

MORFOMETRIA DE LA CUENCA DEL RIO AYAVIRI

MSC. Andrés Choquehuanca H.*

INTRODUCCION

La Nueva Geografía llamada Geografía Cuantitativa y Teorética por haber desarrollado la cuantificación en el estudio del espacio terrestre, se caracteriza fundamentalmente por el uso de las técnicas matemáticas y estadísticas, en oposición a la geografía tradicional que era cualitativa. Esta nueva orientación, desarrollada inicialmente en los Estados Unidos de Norteamérica, se difundió rápidamente en los centros de investigación científica, hasta que hoy es aplicada como una nueva opción en los estudios geográficos.

Con la Revolución cuantitativa o teorética como la llamaron Burton y Bunge, nuevas ideas y nuevos métodos se implementan sobre todo en el campo de la Geografía Física y dentro de ella en la Geomorfología.

Cabe mencionar a W.M. Davis como el fundador de la Geomorfología como una disciplina autónoma y fundamentada. En el curso de los años, rápidamente progresó la Geomorfología con el desarrollo de las ciencias naturales, surgiendo por tanto muchas especialidades, una de ellas la Geomorfología Fluvial, como ciencia del estudio del relieve tallado por los ríos; esto es el análisis de las cuencas hidrográficas por constituir unidades espaciales que tienen mucha importancia para la comprensión de los paisajes geográficos.

* Profesor Principal, Facultad de Geología y Geografía, Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco.

Actualmente existe mucha preocupación por parte de los geomorfólogos, hidrólogos, edafólogos, geólogos y de todos los especialistas abocados en investigar las cuencas hidrográficas con fines de aprovechamiento de sus recursos particularmente hídricos para diferentes necesidades, no solo en Estados Unidos, Europa, sino también en nuestro país.

Los trabajos iniciales de Roberto Horton (1945) significaron cambio radical en el estudio de las cuencas hidrográficas, sobre todo en las redes de drenaje.

Nuestro estudio se denomina MORFOMETRIA DE LA CUENCA DEL RIO AYAVIRI, porque pretendemos aplicar la cuantificación en el estudio de la red de drenaje del río Ayaviri, particularmente se intenta establecer los diferentes parámetros o índices morfométricos. Para el efecto utilizamos las cartas topográficas a escala de 1:100,000, técnicas e instrumentos no sofisticados y fórmulas establecidas por los geomorfólogos como Horton, Strahler, Morisawa, Smith, Miller, Schumm, Sheididegger, Milton, Gandolfi, Christofletti y otros. Para nuestro estudio utilizamos la metodología de análisis de cuencas de Christofletti.

LOCALIZACION

La cuenca del Río Ayaviri, se encuentra localizada en el NW del lago Titicaca y de la Gran Cuenca del mismo nombre, ocupando una importante área en el ángulo NW entre las cordilleras Occidental y Oriental entre 3825 y 5472 m de altitud entre los pisos altitudinales de Puna o Meseta y Nival o cordillera, abarcando las provincias de Melgar y Lampa y parte de la Provincia de Azángaro; entre las coordenadas geográficas $14^{\circ}42' 47''$ y $14^{\circ}24' 01''$ Lat.S; $71^{\circ}06' 46''$ y $70^{\circ}09' 06''$ Long W. limitando con las cuencas hidrográficas de Azángaro (NE), Vilcanota-Urubamba (NW) Apurímac (W) y Lampa (S). (Ver Fig. N° 1).

ANALISIS AREAL

Mediante el procedimiento de la cuadrícula resulta 5,531.10 km² y el perímetro de 485 km de longitud. La longitud de la Cuenca que viene a constituir la mayor distancia con respecto a la desembocadura del río principal, es de 129.2 km. (Nevado Sta. Juana-Achaya). Para este parámetro fuera de esta medida, los geomorfólogos establecen otras, tales la medida entre la desembocadura y el punto mas elevado, resultando en este caso 126,100 km (Chimboya-Achaya). Otra medida importante es la equidistancia del perímetro de la cuenca, resultando 111 km.

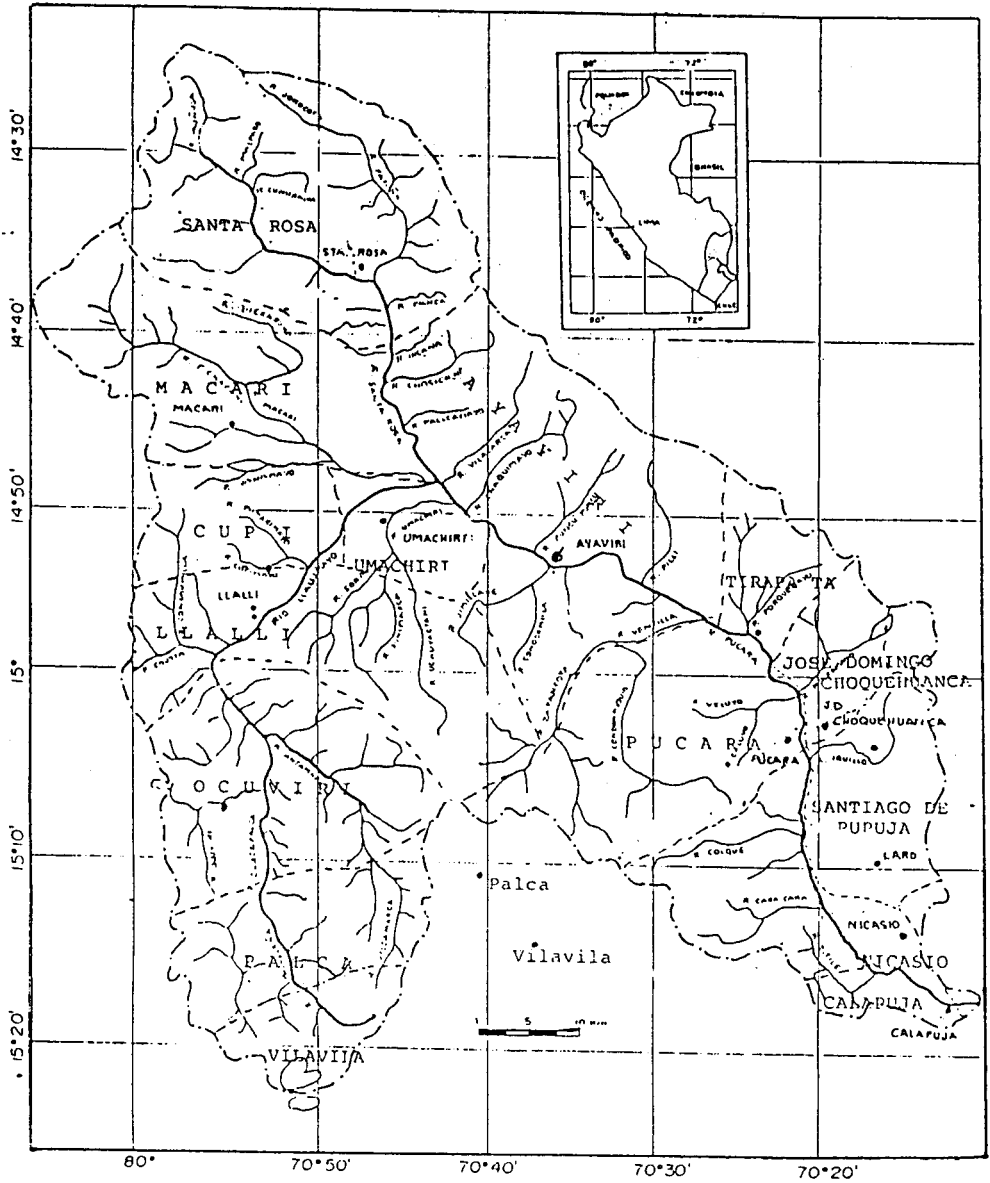


FIG. N° 1: CUENCA HIDROGRAFICA DE AYAVIRI

Para la jerarquización fluvial, fueron considerados todos los ríos permanentes y efímeros que sobrepasan de 1000 m, mediante el sistema de ordenación Hortón modificado por Strahler y medidos sus índices y parámetros conforme se observa en los cuadros respectivos, resultando 959 ríos o canales, 725 segmentos fluviales, 725 canales de primer orden y 1 de quinto orden.

La forma de la cuenca a simple vista parece tener forma triangular, sin embargo la forma trapezoidal es la que mas se aproxima; pero los especialistas para evitar subjetividades idearon algunos índices como los siguientes: índice de circularidad 0.54, índice de Forma 1.8, relación ente área y longitud de la cuenca 1.73. Se aclara que cuando los parámetros resultan la unidad (1.0) o se aproxima a dicha cifra, significa una cuenca evolucionada y bien organizada. Los parámetros obtenidos indican que la Cuenca Fluvial de Ayaviri no es organizada por tanto no es evolucionada. Sus diferentes variables no están ni se acercan al equilibrio, existiendo por tanto control estructural y litológico.

Los parámetros relacionados con el drenaje resultan ser la densidad de la red hidrográfica 0.13 (0.13 ríos por km²), densidad de drenaje 0.59 (0.59 km de canal por km² de área), densidad de segmentos 0.173. Estos valores son muy bajos de acuerdo a las escalas de Strahler y otras. Además la distribución de los canales fluviales no es homogénea, correspondiendo las mayores densidades a las áreas controladas por los glaciares. La textura topográfica es 0.88; que según la fórmula de Smith (1950) es baja o representa una textura gruesa (menor a 2.5 es gruesa).

Los valores de densidad de ríos, densidad de drenaje, densidad de segmentos y algunos otros índices están relacionados con las condiciones ambientales como el clima, tipo de rocas y formas de relieve.

ANALISIS LINEAL

Los parámetros de análisis lineal están relacionados principalmente con los canales fluviales. Estos parámetros son: longitud del río principal o de mayor jerarquía de la cuenca. Al respecto, ponemos en discusión, porque es tradicional considerar al Río Santa que nace del Paso de la Raya como el río de máxima jerarquía y por tanto canal principal de la cuenca; sin embargo jerarquizando los canales fluviales resultan el río que nace del Nevado de Sallali llamado Llallimayo como el río de mayor jerarquía y por tanto el canal que comanda el drenaje de la cuenca, por presentar 218.5 km de longitud, 1974.56 km² de cuenca de recepción y de quinto orden, frente a 205.3 km de longitud, 882.66 km² de cuenca de recepción y cuarto orden del río Santa Rosa.

Respecto a la relación de bifurcación, los geomorfólogos nos indican que teóricamente varía entre 2.0 a 6.0; sin embargo aplicando las respectivas fórmulas, la cuenca presenta la Rb. que varía entre 4.1 a 11.0; correspondiendo 4.1 a los canales de orden inferior y 11.0 para los canales de orden superior (5/4). La Relación Ponderada de Bifurcación resulta 4,942, este es el valor medio encontrado en la cuenca.

Respecto de la Relación de Longitud Media de los canales de cada orden, es semejante a la Rb, resultando los siguientes valores: 1.38 para 2/1, 1.96 para 3/2, 2.71 para 4/3 y 9.53 para 5/4, observándose aquí el incremento de orden inferior a superior.

La relación entre el índice de longitud media de canales y el índice de bifurcación resultan conforme a Horton los valores siguientes: 0.307 para 1/2, 0.607 para 2/3, 0.545 para 3/4 y 0.967 para 4/5.

La Extensión del Percurso Superficial (Rps) resulta 0.847, que significa que las aguas de lluvia deben recorrer un promedio de 847 m. antes de llegar al canal permanente

ANALISIS ALTITUDINAL

De los varios parámetros utilizables solamente analizamos algunos, como siguen a continuación:

Amplitud altimétrica máxima (Hm) 1647 m, que resulta de la diferencia entre el punto más elevado (Nevado de Chimboya) y el punto más bajo (desembocadura del río en Achaya). Esta relación es relativamente significativa; las áreas más altas se localizan en la periferia de la cuenca.

Relación de relieve (Rr) conforme a Schumm, constituye la relación entre la amplitud altimétrica máxima y la longitud de la cuenca; aplicando la fórmula resulta 0.0127, por tanto existe un desnivelamiento aproximado de 13.0 m por cada km de distancia, Índice de disecación resulta 685.0; mientras el índice de rugosidad 971.73. Esta cifra refleja los aspectos del declive y de la longitud de las vertientes.

Gradiente de canales, que constituye la diferencia altitudinal entre los puntos de origen y desembocadura del río. Conforme a la relación V/H.100, el canal principal (río Llallimayo-Ayaviri) tiene 0.49% que equivale a un descenso de 5 m por cada km de recorrido, observándose la gradiente próxima a su

nacimiento con 2.29% por espacio de 22 km; mientras que el río Santa Rosa-Ayaviri presenta una Gc de 0.65% que equivale a 6.5 m de desnivelamiento por cada km de recorrido, también se observa una gradiente fuerte cerca de su origen con 12.86% por espacio de 8 km.

Gradiente de canales por orden: 9.5% (5°25') para el primer orden, 3.2% (1°51') para el segundo orden, 1.9% (1°07') para el tercer orden, 0.6% (0°20') para el cuarto orden y 0.15% (0°05') para el quinto orden.

ANALISIS DE VOLUMEN Y SEDIMENTOS

La cuenca como sistema integrado por ríos, transporta agua y sedimentos, provenientes de toda la cuenca hacia el canal principal para depositarlos finalmente cuando se anula su capacidad y competencia. Conforme a los datos proporcionados por la estación pluviométrica del Ministerio de Agricultura-Zonal Ayaviri, las medidas de volumen de agua de algunos meses de 1978 a 1982 medidos sobre el puente Ayaviri y Lallimayo resultan 37.0 m³/seg y 17.23 m³/seg respectivamente. Deduciendo de la primera cifra, donde está incluido el caudal del río Lallimayo y otros como el río Umachiri, Vilacarca, Chaquimayo, Puncu Puncu y Jimillane que desembocan aguas abajo de las confluencias de los ríos Santa Rosa y Lallimayo, se tiene para el Río Santa Rosa y los ríos mencionados, un caudal 19.76 m³/seg.

Respecto de los sedimentos recogidos a 1 km antes de la confluencia de ambos ríos, analizados y procesados en el laboratorio mediante el programa GUWASIC resulta, tanto la mediana como la media aritmética gránulo para Lallimayo y arena gruesa para el río Santa Rosa.

CUADRO RESUMEN MORFOMETRICO CUENCA DEL RIO AYAVIRI

Orden	N°C	Rb.	Lt	Lm	Rlm	Gmc(%)
1er	725	-	1874.5	2.58	-	9.5
2°	17778	4.1	636.8	3.57	1.383	3.2
3°	44	4.0	352.1	7.00	1.960	1.9
4°	11	4.0	214.2	19.00	2.714	0.6
5°	1	11.0	181.1	181.10	9.531	0.15
	959	3258.7	3.398		-	-

CONCLUSIONES

- a) Ha sido posible con la utilización de cartas topográficas de 1:100,000, determinar las variables morfométricas, analizar y describir la Cuenca Hidrográfica de Ayaviri.
- b) No se hicieron comparaciones con los parámetros morfométricos de otras cuencas hidrográficas del Perú, por carecer de datos; pero sí con patrones existentes en la bibliografía.
- c) A pesar de su localización dentro de un sistema endorreico (Sistema Fluvial del Lago Titicaca) afectada por la tectónica Andina, se trata de una cuenca hidrográfica no plenamente desarrollada, conforme demuestran los parámetros ligados al drenaje y relieve. Se agrega que los parámetros ligados al drenaje son bajos en relación a otras cuencas comparadas.
- d) Que la idea tradicional de considerar al río Santa Rosa-Ayaviri como el río principal de la cuenca, se modifica con la nueva posición en el que el río Llallimayo que nace del Nevado de Sallali (Lampa) es el canal principal de la cuenca, por presentar mayor longitud, mayor cuenca de recepción, mayor jerarquía, mayor volumen de agua arrastrado y mayor capacidad y competencia en relación al río Santa Rosa.

BIBLIOGRAFIA

CHRISTOFOLETTI, Antonio

- 1969 "Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas". En *Notícia Geomorfológica*, 9(18) Campinas.
- 1970 *Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas do Planalto de Pocos de Caldas*. Tese de Livre docencia, F.F. C.L. Río Claro.
- 1973 "Análise Topológica das Redes Fluvias" In *Geografia Teorética*. Río Claro 3(6).
- 1974 *Geomorfologia*, Blucher Ltda S.A. São Paulo.
- 1981 *Geomorfologia Fluvial o Canal Fluvial*. Blucher Ltda S.A. São Paulo.

FERREIRA A., Sandra L.

- 1986 "Meio Ambiente e la Estruturação de Bacias Hidrográficas.. Tese de Mestrado UNESP Sao Paulo.

GANDOLFI, Nilson

1971 "Análise Morfométrica de Drenagem na Bacia do Río Moggi Guasso".
En *Notícia Geomorfológica* UCC. Vol II Nº 21

MORISAWA, María

1985 *Rivers: Form and Process Geomorphology*. Edit km Clayton University
New York.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN)

1965 *Programa de Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del
Depto de Puno*. Lima

STRAHLER, Arthur

1985 *Geografía Física*. Omega Barcelona.