

Análisis morfométrico de las microcuencas en el ámbito de las cataratas de Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido, región Amazonas

Morphometric analysis of the microbasin in the field of Gocta, Chinata and Yumbilla-El Chido waterfall, Amazonas region

Jeimis Royler Yalta Meza¹, ^aRolando Salas Lopez², ^bRobert Jackson Pérez Torres¹ y ^cSamuel Abraham Quispe Chacón²

RESUMEN

En esta investigación, se calculó y analizó la morfometría de la red de drenaje de las microcuencas en el ámbito de las cataratas Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido, a través de la aplicación de una serie de índices y parámetros para describir y comparar el comportamiento de la mismas, junto a sus características morfológicas y litológicas. Para el modelado, se utilizaron herramientas SIG, de las tres microcuencas. La catarata de Yumbilla-El Chido alcanza la mayor superficie y perímetro, que son 147,2 km² y 67,1 km respectivamente. En tanto que Chinata es la que se acerca más a la circularidad, las microcuencas de Gocta y Yumbilla-El Chido son menos compactas. Gocta tiene un mayor desarrollo fluvial, ya que presenta un orden de corriente cinco, lo cual también se corrobora con la relación de bifurcación promedio inferior a 3,3, así como una alta densidad de drenaje resultado de una fuerte ramificación.

Palabras clave: Análisis morfométrico, cataratas, red de drenaje, microcuenca.

ABSTRACT

It was calculated and analyzed the morphometry of the drainage network of microbasin in the field of Gocta, Chinata and Yumbilla-El Chido falls, through the application of ratings and parameters to describe and compare the performance of this falls; morphological and lithological features were also used. GIS tools for modeling of the three watersheds were used; Yumbilla-El Chido waterfall reaches the largest area and perimeter, 147,2 km² and 67,1 km respectively, while Chinata is the one that is closer to the circularity, being Gocta and Yumbilla-El Chido microbasin less compact. Gocta has a greater river development showing a flow command five, which is also corroborated by the lower average branching ratio to 3,3 and a high density of drainage result of a strong branching.

Keywords: Morphometric analysis, waterfall, drainage, microbasin.

¹Ingeniero Agroindustrial. Investigador del INDES-CES.

²Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Conservación de Suelos y Aguas. Investigador del INDES-CES y Docente UNTRM. E-mail:rsalas@indes-ces.edu.pe

^ae-mail:rsalas@indes-ces.edu.pe ^be-mail: robert.perez@untrm.edu.pe ^ce-mail:samuelquispec@gmail.com

* Autor de correspondencia. E-mail: ryalta@indes-ces.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen numerosas metodologías para el análisis hídrico desde distintos puntos de vista. Una de las más importantes es la del análisis de morfometría de cuencas (Castiñeira *et al.*, 2011) que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico de una región.

Las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan una descripción física de la extensión y formas de la misma y permite realizar comparaciones con otras. Al mismo tiempo, se pueden extraer conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas terrestres (Allard y Casal, 2013), principalmente, las que tienen como origen los procesos de erosión. Estas unidades básicas permiten coleccionar, organizar y analizar información sobre la geometría de las formas terrestres determinadas por la erosión fluvial (Villón, 2002; Pesce, 2005).

Esta herramienta puede servir también para el análisis espacial, lo que ayuda al manejo y planeamiento de los recursos naturales ya que permite, en el marco de una unidad bien definida del paisaje, conocer diversos componentes tales como el tamaño y la forma de la cuenca, la red de drenaje, la pendiente media, el escurrimiento, entre otros. (Salas-Aguilar *et al.*, 2011). Dichos componentes pueden ser obtenidos y modelados mediante el uso de sistemas de información geográfica que, convenientemente combinados con la geomorfología y geología, proporcionan un diagnóstico hidrológico útil y ayuda al establecimiento de las bases hidrológicas del análisis ambiental de Áreas Naturales Protegidas propuestas, con miras a la planificación y ordenamiento de las mismas (Arriaga *et al.*, 2009).

Este tipo de herramientas permiten realizar estudios a nivel global, como el de Guth (2010) donde se analiza el drenaje de 26 272 cuencas del todo el mundo, con más de 100 km², mediante la utilización de un conjunto de 42 parámetros morfométricos, junto con un modelo digital de elevaciones llamado Hydrosheds Shuttle Radar Topography. La conclusión de este trabajo fue que la mayoría de las grandes cuencas hidrográficas son generalmente cóncavas en comparación a las cuencas más pequeñas. En Sudamérica, en los últimos años, se han incrementado el número de

estudios relacionados con esta temática. De este modo, en Argentina, en el río Sauce Grande (Gaspari *et al.*, 2012) o en Ecuador, en el río Paute (Sellers *et al.*, 2015) se caracterizaron morfométricamente las cuencas hidrográficas correspondientes y se concluyó que las características morfométricas aportan referencias básicas a efectos de definir la escala espacial de las investigaciones en ecología fluvial. En el Perú, existen estudios sobre esta temática en los ríos Lucre (departamento de Cusco) (Huanca, 1999) y Chinchao (departamento de Huánuco) (Anaya Fernández y Rengifo Trigozo, 2012), en los cuales se determinaron los principales parámetros morfométricos de ambas cuencas. Cabe destacar que ambas cuencas son altoandinas, de igual manera que las microcuencas seleccionadas en el presente estudio. En el departamento Amazonas, el registro de estudios de este tipo es nulo, por lo que el objetivo de la presente investigación es obtener, analizar y comparar parámetros e índices morfométricos de las microcuencas en el ámbito de las cataratas Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Las microcuencas de Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido se localizan en el sector sureste del departamento de Amazonas, en la provincia de Bongará, y están ubicadas en la cuenca media del río Utcubamba.

La microcuenca de Gocta tiene una orientación general noreste, y geográficamente los extremos de la microcuenca se encuentran entre las coordenadas 77° 48' 18" y 77° 55' 24" de longitud oeste, y 5° 59' 30" y 6° 3' 34" de latitud sur. Limita por el sur con la cuenca del río Sonche, por el norte con la microcuenca de Chinata, por el noreste con la cuenca del río Imaza, y por el oeste y suroeste con el río Utcubamba (Figura 1). Por su parte, la microcuenca de Chinata tiene una orientación general noroeste-sureste, y geográficamente los extremos se encuentran entre las coordenadas 77° 50' 59" O y 77° 58' 51" de longitud oeste, y 5° 59' 15" y 5° 56' 39" S de latitud sur. Su límite sur se corresponde con la microcuenca de Gocta, al norte con la microcuenca de Yumbilla-El Chido, al este con los Cerros de Titiupampa, Pumallacta y Chonta Cruz, y al oeste con el río Utcubamba (Figura 1). Finalmente, la

microcuenca Yumbilla-El Chido tiene una orientación general noroeste-sureste, y geográficamente los extremos de la microcuenca se encuentran entre las coordenadas $78^{\circ} 1' 6''$ y $77^{\circ} 51' 54''$ de longitud oeste, y $5^{\circ} 47' 31''$ y $5^{\circ} 55' 3''$ de latitud sur. Esta microcuenca está

limitada al sur por la microcuenca de Chinata, al norte por la microcuenca del lago Pomacochas, al este por la cuenca del río Imaza, y al oeste y suroeste por la microcuenca Convoca y el río Utcubamba (Figura 1).

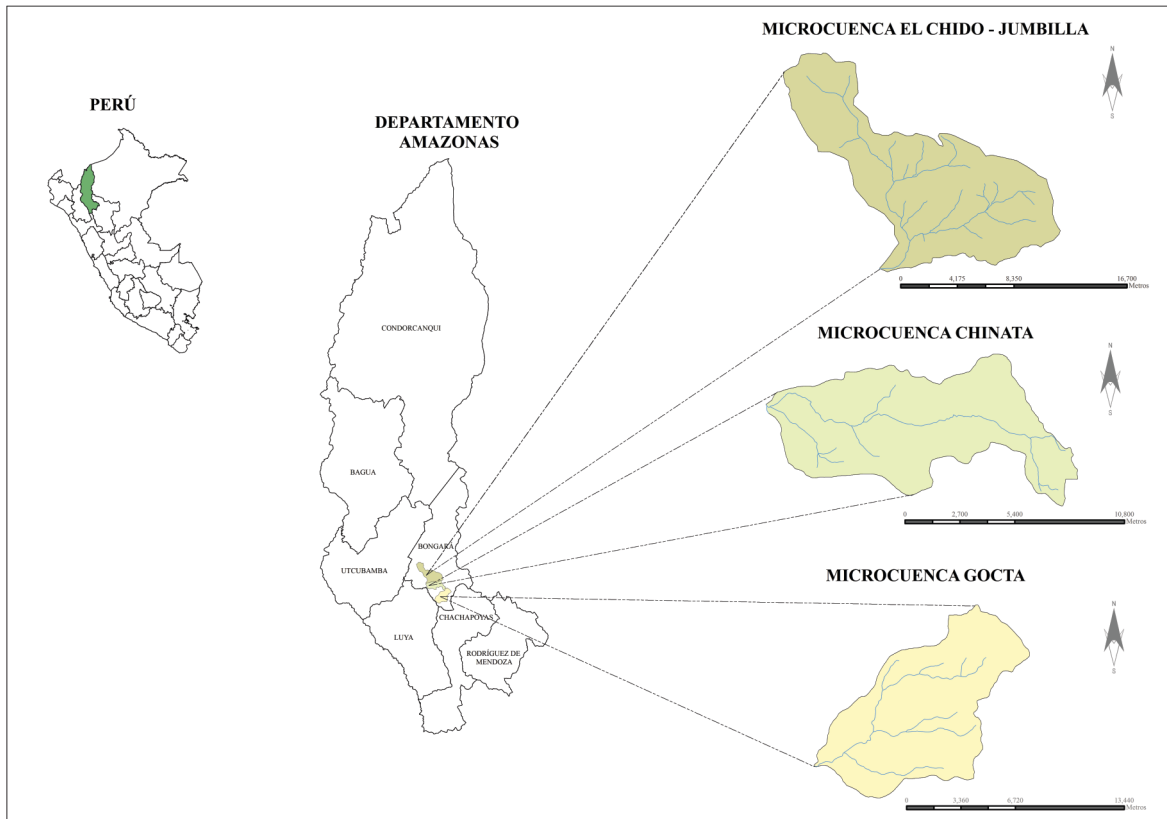


Figura 1. Ubicación de las microcuencas Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido en la provincia de Bongará, departamento de Amazonas

Características biofísicas de las microcuencas

La fisiografía de la zona de estudio se caracteriza por presentar montañas altas de laderas moderadamente empinadas, empinadas y muy empinadas en tierras cálidas templadas, con relieve montañoso en la Cordillera Subandina, y montañas altas de laderas empinadas en tierras frías con relieve montañoso en la Cordillera Oriental (IIAP/GRA, 2010). Asimismo, el área de estudio está comprendida por las zonas de vida de bosque seco montano bajo tropical (Bs MBT), bosque húmedo montano bajo tropical (Bh MBT) y bosque seco premontano tropical (Bs PT). El clima es semihúmedo, semicálido, ligeramente húmedo y templado-cálido con temperaturas entre $11 - 19,9^{\circ}\text{C}$ en las microcuencas de Chinata y Yumbilla-El Chido, y entre 11 y 21°C en la microcuenca de Gocta, todas ellas con precipitaciones alrededor de los 1000 mm al año. El

uso actual del suelo se caracteriza por frentes de conservación de tierras de protección y frente productivo, con predominio de cultivos altoandinos y presenta zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras forestales y de protección con tierras agropecuarias.

Delimitación de microcuencas

Para la delimitación de las microcuencas, se elaboró un modelo digital de elevación (MDE) con una resolución espacial de 30 m e interpolación de datos vectoriales digitales (curvas de nivel) de las cartas topográficas 12-G, 12-H, 13-G y 13-H (escala $1:100\,000$), editadas por el IGN. Para la realización de esta interpolación se utilizó el comando Topo to Raster del programa ArcGIS 10.1. Además, se realizaron salidas de reconocimiento en el terreno para verificar divisorias de agua. Asimismo, la red hidrológica se obtuvo a partir de las cartas del IGN y de la interpretación e inferencia de los cursos fluviales a

partir de las curvas de nivel (Martínez *et al.*, 2010).

La obtención de los parámetros e índices morfométricos fue realizada de forma totalmente automatizada en el programa SIG IDRISI Selva, mediante el módulo de Gestión Integrada del Agua (Aguirre, 2007).

III. RESULTADOS

Parámetros de forma de las microcuencas

Perímetro y área

En el ámbito de las cataratas, la microcuenca de Gocta tiene una extensión de 81,5 km² y un perímetro de 44,2

km, alcanza una longitud lineal de 14 km y un ancho promedio de 9 km (Tabla 1). La microcuenca Chinata cuenta con una extensión de 65,7 km² y un perímetro de 43,7 km, alcanza una longitud de 16,68 km y un ancho promedio de 7,38 km. Por último, la microcuenca de Yumbilla-El Chido, con una extensión de 147,2 km² y perímetro de 67,1 km, alcanza una longitud de 23,5 km. y un ancho promedio de 12 km. De esta manera, y según la clasificación de tamaño de cuencas de Campos (1998), todas las cuencas son de tamaño pequeño.

Tabla 1. Área, descripción y perímetro de las microcuencas Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido

Microcuenca	Área de la microcuenca (km ²)	Descripción	Perímetro (km)
Gocta	81,5	Pequeña	44,2
Chinata	65,7	Pequeña	43,7
Yumbilla-El Chido	147,2	Pequeña	67,1

Fuente: Elaboración propia

Índices Representativos

Índice de compacidad (Índice de Gravelius)

Se midió la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca.

Las microcuencas tienen una forma oval-oblongo a rectangular-oblongo (Ortiz, 2004). Sin embargo, de todas las microcuencas, la de Chinata es la que se acerca más a la circularidad (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de compacidad de las microcuencas

Microcuenca	Coeficiente de compacidad (Gravelius)
Gocta	1,72
Chinata	1,52
Yumbilla-El Chido	1,96

Fuente: Elaboración propia

Índice o factor de forma F

La relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud de su cauce principal hace que las cuencas ligeramente achatadas (Chinata), y moderadamente achatadas (Gocta y Yumbilla-El Chido) (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de forma de las microcuencas

Microcuenca	Índice de forma (F)
Gocta	0,43
Chinata	0,29
Yumbilla-El Chido	0,59

Fuente: Elaboración propia

Relación de elongación

Todas las microcuencas tienen valores menores a 1, y por tanto todas son alargadas. Sin embargo, se pueden apreciar diferencias entre ellas, como ocurre en la

microcuenca de Chinata, que es la de mayor índice de elongación, con un valor de 0,62 (Tabla 4).

Tabla 4. Relación de elongación de las microcuencas

Microcuenca	Relación de Elongación
Gocta	0,46
Chinata	0,62
Yumbilla-El Chido	0,37

Fuente: Elaboración propia

Relación de circularidad

A partir de a los resultados del factor de circularidad de Miller, las formas menos circulares corresponden de nuevo a las microcuencas de Gocta y Yumbilla-El Chido con valores de 0,34 y 0,26, respectivamente, por debajo de la microcuenca de Yumbilla-El Chido, con 0,43.

Red de drenaje y orden de corriente

Se analizó, desde un punto de vista cuantitativo, la topología de la red de drenaje, mediante la comparación de las redes y las características de las tres microcuencas. La tipología de la red de drenaje se estableció de acuer-

do al sistema propuesto por Horton (1945), y modificado por Strahler (1952), ya que su empleo en las microcuencas de Chinata y Yumbilla-El Chido permitió señalar la presencia de un sistema de drenaje de orden cuatro (Figuras 2, 3 y 4).

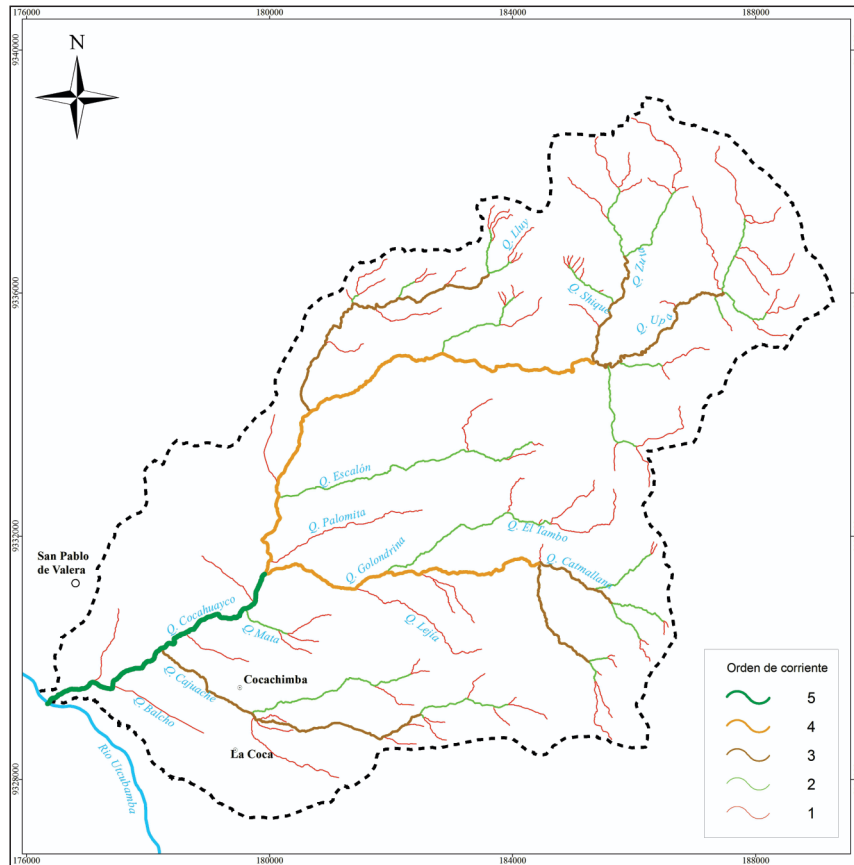


Figura 2. Red de drenaje y orden de corriente de la microcuenca de Gocta

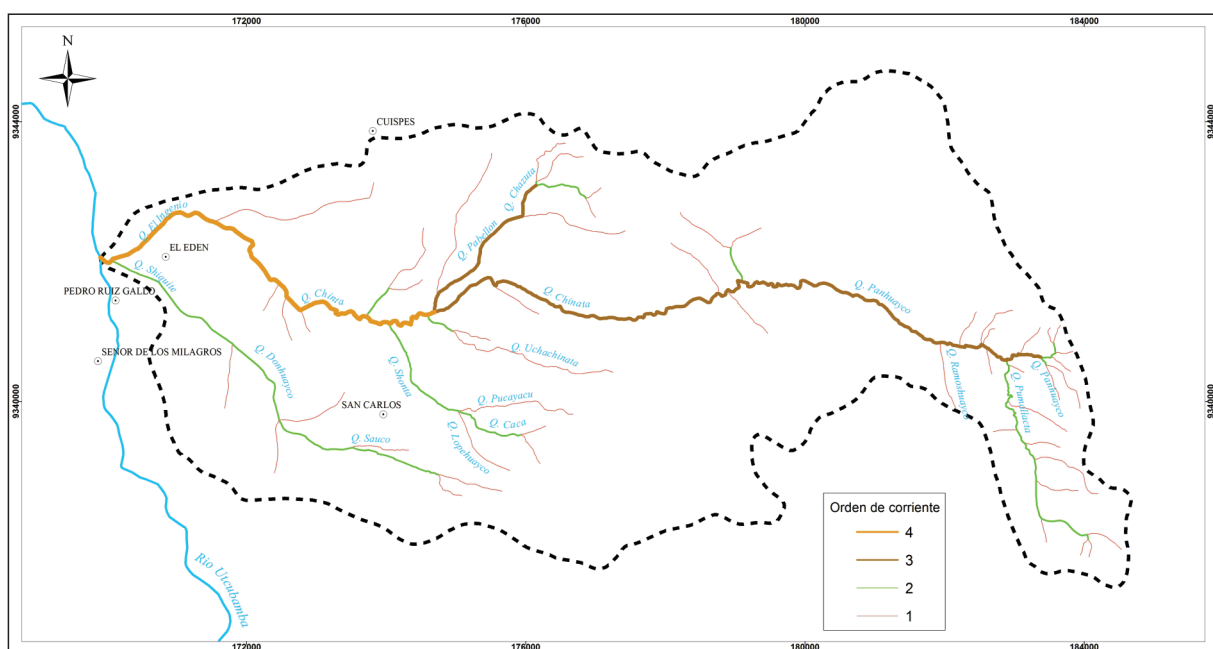


Figura 3. Red de drenaje y orden de corriente de la microcuenca de Chinata

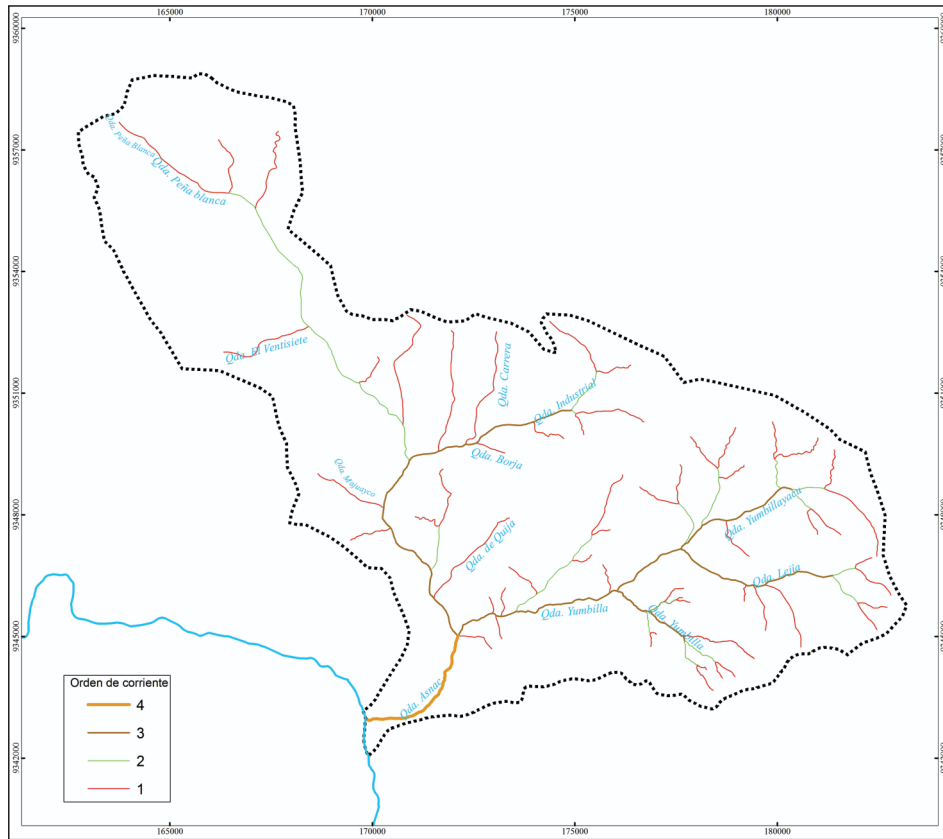


Figura 4. Red de drenaje y orden de corriente de la microcuenca de Yumbilla-El Chido

Relación de bifurcación o ramificación

Para obtener estos valores, se realiza una media aritmética de la relación de bifurcación calculada entre los dife-

rentes órdenes de cada microcuenca (González, 2004). De tal forma que la microcuenca de Chinata es la que presenta una relación de bifurcación mayor (4) (Tabla 5).

Tabla 5. Sistema de órdenes según Strahler y razón de bifurcación de las microcuencas

Microcuenca	Nº de Orden	Nº de cauces	Relación de Bifurcación (Rb)	Rb medio
Gocta	1	96	4	3,3
	2	24	4	
	3	6	3	
	4	2	2	
	5	1		
Chinata	1	51	5,1	4
	2	10	5,1	
	3	2	2	
	4	1		
Yumbilla-El Chido	1	58	3,6	3,9
	2	16	4	
	3	4	4	
	4	1		

Fuente: Elaboración propia

Densidad de drenaje

La microcuenca de Gocta presenta la mayor densidad de drenaje con 1,67 km/km², seguida de Chinata (1,14) y de Yumbilla-El Chido (0,84). Por tanto, las tres presentan

una densidad de drenaje baja, menor a 1,8 km/km².

Parámetros de relieve

Pendiente media de la cuenca

Las tres microcuencas presentan una pendiente de

fuerte a muy fuerte (Ortíz, 2004), contando Yumbilla-El Chido con la pendiente media más alta (38,65 %), seguida de Gocta y de Chinata con 33,64 y 29,93 %, respectivamente.

Curvas Características

Curva hipsométrica

Las microcuencas de Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido alcanzaron una altitud de 2945 m s. n. m., 2820 m s. n. m. y 2312 m s. n. m., respectivamente (Figuras 5).

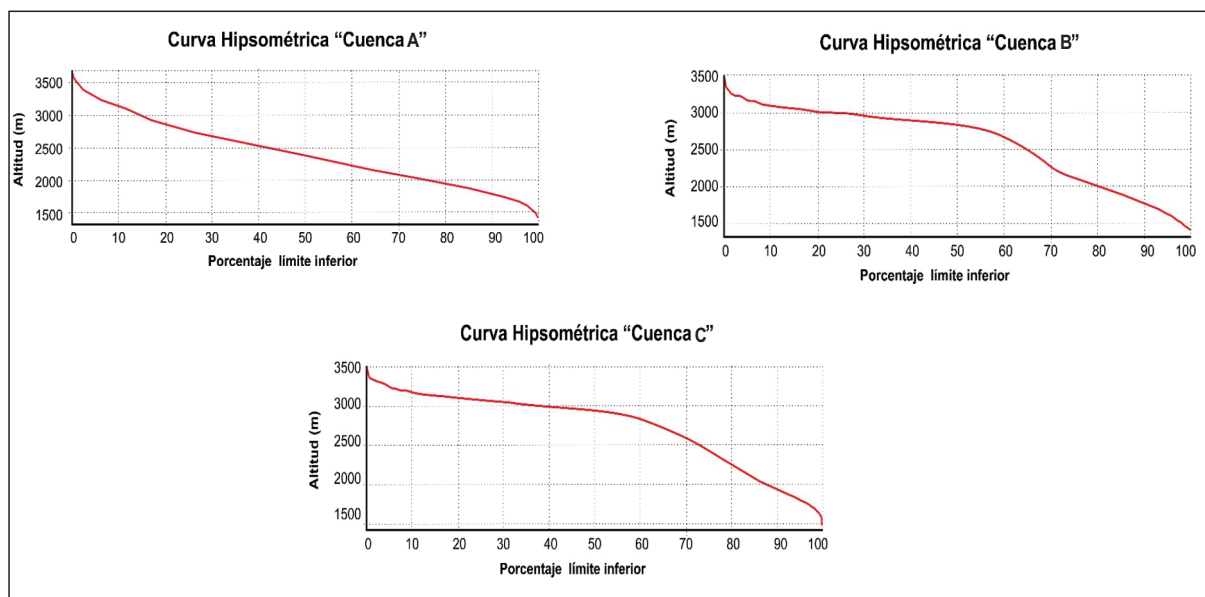


Figura 5. Curvas hipsométricas de la microcuenca de Yumbilla-El Chido (A), Chinata (B), y Gocta (C).

IV. DISCUSIÓN

Las cuencas más grandes tienden a recoger mayor cantidad de precipitación que las pequeñas, como el caso de las microcuencas de Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido, con áreas de 81,5, 65,7 y 147,2 km², por lo que, en principio, la crecida es más voluminosa. Sin embargo, el tiempo de respuesta entre la precipitación y el pico de crecida, y la duración del caudal de la tormenta, es más larga. Además, cuando la tormenta precipita solo en una parte de la cuenca, la atenuación en el hidrograma de crecida resultante es mayor en una cuenca amplia que en una pequeña, principalmente a medida que se mueve a través de la red de drenaje hacia la sección de cierre (Viramontes *et al.*, 2008).

El índice de compacidad de una cuenca (Gravelius) nos señala que la microcuenca de Chinata (1,52) es la más compacta. En este sentido, la forma de la microcuenca controla la velocidad con que el agua llega al cauce principal cuando sigue su curso desde el origen hasta la desembocadura, y esto permite conocer la conjunción del escurrimiento de una corriente. Cabe

destacar que las tres microcuencas presentan un coeficiente de Gravelius mayor a 1,51, y, por consiguiente, el escurrimiento superficial que se genera se concentra más lentamente, ya que discurren por un solo cauce principal. También se extrae de este coeficiente que la duración de este escurrimiento superficial (tiempo de concentración) es menor. Además, en las microcuencas que son alargadas se reducen las probabilidades de que estas sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta al tipo de respuesta que se presenta en la quebrada (Instituto Nacional de Ecología, 2004; Méndez *et al.*, 2015a).

Una microcuenca con un valor de F bajo (índice de forma menor a 0,5) como en el caso de las microcuencas de Gocta y Chinata, con valores de 0,43 y 0,29, respectivamente, tendrá menos tendencia a concentrar la intensidad de lluvias que una cuenca de igual área pero con F mayor, como sucede con la microcuenca de Yumbilla-El Chido (Cerano-Paredes *et al.*, 2012).

Los valores de relación de elongación (R_e) inferiores a 1 implicarán formas alargadas (Angillieri *et al.*, 2014),

situación que se refleja en las tres microcuencas. Sin embargo, la microcuenca de Chinata tiene el valor más alto de las tres por lo que se deduce que es más circular y presenta mayor riesgo de súbitas crecidas e inundaciones, pues retarda el aporte de las precipitaciones al cauce principal (Senciales, 1999).

Las microcuencas de Chinata y Yumbilla-El Chido, en la gran mayoría de sus áreas, presentan cobertura boscosa, lo que ha imposibilitado la generación de tributarios (González, 2004). Sin embargo, en la parte alta de la microcuenca Chinata, la presencia de pajonales indica lo contrario, una mayor generación de tributarios (IIAP/GRA, 2010). Por su parte, la microcuenca de Gocta posee un orden cinco debido a la tipología del sustrato, cobertura vegetal de pajonales y a la mayor pluviosidad en la parte alta de la microcuenca, lo que la define como una microcuenca con un mayor grado de desarrollo fluvial; además se encuentra bien jerarquizada, teniendo en cuenta la extensión que ocupa (Guerra y González, 2002).

Los valores obtenidos de la relación de bifurcación, en cada microcuenca, oscilan entre 3 y 5, presentándose como rangos característicos de cuencas de montaña. Además indica que estos rangos de bifurcación son características de cuencas de montaña o altamente disectadas (Horton, 1945). Asimismo, estos rangos, generalmente, no producen variaciones considerables en las características geoecológicas de sus cuencas (Méndez *et al.*, 2015b). La relación de bifurcación media de la microcuenca de Gocta tiene un índice bajo, que suele relacionarse con redes fuertemente ramificadas y repercute directamente ante fuertes precipitaciones en crecidas rápidas, algo que define, el grado de peligrosidad de la microcuenca.

La densidad de drenaje es un parámetro revelador del régimen, morfología de la cuenca y el desarrollo del propio sistema de drenaje (Viramontes *et al.*, 2008). Esta densidad es un factor que depende de las características físicas de las rocas, capacidad de infiltración, cobertura vegetal, topografía y ciclos de erosión-deposición. Por tanto, una baja densidad de drenaje, como es el caso de las microcuencas de Gocta, Chinata y Yumbilla-El Chido, es favorecida por una alta resistencia de las rocas a la erosión, así como un sustrato muy permeable que forma un relieve de suaves pen-

dientes cubiertas por una densa vegetación (Arredondo *et al.*, 2015). Las diferencias entre las microcuencas muestran que la microcuenca de Gocta tendría una respuesta más rápida frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo, y es que al ser la densidad de drenaje más alta que la de las otras dos, una gota va a recorrer una menor longitud de ladera con una mayor velocidad de escurrimiento (Gaspari *et al.*, 2012).

La pendiente del cauce principal constituye uno de los factores que controla la velocidad del agua (Elosegi y Sabater, 2009), y teniendo en cuenta que estas tres microcuencas tienen una moderada torrencialidad, favorecerán parcialmente el flujo de las corrientes. La microcuenca de Gocta, al tener una pendiente más pronunciada, tiene una relación con la variación de las características fisicoquímicas y biológicas de sus aguas, por estar mejor oxigenada y mineralizada debido a una mayor turbulencia y mayor capacidad de erosión y transporte (Colin *et al.*, 2012).

Las infinitas pendientes que pueden existir dentro de una cuenca están estrechamente relacionadas con los fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie y guardan una relación importante, aunque compleja, con la infiltración, el escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Este es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas (Aguirre, 2007). Las pendientes medias calculadas de las microcuencas, en el ámbito de las cataratas, presentan una pendiente de fuerte a muy fuerte, que favorece la escorrentía. Por lo tanto, tendrían una respuesta rápida ante un aguacero. Sin embargo, habría que resaltar la cobertura vegetal boscosa que todavía ocupa superficies importantes en las microcuencas de Chinata y Yumbilla-El Chido, y en la parte baja de la microcuenca de Gocta, ya que esta favorecería la infiltración, debido principalmente a la intercepción de la lluvia y la disminución en la velocidad del agua de escorrentía.

Una curva hipsométrica permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo y representa, por tanto, la caracterización en cierto modo del relieve. Cabe mencionar que los valores de las curvas hipsométricas proporcionan el grado del estado erosivo, tectónica, clima y factores litológicos existen-

tes en las cuencas (Pérez *et al.*, 2009). Al comparar la curva hipsométrica de la microcuenca Yumbilla-El Chido con las curvas modelo descritas por Strahler (1952), es posible señalar que esta microcuenca se encuentra en una fase de equilibrio relativo o de madurez. Por otra parte, las microcuenca de Gocta y Chinata se encuentran en una fase de desequilibrio o juventud, obviamente evolucionando hacia la etapa de madurez, a partir de la comparación.

V. CONCLUSIONES

Dentro de los parámetros morfométricos, la microcuenca de Yumbilla-El Chido posee mayor extensión y mayor perímetro que las otras microcuencas estudiadas, por lo que tiene una mayor tendencia a recoger las precipitaciones. En cuanto a los índices morfométricos medidos, los valores obtenidos de los índices de compacidad, relación de elongación y de circularidad establecen que la microcuenca de Chinata es de forma circular, mientras que las de Gocta y Yumbilla son más alargadas.

Del análisis morfométrico de las microcuencas y la red de drenaje, se desprende que la concentración de las aguas precipitadas se ve favorecida por las pendientes y en parte por los índices de compacidad y elongación que determinan la forma de la cuenca y las condiciones de evolución de la misma.

Finalmente, la microcuenca de Gocta presenta un mayor desarrollo fluvial que se demuestra con el orden de corriente, relación de bifurcación bajo y densidad de drenaje alto en relación al grupo de microcuencas. Mientras que en lo referente a la curva hipsométrica, esta indica que las microcuencas de Gocta y Chinata se encuentran en una fase de desequilibrio o juventud, evolucionando hacia la etapa de madurez, dentro de la cual se encuentra la microcuenca de Yumbilla-El Chido

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. N. *Manual para el Manejo Sustentable de Cuencas Hidrográficas*. Ecuador, 2007.
- Allard, J. O., Casal G. A. *Análogos de afloramientos del Cretácico Superior en las nacientes del río Chico: sedimentología, paleoambiente, características geométricas y heterogeneidades intra-reservorio*. Argentina, 2013.
- Anaya Fernández, O. G. y J. P. Rengifo Trigozo. *Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica Chinchao, distrito de Chinchao, provincia Huánuco, región Huánuco*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Huánuco). Informe de Tesis de Pregrado, 2012.
- Angillieri, E., M. Yanina y L. P. Perucca. "Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 66 (2014): 235-245.
- Arredondo, J. C., R. J. Meléndez, V. M. Chávez y Y. R. Arroyo. "Descripción de la variabilidad climática normal (1951-2010) en la cuenca del río Guanajuato, centro de México". *Acta Universitaria*, Vol. 25 (2015): 3-19.
- Arriaga C. L., V. Aguilar y J. M. Espinoza. "Regiones prioritarias y planeación de para la conservación de la biodiversidad, en capital natural de México". *CONABIO*, Vol. 3 (2009): 433-457.
- Campos, A. *Procesos del ciclo hidrológico*. Universitario Potosina. México, 1998.
- Castiñeira, C., M. Cardillo, J. Charlin y J. Baeza. "Análisis de morfometría geométrica en puntas cola de pescado del Uruguay". *Latin American Antiquity*, Vol. 1 (2011): 335-358.
- Cerano-Paredes, J., J. Villanueva Díaz, R. D. Valdez Cepeda, V. Constante García, J. L. González Barrios y J. Estrada Ávalos. "Precipitación reconstruida para la parte alta de la Cuenca de Río Nazas, Durango". *Revista mexicana de ciencias forestales*, Vol. 3 (2012): 7-23.
- Colin, N., P. Piedra y E. Habit. "Variaciones espaciales y temporales de las comunidades ribereñas de peces en un sistema fluvial no intervenido: río San Pedro, cuenca del río Valdivia (Chile)". *Gayana*, Vol. 76 (2012): 1-9.
- Elosegi, A. y S. Sabater. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España, 2009.
- Gaspari, F. G., A.M. Rodríguez, G.E. Senisterra, G. Denegri, M.I. Delgado y S. Besteiro. "Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina". *AUGMDOMUS*. Vol. 4 (2012): 143-158.
- González, M. A. "Análisis morfométrico de la cuenca y

- de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicados a la peligrosidad de crecidas”. *Boletín de la A.G.E.*, Vol. 18 (2004): 311-329.
- Guerra, F. y J. González. “Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela”. *Geoenseñanza*, Vol. 7 (2002): 88-108.
- Guth, P.L. *Geomorphometric Comparison Of ASTER GDEM and SRTM. A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in conjunction with ASPRS/CaGIS*. USA, 2010.
- Horton, R.E. “Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology”. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 56 (1945): 275-280.
- Huanca, A. C. “Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del Río Lucre”. *Espacio y Desarrollo*, Vol. 11 (1999): 125-145.
- IIAP (Instituto de la Amazonia Peruana) / GRA (Gobierno Regional Amazonas). *Zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas*. Lima (Perú), 2010.
- Instituto Nacional de Ecología. *Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional de Tancítaro*. México, 2004.
- Martínez, G., J. J. Díaz y O. Cosío. “Análisis morfométrico en la cuenca hidrológica San José del Cabo, B.C.S., México: una aproximación en la identificación de potenciales áreas de captura”. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 27 (2010): 581-592.
- Méndez, W., H. Pacheco, S. Cartaya, A. Marcano y C. León. “Caracterización hidroclimatológica y morfométrica de la cuenca del río San Julián (estado Vargas, Venezuela): aportes para la evaluación de la amenaza hidrogeomorfológica”. *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, Vol. 24 (2015a): 133-156.
- Méndez, W., J. Córdova y L. Bravo. “Predictive models of instantaneous maximum discharges for catchments of mountainous environments, supported by morphometric parameters”. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*, Vol. 38 (2015b): 229-238.
- Ortiz, O. “Evaluación hidrológica”. *Revista HidroRed Latinoamericana de MicroHidroenergía*, Vol. 2 (2004): 2-10.
- Pérez, J. V., J. M. Azañón y A. Azor. “CalHypso: An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain”. *Computer and Geosciences*, Vol. 35 (2009): 1214-1223
- Pesce, F. *Aportes de la Hidrología Morfométrica a la Ecología Fluvial. Maestría en Ciencias Ambientales*. Montevideo (Uruguay), 2005.
- Salas-Aguilar, V. M., C. Pinedo-Álvarez, O. A. Viramontes, A. D. Báez-González y R. Quintana-Martínez. “Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial”. *Tecnociencia*, Vol. 5 (2011): 34-42.
- Sellers, C., E. Corbelle, S. Buján y D. Miranda. “Morfología interpretativa de alta resolución con datos LIDAR en la cuenca del río Paute-Ecuador”. *IERSE*, Vol. 30 (2015): 131.
- Senciales, G. J. *Redes fluviales. Metodología de análisis*. Univ. de Málaga (España), 1999.
- Strahler A. N. “Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography”. *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 63 (1952): 1117-1142.
- Villón, M. *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Lima (Perú), 2002.
- Viramontes O., O. A. Escoboza, L. F. Pinedo, C. Pinedo, A. Reyes, V. M. Román y J. A. Pérez. “Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua”. *Tecnociencia*, Vol. 1 (2008): 21-31.