

Revista EDUCATECONCIENCIA.

Volumen 30, No. 34

E-ISSN: 2683-2836

ISSN: 2007-6347

Periodo: enero- marzo 2022

Tepic, Nayarit. México

Pp. 25 – 40

<https://doi.org/10.58299/fp9jnv18>

Recibido: 02 de diciembre del 2021

Aprobado: 28 de enero del 2022

Publicado: 31 de marzo del 2022

**La Morfometría como apoyo al estudio ante inundaciones en una cuenca del
occidente de México.**

Morphometry as a support for the study of floods in a western Mexican basin.

Cristian Agustín López Huerta

Universidad Autónoma de Nayarit, México
cristian961001@gmail.com

Susana María Lorena Marceleno-Flores

Universidad Autónoma de Nayarit, México
susana.marceleno@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0430-8128>

Oyolsi Nájera-González

Universidad Autónoma de Nayarit, México
oyolsi@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8637-9482>

José Irán Bojórquez-Serrano

Universidad Autónoma de Nayarit, México
iranbojorquez@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9488-1619>

La Morfometría como apoyo al estudio ante inundaciones en una cuenca del occidente de México.

Morphometry as a support for the study of floods in a western Mexican basin.

Cristian Agustín López Huerta

Universidad Autónoma de Nayarit, México
cristian961001@gmail.com

Susana María Lorena Marceleno-Flores

Universidad Autónoma de Nayarit, México
susana.marceleno@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0430-8128>

Oyolsi Nájera-González

Universidad Autónoma de Nayarit, México
oyolsi@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8637-9482>

José Irán Bojórquez-Serrano

Universidad Autónoma de Nayarit, México
iranbojorquez@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9488-1619>

Resumen

Las cuencas poseen características idóneas para realizar planificaciones ambientales del territorio. La técnica más importante para el análisis cuantitativo de estas características es la morfometría ya que brinda respuesta al régimen hidrológico y refleja las propiedades topográficas, geológicas y edafológicas de las cuencas. En este trabajo se determinó la morfometría de una cuenca para cuantificar el grado de vulnerabilidad a inundación mediante parámetros fisiográficos, geomorfológicos y mediante la red hidrográfica. Los resultados indican que es una cuenca de tamaño intermedia a pequeña, por su forma ligeramente ensanchada tiene una baja probabilidad de presentar precipitaciones intensas y simultáneas, sumando a esto, la cuenca presenta un Kc con valor de 1.76 lo cual indica que la cuenca es incapaz de concentrar grandes volúmenes de agua; esta presenta un drenaje con un nivel moderado lo que significa que es una cuenca con una respuesta media a un evento por precipitación.

Palabras clave: Hidrología, Tepic, Xalisco, Precipitación.

Abstract

The watershed have ideal characteristics to carry out environmental planning of the territory. The most important technique for the quantitative analysis of these characteristics is morphometry since it provides a response to the hydrological regime and reflects the topographic, geological and edaphological properties of the watershed. In this work, the morphometry of a watershed was determined to quantify the degree of vulnerability to flooding through physiographic and geomorphological parameters and through the hydrographic network. The results indicate that it is a watershed of intermediate to small size, due to its slightly widened

shape it has a low probability of presenting intense and simultaneous rainfall, adding to this, the watershed presents a Kc value of 1.76 which indicates that the watershed is incapable to concentrate large volumes of water; This presents a drainage with a moderate level, which means that it is a watershed with a medium response to a precipitation event.

Keywords: Hidrology, Tepic, Xalisco, Precipitation.

Introducción

Las características biofísicas y antrópicas de las cuencas les permiten que sean zonas idóneas para una planificación ambiental territorial (Olaya *et al.*, 2014). Díaz-Gómez *et al.* (2017) brindan resultados preliminares sobre las propiedades ambientales que presenta el territorio a partir de las características físicas e hidrológicas de la zona, por ejemplo: el área de la cuenca, orden de corrientes, pendiente entre otros factores.

Las características antrópicas (temas, sociales, económicos, culturales, demográficos y jurisdiccionales) han jugado un papel importante en la modificación de las características ambientales de la cuenca (Jumbo, 2015). La morfometría es la técnica más importante para evaluar el proceso hidrológico (Camino *et al.*, 2018) esta herramienta es muy útil ya que estudia las diferentes variables que presenta una cuenca, brinda respuesta al régimen hidrológico y refleja las propiedades topográficas, geológicas y edafológicas de las cuencas; se puede llegar a utilizar para medir el grado de vulnerabilidad que tiene una cuenca a un proceso de inundación (Vicenzi-Franco & Alves-Dal, 2015).

Este trabajo se realizó en la cuenca Tepic-Xalisco, la cual se ubica en la cuenca del río Mololoa en el estado de Nayarit, en México. Esta zona ha sido explotada durante casi dos siglos por los recursos naturales que posee (Marceleño-Flores & Nájera-González, 2014) y actualmente brinda servicios ambientales a más del 50% de la población de todo el estado (González-García *et al.*, 2016).

Situación problemática

El área de estudio se encuentra asentada en una cuenca debido a sus atractivos recursos naturales, pero la sobreexplotación y el crecimiento de la mancha urbana trajo consigo cambios en la dinámica hidrológica; como resultado de estos cambios el Atlas de Riesgo Municipal, 2014 (Sistema de Información Geográfica para la Planeación y Ordenamiento del Territorio [SIGPOT], 2014), menciona que los primeros registros de inundaciones datan del año 1800 hasta

la actualidad trayendo como consecuencias severos daños en la infraestructura expuesta, a la población y paros en las actividades económicas del área de estudio.

Antecedentes

Los primeros registros de inundaciones que se tiene para el área de estudio datan del año 1800 (SIGPOT, 2012), esto se debe a que gran parte del área de estudio se asentó en los márgenes del río Mololoa ya que en el pasado se aprovechaba el río como fuente de abastecimiento y actualmente sólo funciona como colector del alcantarillado de la ciudad (Ballinas, 2014).

Marceleño (2011) indico en su estudio que existía un incremento de la mancha urbana en zonas de humedales trayendo consigo un aumento de afectaciones por inundaciones, también en la investigación de Ruiz (2018) observo que las zonas urbanas que se encontraban dentro de las escorrentías superficiales y cercanas al río Mololoa tenían grandes impactos por las lluvias intensas; modelaciones futuras señalan que habrá más asentamientos urbanos en zonas de inundación (Avalos-Jiménez *et al.*, 2019).

Con respecto a la problemática de asentamientos e inundaciones Ballinas (2014) recomendó en su trabajo establecer programas para la prevención y gestión del territorio, para la reubicación de infraestructura como casas y edificios dentro de la zona proclive a inundaciones.

Objetivo

Dado los antecedentes de sobreexplotación, mal manejo del territorio y la frecuencia en la ocurrencia de inundaciones surge este trabajo que tiene como objetivo determinar la morfometría de la cuenca como información de apoyo al estudio de la vulnerabilidad ante inundaciones.

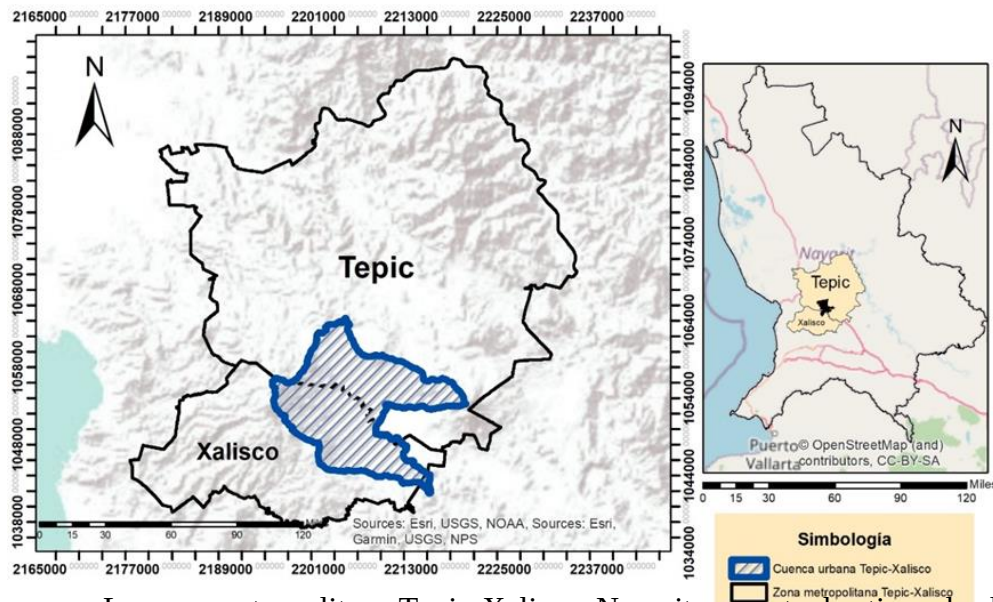
Materiales y método

Participantes

La cuenca (Figura 1) conecta con los municipios de Tepic y Xalisco dentro del estado de Nayarit; el área de estudio tiene una superficie de 253.66 km². Se sitúa entre las provincias del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Occidental. Teniendo una altitud de 100 metros en la parte más baja y hasta los 2 300 metros la zona más alta (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2009a; INEGI, 2009b).

Figura 1.

Ubicación de la Cuenca Tepic-Xalisco, Nayarit.



La zona metropolitana Tepic-Xalisco, Nayarit presenta dos tipos de clima, cálido subhúmedo y templado subhúmedo, con una temperatura que oscila de 16° a 28°C y con precipitaciones que van de 800 – 2 000 mm (INEGI, 2013).

Esta zona se ubica en dos regiones hidrológicas, Lerma-Santiago y Huicicila; tres cuencas principales, R. Santiago-Aguamilpa, Huicicila-San Blas y R. Huaynamota y 10 subcuencas, 35 corrientes de agua perennes, 9 corrientes de agua intermitentes y 11 cuerpos de agua perennes. Cuenta con 7 suelos predominantes (Figura 3): Luvisol, Leptosol, Cambisol, Regosol, Umbrisol, Andosol, Gleysol (INEGI, 2017).

Técnica e instrumentos

La técnica empleada para este estudio fue la morfometría la cual se dividió en tres parámetros: fisiográficos, geomorfológicos y red hidrográfica; estos parámetros daban resultados preliminares del estado de la cuenca y al final de la obtención de todos los resultados se hizo un análisis para determinar la situación en la que se encuentra la cuenca.

Procedimiento

Delimitación de la zona de estudio

La delimitación de los límites de la cuenca se realizó a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) 10.8 y se le añadió información de los datos vectoriales de las áreas geoestadísticas F13D21 y F13D31 del INEGI.

Para el cálculo del índice de morfometría se utilizaron las siguientes variables:

Parámetros Fisiográficos

Área de la Cuenca (A) clasificación por rango (Tabla 1), Perímetro de la Cuenca (P), Longitud de la Cuenca (L) (Campos, 1998).

Tabla 1.

Tipos de cuencas según su rango de área.

Rango (Km ²)	Clasificación
<25	Microcuenca
25-250	Pequeña
250-500	Intermedia-Pequeña
500-2 500	Intermedia-Grande
2500-5 000	Grande
>5 000	Muy Grande

Ancho de la Cuenca (W):

$$W = \frac{A}{L}$$

Factor de Forma (Ff) Tabla 2:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Tabla 2.

Tipos de Formas en Cuencas.

Valores	Factor de forma
<0.22	Muy alargada
0.22-0.30	Alargada
0.30-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Y la Longitud del Río Principal (Jardí, 1985).

El Coeficiente de compacidad (Tabla 3) o Índice de Gravelius (K_c) donde indica mayor o menor compacidad de la cuenca será estudiada por medio de la fórmula:

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Tabla 3.

Índice de Gravelius

K_c	Clasificación
1-1.25	Casi redonda a oval-redonda
1.25-1.5	Oval redonda a oval-oblonga
1.5-1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
>1.75	Rectangular Oblonga

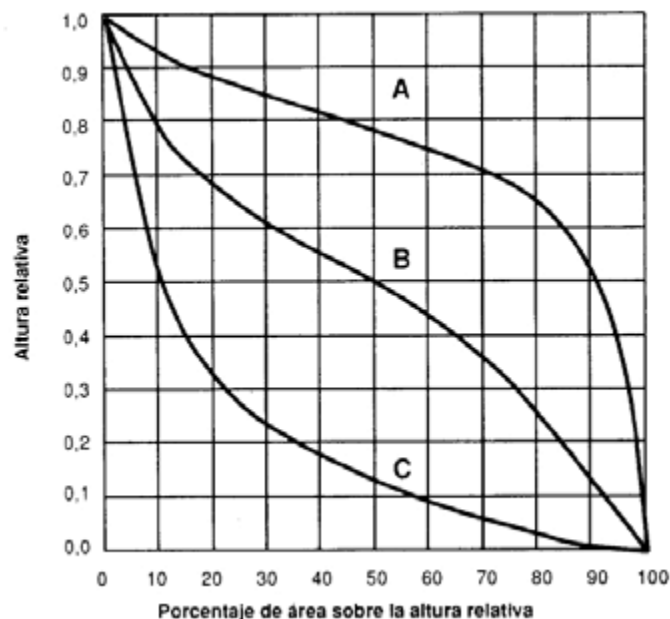
Fuente: Tomado de Zavoianu, (1985).

Parámetros Geomorfológicos

La altitud media de la cuenca (Hm), permite mostrar aspectos climatológicos (distribución térmica, existencia de microclimas) que tienen interacción en la cuenca, mediante un patrón climático de la zona de estudio (Córdoba, 2016) cuya fórmula es: $Hm = (\sum H_i * S_i) / A$. Donde la altitud media de la cuenca es igual a H_i que es la altitud media de cada área parcial por el área parcial entre el área total de la cuenca. La Curva Hipsométrica (Figura 2) se presenta gráficamente y es el resultado de llevar al eje de las abscisas los datos de la superficie drenada en Km² o en porcentaje obtenidas hasta un cierto nivel (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2016).

Figura 2.

Curvas Hipsométricas con distintas fases de la vida de los ríos (Strahler, 1952).



La curva A, representa una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud), la curva B muestra a una cuenca en equilibrio (fase de madurez) y, por último, la curva C muestra a una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

Parámetros de la Red Hidrográfica

Para la clasificación de la red hidrográfica de la cuenca Tepic-Xalisco se utilizó el método propuesto por Horton (1945). El procedimiento indica que el escurrimiento de primer orden va a ser el que carece de tributarios (corriente de agua), los escurrimientos de segundo orden será la unión de dos o más escurrimientos de primer orden, el de tercer orden es el que recibe escurrimientos de dos o más de segundo orden y así sucesivamente hasta llegar al orden más elevado, este último orden corresponde al cauce principal de la cuenca.

El dato obtenido por la densidad de drenaje indica qué tan desarrollado este dicho sistema de drenaje Dd. Este dato es el resultado de la longitud total de los cursos de agua (L) de la cuenca y su área total (A) y está dada por la expresión:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Por su parte, la extensión media de escurrimiento superficial (Es) nos indica la distancia media del agua precipitada que tendrá que transportarse al cause más cercano, y está dada por la expresión:

$$Es = \frac{A}{4Li}$$

que es la sumatoria total del orden de corrientes y el área total (Marcondes & Mattos, 1975).

Análisis Morfométrico

Se creó una base de datos para la captura de los cálculos de A, P, L y longitud del río principal, se obtuvieron de manera automática mediante ArcGis 10.8 (Esri, 2020), y los cálculos de W, Ff y Kc se realizaron mediante fórmulas.

Para el cálculo geomorfológico se realizó una reclasificación de altitudes cada 500 m, arrojando cuatro clases de altura. Seguida de esta nueva reclasificación se calculó de manera automática mediante el SIG el área parcial (Si). Para determinar la altitud media de cada área parcial (Hi), se aplicó la fórmula:

$$Hi = \frac{Cota\ Menor + Cota\ Mayor}{2}$$

El total de Si y Hi se divide y el resultado es la Altitud Media de la Cuenca (Hm). Para graficar la curva hipsométrica se empleó la herramienta Excel.

Para la clasificación de la red hidrográfica se usó la información de los datos vectoriales F13D21 y F13D31, los cuales alimentaron al SIG, para tal efecto se realizó el despliegue de todas las corrientes que alimentan a la cuenca y se ordenaron cada una de las corrientes utilizando la metodología de Horton (1945).

Resultados y discusiones

El área de la cuenca (Tabla 4) es de 253.66 Km², esta se encuentra en la posición tercera según la clasificación referida por Campos (1998) considerándose una cuenca de tamaño intermedia-pequeña. Desde el punto de vista de Guilarte (1978) se pueden encontrar varias cuencas con igual área, pero con un valor diferente de factor de forma. Guerra y González (2002) argumentan que la forma que presenta una cuenca influye en el abastecimiento de agua. Para la cuenca el factor de forma es de 0.51, este número indica que es una cuenca ligeramente ensanchada, retomando la información de la Tabla 2; como plantean Camino *et al.* (2018) valores de F_f cercanos superiores a 1 indican cuencas redondeadas. Henao-Sarmiento (1988), ratifica que las cuencas que tienen mayor probabilidad de recibir precipitaciones intensas y simultáneas en toda el área total de la cuenca son las redondeadas, lo cual aumenta el riesgo de crecidas. Por otra parte, Salas *et al.*, (2011) señalan que valores de K_c cercanos a 1 indican cuencas redondeadas y la cercanía a este valor se interpreta como cuencas con mayor probabilidad de concentrar volúmenes altos de agua, esto se debe a que el cauce principal es más corto a diferencia de una cuenca alargada, provocando que los tiempos de concentración sean más rápidos, lo que puede derivar en un desbordamiento del cauce principal. La cuenca metropolitana presenta un valor de 1.76 lo cual denota una forma rectangular-oblonga, esto significa que la zona de estudio por su coeficiente de compacidad no presentará grandes concentraciones de agua.

Tabla 4.

Resultados de los parámetros fisiográficos de la cuenca Tepic-Xalisco.

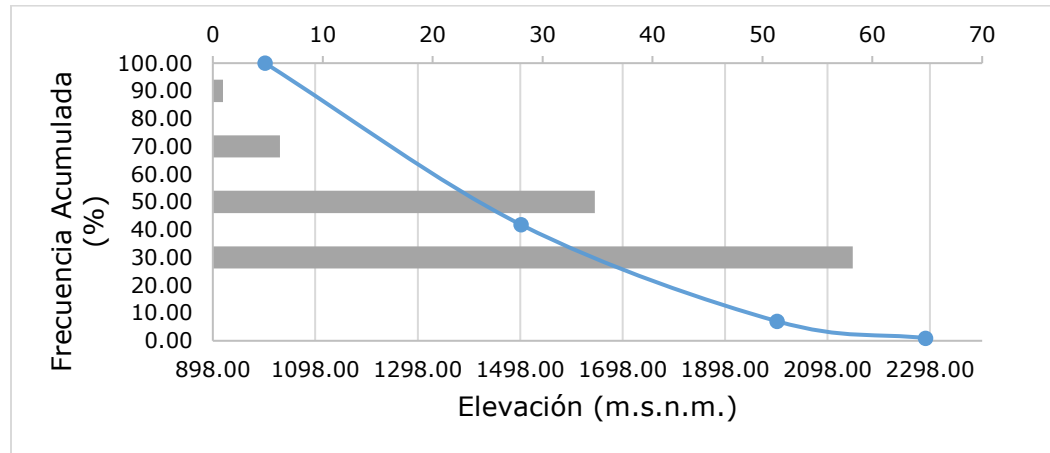
No.	Tipo	Km
1	Área de la Cuenca (A)	253.66
2	Perímetro de la Cuenca (P)	100.25
3	Longitud de la Cuenca (L)	25.10
4	Ancho de la Cuenca (W)	10.11
5	Longitud del Río Principal	22.35
6	Factor de Forma (Ff)	0.51
7	Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius (kc)	1.76

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca tiene una Altitud media (Hm) de 1 113.64 m.s.n.m. de acuerdo con Gaspari *et al.*,2013) los parámetros de la curva hipsométrica (CH) muestran información resumida sobre la altitud de la cuenca, la CH simboliza la distribución del área conforme a su elevación.

Los resultados de CH (Figura 3) indican que es una cuenca sedimentaria (fase de vejez), Strahler (1952) relaciona esa fase con una cuenca que presenta (en su mayor parte) pendientes suaves o llanas. La cuenca se divide en parte baja, media y alta; la parte baja se eleva entre los 898 -1 500 m.s.n.m., la parte media oscila entre 1 500-2 000 m.s.n.m. y la parte alta, alcanza alturas de 2 000-2 290 m.s.n.m.

Figura 3.

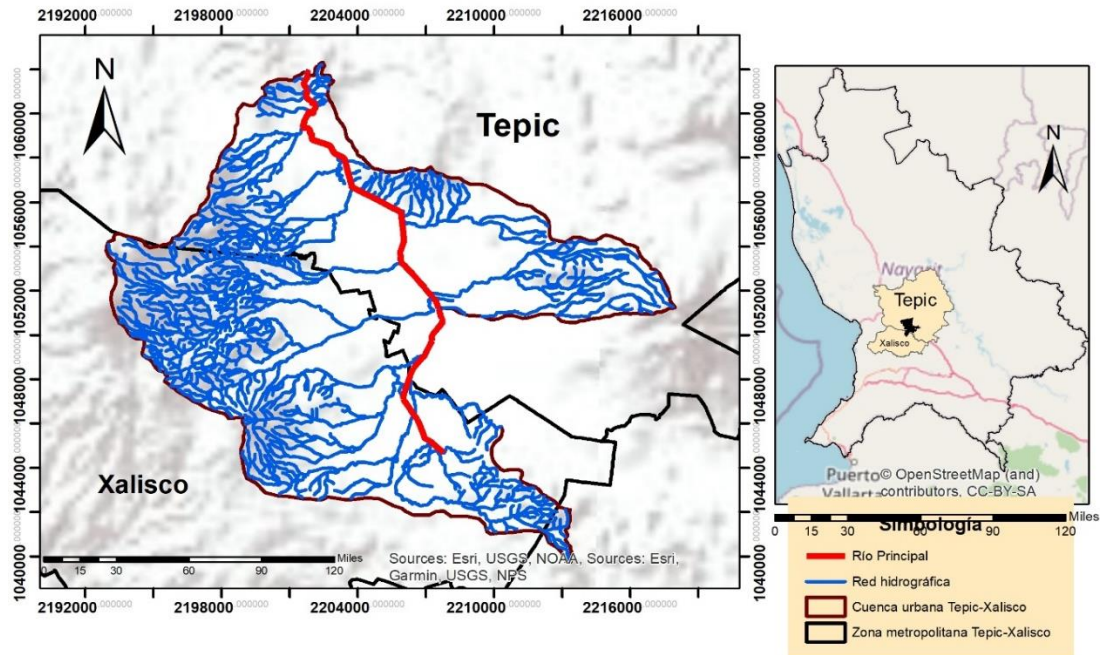
Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes.



Con la metodología propuesta por Horton (1945), los resultados de la red hidrológica (Figura 4) arrojaron que existe un total de 5 órdenes de corrientes en la cuenca.

Figura 4.

Red Hidrográfica de la Cuenca.



Nota. El mapa temático representa todas las corrientes y el río principal (rojo) que yace en la cuenca Tepic-Xalisco.

Marcondes y Mattos (1975) presentan una clasificación de tres niveles para la densidad de drenaje, donde valores menores de 0.5 km/km^2 indican cuencas con drenajes poco eficientes, valores arriba de 0.5 km/km^2 , pero menores a 3.5 km/km^2 son cuencas con drenaje moderado y valores mayores al ya mencionado son cuencas con respuestas hidrológicas rápidas, lo que significa que estas cuencas van a drenar rápidamente los volúmenes de agua. En este estudio la cuenca presenta un valor de 2.43 km/km^2 la cual la ubica como una cuenca de densidad de drenaje moderada.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de análisis morfométrico de la cuenca de Tepic-Xalisco permiten concluir que es una cuenca de tamaño intermedia a pequeña con un área de 253.66 km^2 , por su forma ligeramente ensanchada (Ff de 0.5) tiene una baja probabilidad de presentar precipitaciones intensas y simultaneas en la cuenca, sumando a esto, la cuenca presenta un Kc con valor de 1.76 lo cual indica que la cuenca es incapaz de concentrar grandes volúmenes de agua. Esta presenta un drenaje con un nivel moderado, lo que significa que es una cuenca con una respuesta media a un evento por precipitación para este caso, una inundación. Se puede afirmar que es una cuenca que presenta una baja probabilidad de riesgo por inundaciones, sin embargo, existen otros factores que influyen en este proceso como el limitado control que tiene las instituciones sobre el uso del suelo, lo que conlleva a tener una deficiente planificación del territorio y el crecimiento urbano; trayendo como consecuencia las construcciones en zonas inapropiadas, disminución de áreas verdes que sirven para la captación del agua, aumento de zonas impermeables por mencionar algunos.

El procesamiento de información digital mediante algún sistema de información geográfica (SIG) es una buena alternativa para los estudios de morfometría, ya que facilitan la evaluación del comportamiento de estas mismas. la integración de los parámetros morfométricos en cuencas hidrográficas es un aporte significativo relevante para la consolidación del ordenamiento ecológico del territorio.

Referencias

Avalos-Jiménez, A., Gómez-Delgado, M., Aguilera-Benavente, F. & Flores-Vilchez, F. (2019). Simulación del crecimiento urbano de la zona metropolitana Tepic-Xalisco, México. *Estudios Geográficos*, 80(287). e021-e021. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201938.018>

- Ballinas, F. A. (2014). *Estudio hidrológico para análisis de planicies de inundación* [tesis de ingeniería, Instituto Politécnico Nacional]. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23464>
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Rio, J. L., López-De Armentia, A. & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73-97. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>
- Campos, D. F. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico* (3ra Reimpresión). Universitaria Potosina. <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331>
- Córdoba, M. (2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas*. PRONTUBEAM. https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26
- Díaz-Gómez, R. D., Gaspari, F. J., y Georgieff, S. M. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 3–19. <http://www.lillo.org.ar/journals/index.php/acta-geologica-lilloana/article/view/v29n1a01>
- Esri (2020). ArcGis (10.8) [software]. Esri. <https://gis-portal.sandiegocounty.gov/arcgis/portalhelp/en/portal/latest/use/what-s-new-in-portal-for-arcgis.htm>
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G., Delgado, M. I. y Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Portal de libros UNLP. Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas
- González- García Sancho, A., Nájera-González, O., Murray-Núñez, R. y Marcelleño-Flores, S. M. L. (2016). Dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso del suelo en una cuenca hídrica. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(9), 29-42. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5590216.pdf>
- Guerra, F. Y González, J. (2002). Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*, 7(1-2), 88-108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36070208>
- Guilarte, R. (1978). *Hidrología básica*. Facultad de ingeniería, UCV.
- Henao-Sarmiento, J. E. (1988). *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Universidad Santo Tomás, Centro de enseñanza desescolarizada
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56(3), 27 5-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009a). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tepic, Nayarit. México*. INEGI.
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/18/18017.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009b). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Xalisco, Nayarit. México*. INEGI.
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/18/18008.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2013). *Conociendo Nayarit*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/NAYARIT.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Nayarit 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía,
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825092054.pdf
- Jardí, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, 19, 41-68.
<https://core.ac.uk/download/pdf/39036417.pdf>
- Jumbo, F. A. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE*, 6, 81-97. Recuperado de
http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v6n4/art006.html
- Marceleño, S. M. L. (2011). *Medición de la sustentabilidad ambiental urbana a través de indicadores: estudios de caso Tepic, Nayarit de 1970-2005* (Tesis de Doctorado no publicada). Universidad de Guadalajara. Guadalajara.
- Marceleño-Flores, S. M. L., Nájera-González, O. (2014). La cuenca del río Mololoa y su problemática socioambiental. Universidad Autónoma de Nayarit.
<https://books.google.com.mx/books?id=3L3njgEACAAJ>
- Marcondes, S. y Mattos, A. (1975). Hidrología aplicada. Mcgrawhill.
<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf>
- Olaya-Ospina, E., Tosse, L., Dario, O., Navarro-Cuervo, F., Barragán-Acosta, M. C., Bijaldo-Flechas, N. J. y Niño-Parra, L. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA_DE_POMCAS.pdf

- Ruiz, Y. D. (2018). *Crecimiento urbano de la ciudad de Tepic, Nayarit, 2005, 2010 y 2015* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit]. Repositorio Institucional Aramara. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2031>
- Salas-Aguilar, V. M., Pinedo-Álvarez, C., Viramontes-Olivas, O. A., Báez-González, A. D. y Quintana-Martínez, R. M. (2011). Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial. *Tecnociencia Chihuahua* (5)1, 34-42.
http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n1/data/Morfometria_de_la_cuenca_del_rio_Nazas_Rodeo_aplicando_tecnologia_geoespacial_en_Durango_Mexico.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2016). Caracterización Hidrológica del distrito de Pampas y Santiago de Tucuma – Departamento Huancavelica. Dirección de Hidrología – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-37.pdf>
- Sistema de Información Geográfica para la Planeación y Ordenamiento del Territorio. (2012). *Atlas de Riesgos del municipio de Xalisco, Nayarit*.
http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2012/18008_Xalisco.pdf
- Sistema de Información Geográfica para la Planeación y Ordenamiento del Territorio. (2014). *Atlas de Riesgos del municipio de Tepic, Nayarit*. Recuperado de http://tepic.gob.mx/wp-content/uploads/2019/10/GAC_NO_7
[Atlas_de_Riesgos_del_Municipio_de_Tepic_compressed.pdf](http://tepic.gob.mx/wp-content/uploads/2019/10/GAC_NO_7)
- Strahler, A. N. (1952). *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography*. GSA Bulletin 63(11), 1117–1142.
[https://doi.org/10.1130/00167606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Vicenzi-Franco, A. C. y Alves-Dal Santo, M. (2015). Contribuição da morfometria para o estudo das inundações na sub-bacia do Rio Luís Alves/SC. *Mercator (Fortaleza)*, 14(3), 151-167. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1403.0009>
- Zavoianu, I. (1985). *Morphometry of drainage basins* (1ª ed., vol. 20). Elsevier Science.
https://www.elsevier.com/books/morphometry-of-drainage-basins/zavoianu/978-0-444-99587-2?fbclid=IwAR01r5-dyRC_9HygKimogKfClq39lVxdADNvliOQphR_aV4aNYV1T7DEQOE