

Análisis geoespacial de las características morfodinámicas de la subcuenca del río Teaone, Esmeraldas- Ecuador

Geospatial analysis of the morphodynamic characteristics of the Teaone river sub-basin, Esmeraldas – Ecuador

Álex Gabriel Quispe Mera^{1,a}, Juan Julio Ordóñez Gálvez^{2,b}, Manuel Benjamín Narváez Herrera^{2,c}, Elmer González Benites Alfaro^{2,d}, Jorge Leonardo Jave Nakayo^{3,e}

Recibido: 30/06/2023 - Aprobado: 03/08/2023 – Publicado: 06/10/2023

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron las características morfométricas y funcionales de la subcuenca del río Teaone, mediante herramientas de sistemas de información geográfica, como insumo para el ordenamiento territorial. Se utilizaron modelos digitales de elevación global del Radiómetro Espacial Avanzado de Emisión y Reflexión Térmica (ASTER-GDEM). Entre los parámetros más destacados tenemos que la subcuenca del río Teaone tiene una superficie 504,66 km², un perímetro de 138,48 km, un factor de forma de 0,27; razón por la cual no es propensa a presentar crecidas súbitas; y un índice de compacidad de 1,74, que expresa la forma alargada de la subcuenca, con una concentración de agua baja e inundaciones recurrentes poco probable.

Palabras claves: Caracterización morfométrica, cuenca hidrográfica, inundación, ordenamiento territorial, sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

In the present work, the morphometric and functional characteristics of the Teaone river sub-basin were studied, using geographic information system tools, as an input for land use planning. Digital global elevation models from the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER-GDEM) were used. Among the most outstanding parameters we have that the Teaone river sub-basin has an area of 504,66 km², a perimeter of 138,48 km, a shape factor of 0,27; which means that it is not prone to flash floods; and a compactness index of 1,74 that expresses the elongated shape of the sub-basin, with a low water concentration and unlikely recurrent floods.

Keywords: Morphometric characterization, hydrographic basin, flooding, land use planning, geographic information systems.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de posgrado. Lima, Perú.
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de posgrado. Lima, Perú.

3 Universidad San Francisco de Quito, Instituto de Geografía, Quito, Ecuador.

a. Autor para correspondencia: alex.quispe7@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9209-2034>

b. E-mail: jordonezg@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3419-7361>

c. E-mail: mnarvaez@usfq.edu.ec - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4951-8575>

d. E-mail: ebenitesal@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1504-2089>

e. E-mail: jorge.jave@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-881X>

I. INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son consideradas como las unidades más elementales de planificación y gestión de los recursos hídricos (Albarracín, et al., 2021); en este sentido, el ordenamiento territorial, como instrumento de planificación rural y urbana, consolida su importancia a través de un correcto manejo de las cuencas hidrográficas donde se desarrolla una comunidad (Mendez, et al., 2021); siendo esta área geográfica, el lugar donde se evidencian las más diversas actividades productivas y el cambio continuo y progresivo del uso y cobertura de suelo (Sellers, et al., 2017).

Conceptualmente la cuenca hidrográfica es definida como el espacio territorial delimitado por la línea parteaguas o *divortium aquarum* de carácter natural, donde el agua producto de la precipitación se desplaza por un cauce principal (Smichowski & Contreras, 2023).

El estudio de las variables morfométricas de la subcuenca del río Teaone busca evaluar el comportamiento hidrológico de este sistema fluvial, incluyendo el análisis de los parámetros de forma, relieve y red de drenaje; lo que coadyuvará en la construcción de planes, programas y proyectos enfocados a la gestión integral de cuencas hidrográficas.

Para propender a un desarrollo local integral, es primordial el estudio de las cuencas hidrográficas, partiendo de su delimitación espacial y caracterización biofísica (Rosa, et al., 2019); paradójicamente en el Ecuador y en muchas realidades geográficas, esta es una de las más grandes carencias de las instituciones tomadoras de decisiones en el manejo de los recursos naturales desde la administración pública.

Según Gaspari et al. (2012), el análisis de la morfometría y de las condiciones funcionales de una cuenca hidrográfica, es la base en la construcción de modelos hidrológicos para evaluar el movimiento y acumulación del agua producto de la precipitación, explicando fenómenos como la infiltración, escorrentía, erosión e incluso oferta hídrica.

El uso de los sistemas de información geográfica facilita el análisis y representación de un territorio, es una herramienta ideal por su carácter dinámico y versatilidad

en la visualización y procesamiento de información (Del Aguila & Mejía, 2021), donde los equipos informáticos y datos digitalizados, de forma organizada y sistemática, facilitan las interacciones y traslapes de distintas capas en los más variados formatos (Gaspari, et al., 2012) convirtiéndose en potentes herramientas para la toma decisiones, así como alternativas válidas para estudios de grandes superficies, en menor tiempo y a bajo costo (Albarracín, et al., 2021).

El objetivo del presente estudio fue la caracterización morfométrica de la subcuenca del río Teaone, mediante el análisis de sus parámetros de forma, relieve y drenaje, aplicando herramientas de sistemas de información geográfica, como una aproximación al conocimiento de su comportamiento dinámico, hidrológico y biofísico. Esta investigación corresponde a los resultados de la tesis doctoral titulada "Gestión integral del riesgo de desastres socionaturales por inundaciones, en la subcuenca del río Teaone, Esmeraldas – Ecuador"

II. METODOLOGÍA

El área de estudio está situada en el cantón y provincia de Esmeraldas, Ecuador. La temperatura de la ciudad está entre los 24 y 26 °C y su precipitación promedio anual oscila entre los 750 a 1000 mm.; con un clima tropical megatérmico seco (SNI, 2023).

Para el análisis de las características morfométricas y funcionales del área de estudio, se utilizó un modelo digital de elevación obtenido del sensor denominado Modelo de Elevación Digital Global, versión 3 del Radiómetro Espacial Avanzado de Emisión y Reflexión Térmica (ASTER-GDEM), que presenta información de la superficie terrestre con una resolución espacial de 1 segundo de arco, es decir, aproximadamente 30 metros (LP DAAC, 2023). Para el proceso geográfico de delimitación de la subcuenca del río Teaone se emplearon los programas ArcGis versión 10.8 y Global Mapper versión 18, bajo el sistema referencia Universal Transversal Mercator, Datum WGS84, Zona 17 Sur.

Los parámetros de forma, relieve y drenaje que se evaluaron se muestran en las tablas 1, 2 y 3, respectivamente.

Tabla 1

Parámetros de forma

Parámetro	Descripción
Área de la cuenca (A, km ²).	Área total de la cuenca de aportación, Horton (1945).
Perímetro de la cuenca (P, km).	Longitud de la línea divisoria que rodea la cuenca; Schumm (1956).
Longitud axial de la cuenca (Lb, km).	Distancia entre la salida y el punto de descarga de la cuenca; Schumm (1956).
Ancho promedio de la cuenca (As, km).	Distancia horizontal de la dimensión más larga de la cuenca perpendicular a la línea de la corriente principal; Cruz-Romero, Gaspari, Rodríguez, Carrillo y Téllez (2015).
Factor de forma (Rf).	$Rf = A / (Lb)^2$ Horton (1932)
Coefficiente de compacidad (Cc).	$Cc = 0.2821 * (P / A^{0.5})$; Horton (1945)
Relación de circularidad (Rc).	$Rc = 4\pi * (A / P^2)$; Miller (1953)

Fuente: Elaboración a partir de Mendez, et al., 2021

Tabla 2.*Parámetros de relieve*

Parámetro	Descripción
Altitud mínima de la cuenca (h, msnm).	Elevación mínima de la cuenca; Horton (1932).
Altitud máxima de la cuenca (H, msnm).	Elevación máxima de la cuenca Horton (1932).
Desnivel (R, msnm).	$R = H - h$, Horton (1932)
Altura máxima del cauce principal (Hmax).	Cota del punto más elevado y del punto más bajo del cauce principal.
Altura mínima del cauce principal (Hmin).	Cota del punto más elevado y del punto más bajo del cauce principal.
Pendiente media de la cuenca.	$PM = 100 [(H \times L) / A]$
Curva hipsométrica.	Expresa el potencial evolutivo de la cuenca hidrográfico por medio de un gráfico de dos ejes.
Orientación de ladera.	Expresa que es la dirección geográfica con respecto al norte geográfico; Llamas (1993).
Histogramas de altitudes	Se elabora a partir de los valores calculados para el trazo de la curva hipsométrica, representando las superficies en porcentajes para las altitudes consideradas.

Fuente: Elaboración a partir de Mendez, et al., 2021 y Riva, et al., 2021

Tabla 3*Parámetros de drenaje*

Parámetro	Descripción
Orden de corrientes (u).	Orden jerárquico Strahler (1964).
Número de cauces (Nu).	Orden jerárquico Horton (1945).
Longitud del cauce principal (Ls, km).	Longitud del cauce principal desde su origen hasta desembocadura Cruz-Romero et al. (2015).
Longitud total de las corrientes (Lu, km).	Longitud total de los cauces presentes en la red de drenaje Horton (1945).
Densidad de drenaje (Dd, km/km ²).	$Dd = Lu / A$ Horton (1945)
Pendiente media del cauce (J) (%).	$i = (H \text{ máx} - H \text{ min} \times 100 \text{ inv tg}) / Lc$
Tiempo de concentración Kirpich.	$T = 0,02L^{0,77} s - 0,385$

Fuente: Elaboración a partir de Mendez, et al., 2021 y Riva, et al., 2021

III. RESULTADOS

A través de los procesos de los programas de sistemas de información geográfica se verifica que la subcuenca del río Teaone se encuentra distribuida entre las parroquias rurales Carlos Concha, Tabiazo y Vuelta Larga, así como en la parroquia urbana Simón Plata Torres, todas pertenecen al cantón y provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Para su representación se elaboró una cartografía temática, donde se distingue su ubicación respecto al cantón, provincia y país, como se muestra en la Figura 1.

3.1. Parámetros de forma

La subcuenca del río Teaone posee una superficie 504,66 km² y un perímetro de 138,48 km. Los otros parámetros de forma se pueden apreciar en la Tabla 4.

3.2. Parámetros de relieve

En la Figura 2 se presenta el modelo digital de elevación (MDE), con el cual se determina el rango de altitud, que va desde los 7 metros a 599 metros sobre el nivel del mar. Su altura promedio es de 303 metros. La altitud menor del cauce principal corresponde a 7 metros y la altitud mayor es de 172 metros sobre el nivel del mar.

En la Figura 3 podemos apreciar las pendientes de la subcuenca que oscilan desde el 0 al 60% y su pendiente media es de 20,90%.

Con los datos altimétricos y de relieve construimos el perfil longitudinal, la curva hipsométrica y el histograma comparativo de frecuencia de alturas de la subcuenca, como se muestra en las figuras 4 y 5, respectivamente.

La tendencia de la curva hipsométrica nos permite interpretar la variación de la elevación de la subcuenca, con marcadas zonas altas, medias y bajas. Los valores altimétricos se dividieron en 10 intervalos, desde su valor mínimo de 7 metros hasta 599 metros sobre el nivel del mar, como se muestra en la Tabla 5. Estos valores son la base para el diseño de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencia, como se muestra en la Figura 5

Finalmente, la superficie del territorio y determinación de su orientación se representó a través del sombreado de laderas y, como se muestra en la Figura 6.

3.3. Parámetros de drenaje

Para el drenaje se determinó el orden de las corrientes, según la metodología de Strahler. Se reconocieron 3 órdenes, que incluyen el río principal, el secundario y un tributario de menor jerarquía. Fueron un total de 15 cauces hídricos, como se muestra en la Figura 7.

La longitud principal del cauce es de 46,91 km y la longitud total de las corrientes es de 86,5 km. La densidad del drenaje es de 0,17 y la pendiente media del cauce es 0,0035. Finalmente, se calculó el tiempo de concentración aplicando el postulado de Kirpich y se obtuvieron 279,861 minutos.

Figura 1

Mapa de ubicación de la subcuenca del río Teañe, respecto al cantón Esmeraldas, incluyendo sus principales centros poblados.

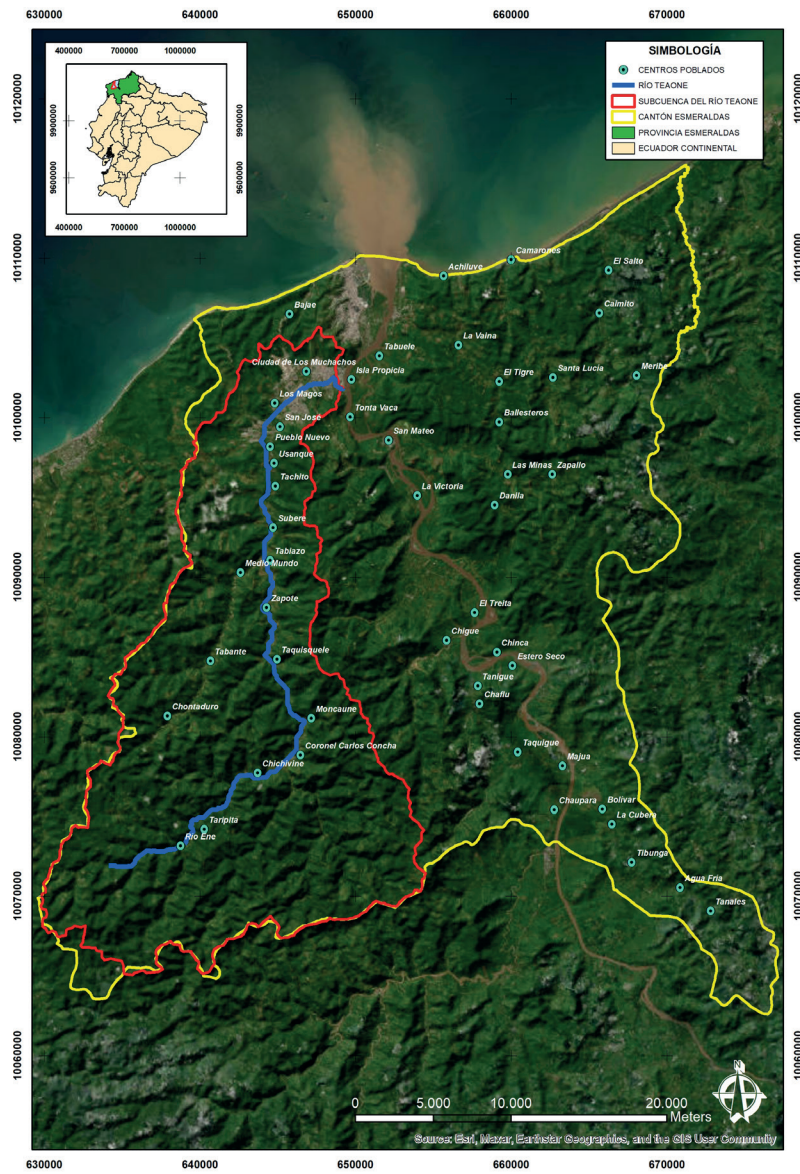


Tabla 4

Resultados de los parámetros de forma

Parámetro	Resultado
Longitud axial	39,41 km
Ancho promedio	10,76 km
Factor de forma	0,27
Coefficiente de compacidad	1,74
Relación de circularidad	0,33

Figura 2
 Mapa altitudinal de la subcuenca del río Teaone

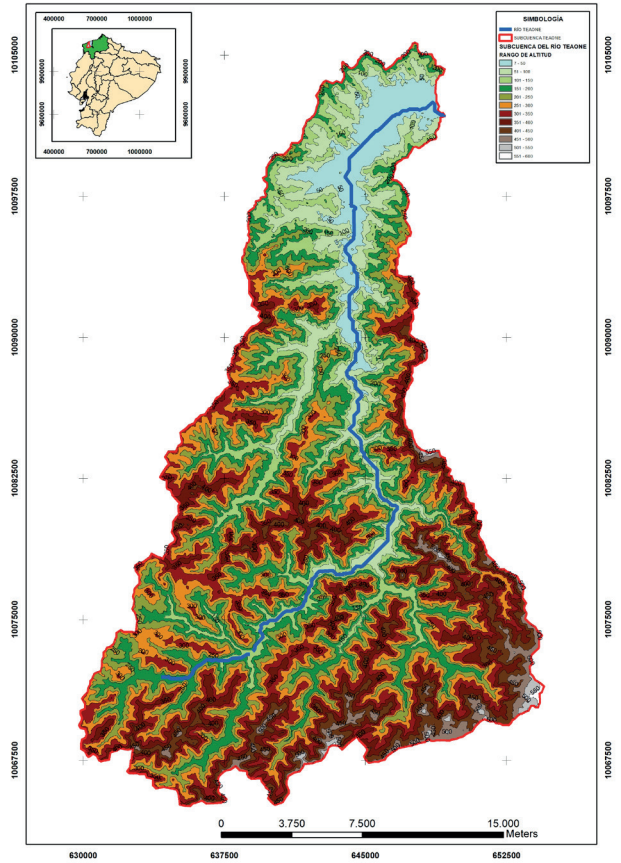


Figura 3
 Mapa de pendientes de la subcuenca del río Teaone

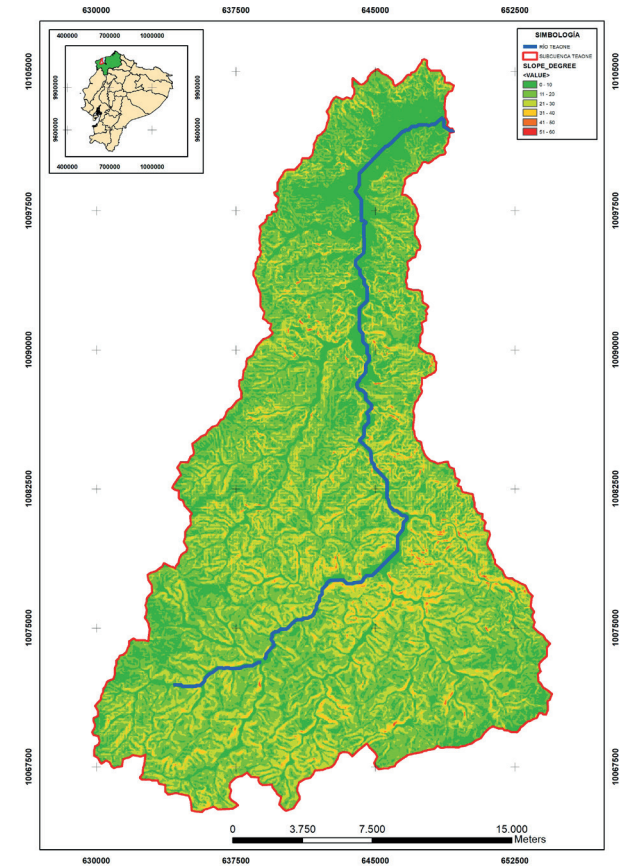


Figura 4
 Perfil longitudinal del cauce principal de la subcuenca del río Teaone

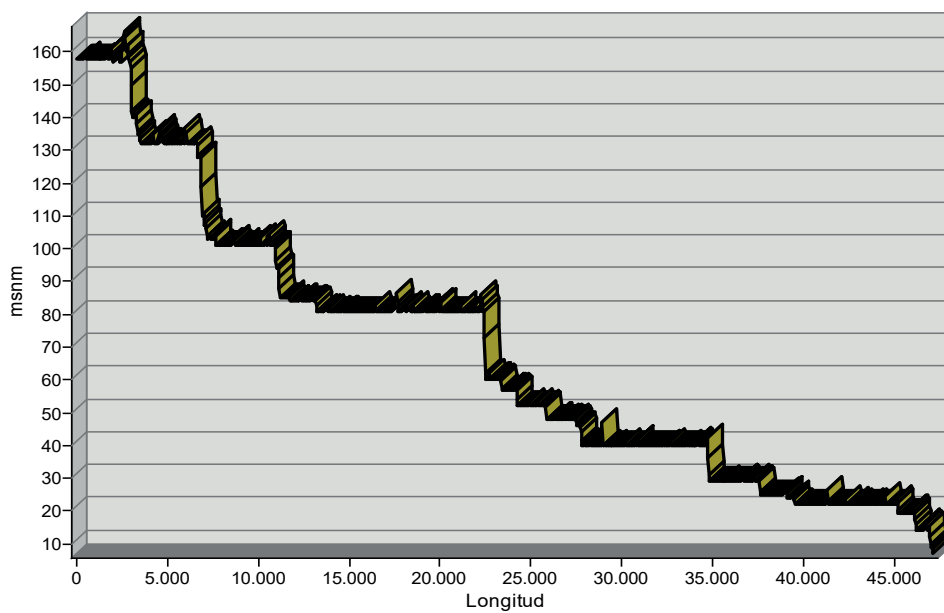


Figura 5

Curva hipsométrica y comparativa con el histograma de frecuencia de alturas de la subcuenca del río Teaone

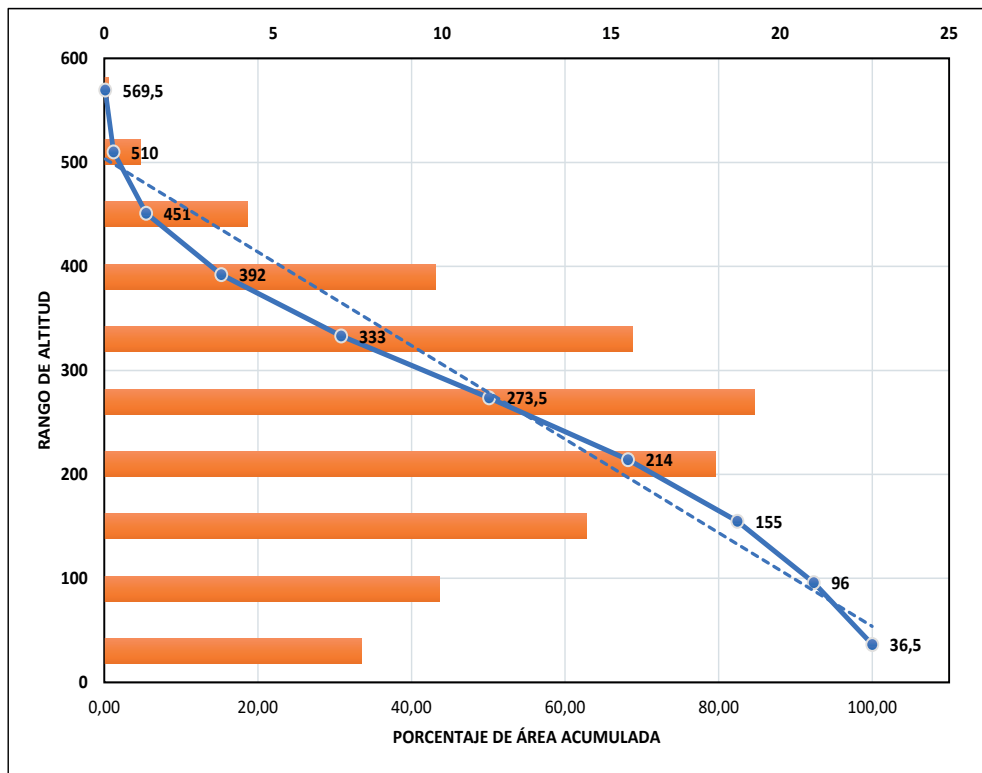


Tabla 5

Valores altimétricos de la subcuenca del río Teaone

Cotas			Área (km ²)			
Mínima	Máxima	Altura promedio	Área entre curvas	Área acumulada	% área	% área acumulada
7	66	36,5	38,40	504,63	7,61	100,00
67	125	96	50,12	466,23	9,93	92,39
126	184	155	71,99	416,11	14,27	82,46
185	243	214	91,29	344,12	18,09	68,19
244	303	273,5	97,12	252,83	19,25	50,10
304	362	333	78,81	155,71	15,62	30,86
363	421	392	49,45	76,90	9,80	15,24
422	480	451	21,45	27,45	4,25	5,44
481	539	510	5,40	6,00	1,07	1,19
540	599	569,5	0,60	0,60	0,12	0,12
			504,63		100,00	

Figura 6

Mapa de orientación de laderas de la subcuenca del río Teaone

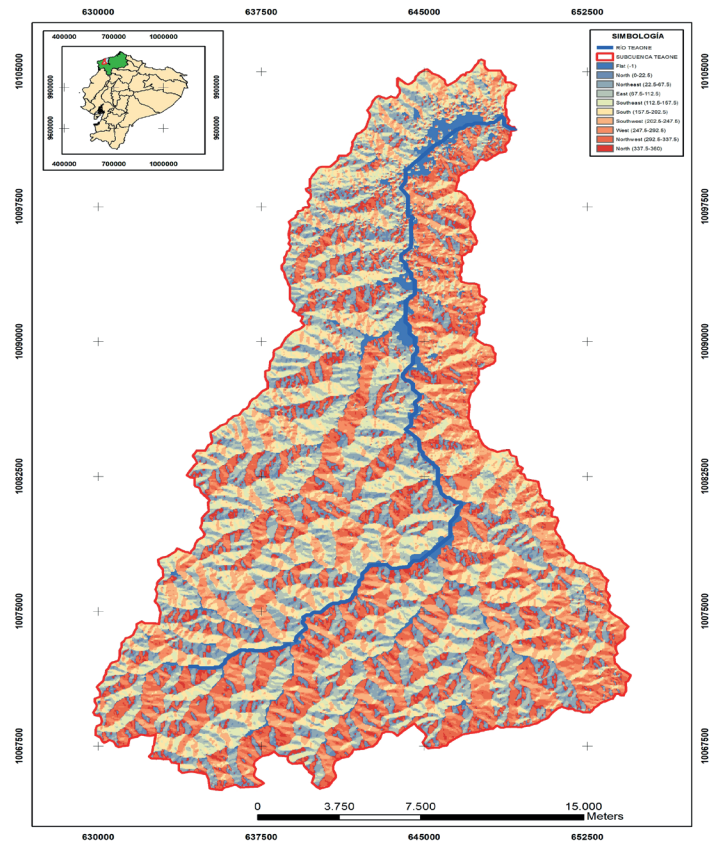
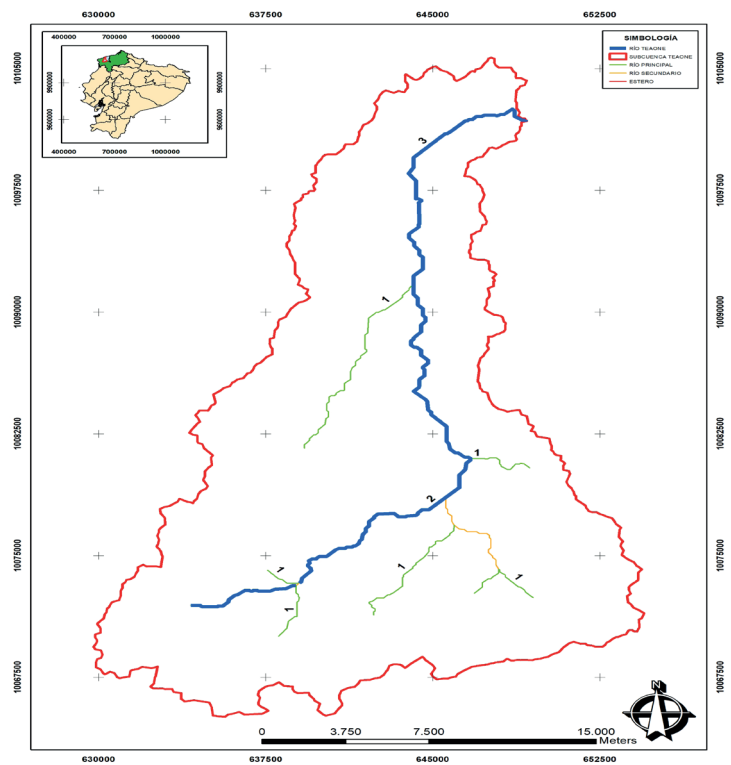


Figura 7

Mapa de orientación de laderas de la subcuenca del río Teaone



IV. DISCUSIÓN

En la subcuenca del río Teaone se encuentran distribuidos importantes centros poblados de la ciudad de Esmeraldas, que, apostados a orillas del cauce hídrico principal, se desarrollan en una transición de zona rural hacia zona urbana. Entre los asentamientos rurales tenemos a Carlos Concha, Taquíscuele, Zapote, Tabiazo, Tacole, Súbere, Pueblo Nuevo y Vuelta Larga. Entre los asentamientos urbanos tenemos a 50 Casas, Tolita 1, Propicia 4 y Los Mangos, que constituyen la parte baja de la subcuenca.

En el invierno todos estos centros poblados de la parte baja de la subcuenca del río Teaone presentan riesgo de inundación, que históricamente se ha documentado. El último evento hidrometeorológico extremo se produjo el 4 de junio del 2023, donde, de acuerdo a los informes de la Secretaría de Gestión de Riesgos, resultaron afectadas 2395 familias (SGR, 2023).

De los resultados obtenidos del análisis morfométrico de la subcuenca del río Teaone, el factor de forma nos explica la elongación de la cuenca. Bajo este contexto, un factor de forma mayor a 1 nos indica que la cuenca está sujeta a crecientes de forma repentina, rápidas y muy intensas (Horton, 1932). En el caso de la subcuenca del río Teaone se obtuvo un valor de 0,27, lo que nos indica que la subcuenca del río Teaone no es propensa a tener crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas de forma simultánea en toda o en gran parte de su superficie, coincidiendo con lo expuesto por Smichowski & Contreras (2023), de que cuando se supera la unidad, el escurrimiento responde velozmente, formando crecidas súbitas. No se debe confundir con susceptibilidad a inundaciones, pues esto dependería del nivel de precipitación en la zona y no solo de la forma de la cuenca (Mendez, et al., 2021).

El coeficiente de compacidad de Gravelius (1914) establece la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia, por lo que, de acuerdo con García, et al. (2021), este índice representa la forma de la superficie de la cuenca, así mismo nos expresa la posibilidad de un evento de inundación ante un fenómeno hidrometeorológico extremo. Para su interpretación debemos entender que cuando más tiende a 1, la cuenca más se asemeja a un círculo; y cuando más se aleja a 1, la cuenca se muestra alargada. De la misma manera, este índice se asocia al tiempo de concentración (Gaspari, et al., 2012), es decir, entre mayor sea el coeficiente, menor será la concentración de agua en una cuenca. En el caso de la subcuenca del río Teaone, el valor obtenido es de 1,74, por lo que podemos interpretar que la forma es alargada y la concentración de agua es baja y por lo tanto es muy poco probable que sea escenario de inundaciones prolongadas o recurrentes.

De acuerdo con Riva, et al. (2021), el coeficiente de circularidad nos permite interpretar también la forma de la cuenca; según este coeficiente valores cercanos a 1 indican formas circulares y valores lejanos a 1, representan cuencas alargadas. En el caso de nuestra área de estudio, presentó un valor de 0,33, que expresa un alargamiento en la subcuenca, coincidiendo con los otros factores explicados.

De acuerdo con Smichowski & Contreras (2023), los parámetros de relieve nos ayudan a comprender la respuesta hidrológica de la cuenca y, por ende, los efectos de la erosión y sedimentación. El rango altitudinal es constante desde la parte alta de la subcuenca hasta la desembocadura del río Teaone. Su mayor representatividad está en las zonas con pendientes de 0 a 20%; presenta zonas montañosas en superficies reducidas, propio de zonas de cobertura boscosa. En la parte baja de la subcuenca se encuentra la población diseminada y apostada al borde del cauce principal.

La curva hipsométrica nos ayuda a comprender la distribución del área acumulada de una cuenca de acuerdo con la altitud (Guzman, et al., 2021). Este gráfico nos muestra la variación altitudinal, cuyo rango de cota va desde los 7 hasta los 599 metros sobre el nivel del mar. Aquí apreciamos que las mayores disponibilidades de terreno se encuentran ubicadas entre las altitudes de 200 a 350 msnm. Vale acotar que, esta curva muestra la edad que podría tener la subcuenca y su dinámica erosiva. En este sentido, el gráfico nos permite deducir que la subcuenca se encuentra en un estado de equilibrio o fase de madurez.

En lo que respecta a los criterios de drenaje, y considerando lo propuesto por Strahler (1957), la red de drenaje de la subcuenca del Teaone tiene un cauce principal de gran longitud, con ríos tributarios de primer y segundo orden, bien diferenciados. En cuanto a la densidad de drenaje es relativamente baja, lo que se entiende por la presencia de vegetación arbustiva y leñosa, así como la disposición de materiales que permiten la infiltración del agua.

Finalmente, cuando se calculó el tiempo de concentración, aplicando lo propuesto por Kirpich (como se citó en Grimaldi, et al., 2012), se obtuvieron 279,861 minutos; lo que nos indica que es el tiempo que se necesitaría para que todos los puntos de la subcuenca aporten agua de forma concurrente al punto de desfogue.

V. CONCLUSIONES

Conocer el funcionamiento hidrológico y los procesos biofísicos de una cuenca hidrográfica coadyuvará de forma positiva a la concreción de verdaderos planes de desarrollo y ordenamiento integral, incluyendo criterio técnico en cuanto al manejo de los recursos hídricos, así como de los servicios ecosistémicos que confluyen en esta entidad.

La caracterización morfométrica de la subcuenca del río Teaone es un aporte para futuros estudios hidrológicos, que permitan la construcción de escenarios hidrológicos con el objetivo de promover la gestión de riesgo de desastres por inundación ante la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Los sistemas de información geográfica han evolucionado vertiginosamente, en la actualidad es un insumo esencial para la construcción de modelos prospectivos para el análisis territorial y ordenación de las cuencas hidrográficas con un enfoque de sostenibilidad social, económica y ambiental.

La subcuenca del río Teaone se encuentra en un estado de madurez, pero con un potencial de sedimentación alto, por lo que es necesario desarrollar nuevas investigaciones para conocer el caudal y la calidad del agua de este afluente de gran importancia para la ciudad.

VI. AGRADECIMIENTOS

A todo el equipo de especialistas del Instituto de Geografía de la Universidad San Francisco de Quito, por su incondicional apoyo en esta investigación.

VII. REFERENCIAS

- Albarracín, S., Pauluzek, A., Sanclemet, E., & Alvarenga, F. (2021). Aspectos morfológicos de la cuenca del arroyo Nagel (Misiones, Argentina). *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación Ingenio*, 2(2), 81-89. doi:<https://doi.org/10.36995/j.masingenio.2021.02.02.007>
- Del Aguila, S., & Mejía, A. (2021). Caracterización morfométrica de dos cuencas altoandinas del Perú utilizando sistemas de información geográfica. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(2), 538-562. doi:<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-02-12>
- García, N., Salinas, N., & Blandón, L. (2021). Parámetros morfométricos de la unidad hidrológica 69-95259905 Masaya, Nicaragua; como primera etapa en la caracterización hidrológica. *Revista Científica de la FAREM-Esteli*(38), 230-244. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v0i38.11954>
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augm Domus*, 4, 143-158. Obtenido de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476#:~:text=La%20longitud%20del%20cauce%20principal,un%20avanzado%20grado%20de%20desarrollo>.
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Time of concentration: a paradox in modern hidrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217-228. doi:<https://doi.org/10.1080/002626667.2011.644244>
- Guzman, A., De Antueno, L., & Gaspari, F. (2021). Análisis de la variabilidad geoespacial de la fragilidad morfométrica en la cuenca alta del Río Sauce Chico, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 120(1), 1-18. doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e069>
- Horton, R. (1932). Características de la cuenca de drenaje. *Transacciones, Unión Geofísica Americana*, 13. doi:<http://dx.doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Kirpich, P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6).
- LP DAAC. (2023). Centro de Archivo Activo Distribuido de Procesos Terrestres. Recuperado el 2023, de <https://lpdaac.usgs.gov/products/astgtmv003/>
- Mendez, A., Corral, S., Nájera, J., Cruz, F., & Pompa, M. (2021). Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México. *Terra Latinoamericana*, 39. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.641>
- Riva, P., Sánchez, A., & Gaspari, F. (2021). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13(21), 1-20. Obtenido de <https://host170.sedici.unlp.edu.ar/server/api/core/bitstreams/901ab065-e416-463c-b4be-605fb08c78d7/content#:~:text=El%20%C3%A1rea%20de%20la%20cuenca,%20Doblonga%20a%20rectangular%20Doblonga>.
- Rosa, D., Vendruscolo, J., Brito, J., Cavalheiro, W., Silva, G., & Bonifácio, G. (2019). Caracterización morfométrica de la microcuenca del Igarapé Novo Mundo, Amazonia Occidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, 140-150. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/46162/art10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2017). EJE 07-09 Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*(16), 399-411. Obtenido de <https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/87>
- Smichowski, H., & Contreras, F. (2023). Análisis morfométrico de la cuenca del río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*(70), 297-320. doi:<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.11>
- SGR. (06 de 06 de 2023). Secretaría de Gestión de Riesgos. Recuperado el 12 de 07 de 2023, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/INFOGRAFIA-EPOCA-LLUVIOSA-ESMERALDAS-07.06.2023-16h00.pdf>
- SNI. (2023). Sistema Nacional de Información. Recuperado el 2023, de <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Strahler, A. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.

Contribución de autoría

Conceptualización: Álex Gabriel Quispe Mera; Análisis formal: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Manuel Benjamín Narváez Herrera, Elmer González Benites Alfaro y Jorge Leonardo Jave Nakayo; Aplicación de técnicas estadísticas: Álex Gabriel Quispe Mera y Manuel Benjamín Narváez Herrera; Adquisición de fondos: Álex Gabriel Quispe Mera; Investigación: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez y Manuel Benjamín Narváez Herrera; Metodología: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Manuel Benjamín Narváez Herrera, Elmer González Benites Alfaro y Jorge Leonardo Jave Nakayo; Administración del proyecto: Álex Gabriel Quispe Mera; Supervisión: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez; Validación: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez y Manuel Benjamín Narváez Herrera; Verificación: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez y Manuel Benjamín Narváez Herrera; Visualización: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Manuel Benjamín Narváez Herrera y Elmer González Benites Alfaro; Preparación: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Elmer González Benites Alfaro y Jorge Leonardo Jave Nakayo; Redacción - borrador original: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Elmer González Benites Alfaro y Jorge Leonardo Jave Nakayo; Redacción - revisión y edición: Álex Gabriel Quispe Mera, Juan Julio Ordoñez Gálvez, Elmer González Benites Alfaro y Jorge Leonardo Jave Nakayo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.