

Aplicación de SIG y MDT para la estimación de las características fisiográficas de la cuenca hidrográfica del Río Sarapiquí, Costa Rica

M.Sc. ERLYN PRISCILLA DURÁN TORRES
ECEN, UNED; edurant@uned.ac.cr

Recibido: 23 febrero 2015

Aceptado: 11 marzo 2015

RESUMEN

Se estudia la importancia del desarrollo de una aplicación de Sistema de Información Geográfica (SIG) y los modelos de elevación del terreno permiten la creación de bases de datos geográficos referenciados que despliegan mapas y datos de los estudios hidrológicos como: superficie, perímetro, forma, curva hipsométrica, elevación media, pendiente y longitud entre otros, para la obtención de la estimación de las características fisiográficas de una cuenca hidrográfica en este caso la cuenca del río Sarapiquí. Además, se pueden calcular en forma automática los parámetros fisiográficos como área, forma, perímetro, trazado de perfiles y combinar mapas temáticos con datos de elevación del terreno, a fin de cubrir una importante área donde se dispondrá de información almacenada que satisface las necesidades actuales. Esto ayudará a realizar los diferentes cálculos y consultas de las principales características fisiográficas de una cuenca.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, georreferencia, modelos de elevación del terreno, cuenca, recurso hídrico.

ABSTRACT

The importance of developing an application of Geographic Information System (GIS) and terrain elevation models allows the creation of databases that display geographic referenced data maps and data from studies such as hydrological studies: surface, perimeter, form, hypsometric curve, average elevation and slope length among others, to obtain estimates of the physiographic characteristics of a watershed in this case the Sarapiquí River basin. Additionally, you can automatically calculate physiographic parameters such as area, shape, perimeter path profiles; combining thematic maps with terrain elevation data, in order to cover a large area where you have stored information that meets the needs current and help you realize the different calculations and inquiries major physiographic basin characteristics.

Key words: Geographic Information Systems, georeferencing, terrain elevation models, basin, water resources.

Introducción

Las características físicas de una cuenca desempeñan un papel esencial en el estudio y comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico, como evaporación, infiltración, flujo superficial, entre otros. Las principales características físicas que se consideran en investigaciones hidrológicas son: pendiente, elevación, orientación de la cuenca, relieve forma y geometría del cauce. Cada una de dichas características puede delimitarse o cuantificarse por medio de varios parámetros y expresiones.

El almacenamiento y el análisis de los datos geográficos requieren aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos de elevación del terreno, que se encuentren al alcance de las personas y organizaciones que así lo necesitan para mejorar los resultados y garantizar la calidad de las salidas de los datos para la toma de decisiones.

Para una organización donde se trabaja continuamente en el diseño, el mantenimiento y la operación de obras civiles como los proyectos hidroeléctricos, la implementación de una aplicación SIG es la solución para manipular fácilmente la información espacial: actualmente, casi la totalidad de los parámetros físicos es obtenida tradicionalmente vía cálculos manuales.

Además, es la solución para producir mapas de calidad y reportes facilitados en pro de la toma de decisiones. Los SIG son una herramienta que revoluciona la gestión gracias a su capacidad de manipulación, análisis, integración e interpretación de mayores volúmenes de información.

CUADRO 1

Características fisiográficas para estudio hidrológico de una cuenca Hidrográfica

CUENCA	DRENAJE	RIO PRINCIPAL
Superficie	Orden de corrientes	Pendiente
Perímetro	Densidad de drenaje	Longitud
Forma	Densidad hidrográfica	Coficiente de sinuosidad
Coficiente de compacidad	Relación de bifurcación	Perfil longitudinal
Relación de circularidad		
Relación elongación		
Curva hipsométrica y elevación media		
Rectángulo Equivalente		
Pendiente		
Orientación		

Fuente: Díaz Delgado, Mamado Khalidou, Iturbe An, Esteller Vicente, Reyna Francisco(1999).

Revisión de fuentes

La siguiente revisión de fuentes, definen conceptos generales y la descripción de los términos necesarios para el análisis de los datos del presente estudio.

Cuencas hidrográficas

Son regiones geográficas caracterizadas por su situación topográfica, donde sus aguas convergen en un punto común, generalmente que puede ser un río, lago o mar. Cada cuenca posee características propias de acuerdo con su ubicación, vegetación, los ríos y caudales y al uso que se les dé. Dentro de las cuencas, existen las llamadas subcuencas, que son más pequeñas que las cuencas. Están compuestas por los elementos siguientes: La vegetación o flora, agua en sus diferentes estados, los estratos geológicos, la fauna, los ríos, suelos y sus características de relieve (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, s.f.).

Características fisiográficas

Las características fisiográficas que se consideran en investigaciones hidrológicas son las que tienen que ver con la cuenca, la red de ríos y el cauce o río principal. (Díaz Delgado,

Mamado Khalidou, Iturbe Antonio, Esteller Vicente, Reyna Francisco, 1999, pp. 124-134). (Cuadro 1).

Sistemas de Información Geográfica

El SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica. Su principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

Modelo digital del terreno

Los modelos digitales del terreno (MDT) se definen como un modelo cuantitativo, en formato digital, del relieve de la superficie terrestre. Contiene información acerca de la posición (x-y) y la altitud (z) de los elementos de esa superficie.

Los modelos de elevación del terreno fueron desarrollados inicialmente como un mecanismo para almacenar digitalmente información de elevaciones.

Localización cuenca hidrográfica del río Sarapiquí

La cuenca del río Sarapiquí se encuentra ubicada en la subvertientenorte del país. Dicha cuenca está comprendida entre las coordenadas

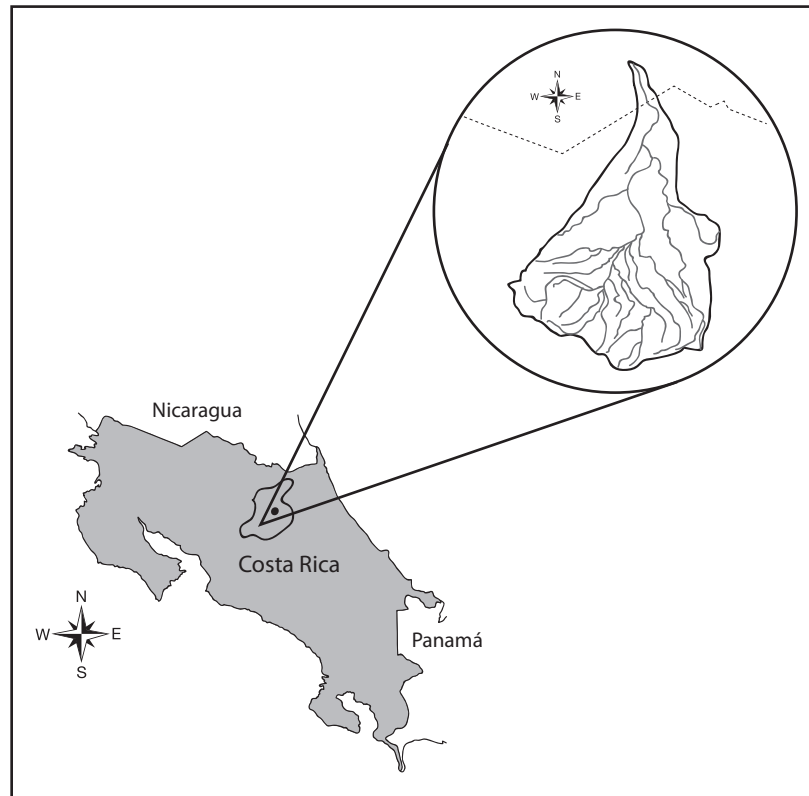


Figura 1. Localización Cuenca del río Sarapiquí. Fuente: Durán, E. (2011).

10° 07' y 10° 15' de latitud norte y entre los 84° 06' y 84° 14' de longitud oeste.

No se han encontrado estudios actuales relevantes para el conocimiento del lector, que enuncien elementos de interés en relación con el uso de SIG y MDT para la estimación de características fisiografías de una cuenca hidrográfica, nacional e internacional.

Igualmente, se han llevado a cabo trabajos de connotación conceptual, como el de Sergio I. Martínez-Martínez, Daniel F. Campos-Aranda (2010), quienes hacen referencia a los algoritmos para estimar características físicas en cuencas rurales y su aplicación en el calibrado del método racional, en la región hidrológica de México. Con respecto al tema en torno a hidrología, se tienen como referencialos trabajos realizados (Breña, Felipe y Jacobo Marco, 2006), en los que se expone la importancia de introducir tanto a ingenieros hidrólogos como a profesionales de las Ciencias Naturales, en el conocimiento de los fundamentos, principios y aplicaciones de

la hidrología de superficie por medio de las tecnologías SIG; el cual es un trabajo orientado al análisis geográfico-hidrológico del curso.

Objetivo de la investigación

El objetivo principal de este estudio es desarrollar e implementar una aplicación SIG para la obtención y estimación de las características fisiográficas de una cuenca, mediante modelos de elevación del terreno, en la cuenca del río Sarapiquí en Costa Rica. Además, se pretende crear una base de datos geográfica-espacial y no espacial que permita realizar el despliegue de mapas para el análisis en forma ágil e integrada, de los datos más considerados de las características fisiográficas de la cuenca.

Materiales y métodos

Las características físicas de la cuenca para la obtención de los parámetros de entrada que se

requieren para realizar la aplicación, se obtuvo del procesamiento de la siguiente información y mapas:

- Delimitar la cuenca del río Sarapiquí manualmente, de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y levantado mediante dibujo asistido por computador, en este caso del programa Autocad.
- Digitalización de la cuenca a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del IGN.
- Digitalización de ríos de la cuenca a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del IGN.
- Digitalización de las curvas de nivel cada 20 metros a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del IGN.
- Digitalización de Isoyetas Medias Anuales 1970-2003 a escala 1:50.000.
- Generar modelo de elevación digital del terreno por medio de las funciones del Analista Espacial de ArcGis (módulo de interpolación TIN).
- Obtener información del uso del suelo por medio de estudios que se han realizado en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica.
- Ubicar las estaciones de la red hidrometeorológica que se encuentran en la cuenca

como información adicional, y que ayuden al usuario a ubicar con cuales estaciones se cuentan en ese sitio de estudio.

- Realizar visualizaciones de los mapas finales, por medio del lenguaje de programación, Visual Basic y el componente SIGMapObjects.

Resultados

Dada la importancia que se maneja en este tipo de estudios se considera necesaria la proyección de SIG que proveen de rapidez y accesibilidad, para que se realicen los estudios pertinentes en cuanto a información geográfica espacial y no espacial, que llevan a optimizar la toma de decisiones y disminuir los errores que surgen de las operaciones manuales. La aplicación de esta tecnología dará una alternativa viable y de beneficios tangibles que permitan realizar mejores y más eficientes estudios hidrológicos.

El diseño del visualizador de mapas corresponde a una herramienta desarrollada en código fuente Visual BASIC y MapObjects para que los especialistas puedan manipular, procesar y almacenar los parámetros de la estimación de las características fisiográficas de la cuenca, dicho código se puede actualizar a futuro si se deseara

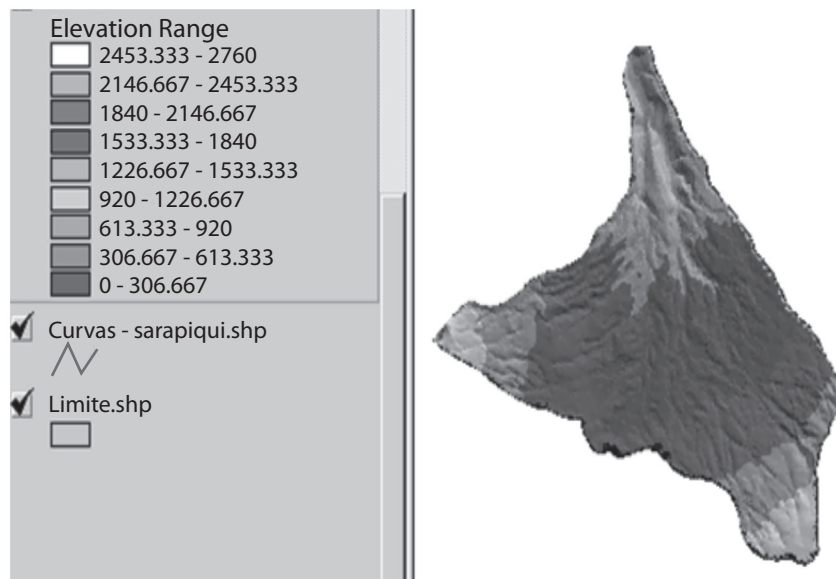


Figura 2. Modelo de Elevación Digital del Terreno, Cuenca Río Sarapiquí. Fuente: Durán, E. (2011).

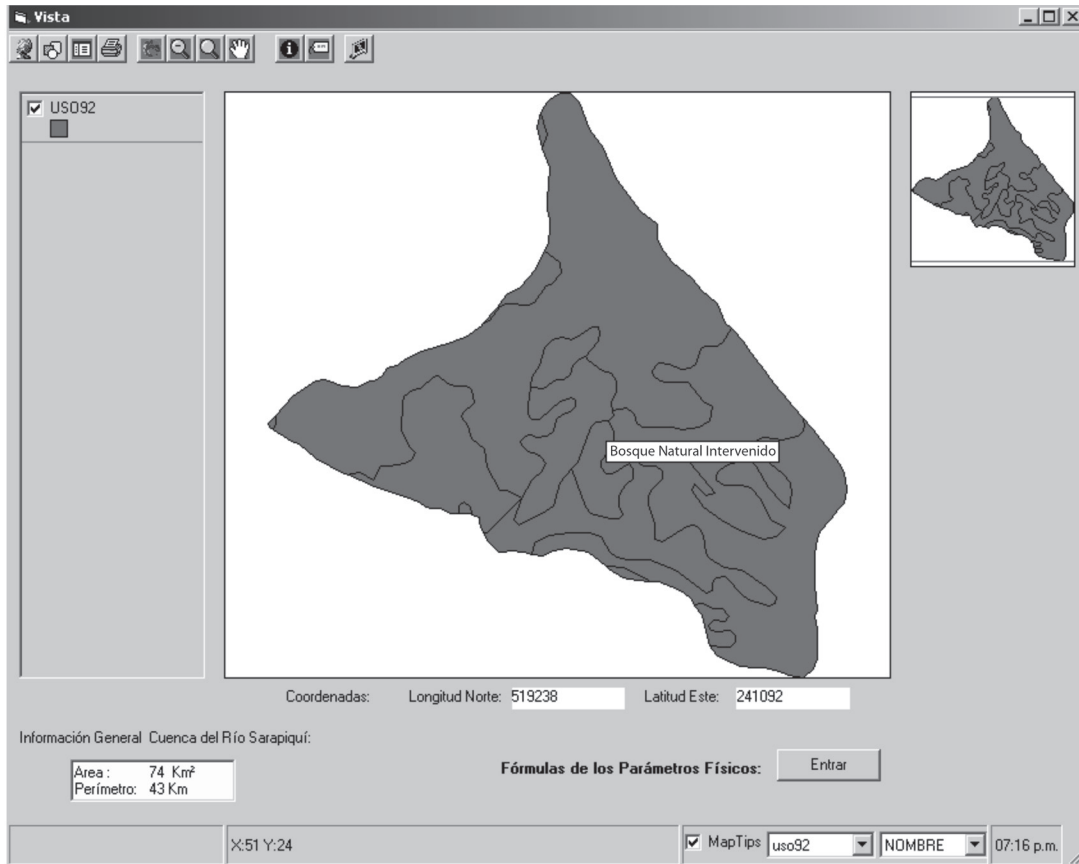


Figura 3. Visualizador de mapas. Fuente: Durán, E. (2011).

realizar alguna modificación a la aplicación, como se muestra en las Figuras 3, 4 y 5, se puede describir lo siguiente respecto de los resultados obtenidos:

- En la parte superior, se localiza la barra de herramientas.
- En el centro del formulario, se despliega los mapas que se encuentran en la dirección C:\TFM\MAPAS SARAPIQUI *.SHP
- A la izquierda, se ubicalas leyendas de los mapas.
- Debajo del despliegue de la parcela, están las opciones de imprimir el mapa.
- Hay despliegue de coordenadas del mapa, cuando el *mouse* se mueva sobre el mapa.
- En la parte inferior izquierda, se detalla información General Cuenca del río Sarapiquí
 - Área.
 - Perímetro.
- En la parte inferior derecha, se puede entrar a calcular las fórmulas de los Parámetros Características Fisiográficas.
- En la parte inferior, se encuentra un *status bar* que incluye coordenadas de posición del cursor y el *map tips* donde se despliega la información del mapa y sus respectivos campos del archivo.



Figura 4a. Barra de herramientas. Fuente: Durán, E. (2011).

- Agregar tema (.shp).
- Borrar tema (.shp).
- Copiar mapa.
- Imprimir mapa.
- Zoom con la función extensión.
- Zoom con la función menos.
- Zoom con la función más.
- Desplazamientos de pantalla (PAN).
- Identificación de temas.
- Etiqueta de parcelas con opción de cambiar fuente y color.
- Salir de aplicación.

El formulario de la Figura 4b permite al usuario realizar los cálculos y obtener resultados de los parámetros de las siguientes características fisiográficas de la cuenca: factor de forma, índice de capacidad, índice de pendiente, pendiente media, densidad de los cauces y densidad de drenaje.

Discusión

Como se pudo observar, los resultados obtenidos durante el desarrollo de la aplicación

Figura 4b. Formulario de los parámetros características fisiográficas. Fuente: Durán, E. (2011).

cumplió con los objetivos, dado que la aplicación satisface las necesidades actuales de los usuarios tales como: agilizar, manipular, analizar y organizar la información.

El uso de los SIG, los cuales permiten la creación de bases de datos espaciales y no espaciales y la creación de los modelos de elevación digital del terreno en ArcView y el uso Analista Espacial, facilita la tarea de estimación de las características fisiográficas de una

cuenca. El desarrollo y creación de un visualizador de mapas finales con ayuda de Visual Basic y MapObjects, es una herramienta de fácil uso que ayuda al usuario a:

- Tener acceso rápido y oportuno a la información.
- Poder consultar y desplegar los mapas.
- Mejorar los resultados de los estudios hidrológicos.

- Poder guardar los mapas en formato .BMP para manipularla en otro software.
- Contar con la herramienta rápida, oportuna y actualizada.

Las ventajas detectadas son:

- Aumento en la capacidad de toma de decisiones.
- Disminución de los costos de operación en dibujo asistido por computadora.
- Superación de los niveles de dibujos al análisis espacial y base de datos.
- Incorporación de características de base de datos modernas.
- Facilidad de acceso a los diferentes SIG.
- Posibilidad de encontrar SIG en ambientes de red.
- Agilidad para la planificación y diseño de estructuras propias del quehacer de la institución.
- Soporte de proveedores.

Las desventajas detectadas son:

- Alto costo de software y hardware.
- Inexistencia de cartografía completa del país.
- Desactualización de la cartografía del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- Necesidad de conocimiento de las herramientas SIG, por los distintos usuarios.

Conclusiones

- La aplicación del Sistema de Información Geográfica, se efectuó mediante el análisis de requerimientos, y la estructuración de procesos aplicando conceptos de Calidad Total que están siendo aplicados en la institución.
- El SIG tiene posibilidades de perseverar, en tanto existan proyectos a los cuales se pueda aplicar dicha tecnología y podría servir de apoyo a las diversas gestiones del que hacer de la organización.

- Los modelos de elevación digital dan una detallada y precisa información y reducen el tiempo de proceso que se lleva a cabo manualmente.
- El MapObjects y VisualBasic proveen las herramientas necesarias para crear aplicaciones con capacidades SIG como son: visualizar Mapas – Búsquedas Geográficas – Análisis Geográfico, por lo tanto satisface los usuarios.
- Esta tecnología hace surgir implicaciones administrativas que por sí mismas se generan de los sistemas como lo son políticas de respaldo, usuarios, mantenimiento, capacitación, entre otros.
- Contar con personal capacitado para poder operar y aplicar satisfactoriamente con este tipo de tecnología.

Recomendaciones

- Para el buen desempeño de la aplicación de SIG se recomienda darle seguimiento a la aplicación SIG.
- Para asegurar una base técnica en la utilización amplia y productiva de esta tecnología, es importante, tener presente que se cuenta con el respaldo de los altos mandos para la implementación de este tipo de tecnología.

Una vez lograda la aplicación del sistema, también se recomienda:

- Alimentar al sistema con información espacial y no espacial actualizada.
- Ampliar la capacidad del equipo utilizado en el manejo de los SIG, basado en una configuración deseable y robusta, con el objetivo de obtener tiempos de respuesta rápidos y disminución de errores.
- Realizar estudios que logren un mayor alcance en el aprovechamiento de esta tecnología.
- Contar con el presupuesto necesario, para solventar los diversos gastos que se generan a partir del SIG, como lo son las giras de reconocimiento de campo y los gastos implícitos de papelería y mantenimiento de equipo.

Referencias

- BREÑA, FELIPE Y JACOBO MARCO. 2006. Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Recuperado de http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf
- DÍAZ DELGADO, MAMADO KHALIDOU, ITURBE ANTONIO, ESTELLER VICENTE, REYNA FRANCISCO. 1999. Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: Caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. Toluca, México, Ciencia Ergo Sum, pp. 124-134.
- DURAN, T. E. 2011. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica. Tesis Mag. Sc. Quito, Ecuador, Programa UNIGIS Universidad San Francisco de Quito- USFQ. 209 p. (Tesis).
- GARCÍA GERARDO, LÓPEZ AÍDA. 2003. Modelos digitales de elevación del terreno: uso en la geología estructural. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/geografica/modelos.pdf>
- INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. (s.f.) Cuencas Hidrográficas. “Un tesoro que debemos cuidar”. San José, Costa Rica.
- MARTÍNEZ–MARTÍNEZ, SERGIO Y DANIEL F. CAMPOS–ARANDA. 2010. Algoritmos para estimar características físicas en cuencas rurales y su aplicación en el calibrado del método racional, en la región hidrológica No. 12 parcial (río Santiago). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000400001&script=sci_arttext.
- ZUMBADO, MARVIN.(s.f.). Sistemas de Información Geográfica y Bases de Datos Geográficos. Recuperado de http://www.slideshare.net/magallanes_serjio/definicion-de-gis.