	0.26	98	6.0	"	2.03
19	3.5	"	3.45	59	9.0	"	0.26	99	3.0	"	0.66
20	9.0	"	0.26	60	2.0	"	7.03	100	15.0	"	1.77
21	10.3	"	0.02	61	0.0	"	10.66	101	11.1	"	0.02
22	22.3	"	12.70	62	3.0	"	0.66	102	6.0	"	2.03
23	15.0	"	1.77	63	3.0	"	0.66	103	4.0	"	4.16
24	3.0	"	5.50	64	4.0	"	4.16	104	10.0	"	0.04
25	5.0	"	3.00	65	11.0	"	0.01	105	11.0	"	0.01
26	16.0	"	2.68	66	6.0	"	2.03	106	18.0	"	5.06
27	13.0	"	3.52	67	7.0	"	1.25	107	12.0	"	0.17
28	3.0	"	0.56	68	12.0	"	0.17	108	6.0	"	2.03
29	12.0	"	0.17	69	16.0	"	2.68	109	8.0	"	0.66
30	7.3	"	0.77	70	11.0	"	0.01	110	8.0	"	0.66
31	3.3	"	0.52	71	8.0	"	0.66	111	6.0	"	2.03
32	17.0	"	3.78	72	4.0	"	4.16	112	10.0	"	0.04
33	2.0	"	7.03	73	5.0	"	3.00	113	8.0	"	0.66
34	5.0	"	3.00	74	7.0	"	1.25	114	15.0	"	1.80
35	17.0	"	3.78	75	9.0	"	0.26	115	7.0	"	1.25
36	11.0	"	0.01	76	8.4	"	0.50	116	5.0	"	3.00
37	3.0	"	5.50	77	9.2	"	0.20	117	3.0	"	5.50
38	6.0	"	2.03	78	11.0	"	0.01	118	9.0	"	0.26
39	5.63	"	2.37	79	7.0	"	1.25	119	18.0	"	5.06
40	3.7	"	4.58	80	7.0	"	1.25	120	9.0	"	0.26

Continúa...

CONTINUACION DEL CUADRO NUMERO 11

No.	Po	Ft	$\frac{(Po-Ft)^2}{Ft}$	No.	Po	Ft	$\frac{(Po-Ft)^2}{Ft}$	No.	Po	Ft	$\frac{(Po-Ft)^2}{Ft}$
121	3.0	10.66	0.66	149	10.0	10.66	0.04	177	6.2	10.66	1.88
122	3.0	"	0.66	150	9.0	"	0.26	178	12.0	"	0.17
123	4.0	"	4.16	151	15.0	"	1.77	179	16.0	"	2.68
124	3.0	"	5.50	152	25.0	"	19.31	180	10.0	"	0.04
125	6.0	"	2.03	153	19.0	"	6.53	181	15.0	"	1.77
126	3.0	"	0.66	154	8.9	"	0.29	182	10.0	"	0.04
127	15.0	"	1.77	155	14.0	"	1.05	183	16.0	"	2.68
128	13.3	"	0.64	156	32.0	"	42.75	184	16.5	"	3.25
129	10.8	"	0.00	157	28.0	"	23.23	185	10.3	"	0.01
130	6.6	"	1.54	158	8.0	"	0.66	186	12.7	"	0.39
131	4.0	"	4.16	159	7.0	"	1.25	187	8.0	"	0.66
132	5.0	"	3.00	160	6.0	"	2.03	188	19.0	"	6.53
133	7.0	"	1.25	161	8.0	"	0.66	189	13.0	"	0.52
134	15.0	"	1.77	162	7.0	"	1.25	190	17.0	"	3.78
135	13.0	"	0.52	163	18.0	"	5.06	191	41.1	"	86.75
136	5.0	"	3.00	164	24.0	"	16.71	192	10.4	"	0.01
137	10.0	"	0.04	165	14.0	"	1.05	193	23.0	"	14.30
138	7.0	"	1.25	166	24.9	"	10.12	194	21.0	"	10.04
139	3.0	"	5.50	167	19.0	"	6.53	195	29.0	"	31.58
140	8.0	"	0.66	168	21.0	"	10.04	196	22.6	"	13.30
141	21.0	"	10.04	169	12.0	"	0.17	197	26.0	"	22.09
142	15.9	"	2.63	170	13.0	"	0.52	198	25.0	"	19.31
143	6.9	"	1.34	171	14.0	"	1.05	199	32.0	"	42.75
144	11.0	"	0.01	172	9.0	"	0.26	200	38.3	"	71.51
145	9.0	"	0.26	173	10.0	"	0.04	201	33.6	"	49.57
146	20.0	"	8.19	174	13.0	"	0.52	202	23.7	"	15.97
147	3.0	"	0.66	175	12.0	"	0.17	203	35.0	"	55.71
148	16.0	"	2.68	176	13.3	"	0.63				

$\chi^2=1006.08$

Grados de libertad $v_1 = 203-1 = 202$

Valor crítico de $\chi^2 = 248.32$, para un área de distribución teórica $\alpha = 0.1\%$

Como $1006.08 > 248.32$ se acepta la hipótesis nula H_0 (ver texto).

Significado de las columnas:

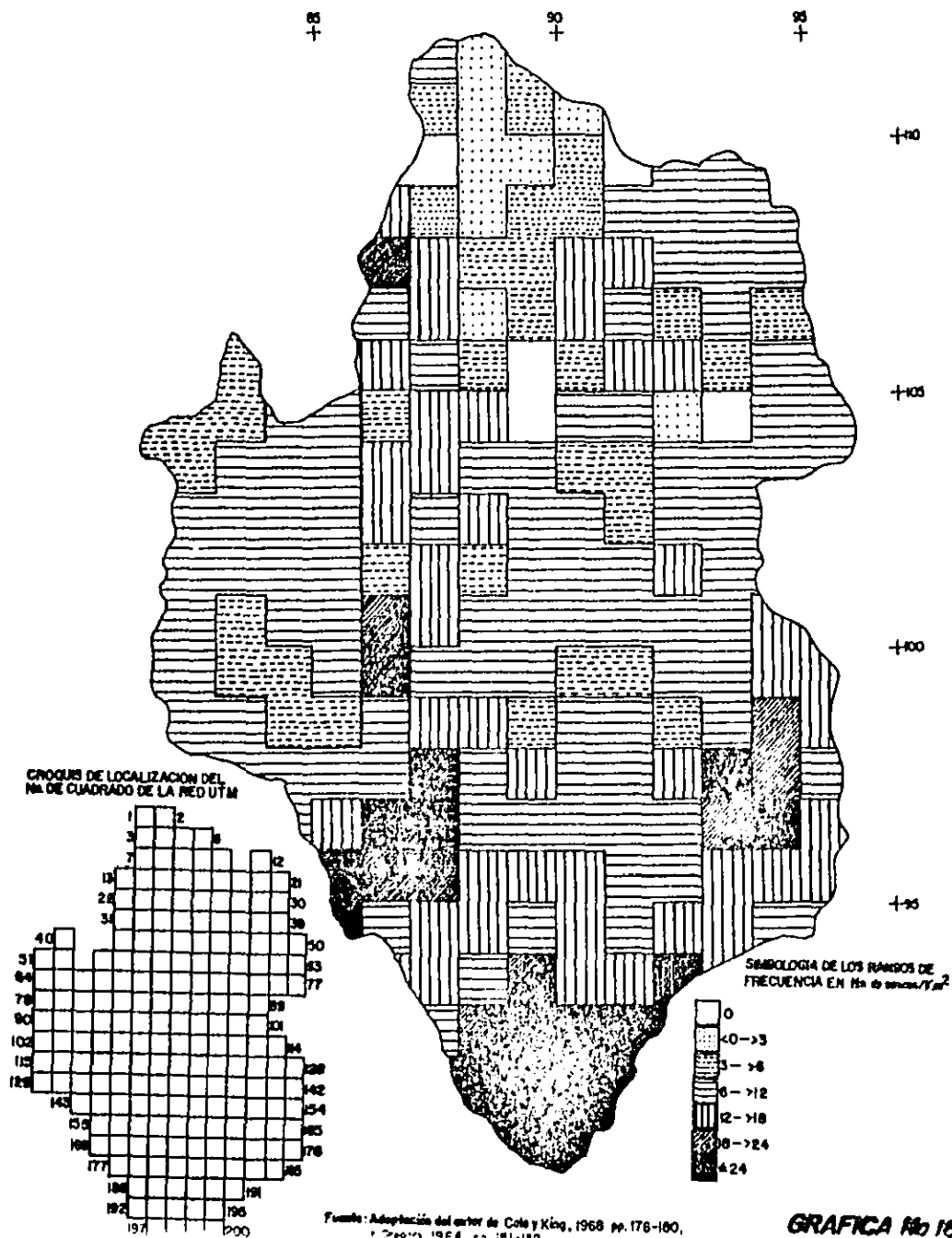
No.=Clave que designa al cuadrado definido por las coordenadas UTM, con valor de superficie de 1 Km^2 , ver su posición en el croquis de localización de la Gráfica número 16.

Po= Frecuencia de cauces observada en su cuadrado correspondiente

Ft= Frecuencia de cauces esperada o teórica

$\frac{(Po-Ft)^2}{Ft}$ = Valor parcial de χ^2

FRECUENCIA DE CAUCES DE PRIMER ORDEN POR KM² DE CUADRICULA DE LA RED DE COORDENADAS UTM.



CUADRO NUMERO 12

DATOS DEL CALCULO DEL ANALISIS CHI-CUADRADA PARA LOS CAUCES DE SEGUNDO ORDEN.

No.	Fo	Ft	$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$	No.	Fo	Ft	$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$	No.	Fo	Ft	$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$
1	6.1	10.23	1.65	18	7.3	10.23	0.86	35	8.5	8.18	0.01
2	2.8	6.14	1.79	19	12.0	8.18	1.78	36	6.4	6.14	0.01
3	1.0	8.18	6.30	20	8.0	"	0.00	37	14.0	8.18	4.14
4	2.0	10.23	6.62	21	1.0	"	6.30	38	6.0	"	0.58
5	6.6	8.18	0.32	22	7.0	"	0.17	39	5.0	"	1.24
6	14.0	"	4.18	23	4.0	"	2.14	40	10.0	"	0.41
7	5.0	"	1.24	24	3.0	"	3.28	41	16.2	"	7.92
8	9.0	"	0.08	25	10.0	"	0.41	42	11.6	10.23	0.18
9	10.0	"	0.41	26	6.0	"	0.58	43	10.0	8.18	0.41
10	3.0	"	3.28	27	6.0	"	0.58	44	7.0	8.18	0.17
11	2.0	6.14	2.79	28	8.0	10.23	0.49	45	12.7	"	2.52
12	7.0	8.18	0.17	29	6.0	8.18	0.58	46	5.5	6.14	0.07
13	8.0	"	0.00	30	7.0	"	0.17	47	11.2	8.18	1.09
14	9.0	"	0.08	31	8.0	"	0.00	48	14.0	"	4.14
15	6.0	"	0.58	32	8.0	"	0.00	49	12.0	6.14	5.68
16	6.7	"	0.28	33	6.0	"	0.58	50	26.3	8.18	40.00
17	8.1	"	0.00	34	3.0	"	3.28	51	22.3	6.14	42.32

$\chi^2=161.86$

Grados de libertad $v_2 = 51-1 = 50$

Valor crítico de $\chi^2 = 86.66$, para un área de distribución teórica $\alpha = 0.1\%$

Como $161.86 > 86.66$ se acepta la hipótesis nula H_0 (ver texto).

Significado de las columnas:

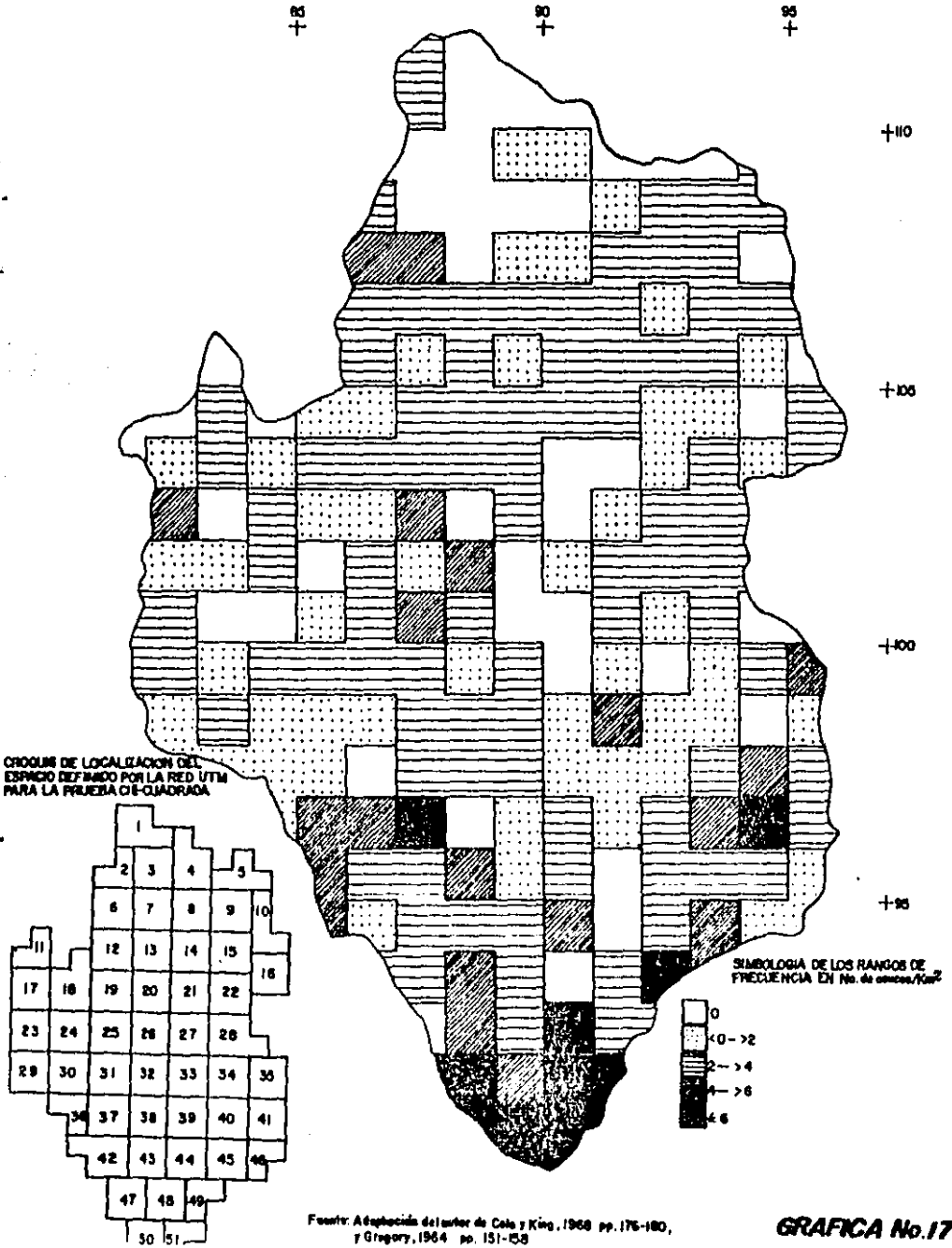
No.=Clave que designa al cuadrado definido por las coordenadas UTM, ver su posición en el croquis de localización de la Gráfica número 17.

Fo= Frecuencia de cauces observada en su espacio correspondiente

Ft= Frecuencia de cauces esperada o teórica

$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$ = Valor parcial de χ^2

FRECUENCIA DE CAUCES DE SEGUNDO ORDEN POR KM² DE CUADRICULA DE LA RED DE COORDENADAS UTM.



CUADRO NUMERO 13

DATOS DEL CALCULO DEL ANALISIS CHI-CUADRADA PARA LOS CAUCES DE TERCER ORDEN.

No.	Fo	Ft	$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$
1	1.0	5.39	3.58
2	9.2	6.74	0.93
3	3.0	5.39	1.06
4	3.0	"	1.06
5	5.0	"	0.03
6	3.0	"	1.06
7	7.0	6.29	0.08
8	3.0	5.39	1.06
9	6.0	"	0.07
10	3.0	7.19	2.44
11	6.0	5.84	0.00
12	5.0	5.39	0.03
13	3.0	"	1.06
14	8.0	"	1.26
15	10.2	"	4.36
16	15.7	5.84	16.65

$\chi^2=34.73$

Grados de libertad $v_3 = 16-1 = 15$

Valor crítico de $\chi^2 = 32.8$, para un área de distribución teórica $\alpha = 0.5\%$

Como $34.73 > 32.8$ se acepta la hipótesis nula H_0 (ver texto).

Significado de las columnas:

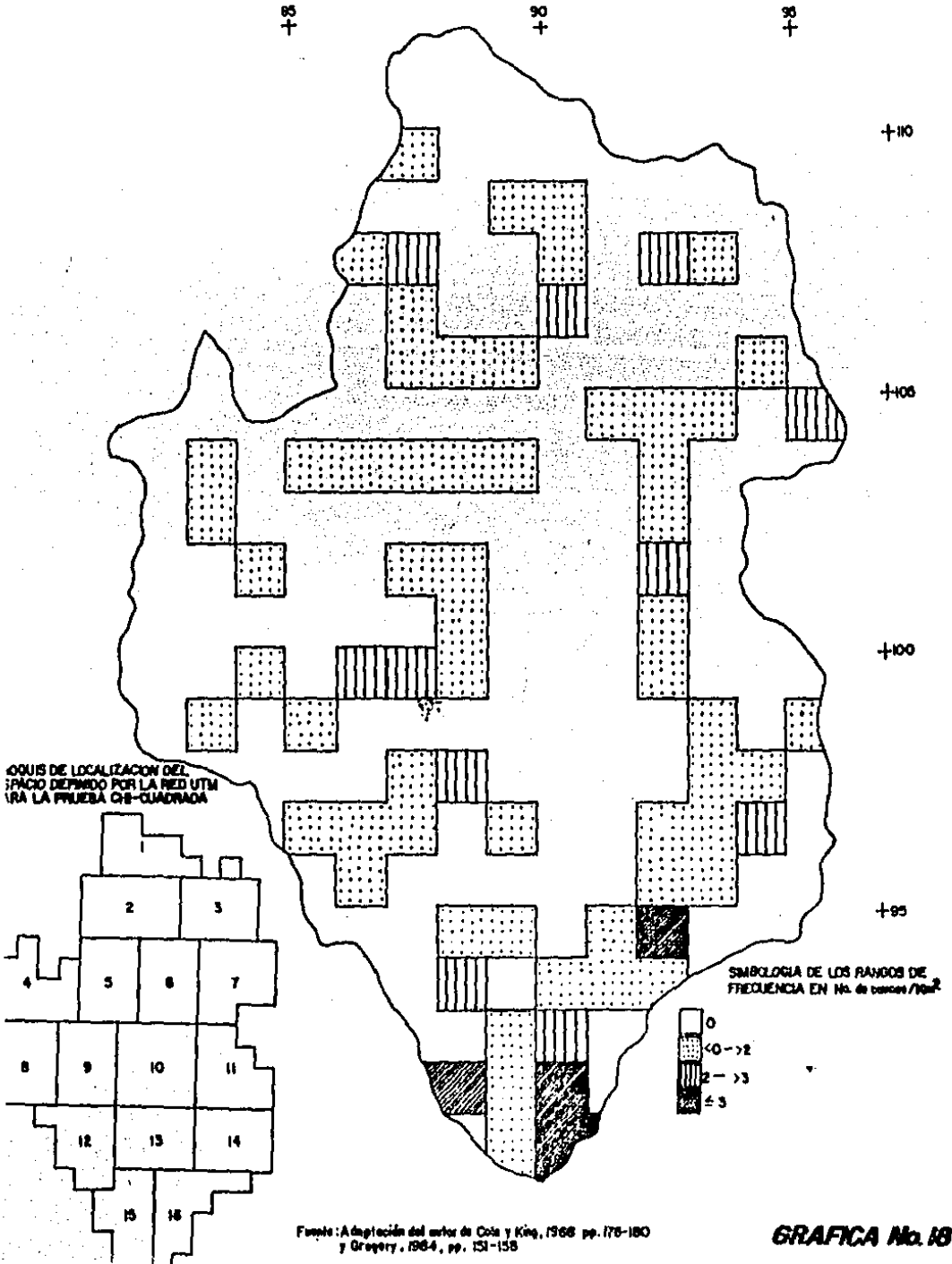
No.=Clave que designa al espacio definido por las coordenadas UFM, ver su posición en el croquis de localización de la Gráfica número 18.

Fo= Frecuencia de cauces observada en su espacio correspondiente

Ft= Frecuencia de cauces esperada o teórica

$\frac{(Fo-Ft)^2}{Ft}$ = Valor parcial de χ^2

FRECUENCIA DE CAUCES DE TERCER ORDEN POR KM² DE CUADRICULA DE LA RED DE COORDENADAS UTM.



calcularon sus proporciones para un cuadrado completo y se consideraron como si la cuenca abarcara completamente esa unidad de superficie.

Por las razones anteriores, en las frecuencias observadas (columnas correspondientes de los cuadros 11, 12 y 13) existen valores fraccionarios, y para el caso de los cauces de 1^o orden el número total de cuadros de Km² es mayor al área total de la cuenca (203 cuadros de 1 Km² comparados con los 196.43 Km² de superficie real de la cuenca).

Cabe aclarar que cada valor de frecuencia de cauces por Km² se sumó, y el resultado encontrado se dividió entre el número total de cuadros, esta operación se realizó con el fin de obtener un valor promedio teórico esperado, para cada uno de los casilleros de la cuadrícula, resultando ser para los de 1^o orden, $\bar{F}_t = 10.656$ cauces/Km²; para los de 2^o orden, $\bar{F}_t = 2.045$ cauces/Km²; y para los de 3^o, $\bar{F}_t = 0.449$ cauces/Km².

Para ilustrar las diferencias de frecuencias de cauces por Km² se realizaron tres gráficas (16, 17 y 18), para cada uno de los tres primeros órdenes de cauces, en las que se agruparon y simbolizaron los espacios cuadrados, cuyos valores de frecuencia se situaron dentro de alguno de los rangos definidos, además se incluye en tales ilustraciones un croquis de localización para identificar el número de cada uno de los espacios usados en la prueba "Chi-Cuadrada", y que corresponden con los denominados en la columna 1 de los cuadros de cálculo 11, 12 y 13.

Como una de las restricciones de esta prueba estadística es que, para tener una mejor aproximación y un ajuste confiable, existe una regla empírica que dice que: cada frecuencia teórica F_t , debe ser igual o mayor a 5 (Bajpai et al, 1981 p.

329), considerando esto y observando que sólo la frecuencia teórica promedio de los cauces de 1^o orden cumple con esta regla, entonces con los órdenes 2^o y 3^o se hizo una redefinición de los espacios, para tener una mayor área de agrupamiento de cauces y así conseguir la frecuencia necesaria ($Pt \geq 5$). Es debido a esto, que en los croquis de las gráficas 17 y 18, los espacios numerados son mayores a 1 Km².

Para el paso siguiente se formulan la hipótesis nula, H_0 , y la hipótesis alternativa, H_a , (Mills, 1980, pp.216-220). La H_a propuesta fue la misma para las tres pruebas realizadas (frecuencias de cauces de 1^o, 2^o y 3^o orden) y dice así:

"Las frecuencias observadas para cada uno de los espacios considerados en la prueba, están lo suficientemente alejadas de lo teóricamente esperado (del valor de frecuencia media, indicio de una distribución homogénea, o de una distribución aleatoria facilmente obtenible), que pueden ser definidas como formadoras de una distribución espacial heterogénea, irregular y agrupada (de difícil obtención aleatoria)".

La H_a se estableció como la parte de sentido opuesto a la idea anterior, es decir:

"Se hace caso a que las diferencias entre las frecuencias esperadas y las observadas, son lo suficientemente pequeñas como para considerar la distribución espacial de prueba, muy probablemente homogénea o de fácil obtención aleatoria".

Enseguida se determinaron los grados de libertad (v) para cada prueba (op.cit., pp.194-196), como se dijo ya, este valor se obtiene del número de espacios de prueba menos uno, resultando para los cauces de 1^o orden $v_1 = 203 - 1 = 202$; para los de 2^o, $v_2 = 51 - 1 = 50$; y finalmente para los de 3^o orden $v_3 = 16 - 1 = 15$

En función de estos valores se formularon las siguien-

tes reglas de decisión:

a) Para $v_1 = 202$, y un área de probabilidad de distribución teórica, $\alpha = 0.1\%$, se obtiene, utilizando la información adecuada ya establecida (Gregory, 1964 fig. 28, p.155, y Bajpai et al, 1981 tabla 5, p.578), un valor crítico de χ^2 , que resulta ser de 248.32, así es que si la χ^2 para la distribución real es de < 248.32 se "rechaza" la H_0 , y si χ^2 es ≥ 248.32 , se acepta.

b) Para $v_2 = 50$, y un área de probabilidad de distribución teórica, $\alpha = 0.1\%$, se obtiene un valor crítico de $\chi^2 = 86.66$, de esto si la χ^2 para la distribución real es $\chi^2 < 86.66$ se rechaza la H_0 , y si χ^2 es ≥ 86.66 , se acepta.

c) Para $v_3 = 15$, y un área de probabilidad de distribución teórica $\alpha = 0.5\%$, se obtiene un valor crítico de $\chi^2 = 32.80$, ahora si la χ^2 para la prueba es menor a 32.8 se rechaza la H_0 , y si la χ^2 es ≥ 32.8 , se acepta.

Después de haber establecido estos valores críticos de χ^2 , se realizan los cálculos respectivos para la distribución real de los cauces de 1^o, 2^o y 3^o orden, los cuales se han en listado en los cuadros 11, 12 y 13).

Todos se obtuvieron mediante operaciones sencillas, su mando secuencialmente los valores individuales de la división de la diferencia cuadrática entre la frecuencia observada y la teórica, con respecto a la teórica, es decir, $\sum((P_o - P_t)^2 / P_t)$.

Como se puede ver en los cuadros mencionados, los valores resultantes de χ^2 , para los tres casos, son lo suficiente mente grandes para aceptar las hipótesis nulas, H_0 , esto significa que dichas hipótesis (en las que se basaron las comparaciones) pueden producir al azar tales diferencias con una frecuencia inferior al 1 por mil (0.1%), esto para los cauces de 1^o y 2^o orden, y menos de cinco veces en mil (0.5%) para los

cauces de 3^o, o visto de otra forma, hay más de 99.9% y 99.5%, respectivamente, de probabilidades de que las diferencias encontradas, entre las frecuencias teóricas y observadas, demuestren una distribución irregular agrupada y de difícil obtención aleatoria, es decir, existe un muy bajo porcentaje de probabilidad de que los cauces hubieran estado distribuidos, con una magnitud de frecuencia para cada cuadro, de valor cercano a lo esperado, para la media total de la cuenca.

Con esto queda demostrado el carácter heterogéneo de la distribución interna de frecuencias de cauces, algo que se había supuesto inicialmente; y al mismo tiempo se resuelve la caracterización del mismo tópic, dentro del concepto propuesto de morfometría zonificada interna (MZI), la cual puede apreciarse visualmente en los espacios simbolizados, ocupados por los rangos de frecuencias de cauces por Km² de las gráficas 16, 17 y 18.

III.3. Análisis estadístico de las propiedades geométricas individuales de los cauces y subcuencas.

Para cada de las propiedades morfométricas particulares de los respectivos órdenes de jerarquía, se le aplicó un análisis estadístico de frecuencias, con lo que se pudo saber si las dispersiones en los valores son acentuadas, y si las desviaciones estandar influyen de manera importante. Este estudio produjo los resultados que se muestran en las gráficas 19 a la 22.

Como se aprecia en ellas, se tuvo que utilizar el mismo artificio empleado en la composición de la gráfica 4 (la cual comprende el análisis cuantitativo de frecuencias de los valores individuales de áreas de subcuencas), es decir, los valores límites de intervalos de clase de los histogramas de frecuencias, se pusieron en escala logarítmica, para evitar las grandes dispersiones "a la derecha" de las propiedades individuales geométricas de la red fluvial (Chorley, 1957 p.630), de otra forma hubiera sido muy difícil agrupar valores absolutos particulares tan diferentes en una representación gráfica de frecuencias, como son los histogramas, y nunca se hubiera reconocido, en ninguna de esas distribuciones su "normalidad".

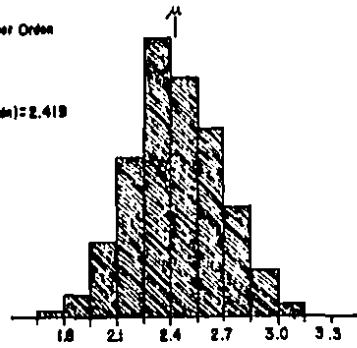
Como se dijo antes, en los histogramas del orden 1^o al 3^o, se aprecian distribuciones adecuadamente "normales", en cambio, para los órdenes del 4^o hacia adelante, las distribuciones se muestran menos simétricas, esto se debe a la reducción secuencial, en forma exponencial, del número de cauces, conforme se incrementa el número de orden.

III.4. Procesamiento de los valores que definen la trayectoria lineal de los cauces.

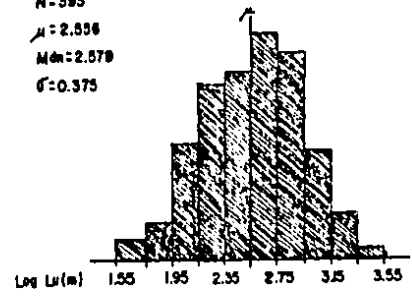
Al inicio de este capítulo se mencionó, dentro de la par

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE LONGITUDES DE CAUCES POR JERARQUIA

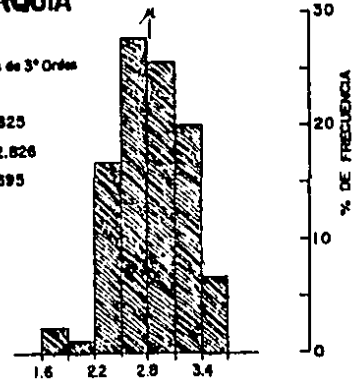
Cauces de 1er Orden
 N: 2074
 $\mu = 2.433$
 Mediana (Mdn) = 2.419
 $\sigma = 0.249$



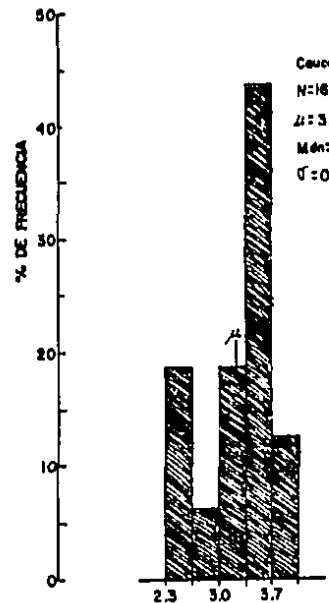
Cauces de 2º Orden
 N: 395
 $\mu = 2.556$
 Mdn = 2.579
 $\sigma = 0.375$



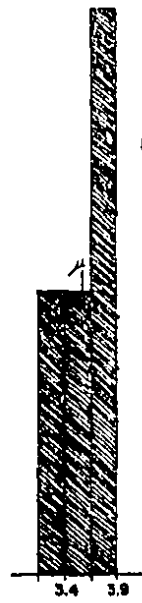
Cauces de 3º Orden
 N: 90
 $\mu = 2.825$
 Mdn = 2.826
 $\sigma = 0.395$



Cauces de 4º Orden
 N: 16
 $\mu = 3.229$
 Mdn = 3.393
 $\sigma = 0.471$



Cauces de 5º Orden
 N: 4
 $\mu = 3.565$
 Mdn = 3.656
 $\sigma = 0.228$



Cauces de 6º Orden
 N: 2
 $\mu = 4.068$
 Mdn = 4.068
 $\sigma = 0.201$



GRAFICA No.19

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE DENSIDADES DE DRENAJE PARCIALES POR JERARQUIA

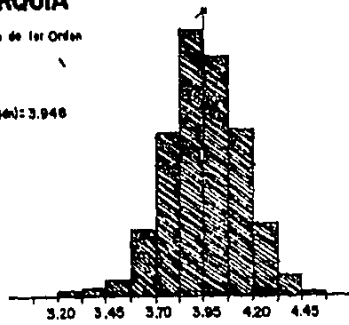
Subcuencas de 1er Orden

N: 2074

μ : 3.947

Mediana (Mdn): 3.948

σ : 0.193



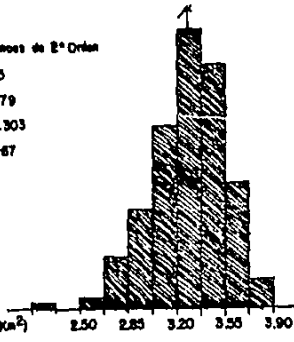
Subcuencas de 2º Orden

N: 395

μ : 3.279

Mdn: 3.303

σ : 0.287



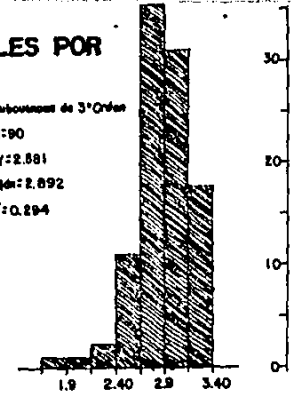
Subcuencas de 3º Orden

N: 90

μ : 2.881

Mdn: 2.892

σ : 0.294



% de frecuencia

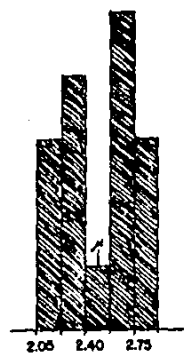
Subcuencas de 4º Orden

N: 16

μ : 2.498

Mdn: 2.588

σ : 0.258



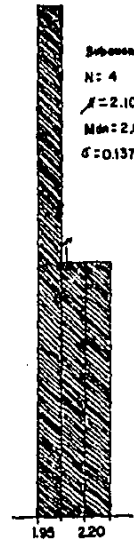
Subcuencas de 5º Orden

N: 4

μ : 2.103

Mdn: 2.084

σ : 0.137



Subcuencas de 6º Orden

N: 2

μ : 2.101

Mdn: 2.101

σ : 0.147



Log Dd (m/Km²)

GRAFICA No. 20

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE PENDIENTES DE CAUCES POR JERARQUIA

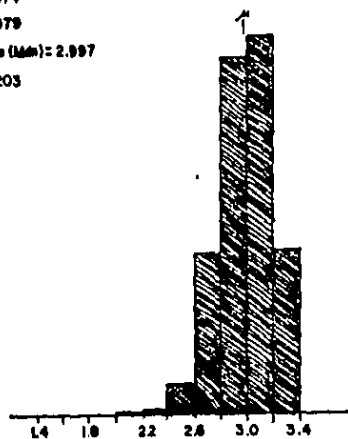
Cauces de 1er Orden

$n = 2074$

$\mu = 2.979$

Médiana (Mdn) = 2.997

$\sigma = 0.203$



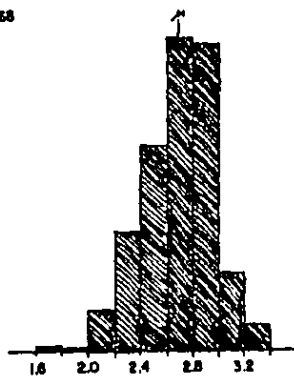
Cauces de 2º Orden

$N = 395$

$\mu = 2.686$

Mdn = 2.711

$\sigma = 0.268$



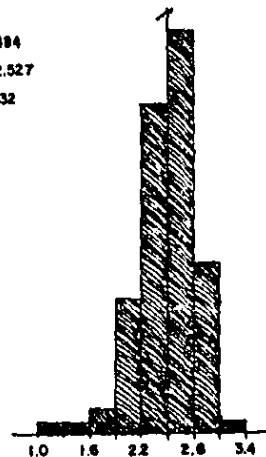
Cauces de 3º Orden

$N = 90$

$\mu = 2.484$

Mdn = 2.527

$\sigma = 0.332$



40
30
20
10
0
% de frecuencia

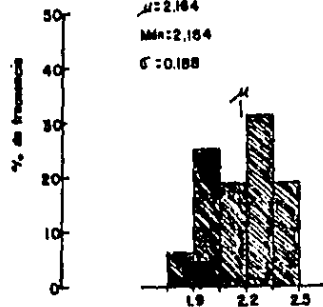
Cauces de 4º Orden

$N = 18$

$\mu = 2.164$

Mdn = 2.164

$\sigma = 0.188$



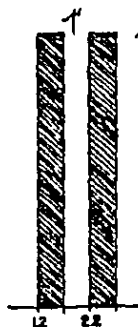
Cauces de 5º Orden

$N = 4$

$\mu = 1.915$

Mdn = 2.096

$\sigma = 0.510$



Cauces de 6º Orden

$N = 2$

$\mu = 2.040$

Mdn = 2.040

$\sigma = 0.027$



GRAFICA No. 21

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS DE LONGITUDES MEDIAS DE CUERDAS DE CAUCES POR JERARQUIA

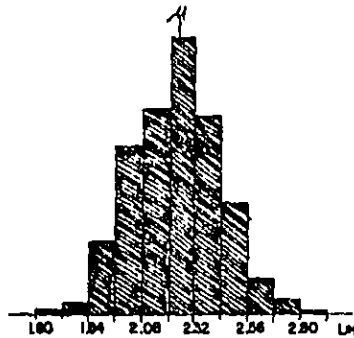
Cauces de 1er Orden

N: 2074

μ : 2.250

Médiana (Mdn): 2.250

σ : 0.198



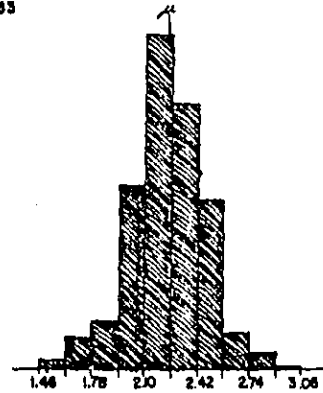
Cauces de 2º Orden

N: 595

μ : 2.259

Mdn: 2.255

σ : 0.221



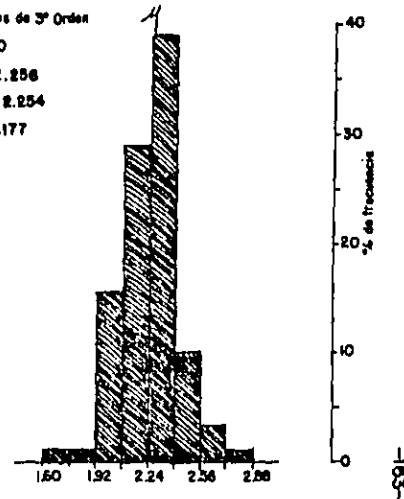
Cauces de 3º Orden

N: 90

μ : 2.256

Mdn: 2.254

σ : 0.177



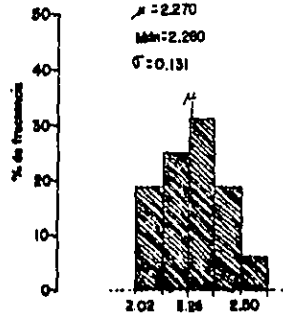
Cauces de 4º Orden

N: 6

μ : 2.270

Mdn: 2.280

σ : 0.131



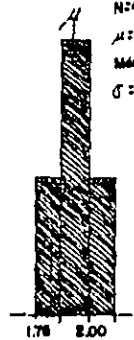
Cauces de 5º Orden

N: 4

μ : 1.930

Mdn: 1.929

σ : 0.111



Cauces de 6º Orden

N: 2

μ : 2.111

Mdn: 2.111

σ : 0.065



GRAFICA No. 22

te que describe la forma en que se obtuvieron los valores geométricos individuales de los cauces y subcuencas de la red fluvial, la existencia de ciertos elementos que se cuantificaron y calcularon para determinar el grado de sinuosidad o linealidad, de la trayectoria de cada uno de los cauces de órdenes distintos; se midió el número de inflexiones o "cuerdas" que se necesitaron para cubrir toda la longitud de aquéllos (columna 11 del cuadro 10) y después se calculó, relacionando la longitud total del cauce entre el número de inflexiones, un valor medio de longitudes de cuerdas, en Km, para los elementos individuales ordenados de la red hidrográfica (columna 12 del cuadro 10).

El análisis estadístico de frecuencias de las longitudes medias de cuerdas por cauce, se compendió en los histogramas mostrados en la gráfica 22. Como se ve en ésta; los arreglos presentan una gran "normalidad" para los tres primeros órdenes, y los tres restantes a pesar de tener "poblaciones" estadísticas muy reducidas, no indican una gran dispersión.

Hay un detalle en esta gráfica, digno de hacerse notar, es que los valores medios de cada orden no indican un crecimiento constante y sensible, como podría esperarse en primera instancia. Esto se debe a que los valores longitudinales de los cauces crecen progresiva y constantemente, conforme aumenta su número de orden (cosa que se demostró en la parte II.1.2.). Lo mismo pasa con el número de cuerdas por tramo de cauce, pues éstas crecen de manera constante y en forma exponencial (ver cuadro 18), por lo que al relacionarse los dos conceptos conservan su dimensionalidad aproximadamente semejante.

En el cuadro 18 se han acomodado los valores del número de cauces que tienen cierta cantidad de cuerdas, para cada uno

CUADRO NUMERO 18
 NUMERO DE CAUCES POR JERARQUIA QUE POSEEN DETERMINADO NUMERO
 DE CUERDAS.

No. de cdas.	Número de cauces por jerarquía					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
1	1175	155	15	2		
2	550	91	17	1		
3	206	56	15	1		
4	93	38	10			
5	34	23	3			
6	10	10	6	1		
7	3	9	1			
8	2	4	3	1		
9	1	1	2	1		
10		1	3			
11		1	3	1		
12		2	2	1		
13			2			
14		2	1			
15		2	1	1		
16			2	1		
17			2	1		
18			1	1		
22				1		
24				1		
25			1			
26					1	
29					1	
37				1		
39						1
65				1	1	
69					1	
133						1

Resultados del análisis estadístico del número de cuerdas de acuerdo con número de orden:

1ª orden N= 2074 cauces M= 1.707 cuerdas σ= 1.039 " Mediana= 1 cda.	2ª orden N= 305 cauces M= 2.630 cuerdas σ= 2.229 " Mediana= 2 cdas.	3ª orden N= 90 cauces M= 5.339 cuerdas σ= 4.352 " Mediana= 3 cdas.
4ª orden N= 16 cauces M= 15.938 cuerdas σ= 18.300 " Mediana= 11.5 cdas.	5ª orden N= 4 cauces M= 47.25 cuerdas σ= 19.829 " Mediana= 47 cdas.	6ª orden N= 2 cauces M= 116 cuerdas σ= 67 " Mediana= 116 cdas.

de los órdenes crecientes, se ha hecho de esta forma por el carácter de variable aleatoria discreta que tiene el número de cuerdas. En la parte inferior de cada arreglo se colocaron los resultados del cálculo estadístico por orden de jerarquía. Como se puede ver, en ellos existe una tendencia de crecimiento constante de forma exponencial que recuerda las exposiciones teóricas del análisis de Horton, aplicadas en el capítulo II.

De acuerdo a esto se propone el concepto de relación de crecimiento de sinuosidad (R_s), que es el valor adimensional obtenido a partir de la división del número de cuerdas, de un orden dado, C_u , con respecto al número de las mismas en el orden inferior siguiente, C_{u-1} , quedando algebraicamente expresada de la siguiente manera: $R_s = C_u / C_{u-1}$.

De esta consideración se puede inferir la ley del número de cuerdas de cauces:

"El crecimiento del número de cuerdas de cauces de órdenes sucesivos crecientes, de una cuenca hidrográfica, se acerca mucho a una función directa exponencial de la forma:

$$\bar{C}_u = \bar{C}_1 \bar{R}_s^{u-1} "$$

Siendo \bar{C}_u el número promedio de cuerdas del orden u ; \bar{C}_1 la magnitud promedio de cuerdas de los cauces de 1º orden; y \bar{R}_s la relación promedio de crecimiento de sinuosidad.

Se realizó una gráfica semilogarítmica, en donde se plasmaron con puntos, los valores de la media del número de cuerdas de cada orden, tomados del cuadro 18, los cuales se ubicaron en escala logarítmica en el eje de las Y; en cambio en el eje de las X, en escala aritmética, se referenció el número de orden de jerarquía de los cauces.

El resultado fue una línea sensiblemente recta de puntos, a la que después se le buscó, analíticamente, la ecuación que

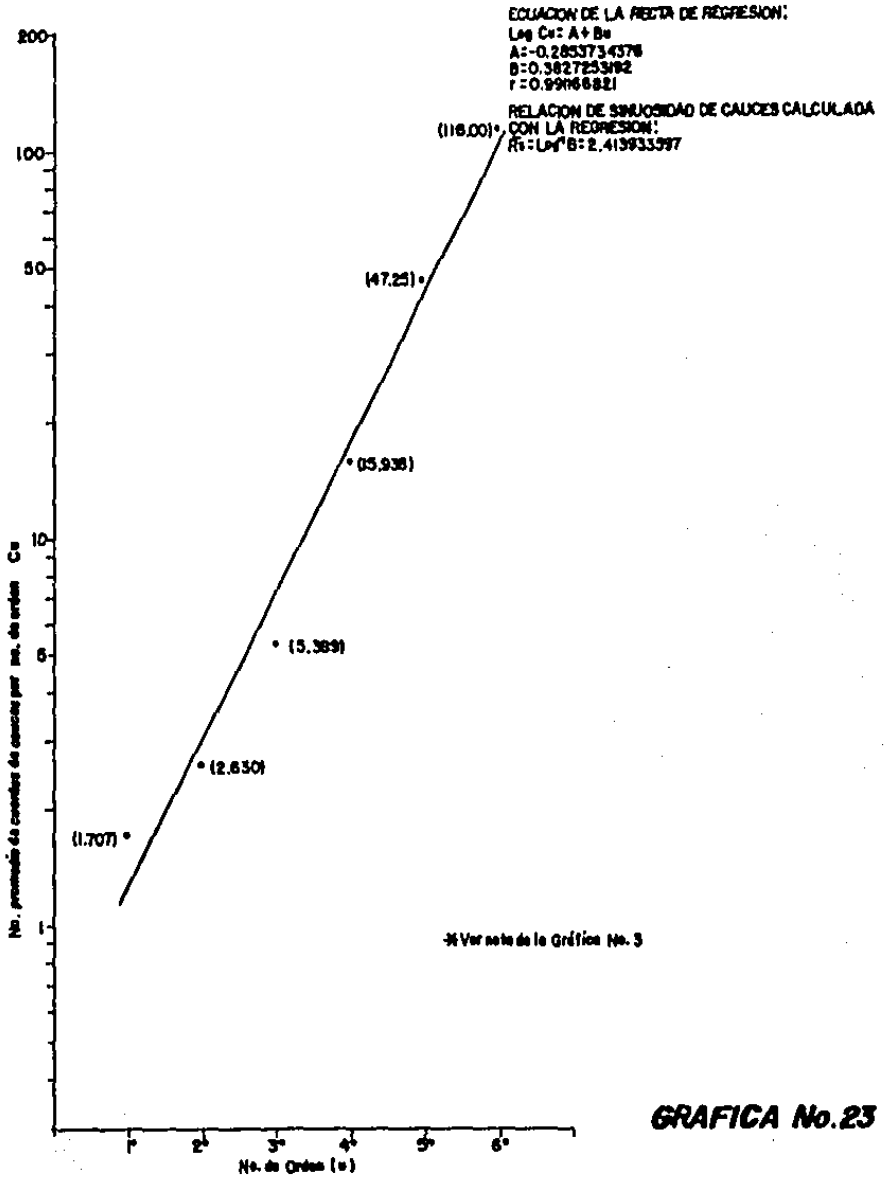
se ajustó de mejor forma a dichos puntos (gráfica 23); encontrándose un coeficiente de correlación $r = 0.991$, que comprueba la tendencia marcada al crecimiento constante del número medio de cuerdas de cauces con respecto al orden de jerarquía.

La relación de sinuosidad media, \bar{R}_s , de la recta de regresión, se calculó directamente mediante el antilogaritmo del coeficiente B de la regresión, dando por resultado el valor siguiente: $\bar{R}_s = \text{Log}^{-1} B = 2.414$. Esto significa que se necesita, en promedio, 2.4 veces más cantidad de cuerdas para integrar un cauce de orden u, que para aquél de orden inferior siguiente, $u-1$.

Aunque los valores obtenidos del número de cuerdas para cada cauce, no se eligió como variable para la definición de la MZI, es evidente que puede servir como un apoyo importante en la conformación de una explicación cuantitativa más amplia de la geometría de la red fluvial, porque aporta un apoyo complementario de información de las características lineales de la trayectoria de los cauces.

Como objeción al desarrollo teórico antes expuesto, se puede decir que se conoce la existencia de una forma alternativa que describe el grado de sinuosidad de los cauces, ya que considera la relación de las longitudes de los mismos con respecto a sus correspondientes en línea recta, desde el punto de inicio de los tramos hasta su parte terminal; pero como no se posee este tipo de información, se pensó hacerlo de la manera ya explicada, aunque no tan precisa como la forma alternativa, también sirve para dar una idea de las condiciones particulares de dicha propiedad geométrica.

REGRESION DEL No. DE CUERDAS DE CAUCES CON RESPECTO A SUS JERARQUIAS



III.5. Definición de la morfometría zonificada interna.

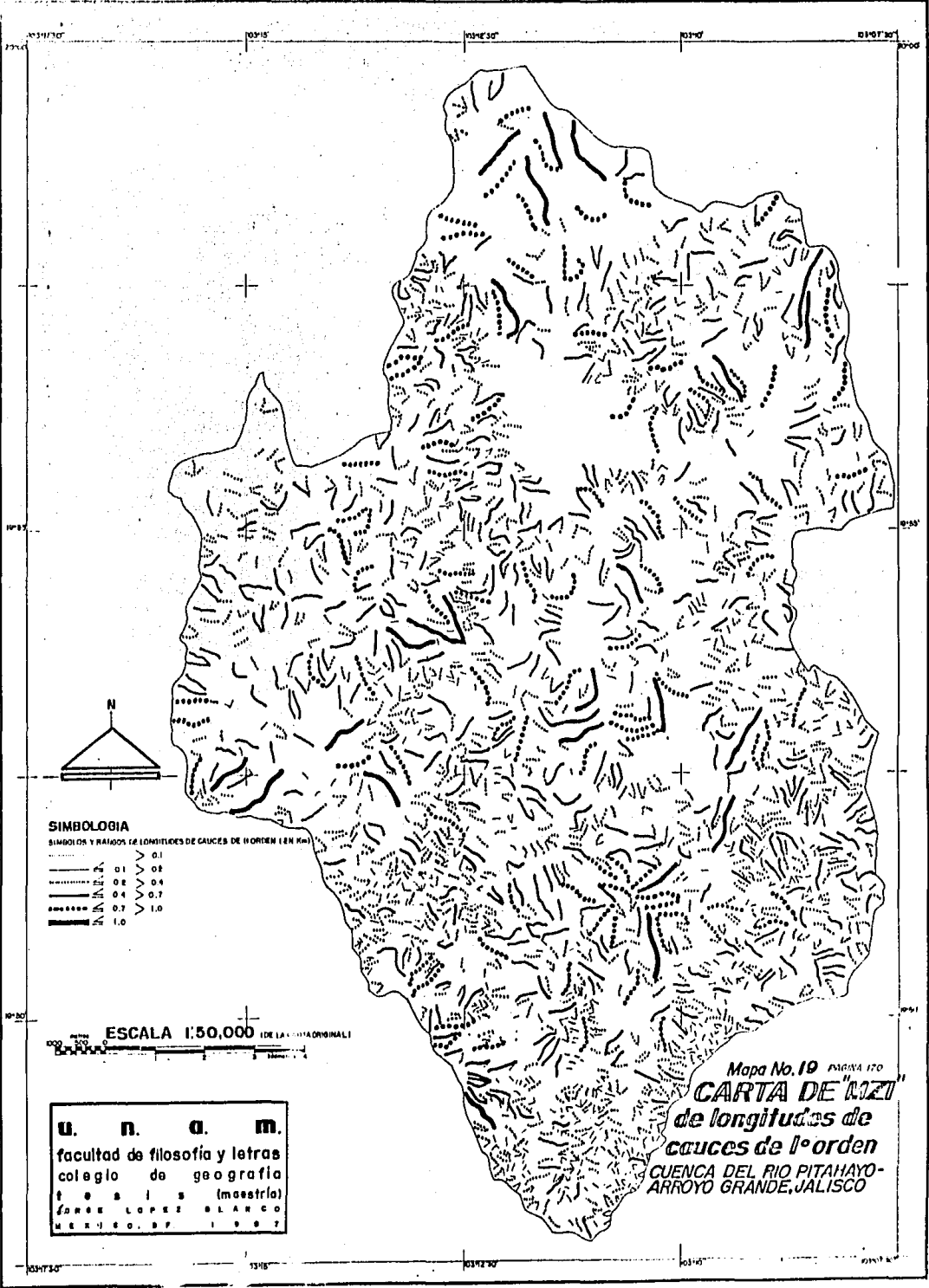
Para la definición de la NZI se utilizaron dos métodos, uno aplicado a los cauces y subcuencas de 1^o orden, y el otro para los órdenes restantes existentes.

El primero consistió en zonificar, de acuerdo a ciertos rangos escogidos (que a juicio del autor sirven para describir espacialmente las distribuciones particulares encontradas en los análisis estadísticos), en cuatro mapas diferentes (19 al 22), en los que cada uno de ellos comprende una propiedad particular geométrica de los cauces y subcuencas del orden inicial mencionado.

En el mapa 19 se simbolizaron cada una de las líneas que representan tramos de cauce de primer orden, de acuerdo a sus valores de longitudes individuales en Km (propiedad lineal monodimensional). En el número 20 se diferenciaron con símbolos cada una de las áreas de subcuencas de primer orden, de acuerdo a los valores límite de rango de superficie en Km² (propiedad bidimensional de área).

En el mapa 21 se representaron las líneas de los cauces según sus valores individuales de pendiente, en grados sexagesimales (propiedad altimétrica de relación de longitud-altitud). Y en el último de los cuatro mapas mencionados se muestra una propiedad determinada por la relación, longitud individual del cauce/área individual de subcuenca, la cual ha sido denominada en este trabajo como densidad de drenaje "parcial", y que fue ya ejemplificada en la columna número 6 del cuadro 10.

Se considera que con las cuatro variables tratadas en estos mapas, bien se puede decir que caracterizan adecuadamente en forma espacial, algunas de las propiedades morfométricas más representativas del análisis de la red hidrográfica, aun-



SIMBOLOGIA

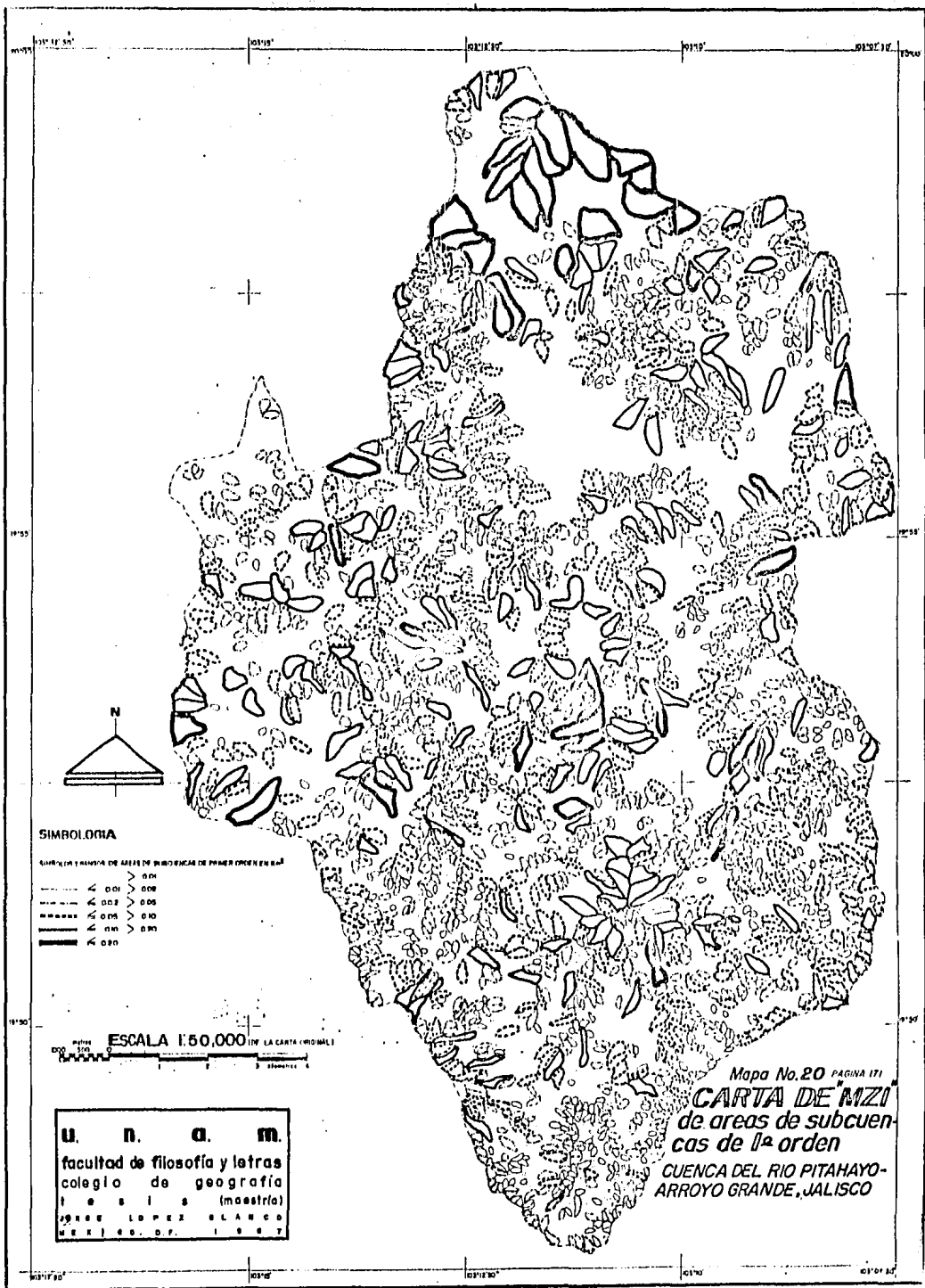
SÍMBOLOS Y RAIOS DE LONGITUDES DE CAUCES DE N ORDEN (EN KM)

—————	>	0.1
—————	>	0.2
—————	>	0.4
—————	>	0.7
—————	>	1.0

ESCALA 1:50,000 (DE LA ORIGINAL)

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 t o s i s (maestría)
 JORGE LÓPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

Mapa No. 19 FIGURA 170
CARTA DE "M21"
 de longitudes de
 cauces de 1º orden
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

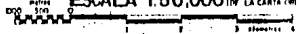


SIMBOLOGIA

SIMBOLOS Y RANGOS DE ALTURAS DE SUBCUCENAS DE PRIMER ORDEN EN M

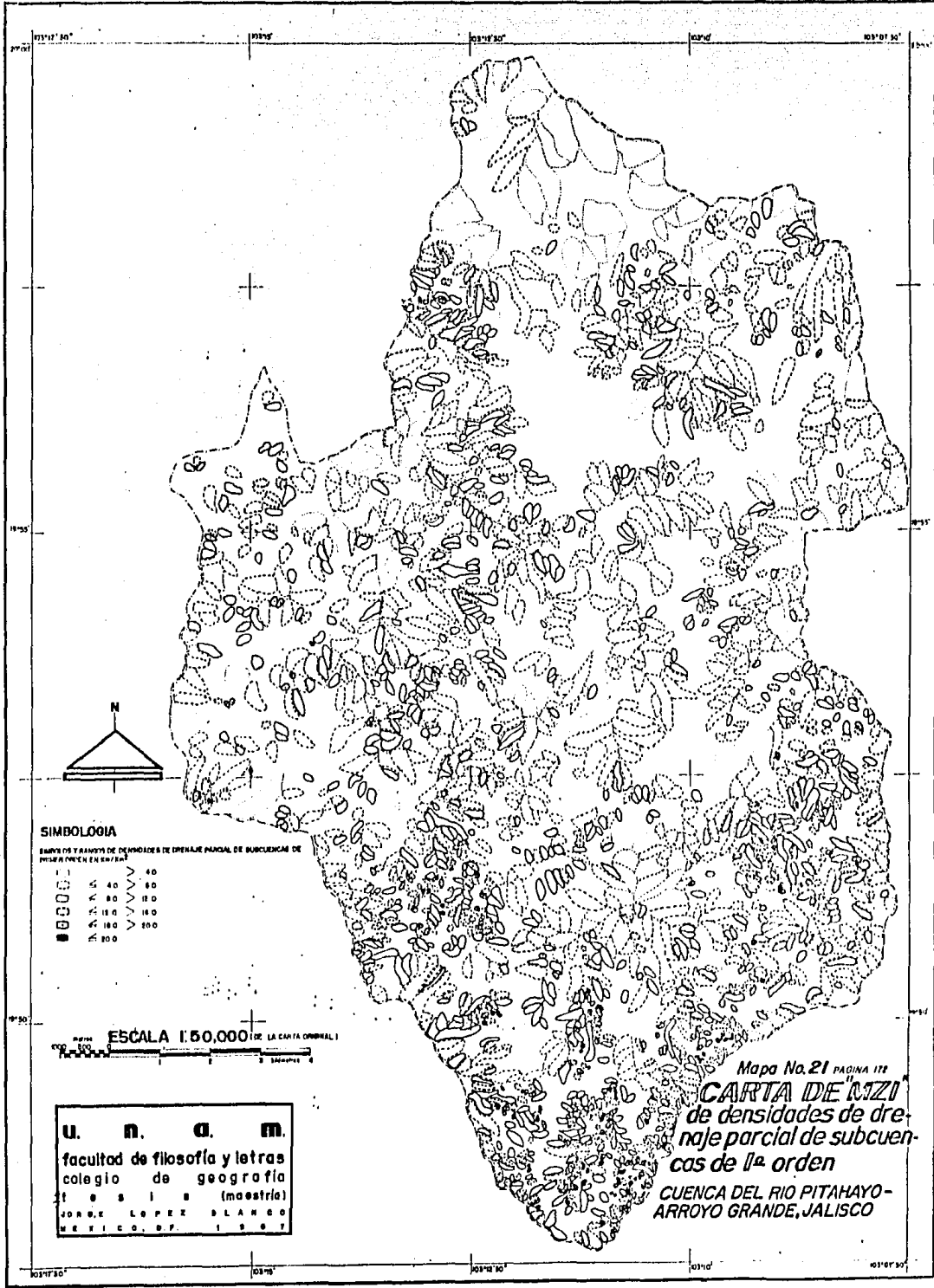
.....	< 001	> 008
-----	< 002	> 006
-----	< 005	> 010
-----	< 006	> 020
-----	< 008	> 030

ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)



u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 i s i s (maestría)
 JOSÉ LÓPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1967

Mapa No. 20 PÁGINA 171
CARTA DE MZI
 de áreas de subcuencas de 1ª orden
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO



SIMBOLOGÍA

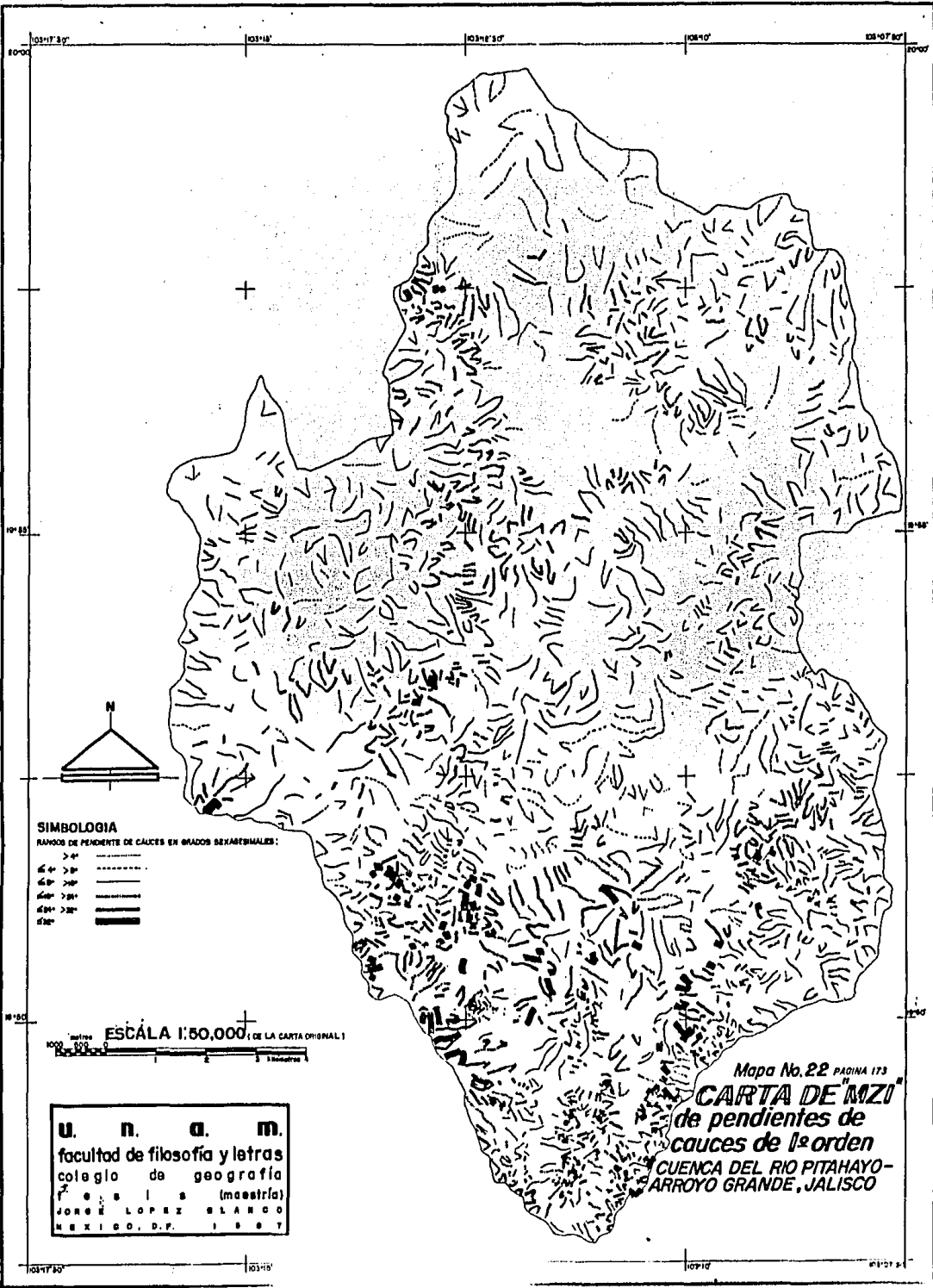
VALORES Y TRABAJOS DE DENSIDADES DE DRENAJE PARCIAL DE SUBCUENCAS DE PITHAYO EN EL ESTADO DE JALISCO

1	40
2	40
3	80
4	80
5	160
6	160
7	320
8	320
9	640
10	640

ESCALA 1:50,000 DE LA CARTA GENERAL

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 J. O. S. I. S. (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1967

Mapa No. 21 PAGINA 172
CARTA DE DENSIDAD
 de densidades de drenaje parcial de subcuencas de 1^{ra} orden
 CUENCA DEL RÍO PITHAYO-ARROYO GRANDE, JALISCO



SIMBOLOGIA

RAMOS DE PENDIENTE DE CAUCES EN GRADOS SEXAGESIMALES:

- > 4°
- 4° > 30°
- 30° > 20°
- 20° > 10°
- 10° > 2°
- 2°

ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

Mapa No. 22 PAGINA 173

CARTA DE MZI
 de pendientes de
 cauces de 1^o orden
 CUENCA DEL RIO PITHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

u. n. a. m.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 tesis (maestría)
 JORGE LÓPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

que está claro que con ellas no se cubren todas las posibilidades de zonificación de los elementos geométricos que se han determinado y aplicado en forma generalizada en el capítulo II.

Para hacer más evidente el grado de discrepancia interna entre los espacios representados, se ha agregado en la clave de la simbología de aquellos mapas, una equivalencia en porcentaje, de la diferencia de los valores límite de rango con respecto al valor medio para toda la cuenca de estudio, de cada una de las propiedades espacializadas.

El otro método empleado para la caracterización de la MZI consistió en agrupar, considerados en conjunto los valores de cinco propiedades geométricas de la red fluvial, las cuatro variables mencionadas en el método anterior, más la variable definida por el número de cauces del orden inferior siguiente que son afluentes del que se pretende caracterizar, semejante en forma a una relación de bifurcación individual "parcial", enlistando cada uno de sus valores (ver columnas 2 a 6, de los cuadros 14 al 17) y comparándolos con los promedios respectivos para el total de la cuenca, estos últimos determinados por la morfometría generalizada y mostrados en el cuadro 4.

En la columna 1 de esos cuadros (14 al 17) se colocó la clave numérica que identifica al cauce correspondiente (uno en cada renglón), la primera cifra de dicha clave se refiere al número de subcuenca de 4^a ó 3^a orden a la cual pertenece la subcuenca de 3^a ó 2^a (según sea el caso particular), clasificada esta última mediante la segunda cifra, colocada a la derecha de la primera mencionada. Cuando la clave está formada sólo por una cantidad, indica que se trata de una subcuenca "independiente" (de acuerdo a lo que se explicó en la parte III.1), por lo que no requiere de un número de subcuenca de orden superior a

CUADRO NUMERO 14

COMPARACION DE VARIABLES MORFOMETRICAS CON RESPECTO A LOS VALORES PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA. SUBCUENCAS DE 2^o ORDEN.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
#1	1	3	0.47	0.80	2.44	0.59	5.05	(0.8/0.9/2.8/0.3/0.3)	
	2	3	0.22	0.27	2.08	0.83	2.77	(0.8/0.4/0.9/0.2/0.4)	
	3	2	0.49	0.20	2.28	2.44	3.53	(0.5/1.0/0.7/0.2/1.1)	
	4	2	0.81	0.78	3.46	1.05	5.67	(0.5/1.6/2.7/0.4/0.5)	
	5	2	0.86	1.25	1.80	0.69	7.09	(0.5/1.7/1.4/0.2/0.3)	
	6	5	1.36	3.10	0.97	0.44	15.15	(1.4/2.7/10.8/1/0.2)	
#1	7	2	0.74	0.67	6.64	1.10	5.50	(0.5/1.4/2.3/0.7/0.5)	
#2	1	3	0.28	0.08	14.54	3.59	4.75	(0.8/0.5/0.3/1.5/1.6)	
	2	2	0.06	0.12	18.44	0.51	3.24	(0.5/0.1/0.4/1.9/0.2)	
	3	2	0.12	0.07	8.53	1.64	2.65	(0.5/0.2/0.3/0.9/0.7)	
	4	5	0.37	0.20	6.02	1.83	4.25	(1.4/0.7/0.7/0.6/0.8)	
	5	2	0.07	0.22	7.33	0.32	2.36	(0.5/0.1/0.8/0.8/0.1)	
	6	2	0.16	0.13	26.61	1.20	4.61	(0.5/0.3/0.5/2.8/0.5)	
	7	3	0.41	0.24	8.88	1.72	4.13	(0.8/0.8/0.3/0.9/0.8)	
	8	4	1.36	0.31	2.23	4.42	7.04	(1.1/2.7/1.1/0.2/2.0)	
	9	3	0.97	0.25	2.24	3.82	5.54	(0.8/1.9/0.9/0.2/1.7)	
	10	4	0.35	0.16	7.73	2.16	4.09	(1.1/0.7/0.6/0.8/1.0)	
#2	11	3	0.18	0.16	13.24	1.11	3.58	(0.8/0.3/0.6/1.4/0.5)	
	12	5	0.50	0.17	13.48	2.87	5.62	(1.4/1.0/0.6/1.4/1.3)	
	13	2	0.08	0.06	14.04	1.34	2.97	(0.5/0.2/0.2/1.5/0.6)	
	#3	1	10	1.28	1.27	3.22	1.01	10.46	(2.7/2.5/4.4/0.3/0.5)
		2	3	0.27	0.33	11.31	0.80	4.03	(0.8/0.5/1.2/1.2/0.4)
	#3	3	2	0.11	0.06	10.31	1.84	2.86	(0.5/0.2/0.2/1.1/0.8)
		4	17	1.95	1.07	5.74	1.83	13.62	(4.7/3.8/3.7/0.6/0.8)
		5	2	0.19	0.25	4.66	0.77	2.61	(0.5/0.4/0.9/0.5/0.3)
		6	3	0.41	0.18	4.81	2.29	3.77	(0.8/0.8/0.6/0.5/1.0)
		7	3	0.73	0.60	9.85	1.22	5.92	(0.8/1.4/2.1/1.0/0.5)
8		2	0.29	0.42	2.96	0.69	3.19	(0.5/0.6/1.5/0.3/0.3)	
#4		1	6	1.14	0.85	4.06	1.35	7.85	(1.6/2.2/2.9/0.4/0.6)
		2	4	0.71	0.42	4.59	1.68	5.19	(1.1/1.4/1.5/1.5/0.8)
		3	2	0.08	0.11	11.31	0.72	2.60	(0.5/0.2/0.4/1.2/0.3)
		4	4	0.87	0.44	5.19	1.99	5.76	(1.1/1.7/1.5/0.5/0.9)
	5	2	0.20	0.13	10.20	1.56	3.15	(0.5/0.4/0.5/1.1/0.7)	
	6	2	0.16	0.09	13.85	1.67	3.35	(0.5/0.3/0.3/1.4/0.7)	
	7	3	0.15	0.16	14.04	0.92	3.52	(0.8/0.3/0.6/1.5/0.4)	
	8	2	0.18	0.07	5.40	2.59	2.86	(0.5/0.4/0.2/0.6/1.2)	
	9	2	0.15	0.14	2.29	1.11	2.05	(0.5/0.3/0.5/0.2/0.5)	
	10	2	0.34	0.13	11.32	2.60	3.99	(0.5/0.7/0.5/1.2/1.2)	
#4	11	2	0.07	0.13	8.13	0.57	2.22	(0.5/0.1/0.4/0.8/0.3)	
	12	2	0.74	0.18	12.54	4.02	5.71	(0.5/1.4/0.6/1.3/1.8)	
	13	2	1.81	0.44	4.81	4.09	7.96	(0.5/3.5/1.5/0.5/1.8)	
	14	3	0.16	0.22	6.24	0.75	2.87	(0.8/0.3/0.8/0.6/0.3)	

continúa...

continuación...

	1	2	3	4	5	6	7	8
	15	2	0.10	0.17	11.31	7.59	2.79	(0.5/0.2/0.6/1.2/0.3)
#4	16	2	0.04	0.07	1.43	0.43	1.29	(0.5/0.1/0.3/0.1/0.2)
#5	1	4	2.13	0.57	5.77	3.72	9.53	(1.1/4.2/2.0/0.6/1.7)
	2	7	1.49	0.67	5.92	2.21	8.68	(1.9/2.9/2.4/0.5/1.0)
	3	2	0.20	0.22	5.56	0.92	2.80	(0.5/0.4/0.8/0.7/0.4)
	4	4	0.45	0.33	5.21	1.36	4.28	(1.1/0.9/1.1/0.5/0.6)
	5	7	0.78	0.75	2.72	1.04	6.81	(1.9/1.5/2.6/0.3/0.5)
	6	2	0.40	0.21	7.69	1.97	3.73	(0.5/0.8/0.7/0.8/0.9)
	7	4	0.56	0.48	5.52	1.19	5.06	(1.1/1.1/1.7/0.7/0.5)
	8	2	0.20	0.22	4.01	0.91	2.53	(0.5/0.4/0.8/0.4/0.4)
#5	9	11	2.93	1.88	5.20	1.56	16.55	(3.0/5.7/6.6/0.5/0.7)
#6	1	2	0.11	0.33	10.31	0.34	3.13	(0.5/0.2/1.1/1.1/0.2)
	2	4	0.38	0.32	6.01	1.19	4.11	(1.1/0.7/1.1/0.6/0.5)
	3	2	0.39	0.18	4.69	2.23	3.41	(0.5/0.8/0.6/0.5/1.0)
	4	4	1.57	1.08	3.54	1.46	8.93	(1.1/3.1/3.8/0.4/0.6)
	5	2	0.34	0.09	9.29	3.64	4.11	(0.5/0.7/0.3/1.0/1.6)
	6	4	0.57	0.24	10.53	2.41	5.21	(1.1/1.1/0.8/1.1/1.1)
	7	5	1.57	0.40	6.29	3.91	8.23	(1.4/3.1/1.4/0.7/1.7)
	8	2	0.83	0.44	1.88	1.88	4.75	(0.5/1.6/1.5/0.2/0.8)
	9	3	0.72	0.37	14.04	1.96	5.85	(0.8/1.4/1.3/1.5/0.9)
	10	3	0.34	0.22	10.31	1.52	3.99	(0.8/0.7/0.8/1.1/0.8)
	11	4	0.62	0.39	9.32	1.61	5.34	(1.1/1.2/1.3/1.0/0.7)
#6	12	3	0.43	0.23	10.13	1.85	4.34	(0.8/0.8/0.8/1.0/0.8)
#7	1	4	0.98	0.37	12.07	2.64	6.72	(1.1/1.9/1.3/1.2/1.2)
	2	2	0.26	0.19	12.34	1.34	3.65	(0.5/0.5/0.7/1.3/0.6)
	3	3	0.36	0.13	4.92	2.70	3.71	(0.8/0.7/0.5/0.5/1.2)
	4	4	0.50	0.17	7.18	3.00	4.75	(1.1/1.0/0.6/0.7/1.3)
	5	3	0.28	0.15	6.72	1.95	3.44	(0.8/0.6/0.5/0.7/0.9)
#7	6	6	0.59	0.38	9.11	1.57	5.75	(1.6/1.2/1.3/0.9/0.7)
#8	1	7	0.56	0.70	3.53	0.80	6.19	(1.9/1.1/2.4/0.4/0.4)
	2	2	0.23	0.12	5.22	1.93	2.82	(0.5/0.5/0.4/0.5/0.9)
	3	4	1.08	0.33	5.04	3.29	6.35	(1.1/2.1/1.1/0.5/1.5)
	4	2	0.06	0.34	0.72	0.18	2.01	(0.5/0.1/1.2/0.1/0.1)
	5	3	0.34	0.32	13.79	1.07	4.51	(0.8/0.7/1.1/1.4/0.5)
	6	2	0.14	0.23	3.53	0.53	2.78	(0.5/0.3/0.8/0.9/0.3)
	7	2	0.46	0.21	15.55	2.26	4.89	(0.5/0.9/0.7/1.7/1.0)
	8	3	0.39	0.21	9.68	1.34	4.13	(0.8/0.8/0.7/1.0/0.3)
	9	2	0.11	0.16	6.23	0.68	2.28	(0.5/0.2/0.6/0.6/0.3)
#8	10	2	0.21	0.08	12.63	2.56	3.68	(0.5/0.4/0.3/1.3/1.1)
#9	1	3	1.02	0.87	2.35	1.17	6.60	(0.3/2.0/3.0/0.2/0.5)
	2	3	0.45	0.44	4.00	1.03	4.10	(0.8/0.9/1.5/0.4/0.5)
	3	2	0.16	0.13	12.63	1.23	3.20	(0.5/0.3/0.5/1.3/0.5)
	4	6	0.47	0.38	3.29	1.25	4.78	(1.6/0.9/1.3/0.3/0.6)
	5	2	0.77	0.64	3.50	1.21	5.18	(0.5/1.5/2.2/0.4/0.5)
	6	2	0.26	0.26	4.62	1.00	2.89	(0.5/0.5/0.9/0.5/0.4)
	7	5	0.98	0.73	3.27	1.35	6.77	(1.4/1.9/2.5/0.3/0.6)
	8	2	0.16	0.33	3.93	0.49	2.63	(0.5/0.3/1.1/0.4/0.2)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8
9	3	0.56	0.22	4.36	2.56	4.28	(0.8/1.1/0.8/0.5/1.1)
10	2	0.36	0.12	6.34	3.03	3.70	(0.5/0.7/0.4/0.7/1.4)
11	2	0.15	0.17	7.60	0.34	2.62	(0.5/0.3/0.6/0.8/0.4)
12	2	0.19	0.17	3.01	1.10	2.33	(0.5/0.4/0.6/0.3/0.5)
13	5	0.64	0.65	3.54	1.00	5.69	(1.4/1.3/2.3/0.4/0.4)
14	2	0.24	0.11	15.77	2.23	4.02	(0.5/0.5/0.4/1.6/1.0)
15	2	0.39	0.16	7.36	2.37	3.69	(0.5/0.8/0.6/0.3/1.1)
16	2	0.65	0.27	3.03	2.39	4.15	(0.5/1.3/1.0/0.3/1.1)
17	7	1.69	1.24	5.95	1.37	10.77	(1.9/3.3/4.3/0.0/0.0)
18	2	0.56	0.23	8.89	2.44	4.44	(0.5/1.1/0.8/0.9/1.1)
19	5	1.21	0.66	7.25	1.83	7.62	(1.4/2.4/2.3/0.8/0.8)
20	6	1.76	1.00	5.14	1.76	9.63	(1.6/3.4/3.5/0.5/0.8)
21	2	0.61	0.16	8.34	3.92	4.89	(0.5/1.2/0.5/0.9/1.7)
22	2	0.34	0.15	10.81	2.24	3.85	(0.5/0.7/0.5/1.1/1.0)
23	2	0.16	0.13	6.44	1.21	2.53	(0.5/0.3/0.5/0.7/0.5)
24	4	1.15	0.33	11.37	3.54	7.23	(1.1/2.3/1.1/1.2/1.6)
25	2	0.19	0.13	7.50	1.48	2.31	(0.5/0.4/0.5/0.8/0.7)
26	7	1.70	0.82	8.85	2.06	9.96	(1.9/3.3/2.9/0.9/0.9)
27	3	0.64	0.44	7.15	1.45	4.98	(0.8/1.2/1.5/0.7/0.6)
28	2	0.18	0.21	3.85	0.87	2.41	(0.5/0.4/0.7/0.4/0.4)
29	2	0.64	0.28	4.67	2.34	4.29	(0.5/1.3/1.0/0.5/1.0)
30	3	0.29	0.17	5.74	1.74	3.35	(0.3/0.6/0.6/0.6/0.8)
31	2	0.32	0.10	7.33	3.39	3.81	(0.5/0.0/0.3/0.8/1.5)
#9 #10 32	6	1.72	1.17	3.37	1.47	10.12	(1.6/3.4/4.1/0.3/0.7)
1	3	0.60	0.69	4.76	0.88	5.28	(0.8/1.2/2.4/0.5/0.4)
2	2	0.14	0.28	5.71	0.51	2.61	(0.5/0.3/1.0/0.6/0.2)
3	2	0.32	0.21	5.71	1.54	3.19	(0.5/0.6/0.7/0.6/0.7)
4	7	0.70	0.29	7.61	2.41	6.16	(1.9/1.4/1.0/0.8/1.1)
5	2	0.15	0.11	13.66	1.37	3.22	(0.5/0.3/0.4/1.4/0.6)
6	2	0.17	0.14	14.37	1.13	3.37	(0.5/0.3/0.5/1.5/0.5)
7	2	0.09	0.15	7.60	0.61	2.30	(0.5/0.2/0.5/0.8/0.3)
8	4	1.14	0.56	7.41	2.05	6.95	(1.1/2.2/1.9/0.3/0.9)
9	3	0.45	0.20	9.31	2.24	4.41	(0.8/0.9/0.1/1.0/1.0)
10	2	0.22	0.15	5.71	1.52	2.76	(0.5/0.4/0.5/0.6/0.7)
11	6	1.64	0.53	8.85	1.13	9.00	(1.6/3.2/1.6/0.9/1.2)
12	3	0.81	0.59	6.24	1.37	5.71	(0.6/1.6/2.1/0.6/0.6)
13	3	0.56	0.29	4.09	1.95	4.22	(0.3/1.1/1.0/0.4/0.9)
14	3	0.24	0.32	3.53	0.76	3.11	(0.8/0.5/1.1/0.4/0.3)
15	3	0.92	0.59	8.53	1.56	6.25	(0.8/1.8/2.1/0.9/1.7)
16	2	0.37	0.15	12.53	2.46	4.19	(0.5/0.7/0.5/1.2/1.1)
17	2	0.29	0.12	7.85	2.43	3.45	(0.5/0.6/0.4/0.3/1.1)
18	2	0.06	0.13	3.31	0.48	1.71	(0.5/0.1/0.4/0.4/0.2)
19	7	0.36	0.30	6.91	2.87	6.63	(1.9/1.7/1.0/0.7/1.3)
20	3	0.44	0.25	14.31	3.38	6.31	(0.8/1.6/0.9/1.5/1.5)
21	3	0.73	0.21	15.72	3.48	6.16	(0.8/1.4/0.7/1.6/1.6)
22	3	0.52	0.16	12.01	3.36	5.13	(0.8/1.0/0.5/1.2/1.5)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8	
23	4	0.34	0.36	7.69	2.31	5.83	(1.1/1.6/1.3/0.8/1.0)	
24	3	0.37	0.22	11.01	1.67	4.20	(0.3/0.7/0.8/1.1/0.7)	
25	5	0.63	0.39	7.33	1.77	5.61	(1.4/1.3/1.4/0.8/0.8)	
26	2	0.17	0.34	3.41	0.50	2.63	(0.5/0.3/1.2/0.4/0.2)	
#10	27	6	0.33	0.70	3.55	1.19	6.61	(1.6/1.6/2.4/0.4/0.5)
#11	1	17	2.62	1.71	6.17	1.53	17.09	(4.7/5.1/6.0/0.6/0.7)
	2	3	0.56	0.29	6.62	1.94	4.49	(0.8/1.1/1.0/0.7/0.9)
	3	2	0.33	0.18	7.77	1.85	3.46	(0.5/0.7/0.6/0.8/0.8)
	4	2	0.11	0.11	12.80	1.03	2.94	(0.5/0.2/0.4/1.3/0.5)
	5	3	0.35	0.37	3.84	0.96	3.61	(0.8/0.7/1.3/0.4/0.4)
#11	6	5	0.50	0.29	5.88	1.73	4.75	(1.4/1.0/1.0/0.6/0.8)
#12	1	10	2.75	1.16	8.97	2.37	14.19	(2.7/5.4/4.1/0.9/1.1)
	2	2	0.13	0.15	6.56	0.86	2.40	(0.5/0.3/0.5/0.7/0.4)
	3	2	0.14	0.07	8.13	2.17	2.86	(0.5/0.3/0.2/0.8/1.0)
	4	4	0.70	0.25	11.03	2.83	5.72	(1.1/1.4/0.9/1.1/1.3)
	5	4	0.63	0.17	10.95	3.70	5.71	(1.1/1.2/0.6/1.1/1.6)
	6	3	0.57	0.14	13.30	4.17	5.64	(0.8/1.1/0.5/1.4/1.9)
#12	7	4	0.39	0.12	10.15	3.27	4.77	(1.1/0.8/0.4/1.1/1.5)
#13	1	2	0.19	0.03	18.44	2.35	4.16	(0.5/0.4/0.3/1.9/1.0)
	2	2	0.59	0.27	9.11	2.21	4.56	(0.5/1.2/0.9/0.9/1.0)
	3	3	0.54	0.21	9.11	2.53	4.69	(0.8/1.1/0.7/0.9/1.1)
	4	3	0.32	0.06	8.00	5.05	4.75	(0.8/0.6/0.2/0.8/2.2)
	5	7	0.61	0.20	6.27	3.13	5.35	(1.9/1.2/0.7/0.6/1.4)
	6	3	0.36	0.11	8.76	3.34	4.31	(0.8/0.7/0.4/0.9/1.5)
	7	8	0.85	0.24	9.75	3.56	7.27	(2.2/1.7/0.8/1.0/1.6)
	8	8	0.49	0.17	12.34	2.89	6.31	(2.2/1.0/0.6/1.3/1.3)
	9	4	0.43	0.16	14.04	2.78	5.18	(1.1/0.9/0.5/1.5/1.2)
	10	4	0.95	0.33	13.16	2.92	6.75	(1.1/1.9/1.1/1.4/1.3)
	11	5	1.39	0.58	10.67	2.39	8.28	(1.4/2.7/2.0/1.1/1.1)
	12	3	0.68	0.23	16.18	2.92	5.93	(0.8/1.3/0.8/1.7/1.3)
#13	13	2	0.11	0.07	15.26	1.56	3.30	(0.5/0.2/0.3/1.6/0.7)
#14	1	10	1.11	0.54	4.12	2.05	8.16	(2.7/2.2/1.9/0.4/0.9)
	2	3	0.14	0.25	6.13	0.58	3.05	(0.8/0.3/0.9/0.8/0.3)
	3	4	0.43	0.24	5.72	1.31	4.17	(1.1/0.8/0.8/0.6/0.8)
	4	5	0.43	0.27	11.97	1.58	5.11	(1.4/0.8/1.0/1.2/0.7)
	5	2	0.22	0.16	11.31	1.42	3.34	(0.5/0.4/0.6/1.2/0.6)
	6	2	0.21	0.07	9.46	2.92	3.56	(0.5/0.4/0.3/1.0/1.3)
	7	5	0.54	0.13	13.73	3.07	5.82	(1.4/1.1/0.6/1.4/1.4)
	8	2	0.34	0.53	14.12	4.37	4.90	(0.5/0.7/0.3/1.5/1.9)
	9	7	1.22	0.46	9.14	2.63	3.03	(1.9/2.4/1.6/0.9/1.2)
	10	15	1.71	0.96	5.63	1.73	12.19	(4.1/3.4/3.4/0.6/0.6)
	11	2	0.47	0.17	9.03	2.73	4.22	(0.5/0.9/0.6/0.9/1.2)
	12	2	0.14	0.07	7.73	2.07	3.79	(0.5/0.3/0.2/0.8/0.9)
	13	5	0.69	0.29	6.33	2.33	5.44	(1.4/1.3/1.0/0.7/1.0)
	14	2	0.23	0.14	13.14	1.53	3.51	(0.5/0.4/0.5/1.4/0.7)
	15	4	0.50	0.40	9.77	2.01	5.97	(1.1/1.6/1.4/1.0/0.9)

continúa...

continuación...

	1	2	3	4	5	6	7	8
	16	3	0.38	0.12	12.51	3.32	4.75	(0.8/0.7/0.4/1.3/1.5)
	17	8	0.94	0.66	10.35	1.43	8.03	(2.2/1.8/2.3/1.1/0.6)
	18	2	0.32	0.19	8.01	1.75	3.43	(0.5/0.6/0.6/0.8/0.8)
	19	4	0.59	0.27	10.74	2.18	5.28	(1.1/1.2/0.9/1.1/1.0)
	20	9	1.28	0.61	6.85	2.09	8.75	(2.5/2.5/2.1/0.7/0.9)
	21	3	0.62	0.12	8.49	5.37	5.71	(0.8/1.2/0.4/0.9/2.4)
	22	2	0.11	0.03	12.80	3.42	3.73	(0.5/0.2/0.1/1.3/1.5)
	23	2	0.11	0.03	12.80	4.04	3.99	(0.5/0.2/0.1/1.3/1.8)
	24	2	0.44	0.06	16.86	7.37	6.63	(0.5/0.9/0.2/1.7/3.3)
	25	2	0.12	0.03	9.46	3.59	3.48	(0.5/0.2/0.1/1.0/1.6)
	26	2	0.09	0.03	4.76	3.46	2.85	(0.5/0.2/0.1/0.5/1.5)
	27	2	0.16	0.04	9.58	3.77	3.68	(0.5/0.3/0.2/1.0/1.7)
	28	2	0.09	0.14	4.45	0.64	1.96	(0.5/0.2/0.5/0.5/0.3)
	29	8	1.01	0.33	12.05	3.02	7.91	(2.2/2.0/1.2/1.2/1.3)
	30	8	0.55	0.22	14.82	2.49	6.69	(2.2/1.1/0.8/1.5/1.1)
	31	2	0.28	0.08	21.10	3.48	5.12	(0.5/0.6/0.3/2.2/1.6)
	32	3	0.12	0.10	19.98	1.23	4.00	(0.8/0.2/0.3/2.1/0.5)
	33	2	0.62	0.12	14.95	5.29	6.07	(0.5/1.2/0.4/1.5/2.4)
#14	34	2	0.19	0.07	15.83	2.70	4.00	(0.5/0.4/0.2/1.6/1.2)
#15	1	5	1.06	0.44	7.06	2.38	6.78	(1.4/2.1/1.6/0.7/1.1)
	2	2	0.09	0.11	6.34	0.83	2.14	(0.5/0.2/0.4/0.7/0.4)
	3	3	0.24	0.10	10.16	2.57	3.83	(0.8/0.5/0.3/1.1/1.1)
	4	2	0.30	0.13	12.63	2.36	3.93	(0.5/0.6/0.4/1.3/1.1)
#15	5	3	0.30	0.17	8.53	1.83	3.69	(0.8/0.6/0.6/0.9/0.8)
#16	1	2	0.18	0.11	21.80	1.65	4.28	(0.5/0.4/0.4/2.3/0.7)
	2	2	0.11	0.02	20.81	5.35	5.36	(0.5/0.2/0.1/2.2/2.4)
	3	3	0.19	0.05	15.52	3.74	4.64	(0.8/0.4/0.2/1.6/1.7)
	4	2	0.06	0.03	9.46	2.35	2.78	(0.5/0.1/0.1/1.0/1.0)
	5	3	0.17	0.09	5.88	1.90	2.93	(0.8/0.3/0.3/0.6/0.8)
#16	6	3	0.17	0.30	34.72	0.57	6.04	(0.8/0.3/1.0/3.6/0.3)
#49	1	6	0.63	0.76	6.34	0.84	6.56	(1.6/1.2/2.6/0.7/0.4)
	2	4	0.42	0.23	6.96	1.81	4.24	(1.1/0.8/0.8/0.7/0.8)
#50	1	5	0.33	0.46	4.96	0.72	4.46	(1.4/0.7/1.6/0.5/0.3)
	2	2	0.07	0.13	2.60	0.55	1.64	(0.5/0.1/0.4/0.3/0.2)
#51	1	4	0.36	0.24	8.93	1.46	4.21	(1.1/0.7/0.8/0.9/0.7)
	2	2	0.22	0.08	9.81	2.67	3.48	(0.5/0.4/0.3/1.0/1.2)
#52	1	3	0.20	0.25	8.81	0.83	3.36	(0.8/0.4/0.9/0.9/0.4)
	2	2	0.15	0.12	6.47	1.27	2.49	(0.5/0.3/0.4/0.7/0.6)
#53	1	5	0.60	0.35	5.71	1.72	5.13	(1.4/1.2/1.2/0.6/0.8)
	2	5	0.45	0.23	8.40	1.96	4.78	(1.4/0.9/0.8/0.9/0.9)
#54	1	6	0.84	0.59	4.43	1.43	6.44	(1.6/1.7/2.1/0.5/0.6)
	2	2	0.05	0.35	4.57	0.14	2.40	(0.5/0.1/1.2/0.5/0.1)
#55	1	8	1.67	1.07	3.12	1.57	10.22	(2.2/3.3/3.7/0.3/0.7)
	2	3	0.58	0.28	2.27	2.09	4.10	(0.8/1.1/1.0/0.2/0.9)
#56	1	4	0.66	0.51	11.19	1.28	5.90	(1.1/1.3/1.8/1.2/0.6)
	2	2	0.28	0.33	7.93	0.87	3.45	(0.5/0.6/1.1/0.8/0.4)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8	
	3	4	0.37	0.45	4.87	0.83	4.25	(1.1/0.7/1.6/0.5/0.4)
#57	1	8	1.00	0.50	6.33	2.01	7.43	(2.2/2.0/1.7/0.7/0.9)
	2	3	0.35	0.21	4.04	1.65	3.40	(0.8/0.7/0.7/0.4/0.7)
#58	1	6	1.24	1.08	3.69	1.16	8.73	(1.6/2.4/3.8/0.4/0.5)
	2	4	0.28	0.21	3.47	1.35	3.33	(1.1/0.6/0.7/0.4/0.6)
	3	3	0.54	0.24	2.12	2.27	3.94	(0.8/1.1/0.8/0.2/1.0)
	4	2	0.11	0.14	4.97	0.80	2.11	(0.5/0.2/0.5/0.5/0.4)
#52	5	2	0.29	0.28	1.98	1.04	2.76	(0.5/0.6/1.0/0.2/0.5)
#59	1	3	0.43	0.33	3.20	1.30	3.73	(0.8/0.8/1.2/0.3/0.6)
	2	2	0.16	0.08	23.43	2.09	4.50	(0.5/0.3/0.3/2.4/0.9)
	3	3	0.36	0.44	8.69	0.83	4.33	(0.8/0.7/1.5/0.9/0.4)
	4	2	0.59	0.35	11.22	1.69	4.84	(0.5/1.2/1.2/1.2/0.8)
	5	3	0.72	0.45	10.61	1.61	5.62	(0.8/1.4/1.6/1.1/0.7)
	6	2	0.27	0.18	12.47	1.49	3.65	(0.5/0.5/0.6/1.3/0.7)
	7	5	0.90	0.44	21.98	2.06	7.83	(1.4/1.8/1.5/2.3/0.9)
	8	5	0.44	0.13	11.82	3.30	5.39	(1.4/0.9/0.5/1.2/1.5)
	9	2	0.34	0.09	13.63	3.62	4.56	(0.5/0.7/0.3/1.4/1.6)
	10	2	0.46	0.19	14.53	2.46	4.68	(0.5/0.9/0.6/1.5/1.1)
	11	7	0.57	0.43	7.00	1.34	5.86	(1.9/1.1/1.5/0.7/0.6)
	12	4	0.61	0.32	4.59	1.90	4.74	(1.1/1.2/1.1/0.5/0.8)
	13	2	0.18	0.09	4.76	2.01	2.61	(0.5/0.4/0.3/0.5/0.9)
#59	14	2	0.14	0.09	5.71	1.66	2.45	(0.5/0.3/0.3/0.6/0.7)
#60	1	6	0.60	0.55	3.43	1.10	5.58	(1.6/1.2/1.9/0.4/0.5)
	2	3	0.69	0.21	8.94	3.23	5.28	(0.8/1.3/0.7/0.9/1.4)
	3	4	0.64	0.53	9.20	1.20	5.68	(1.1/1.2/1.9/1.0/0.5)
#60	4	3	0.30	0.35	3.62	0.87	3.38	(0.8/0.6/1.2/0.4/0.4)
#61	1	14	2.40	1.44	2.98	1.66	14.63	(3.8/4.7/5.0/0.3/0.7)
	2	2	0.28	0.13	7.33	2.26	3.30	(0.5/0.6/0.4/0.8/1.0)
#61	3	3	0.51	0.28	6.93	1.82	4.34	(0.8/1.0/1.0/0.7/0.8)
#62	1	10	1.05	0.52	9.78	2.01	8.51	(2.7/2.0/1.8/1.0/0.9)
	2	5	0.51	0.18	7.54	2.89	5.06	(1.4/1.0/0.6/0.8/1.3)
#63	1	13	0.75	0.37	3.89	2.04	7.63	(3.6/1.5/1.3/0.4/0.9)
	2	2	0.31	0.07	6.44	4.80	4.19	(0.5/0.6/0.2/0.7/2.1)
	3	2	0.16	0.05	8.88	3.38	3.46	(0.5/0.3/0.2/0.9/1.5)
#63	4	4	0.43	0.08	10.13	5.15	5.56	(1.1/0.8/0.3/1.0/2.3)
#64	1	5	0.34	0.17	9.24	4.98	6.78	(1.4/1.6/0.6/1.0/2.2)
	2	2	0.38	0.07	9.21	5.68	5.00	(0.5/0.7/0.2/1.0/2.5)
#65	1	2	0.67	0.25	15.32	2.75	5.53	(0.5/1.3/0.9/1.6/1.2)
	2	2	0.29	0.08	24.78	3.58	5.54	(0.5/0.6/0.3/2.6/1.6)
#65	3	3	0.21	0.07	22.83	2.78	5.09	(0.8/0.4/0.3/2.4/1.2)
#66	1	6	0.95	0.35	14.97	2.75	7.49	(1.6/1.9/1.2/1.5/1.2)
	2	10	0.51	0.15	10.87	3.39	6.90	(2.7/1.0/0.5/1.1/1.5)
#67	1	2	0.38	0.23	15.12	1.64	4.41	(0.5/0.8/0.8/1.6/0.7)
	2	2	0.53	0.21	17.75	2.51	5.26	(0.5/1.0/0.7/1.8/1.1)
#68	1	2	0.61	0.23	15.89	2.67	5.38	(0.5/1.2/0.8/1.6/1.2)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8	
	2	2	0.10	0.11	10.20	0.90	2.60	(0.5/0.2/0.1/1.1/0.4)
#68	3	2	0.49	0.10	10.04	5.07	5.14	(0.5/1.0/0.2/1.0/2.2)
#69	1	8	1.24	0.57	12.31	2.16	8.85	(2.2/2.4/2.0/1.1/1.0)
	2	3	0.39	0.22	14.04	1.82	4.60	(0.8/0.3/0.3/1.5/0.5)
	3	3	0.52	0.12	11.63	4.27	5.37	(0.8/1.0/0.4/1.2/1.9)
#69	4	2	0.18	0.07	33.69	2.77	5.85	(0.5/0.4/0.2/3.5/1.2)
#70	1	3	0.57	0.30	18.91	1.94	5.79	(0.8/1.1/1.0/2.0/0.9)
	2	2	0.21	0.13	25.35	1.67	4.77	(0.5/0.4/0.4/2.6/0.7)
#71	1	6	0.61	0.60	6.31	1.02	6.05	(1.5/1.2/2.1/0.7/0.5)
	2	4	0.67	0.25	12.24	2.64	5.72	(1.1/1.3/0.9/1.3/1.2)
#71	3	3	0.12	0.11	7.36	1.11	2.70	(0.8/0.2/0.4/0.8/0.5)
#72	1	5	0.56	0.18	10.31	3.12	5.55	(1.4/1.1/0.6/1.1/1.4)
	2	5	0.35	0.12	10.01	3.00	4.82	(1.4/0.7/0.4/1.0/1.3)
#73	1	4	1.14	0.33	9.48	3.41	6.98	(1.1/2.2/1.2/1.0/1.5)
	2	2	0.43	0.18	9.86	2.37	4.09	(0.5/0.8/0.6/1.0/1.1)
	3	4	0.61	0.17	7.60	3.50	5.23	(1.1/1.2/0.6/0.8/1.6)
#73	4	3	0.90	0.30	8.12	3.00	5.80	(0.8/1.8/1.0/0.8/1.3)
#74	1	2	0.44	0.13	8.15	3.47	4.25	(0.5/0.9/0.4/0.8/1.5)
	2	4	0.31	0.11	8.80	2.80	4.26	(1.1/0.6/0.4/0.9/1.2)
#75	1	5	0.36	0.09	7.91	4.17	5.06	(1.4/0.7/0.3/0.8/1.9)
	2	3	0.24	0.06	10.62	4.14	4.45	(0.8/0.5/0.2/1.1/1.8)
#75	3	3	0.09	0.03	20.56	2.66	4.41	(0.3/0.2/0.1/2.1/1.2)
#76	1	3	0.63	0.23	14.70	2.80	5.61	(0.8/1.2/0.8/1.5/1.2)
	2	4	0.31	0.28	11.31	1.11	4.32	(1.1/0.6/1.0/1.2/0.5)
#77	1	2	0.08	0.17	7.13	0.48	2.25	(0.5/0.2/0.6/0.7/0.2)
	2	2	0.05	0.06	16.70	0.91	2.98	(0.5/0.1/0.2/1.7/0.4)
#77	3	4	0.15	0.05	11.31	3.12	4.13	(1.1/0.3/0.2/1.2/1.4)
#78	1	5	0.29	0.12	6.10	2.45	4.08	(1.4/0.6/0.4/0.6/1.1)
	2	3	0.18	0.05	12.53	3.76	4.32	(0.8/0.4/0.2/1.3/1.7)
	3	2	0.15	0.08	13.13	1.97	3.36	(0.5/0.3/0.3/1.4/0.9)
#78	4	2	0.12	0.06	10.85	2.00	3.01	(0.5/0.2/0.2/1.1/0.9)
#79	1	6	0.56	0.11	8.28	5.15	6.26	(1.6/1.1/0.4/0.9/2.3)
	2	5	0.38	0.06	10.71	5.89	6.06	(1.4/0.7/0.2/1.1/2.6)
#79	3	2	0.05	0.01	21.80	3.86	4.68	(0.5/0.1/0.0/2.3/1.7)
#80	1	3	0.33	0.10	13.70	3.26	4.69	(0.8/0.6/0.4/1.4/1.5)
	2	4	0.20	0.06	13.33	3.55	4.63	(1.1/0.4/0.2/1.4/1.6)
	3	2	0.13	0.02	12.16	7.82	5.61	(0.5/0.3/0.1/1.3/3.5)
#80	4	3	0.10	0.03	11.31	4.08	4.10	(0.8/0.2/0.1/1.2/1.8)
#81	1	6	0.47	0.11	14.93	4.32	6.40	(1.6/0.9/0.4/1.5/1.9)
	2	4	0.42	0.08	12.38	5.53	5.93	(1.1/0.8/0.3/1.3/2.5)
#82	1	2	0.18	0.04	9.46	4.55	4.05	(0.5/0.4/0.1/1.0/2.0)
	2	2	0.16	0.03	14.93	5.54	4.96	(0.5/0.3/0.1/1.5/2.5)
#83	1	4	0.20	0.07	11.31	2.96	4.22	(1.1/0.4/0.2/1.2/1.3)
	2	4	0.18	0.07	12.53	2.71	4.20	(1.1/0.4/0.2/1.3/1.2)
#84	1	2	0.12	0.08	9.46	1.61	2.75	(0.5/0.2/0.3/1.0/0.7)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8	
	2	2	0.11	0.04	15.26	2.85	3.76	(0.5/0.2/0.1/1.6/1.3)
#85	1	2	0.09	0.07	9.46	1.23	2.51	(0.5/0.2/0.3/1.0/0.5)
	2	3	0.14	0.08	8.13	1.72	2.99	(0.8/0.3/0.3/0.8/0.8)
#85	3	2	0.07	0.04	10.52	1.92	2.76	(0.5/0.1/0.1/1.1/0.9)
#90	1	6	0.35	0.12	12.18	2.81	5.27	(1.6/0.7/0.4/1.3/1.3)
	2	2	0.24	0.04	15.41	5.83	5.35	(0.5/0.5/0.1/1.6/2.6)
324	4	4	0.72	0.25	1.87	2.90	4.86	(1.1/1.4/0.9/0.2/1.3)
325	3	3	1.60	0.44	4.27	3.68	7.57	(0.8/3.1/1.5/0.4/1.6)
326	3	3	0.33	0.20	4.11	1.70	3.33	(0.8/0.6/0.7/0.4/0.8)
327	2	2	0.18	0.08	17.41	2.15	3.94	(0.5/0.3/0.3/1.8/1.0)
328	2	2	0.15	0.14	6.39	1.06	2.47	(0.5/0.3/0.5/0.7/0.5)
329	2	2	0.04	0.08	11.89	0.49	2.37	(0.5/0.1/0.3/1.2/0.2)
330	4	4	0.33	0.17	7.10	2.02	3.96	(1.1/0.7/0.6/0.7/0.9)
331	10	10	1.08	1.40	2.94	0.77	10.39	(2.7/2.1/4.9/0.3/0.3)
332	4	4	0.73	0.35	3.09	2.08	5.00	(1.1/1.4/1.2/0.3/0.9)
333	2	2	0.42	0.36	2.45	1.18	3.39	(0.5/0.8/1.2/0.3/0.5)
334	10	10	2.10	1.84	5.27	1.14	14.32	(2.7/4.1/6.4/0.5/0.5)
335	5	5	0.69	0.61	7.68	1.13	6.13	(1.4/1.3/2.1/0.8/0.5)
336	2	2	0.22	0.07	5.14	3.16	3.16	(0.5/0.4/0.2/0.5/1.4)
337	5	5	0.89	0.44	7.31	2.02	6.30	(1.4/1.7/1.5/0.8/0.9)
338	2	2	0.15	0.12	2.87	1.25	2.11	(0.5/0.3/0.4/0.3/0.6)
339	6	6	1.02	0.44	5.65	2.29	6.78	(1.6/2.0/1.5/0.6/1.0)
340	10	10	2.15	1.82	4.62	1.18	14.30	(2.7/4.2/6.3/0.5/0.5)
341	2	2	1.17	0.50	3.25	2.34	5.97	(0.5/2.3/1.8/0.3/1.0)
342	4	4	0.70	0.97	2.74	0.72	6.46	(1.1/1.4/3.4/0.3/0.3)
343	3	3	0.41	0.27	9.00	1.48	4.16	(0.8/0.8/1.0/0.9/0.7)
344	4	4	0.31	0.19	19.03	1.61	5.05	(1.1/0.6/0.7/2.0/0.7)
345	3	3	0.34	0.23	15.59	1.47	4.58	(0.8/0.7/0.8/1.6/0.7)
346	2	2	0.06	0.06	8.48	1.00	2.20	(0.5/0.1/0.2/0.9/0.4)
347	7	7	1.13	0.60	17.02	1.89	8.81	(1.9/2.2/2.1/1.8/0.8)
348	2	2	0.27	0.09	26.99	3.06	5.54	(0.5/0.5/0.3/2.8/1.4)
349	3	3	0.36	0.10	22.33	3.54	5.76	(0.8/0.7/0.4/2.3/1.6)
350	6	6	0.42	0.11	12.16	3.99	5.87	(1.6/0.8/0.4/1.3/1.8)
351	4	4	0.38	0.13	12.90	2.86	4.91	(1.1/0.7/0.5/1.3/1.3)
352	2	2	0.04	0.05	33.69	0.75	4.61	(0.5/0.1/0.2/3.5/0.3)
353	3	3	0.28	0.09	16.50	3.21	4.82	(0.8/0.6/0.3/1.7/1.4)
354	4	4	0.40	0.10	11.07	3.93	5.12	(1.1/0.8/0.4/1.1/1.8)
355	2	2	0.28	0.08	7.75	3.63	3.79	(0.5/0.6/0.3/0.8/1.6)
356	8	8	0.83	0.18	10.24	4.63	7.57	(2.2/1.6/0.6/1.1/2.1)
357	2	2	0.39	0.10	12.04	3.97	4.67	(0.5/0.8/0.3/1.2/1.8)
358	2	2	0.32	0.07	11.75	4.80	4.75	(0.5/0.6/0.2/1.2/2.1)
359	5	5	0.51	0.15	11.02	3.37	5.54	(1.4/1.0/0.5/1.1/1.5)
360	2	2	0.16	0.03	12.96	5.66	4.83	(0.5/0.3/0.1/1.3/2.5)
361	2	2	0.24	0.06	7.29	4.32	3.90	(0.5/0.5/0.2/0.8/1.9)
362	4	4	0.55	0.14	6.41	3.87	5.06	(1.1/1.1/0.5/0.7/1.7)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8
363	3	0.32	0.06	15.23	5.35	5.62	(0.8/0.5/0.2/1.5/2.4)
364	5	0.28	0.12	8.43	2.40	4.28	(1.1/0.5/0.4/0.2/1.1)
365	2	0.09	0.03	17.17	3.36	4.10	(0.5/0.2/0.1/1.3/1.5)
366	2	0.05	0.04	14.93	1.30	2.91	(0.5/0.1/0.1/1.5/0.8)
367	2	0.13	0.08	4.53	1.61	2.27	(0.5/0.1/0.1/0.5/0.7)
368	3	0.15	0.21	3.07	0.70	2.49	(0.8/0.3/0.7/0.3/0.3)
369	3	0.36	0.16	3.28	2.23	3.96	(0.8/0.7/0.6/0.9/1.0)
370	2	0.15	0.12	5.14	1.26	2.36	(0.5/0.3/0.4/0.5/0.6)
371	2	0.28	0.17	2.70	1.64	2.70	(0.5/0.5/0.6/0.3/0.7)
372	4	0.57	0.30	3.25	1.92	4.44	(1.1/1.1/1.0/0.3/0.9)
373	3	0.11	0.07	12.74	1.55	3.31	(0.8/0.2/0.3/1.3/0.7)
374	2	0.11	0.05	28.07	2.13	4.81	(0.5/0.2/0.2/2.9/1.0)
375	2	0.15	0.04	21.90	3.97	5.01	(0.5/0.3/0.1/2.3/1.8)
376	8	1.06	0.24	9.74	4.47	8.08	(2.2/2.1/0.8/1.0/2.0)
377	3	0.10	0.05	21.53	2.06	4.32	(0.3/0.2/0.2/2.2/0.9)
378	2	0.11	0.06	26.57	1.75	4.52	(0.5/0.1/0.2/2.3/0.8)
379	2	0.12	0.07	26.57	1.73	4.56	(0.5/0.2/0.2/2.3/0.3)
380	3	0.38	0.14	26.57	2.68	6.00	(0.8/0.1/0.2/2.7/1.2)
381	7	1.06	0.38	18.93	2.78	8.51	(1.9/2.1/1.3/2.2/1.2)
382	2	0.13	0.09	19.70	1.46	3.79	(0.5/0.2/0.2/2.0/0.7)
383	9	1.03	0.44	15.50	2.34	8.66	(2.5/2.0/1.5/1.6/1.0)
384	7	0.87	0.24	17.97	3.65	7.95	(1.9/1.7/0.8/1.9/1.6)
385	7	0.99	0.57	17.86	1.75	8.45	(1.9/1.9/2.0/1.8/0.8)
386	2	0.27	0.12	15.07	2.28	4.06	(0.5/0.5/0.4/1.6/1.0)
387	3	0.24	0.14	13.75	1.72	3.96	(0.8/0.5/0.5/1.4/0.8)
388	2	0.41	0.25	11.01	1.61	4.09	(0.5/0.8/0.9/1.1/0.7)
389	11	1.13	0.48	12.89	2.34	9.28	(3.2/2.2/1.7/1.3/1.0)
390	6	0.89	0.25	8.91	3.62	6.78	(1.6/1.7/0.9/0.9/1.6)
391	5	0.35	0.18	5.10	1.99	4.09	(1.4/0.7/0.6/0.5/0.9)
392	4	0.30	0.10	5.96	2.99	3.99	(1.1/0.6/0.4/0.6/1.3)
393	2	0.14	0.05	11.87	2.70	3.44	(0.5/0.3/0.2/1.2/1.2)
394	2	0.21	0.06	7.41	3.86	3.64	(0.5/0.4/0.2/0.8/1.7)
395	2	0.19	0.08	4.23	2.39	2.70	(0.5/0.4/0.3/0.4/1.1)

Significado de las columnas:

- 1= Clave numérica que identifica al cauce y subcuena corresp.
- 2= Número de afluentes de orden inmediato inferior que alimentan al cauce caracterizado en el renglón. Valor medio de este concepto para toda la cuenca: 3.651 cauces afluentes.
- 3= Longitud del cauce en Km. Valor medio: 0.511 Km
- 4= Superficie de la subcuena en Km². Valor medio: 0.287 Km²
- 5= Pendiente individual del cauce en grados sexagesimales. Valor medio para toda la cuenca: 9.661°
- 6= Densidad de drenaje "parcial" en Km/Km². Valor medio: 2.245
- 7= Suma de índices de comparación de la columna 8.
- 8= Índices de comparación agrupados, resultados de las divisiones de los valores de las columnas 2 a 6 entre sus respectivos valores medio para toda la cuenca.

CUADRO NUMERO 15

COMPARACION DE VARIABLES MORFOMETRICAS CON RESPECTO A LOS VALORES PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA. SUBCUENCAS DE 3^o ORDEN.

	1	2	3	4	5	6	7	3
#1	1	4	3.40	5.56	1.21	0.61	9.94	(1.3/3.5/4.3/0.2/0.7)
	2	2	0.90	5.62	0.64	0.16	6.17	(0.7/0.9/4.3/0.1/0.2)
#2	1	3	0.76	0.48	8.05	1.60	5.11	(1.0/0.8/0.4/1.2/1.7)
	2	2	0.34	0.56	13.61	0.60	4.16	(0.7/0.3/0.4/2.1/0.7)
#2	3	3	0.29	0.49	8.82	0.60	3.68	(1.0/0.3/0.4/1.3/0.7)
#3	1	2	1.23	2.48	4.53	0.50	5.06	(0.7/1.3/1.9/0.7/0.5)
	2	2	0.22	0.38	8.53	0.60	3.13	(0.7/0.2/0.3/1.3/0.6)
#4	1	5	1.62	2.59	5.40	0.63	6.82	(1.7/1.7/2.0/0.8/0.7)
	2	6	2.35	1.41	7.16	1.66	8.39	(2.0/2.4/1.1/1.1/1.8)
#4	3	2	0.41	0.64	9.93	0.64	3.78	(0.7/0.4/0.5/1.5/0.7)
#5	1	2	2.02	2.40	4.07	0.84	6.11	(0.7/2.1/1.8/0.6/0.9)
	2	2	0.69	0.92	2.16	0.75	3.23	(0.7/0.7/0.7/0.3/0.8)
#5	3	2	0.23	1.00	1.74	0.23	2.19	(0.7/0.2/0.8/0.3/0.3)
#6	1	2	0.77	1.14	9.42	0.68	4.51	(0.7/0.8/0.9/1.4/0.7)
	2	2	1.16	0.64	2.36	1.82	4.68	(0.7/1.2/0.5/0.4/2.0)
	3	2	0.04	0.85	0.19	0.05	1.44	(0.7/0.0/0.7/0.0/0.1)
#6	4	3	0.31	1.09	10.13	0.74	5.01	(1.0/0.8/0.8/1.5/0.8)
#7	1	2	0.19	0.60	6.61	0.32	2.68	(0.7/0.2/0.5/1.0/0.3)
	2	2	0.17	0.68	4.71	0.25	2.35	(0.7/0.2/0.5/0.7/0.3)
#8	1	6	2.54	2.61	4.64	0.97	8.38	(2.0/2.6/2.0/0.7/1.1)
	2	2	0.50	0.59	2.18	0.85	2.89	(0.7/0.5/0.5/0.3/0.9)
#9	1	6	2.36	4.17	3.14	0.57	8.72	(2.0/2.4/3.2/0.5/0.6)
	2	4	1.60	2.67	4.29	0.60	6.24	(1.3/1.6/2.1/0.7/0.7)
	3	5	3.34	3.31	3.09	1.01	9.19	(1.7/3.4/2.5/0.5/1.1)
	4	3	0.75	2.20	2.01	0.34	4.13	(1.0/0.8/1.7/0.3/0.4)
	5	2	0.35	0.39	3.27	0.91	2.81	(0.7/0.4/0.3/0.5/1.0)
#9	6	2	0.36	0.50	3.74	0.72	2.78	(0.7/0.4/0.4/0.6/0.8)
#10	1	2	0.44	1.16	2.21	0.38	2.76	(0.7/0.5/0.9/0.3/0.4)
	2	5	1.92	3.40	3.25	0.57	7.36	(1.7/2.0/2.6/0.5/0.6)
	3	2	0.34	0.61	3.03	0.56	2.55	(0.7/0.3/0.5/0.5/0.6)
	4	3	2.24	1.93	8.69	1.16	7.36	(1.0/2.3/1.5/1.3/1.3)
	5	2	0.32	0.60	10.96	0.53	3.69	(0.7/0.3/0.5/1.7/0.6)
#10	6	2	0.51	1.40	4.65	0.37	3.37	(0.7/0.5/1.1/0.7/0.4)
#11	1	2	0.21	2.20	3.54	0.10	3.21	(0.7/0.2/1.7/0.5/0.1)
	2	2	0.40	0.40	5.43	1.01	3.31	(0.7/0.4/0.3/0.8/1.1)
#12	1	4	0.60	1.78	6.56	0.34	4.69	(1.3/0.6/1.4/1.0/0.4)
	2	3	0.31	0.82	6.35	0.98	4.49	(1.0/0.8/0.6/1.0/1.1)
#13	1	3	1.51	1.88	7.99	1.87	9.28	(1.0/3.6/1.4/1.2/2.0)
	2	2	0.24	0.31	4.76	0.79	2.73	(0.7/0.2/0.2/0.7/0.9)
	3	2	0.40	0.45	3.08	0.89	2.86	(0.7/0.4/0.3/0.5/1.0)
#13	4	4	0.49	1.37	6.37	0.36	4.33	(1.3/0.5/1.1/1.0/0.4)
#14	1	7	3.03	3.20	5.99	0.95	9.84	(2.3/3.1/2.5/0.9/1.0)
	2	2	0.22	0.54	12.62	0.40	3.66	(0.7/0.2/0.4/1.9/0.4)
	3	6	2.34	3.19	5.43	0.74	8.48	(2.0/2.4/2.4/0.8/0.8)

continúa...

continuación...

1	2	3	4	5	6	7	8	
4	6	1.65	2.55	4.66	0.65	7.06	(2.0/1.7/2.0/0.7/0.7)	
5	2	0.31	0.16	10.78	1.88	4.79	(0.7/0.3/0.1/1.6/2.0)	
6	4	1.31	0.71	9.00	1.86	6.61	(1.3/1.3/0.5/1.4/2.0)	
#14	7	2	0.59	0.32	14.61	1.81	5.71	(0.7/0.6/0.2/2.2/2.0)
#15	86	2	0.63	0.69	2.73	0.92	3.25	(0.7/0.6/0.5/0.4/1.0)
87	3	0.88	0.70	4.87	1.26	4.56	(1.0/0.9/0.5/0.7/1.4)	
#16	88	3	0.95	0.43	9.33	2.24	6.16	(1.0/1.0/0.3/1.4/2.4)
89	3	0.55	0.57	6.48	0.97	4.05	(1.0/0.6/0.4/1.0/1.1)	
49	2	1.48	1.78	1.32	0.83	4.65	(0.7/1.5/1.4/0.2/0.9)	
50	2	0.69	0.83	1.47	0.84	3.14	(0.7/0.7/0.6/0.2/0.9)	
52	2	0.82	0.81	2.76	1.01	3.65	(0.7/0.8/0.6/0.4/1.1)	
51	2	0.48	0.42	3.23	1.15	3.22	(0.7/0.5/0.3/0.5/1.2)	
53	2	0.85	0.89	2.26	0.96	3.61	(0.7/0.9/0.7/0.3/1.0)	
54	2	2.05	1.58	4.35	1.30	6.05	(0.7/2.1/1.2/0.7/1.4)	
55	2	1.46	2.13	4.41	0.69	5.21	(0.7/1.5/1.6/0.7/0.7)	
56	3	1.79	2.63	2.52	0.68	5.98	(1.0/1.8/2.0/0.4/0.7)	
57	2	0.19	0.59	1.85	0.32	1.95	(0.7/0.2/0.5/0.3/0.4)	
58	5	2.00	3.12	1.94	0.64	7.11	(1.7/2.0/2.4/0.3/0.7)	
59	14	4.57	6.86	5.79	0.67	16.23	(4.7/4.7/5.3/0.9/0.7)	
60	4	1.14	2.22	6.35	0.51	5.73	(1.3/1.2/1.7/1.0/0.6)	
61	3	0.93	2.01	17.55	0.46	6.67	(1.0/1.0/1.5/2.7/0.5)	
62	2	0.36	0.72	12.52	0.50	4.04	(0.7/0.4/0.6/1.9/0.5)	
63	4	1.37	1.12	9.66	1.22	6.40	(1.3/1.4/0.9/1.5/1.3)	
64	2	0.47	0.36	2.88	1.32	3.29	(0.7/0.5/0.3/0.4/1.4)	
65	3	0.57	0.63	14.28	0.91	5.23	(1.0/0.6/0.5/2.2/1.0)	
66	2	0.26	0.58	7.82	0.46	3.06	(0.7/0.3/0.4/1.2/0.5)	
67	2	1.12	0.63	10.55	1.79	5.85	(0.7/1.1/0.5/1.6/1.9)	
68	2	0.46	0.54	8.56	0.84	3.76	(0.7/0.5/0.4/1.3/0.9)	
69	4	1.28	1.45	10.27	0.88	6.29	(1.3/1.3/1.1/1.6/1.0)	
70	2	0.33	0.51	22.60	0.63	5.52	(0.7/0.3/0.4/3.4/0.7)	
71	3	1.71	1.82	8.46	0.94	6.46	(1.0/1.7/1.4/1.3/1.0)	
72	2	0.24	0.33	11.72	0.71	3.72	(0.7/0.2/0.3/1.8/0.8)	
73	4	0.80	1.15	9.56	0.70	5.25	(1.3/0.8/0.9/1.5/0.8)	
74	2	0.50	0.34	12.15	1.46	4.88	(0.7/0.5/0.3/1.9/1.6)	
75	3	0.65	0.30	12.04	2.16	6.08	(1.0/0.7/0.2/1.8/2.3)	
76	2	0.52	0.69	13.70	0.75	4.62	(0.7/0.5/0.5/2.1/0.8)	
77	3	0.53	0.45	9.43	1.17	4.60	(1.0/0.5/0.3/1.4/1.3)	
78	4	0.75	0.62	5.89	1.21	4.80	(1.3/0.8/0.5/0.9/1.3)	
79	3	0.37	0.27	9.33	1.37	4.49	(1.0/0.4/0.2/1.4/1.5)	
80	4	0.87	0.38	9.49	2.31	6.47	(1.3/0.9/0.3/1.4/2.5)	
81	2	0.06	0.20	5.28	0.30	2.01	(0.7/0.1/0.2/0.8/0.3)	
82	2	0.55	0.29	10.55	1.91	5.13	(0.7/0.6/0.2/1.6/2.1)	
83	2	0.31	0.20	5.08	1.53	3.58	(0.7/0.3/0.2/0.8/1.7)	
84	2	0.30	0.14	5.07	2.11	4.15	(0.7/0.3/0.1/0.8/2.3)	
85	3	0.73	0.31	5.15	2.36	5.34	(1.0/0.8/0.2/0.8/2.6)	
90	2	0.09	0.18	3.88	0.51	2.04	(0.7/0.1/0.1/0.6/0.5)	

continúa...

continuación...

Significado de las columnas:

- 1= Clave numérica que identifica al cauce y subcuena corresp.
- 2= Número de afluentes de orden inmediato inferior que alimentan al cauce caracterizado en el renglón. Valor medio de este concepto para toda la cuenca: 2.989 cauces afluentes.
- 3= Longitud del cauce en Km. Valor medio: 0.977 Km
- 4= Superficie de la subcuena en Km². Valor medio: 1.304 Km²
- 5= Pendiente individual del cauce en grados sexagesimales. Valor medio para toda la cuenca: 6.568°
- 6= Densidad de drenaje "parcial" en Km/Km². Valor medio: 0.921
- 7= Suma de índices de comparación de la columna 8.
- 8= Índices de comparación agrupados, resultados de las divisiones de los valores de las columnas 2 a 6 entre sus respectivos valores medio para toda la cuenca.

CUADRO NUMERO 16

COMPARACION DE VARIABLES MORFOMETRICAS CON RESPECTO A LOS VALORES PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA. SUBCUENAS DE 4^º ORDEN.

1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	2.64	13.2	4.82	0.20	5.78	(0.6/1.0/1.8/1.8/0.5)
2	3	3.27	4.78	2.02	0.69	5.42	(0.9/1.2/0.7/0.8/1.8)
3	2	2.58	6.29	3.22	0.41	4.77	(0.6/1.0/0.9/1.2/1.1)
4	3	3.05	6.57	3.39	0.46	5.50	(0.9/1.1/0.9/1.3/1.3)
5	3	1.56	7.42	2.09	0.21	3.89	(0.9/0.6/1.0/0.8/0.6)
6	4	3.62	6.52	1.34	0.56	5.49	(1.2/1.4/0.9/0.5/1.5)
7	2	1.84	2.33	1.86	0.79	4.45	(0.6/0.7/0.3/0.7/2.1)
8	2	0.64	4.13	0.95	0.16	2.20	(0.6/0.2/0.6/0.4/0.4)
9	6	9.66	23.2	1.71	0.42	10.44	(1.8/3.6/3.2/0.6/1.1)
10	6	6.31	14.5	3.88	0.44	8.85	(1.8/2.4/2.0/1.5/1.2)
11	2	2.73	4.38	2.35	0.63	4.81	(0.6/1.0/0.6/0.9/1.7)
12	2	0.30	2.60	2.75	0.12	2.43	(0.6/0.1/0.4/1.0/0.3)
13	4	1.64	5.04	3.93	0.33	4.90	(1.2/0.6/0.7/1.5/0.9)
14	7	2.37	12.3	2.83	0.19	6.33	(2.2/0.9/1.7/1.1/0.5)
15	2	0.21	1.52	1.60	0.14	1.88	(0.6/0.1/0.2/0.6/0.4)
16	2	0.25	1.14	3.73	0.22	2.87	(0.6/0.1/0.2/1.4/0.6)

Significado de las columnas:

- 1= Clave numérica que identifica al cauce y subcuena corresp.
- 2= Número de afluentes de orden inmediato inferior que alimentan al cauce caracterizado en el renglón. Valor medio de este concepto para toda la cuenca: 3.250 cauces afluentes.
- 3= Longitud del cauce en Km. Valor medio: 2.667 Km
- 4= Superficie de la subcuena en Km². Valor medio: 7.240 Km²
- 5= Pendiente individual del cauce en grados sexagesimales. Valor medio para toda la cuenca: 2.654°
- 6= Densidad de drenaje "parcial" en Km/Km². Valor medio: 0.371
- 7= Suma de índices de comparación de la columna 8.

continúa...

continuación...

8= Indices de comparación agrupados, resultados de las divisiones de los valores de las columnas 2 a 6 entre sus respectivos valores medio para toda la cuenca.

CUADRO NUMERO 17

COMPARACION DE VARIABLES MORFOMETRICAS CON RESPECTO A LOS VALORES PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA. SUBCUENCAS DE 5ª y 6ª ORDEN.

Subcuencas de 5ª orden

1	2	3	4	5	6	7	8
1	6	5.46	42.7	0.31	0.13	5.80	(2.0/1.3/1.4/0.1/1.0)
2	2	1.57	17.1	0.64	0.09	2.55	(0.7/0.4/0.6/0.3/0.7)
3	2	3.60	34.5	6.12	0.10	5.92	(0.7/0.9/1.1/2.5/0.8)
4	2	5.91	28.1	2.82	0.21	5.73	(0.7/1.4/0.9/1.1/1.6)

Valores medios:

Columna 2= 3.000 cauces afluentes.

Columna 3= 4.134 Km

Columna 4= 30.614 Km²

Columna 5= 2.472^o

Columna 6= 0.133 Km/Km²

Subcuencas de 6ª orden

1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	7.71	86.1	1.72	0.09	4.06	(1.0/0.6/0.9/0.9/0.7)
2	2	19.4	110.0	1.95	0.18	5.94	(1.0/1.4/1.1/1.1/1.1)

Valores medios:

Columna 2= 2.000 cauces afluentes.

Columna 3= 13.574 Km

Columna 4= 98.068 Km²

Columna 5= 1.831^o

Columna 6= 0.133 Km/Km²

ella, que se coloque en la parte izquierda de dicha clave para ubicarla espacialmente en los mapas donde se simboliza.

En las columnas 2 a 6 se escribieron respectivamente, el número de afluentes de orden inmediato inferior que alimentan al cauce caracterizado en cada renglón; después están los valores de longitud de los escurrimientos en kilómetros, superficie de subcuenca en Km^2 , pendiente individual "ponderada" del cauce en grados sexagesimales, y densidad de drenaje "parcial" de la subcuenca que drena en el cauce identificado en dicho renglón.

En la columna 7 (cuadros 14 al 17) se encuentra el valor de la suma de los índices de comparación de los valores medio de propiedades morfométricas para toda la cuenca, con respecto a cada uno de los valores particulares situados en las columnas 2 a 6; así como cada uno de los sumandos que conforman esa adición y que están anotados en la columna 8. Estos índices de comparación, individuales, se representan en función de la unidad, o sea que cuando uno de ellos tiene un valor menor a la unidad, significa que la cantidad de la variable del renglón, es menor en la proporción de uno (1) al promedio general de la cuenca para esa propiedad morfométrica; en cambio cuando es mayor a 1 representa la cantidad de veces que es más grande la variable de cada renglón-columna con respecto al valor promedio; así, si cada uno de los cinco sumandos se acerca mucho a la unidad, las características geométricas elegidas de esa subcuenca tienen un comportamiento "normal", con respecto a los promedios generales de la cuenca. Y si los sumandos se acercan a cero o se alejan de la unidad en sentido positivo, se puede decir que en los parámetros morfométricos escogidos, esa subcuenca tiene un comportamiento discrepante a lo esperado.

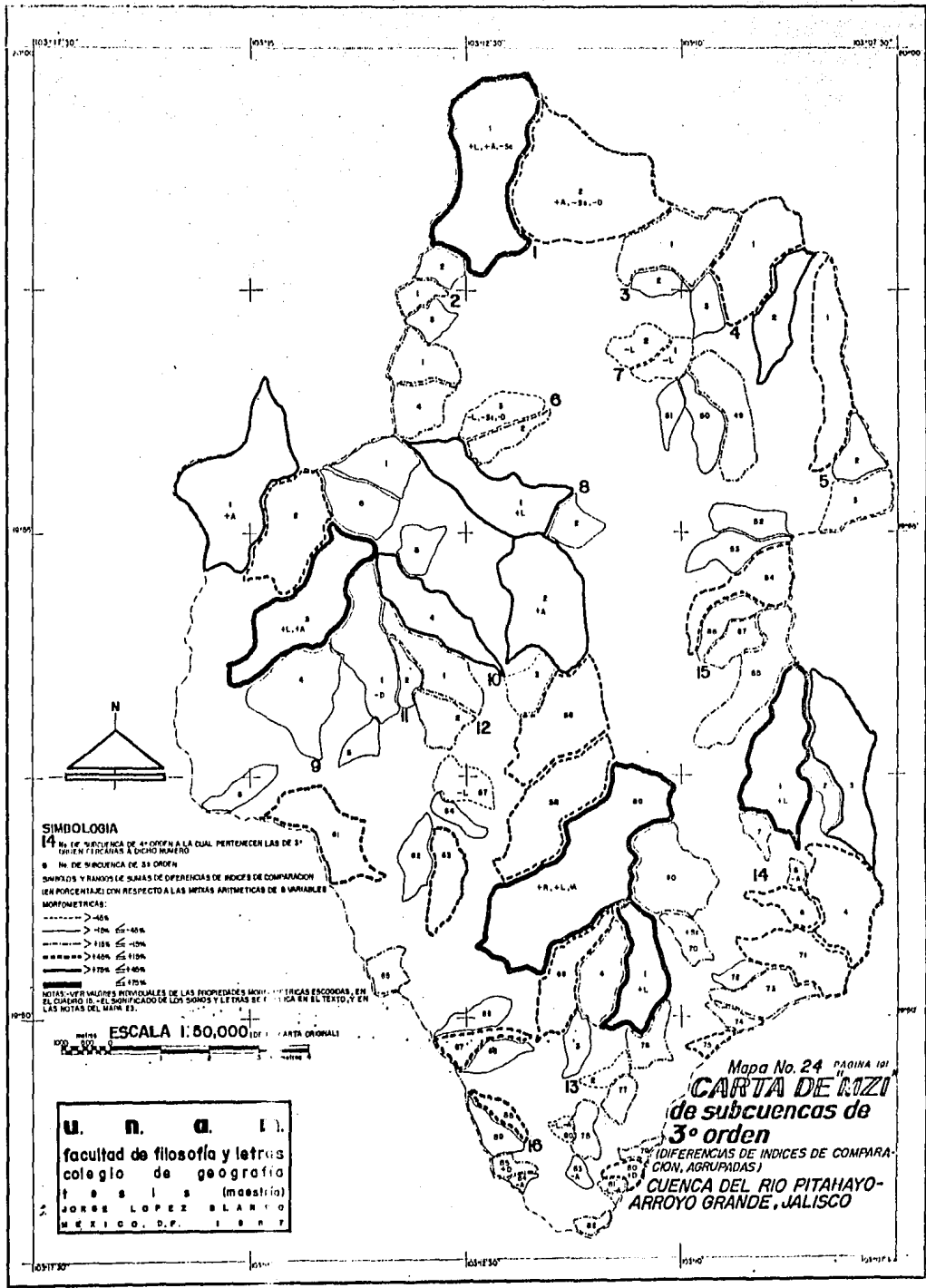
En realidad si el valor de la suma de los índices de comparación es cercano a cinco, y dentro de ellos no existen cantidades máximas demasiado grandes y/o pequeñas (con respecto a uno), entonces puede considerarse la morfometría particular zonificada, de esa cuenca, como cercana en los aspectos más representativos al comportamiento dimensional geométrico promedio para la cuenca total de estudio.

Para mostrar gráficamente los resultados obtenidos al aplicar el segundo método de determinación de la MZI, en las subcuencas de 2^o al 6^o, se realizaron los mapas 23, 24 y 25, en los cuales las áreas de las subcuencas se delimitaron mediante líneas de diversos grosores y formas, que significan ciertos rangos en porcentaje, de las diferencias del valor suma de índices de comparación, con respecto a un valor teórico "ideal" de cinco, que corresponde a la suma de los "penos" estadísticos individuales de uno (1) dados a cada una de las variables morfométricas escogidas para la zonificación.

Estos rangos fluctúan entre valores de porcentaje de diferencias más grandes en sentido negativo (menores a -45%), hasta los más grandes en sentido positivo (mayores a 105%), quedando entre estos rangos extremos, uno de valor medio entre -15% y +15%, que agrupa a las subcuencas con valores más cercanos (en conjunto) al promedio general teórico.

En el mapa 25 se siguió un procedimiento un poco diferente. Como en ese mapa se agrupan las subcuencas del 4^o al 6^o orden, y debido al hecho del número tan reducido de cauces de esos órdenes, se prefirió no utilizar un sistema de simbolización por medio de diversos grosores de líneas, sino colocar dentro de sus áreas el valor exacto de porcentaje de diferencia.

Para evitar que algunos valores máximos de índices de



103°17'30"

103°15'

103°12'30"

103°10'

103°07'30"

10°50'

10°50'

10°50'

SIMBOLOGIA

14 No. de subcuenca de 4° orden a la cual pertenecen las de 3° orden frecuentas a dicho número

8 No. de subcuenca de 3° orden

SUMAS Y RAMOS DE SUMAS DE DIFERENCIAS DE INDICES DE COMPARACION (EN PORCENTAJE) CON RESPECTO A LAS IMPRES ANTIMETRICAS DE 8 VARIABLES

MORFOMETRICAS:

- > 45%
- > 45% ≤ 65%
- > 65% ≤ 75%
- > 75% ≤ 85%
- > 85%

NOTAS: VER VALORES INDIVIDUALES DE LAS PROPIEDADES MORFOMETRICAS ESCODADAS, EN EL CUADRO 15.- EL SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS Y LETRAS SE ENCUENTRA EN EL TEXTO, Y EN LAS NOTAS DEL MAPA 23.

ESCALA 1:50,000 (DE LA CARTA ORIGINAL)

U. N. A. I.
 facultad de filosofía y letras
 colegio de geografía
 T O S I S (maestría)
 JORGE LOPEZ BLANCO
 MEXICO, D.F. 1987

Mapa No. 24 PAGINA 101
CARTA DE RIZO
 de subcuencas de
3° orden
 (DIFERENCIAS DE INDICES DE COMPARACION, AGRUPADAS)
 CUENCA DEL RIO PITAHAYO-
 ARROYO GRANDE, JALISCO

103°15'

103°12'30"

103°10'

103°07'30"

10°50'

comparación individuales ocasionaran una interpretación equivoca cada, ya sea que se maximizara o minimizara el comportamiento morfométrico total de una subcuenca en particular, o bien que se presentaran apariencias de "normalidad" al contrarrestarse aritméticamente cantidades extremas (amplias y reducidas) que al sumarse dieran resultados cercanos a cinco, se tuvo que caracterizar, tomando como referencia los valores límite escogidos arbitrariamente por el autor, que variable individual está dando un peso mayor o menor, para que dicha cuenca se encuentre simbolizada de acuerdo a cierto rango de porcentajes de diferencias.

Esto se hizo mediante la colocación en el mapa, dentro de la superficie de la subcuenca correspondiente, de una clave con un signo algebraico que posee el siguiente significado: el de las letras señala la abreviación de la característica geométrica individual que está influyendo acentuadamente en el valor suma de los índices de comparación, y el del signo corresponde a la forma "positiva" o "negativa" en que influye dicha variable.

Se consideró "negativa" cuando el valor individual (índice de comparación) es igual o menor a 0.2 veces el promedio general base de comparación de la cuenca de estudio, y "positiva" cuando el índice individual es mayor o igual a 2.5 veces el valor promedio general de comparación. Como es de suponer, hubo ocasiones en que no sólo una variable morfométrica influye en forma extrema en la suma de índices de comparación, en estos casos se colocaron tantas claves y signos como fue necesario.

CAPITULO IV

INTERPRETACION DE LA RELACION DE LA NZI Y EL MEDIO FISICO DE LA CUENCA.

Este capítulo comprende la interpretación primaria de las relaciones existentes entre la morfometría zonificada interna y las características del medio físico de la cuenca de estudio (descritas en el capítulo I). El método empleado para realizar esta interpretación, se basa en apreciar y evaluar al mismo tiempo las características cualitativas del medio físico, y las cuantitativas más representativas de la NZI. Mediante esto se deducen las relaciones más importantes que explican, con cierta aproximación, las particularidades del río El Pitahayo-Arroyo Grande, dentro de su dinámica de modelado fluvial, y al mismo tiempo se dan generalidades que pueden ser aplicables a cualquier estudio geográfico-cuantitativo de cuencas hidrográficas. Ya sea por medio del establecimiento de proposiciones teóricas que ayudan a entender las interrelaciones de los elementos conformadores del sistema hidrográfico, o bien ofreciendo ciertos parámetros que pueden considerarse como generales para ciertas regiones geográficas y que permitirían la posibilidad de ser extrapoladas a otras.

En el aspecto práctico, la interpretación se basó en las apreciaciones visuales del autor, al comparar el material cartográfico que simboliza los aspectos puramente físicos (cartas de suelos, climas, vegetación, geología, etc.), con respecto a la cartografía morfométrica internamente zonificada en la cuenca (mapas 19 al 25).

Mediante este método de relación de aspectos cualitativos y cuantitativos, el autor expresa un determinado número de conclusiones, que también presenta en forma gráfica (mapas re

sultantes), las cuales corresponden al procesamiento cuantitativo de la geometría particular real de los subsistemas de erosión fluvial, contenidos en la cuenca, con vinculaciones a las propiedades materiales simbolizadas de la cubierta natural de la misma.

Para llevar a cabo la interpretación que se presenta a continuación se realizaron revisiones simultáneas de mapas de propiedades morfométricas, y de características físicas de la cubierta superior del relieve de la cuenca, haciéndolo en varias etapas que comprendieron progresivamente análisis más generales de acuerdo a una mayor jerarquía de las subcuencas.

Primero se analizaron las propiedades geométricas individuales de los cauces y subcuencas de primer orden, con respecto al medio físico; después se interpretaron las relaciones del mapa 23 de morfometría zonificada interna (MZI), que engloba las diferencias de índices de comparación de las subcuencas de segundo orden, con la información contenida en las cartas temáticas elaboradas.

De esta manera se realizó también para las subcuencas de tercer orden, y finalmente para los tres órdenes restantes, cuyos valores exactos de índices de comparación se colocaron dentro de las superficies de las subcuencas indicadas (mapa 25), sin recurrir a los rangos numéricos simbolizados en los mapas, como se hizo en los dos primeros casos.

IV.1. Relaciones MZI/medio físico, de las subcuencas de primer orden.

Antes de entrar a los detalles encontrados, se debe recordar la importancia que representa, para las redes de escorrentamiento, las características geométricas y físicas de los cau

cos "primarios" o de encauzamiento inicial definido, como son los de primer orden. Estos presentan características muy diferenciadas, con respecto a los demás componentes de la red fluvial, debido a su mayor capacidad dinámica (competencia fluvial) definida por sus situaciones tridimensionales que presentan en forma general, en las partes más altas de los subsistemas de erosión fluvial, y que muestran formas particulares que se simplifican al describirlas como sigue: cauces más pequeños, angostos, con trayectorias lineales rectas y pendientes sensibles.

Además puede mencionarse que dentro de cualquier cuenca hidrográfica, la importancia longitudinal lineal del escurrimiento potencial es mayor para los cauces de primer orden, que para los de órdenes superiores; el número de cauces por jerarquía también tiene esta peculiaridad.

Uno de los aspectos que necesariamente hay que mencionar para este orden de cauces, es la inexactitud que se puede tener al determinar dimensiones de sus longitudes totales y pendientes, ya que por el carácter abierto o indefinido del flujo al inicio de sus trayectorias, ocasionan cierta incertidumbre en los estudios morfométricos.

Esto está en función del alcance de la escala de representación de la carta fuente utilizada para la definición de la red fluvial, y que presenta diferencias considerables al compararse sus dimensiones geométricas a partir de una escala media (1:50,000), con respecto a mapas a escalas grandes (1:5,000, 1:10,000) y a planos de levantamientos hidrográficos de detalle (escalas 1:500 a 1:5,000) (Bunik y Turner, de Meyer y Welch, 1975, p.1491).

Algunas de las apreciaciones que se hicieron al realizar

la interpretación mencionada, se sintetizan de la siguiente manera:

Un primer aspecto que se define inmediatamente al revisar la cartografía morfométrica de subcuencas de primer orden (morfometría general y principalmente la zonificada interna) y las del medio físico, es la sensible diferencia existente entre las zonas extremas de la cuenca (norte y sur). En la carta de subcuencas de ese orden (mapas 11 y 20), las áreas mayores de ellas se encuentran en el extremo norte, mientras que en la zona sur están los valores más pequeños, esto mismo pasa en varios aspectos de la cartografía elaborada.

En la carta de pendientes del relieve (mapa 18), la zona que tiene el rango de pendientes mayores es la que se menciona antes (extremo sur). En la carta hidrográfica (mapa 8) y en la de longitudes de cauces de primer orden (mapa 19) estas diferencias se notan claramente, ya que los cauces más pequeños y rectos, de mayor pendiente (mapa 22) y en mayor número (gráfica 16), y con mayor densidad de drenaje parcial (mapa 21), se encuentran cerca de la desembocadura de la cuenca.

Con respecto a la información de las cartas temáticas también se aprecia la mencionada "polarización" de zonas internas (norte y sur) en la cuenca. En las cartas geológica (mapa 6) y geomorfo genética (mapa 7), los materiales más antiguos y erosionados también se encuentran en la tercera parte (con respecto a la línea norte-sur) más austral de la cuenca (rocas sedimentarias marinas e intrusivas, del cretácico), aunque en esta misma porción existen zonas amplias de rocas más recientes (terciario superior), que tiene características que las han hecho propensas al intemperismo y erosión (tobas riolíticas y andesíticas fácilmente deleznable), y en algunos casos poseen estruc

turas de amplitud altitudinal importante, con respecto a las circundantes, que les da notable competencia fluvial a los cauces, como se presenta en los casos de los volcanes Cerro El Canelo y Cerro Las Minas.

En las cartas de climas, suelos y vegetación (mapas 5, 9 y 10, respectivamente) las diferencias materiales entre las zonas norte y sur son todavía más evidentes. En la primera se definen dos porciones que comprenden distintos climas, en las partes centro y norte está el templado subhúmedo, y en la sur el semicálido subhúmedo. La diferencia sensible de temperaturas que existe (aunque no de precipitación) originada principalmente por los rangos de altitudes (ver mapa 3), condiciona también el contraste en las comunidades vegetales.

En las zonas centro y norte se encuentra un sensible dominio de vegetación natural de bosque de clima templado (pinos y encinos), y en proporciones menores áreas de uso agrícola y pecuario. En la zona sur de la cuenca, muy cerca de la isoterma 18°C , está la selva baja caducifolia, caracterizada por una cobertura vegetal poco densa conformada de matorrales y arbustos espinosos.

Los tipos de suelos (mapa 9) más que condicionados por las altitudes, reciben mayor influencia del tipo de material original que los ha formado, de las condiciones climáticas y de las pendientes de las laderas. Los andosoles dominan especialmente en todo el centro y norte de la cuenca, debido a la influencia de amplias porciones constituidas por rocas volcánicas recientes (principalmente básicas); en cambio en la zona sur los que dominan son los luvisoles, regosoles, feozems y vertisoles, estos últimos en menor proporción, originados todos ellos por la mayor diversificación de propiedades estructurales

de los materiales parentales (cohesión, permeabilidad, textura, etc.) y de la geometría de las laderas (pendientes abruptas) donde se originan, al mismo tiempo, por la menor cantidad de materia orgánica de la escasa cobertura vegetal.

La forma y tamaño de las superficies de las subcuencas de este orden, se relacionan directamente con los aspectos mostrados en las cartas geológica, geomorfogenética, y de pendientes del relieve. En la parte extrema norte, como ya se dijo, están las subcuencas de mayor tamaño, situadas cerca de la prominencia que define parte de la cabecera de la cuenca (Cerro El Colomo). Son superficies con pendientes relativamente poco pronunciadas (en el rango de 1.5° a 12°), a pesar de estar en la estructura volcánica funcionada, que aparentan ser amplias lomas, y el ejemplo más adecuado es Loma Cebada, cercana al poblado La Cruz de Tierra; por otra parte la posible existencia de un antiguo lago, modificó y "suavizó" ciertas áreas, al tener un nivel de base local muy cercano a la divisoria de aguas, que permitió una acumulación rápida de sedimentos, hasta la "captura" de esta cuenca endorreica, por la regresión y encajamiento del cauce, que forma así la barranca cercana a la población nombrada antes.

Existen en algunos lugares de la cuenca pequeñas porciones con subcuencas de primer orden de tamaño medio, alargadas, y cauces con patrones de drenaje paralelos y/o radiales centrifugos. Estas se explican por las formas de las estructuras ígneas extrusivas, las cuales obligaron a los cauces a tener trayectorias largas y rectilíneas, ya sea en las laderas de los volcanes de mayor volumen (Cerro El Canelo al sur, Cerro La Pitahaya al noreste, Cerro Prieto al oeste, etc.), o en los escarpes de las mesas de lava (mesa El Varal de las Rosas, en el

centro). En las laderas del Cerro El Canelo se da el caso más claro, por el gran contraste de tamaño y forma de las subcuencas circundantes, que son más pequeñas con respecto a las amplias y radialmente situadas en la prominencia volcánica mencionada.

Las subcuencas de tamaño medio y de formas "normales" se encuentran uniformemente distribuidas en la zona centro-oeste de la cuenca. Aquí no existen grandes contrastes en propiedades geométricas ni físicas, a pesar de existir algunos edificios volcánicos, éstos, por su escasa amplitud vertical y horizontal, no influyen sensiblemente en la conformación de subcuencas diferenciadas. Es notable en esta parte (si la comparamos con la superficie restante de la cuenca) la abundancia, masividad y regularidad de los materiales efusivos volcánicos (basalto), algo que es bastante visible en los tramos correspondientes de los perfiles transversales dibujados en la gráfica 15.

Las subcuencas de superficie menor (mapas 11 y 20) se encuentran en lugares donde el modelado es más intenso, o bien donde los agentes modificadores del relieve han actuado más tiempo. Existen dos porciones, en donde, por la cantidad de subcuencas con esas características se advierte dominante uniformidad. La más amplia de ellas está en la parte sur, cerca de la desembocadura; la otra se encuentra en la parte suroeste de la cuenca, hacia el sur del poblado La Guayabera (ver mapa 2).

En el primer caso, los materiales que conforman los subsistemas hidrográficos son los más antiguos de la cuenca de estudio, consisten en rocas intrusivas (granito y granodiorita) y sedimentarias marinas (alternancia de limolitas y areniscas), del cretácico. Tienen fuerte grado de erosión y generan las formas tectónico-erosivas que se han descrito en la parte I.3 del

capítulo I.

Las pendientes de los cauces y del relieve en este lugar, contienen los rangos de valores más altos, ya indicados en la representación cartográfica, y que los primeros oscilan entre 24° y 32° , y aún mayores a 32° (mapa 22), y para el segundo van de los 20° a 45° (mapa 18). Las longitudes representativas de cauces, pertenecen en general a valores pequeños (zona sur) que oscilan entre los 200 y 300 m, y en algunos casos menores a los 100 m.

La unidad de suelo asociada estrechamente con las propiedades morfométricas descritas, es de Feozem háplico. Son suelos "lavados" debido a la permeabilidad baja, causada por la acumulación arcillosa del sub suelo. Son los más infértiles y ácidos de los feozems y tiene cierta tendencia a facilitar la erosión. Estos suelos pueden ser productivos, condicionándose a una mayor profundidad (grosor) y situados en lugares planos y con riego; características que no se presentan para el caso ahora analizado. Los suelos de esta porción se sitúan en laderas con pendientes pronunciadas, tienen cierto desarrollo pedogenético que se neutraliza y reduce, debido a las condiciones climáticas y de uso del suelo. Se encuentran en un clima semicálido subhúmedo que condiciona la existencia de selva baja caducifolia, de cobertura vegetal muy baja.

El uso del suelo ha provocado un intenso impacto en las condiciones de pedogénesis del mismo, debido al sobrepastoreo, a la falta de protección contra la erosión, posterior a la cosecha de maíz temporalero anual, y a la forma nómada de cultivo.

La cantidad de materia orgánica contenida en el feozem háplico es baja (2.7% en el horizonte A), contraria a la de las

altas cantidades esperadas que los caracterizan, esto como consecuencia de las condiciones de cobertura vegetal y uso no controlado de los mismos.

La otra zona que contiene subcuencas agrupadas de valores de superficie reducidos, se localiza en la parte suroeste de la cuenca. Posee magnitudes en propiedades morfométricas, similares a las encontradas en la porción antes descrita. Donde se presentan nuevas características es, en la litología superficial, el origen de las formas, y el tipo de suelo y vegetación.

El tipo de rocas que integra esta porción, es de tobas riolíticas del terciario superior. Son rocas compuestas por materiales piroclásticos consolidados, propensos a la erosión a causa de su baja permeabilidad, suelo somero (20 cm), intemperismo pronunciado, y pendientes fuertes en las laderas y en los cauces. El tipo de geoforma, de acuerdo a su origen, al cual pertenece es, endógeno nodelado, de ladera volcánica con tobas riolíticas y fuerte erosión (ver mapa 7), esto último es muy evidente por el gran número de discontinuidades en la trayectoria de las curvas de nivel, principales, simbolizadas en la parte correspondiente de la carta hipsométrica (mapa 3).

La unidad de suelo que comprende el lugar analizado, es de Regosol, con subunidad de eútrico. Es la única parte de la cuenca en donde existe este tipo, que se caracteriza por ser delgado (20 cm), encontrándose en algunos casos extremos, zonas de afloramiento de la roca madre ("tapetate"); no tiene horizontes diferenciados, pero sí un color superficial claro, con una cantidad muy pequeña de materia orgánica (0.3%), es de composición y textura media, y de forma masiva (información de puntos de verificación, carta edafológica El 3B16, escala 1:50,000,

1983).

La vegetación dominante es de pastizales inducidos, y en menor proporción queda la vegetación natural secundaria, que es la selva baja y el bosque de pino y encino.

Es evidente que en esta zona, la influencia del hombre en la aceleración de la erosión es importante, el sobrepastoreo y el cultivo nomádico de maíz en las laderas de pendientes medias y altas, así como la desforestación; han generado formas características en los subsistemas de erosión fluvial, que se han hecho evidentes en los valores máximos y mínimos de las propiedades morfométricas analizadas particularmente, en el interior de la cuenca de estudio.

IV.2. Análisis de la MZI de las subcuencas de 2^o orden.

Como se mencionó en la parte final del capítulo III, después del proceso de cálculo de los valores morfométricos individuales se llegó a una simbolización gráfica de las conclusiones que se integraron en los mapas 19 al 25.

Para el caso de las subcuencas de 2^o orden, se establecieron, mediante siete rangos de diferencias de índices de comparación (ver columnas 7 y 8 del cuadro 14), en porcentaje, áreas internas de la cuenca de estudio que poseen similitud en discrepancia o cercanía de los valores promedio de toda ella. El mapa 23 engloba esas características exclusivamente para las subcuencas de 2^o orden.

Al empezar a observar este mapa se parecía una característica evidente, que parece lógica y que puede servir como indicador general. En efecto, las subcuencas que tienen el mayor porcentaje de la suma de diferencias de índices de comparación, con respecto al valor medio de cinco variables morfométricas elegidas y agrupadas para hacer la zonificación interna, y que teóricamente tienen un valor conjunto de cinco(5), asignándole a cada una de ellas el valor de uno (1), o sea que aquéllas que tienen un valor mayor o igual a +105%, son las que tienen las superficies más grandes, esto quiere decir que entre mayor es el área particular de una subcuenca, las probabilidades de que tengan valores morfométricos altos (en términos absolutos) crecen de manera proporcional; esto mismo sucede para el caso contrario, cuando las subcuencas tienen valores de superficie pequeños, se observan entonces cantidades de porcentajes altos pero en sentido negativo.

Esto da la pauta para que con un rápido reconocimiento general, de las áreas de subcuencas, se pueda determinar en ni

veles cualitativos generales, si las discrepancias morfométricas internas no son demasiado grandes que obliguen a realizar un estudio más detallado, como el que se propone en esta tesis. Está claro que no sólo con hacer lo anterior se puede obtener una explicación de la existencia de diferencias internas en las propiedades geométricas de las subcuencas y sus cauces, y por tanto se buscó una explicación relacionada con las características del medio físico.

La forma y extensión de los subsistemas de erosión fluvial están determinados primordialmente por la conformación estructural del relieve local, el cual se explica por el tipo de dinámica que le dio origen (procesos endógenos y exógenos), el tiempo que ha pasado desde que sucedió esto, y el tipo de procesos que incidieron y que actualmente inciden en el modelado del mismo (Palacio, 1983, p.54). Esto llevó a determinar dentro de la cuenca dos grandes porciones con características diferenciadas en su formación.

La primera, que cubre casi la totalidad de la cuenca y que se originó por la intensa actividad volcánica del terciario superior, que cubrió con grandes cantidades de materiales efusivos (basalto principalmente) el relieve anterior, formando amplias estructuras individuales y aisladas (volcanes de coladas de lava y piroclastos), y por otro lado algunas agrupadas y casivas que dieron forma a las múltiples "mesas de lava", peculiares en esta región del país.

La otra porción, que tiene una extensión mucho menor a la anterior, y se encuentra situada en el extremo sur y sureste de la cuenca. Originada una parte de ella por los plegamientos tectónicos de materiales formados en el cretácico inferior, sedimentos marinos cementados en el fondo del antiguo Canal del

Balsas (Tamayo, 1982, p.27), y la otra por las rocas intrusivas magmáticas del mismo periodo que intrusionaron los sedimentos plegados, apenas mencionados, los cuales fueron "arrasados" permitiendo finalmente su afloramiento.

En la primera zona definida se encuentra la gran mayoría de subcuencas de segundo orden con valores de área más grandes, condicionadas sus formas, por las laderas de los volcanes y prominencias masivas. Como ejemplo de los primeros está la subcuenca de forma alargada, número 9, de la subcuenca 5 de cuarto orden, situada en la ladera sur del Cerro La Pitahaya (noreste de la cuenca), cuyo cauce se encuentra parcialmente controlado estructuralmente por una fractura; y como ejemplo de las segundas (prominencias masivas) está la subcuenca número 1, de la correspondiente número 11 de cuarto orden, situada en la parte de mayor masividad basáltica, al oeste de la cuenca (cerca a los cerros Madroño y El Remolino), controlada parcialmente por una fractura, de la misma forma al caso anterior.

También en esta parte se encuentran otras subcuencas de valores de área mayores, localizadas tres en el "escarpe" este de la Mesa El Varal de las Rosas (centro de la cuenca), originadas sus extensas superficies por la amplia porción plana de la parte superior de esa geoforma.

En cambio en la parte sur de la cuenca se localizan los valores más pequeños de áreas de subcuencas, caracterizadas por un dominio de rangos de diferencias menores de índices de comparación, esto se debe, como se explicó en párrafos anteriores, a las características de litología superficial, estructura, y antigüedad geológica de los materiales, que han permitido una intensa disección, conformando secuencialmente subsistemas fluviales más pequeños y abundantes, por la ramificación de la red

fluvial al avanzar la erosión regresiva hacia las divisorias de aguas particulares o locales. Además de esto, también influye la cercanía de la trayectoria del Arroyo Grande con respecto a la divisoria de aguas general en la parte sureste, debido al encajamiento de ese cauce en una gran fractura que tiene dirección noreste-suroeste, lo que no permite un amplio desarrollo de los cauces de las subcuencas que siguen dirección perpendicular a la trayectoria del cauce principal; Algo similar sucede con las subcuencas de tamaño menor situadas en la parte suroeste de la cuenca, al poniente del Cerro El Canelo.

IV.3. Análisis de la MZI de las subcuencas de 3^o orden.

En general las condiciones explicadas para las subcuencas de 1^o y 2^o orden permanecen válidas para las de 3^o orden, sólo que ahora son un número menor de subcuencas con superficies más grandes. Las extensiones de ellas en esta jerarquía localizadas en el extremo sur de la cuenca, muestran de nuevo los valores más pequeños, comparados con el valor promedio para todas las subcuencas, o con las mismas que ocupan los valores de áreas mayores (ver la subcuenca de tercer orden número 1, de la correspondiente de 4^o orden número 1, ubicada en las laderas del Cerro El Colomo, en el extremo norte, o bien la subcuenca número 59 de 3^o orden, situada al oeste del poblado El Ohivero, todo esto en el mapa 13).

Las subcuencas más grandes de este orden se explican por un lado, al encajamiento profundo de los ríos en fracturas, y a su alimentación hidráulica por afluentes paralelos entre sí y perpendiculares a la trayectoria del cauce principal, de cada uno de los subsistemas hidrográficos.

Esos afluentes, a pesar de existir en número importante para cada subcuenca, se desarrollan en vertientes simétricas que no permiten altos grados de bifurcación o de confluencia (según se quiera ver), es decir como la erosión vertical es mucho más rápida que la horizontal, a causa de la debilidad definida por la línea de fractura, entonces la ampliación de la red fluvial por erosión regresiva se tiene a lo largo de la trayectoria del cauce principal, y de la fractura; y no en sentido lateral como podría esperarse; este es el caso de la subcuenca número 1 de 3^o orden de la subcuenca de 4^o orden número 14 (al este del poblado El Corral de Mejía).

Por otra parte existe un origen distinto para otras sub

cuencas de extensión superficial muy grande, como son las causadas por el "encajonamiento" de los ríos, por estructuras de mayor resistencia a la erosión, surgidas en épocas relativamente recientes, que obligan al cauce en ciertos casos, a seguir trayectorias sensiblemente rectilíneas, y dificultan su ampliación lateral. El ejemplo más claro de esto es la subcuenca de 3^o orden número 59 (río El Ucas), situada en la parte centro-sur, tiene una forma alargada en dirección noreste-suroeste, causada por la amplia ladera noroeste del Cerro El Canelo y los "escarpes" terminales de las mesas El Varal de las Rosas, El Chivero, y la que está cerca del poblado La Chachalaca.

Un caso similar sucede con la subcuenca de 3^a orden número 3, de la de cuarto orden número 9 (río El Greñero). Aquí los obstáculos que condicionan la forma alargada, y su drenaje en dirección aparentemente ilógica (sigue una dirección noreste-suroeste alejada de lo que se podría esperar, ya que se necesita la dirección noroeste-sureste para llegar a la desembocadura), son principalmente tres pequeños aparatos volcánicos, que junto con algunas coladas de lava "amurallan" el cauce, a demás en la parte central de este "encajonamiento" se nota una pequeña planicie, que posiblemente tuvo un origen lacustre, precisamente por esas mismas condiciones que mantuvieron por un tiempo en estado endorreico a la subcuenca, hasta que fue "cap turada" y se posibilitó el drenado que ahora tiene.

IV.4. Análisis de la NZI de las subcuencas de 4^a, 5^a y 6^a orden.

Para las subcuencas de estos órdenes restantes, quedan cosas que decir, en el mapa 25 se han integrado y dibujado cada una de sus posiciones y extensiones, anotando en ellas los

valores exactos de sumas de diferencias de índices de comparación, dentro de las superficies correspondientes, operación que se facilitó por el reducido número de cauces de esos órdenes.

Para el caso de las subcuencas de 4^a orden, éstas se reducen en número, pero no en tamaño, además existe una superficie muy amplia, dentro de la cuenca, en la que no se tiene ninguna subcuenca de ese orden. La mayor parte de ellas se localizan en el norte y oeste de la cuenca, quedando sólo tres en la porción sur y sureste de la misma. Dos de ellas se alejan en cierta proporción de lo esperado teóricamente (la número 9, en +109%, y la número 10 en +77%; ver mapa 25). Estas, a pesar de no tener valores demasiado grandes en densidad de drenaje, poseen apreciable número de cauces con características homogéneas para esta zona, debido a la uniformidad de la masa rocosa basáltica, predominante en extensión y altitud con respecto al total de la cuenca.

En las subcuencas de órdenes 5^a y 6^a, los valores de las sumas de diferencias de índices de comparación ya no son tan sensiblemente distintos, como fue para los casos anteriores, debido a que mientras si se analizan conjuntamente subcuencas de órdenes crecientes, sucesivamente mayores, el nivel de generalización se hace cada vez mayor y tiende a homogeneizar las superficies por el número tan reducido de componentes de las "poblaciones" estadísticas. En estos dos órdenes está el umbral entre la morfometría generalizada, característica del análisis geométrico "tradicional", y la morfometría zonificada interna (MZI), cuya propuesta de utilización ha sido planteada en esta investigación.

CONCLUSIONES

A manera de conclusiones se puede reiterar brevemente lo ya mencionado en algunas partes fundamentales del trabajo presentado, y que contestan de alguna forma las interrogantes que se plantearon al inicio de la investigación:

-No se puede negar que los resultados encontrados al estudiar cuantitativamente la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, pueden abrir un campo amplio del análisis eográfico de sistemas de erosión fluvial, considerando dos aspectos distintos y complementarios, que son parte del aporte de esta tesis. Uno de ellos que se refiere al aspecto teórico del establecimiento del concepto y método definido como morfometría zonificada interna (MZI), el cual propone una forma profunda y particularizada de considerar la información geométrica de los subsistemas de escurrimiento potencial de las cuencas hidrográficas. Y el otro, que alude a la geografía física, aplicada al estudio de una parte de la superficie terrestre, con características físicas y humanas particulares, delimitada en extensión por las prominencias del relieve, las cuales provocan formas de drenaje fluvial interrelacionadas y con una salida commún en el sistema (punto de desembocadura en el cauce principal).

-Quedó demostrado, a lo largo del trabajo, específicamente en el último capítulo, lo relacionado a la influencia sensible en la trayectoria y geometría de los cauces y propiedades de las subcuencas, debido a las formas y posiciones superficiales de las estructuras integradoras del relieve local, tanto en los límites, como en el interior de la cuenca (volcanes, mesas, flujos de coladas, fracturas, fallas, planicies, etc.). Hecho del cual es posible percatarse revisando los resultados

plasmados gráficamente en los mapas correspondientes de la MZI.

-Las diferencias en tipos y edades, en las unidades litológicas superficiales del relieve de la cuenca, son parte fundamental en la explicación de la "polarización" de los valores geométricos de los subsistemas individuales de erosión fluvial.

-La forma de explotación forestal (de subsistencia familiar) de los núcleos densos de bosque de pino y encino, sin los conocimientos técnicos del aprovechamiento de ese recurso, así como el corte ilegal e indiscriminado de árboles, con fines de producción de celulosa para papel (fábrica de papel en Atenquique, Jal.), por parte de los acaparadores de la madera en la región en complicidad con pobladores locales, han provocado e influido en la velocidad e intensidad de erosión de las porciones de la cuenca con los valores altitudinales mayores.

Esto ha ocasionado modificaciones sustanciales en las formas y dimensiones de los elementos individuales de la red fluvial, principalmente en la ampliación longitudinal y encajamiento de los cauces en sus cabeceras, además de una reducción gradual en la cantidad de los recursos hidráulicos disponibles para las tierras de cultivo en las planicies aluviales.

Es fácil suponer que no sólo se está influyendo en la disminución del potencial hidrológico superficial de la cuenca, sino también en la modificación del contenido de materia orgánica y mineral de los suelos, así como en un aumento del efecto erosivo sobre estos últimos, en los lugares donde la desforestación ha tenido tal amplitud, que se ha impedido definitivamente un restablecimiento natural de los bosques.

-Otro de los factores antrópicos que ha provocado un desequilibrio en el ecosistema de la cuenca, y que ha impactado por lo tanto la geometría de los cauces y de las subcuencas,

es la utilización del espacio de las laderas vertientes (caracterizadas por valores altos de pendientes, y suelos someros) con fines de agricultura de subsistencia (maíz de temporal anual) en forma nomádica, y para la inducción y aprovechamiento de pastos en las actividades pecuarias. El efecto resultante se deriva en dos aspectos primordiales para la acción del impacto del modelado en las laderas que tiene poca cobertura vegetal roturadas para cultivo y trabajadas rudimentariamente, quedando desprotegidas en los meses posteriores a la cosecha anual, esto sucede principalmente en la parte sur de la cuenca. Por otro lado, en las zonas de pastizales el sobrepastoreo impide un desarrollo amplio de la vegetación y modifica de manera importante la conformación física de los suelos, debido al hollamiento por el deambulado del ganado.

-Los valores definidos por la morfometría generalizada, para la cuenca total de estudio, son el resultado de promedios estadísticos que agrupan dimensiones individuales, sensiblemente diferentes entre sí, algo que se demostró al hacer las comparaciones entre la MZI con respecto a los parámetros generales promedio (cuadros 14 al 17).

-La técnica estadística Chi-Cuadrada, empleada para la demostración de la heterogeneidad interna de frecuencia de cauces por Km^2 en una cuenca, resultó ser aplicable y adecuada para los fines previstos, ya que permite (mediante cálculos sencillos y establecimiento correcto de hipótesis) con una seguridad alta, definir los eventos que podrían suceder, ya sea o no de manera condicionada por algunos factores que intervienen en el fenómeno.

-De la manera como se realizó esta investigación se pudo obtener información morfométrica generalizada y particulari

zada, que aunque aparentemente resulta excluyente o completamente distinta, corresponde a la información geométrica que en un momento dado podría carecer de todo adjetivo en su denominación y ser sólo una descripción morfométrica individualizada, conteniendo dicha descripción todo el conocimiento que ahora se considera.

-La morfometría zonificada interna tiene la facilidad de poderse utilizar con la profundidad deseada y de acuerdo a las intenciones del estudio morfométrico, es decir, no es necesario tener todos los datos individuales de los cauces de los órdenes inferiores, para establecer explicaciones particulares de la dinámica del modelado interior de la cuenca.

-Una idea que se tuvo inicialmente y que al final resultó ser errónea, es que las pendientes proporcionalmente menos pronunciadas estarían en la desembocadura o cercana a ella, lo que resultó ser falso, ya que esos gradientes se encuentran en la parte norte de la cuenca que tiene los valores altitudinales mayores. En cambio en la porción de la desembocadura las pendientes de las laderas alcanzan los valores más altos. Existen varias ideas que explican esto, una de ellas es que la parte sur de la cuenca está formada de materiales más antiguos por lo que recibieron más tiempo las acciones intemperizadoras de los elementos climáticos, modelándose un relieve abrupto. Combinándose esto con cambios de nivel de base, la impermeabilidad del suelo y subsuelo, y la presencia de la cubierta vegetal poco densa. Todo ello ha originado que la red de drenaje fluvial en este lugar sea más densa que en el resto de la cuenca y que sus cauces sean más cortos y rectos.

-Los escarpes litológicos, las fallas y fracturas, situadas dentro de la cuenca han influido sensiblemente para que e

xistan escalonamientos en los perfiles de los cauces, y en sus trayectorias rectilíneas cuando toman las líneas de debilidad estructural como talweg.

-Se puede decir que aunque es una sóla cuenca se presentan dos dinámicas geomorfológicas parcialmente diferentes. La parte norte (con mayor proporción de superficie) cuenta con procesos denudatorios menos pronunciados debido principalmente a la cubierta vegetal de bosque (en algunas partes donde aún se conserva denso y con menor impacto antrópico), pendientes suaves, índices de alta permeabilidad, mayor cantidad de lluvia, densidad de drenaje de baja a media (comparada con la parte sur) .
suelos con vocación para mantener vegetación de bosque templado, etc.

En el otro extremo, cerca de la desembocadura las condiciones son distintas, ya que aquí se patentiza densidad de drenaje alta debido a las pendientes fuertes que hacen que los cauces sean rectos, cortos y abruptos, la precipitación es menor y aumenta la temperatura a causa de los menores rangos de altitudes, los suelos son de textura lítica gruesa e impermeables, siendo uno de los factores fundamentales que condicionan estas diferencias la distinta antigüedad y composición litológica de las estructuras geológicas que forman el relieve superficial de la cuenca.

-El equilibrio relativo (estado estable) que existió hasta hace algunas décadas en la dinámica interna del sistema de erosión fluvial estudiado, se ha modificado por la inestabilidad que cada vez se hace más evidente. El impacto antrópico en los recursos forestales de la cuenca y en los suelos de las laderas vertientes, no aptos para usarse agrícola o pecuariamente, han originado una modificación importante del ecosistema

total; no sólo en los recursos mencionados, por lo que muy probablemente, ésto acarreará en un futuro cercano, un cambio fundamental en la capacidad hidrológica del lugar y una variación en las formas e intensidades del modelado del relieve.

Este problema no es posible englobarlo en un ámbito local, por lo que no se puede hablar de soluciones a corto plazo, superficiales y únicas para este lugar. Es un problema estructural económico y político de fondo y no de forma, ya que, mientras la mayoría de los habitantes sigan padeciendo carencias elementales en su existencia (alimentación, vestido, educación, asistencia médica, etc.), seguirán obligados en el medio rural a utilizar los recursos de la única forma conocida por ellos, conservada a través de costumbres ancestrales.

En otro aspecto, mientras no exista un control verdadero de las formas de utilización de los productos forestales, por parte de la población en general y de las autoridades correspondientes en particular, el tráfico y corte ilegal de los árboles seguirán acelerando el avance de la desertificación en la faja central volcánica de México.

SUGERENCIAS

Antes de terminar este trabajo parece conveniente exponer algunas sugerencias que podrían mejorar en el futuro las concepciones propuestas, lo mismo que ciertas limitaciones teóricas que aún persisten en el análisis morfométrico de cuencas hidrográficas:

-Se considera asunto de mayor importancia fomentar dentro de la comunidad científica de la ciencia geográfica, la aplicación del análisis cuantitativo morfométrico de las cuencas hidrográficas de México, con el fin de encontrar relaciones

probadas más adecuadas para las condiciones particulares del país. La única manera de llegar a esto, es realizar estudios del tipo indicado, para cada una de las provincias fisiográficas existentes, de tal forma que se logre conjuntar una serie amplia de datos, con la que se pueda obtener una sistematización en el estudio de cuencas con fines de aprovechamiento integral de recursos naturales (hidráulicos, generación y conservación de suelos, forestales, agrícolas, piscícolas, etc.), y para la evaluación de las condiciones en que se desarrollan los procesos geomorfológicos dominantes, modeladores del relieve. Es importante también establecer criterios para uniformizar la generación de los datos que se consideren más apropiados, para que a partir de ahí, se tenga confiabilidad y precisiones semejantes en las investigaciones.

-El sistema de análisis morfométrico utilizado y propuesto en esta tesis, es una forma de cuantificación individual del escurrimiento potencial (tomándolo como recurso natural), por lo que dicha información morfométrica al combinarse con la hidrológica posibilita obtener simbolizaciones espaciales con diferentes expectativas sobre recursos hidráulicos. Además al aplicar la técnica de obtención de valores individuales de la geometría de la red fluvial, utilizada aquí, se haría virtualmente un inventariado de los recursos indicados.

-Se recomienda la utilización de la información cartográfica existente, publicada principalmente por la dependencia gubernamental dedicada expresamente a esta labor (Dirección de Geografía, INEGI, SPP), de una manera más intensiva y profunda, de tal forma que se obtengan las dimensiones individuales de los elementos componentes de la red fluvial.

-Se reconoce que el alcance de esta investigación puede

ampliarse en un futuro, al hacer una interpretación geográfico-matemática más profunda, auxiliándose del análisis multivariado, principalmente del análisis de factores (Cole, 1975, p.49) lo que redundará en conclusiones explicativas más confiables, sólo que en este caso, sería necesario usar técnicas de computación complejas, y sistemas cibernéticos de alta capacidad de almacenamiento y procesamiento, para poder así conocer los resultados de relacionar una gran cantidad de valores individuales y un amplio número de variables de carácter morfométrico (matrices de gran cantidad de filas y columnas) que se vinculan al medio geográfico-físico.

-El análisis de frecuencia de cauces convendría hacerse en forma tridimensional simultánea, para obtener así mayor información espacial de los cauces, lo mismo para las consideraciones fundamentales en todos aquellos procesos en los que interviene la fuerza de gravedad de manera importante, que son prácticamente todos los aspectos de la geometría de cauces y subcuencas de los sistemas de erosión fluvial. En este caso convendría hacer uso, por supuesto, de herramientas más rápidas y adecuadas para procesar grandes volúmenes de información, evitando así ocupar mucho tiempo de la investigación.

-Es importante hacer una amplia revisión del sistema de jerarquización de cauces, establecido ya hace algunos años por Horton-Strahler, debido a que se han encontrado, tanto en el análisis morfométrico de esta tesis como en algunos otros, muchas inexactitudes y diferencias sensibles. Algunos ejemplos de estas irregularidades son:

a) La no consideración de confluencias de corrientes que se unen a cauces de orden mayor al superior siguiente (Rice, 1983, p.97).

b) La denominación con el mismo número de orden para redes de cauces esencialmente distintas, ya sea que tengan can tidades extremas (máximas y mínimas) de afluentes, de densidad de drenaje por subcuenca, de longitudes de cauces, etc.

c) La necesidad de hacer consideraciones especiales cuando el análisis morfométrico se realiza en cuencas "incompletas", es decir cuando la desembocadura elegida de una cuenca dada no está definida en un punto de unión, de su cauce princi pal con otro de su mismo orden, lo cual sucede frecuentemente, y obliga en muchos casos, según las circunstancias y posibili dades, que al estudiar la cuenca en un punto terminal de elec ción forzosa, no sean aceptadas, ya que esto generaría condicio namientos en ciertos parámetros (de área por ejemplo) lo que llevaría a ciertas restricciones teóricas impuestas desde el inicio del análisis.

-Como sugerencia final se propone la difusión y amplia ción de las aplicaciones de los estudios geomorfométricos flu viales, ya sea utilizando la metodología empleada en este tra bajo, o bien con otra que resulte más adecuada para los fines particulares perseguidos. Por lo pronto es del interés del au tor, dar a conocer este estudio en los municipios cercanos a la zona de la cuenca del río El Pitahayo-Arroyo Grande, presen tarlo y explicarlo a los representantes de las poblaciones lo cales; al mismo tiempo enviarlo a las autoridades gubernamen tales del Estado de Jalisco, con la intención de que se haga uso, o se tomen en consideración, algunas de las ideas verti das, o incluso la utilización de la información gráfica y/o nu mérica elaborada.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO MIJARES, F.J. Apuntes de Hidrología de superficie, - Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1986.
- AUBOIN, Jean, BROUSSE, Robert, LEHMAN, Jean Pierre. Tratado de Geología, Tomo III, Tectónica, Tectonofísica, Morfología. Barcelona, Ediciones Omega, 1980.
- BAJPAL, A.C., CALUS, I.M., FAIRLEY, J.A. Métodos estadísticos para estudiantes de ingeniería y ciencias, México, Ed. Limusa, 1981.
- BENJAMIN, Jack R., CORNELL, C. Allin. Probabilidad y estadística en ingeniería civil, Bogotá, McGraw Hill, 1981.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoría general de los sistemas. México, FCE, 1984.
- BOGGO V., Gerardo. La Cartografía geomorfológica a escala 1:250,000. La hoja Queretaro, Ponencia, 1º Congreso interno del Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1983.
- CAMPBELL, Stephen K., Equívocos y falacias en la interpretación de estadísticas, México, Ed. Limusa, 1981.
- CAMPA, M.F., et al. Evolución tectónica y la mineralización en la región del Valle de Bravo, México e Iguala, Gro. Asociación de ingenieros de minas, metalurgistas y geólogos de México, Memoria de la XII Convención nacional AIMNGM, Acapulco, - Gro, México, 1977.
- CAPEL, Horacio, URTEAGA, Luis. Las nuevas geografías, Colección Salvat, Temas Clave No.70 (Aula abierta), Madrid, Salvat, 1984.
- CARLSTON, Charles W. Drainage density and streamflow, reprinted from U.S. Geological Survey prof. paper 422-C:1-8, U.S.A. 1963.
- CASIO, Instruction Manual, Casio Fx-702P Programmable calcu-

- lador, Tokio, 1981.
- CASTANY, G. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Barcelona, Ediciones Omega, 1975.
- COLE, John P., KING, Cuchlaine A.M. Quantitative Geography, - Great Britain, John Wiley & Sons Ltd, 1968.
- COLE, John P. Una introducción al estudio de métodos cuantitativos aplicables en geografía. Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1975.
- CORREA PEREZ, Genaro. Geografía del Estado de Michoacán, No. 1, Geografía Física, México, Edisa, 1974.
- CHORLEY, Richard J. Climate and Morphometry, reprinted from - Journal of Geology 65:628-638(1957), copyright 1957 by The - University of Chicago, U.S.A., 1957.
- CHORLEY, Richard J. La geografía y los modelos socioeconómicos. Madrid, Colección "Nuevo Urbanismo", Instituto de estudios de administración local, 1971.
- CHOW, Ven Te. Handbook of applied Hidrology. New York, McGraw Hill, 1964.
- CHOW, Ven Te. Open channel hydraulics, Tokio, McGraw Hill/Ko gakusha, 1959.
- DAVIS, S.N., DE WIEST, R.S.M. Hidrogeología. Barcelona, Ediciones Ariel, 1971.
- DAVIS, John G., LEVI DE LOPEZ, Silvana (compiled). Computer-mapping for resources analysis (Proceedings of an International Conference). Instituto de Geografía de la UNAM, México, - 1978.
- DEPABLO GALAN, Liberto. Cuolinita de estructura desordenada de Concepción de Buenos Aires, Estado de Jalisco, México. Bo letín 76 (pp.39-69), Instituto de Geología de la UNAM, México 1965.

- DUNNE, Thomas, LUNA, B. Leopold. Water Inenvironmental Plan-
ning. San Francisco, W.H. Freeman and Co., 1978.
- DERRAU, M. Geomorfología. Barcelona, Ed. Ariel, 1978.
- FRASER, Ronald. La Tierra, el mar y la atmósfera, (iniciación
a la Geofísica), Barcelona, Ediciones Oikos-Tau, 1966.
- GARCIA DE MIRANDA, Enriqueta. Apuntes de Climatología. México,
Larios e hijos impresores, 1978.
- GARCIA A., Enriqueta. Modificaciones al sistema de clasifica-
ción climática de Köppen, (Para adaptarlo a las condiciones-
de la República Mexicana). México, Offset Larios, 1981.
- GRAN ENCICLOPEDIA DIDACTICA ILUSTRADA. La Tierra (Volumen 4).
Salvat editores, Navarra, 1985.
- GREGORY, S. Statistical methods and the geographer, Great Bri-
tain, Longmans, 1964.
- GREGORY, K.J., WALLING, D.E. Drainage basin form and process,
(A geomorphological approach). London, Edward Arnold, 1973.
- GUERRA PEÑA, Felipe. Fotogeología. Facultad de Ingeniería, -
UNAM, México, 1980.
- HERNANDEZ NAVARRO, Antonio, REYES IBARRA, Mario A. Apuntes de
computación aplicada a la ingeniería topográfica y geodésica.
Facultad de ingeniería de la UNAM, México, 1985.
- HOLMES, Arthur. Geología Física. Barcelona, Ediciones Omega,
1973.
- HUANG, Walter T. Petrología. México, Uteha, 1981.
- KIRKBY, J.M., MORGAN, R.P.C. Erosión de suelos. México, Limu-
sa, 1984.
- LEET, L. Don, JUDSON, Sheldon. Fundamentos de Geología Física.
México, Limusa, 1982.
- LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A., PAULHUS, J.L.H. Hidrología para
ingenieros. México, McGraw Hill, 1977.

- LINSLEY, R.K., FRANZINI, J.B. Water-Resources engineering. To kio, McGraw Hill/Kogakusha, 1979.
- LEOPOLD, Luna B. et al. Fluvial processes in Geomorphology. - San Francisco, W.H. Freeman and Co., 1964.
- LUGO HUBP, José. Geomorfología del sur de la Cuenca de México. Instituto de Geografía de la UNAM, Serie Varia T.1 No.8, Méxi co, 1984.
- LVOVICH, Mark. El agua en el mundo: Presente y futuro. Buenos Aires, Ed. Cartago, 1975.
- MADEREY RASCON, Laura E. El agua de escurrimiento en la Repú blica Mexicana. Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1977.
- MARSH, William M., DOZIER, Jeff. Landscape, (An introduction to Physical Geography). Massachusetts, Addison-Wesley Publi shing Co., 1981.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Estudio comparativo de la morfo metría básica de dos cuencas hidrográficas, (Tesis maestría), México, UNAM, 1982.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guana juato. Serie Varia T.1 No. 6, México, Instituto de Geografía de la UNAM, 1980.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel. Aspectos de la morfometría flu vial, (Metodología y aplicación en los estudios de las redes hidrográficas de la Cuenca de México), Ponencia 1ª Congreso interno del Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1983.
- MARTINEZ LUNA, Victor Manuel, (Compilador). Principales aspec tos morfométricos de las cuencas fluviales, (Inédito), México, Instituto de Geografía de la UNAM.
- MARTINEZ DE PISON, Eduardo. El relieve de la Tierra. Colección Salvat, Temas Clave No.75 (Aula abierta). Madrid, Ed. Salvat,

1985.

- MELTON, Mark A. Correlation structure of morphometry properties of drainage systems and their controlling agents, reprinted from Journal of Geology 66(4):442-460(1958), copyright - 1958 by The University of Chicago, U.S.A.
- MEYER, W., WELCH, Robin I. Water resources assessment, chapter 19 in R.G. Reeves (ed), Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Virginia, U.S.A., 1975.
- MILLER, Austin A. La piel de la Tierra. Madrid, Ed. Alhambra, 1970.
- MILLS, Richard L. Estadística para economía y administración. Bogotá, McGraw Hill Latinoamericana, 1980.
- MONKHOUSE, F.J., WILKINSON, H.R. Mapas y diagramas. Barcelona, Ediciones Oikos-Tau, 1968.
- MORISAWA, Marie. Rivers (Form and process), Geomorphology texts No.7, London and New York, Longman Group Limited, 1985.
- NACIONES UNIDAS. Desarrollo integrado de las cuencas hidrográficas (Informe de un grupo de expertos), Depto. de asuntos económicos y sociales, publicación de la Naciones Unidas No. - de venta S.70.II.A.4., New York, 1972.
- NIXON, Graham T. The relationship between quaternary volcanism in central Mexico and the seismicity of subducted ocean lithosphere, Geological Society of America Bulletin v.93, p.514-523. 5 figs., June 1982.
- OLIVER, John B. Climate and man's environment (An introduction to applied Climatology), Nueva York, John Wiley & Sons, 1973.
- OROZCO SANTOYO, R.V., QUIÑONES GARZA, H., ALLENDE LASTRA R. - Manual para la aplicación de las cartas edafológicas de CETENAL para fines de ingeniería civil, CETENAL, México, 1977.
- PALACIO PRIETO, José Luis. Metodología para el desarrollo de

- trabajos geomorfológicos a escala 1:50,000, (Ponencia) 1^o Congreso interno del Instituto de Geografía de la UNAM, México, 1983.
- RICHARDS, Keith. Rivers (Form and process in alluvial channels) London-New York, Methuen & Co., 1982.
- SCHUMM, Stanley Alfred. Drainage basin morphology, (Benchmar papers in Geology). Pennsylvania, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., 1972.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. Boletín hidrológico No.41 (Tomos I, II, III), Región hidrológica No.16, cuenca del Río Coahuayana, México, 1970.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, INEGI, Dirección de Geografía. Síntesis geográfica del Estado de Jalisco y anexo cartográfico. México, 1980.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, INEGI, Dirección de Geografía. Guía para la interpretación de cartografía (Edafología). México, 1981.
- SOLIS, R., NOLASCO, J., VICTORIA, A. Geometría Analítica. México, Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1984.
- SPARKS, B.W. Geomorphology. London, Butler & Tanner, 1965.
- SPENCER, Edgar W. Physical Geology. U.S.A., Addison-Wesley, - 1983.
- SPRINGALL G., Rolando. Escurrimiento en cuencas grandes. México, Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, No.146, - 1967.
- SPRINGALL G., Rolando. Drenaje en cuencas pequeñas. México, - Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, No.143, 1969.
- SPRINGALL G., Rolando. Hidrología (Primera parte). México, Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, No.D-7, 1970.
- SPRINGALL G., Rolando. Análisis estadístico y probabilístico

- de datos hidrológicos, Hidrología superficial capítulo 8, México, Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1978.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology, reprinted from American Geophysical Union, 38(6)913-920- (1957), U.S.A.
- STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, sec.4-II in V.T. Chow (ed), Handbook of applied hidrology, McGraw Hill, New York, 1964.
- STRAHLER, A.N. Geografía Física. Barcelona, Ediciones Omega, 1982.
- TAMAYO, Jorge L. Geografía moderna de México. México, Trillas 9ª edición, 1982.
- THORNBURY, William D. Principios de Geomorfología. Buenos Aires, Ed. Kapelusz, 1965.
- TRICART, J. La epidermis de la Tierra. Barcelona, Ed. Labor, 1969.
- TUTTLE, Sherwood D. Landforms and Landscapes. U.S.A., Brown-Co. Publishers, 1970.
- VENEZAS S., S., HERRERA F., J.J., MACIEL F., R. Algunas características de la Faja Volcánica Mexicana y de sus recursos geotérmicos, Geofis. Int., volumen especial sobre el Cinturón Volcánico Mexicano, Parte 1 (ed. S.P. Verza), vol.24-1, pp.47-81, 1985.
- VIERS, George. Geomorfología. Barcelona, Ediciones Oikos-Tau, 1974.
- VIERS, George. Climatología. Barcelona, Ediciones Oikos-Tau, 1981.