

ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS CUANTITATIVOS DE LA PORCION SUPERIOR Y MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO MATANZA.

Provincia de Buenos Aires, República Argentina

por

OFELIA C. TUJCHNEIDER*

EDUARDO L. DIAZ **

SUMMARY

The geomorphological parameters of the upper half Matanza River Basin, Buenos Aires, Argentina.- The Horton's law of drainage composition, the areal law from Schumm, and others parameters are included.

Although the network is not structurally Hortonian, the laws of stream numbers and mean slopes are observed.

It's seen a disarrangement in laws of mean length and mean areas.

This basin is a result of plain conditions (low slopes) and has not arrived to a structure of equilibrium yet.

Introducción

La finalidad de este trabajo es contribuir a la caracterización geomorfológica de la porción superior y media de la cuenca del río Matanza.

El análisis morfométrico proporciona elementos objetivos de juicio en el estudio genético y comparativo de las redes de avenamiento. Los parámetros geomorfológicos son particularmente útiles en geología e hidrología. En el primer caso, como indicadores de la evolución y controles estructurales de un área; en el segundo, como base para la evaluación de los parámetros hidrológicos de superficie.

En esta oportunidad se han estudiado las leyes de composición del drenaje, enuncia-

das por Horton (1945) y la ley de áreas de Schumm (1956) esta última derivada de las anteriores y se han determinado algunos parámetros geomorfológicos complementarios.

Como antecedentes directamente relacionados al tema tratado y dentro del área de estudio, sólo pueden mencionarse los trabajos de Sala y Ceci (1968) y Barbero (1973). En el primero se determinan parámetros geomorfológicos para todas las cuencas de la porción NE de la provincia con fines comparativos. En el segundo, como parte de un estudio integral de la porción superior y media de la cuenca del río Matanza, se exponen caracteres morfológicos cuantitativos.

CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

Ubicación y extensión

La cuenca del río Matanza está ubicada en el noreste de la provincia de Buenos Aires,

* Miembro de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Dpto. de Hidrología General y Aplicada. Universidad Nacional del Litoral.

** Beca de Iniciación en la Investigación de S.E. C.Y.T. - Dpto. de Hidrología General y Aplicada. Universidad Nacional del Litoral.

República Argentina y abarca una superficie de 2.647 km².

Debido a que la parte inferior, asiento de la Capital Federal y del Gran Buenos Aires, tiene sus rasgos naturales profundamente transformados por la acción antrópica, se ha tomado como área objeto de estudio a la porción inferior y media, comprendida entre las nacientes y la estación de aforos Autopista Teniente General Ricchieri, con una superficie de 1.804 km² (fig. 1).

Clima

De acuerdo a la caracterización climatológica realizada en un trabajo precedente por Tujchneider (1974), según la clasificación de Thorntwaite, la zona está comprendida dentro de un clima C₂B₂ r a, es decir subhúmedo-húmedo con ninguna o pequeña deficiencia de agua.

La precipitación anual media es de 960 mm y la evapotranspiración potencial anual media es de 760 mm.

Red hidrográfica

La red de drenaje está constituida por un colector principal, que da el nombre a la cuenca, al que afluyen los arroyos Cañuelas, Rodríguez, Morales y Aguirre, que constituyen el tronco de las subcuencas consideradas en este estudio. En el sector sudeste del área considerada la laguna Santa Catalina, desvinculada superficialmente del curso principal, recibe el aporte de los arroyos El Rey y Santa Catalina.

A los fines de encauzar el escurrimiento en áreas de baja pendiente, algunos cursos han sido profundizados artificialmente en zona de cabeceras. Del mismo modo y para facilitar el drenaje, se han rectificando tramos, tanto del colector principal como de los afluentes.

Bosquejo geológico

De acuerdo a los numerosos antecedentes sobre el tema en el área de la cuenca, Frenguelli

(1950), Groeber (1945), Zambrano (1971), entre otros, y a los datos consignados en la Perforación Jardín Zoológico N° 1 (coordenadas Gauss Kruger 5.673.250 / 6.369.800), la columna geológica está integrada por la siguiente secuencia:

a) Formaciones del subsuelo

Basamento: compuesto por rocas cristalinas asignadas al Precámbrico, alcanzadas por la perforación de referencia a cota - 286 m, según cero del Instituto Geográfico Militar.

Formación Olivos: arcillas calcáreas con intercalaciones de niveles yesíferos, pasando hacia la base a arenas medianas y gruesas, conglomerádicas. El conjunto es de tonalidad pardo-rojiza. Se la asigna una edad Mioceno inferior y se la ha localizado yaciendo en discordancia sobre el basamento, entre cotas - 286 m y - 73 m.

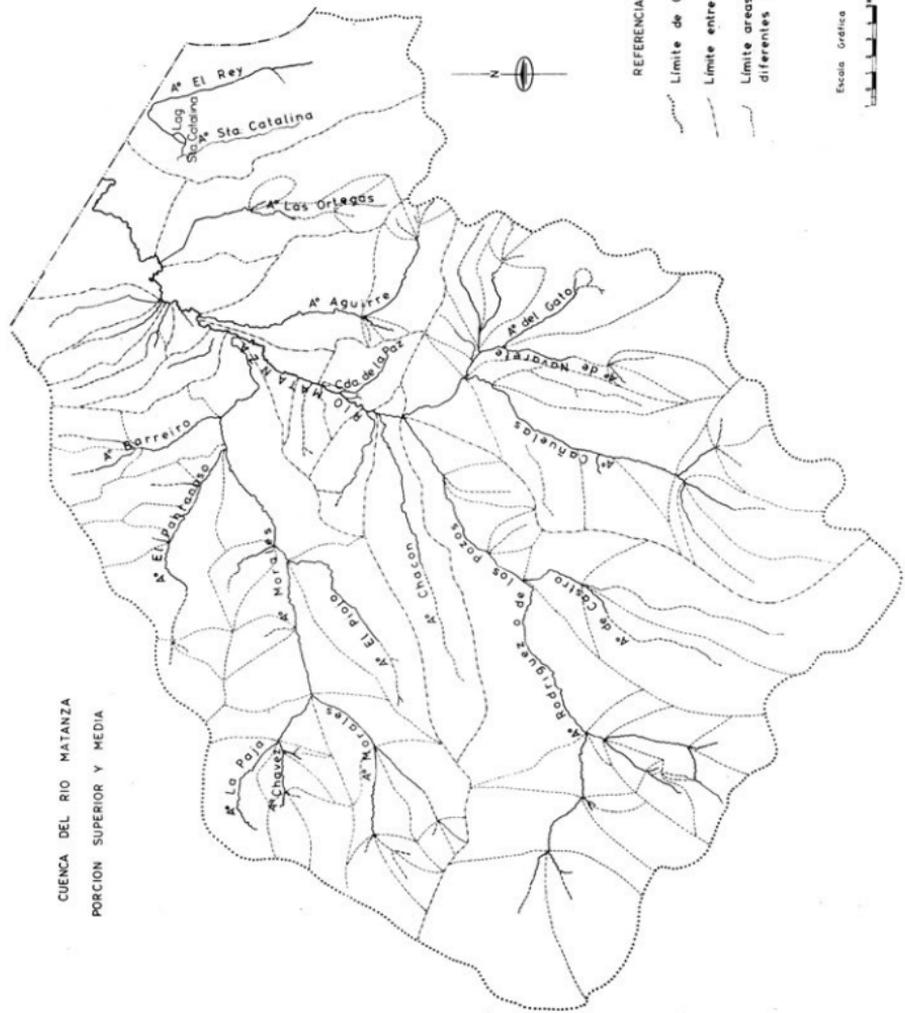
Formación Paraná: arcillas verde grisáceas con fósiles marinos e intercalaciones de estratos de arena fina y mediana de tonalidad grisácea. Se le asigna edad Mioceno superior y se encuentra entre cotas - 73 m y - 56 m.

Formación Puelches: arenas finas y medianas, cuarzosas y micáceas, con aumento de grano hacia la base. Presenta intercalaciones limolíticas, predominando en el conjunto la tonalidad pardo amarillenta. Se le asigna edad Plioceno y se la ha localizado entre cotas - 56 m y - 30 m.

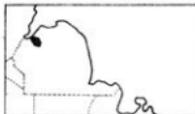
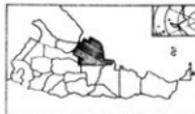
b) Formaciones aflorantes

Formación Ensenada: limos, arcillas y arenas en la base, que pasan hacia arriba a limos arenosos con restos de moluscos y alternancia de bancos conglomerádicos. En el techo de la formación los limos se hacen más homogéneos, pasando a loess. En el conjunto predomina la tonalidad parda. Se le asigna edad Pleistoceno medio.

CUENCA DEL RIO MATANZA
PORCIÓN SUPERIOR Y MEDIA



SITUACION RELATIVA



REFERENCIAS

Limite de Cuenca

Limite entre subcuencas

Limite areas aporte de
diferentes ordenes

Escala Gráfica



Formación Buenos Aires: un manto de loess depositado en forma uniforme sobre zonas elevadas y depresiones, el conjunto tiene tonalidad parda rojiza y se le asigna edad Pleistoceno superior.

Formación Luján: limos arenosos y arcillosos, con cristales de yeso y sales sódicas. La tonalidad predominante es verde grisáceo.

Formación Querandí: limos y arcillas con restos fósiles de aguas salobres. La tonalidad es gris oscuro a azulado verdoso.

Formación La Plata: sedimentos esencialmente loésicos, de tonalidad pardo amarillenta e intercalaciones de limos tripoláceos grises.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización del estudio se emplearon, como base cartográfica, hojas topográficas del Instituto Geográfico Militar y fotomosaicos a escala 1:50.000.

La valoración de los parámetros longitudinales y areales se obtuvieron mediante curvímetro y planímetro, respectivamente.

El cálculo de los parámetros se realizó en computadora digital P.D.P. 11, mediante el empleo de un programa elaborado por los autores (Tujchneider & Díaz, 1979).

CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS CUANTITATIVAS

Conceptos básicos

Para la determinación de los órdenes de cauces se ha seguido el criterio de Horton (op. cit.) y el posterior ordenamiento de Strahler (1952).

La porción superior y media de la cuenca del río Matanza resulta de orden 5 y las subcuenca de orden 4, a excepción del A^o Aguirre que es de orden 3.

En la determinación de los cauces de primer orden se siguió el criterio de considerar

como tales a aquellos tributarios de cabeceras en toda su extensión, independientemente del hecho que muchos de ellos han sido profundizados y prolongados artificialmente para facilitar encauzamiento o drenaje. Por ello, las longitudes medidas no son en totalidad resultado del desarrollo natural de la red.

Concretamente, se ha intentado comprobar si en esta cuenca se cumplen las leyes de Horton: ley de número de cauces, de longitud promedio de cauces, de pendiente media y la ley de áreas de Schumm. Estas leyes tienen significado estadístico y topológico.

La expresión matemática utilizada es:

$$Y = A \cdot e^{bx} \quad (1)$$

donde:

Y = variable dependiente, que es función de la ley analizada (número de cauces, longitudes promedio, pendientes medias y áreas medias).

x = variable independiente, que será el número de orden considerado (según el ordenamiento de Horton - Strahler).

A y B = coeficientes de regresión.

La ecuación se presenta de la forma:

$$Y = A (b)^x$$

B < 1 → inversa

B > 1 → directa

donde:

$$B = e^b$$

Primera ley de Horton: Ley del número de Cauces.

La ley del número de cauces es, probablemente, la más importante de todas las formuladas por Horton. Su fundamentación empírica dio lugar a posteriores explicaciones estadísticas.

Horton (op. cit.) expresa que "el número de cauces varía con el orden, en una manera que sugiere una progresión geométrica".

En efecto, se trata de una serie geométrica inversa en la cual la relación de bifurcación (Rb) es la base.

La Rb constituye un número adimensional muy importante ya que, al cuantificar la ramificación de la red, indica la forma del sistema de drenaje. Conceptualmente, Rb relaciona el número de cauces n_i con n_{i-1} , a partir de la formulación matemática que expresa la ley.

Según se ha comprobado hasta el presente, los valores de Rb fluctúan entre 2 y 5 (Strahler, 1957; Leopold y Langbein, 1962). Woldenberg (1972) considera que nunca la Rb puede ser superior a 7 y da como más posibles valores inferiores cercanos a 3.

El análisis de la red de drenaje de la porción superior y media de la cuenca del río Matanza se ha realizado de acuerdo con los conceptos vertidos.

En el cuadro 1 se muestra la cantidad de cauces de cada orden, para cada una de las sub-

cuenas y para la cuenca total. En el cuadro 2 se muestran las respectivas ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación obtenidos.

Seguindo la metodología propuesta por Strahler (1957), se ha representado gráficamente (fig. 2), la relación entre el número de orden (ordenadas aritméticas) y el número de cauces de cada orden (abscisas logarítmicas). El antilogaritmo del coeficiente de regresión de la recta resultante, es el valor de Rb.

Para el área analizada, la Rb es 2,776. El valor es coherente con lo formulado por Horton (op. cit.) en el sentido de que valores bajos de Rb corresponden a cuencas de gradiente suave y forma redondeada o, más propiamente con forma de "pera" (pear-shaped, Gregory y Walling, 1973 pp 52).

Con fines comparativos se ha determinado también el valor de Rb mediante el procedimiento de la "media ponderada" propuesta por Strahler (1953), así como por la fórmula de Schumm (op. cit.). Este último propone el cálculo de Rb según la expresión que denomina WRb o "media pesada":

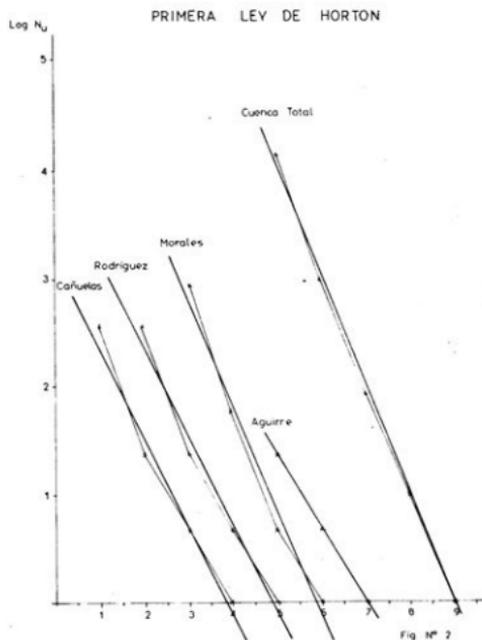
$$WRb = \frac{\sum [(Rb_{n:n-1} \times (N_n + N_{n-1}))]}{\sum N}$$

Tanto el valor de WRb = 2,718, obtenido para la cuenca total, como los Rb determinados por la "media ponderada" para cada una de las subcuencas (cuadro 3) se corresponden con el obtenido precedentemente.

Segunda Ley de Horton: Ley de longitud de cauces.

En este caso se parte de considerar que "la extensión promedio de los cauces de un orden dado, en una cuenca, toma la forma de una serie geométrica directa" Horton (op. cit.).

Para la cuenca del río Matanza, el planteamiento de las respectivas ecuaciones de regresión se expone en el cuadro 5. En la fig.



3 se muestra la longitud promedio de los cursos de cada orden, graficada en eje logarítmico y el orden en eje aritmético.

Los coeficientes de correlación observados indican que las subcuencas no muestran un buen ajuste; sólo para la cuenca total el valor de 0,995 del coeficiente, indica buena correlación.

Esto se refleja claramente en la fig. 3. La explicación de esta anomalía debe buscarse a través de la evolución geológico estructural de la región.

De todas las subcuencas consideradas, la del arroyo Cañuelas es la que presenta un mayor desajuste a consecuencia de la gran extensión de los cauces de orden 3 en relación a los de orden 4.

La relación de longitudes (R1), cociente entre la longitud media de los cauces de un orden dado (i) y la longitud media de los cursos de orden inferior ($i - 1$), Horton (op. cit.) se ha calculado por las dos metodologías descriptas, según el cuadro 6.

Los valores de R1 son bajos, pero muestran una relativa homogeneidad, tanto para las

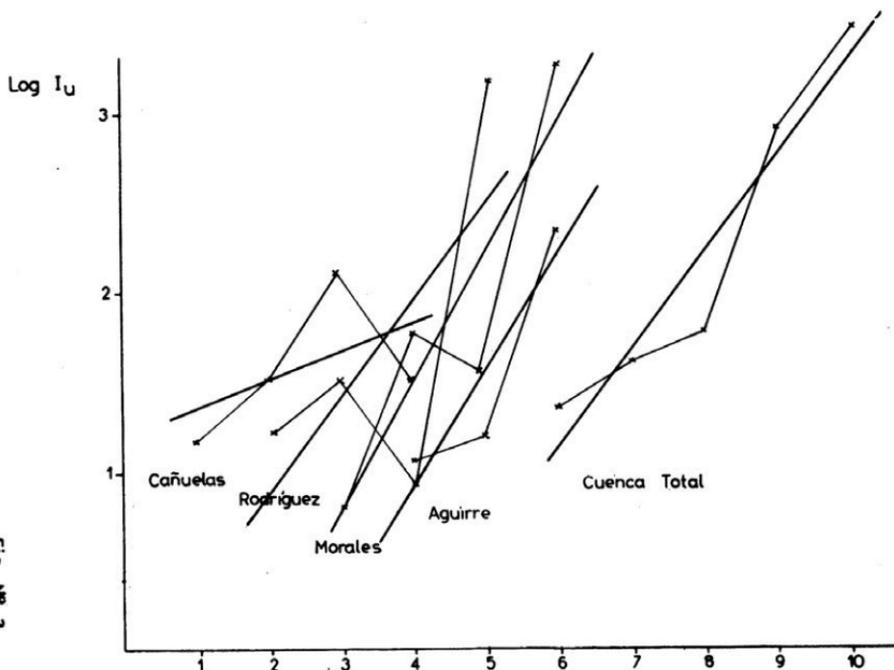
subcuencas como para cuenca total, según lo indican los desvíos standard. Al observar los resultados de R1 calculados por uno y otro método, se evidencia que para la cuenca total, donde el ajuste es bueno ($r = 0,955$) los resultados no difieren mayormente. Por el contrario, para las subcuencas con poco ajuste, los valores difieren considerablemente.

El cociente entre la relación de longitud y la relación de bifurcación fue designado por Horton (op. cit.) como rho ($\rho = R1/Rb$). Este es un parámetro que permite valorar la capacidad de almacenamiento de un sistema de drenaje.

En el cuadro 7 puede observarse que los valores de rho calculados por ambos métodos son muy semejantes para la cuenca total y difieren significativamente en las subcuencas.

De los valores observados surge como conclusión que la subcuenca del A^o Cañuelas, que presenta el más bajo valor de rho, ante un determinado volumen de precipitación, tendrá más rápidamente su caudal de pico que las restantes subcuencas.

SEGUNDA LEY DE HORTON



Tercera Ley de Horton: Ley de gradientes de cauces.

La relación entre gradiente medio de cauce y su orden se expresa por una serie geométrica inversa, Horton (op. cit.).

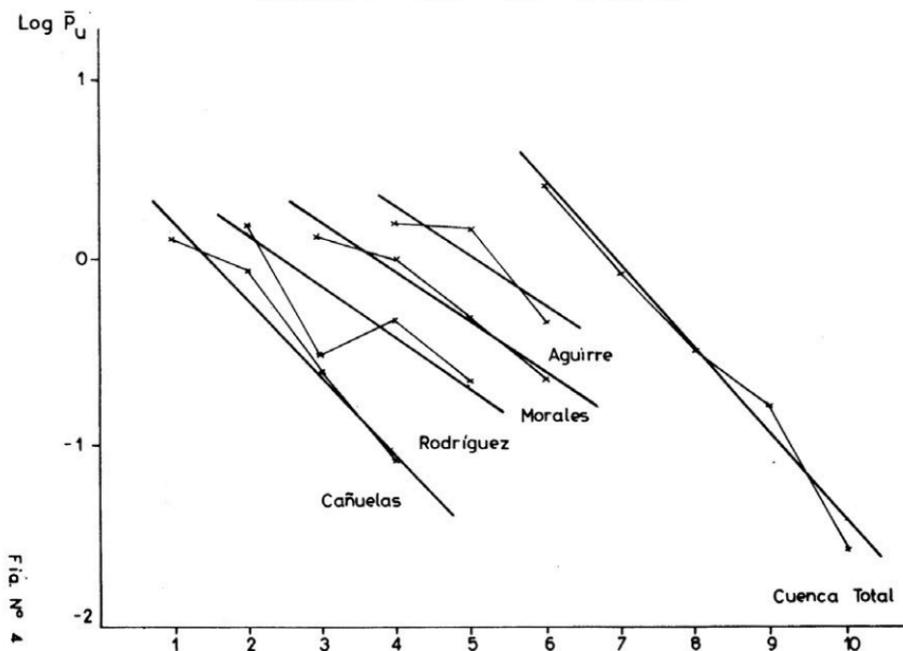
Procediendo en forma similar al tratamiento dado a las leyes anteriores, operando con los valores del cuadro 8 y con el planteamiento de las respectivas ecuaciones de regresión, cuadro 9, se comprueba que, al analizarlas conjuntamente a la representación gráfica correspondiente (fig. 4) hay un aceptable ajuste de las cuencas y subcuencas a esta ley.

El cuadro 10 ejemplifica el cálculo de la pendiente teórica del curso de mayor orden, tomando como base las ecuaciones de regresión de las subcuencas.

Ley de Areas de Schumm

Esta ley no se debe a Horton, sino que fue formulada siguiendo sus conceptos por Schumm (op. cit.). Así, se puede expresar que el área promedio de las cuencas de cada orden se aproxima a una serie geométrica directa. En esta serie el primer término es el área promedio de las cuencas de primer orden.

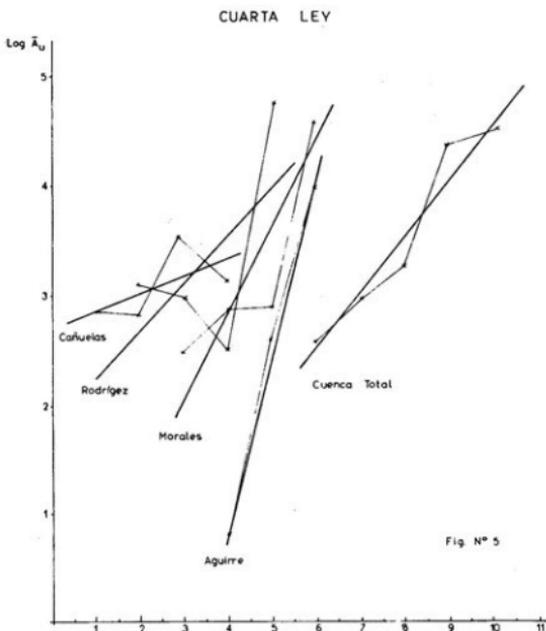
TERCERA LEY DE HORTON



El ajuste menor se da para las subcuencas de los arroyos Aguirre y Rodríguez. En esta última se nota un incremento en las pendientes de los cursos de orden 3 respecto del orden anterior, pero poco significativo en valor absoluto. En el A^o Aguirre las pendientes de orden 1 y 2 son particularmente similares.

Con los valores consignados en el cuadro 11 y graficando según la figura 5, se obtienen (cuadro 12) las correspondientes ecuaciones de regresión.

Se destaca claramente el desajuste de las subcuencas Cañuelas y Rodríguez. Muy buen ajuste presenta la subcuenca A^o Aguirre y el



coeficiente de correlación para la cuenca total es $r = 0,971$.

Al analizar esta ley se tiene en cuenta la relación de áreas medias (R_a) que es la base de la serie geométrica. El cuadro 13 da los valores de esta relación según se indicó precedentemente. Estos son similares para la subcuenca del A⁰ Aguirre y la cuenca total; difieren en distinto grado para las restantes subcuencas pobremente ajustadas.

En su valor absoluto, los R_a correspondientes a la subcuenca Cañuelas y cuenca total está por debajo de aquellos que indica la bibliografía como más comunes (Schumm, op. cit.; Chorley, 1957; Scheidegger, 1968).

PARAMETROS MORFOMETRICOS COMPLEMENTARIOS

Los parámetros complementarios contribuyen a definir los caracteres de la cuenca. Al respecto se debe aclarar la conveniencia, a los

finés de la interpretación, de utilizar sus resultados tanto en sistema métrico como sistema inglés. Ello facilita las comparaciones con valores similares de la bibliografía especializada.

Densidad de drenaje

La densidad de drenaje (D_d) es un indicador importante de la escala de los elementos geomorfales en una cuenca. Ha sido definida por Horton (op. cit.) como la suma de las longitudes de los cursos dividida por el área de la cuenca.

Strahler (1957) considera que, debido a su amplio rango de variación, es un valor de importancia primaria en el análisis de las geomorfias. Es innegable la relación que existe entre la densidad de drenaje y la intensidad de erosión. Al respecto Strahler (op. cit.) ha considerado esta relación y planteó la predicción de cambios morfológicos cuando la resistencia del suelo se ve disminuida por el uso de la tierra.

En el cuadro 15 se muestran los valores de D_d para la cuenca del río Matanza. Estos son bajos, corresponden a cuencas con drenaje "pobre" y exceden inferiormente a los valores publicados.

Longitud del flujo no encauzado

Se expresa por la fórmula $L_o = 1/2 D_d$ y responde a la formulación de Horton (op. cit.) en el sentido que significa la distancia que debe recorrer una gota desde que cae por precipitación hasta que se encauza.

Los valores de L_o se dan en el cuadro 16 y se encuentran comprendidos entre 0,93 a 1,73 Mi^2 / Mi ; ó 1,49 a 2,78 km^2 / km .

Constante de mantenimiento de cauce

Schumm (op. cit.) ha tomado la inversa de la densidad de drenaje como una propiedad, que llamó "constante de mantenimiento". Esto también se expresa como la pendiente de una regresión lineal del área sobre la longitud.

Strahler (1957) indica que significa el

área promedio que debe ser drenada para mantener cada unidad de longitud de canal.

El cuadro 17 muestra los valores de C_c e indica que, para la cuenca total se debe drenar en promedio $2,38 \text{ Mi}^2$ para generar 1 Mi de longitud de canal. Lo que se expresa como $3,83 \text{ km}^2 / \text{km}$, en sistema métrico.

Frecuencia de cursos

Ha sido definida por Horton (op. cit.) como el número total de cursos de la red

considerada, dividido por el área de la cuenca.

La F_c está relacionada con la D_d y esto fue analizado por Melton (1958). Al formular el cociente F_c/D_d^2 , considera que es para establecer la posibilidad de comparación de los parámetros entre diversas cuencas.

Los valores de F_c , cuadro 17, presentan variaciones que van desde $0,102$ a $0,212 \text{ l/mi}^2$; ó $0,39$ a $0,082 \text{ l/km}^2$.

CUADRO 1

Número total de cursos de agua

ORDEN	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
1	13	13	19	4	64
2	4	4	6	2	20
3	2	2	2	1	7
4	1	1	1	-	3
5	-	-	-	-	1

CUADRO 2

Ecuaciones de regresión para la primera ley de Horton

SUBCUENCA	ECUACION	COEF. DE CORRELACION
Cañuelas	$Y = 26.0 \cdot (0.4322)^X$	$r = -0.9901$
Rodríguez	$Y = 26.0 \cdot (0.4322)^X$	$r = -0.9901$
Morales	$Y = 46.54 \cdot (0.3704)^X$	$r = -0.9941$
Aguirre	$Y = 8.0 \cdot (0.5000)^X$	$r = -1.0000$
Cuenca total	$Y = -164.73 \cdot (0.3601)^X$	$r = -0.9988$

CUADRO 3

Relación de bifurcación (calculada como la inversa del coeficiente de regresión)

SUBCUENCA	Rb	Rb "media ponderada de Strahler"
Cañuelas	2.31	2.41
Rodríguez	2.31	2.41
Morales	2.698	2.72
Aguirre	2.00	2.00
Cuenca Total	2.77	2.84

CUADRO 4

Longitud promedio de los cursos de cada orden (Km)

ORDEN	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
1	3.26	3.33	2.23	2.89	3.85
2	4.56	4.50	5.92	3.38	4.98
3	0.83	2.50	4.75	10.5	5.92
4	4.50	24.00	26.00	-	18.17
5	-	-	-	-	32.00

CUADRO 5

Ecuaciones de regresión para la segunda Ley de Horton

SUBCUENCA	ECUACION	COEF. DE CORRELACION
Cañuelas	$Y = 3.29 \cdot (1.1677)^X$	$r = 0.5186$
Rodríguez	$Y = 1.44 \cdot (1.7053)^X$	$r = 0.6796$
Morales	$Y = 1.06 \cdot (2.0438)^X$	$r = 0.8975$
Aguirre	$Y = 1.29 \cdot (1.9061)^X$	$r = 0.9154$
Cuenca Total	$Y = 1.75 \cdot (1.7381)^X$	$r = 0.9560$

CUADRO 6
Relación de longitud

SUBCUENCA	RI	RI (media ponderada de Strahler)
Cañuelas	1.16	1.25
Rodríguez	1.70	3.83
Morales	2.04	2.98
Aguirre	1.91	2.14
Cuenca Total	1.74	1.83

CUADRO 7
Coeficiente RHO

	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
RHO	0.505	0.737	0.757	0.953	0.626
RHO s/Strahler	0.517	1.587	1.094	1.071	0.642

CUADRO 8
Pendiente media de los cursos de cada orden (m/Km)

ORDEN	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
1	1.124	1.204	1.144	1.224	1.492
2	0.934	0.612	1.032	1.200	0.930
3	0.544	0.718	0.732	0.712	0.608
4	0.320	0.520	0.524	-	0.456
5	-	-	-	-	-

CUADRO 9
Ecuación de Regresión para la tercera Ley de Horton

SUBCUENCA	ECUACION	COEF. DE CORRELACION
Cañuelas	$Y = 1.88 \cdot (0.6564)^X$	$r = -0.9825$
Rodríguez	$Y = 1.27 \cdot (0.7938)^X$	$r = -0.8101$
Morales	$Y = 1.60 \cdot (0.7634)^X$	$r = -0.9772$
Aguirre	$Y = 1.74 \cdot (0.7629)^X$	$r = -0.8791$
Cuenca Total	$Y = 2.42 \cdot (0.6298)^X$	$r = -0.9874$

CUADRO 10

Cálculo de la pendiente del Curso de Orden máximo, a partir de la ecuación de regresión

	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
Pendiente de cauce orden 5	0.349	0.400	0.414	0.449	0.239

CUADRO 11

Áreas promedio correspondientes a los cursos de cada orden

ORDEN	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
1	17,65	22,11	12,07	2,25	13,17
2	16,885	20,03	17,67	13,40	19,212
3	35,15	12,14	18,10	49,80	25,79
4	23,00	115,73	97,46	-	78,73
5	-	-	-	-	89,14

CUADRO 12

Ecuaciones de Regresión para la Cuarta Ley

SUBCUENCA	ECUACION	COEF. DE CORRELACION
Cañuelas	$Y = 21.38 \cdot (0.9463)^X$	$r = - 0.1532$
Rodríguez	$Y = 8.54 \cdot (1.5756)^X$	$r = 0.5766$
Morales	$Y = 5.13 \cdot (1.8789)^X$	$r = 0.8753$
Aguirre	$Y = 0.52 \cdot (4.7046)^X$	$r = 0.9962$
Cuenca Total	$Y = 7.08 \cdot (1.6879)^X$	$r = 9.9662$

CUADRO 13

Relación de Áreas Medias

SUBCUENCA	Ra	Ra s/media ponderada de Strahler
Cañuelas	0.94	1.12
Rodríguez	1.57	3.66
Morales	1.88	2.60
Aguirre	4.70	4.84
Cuenca Total	1.69	1.75

CUADRO 14

Valores del Desvío Standart para las distintas regresiones

CUENCA \ LEY	1°	2°	3°	4°
Cañuelas	1.13	2.00	0.096	10.54
Rodríguez	1.13	7.34	0.171	39.03
Morales	1.06	5.04	0.075	21.36
Aguirre	0.00	1.48	0.159	3.19
C. Total	2.46	2.90	0.048	12.087

CUADRO 15
Densidad de Drenaje

	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
L. de Cursos (Mi)	50.77	56.06	70.46	17.86	194.61
Area (Mi ²)	150.73	195.96	181.15	33.05	296.53
	0.34	0.29	0.39	0.54	0.42
	0.211	0.18	0.242	0.335	0.26

CUADRO 16

Longitud del flujo no encauzado

	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
L ₀ Mi ² / Mi	1.49	1.73	1.28	0.93	1.19
L ₀ Km ² / Km	2.365	2.784	2.059	1.496	1.915

CUADRO 17

Constante de Mantenimiento de Cauce

	CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
C _c Mi ² / Mi	2.94	3.45	2.56	1.85	2.38
C _c Km ² / Km	4.73	5.55	4.119	2.977	3.83

CUADRO 18

Frecuencia de cursos

		CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
F _c	1/Mi ²	0.133	0.102	0.155	0.212	0.136
	1/Km ²	0.051	0.039	0.060	0.082	0.053

CUADRO 19

Relación de frecuencia de cursos y el cuadrado de la densidad de drenaje.

		CAÑUELAS	RODRIGUEZ	MORALES	AGUIRRE	CUENCA TOTAL
F _c / D _d ²		1.150	1.213	1.019	0.727	0.771

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Luego de realizar el análisis de Horton para la porción superior y media de la cuenca del Río Matanza, se puede considerar que: con respecto a la primera ley de Horton (Ley de número de cauces), ésta se cumple con buen ajuste, según los valores del coeficiente de correlación.

Los Rb obtenidos, confirman en su valor absoluto las características de la cuenca en cuanto a forma y bajas pendientes. El hecho que Rb sea diferente para la cuenca principal y las subcuencas indica que se está ante una cuenca "estructuralmente no-hortoniana". Es decir que en este caso se pueden considerar "ciclos" o "generaciones" de cauces, en los cuales Rb cursos de primer orden se combinen para formar uno de segundo orden y así sucesivamente (correspondiendo a una red de orden N y relación de bifurcación $Rb = n_i - 1/n_i$, para el número n_i de cursos de orden i, con i menor o igual que N y donde todas las subcuencas de orden M, menor que N cumplen la propiedad con la misma relación de bifurcación).

De acuerdo a Scheidegger (1968) y tal como lo indicó Smart (1967), es posible conce-

bir cuencas que obedezcan a la ley de Horton del número de cursos, pero que no sean estructuralmente hortonianas.

Teniendo este precedente Scheidegger (op. cit.) plantea que: "las redes son simples bifurcaciones topológicas arborecentes. Si la naturaleza opera completamente al azar, todas las arborecencias posibles deben ser igualmente probables. Estas arborecencias pueden o no ser estructuralmente hortonianas".

La segunda ley de Horton no presenta buen ajuste del coeficiente de correlación, excepto para la cuenca total.

El comportamiento de las subcuencas denota, en el caso del A^o Cañuelas, un sobredimensionamiento de los cursos de orden 3 a expensas del poco desarrollo de los del orden 2 y 4. Al respecto, si bien la red no se desarrolló siguiendo la estructuración de Horton, se entiende que, desde el punto de vista geológico, los movimientos epigénicos del pospampiano han contribuido para determinar la configuración actual.

La cuenca cumple con bastante buen ajuste la tercera ley.

El cálculo de la pendiente teórica que se obtiene para el curso de orden máximo, partien-

do de las ecuaciones de regresión de las subcuencas, indica que no hay ajuste entre las pendientes de los cursos de mayor orden de las subcuencas y la pendiente del curso principal. A la vez los valores obtenidos confirman, al compararlo con los reales, que tanto las subcuencas consideradas individualmente como la cuenca en totalidad, no han llegado aún, a través de su desarrollo, a lograr una configuración equilibrada.

Respecto de la Ley de áreas se plantean los mismos desajustes que se observan en la segunda ley.

En forma global y de acuerdo a los valores de desvíos standard del cuadro 14, se puede concluir que, en la porción superior y media de la cuenca del río Matanza, las leyes de composición del drenaje no presentan desvíos significativos. La ley de áreas de Schumm, en cambio, presenta los valores más elevados.

El valor de D_d obtenido indica un drenaje pobre, pero debe considerarse que las características de baja pendiente dan lugar a la formación de zonas anegadizas, lo que retrasa el establecimiento del flujo encauzado, situación que se observa aún en zonas de cabeceira.

Según el valor de C_c se requiere drenar $2,38 \text{ mi}^2$ para alimentar una milla de canal ($3,83 \text{ km}^2 / \text{km}$).

El cálculo de C_c según el método de Morisawa (1962) para esta cuenca da valores muy desviados, lo que confirma las apreciaciones vertidas respecto del grado de desarrollo de la red.

CONCLUSIONES

La cuenca del río Matanza, desarrollada sobre sedimentos predominantemente pelíticos en un área afectada por movimientos epirogénicos neocuartarios presenta, en su porción superior y media, una red de drenaje estructuralmente no-hortoniana.

Los estudios morfométricos ponen en evidencia un cierto grado de desajuste en las leyes de longitud de cauces y de áreas medias. Esto

sugiere que la cuenca aún no ha completado su desarrollo.

Si bien el sistema puede aún, teóricamente, evolucionar hacia un estadio de equilibrio, es probable que éste no se alcance armónicamente debido a las crecientes modificaciones antrópicas.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Mario F. Fili por sus valiosos aportes a este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BARBERO, A.J., 1973. Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Matanza, pp 172. Ed: Dto. Hidrología y Sección Servicios M.O.P. Pcia. Bs. As.
- CHORLEY, R., 1957. Illustrating the laws of morphometry. - *Geol. Magazine*, 94: 140-150.
- FRENGUELLI, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y geología de la Pcia. de Bs. Aires. LEMIT - Serie II (33) 1-72. La Plata.
- GROEBER, P., 1945.- Las aguas surgentes y semisurgentes del Norte de la Pcia. de Buenos Aires.- *Revta. La Ingeniería* 49,6: 371-387.
- GREGORY, K.J. & WALLING, D.E., 1976. Drainage Basin Form and Process. pp 438. Ed.: Arnold. Londres.
- HORTON, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56, 3: 275-370.
- LEOPOLD, L. & LANGBEIN, W.B., 1962. The concept of entropy in landscape evolution. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 500 - A: A1 - A20.
- MELTON, M., 1958. Geometric properties of mature drainage systems and their representation in a E-4 phase space. *J.Geol.*, 66: 35 - 36.
- MORISAWA, M., 1962. Quantitative geomorphology of some water-sheds in the Appalachian plateau.- *Geol. Soc. Amer. Bull.*- 73: 1025 - 1046.
- SALA, J.M. & CECI, H., 1968. Características Físicas de la red de drenaje del noreste de la Pcia. de

- Bs.Aires. III Congreso del Agua. Actas de San Juan.
- SCHEIDEGGER, A.E., 1968. Horton's law of stream numbers.- Water Resources Research. 4, 3: 655 - 658.
- SCHUMM, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey.- Geol. Soc. Amer. Bull., 67: 597 - 646.
- SMART, J.S., 1967. A comment on Horton's law of stream numbers.- Water Resources Research, 3, 3: 773 - 776.
- STRAHLER, A.N., 1952. Hipsometric (area - altitude) analysis of erosional topography.- Geol. Soc. Amer. Bull. 63: 1117 - 1142.
- STRAHLER, A.N., 1953. Revisions of Horton's quantitative factors in erosional. Paper Hydrol. Am. Geophys Union. Washington.
- STRAHLER, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology.- Trans. Am. Geophys. Union., 38, 6: 913 - 925.
- TUJCHNEIDER, O.C., 1974. Informe preliminar sobre el estado actual del conocimiento en la cuencia del Río Matanza. Cátedra de Hidrogeología. Fac. de Cs. Naturales y Museo. La Plata. inédito.
- TUJCHNEIDER, O.C. & DIAZ, E.L., 1979. Programa para el cálculo de parámetros geomorfológicos. En prensa.
- WOLDENBERG, M.J., 1972. The areage hexagon in spatial hierarchies. En: Chorley, R.J. ed. Spatial analysis in geomorphology Methuen & Co.: 323 - 352. Londres.
- ZAMBRANO, J.J., 1974. Cuencas Sedimentarias en el subsuelo de la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. Revta. Asoc. geol. argent. 24, 4: 443 - 469.