

**IAHR**

**AIH**

**XXVI CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA  
SANTIAGO, CHILE, AGOSTO DE 2014**

**SIMILITUD HIDRÁULICA DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS  
ALTOANDINOS Y TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN  
HIDROMEOROLÓGICA**

*Oswaldo Ortiz Vera*

*Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú*

*ingoov@gmail.com*

**RESUMEN:** El objeto del presente trabajo es encontrar las condiciones de semejanza hidráulica entre sistemas hidrológicos altoandinos, para lo cual los parámetros adimensionales en hidrología, al igual que en mecánica de fluidos, juegan un papel importante. Se encontró que los parámetros de Gravelius, relación de confluencias y coeficiente orográfico, constituyen las condiciones necesarias y suficientes para la semejanza hidráulica de naturaleza geométrica, cinemática y dinámica, respectivamente, entre sistemas hidrológicos altoandinos. A partir de tales condiciones de semejanza, mediante criterios de análisis dimensional, se determinan los parámetros adimensionales mediante los cuales se intercambia información entre sistemas hidrológicos altoandinos similares.

**ABSTRACT:** The purpose of this work is to find the conditions of hydraulic similarity between Andean water systems, for which the dimensionless parameters in hydrology, as in fluid mechanics, play an important role. We found that Gravelius parameters, convergence and orographic ratio coefficient, are the necessary and sufficient conditions for hydraulic similarity geometric, kinematic and dynamic respectively between Andean nature water systems. From such conditions similarity criteria by dimensional analysis, the dimensionless parameter by which hydrological information between similar Andean exchange systems are determined.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema, similitud, transferencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La información de escorrentías es la base de todo proyecto de aprovechamiento hídrico, información que no siempre es disponible, sobre todo en países en vías de desarrollo. La falta de información, unido a la carencia de metodologías que utilicen pocos datos para un análisis regional consistente; crea toda una problemática que dificulta el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos. Situación que conduce a la búsqueda constante de metodologías sencillas que permitan generar información local, con calidad lo suficientemente aceptable para fines prácticos, lo cual se consigue con sistemas hidrológicos, aproximadamente similares hidráulicamente.

El estudio de similitud entre modelo y prototipo, unido a la adecuada operación del modelo, ha hecho posible la construcción de grandes obras en los diferentes campos de la ingeniería. Sin embargo, aun cuando el hombre es el creador artificial de todo esto, no ha podido llegar a una total similitud; pero estos resultados, transferidos al prototipo, han sido suficientes como para solucionar gran cantidad de problemas en la práctica. En los sistemas hidrológicos ocurre algo similar, no el hombre sino la naturaleza, a través de millones de años, se encargó de construir cierta similitud entre sistemas hidrológicos, mediante una acción constante de causa-efecto en los sistemas naturales, y que ahora el hombre puede encontrar y aprovechar para fines de transferencia de información. Para este hallazgo, hay necesidad de definir cuáles son las condiciones geomorfológicas e hidráulicas que conducen a una similitud hidráulica total aproximada entre sistemas hidrológicos altoandinos. Hay que reconocer que tales unidades hidrológicas, por ser las más apartadas, resultan siendo también las más afectadas en materia disponibilidad de información. Los criterios de similitud entre sistemas hidrológicos son los mismos que se utilizan en mecánica de fluidos, puesto que, hidráulicamente hablando, la escorrentía superficial a través de los cursos naturales, constituye para los sistemas hidrológicos un verdadero patrón de flujo a nivel macro.

## ANÁLISIS DIMENSIONAL DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS

El fenómeno físico de escorrentía (efecto) viene a ser la respuesta a la acción de las precipitaciones pluviales (causa) sobre la cuenca; respuestas que, obviamente, son idénticas si la naturaleza intrínseca (geomorfología, topografía, suelo, cobertura, etc.) de los sistemas hidrológicos también lo es. Las variables que componen este importante fenómeno superficial, determinadas luego de un proceso de selección de variables, son las que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.- Variables dimensiones**

<b>Variables principales del fenómeno físico precipitación-escorrentía</b>	
<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>
1. Precipitación pluvial: <b>P</b>	$LT^{-1}$
2. Intensidad de precipitación pluvial: <b>I</b>	$LT^{-1}$
3. Periodo de duración de la lluvia: <b>t</b>	$T$
4. Proyección del área receptora colectora: <b>A</b>	$L^2$
5. Desnivel sobre el nivel del mar: <b>H</b>	$L$
6. Caudal de escurrimiento: <b>Q</b>	$L^3T^{-1}$
7. Perímetro de la cuenca: <b>p</b>	$L$

Ortiz V. (2003), empleando el teorema PI o de Buckingham, ha agrupado las variables de la Tabla.1 en cinco parámetros adimensionales siguientes:

$$\pi_1 = \frac{Q}{AP} \quad [1]$$

$$\pi_2 = \frac{H}{\sqrt{A}} \quad [2]$$

$$\pi_3 = \frac{I * t}{H} \quad [3]$$

$$\pi_4 = \frac{Q}{I * A} \quad [4]$$

$$\pi_5 = \frac{p}{\sqrt{A}} \quad [5]$$

Donde:

$\pi$  = Parámetro adimensional

$Q$  = Caudal de escurrimiento

$A$  = Proyección del área receptora colectora sobre un plano horizontal

$P$  = Precipitación pluviométrica

$H$  = Altitud media sobre el nivel del mar

$I$  = Intensidad de precipitación

$t$  = Periodo de duración de la intensidad de precipitación

$p$  = Perímetro de la cuenca

## PARÁMETRO ADIMENSIONAL DE FORMA

El parámetro adimensional de la ecuación (5) describe la geometría o forma de la cuenca, la misma que influye en las características de la respuesta del sistema frente a la variable causal. Multiplicando ambos miembros de esta ecuación por 0.28, resulta otro parámetro adimensional expresado mediante la ecuación [6], donde el primer miembro ( $K_c = 0.28 * \pi_5$ ) se conoce como Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius, el mismo que expresa relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro que tendría un círculo imaginario de igual área que la cuenca.

$$K_c = \frac{0.28p}{\sqrt{A}} \quad [6]$$

Este parámetro  $K_c$  describe con mayor precisión la geometría o forma de la cuenca, la misma que influye de manera directa en la magnitud de los caudales pico de escorrentía directa (máximas avenidas). La Tabla2, muestra los tipos de geometría estándares de los sistemas hidrológicos, con base en el coeficiente de compacidad.

**Tabla2.-Formas estándares de cuencas**

<b>Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius</b>		
<b>Clase de geometría</b>	<b>Rango de clase</b>	<b>Forma de cuenca</b>
$K_{c1}$	$1 < K_C \leq 1.25$	Oval redonda
$K_{c2}$	$1.25 < K_C \leq 1.50$	Oval oblonga
$K_{c3}$	$1.50 < K_C \leq 1.75$	Alargada oblonga

De este análisis, se desprende que la condición de semejanza geométrica debe formularse de del siguiente modo: “Dos o más sistemas hidrológicos de igual índice de compacidad son semejantes geoméricamente”. También aquí, así como en la estadística, no se trata de una igualdad matemática, sino desde el punto de vista hidrológico, bastando verificar como condición suficiente que estén incluidas en el mismo grupo de cada clase de la Tabla2.

### **PARÁMETRO ADIMENSIONAL DE ESCURRIMIENTO**

El parámetro adimensional del primer miembro de la ecuación [4] representa el coeficiente de escorrentía directa durante un evento de precipitación pluvial, equivalente al coeficiente de escorrentía (C) del vetusto, pero hasta hoy aplicable método Racional para encontrar el pico de un hidrograma respuesta. Método que aún es capaz de competir con cualquier método sofisticado cuando se lo usa correctamente, y las intensidades  $I$  son el resultado previo de un análisis de frecuencias de las tormentas históricas. Despejando el caudal  $Q$  de esta ecuación, haciendo  $\pi_4 = C$ , lo que se obtiene es la expresión [7] del método Racional.

$$Q = CIA \quad [7]$$

Donde:  $Q$ , es el caudal máximo de escorrentía directa;  $C$ , el coeficiente de escorrentía;  $I$ , intensidad máxima para el tiempo de concentración de la cuenca;  $A$ , área de la cuenca proyectada sobre un plano horizontal.

La geometría del hidrograma de escorrentía directa de la ecuación viene afectada por la forma o geometría de la cuenca, expresada mediante la ecuación. Igualmente, la forma de cuenca tiene influencia en el almacenamiento momentáneo en el sistema.

### **PARÁMETRO ADIMENSIONAL OROGRÁFICO**

El número adimensional de la ecuación [2] representa implícitamente el conjunto de fuerzas gravitatorias potenciales del flujo de escorrentía en la cuenca. Si bien este conjunto de fuerzas se asocia a la pérdida de suelos en la cuenca (fuerzas degradantes), también es cierto que expresa los potenciales hidroenergéticos aprovechables de los saltos hidráulicos. Elevando al cuadrado, ambos miembros de la ecuación [2], el resultado es otro parámetro adimensional, conocido bajo el nombre de coeficiente orográfico  $C_o$  ( $\pi_2^2 = C_o$ ), que se expresa mediante la ecuación [8].

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad [8]$$

El coeficiente orográfico incluye implícitamente a la pendiente de la cuenca. Pues, como se aprecia en esta ecuación, a mayor pendiente de laderas menor es área A proyectada sobre un plano horizontal y, por tanto, mayor potencial de degradación hídrica e hidroenergética, y viceversa. Este parámetro es muy importante como indicador de fuerzas potenciales, en la evaluación de potenciales hidroenergéticos en las cuencas y/o para medir riesgos de vulnerabilidad erosiva. Los sistemas hidrológicos altoandinos de la vertiente del Pacífico norte de Perú, se caracterizan por tener mayores potenciales, que las ubicadas en la vertiente del Atlántico.

De este análisis se desprende que la condición de semejanza dinámica entre sistemas hidrológicos altoandinos puede formularse así: “Dos sistemas hidrológicos de igual coeficiente orográfico tienen semejanza o similitud dinámica”. En cuanto al significado de equivalencia, se siguen los mismos criterios que para el caso de semejanza geométrica, aceptándose una discrepancia de hasta un 10%.

### **PARÁMETRO ADIMENSIONAL CINEMÁTICO**

Este parámetro viene a constituir la tercera condición de semejanza entre sistemas hidrológicos altoandinos y se ha verificado que esta condición viene dada casi por añadidura, pues los sistemas hidrológicos altoandinos que cumplen las condiciones de semejanza geométrica y dinámica, automáticamente cumplen la condición cinemática. Se ha observado que la geometría de la red de flujo de los sistemas hidrológicos altoandinos se describe mejor mediante el parámetro adimensional de relación de confluencias de la ecuación [9].

$$R_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad [9]$$

Donde:  $R_c$ , es la relación de confluencias;  $n_i$ , número de cursos naturales de orden  $i$ ;  $n_{i+1}$ , número de cursos de orden inmediatamente superior a  $i$  ( $i= 1, 2, 3, \dots, N-1$ );  $N$ , orden de la cuenca.

La condición necesaria y suficiente para que las unidades hidrológicas guarden semejanza en la forma de su red de drenaje natural, puede formularse del modo siguiente: “Dos sistemas hidrológicos altoandinos de igual Relación de Confluencias promedio tienen similitud cinemática”. El criterio de igualdad, se ajusta también a lo señalado para las condiciones de semejanza ya discutidas.

La relación de confluencias es el número sin dimensiones que expresa el grado de ramificación de la red de drenaje superficial, la cual se va formando a través del tiempo, en millones de años, en concordancia con el tipo de suelo, geología, pendiente, cobertura vegetal, características de pluviosidad y condiciones climáticas en general. Como ya se dijo antes, los sistemas hidrológicos que tienen semejanza dinámica y geométrica, generalmente cumplen también esta tercera condición.

En todo sistema hidrológico, el número de cursos naturales del orden inmediato superior es menor que los de orden  $i$  ( $n_i > n_{i+1}$ ), por lo que la relación de confluencias será siempre mayor que la unidad, incrementándose mientras mayor sea la densidad de ramificaciones de menor orden.

## CONDICION DE SEMEJANSA HIDRÁULICA

La semejanza hidráulica entre sistemas hidrológicos altoandinos se consigue cuando entre ellos se cumple simultáneamente las condiciones de semejanza geométrica, dinámica y cinemática, conforme a lo ya discutido para la igualdad de condiciones.

## RELACIONES DE TRANSFERENCIA

Establecida la similitud hidráulica entre sistemas hidrológicos, la transferencia de información se realiza con las funciones de los mismos parámetros adimensionales encontrados en el análisis dimensional o mediante una combinación de ellos, tan igual como se procede en la hidráulica de modelos físicos. Si las variables de interés no están incluidas en los parámetros encontrados antes, se realiza un análisis dimensional con las nuevas variables que conforman el fenómeno físico de interés.

Por ejemplo, si el interés es generar escorrentías en una localidad de un sistema hidrológico carente de información, multiplicamos miembro a miembro las ecuaciones de los parámetros adimensionales [1] y [2], resultando otro parámetro adimensional  $\pi_{12}$ , dado por la ecuación [10].

$$\pi_{12} = \frac{QH}{A^{3/2}P} \quad [10]$$

Si los sistemas son semejantes, entonces esta nueva función adimensional [10] deben cumplirla ambos sistemas, independientemente de su tamaño, resultando la ecuación de transferencia [11].

$$\frac{Q_o H_o}{A_o^{3/2} P_o} = \frac{Q_d H_d}{A_d^{3/2} P_d} \quad [11]$$

Donde los subíndices del primer miembro y segundo miembro de esta ecuación corresponden a los sistemas hidrológicos de origen y destino de la información de interés, respectivamente. Despejando la escorrentía del sistema hidrológico destino (información más escasa), se tiene la ecuación [12] o [13].

$$Q_d = \left(\frac{H_o}{H_d}\right) \left(\frac{P_d}{P_o}\right) \left(\frac{A_d}{A_o}\right)^{3/2} Q_o \quad [12]$$

$$Q_d = H_e P_e^{-1} A_e^{-3/2} Q_o \quad [13]$$

Donde:  $H_e$ , es la escala de altitudes;  $P_e$  escala de precipitaciones;  $A_e$ , escala de áreas.

Otra información de escasa disponibilidad, en localidades muy alejadas, son las intensidades máximas de precipitación que requieren los proyectos de drenaje. Esta información puede ser transferida haciendo uso del parámetro adimensional dado por la ecuación [3], la misma que aplicada a sistemas similares, toma la forma representada por la ecuación [14].

$$\frac{I_o t_o}{H_o} = \frac{I_d t_d}{H_d} \quad [14]$$

Donde, también el primer miembro de la ecuación [14] corresponde al sistema hidrológico origen y el segundo al sistema destino. El destino siempre se refiere a la localidad de la unidad hidrológica sin información.

$$I_d = \left(\frac{H_d}{H_o}\right) \left(\frac{t_o}{t_d}\right) I_o \quad [15]$$

Expresión con la cual se puede generar intensidades de precipitación, en la localidad sin información, conociendo las altitudes locales y los periodos de duración de las intensidades de interés. De la misma manera, puede procederse para la determinación de cualquier otra variable de interés, haciendo uso del parámetro adimensional que la contenga.

### **SIMILITUD HIDRÁULICA DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS ALTOANDINOS, REGIÓN CAJAMRCA**

Se han estudiado diversos sistemas hidrológicos que componen la región Cajamarca, Perú, habiéndose identificado similitudes entre sistemas altoandinos de una misma vertiente y entre sistemas de cabeceras de vertientes diferentes. Si bien es cierto que el ámbito del presente estudio está limitado a la región Cajamarca, pero su aplicación, por la naturaleza adimensional, tiene aplicación para cualquier otra región de este país y el mundo, siempre y cuando se trate de sistemas andinos donde la precipitación sea función de la altura sobre el nivel del mar.

La Tabla3, muestra algunos de los sistemas hidrológicos altoandinos de la región Cajamarca, Perú, donde se puede verificar la similitud hidrológica, según los criterios de semejanza discutidos en este trabajo. Es importante señalar que para el análisis geomorfométrico cuantitativo de los datos contenidos en esta Tabla se ha tratado de seguir todo un protocolo con el fin de controlar distorsiones, tales como los efectos de escala. Para ello, y dado el objetivo de la investigación, sea optado para todo el estudio, el empleo de planos topográficos a la misma escala (1: 100 000) y elaborados bajo los mismos criterios del Instituto Geográfico Nacional-Perú (IGN-Perú).

Para la jerarquización de la red hidrográfica se ha optado por conveniente el uso del método de Shumm (1956), a fin de atenuar el excesivo número de cursos de primer orden obtenidos mediante el modelo Horton (1945). Este análisis lineal de la red de drenaje permite inferir las propiedades del comportamiento del sistema fluvial y su interacción con las características ambientales del territorio de la cuenca, tales como: geología y estructura geológica, pendiente y energía del relieve, suelos dominantes e impermeabilidad, vegetación dominante y uso del suelo.

**Tabla3.-Parámetros de semejanza entre unidades hidrológicas altoandinas de la región Cajamarca, Perú**

<b>Parámetros adimensionales de similitud hidráulica de microcuencas alto-andinas, Región Cajamarca-Perú (Escala 1/100 000)</b>						
<b>Micro cuenca</b>	<b>A (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>N</b>	<b>K<sub>c</sub></b>	<b>R<sub>c</sub></b>	<b>C<sub>o</sub> (%)</b>	<b>Vertiente</b>
1. Río Grande1	72.50	3	1.27	2.70	8.22	Atlántico
2. Qda. Tallal	14.00	2	1.23	2.68	44.6	Pacífico
3. Río Quismache	183.80	4	1.24	2.74	2.90	Atlántico
4. Río Grande2	456.50	4	1.27	2.75	2.68	Pacífico
5. Río Cospán	196.50	4	1.28	2.56	4.40	Pacífico
6. Río Porcón	81.60	3	1.16	1.88	11.03	Atlántico
7. Río La Leche	116.50	3	1.16	1.90	12.94	Atlántico
8. Río Huagayoc	12.50	2	1.15	1.85	72.02	Atlántico
9. Río Ronquillo	36.80	3	1.12	1.93	22.85	Atlántico
10. Río Mashcón	276.10	4	1.31	3.45	1.88	Atlántico
11. Río Chonta	352.80	4	1.32	3.73	1.55	Atlántico
12. Qda. Huertas	105.50	3	1.34	2.98	3.87	Pacífico
13. Qda. Chausis	207.30	4	1.38	2.67	3.80	Pacífico
14. Río Llaucán	595.00	4	1.41	2.55	0.89	Atlántico
15. Río Cascasén	114.20	4	1.42	3.12	6.88	Atlántico
16. Río Azufre	45.00	2	1.45	3.13	7.22	Atlántico
17. Río Poclush	882.50	5	1.56	3.20	4.82	Pacífico
18. Río Rejo*	201.40	4	1.58	3.16	4.93	Pacífico
19. Río San Juan	271.20	4	1.60	3.89	5.55	Pacífico
20. Qda. Onda	130.00	3	1.60	3.52	4.91	Atlántico
21. Río Magdalena	807.20	4	1.70	4.60	3.38	Pacífico
22. Río Naranjo	51.40	2	1.70	1.50	23.00	Pacífico
23. Río San Miguel	1047.20	5	1.53	5.89	0.90	Pacífico
24. Río San Pablo	182.43	3	1.29	4.20	3.26	Pacífico
25. Río Chetillano	180.10	4	1.42	4.10	4.40	Pacífico
26. Río San Juan	638.43	4	1.21	4.35	1.16	Pacífico
27. Qda. Chantilla	94.49	3	1.31	3.25	6.51	Pacífico
28. Río Pallac	235.28	4	1.34	3.23	2.38	Pacífico
29. Río Contumazá	198.40	4	1.72	4.20	3.50	Pacífico
30. Qda. La Bamba	52.21	2	1.73	4.00	4.03	Pacífico

N = Número de orden de la cuenca



**Parámetros adimensionales de similitud de micro cuencas de la región Cajamarca-Perú (Escala 1/100 000)**

Micro cuenca	A (Km <sup>2</sup> )	N	K <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	C <sub>o</sub> (%)	Vertiente
31. Qda. Chiminote	200.76	4	1.36	2.83	1.90	Pacífico
32. Qda. Nazario	30.90	2	1.19	2.00	8.32	Pacífico
33. Qda. La Ramada	19.14	2	1.18	1.00	8.64	Pacífico
34. Qda. Del Chorro	19.63	2	1.68	1.00	19.11	Pacífico
35. Qda. Cajón	22.15	2	1.17	1.00	4.06	Pacífico
36. Qda. La Ramada	34.67	2	1.33	3.00	3.00	Pacífico
37. Río LLapa	210.32	4	1.57	3.13	5.43	Pacífico
38. Qda. Honda	110.20	3	1.76	3.90	11.21	Pacífico
39. Río Tumbadén	309.30	4	1.37	3.56	3.71	Pacífico
40. Qda. El Cardo	29.92	3	1.26	1.76	17.63	Pacífico
41. Qda. Yamulán	59.85	3	1.23	2.25	12.27	Pacífico
42. Qda. Chorro Blanco	36.83	3	1.46	1.75	27.13	Pacífico
43. Río El Carrizo	111.64	4	1.39	2.72	9.50	Pacífico
44. Qda. Amillas	31.18	2	1.41	1.00	23.76	Pacífico
45. Qda. Del Qilengo	30.75	2	1.43	2.00	23.51	Pacífico
46. Río San Juan	204.35	4	1.82	3.29	4.97	Pacífico
47. Río Asunción	76.47	3	1.24	2.34	10.10	Pacífico
48. Río Pinche	21.03	2	1.34	1.00	32.35	Pacífico
49. Qda. Quinuas	65.38	2	1.49	7.00	11.94	Pacífico
50. Río Yaucán	49.91	2	1.37	3.00	15.97	Pacífico
51. Qda. Tallal	19.50	2	1.43	1.00	36.88	Pacífico
52. Río Namora	475.70	4	1.43	4.42	2.50	Atlántico
53. Río Huacraruco	136.90	4	1.29	3.83	8.51	Pacífico
54. Río Muyoc	319.26	4	1.41	3.38	3.28	Atlántico
55. Río Llantén	401.70	4	1.26	2.57	2.49	Atlántico
56. Río Sanagorán	608.10	4	1.42	4.35	2.03	Atlántico
57. Río Cañad	249.20	4	1.40	3.22	2.70	Pacífico
58. Qda. Pencayoc	243.4	4	1.49	4.50	4.65	Pacífico
59. Río Puerto Blanco	247.50	4	1.43	3.79	2.32	Atlántico
60. Río Chanta	97.20	3	1.40	3.73	4.40	Pacífico
61. Río Callayuc	346.74	4	1.42	3.92	2.96	Atlántico
62. Río Llantén	298.78	4	1.32	3.49	3.73	Pacífico
63. Río El Sauce	170.00	3	1.44	4.17	3.43	Atlántico
64. Río Chilca	84.87	3	1.46	4.17	13.00	Atlántico
65. Río Chancayano	598.04	4	1.48	6.63	1.55	Pacífico
66. Río San Juan	118.91	3	1.42	3.25	8.93	Atlántico
67. Río Llaucano	121.73	3	1.70	2.20	9.90	Atlántico
68. Río Gansul	100.37	3	1.32	3.58	8.30	Atlántico
69. Río San Juan Pampa	122.42	3	1.36	2.75	8.50	Pacífico
70. Río Jadibamba	243.45	4	1.49	4.50	4.65	Atlántico

\*Microcuenca donde se desarrolla la forestación Granja Porcón

## CONCLUSIONES

Las condiciones de semejanza de sistemas hidrológicos altoandinos, se satisfacen independientemente del tamaño y del número de orden. Si bien este estudio está limitado a la región Cajamarca, pero la semejanza puede tener alcance interregional.

La similitud hidráulica de sistemas hidrológicos, con precisión matemática, no se consigue; pero para fines prácticos, es suficiente una semejanza aproximada.

Toda información transferida o generada no reemplaza, de ninguna manera a los datos “vírgenes”. Sin embargo, constituye una información valiosa para fines prácticos en sistemas hidrológicos carentes de información.

## REFERENCIAS

E. Buckingham, “Model Experiments and the Form of Empirical Equation”, Trans. ASME, vol 37.

Ven Te Chow, 1993. “Hidrología Aplicada”, Mc Graw Hill.

Miguel A. Vergara S. 1993. “Técnicas de Modelación en Hidráulica”, Ediciones Alfaomega.

Ven Te Chow, (1993). Hidrología Aplicada, Mc Graw Hill.

Raúl F. Vásquez Z. (2010). Modelación Hidrológica de una Microcuenca Altoandina en el Austro Ecuatoriano. Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Dirección de Investigación, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

M. Gutiérrez Elorza, (2008). Geomorfología. Ed. Pearson Prentice Hall.

Arthur N. Strahler (1989). Geomorfología Física. Ed. Omega.

J. Tarbuck & F. K. Lutgens, (1999). Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física. Ed. Prentice Hall Iberia.

Erik D. Zimmermann, (1993). *Validación del Método de Geometría Hidrológica*. X Simposio Brasileño de Recursos Hídricos- I Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Gramado, Brasil.

Cepeda J. & J. Novoa, (2006). *La cordillera Altoandina del Valle del Elqui*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.