

USO DE *SOFTWARE* PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES PARA LA DEFINICIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

SOFTWARE USAGE FOR DIGITAL IMAGES PROCESSING FOR WATERSHED DEFINITION

Autores

Daniel Acosta¹, Abdiel Camarena¹, Axel Chang¹, Avril Díaz¹, Elías Fuller¹, Carlos González¹ & Alexis Tejedor De León^{2*}

Área

¹Licenciatura en Ingeniería Civil – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

²Departamento de Materiales y Metalurgia – Facultad de Ingeniería Mecánica – Centro Regional de Veraguas Universidad Tecnológica de Panamá

RESUMEN

Este trabajo consiste en definir una cuenca hidrográfica mediante el uso de *software* de licencia libre para que cualquier usuario pueda tener acceso a ellos sin costo alguno. Definir una cuenca comprende conocer el área que abarca, definición de sus respectivas subcuencas, establecer las redes de drenaje, conocer el parte aguas, el caudal y el rendimiento anual que mantiene para abastecer los distintos usos que se den en ella, que pueden ser: biológicos, físicos, económicos y sociales. La manera en que se estudia la cuenca y su delimitación, se realiza mediante el uso de un *software* que procesa imágenes satelitales del lugar de interés, las cuales se someten a distintas interpretaciones con ayuda del *software* para así finalmente obtener el producto que sería la cuenca debidamente definida. En este trabajo, se ha utilizado Google Earth™ como fuente de obtención de imágenes, también se ha dado uso de modelos digitales de elevación otorgados por la NASA; el procesamiento de dichas imágenes se ha llevado a cabo mediante el uso del *software* QGIS, en acompañamiento de un complemento llamado GRASS GIS. Se escogió el río San Pablo como objeto de estudio por su gran importancia en la región de Veraguas.

PALABRAS CLAVES

Cuenca hidrográfica, QGIS, río San Pablo, procesamiento de imágenes.

ABSTRACT

This research consists in the definition of a watershed through the usage of free license software so that any user would be able to access them without any cost at all. Defining a watershed requires to know the covered area and its respective subbasins, one must be able to establish drainage networks, know the waters and have notion of the annual yield rate that feeds the watershed and supply it with different benefits that allow the processes that occur in it. This event can be biological, physical, economic and social. The way in which a watershed or basin is studied as well as its delimitations are performed is by using softwares to process satellite images of the area of interest, this means that it's provided with several interpretations which are given by a software so that it's finally possible to get the product that in this case would be the watershed properly defined. As a matter of fact, in order to get this done some other soft wares have been greatly used such as Google Earth™ as a satellite image source. The digital elevation models provided by NASA have been part of this work as well. The processing of these images was carried out using the software QGIS, along with another complementary software called GRASS GIS. The San Pablo River in Panama was the one chosen as subject of study for this research because of its great importance to the region of the province of Veraguas.

KEY WORDS

Watershed, QGIS, San Pablo river, image processing.

*Corresponding author:
alexis.tejedor@utp.ac.pa

1. Introducción

El conocimiento acerca de las cuencas hidrográficas es un preámbulo fundamental para su uso biológico, físico, económico y social.

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar.

En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve [1].

Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.

En Panamá se ubica la vertiente del Pacífico a quien le corresponde un 70% del territorio nacional y la vertiente del Caribe con el 30% restante [2].

Una cuenca no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra.

Dentro de una cuenca se pueden distinguir: la parte alta, la parte media y la parte baja. En las partes altas, la topografía normalmente es empinada y generalmente están cubiertas de bosque.

Tanto en la parte alta como en la parte media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos; las partes bajas, a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas.

Se presenta la cuenca como un verdadero sistema, ya que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan. Los más importantes son: el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos.

Numerosos estudios han sido ya realizados y son regularmente publicados en vista de la búsqueda por mejorar la información obtenida acerca de las áreas comprendidas por una cuenca hidrográfica.

Junto con las investigaciones han surgido una serie de *softwares* que trabajan con sistemas satelitales para ubicar las cuencas y sub cuencas que se encuentran en un territorio determinado. Dichos programas pueden ser de uso público o privado, entre ellos se destacan herramientas como: SoPI, *Global Mapper*, ArcGIS y QGIS.

La presente investigación tiene su énfasis en la definición de una cuenca hidrográfica con la utilización del *software* QGIS debido a su efectividad, manejo y disponibilidad para el usuario

1.1 Origen y desarrollo

El *software* QGIS ha sido desarrollado por el OSGeo (*Open Source Geospatial Foundation*) y es utilizado para crear principalmente mapas con varias capas usando diferentes proyecciones.

Un GIS o SIG (Sistema de Información Geográfica) es un sistema informático para capturar, almacenar, verificar, integrar, manipular, analizar y visualizar datos relacionados a posiciones en la superficie terrestre.

Los GIS son usados en servicios públicos, industrias, medio ambiente, ingeniería y geología.

1.2 Usos y aplicaciones

El Quantum GIS es abierto y puede ser usado en Windows, Mac, Linux y Unix.

QGIS ha ido creciendo rápidamente durante los últimos años, muchas compañías están cambiándose a QGIS y adoptándolo como su GIS. Con QGIS se ha logrado cargar y visualizar información espacial existente. También es posible la creación de información y otras técnicas de geo procesamiento.

Otras aplicaciones:

- Corrección de errores en la topografía realizada para un área.
- Prepara datos ráster y en forma de vector para su procesamiento.
- Imprimir mapas que representen algún tipo de dato específico, como minerales en geología o cultivos en agronomía.
- Observar los gráficos de manera 3D.

2. Metodología

Este proyecto está basado en la delimitación de las cuencas hidrográficas principales de la provincia de Veraguas, República de Panamá.

Radica de la necesidad de conocer su cauce debido a que, en tiempos de fuertes lluvia, la crecida de estas cuencas afecta a las poblaciones aledañas provocando inundaciones.

Para realizar la tarea de definición de una cuenca, se necesita lo siguiente: *software* de obtención de imágenes; imagen satelital del área de estudio; *software* de análisis y procesamiento de imágenes y modelo digital de elevación del área geográfica de interés.

2.1 Obtención de *software*

Para lograr este estudio se seleccionaron tres *software* de alta relevancia.

Los *softwares* se utilizaron tanto para la obtención como para el procesamiento de las imágenes. Lo anterior se hace necesario para llevar a cabo la tarea de identificación y señalización de áreas de una cuenca hidrográfica objeto del presente estudio.

Los *softwares* libres pueden ser descargados desde el explorador, completamente gratis. Estos son:

- Google® Earth™ [3]
- QGIS 2.8.3 [4-7]
- GRASS GIS 6.4.3 [8]

2.2 Elección de la cuenca a definir

Cabe destacar la importancia de conocer las áreas de interés en este estudio, por lo tanto, se realizó una investigación sobre las principales áreas de afectación por inundaciones en la provincia de Veraguas.

De este modo también se identificaron sus principales cuencas y cuáles de éstas afectan directamente ya sean comunidades, barriadas, casas, cultivos o ganadería.

Según la Ref. . [8], la provincia de Veraguas está bañada por numerosos ríos, que cubren en total seis cuencas hidrográficas:

- Cuenca entre el río Calovébora y el río Veraguas.
- Cuenca del río Veraguas.
- Cuenca entre el río Tabasará y el río San Pablo.

- Cuenca del río San Pablo.
- Cuenca del río San Pedro.
- Cuenca del río Santa María.

En el presente trabajo se seleccionó la cuenca del río San Pablo para realizar el análisis fotogramétrico, ya que es de mucho interés porque presenta grandes volúmenes de agua, siendo una de las cuencas más importantes del territorio panameño.

Además, como aportación extra del trabajo nace el interés por sus antecedentes catastróficos de inundaciones.

“En el 2010, 3 de noviembre en Mariato y Soná, fue la situación más fuerte, trajo como consecuencia antes de entrar al puente, el río San Pablo inundó parte de la carretera, impidió el paso de los vehículos. Se dieron desalojos permanentes, pero aún la gente insiste en seguir viviendo en esos puntos”. –Alfredo Alfonso, Director de SINAPROC.

2.3 Procedimientos

Las imágenes digitales de satélite son conjuntos de datos rasterizados, lo que significa sencillamente que la imagen está comprimida en numerosos y diminutos elementos de imagen o píxeles que cubren la totalidad del área de la escena. Los conjuntos de datos vectoriales, por contraste, son mucho más abstractos y están compuestos por puntos, líneas y polígonos.

El proceso de definir una cuenca hidrográfica utilizando el *software* QGIS, GRASS GIS y Google®Earth™ se resume en los siguientes puntos:

A través de Global Data Explorer [9] se obtuvo el modelo digital de elevación (DEM) de la provincia de Veraguas. El mismo fue captado por un satélite ASTER con rango TIR (90 m).

Se insertó el DEM en QGIS y se utilizaron las herramientas de hidrología del complemento GRASS GIS.

Se creó un directorio de mapas que permite ubicar la región en la que se localiza el área de interés y activar las herramientas del complemento GRASS GIS.

El modelo digital de elevación es importado a GRASS GIS con el módulo *r.in.gdal.qgis*

Para corregir los modelos digitales de elevación se utiliza herramienta *r.fill.dir*.

Esta herramienta nos permite rellenar las imperfecciones existentes en el modelo de elevaciones, de forma que se puedan determinar de manera correcta las direcciones del flujo.

La creación de los diferentes mapas relevantes para definir la cuenca se obtuvo mediante el módulo *r.watershed*. Cada vez que se generan datos con este módulo nos pedirá un único dato de entrada que equivale a un tamaño mínimo para cada cuenca, también conocido como umbral.

A partir de este valor se generarán los siguientes mapas:

- Mapa de direcciones de flujo: Se define aquí la dirección del flujo buscando el camino descendente de una celda a otra.
- Mapa de acumulación de flujo: Crea el ráster de acumulación de flujo en cada celda. Se determina el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella.
- Mapa de segmentos de corriente: En esta fase se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario como celdas pertenecientes a la red de flujo. El umbral debe ser especificado como el número de celdas vertientes a la que se está clasificando en cada momento.

Seleccionar un valor bajo del umbral significa que obtendremos afluentes pequeños en nuestra red de drenajes, en cambio un valor alto, modela los drenajes de mayor tamaño.

- Mapa de sub cuencas: Delinea una sub cuenca por cada uno de los segmentos de cauce definidos.

Se ingresaron umbrales de 500, 2 000, 5 000 y 10 000 para la obtención de los mapas respectivos a cada uno. Los mapas fueron utilizados para comparar el tamaño de las sub cuencas y distinguir las diferencias entre los cauces.

Con ayuda de un mapa de Google®Earth™ y siguiendo el mapa de segmentos de corriente obtenido por un umbral de 10 000, se procedió a definir cuáles eran las sub cuencas pertenecientes a la cuenca del río San Pablo.

Se estableció la combinación de subcuencas como una capa vectorial, esto nos permitió:

- Su enmascaramiento. Este procedimiento facilitó añadir los otros mapas solo a esa área, de modo que permitiera la visualización con mayor facilidad de los cauces, el parte aguas, la dirección del flujo y el grado de la cuenca.
- Calcular el área de la cuenca ya definida.

3. Resultados

En la figura 1 se presenta el DEM de la provincia de Veraguas obtenido de Global Data Explorer [9].

Del modelo digital de elevación, bajo un umbral de 10 000, se obtuvo una serie de sub cuencas de las cuales se identifican tres pertenecientes a la cuenca del Río San Pablo (e.g. figura 2).

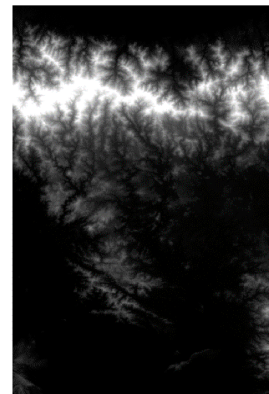


Figura 1. Modelo digital de elevación de la provincia de Veraguas.

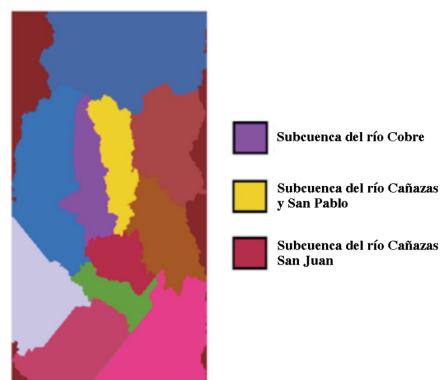


Figura 2. Mapa de subcuencas para un umbral de 10 000.

Los segmentos de corriente (e.g. figura 3) representan los cauces principales de la cuenca. Las tres subcuencas se unen para conformar la cuenca del río San Pablo, la cual a nivel centroamericano es conocida como el número 118 (e.g. figura 4).

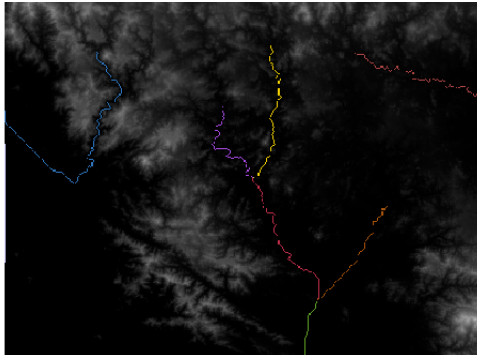


Figura 3. Mapa de segmentos de corriente para un umbral de 10 000 sobre el modelo digital de elevación.



Figura 4. Cuenca del río San Pablo superpuesta en el mapa de Veraguas.

3.1 Mapa de subcuencas

Al ingresar un umbral de 2 000 surge como resultado un total de 13 subcuencas con un área mínima de 16.2 km² (e.g. figura 5).

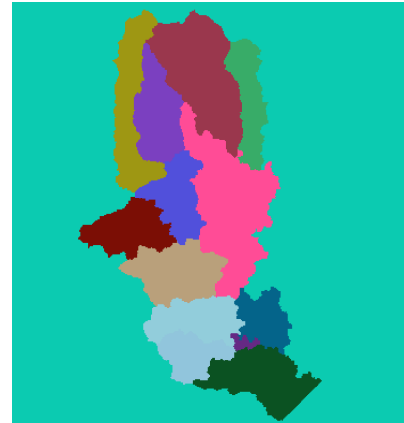


Figura 5. Subcuencas de la cuenca del río San Pablo.

Se decidió superponer un mapa de acumulación de flujo para un umbral de 500 (e.g. figura 6) debido a que se ve con mayor claridad hacia donde corre el agua, ya sea aguas abajo o aguas arriba. En el mismo se pueden identificar ramas pequeñas que indican la aparición de quebradas y riachuelos. Así también se aprecia en tonos más oscuros las redes principales de la cuenca y las subcuencas.

3.2 Propiedades geomorfológicas

Las características geomorfológicas dan una idea de las propiedades particulares de cada cuenca; estos parámetros facilitan el empleo de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas.

Para la Cuenca del río San Pablo (e.g. figura 7) son:

- Área (A): 2476.01 km²
- Perímetro (P): 332.72 km
- Río Principal: río San Pablo

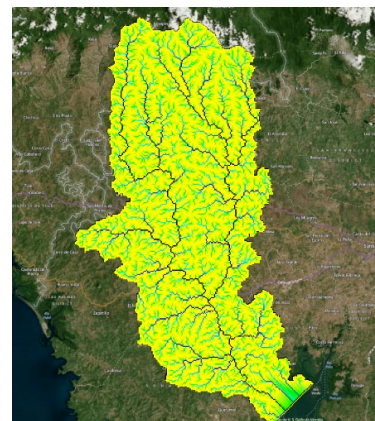


Figura 6. Mapa de acumulación de flujo.

- Longitud del río principal (Lc): 110.44 km
- Longitud de los ríos: 388.87 km
- Altura máxima: 1353.12 msnm
- Altura mínima: 9.23 m

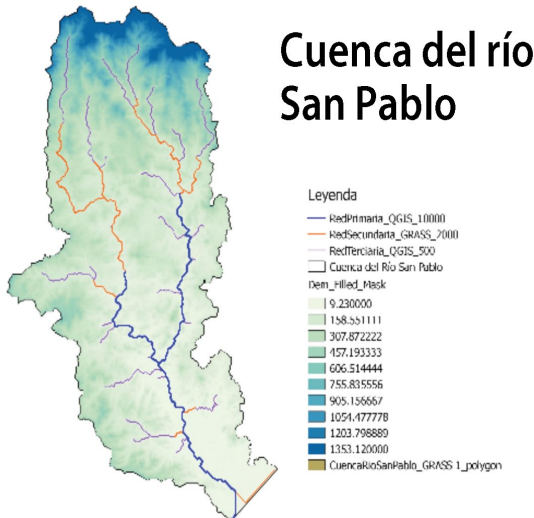


Figura 7. Cuenca del río San Pablo.

- Coeficiente de compacidad: 1.87, lo que significa que la forma de la cuenca se asemeja a la silueta de una hoja de árbol común.

$$Kc = 0.28 P/A0.5$$

- Coeficiente de forma: 0.20, este coeficiente es utilizado para hacer comparaciones de cuencas. En la medida que el coeficiente de forma de una cuenca determinada sea más bajo, estará menos sujeta a crecientes que otra cuenca del mismo tamaño (área) pero con mayor coeficiente de forma.

$$Kf = A/Lc0.5$$

Posteriormente se muestra la forma en que se presenta una cuenca hidrográfica delimitada, con la información de las alturas y las principales redes de drenaje (e.g. figura 7).

3.3 Importancia y aplicaciones

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro, las cuencas hidrográficas se perfilan como una de

las unidades de división funcionales con mucha más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua.

Algunos de los proyectos que se realizan en la República de Panamá, con miras al cuidado y correcta gestión de los recursos hídricos, nacen a partir de la delimitación de las cuencas, conocer sus propiedades y parámetros que las rigen. Estos programas son llevados a cabo bajo el Ministerio de Ambiente.

3.3.1 El Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental (PREVDA)

El objetivo específico del proyecto es desarrollar y poner en práctica enfoques regionales de reducción de los riesgos siconaturales relacionados con el agua en el corto y el largo plazo.

Para conseguir lo anterior, se hace necesario incorporar el ordenamiento territorial y la administración de cuencas hidrográficas como técnicas de Gestión Ambiental, a fin de vincular los esfuerzos existentes de preparación y mitigación con una práctica permanente de prevención, logrando así una gestión integral de los riesgos [10].

3.3.2 Procuencas

Las cuencas hidrográficas del país, por lo general, presentan un alto nivel de degradación, debido a las diferentes actividades antropogénicas insostenibles, las cuales han provocado el deterioro de los recursos naturales y como consecuencia ha contribuido a agravar la escasez de agua durante las épocas secas, las inundaciones en épocas lluviosas y la vulnerabilidad a desastres naturales. [11]

4. Conclusiones

La principal función de las cuencas hidrográficas respecto a su rol en una sociedad está en la obtención de aguas para consumo, pudiendo ser aptas no solo para poder formar parte de la red de agua potable, sino también funcionando como separación natural de territorios para brindar los distintos asentamientos administrativos, perteneciendo estas cuencas a un municipio o una administración determinada.

De allí la importancia de conocer las cuencas hidrográficas de Panamá y mantener su estudio continuo, para saber de qué manera está cambiando su área, su cauce y su rendimiento al pasar de los años. La responsabilidad de todos los ciudadanos es velar por el cuidado de nuestras cuencas, por lo tanto, se plantea una herramienta de gran utilidad, que de la mano con la tecnología busca facilitar su estudio.

Periódicamente se está fotografiando el planeta entero, gracias a la utilización de satélites que orbitan en el espacio exterior; con el uso de *software* que trabaje y procese estas imágenes. Se pueden realizar un sinnúmero de tareas frente a un ordenador, que representan una gran aportación hacia el saber de nuestros recursos que tanto debemos cuidar. Este trabajo planteó definir la cuenca del río San Pablo, y se observó el área que abarca dicha cuenca hasta el año 2015. En 5 años con una nueva imagen satelital de la región de Veraguas, será posible definir nuevamente y notar los cambios que ha sufrido dicha cuenca para así tomar decisiones y actuar a tiempo al respecto.

El recurso hídrico es primordial para la supervivencia humana, por lo que se invita a los municipios a empezar un plan de monitoreo de sus cuencas. La tecnología está a la disposición de las personas y queda demostrado en este trabajo que no se necesitan miles de dólares para poder realizarlo; se puede lograr solo con recursos gratuitos un trabajo muy elaborado y procesado sobre la definición de una cuenca.

Este proyecto ha sido elaborado por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá, como una aportación para despertar el interés de estudiar, cuidar y preservar nuestros recursos hídricos.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de uso de *software* para la definición de cuencas hidrográficas extiende sus agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del proyecto; por sus aportaciones de conceptos importantes en el uso y manejo de imágenes satelitales, al Ing. Lwonel Agudo; por sus aportaciones de conceptos de definición de cuencas hidrográficas, al Ing. Casimiro Vásquez.

Al personal administrativo del SINAPROC –Veraguas por sus aportaciones sobre información acerca de la cuenca del río San Pablo.

REFERENCIAS

- [1] Franquet Bernis, J. (n.d.). El Agua. Retrieved from <http://www.eumed.net/libros-gratis/2005/jmfb-h/1u.htm>
- [2] Régimen Hidrológico de Panamá. (n.d.). Retrieved from http://www.hidromet.com.pa/regimen_hidrologico.php
- [3] La información geográfica del mundo en tu mano. (n.d.). Retrieved from <https://www.google.com/earth/>
- [4] QGIS Tutorials and Tips — QGIS Tutorials and Tips. Ujabal Ghandi, n.d. Web. 11 Nov. 2015.
- [5] Getting Started with GIS Using QGIS. N.p.: n.p., n.d. N. pag. Print.
- [6] Learning QGIS Second Edition. N.p.: n.p., n.d. Print.
- [7] QGIS by Example. Place of Publication Not Identified: Packt Limited, 2015. Web. Online Available: <http://journal.sapub.org/ajb>
- [8] GRASS GIS. (1998). Retrieved November 12, 2015, from <https://grass.osgeo.org/>
- [9] Global Data Explorer. (n.d.). Retrieved from <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>
- [10] Programa PREVDA. (n.d.). Retrieved from <http://www.miambiente.gob.pa/index.php/single-article/proyectos-digich/programa-prevda>
- [11] PROCUENCAS. (n.d.). Retrieved from <http://www.miambiente.gob.pa/index.php/single-article/proyectos-digich/procuencia>