

Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial

Morphometric of the Nazas-Rodeo river watershed in Durango, Mexico, by geographical technology systems

VÍCTOR M. SALAS-AGUILAR¹, CARMELO PINEDO-ÁLVAREZ^{1,3}, OSCAR A. VIRAMONTES-OLIVAS¹,
ALMA D. BÁEZ-GONZÁLEZ² Y REY M. QUINTANA-MARTÍNEZ¹

Recibido: Agosto 17, 2010

Aceptado: Marzo 30, 2011

Resumen

La información morfométrica de cuencas es necesaria para estimar el potencial erosivo e hidrológico por causas naturales y antropogénicas. El objetivo fue determinar los parámetros de forma, relieve y drenaje de la cuenca del río Nazas-Rodeo, aplicando tecnología geoespacial (TG). El análisis de forma mostró que esta es oval-oblonga-rectangular, que propicia una evacuación rápida de la escorrentía que se genera en la misma. Los datos de relieve presentaron un coeficiente de masividad bajo (0.16), lo que se interpreta como un área montañosa, aunque la curva hipsométrica revela que 49 % de la superficie de la cuenca, presenta relieve de plano a ondulado; la forma de la curva indica que esta se encuentra en estado de vejez y erosionada por factores como intemperismo y eventos geológicos a través del tiempo. La red de drenaje cuenta con seis órdenes de corrientes y la densidad es moderada (0.53 km km⁻²). El tiempo de concentración de una gota de agua desde la parte más alta hasta la llegada a la boquilla de la cuenca es de 17.7 h, considerado como fluido. La TG automatizó los cálculos morfométricos, caracterizando a detalle el relieve y la red hidrológica, permitiendo inferir sobre el estado físico en el que se encuentra la cuenca.

Palabras clave: densidad de drenaje, cuenca hidrológica, tecnología geoespacial.

Abstract

Data on watershed morphometrics are necessary to estimate the hydrological and erosion potential of the anthropogenic and natural phenomena. The objective of the study was to determine morphometric parameters (shape, terrain, drainage) of the Nazas-Rodeo watershed through geospatial technology (GT). The shape analysis showed that the watershed is oval-oblong-rectangular, with rapid rainfall drainage. Although the hypsometric curve showed that 49 % of the watershed area has a plain to undulating terrain, the terrain data showed a low massiveness coefficient (0.16), corresponding to a mountainous area. The shape of the curve indicated the aged state of the area whose erosion, by weathering and geological activity, has produced the current watershed shape. The drainage network has six stream levels and the drainage density is moderate (0.53 km km⁻²) with a rapid concentration time (17.7 h). The TG automate calculations characterizing morphometric detail the topography and the hydrological network, allowing inferences about the physical state which is the watershed.

Keywords: drainage density, watershed, geospatial technology.

Introducción

Una cuenca hidrológica es la unidad utilizada como marco de referencia para la planeación territorial-ambiental de los recursos naturales (Fuentes, 2004) y representa áreas de escurrimiento e infiltración donde el agua de lluvia tiende a ser drenada y que desemboca a ríos, lagos y finalmente al mar. El funcionamiento puede caracterizarse por la relación de su morfología, textura, tipo de suelo y cobertura vegetal (TRAGSA, 1994).

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico R. Almada, km 1 de la carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. Chihuahua, Chihuahua, México. Tel. (614) 434-0303.

² Centro de Modelaje, Instituto de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias, Aguascalientes, Ags. México.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: cpinedo@uach.mx.

El estudio morfométrico tiene relevancia porque permite considerar variables de forma, relieve y red de drenaje, que revelan el comportamiento morfodinámico e hidrológico de las cuencas para prevenir percances en casos de excesos de precipitación y ayudar a la planeación del uso sustentable de la misma (Domínguez *et al.*, 2003). Por su parte, Arriaga *et al.* (2009) mencionan que la caracterización de una cuenca es un paso importante para las políticas de administración sustentable, dado que actualmente no se tienen estudios sobre el comportamiento del flujo hídrico y morfométrico que determinen su dinámica (Matter *et al.*, 2009).

La cuenca del río Nazas-Rodeo, ubicada en la Región Hidrológica Nazas-Aguanaval en el estado de Durango, provee 90 % del agua que se consume en la región agrícola de la Comarca Lagunera, y es una de las zonas lecheras más productivas de México (Solís *et al.*, 2006). Actualmente existe una sobre explotación de los recursos naturales, principalmente los mantos acuíferos que tienen que satisfacer la demanda de empresas lecheras de la región; la deforestación y cambios de uso del suelo en la parte alta, que induce un arrastre significativo de sedimentos e influye en la calidad del agua que fluye a la región (Villareal *et al.*, 1998; Descroix *et al.*, 2004).

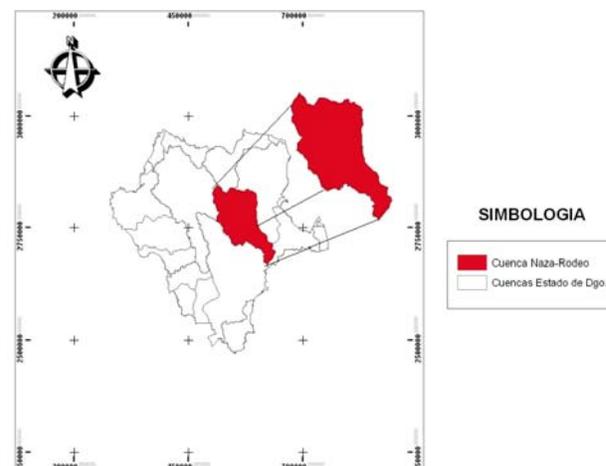
El uso de sistemas de información geográfica (SIG), en particular el análisis de superficies a través de modelos digitales de elevación, representa una alternativa que ha tomado relevancia en estudios de parámetros morfométricos por ser útil para analizar características de un ambiente geomorfológico (Viramontes *et al.*, 2007). La aplicación de tecnología geoespacial (TG), permitirá evaluar el funcionamiento del sistema hidrológico de la región, estimar y almacenar los datos de las características descriptivas del área mediante programas de cómputo en forma coherente y sistematizada; además de ayudar en el manejo y planeación de los recursos naturales de toda la cuenca a bajo costo y menor tiempo.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las características morfométricas de la cuenca del río Nazas-Rodeo en el estado de Durango, utilizando la TG, para determinar parámetros de forma, relieve y red de drenaje bajo procesos con modelos digitales de elevación y la generación del mapa hipsométrico de la cuenca, útil en la planeación de manejo de recursos de la misma y prevenir desastres naturales como inundaciones por grandes avenidas.

Materiales y métodos

INEGI (2000) registra que la cuenca del río Nazas-Rodeo, se ubica dentro de la Región Hidrológica Nazas-Aguanaval (RH36); ocupa 9.62 % de la superficie del estado de Durango y se encuentra en las coordenadas geográficas $24^{\circ} 08' 12.7''$ y $25^{\circ} 40' 0.5''$ latitud norte y $103^{\circ} 47' 19.5''$ y $104^{\circ} 33' 52.2''$ longitud oeste (Figura 1). Según el Sistema de Clasificación Climatológica de Köppen modificado por García (2004) el clima que prevalece en la región es BS1 Kw(w), semi seco templado con lluvias en verano y escasas en el año; los vientos dominantes provienen de la costa occidental y son los que originan las lluvias principalmente en verano. Finalmente, los tipos de suelo encontrados son: Litosol álcico, Luvisol, Feozem háplico, Xerosol, lúvico y Xerosol cálcico (INEGI, 2001).

Figura 1. Localización del área de la cuenca Nazas-Rodeo en el estado de Durango.



Caracterización morfométrica de la cuenca

Mediante la interpretación de medidas morfométricas de la cuenca, derivadas del modelo digital de elevación (MDE) escala 1:50,000, se obtuvieron los siguientes parámetros morfológicos de la cuenca, procesados en módulos del programa SIG ARC MAP 9.3:

Parámetros de forma.

Coficiente de compacidad. Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia, de área igual a la cuenca, también conocido como Coeficiente de Gravelius.

$$CC = \frac{(0.282)(P)}{\sqrt{A}}$$

Donde: CC: Coeficiente de compacidad; P: Perímetro de la cuenca (km); A: Área de la cuenca (km²).

Cuanto más irregular sea la forma de la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Para una cuenca de forma circular su CC=1, en cuanto este coeficiente se aleje de la unidad su forma será más alargada.

a) **Factor de alargamiento.** Se tomó lo propuesto por Horton (1945) donde relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en sentido de su cauce principal entre el ancho de esta, medido perpendicularmente.

$$Fe = Lm/l$$

Donde: Fe: Factor de alargamiento; Lm: Longitud máxima de la cuenca (m) y l: Ancho máximo de la cuenca (m).

Parámetros de relieve.

a) **Coficiente de masividad.** Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y la superficie. Fuentes (2004) indica que valores bajos corresponden a cuencas montañosas y valores altos son indicadores de zonas llanas

(Cuadro 1). Así mismo, este índice se obtiene con la siguiente fórmula:

$$CM = \frac{\mu}{\sqrt{A}}$$

Donde CM: μ : Altura media de la cuenca (m); \sqrt{A} : Área de la cuenca (km²)

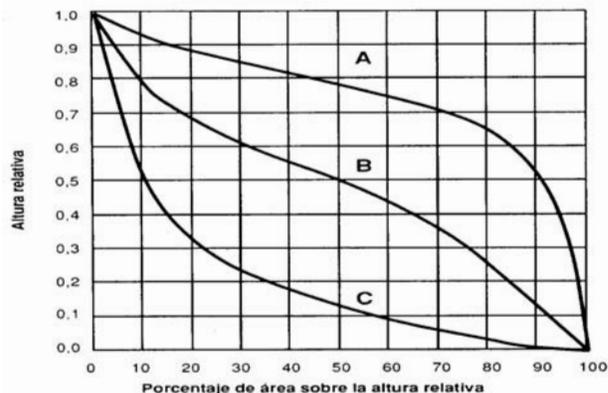
Cuadro 1. Valores de masividad aplicados a la cuenca hidrográfica.

Clases de valores de masividad	
Rangos de CM	Clases de masividad
0- 35	Muy montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

(Fuentes, 2004).

b) **Curva hipsométrica.** Se obtiene reclasificando el modelo digital elevación (MDE) en 10 clases, observando la distribución normal de los datos y la superficie acumulada a cada cota altitudinal. Con el análisis hipsométrico se puede evaluar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca (Figura 2).

Figura 2. Curvas hipsométricas, características del ciclo de erosión: curva A (etapa juvenil), curva B (madura) y curva C (vejez).



(Campos, 1992).

c) *Pendiente media de la cuenca.* Se obtuvo aplicando la herramienta *surface analysis* y su herramienta *slope*, permitiendo conocer la pendiente media a través de los estadísticos descriptivos que ofrece el programa y que están basados en los datos de clasificación de Saavedra (2001) que se exponen en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de pendiente en una cuenca hidrográfica.

Pendiente en porcentaje	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
Mayor a 50	Muy escarpado

Saavedra (2001).

d) *Elevación media.* Se determinó a partir del modelo de curvas de nivel generado por la aplicación *contour* donde se clasifican y analizan los estadísticos descriptivos.

Parámetros relativos a la red de drenaje.

e) *Orden de la corriente.* Este índice se obtuvo aplicando lo propuesto por Strahler (1957) desde el comando *hydrology*, con la aplicación *fill* con el fin de corregir imperfecciones que pudiera tener el modelo digital de elevación original; se procedió a estimar su dirección de flujo con el comando *flow direction*, y para derivar la variable en turno se utilizó la herramienta *stream order*. Finalmente, se clasificó el número de orden (Cuadro 3) de flujo descrito por Fuentes (2004).

f) *Densidad de drenaje.* Por la complejidad para digitalizar las corrientes dentro de la cuenca debido a su magnitud, se aplicó este parámetro

tomando en cuenta el orden de las corrientes creado y reclasificado según Durts (2006).

Cuadro 3. Números de orden de flujo del agua en la cuenca.

Clases de órdenes de corriente	
1- 2	Bajo
2.1- 4	Medio
4.1- 6	Alto

Fuentes (2004).

Se transformó el archivo *raster* de orden de corrientes a *poli líneas*, de tal forma que quedaran excluidas las primeras 4 ó 5 órdenes de corrientes creadas; por tanto, el formato «*shape*», permitirá conocer la sumatoria de las longitudes de todos los cauces para calcular este índice con la siguiente fórmula:

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

Donde: Dd = Densidad de drenaje (km); ΣL = Suma de las longitudes de los cursos que se integran a la cuenca (km) y A = Área de la cuenca (km²).

g) *Pendiente media del cauce.* Para este parámetro se utilizaron datos vectoriales del río Nazas proporcionados por INEGI (2000) con extracción de datos a partir del MDE, y reclasificándolos en porcentajes para ser analizados estadísticamente para obtener la media del cauce principal.

h) *Tiempo de concentración.* Este parámetro se utilizó para obtener el tiempo que dura una gota de agua de lluvia en recorrer, desde la parte más lejana de la cuenca hasta el final de la misma, y se calculó con la ecuación:

$$TC = \frac{4\sqrt{S+1.5L}}{0.8\sqrt{H}}$$

Donde: TC = Tiempo de concentración en horas; S = Área de la cuenca (km²); L = Longitud del cauce principal (km) y H = Elevación media de la cuenca (km).

Resultados y discusión

Parámetros de forma.

a) *Coefficiente de compacidad.* El área de la cuenca tiene una superficie de 11,670.258 km² y un perímetro de 587 km; el coeficiente de compacidad encontrado fue: 1.53. Según la metodología aplicada, define una cuenca oval-oblonga a rectangular-oblonga, lo que indica un menor tiempo de concentración de la cantidad de agua dentro del área de la cuenca y sus escurrimientos pueden ser desalojados por cauces de mayor magnitud.

Estudios realizados por Viramontes *et al.* (2007) encontraron datos similares en la cuenca San Pedro Conchos, Chihuahua, que sugieren que la forma oval-oblonga tiene una mayor rapidez de desalojo del agua de la lluvia, lo que puede ser peligroso en una tormenta repentina. En el caso particular de la cuenca en estudio y en base al comportamiento de las lluvias en el desierto, la característica del drenaje del agua precipitada puede generar avenidas máximas que provocan desbordamientos de cauces y pueden generar desastres en poblaciones importantes dentro de la misma, localizadas a orillas de ríos y arroyos (Arreguín y Terán, 1994).

b) *Factor de alargamiento.* El índice de 2.02 obtenido, corresponde a un área moderadamente alargada (Cottler, 2004); esto indica una dinámica mayor de los escurrimientos a través de los cauces, provocando un arrastre y poder

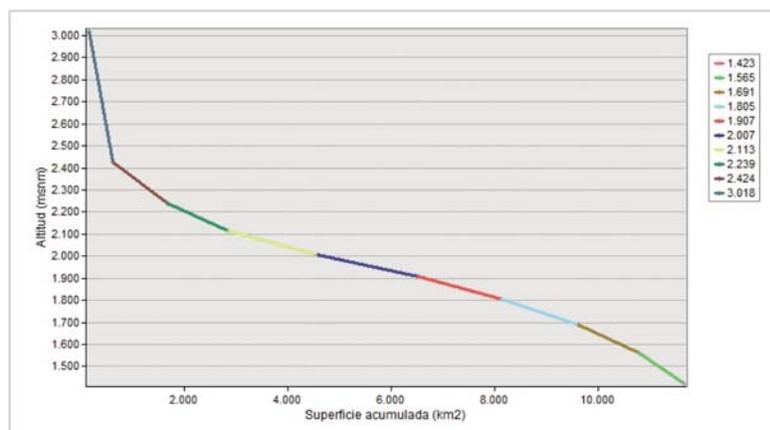
erosivo importante (Descroix *et al.*, 2005), lo que puede generar pérdidas de suelo en la cuenca alta del río Nazas-Rodeo y traer consecuencias en la morfología del terreno aguas abajo, ya que los sólidos podrían invadir y acumularse en lechos de arroyos y ríos, provocando ensanchamiento de cauces y azolve de presas, resultado similar a lo obtenido por Fuentes (2004) donde observaron un incremento del arrastre de sólidos en las zonas del Parque Nacional de Pico en Tancítaro, Michoacán a partir de la obtención de este parámetro, que fue de 2.0.

Parámetros de relieve.

Coefficiente de masividad. El valor obtenido fue 0.16, indicando que es una zona montañosa en la parte centro-oeste de la cuenca, donde existen cordilleras pertenecientes a la Sierra Madre Occidental.

a) *Curva hipsométrica.* En la Figura 3 se muestra una pendiente fuerte en el origen de la cuenca y se estabiliza hacia altitudes menores. Lo anterior indica la existencia de llanuras en la parte baja (TRAGSA, 1994) lo que representa un posible peligro de inundación en zonas aledañas al cauce, así como problemas de sedimentación si la cobertura vegetal de la cuenca alta del Nazas no es óptima (Solís *et al.*, 2006). Los municipios posiblemente más afectados serían Rodeo y Nazas, donde fluye el agua del cauce permanente. En el Cuadro 4 se exponen las cotas del terreno en función a la superficie correspondiente.

Figura 3. Curva hipsométrica obtenida en la cuenca río Nazas-Rodeo, Durango.



Cuadro 4. Relación hipsométrica en la cuenca Nazas-Rodeo.

Cota altitudinal	Área (km ²)	Superficie acumulada (km ²)	Porcentaje área acumulada
3000	9	9	0.77
2620	44	53	0.454
2440	134	187	1.602
2300	271	458	3.924
2160	457	915	7.839
2020	725	1640	14.051
1880	1056	2696	23.099
1760	1685	4381	37.53
1620	2398	6779	58.08
1480	4892	11671	100

Se puede observar que la mayor superficie de la cuenca se distribuye en cotas inferiores a 1,480 msnm y solo 0.77 % representan altitudes superiores a 3,000 m; esta variación altitudinal, influye en la distribución térmica, microclimas, tipo de suelo, precipitación y hábitat existentes (Fuentes, 2004). La forma de la curva hipsométrica indica que esta se encuentra en estado de vejez, tal vez por la influencia constante del viento, agua, cambios en temperatura y actividad tectónica en distintas eras geológicas que han desgastado la superficie de la cuenca.

a) *Pendiente media de la cuenca.* La pendiente promedio fue de 17.66 %, considerada accidentada, tal como lo mencionan Viramontes *et al.* (2007) al encontrar en la cuenca San Pedro, Conchos una pendiente de 17 % que corresponde a superficies accidentadas. En el (Cuadro 5) se exponen los porcentajes de las pendientes encontradas, donde se observa que el 60 % del área se encuentra en terrenos de llanos a accidentado medio, siendo estos utilizados para la agricultura (INEGI, 2000).

Elevación media. La altura mínima y máxima de la cuenca oscila entre 1,221 y 3,018 m. Según Torres-Meza *et al.* (2009) el ajuste a

la temperatura de acuerdo a la variación altitudinal, puede influir en la distribución térmica de una región y condicionar el crecimiento y mortandad de especies; la elevación media de la cuenca fue de 1,894 m, lo que puede ser un parámetro que ayude a la comparación con todas las cuencas adyacentes (Guerra y González, 2002).

Cuadro 5. Porcentaje de pendiente y superficie acumulada en la cuenca del río Nazas-Rodeo, Durango.

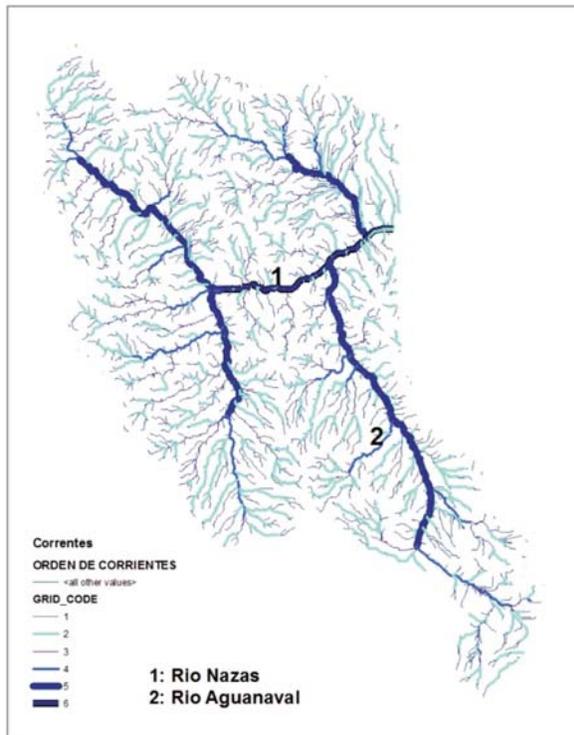
Tipo de terreno	Porcentaje pendiente	Superficie acumulada
Llano	11	11
Suave	31	42
Accidentado medio	18	60
Fuertemente accidentado	23	83
Escarpado	17	100

Parámetros relativos a red de drenaje.

Orden de la corriente. La clasificación automática generó 11 órdenes, sin embargo, de acuerdo con la reclasificación de Durts (2006) se eliminaron los primeros cinco por considerar que sobrestimaban la jerarquía de los cauces y el resto, según Fuentes (2004) corresponde a una cuenca con alto grado de ramificación que sugiere una rápida respuesta al escurrimiento superficial. En la Figura 4, las mayores longitudes y órdenes corresponden a los ríos Nazas y Aguanaval, que son los cauces que abastecen de agua a la Comarca Lagunera.

Densidad de drenaje. Debido a la magnitud en la cuenca y a la reclasificación hecha en la variable anterior, se puede considerar que esta está moderadamente drenada, con valor de 0.53 km. Gómez (2003) indica que una cuenca con moderado potencial para evacuar el agua en una tormenta, tarda menos tiempo en drenar la totalidad de la precipitación, reduciendo el tiempo de concentración de la misma. Sin embargo al no tener una estructuración fluvial de gran magnitud, la densidad de drenaje de la cuenca también podría repercutir en una menor capacidad erosiva de los cauces que la conforman (Fuentes, 2004).

Figura 4. Orden de corrientes dentro de la cuenca Nazas-Rodeo.



Pendiente media del cauce principal. La altura máxima de la cuenca fue de 1,900 m, y su altitud mínima 1,498 m con una media de 1,227 msnm y un porcentaje de pendiente de 5.48 %. De acuerdo con Campos (1992) la zona en estudio corresponde a una superficie de tipo suave sin ser accidentada, por lo que su potencial erosivo debe ser bajo tomando en cuenta la gran longitud de los ríos Nazas y Aguanaval, calculada en 102.49 km y 83.44 km respectivamente.

Tiempo de concentración. La cuenca tiene definidos sus cauces principales y cuenta con pocos tributarios de gran longitud, es de suponer que el tiempo transcurrido desde que cae una gota de lluvia hasta que salga por el desagüe principal debe ser rápido, lo que se comprueba por el tiempo de concentración: 17.7 h. Díaz *et al.* (1999) mencionan que tiempos menores de 40 h corresponden a un desalojo de agua veloz, aunque esta relación no corresponde fielmente a lo que se presenta

en la realidad, además de que el tiempo de concentración no es constante (Mantilla *et al.*, 2005), ya que depende de la intensidad de la precipitación.

A lo largo del tiempo, la cuenca ha presentado cuatro avenidas de gran magnitud (1919, 1968, 1991 y 2008); estos eventos han propiciado desastres en zonas de cultivo aledañas al cauce (Agua, 2008). Tres de los cuatro eventos han sucedido después de la construcción de la presa captadora Lázaro Cárdenas (Regueiro, 2006); esto indica que a pesar de la infraestructura creada para el almacenamiento y contención de los escurrimientos superficiales, está condicionada por los eventos de precipitación de diversa intensidad ocurrida a lo largo de los años (González *et al.*, 2006).

Conclusiones

Los SIG's permiten modelar el flujo morfodinámico de la cuenca en general, los MDE a menor escala determinan a mejor detalle las características de relieve y red hidrológica en menor tiempo y costo en cuencas de gran superficie. Su aplicación puede ayudar a tomar decisiones sobre el manejo de grandes extensiones territoriales donde las cuencas hidrológicas forman parte importante de la dinámica natural y antropogénica de la zona.

La herramienta *hidrology* del programa Arc Map, facilita cálculos referentes a la red fluvial lo que permite inferir acertadamente sobre el estado actual de los cauces de toda la cuenca, automatizando su procedimiento.

La conformación de la red de drenaje en la cuenca del río Nazas-Rodeo, Durango, se encuentra definida debido al potencial dinámico y moderado que tiene para desalojar los escurrimientos en menor tiempo, sobre todo cauces del orden 5 y 6 que junto a la hipsometría, nos hace referencia a extensiones de grandes planicies a lo largo de la misma, lo que influye sobre la presencia de varios microclimas dentro de la zona.

En general la pendiente puede considerarse como accidentada debido al enorme rango de altitud que presenta, lo que influye en escurrimientos importantes o moderados y la escasa vegetación puede provocar el incremento en el arrastre de sedimentos aguas abajo.

Todas las variables morfométricas revisadas en este estudio, indican un grado de vejez importante de la cuenca reflejado en la curva hipsométrica, lo que significa que los grandes valles que se han formado alrededor de la misma han sido por la continua erosión provocada por efectos naturales y antropogénicos a lo largo del tiempo.

Es importante seguir trabajando en estos temas, promoviendo estas metodologías que son necesarias para establecer una radiografía general de las cuencas hidrológicas, importantes para las actividades naturales y humanas, pues en estas se encuentran una invaluable cantidad de recursos naturales.

Literatura citada

- AGUA. 2008. Centro virtual de información del agua. Disponible en: http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6730:causa-rio-nazas-desalojos-inundaciones-y-caos-en-la-una&catid=61&Itemid=100010. Accesado el 12 de enero de 2010.
- ARREGUÍN, M. J. P y A. Terán. 1994. Dos testimonios sobre la historia de los aprovechamientos hidráulicos en México. Comisión Nacional del Agua, México. 118 p.
- ARRIAGA, C.L., V. Aguilar y J.M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en capital natural de México. CONABIO. 3 (1): 433-457 pp.
- CAMPOS, A. 1992. Proceso del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 1ra ed. San Luis Potosí México: 22-23 pp.
- COTTLER, H y M. Maas. 2004. Protocolo para el manejo integral de cuencas. 1ra ed. INE-SEMARNAT. Publicación Especial: 42-58 pp.
- DESCROIX, L., J.L. González, J. Estrada, D. Viramontes y E. Gautier. 2005. El transporte de sedimentos en la cuenca del Nazas y sus consecuencias hidrográficas en la sierra madre occidental. 143-158 pp, En Rivera-Trejo F. Aparicio-Mijares. Gutiérrez-Lopéz. Mejía-Zermeño R. Sánchez-Ruiz. (Editores) La medición de sedimento en México. Ediciones IMTA-UJAT, Jiutepec, Morelos/Villahermosa, Tabasco, México. 318 pp.
- DESCROIX, L., J.L. González y J. Estrada. (Editores). 2004. La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Ediciones INIFAP-IRD. Gómez Palacio, Durango, México. 300 p.
- DÍAZ, C., K. Mamado, A. Iturbe, M. Esteller y F. Reyna. 1999. Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con ayuda de los SIG y MDE: Curso río Lerma: Toluca, Edo de México. *Ciencia Ergo Sum*. 6 (2). UAEM. 124-134 pp.
- DOMÍNGUEZ, F.F, A. Gómez y A.F. Gómez. 2003. El análisis morfométrico con sistemas de información geográfica, una herramienta para el manejo de cuencas. Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales. Morelia, México.
- DURTS. K. 2006. ArcGIS v 9.1 Hydrology & Predictive Streams. www.enhancedinventory.com/Recursos/ArcGIS%20v%209%20Hidrologia.Pdf
- FUENTES, J.J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio en el Parque Nacional de Pico de Tancitaro. INECOL. Publicación especial: 47 p.
- GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- GÓMEZ, E. J. 2003. Restauración hidrológico-forestal de la cuenca del embalse de Cuevas de Almanzora. E.t.s. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. España. Publicación Especial. 200 p.
- GONZÁLEZ, G.C., J. Estrada., J.L. González, C.I Sánchez y S. Castillo. 2006. Análisis de los factores que afectan la relación precipitación-escurrimiento en una zona semiárida en el norte de México. *TERRA Latinoamericana* 1 (3): 337-345 pp.
- GUERRA, F. y González. J. 2002. Caracterización morfométrica de la cuenca en la quebrada La Bermeta. *Geoenseñanza*. 1 (3): 88-108
- HORTON, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. America Bull.* 56: 275-280.
- INEGI. 2000. Anuario estadístico del estado de Durango. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=ae&edi=2009&ent=10>. Accesado el 23 de marzo de 2010.
- MANTILLA, R., O.J. Mesa y G. Poveda. 2005. Geometría, topología y morfometría de las cuencas Magdalena-Cauca a partir de modelos digitales de elevación, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín: 2-10.
- MATTER, M.A., L.A. García, D. A. Fontane and B. Bledsoe. 2009. Characterizing hydroclimatic variability in tributaries of the Upper Colorado River Basin. *Journal of Hydrology*. 380 (3): 260-276.
- REGUIERO, T. M. 2006. Paquete interactivo de simulación hidrológica de funcionamiento de una presa de almacenamiento. Tesis licenciatura. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de la Américas Puebla. México. 115 p
- SAAVEDRA, J 2001. Planificación ambiental de los recursos forestales en la región de la Araucanía, Chile. Definición de las unidades homogéneas de gestión. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 342 p.
- SOLÍS, M.R., E.J. Treviño, J.J. Jiménez y E. Jurado. 2006. Análisis de la cubierta vegetal de la cuenca alta del río Nazas en Durango, México. *Rev. Chapingo: Serie de Ciencias Forestales y de Ambiente* 12 (04): 139-143.
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed morphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38: 913-920 pp.
- TORRES, M.J., A.D. Báez., P.L. Maciel., G.E. Quezada y J.Sierra. GIS-based modeling of the geographic distribution of *Quercus emoryi* Torr. (fagaceae) in Mexico and identification of significant environmental factors influencing the species distribution. *Ecological Modelling*. 220 (24): 3599-3611
- TRAGSA. 1994. Restauración hidrológico forestal de las cuencas y control de erosión. Mundiprensa. Madrid, España: 901 p.
- VILLARREAL, G.J.R., A. Aguilar y A. Luévano. 1998. El impacto socioeconómico de la ganadería lechera en la región lagunera. *Rev. Mexicana de Agronegocios*. Vol. 3: 12-19.
- VIRAMONTES, O.O., L.F. Escoboza, C. A. Pinedo, A. A. Pinedo. V. M. Reyes, J.A. Román y A. Pérez. 2007. Morfometría de la cuenca del río San Pedro Conchos, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua*. 1 (3): 21-31 pp. 

Este artículo es citado así:

Salas-Aguilar, V. M., C. Pinedo-Álvarez, O. A. Viramontes-Olivas, A. D. Báez-González y R. M. Quintana-Martínez. 2011: *Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo aplicando tecnología geoespacial en Durango, México. TECNOCENCIA Chihuahua* 5(1): 34-42.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

VÍCTOR MANUEL SALAS AGUILAR. Es egresado de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) en 2008. Fue asesor en servicios forestales en 2009. Participa en proyectos técnicos en modelación hidrológica a la fecha. Actualmente realiza la maestría en Producción Animal en el área mayor en Recursos Naturales en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

CARMELO PINEDO ÁLVAREZ. Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista, por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó estudios de posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración (UACH), obteniendo en 1986 el grado de Maestro en Manejo de Recursos Humanos. En el año de 1998, finalizó su programa doctoral en la Facultad de Zootecnia (UACH), otorgándosele el grado de Doctor in Philosophy con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. Desde 1999 labora en la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Es autor y coautor de numerosos artículos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales. Ha participado como ponente en numerosos congresos científicos y como evaluador de proyectos de investigación y programas educativos. Como profesor, ha dirigido numerosas tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Durante su vida profesional ha sido distinguido con diversos reconocimientos por su productiva labor científica; siendo las principales áreas de especialización el monitoreo de recursos naturales y sistema de información geográfica.

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS. Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista (1981-1985). Cursó la maestría en Producción Animal, en el área de Reproducción y Genética Animal (1991-1993), en la misma institución con mención honorífica. Obtuvo su Doctorado por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) de 2005 a 2008, con el tema de Disertación «Evaluación de las Propiedades Hidráulicas del Suelo Superficial Aplicando un Modelo de Escurrimiento en la Cuenca del Río Conchos» con mención honorífica. Laboró en el periodo 1986-1995 en la Facultad de Medicina de la UACH, como jefe del Departamento de Animales de Investigación. Ingresó a la Facultad de Zootecnia y Ecología de 1995 a la fecha en diversas áreas (Extensión y Difusión, Planeación, Reproducción y Genética y actualmente en Recursos Naturales y Ecología). Tiene un amplio trabajo editorial en diferentes medios de comunicación (Heraldo de Chihuahua, Norte de Chihuahua, revista el Pueblo de Chihuahua, Chihuahua Moderno, La Opción, NN Noticias en Radiorama de Chihuahua) y revistas científicas arbitradas e indexadas, sobre temas relacionados con el manejo de cuencas y agua. Autor de los libros La Rabia y el Manual para Determinar Erosión del Suelo a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Aplicando Tecnología Geoespacial. Colaborador de los cuerpos académicos de Agua y Suelo, en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y el CA-105 y CA-16 en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Ha sido ponente en varios congresos nacionales e internacionales, con temas relacionados con conservación de cuencas y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

REY MANUEL QUINTANA MARTÍNEZ. Ingeniero Zootecnista y Maestro en Ciencias en producción Animal por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en el Departamento de Manejo de Recursos Naturales, Cuerpo Académico: Manejo de Recursos Naturales y Ecología en Consolidación. Área: Hidrología y suelo.