

**IDENTIFICATION OF VEGETABLE COVERAGES FROM SATELLITE
IMAGES OVER THE MIDDLE AND LOWER BASIN OF THE CATATUMBO
RIVER**

**IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES A PARTIR DE
IMÁGENES SATELITALES SOBRE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL
CATATUMBO**

MSc. Thomas Edison Guerrero Barbosa^{*}, Ing. Carlos Alfonso García Duarte^{}
MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya^{***}**

*** Universidad Francisco de Paula Santander - Sede Ocaña.**

Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación GRUCITE.

Tel: (097) 5690088 Ext. 218 Fax: Ext. 104.

Email: teguerrero@ufpso.edu.co.

**** Consultor Independiente.**

Barrio El Carretero, González, Cesar, Colombia, Tel: +(57) 3176990584.

Email: carlosgarcia00@gmail.com.

***** Universidad Francisco de Paula Santander - Sede Ocaña.**

Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación GIGMA.

Tel: (097) 569 0088 Ext. 227 Fax: Ext. 104.

Email: rjgallardo@ufpso.edu.co.

Abstract: This work focuses on identifying the vegetation coverage of the middle and lower basin of the Catatumbo, using Landsat imagery to observe chronologically the human intervention in it and establish a possible link between variations in flow and vegetable coverages. The processing of the images allowed to obtain 5 coverage maps since 1985-2002 and with them, identify five types of coverage. Finally, a water balance is calibrated, setting a parameter of soil infiltration that composes the basin under study.

Keywords: vegetation coverages, satellite imagery, water balance, coverage maps.

Resumen: Este trabajo de investigación se enfoca en identificar las coberturas vegetales de la cuenca media y baja del Catatumbo, utilizando imágenes Landsat para observar cronológicamente la intervención del hombre en la misma y establecer una posible relación entre las variaciones de caudales y coberturas vegetales. El procesamiento de las imágenes permitió obtener 5 mapas de coberturas desde el año 1985 hasta 2002 y con ellos identificar 5 tipos de coberturas. Finalmente, se calibra un balance hídrico, estableciendo un parámetro de infiltración del suelo que compone la cuenca en estudio.

Palabras clave: Coberturas vegetales, imágenes satelitales, balance hídrico, mapas de coberturas.

1. INTRODUCCIÓN

El río Catatumbo es uno de los sistemas acuáticos de la región que ha sufrido mayor deterioro en las

últimas décadas dado que está sometido a una intensa intervención a causa del crecimiento de la población en las zonas de influencia y al desarrollo de diversas actividades humanas aledañas al mismo.

En la presente década, el uso de imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio del medio ambiente ha ganado definitivo prestigio como aplicación computacional para el manejo de la información (Cheema, *et al.*, 2010) (Knight, *et al.*, 2006) (White, *et al.*, 2011). Las imágenes de percepción remota permiten obtener información sobre amplias áreas geográficas. Estos datos constituyen un aporte fundamental a diversas áreas de ingeniería ya que permiten discernir patrones y medir procesos a una escala grande en forma directa, en lugar de inducirlo mediante mediciones a escala local. Esta información ofrece una alternativa valiosa para estudio sobre las características superficiales del terreno, como son descripción del patrón de uso de tierra (coberturas vegetales).

La cuenca del Catatumbo es una zona de difícil acceso, dadas las condiciones de orden público y de deficiente infraestructura de la zona, esto indiscutiblemente ha provocado que los estudios donde se evalúen los efectos de la intervención del hombre en el comportamiento de las cuencas hidrológicas sean prácticamente nulos, por lo tanto no se tienen bases que permitan plantear soluciones para la conservación de los cuerpos de agua presentes en dicha región y es allí donde las metodologías que permiten la obtención de datos a partir de sensores remotos cobran relevancia.

El objetivo principal de esta investigación es identificar las coberturas vegetales de la cuenca media y baja del Catatumbo a partir de imágenes satelitales Landsat con el software ENVI para evaluar, en parte, los efectos de la intervención del hombre a través del tiempo en la cuenca media y baja del Catatumbo en el Departamento Norte de Santander. El cálculo de la evapotranspiración se estableció por el método de Thornthwaite, el cual corresponde a una gran alternativa de fácil estimación, ya que requiere sólo la temperatura como datos de entrada (Moeletsi, *et al.*, 2013); sin embargo, el enfoque de Thornthwaite ha subestimado sus cálculos en condiciones áridas y los sobrestima en clima húmedo ecuatorial de la región amazónica (Pererira, *et al.*, 2004). Evaluadas las limitaciones de datos para estimar la evapotranspiración con los que cuenta la investigación, ya que es conocida la diversidad de metodologías paralelas para su cálculo (Blaney-Cridle, Hargreaves-Samani, Turc, Papadakis, Penman-Monteith FAO 56), se decidió utilizar el método de Thornthwaite, omitiendo análisis de incertidumbre y de consistencia, los cuales no son considerados como alcance de esta investigación.

2. ZONA DE ESTUDIO

La cuenca media y baja del Catatumbo (Fig. 1), se ubica en la zona nororiental de Colombia y comprende un área a ambos márgenes del río que abarca tres municipios del Departamento Norte de Santander: Teorama, Tibú y El Tarra. Cuenta con un área de 96.110,5 Ha y un perímetro de 235,1 Km. La delimitación de la cuenca generada en ArcGIS establece las coordenadas geográficas de la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la cuenca

Latitud - Longitud	Coord. geográficas
Norte	Desde 9° 4' 25,45" Hasta 8° 41' 23,07"
Oeste	Desde 72° 52' 7,58" Hasta 73° 14' 15,9"

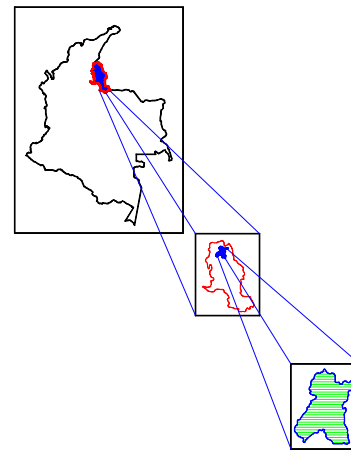


Fig. 1. Ubicación de la cuenca

3. LOS DATOS

De acuerdo al IDEAM, la cuenca media y baja del Catatumbo se encuentra registrada en la zona hidrográfica del Caribe codificada como 1 y ubicada en la gran cuenca del Río Catatumbo con el código 16. Para la realización de la calibración del balance hídrico se hizo necesaria la obtención de datos del IDEAM; en la Tabla 2 se muestra las diferentes estaciones de las cuales se requirieron registros históricos con su respectivo parámetro a utilizar, las cuales se encontraban dentro de la zona de influencia.

Para obtener la precipitación promedio de la zona de estudio, las estaciones de influencia fueron georeferenciadas sobre el mapa de la zona y utilizando el método de Thiessen (Linsley, *et al.*, 1977) se determinó el área efectiva correspondiente a cada una de las estaciones meteorológicas.

Tabla 2. Estaciones meteorológicas

Estación	Código	Categoría	Parámetro
Pto Barco - La Gabarra	16067010	Limnigráfica (LG)	Caudal
Pto Barco	16070010	Pluviométrica (PM)	Precipitación
Hacharirá	16070030	Pluviométrica (PM)	Precipitación
El Cable	16067020	Limnigráfica (LG)	Caudal
CNO la raya	16060010	Pluviométrica (PM)	Precipitación
Tibú	16035010	Climatológica (CO)	Temperatura

Fuente: IDEAM

4. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL CATATUMBO

4.1 Ciclo hidrológico

Es la circulación continua del agua (en estado líquido o gaseoso) en la hidrósfera. Durante este proceso cíclico, el agua que se encuentra en el mar es evaporada debido a las altas temperaturas del sol, para luego almacenarse en nubes y terminar condensándose y precipitarse a la corteza terrestre a través de lluvias, granizos o nieves. Parte del agua queda en la superficie y se almacena en cuerpos hídricos estáticos (lagos) o dinámicos (ríos), mientras que otra parte se infiltra y regresa subterráneamente al mar o se estanca en acuíferos (CESPE, 2014). En la Fig. 2 se muestra un esquema explicativo del ciclo hidrológico (USGS, 2014).



Fig. 2. Esquema de ciclo hidrológico

Fuente: USGS, 2014

4.2 Ecuación general de balance hídrico

Relaciona en una hoya hidrológica las entradas y las salidas de agua. La ecuación de balance hídrico es aplicable a cuencas de áreas grandes, cuerpos de agua, agua que no ha sido absorbida por el suelo (Gupta, 2001) y se puede representar a partir de la Ecuación (1):

$$S = \frac{P - ET - I}{1000} \quad (1)$$

En donde: P (precipitación en mm), I (infiltración en mm), S (almacenamiento en m) y ET (evapotranspiración en mm).

4.2.1 Precipitación

Incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca (Chow, *et al.*, 1999). Los datos de precipitación para el cálculo y posterior calibración del balance se obtuvieron del IDEAM, disponiendo de datos de precipitación desde el año 1985 hasta el 2002. La precipitación media anual se determinó por el método de polígonos de Thiessen, dado que se ajusta a las consideraciones indicadas en (Mu, 2009) el cual contempla para su uso ubicación, distancia, rango de influencia y la relación topológica.

4.2.2 Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno en el suelo; se distingue del proceso de percolación porque este último es el movimiento hacia debajo de agua desde o a través de la zona no saturada hasta el nivel freático o zona saturada (Monsalve, 1999).

4.2.3 Evapotranspiración

Es la combinación de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración. La evapotranspiración incluye evaporación de ríos y lagos, suelo descubierto y superficies de la vegetación, la transpiración de las plantas y la sublimación de las superficies de nieve. Existen dos tipos de evapotranspiración: la evapotranspiración potencial (ETP) (Thornthwaite, 1989) y la evapotranspiración real (ETR), la primera se produce si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas, y la segunda se produce realmente en las condiciones existentes en el caso. Una tala de bosques disminuirá la evapotranspiración y aumentará el caudal pero pueden producir tasas de erosión inaceptable y caudales poco mayores (Linsley, *et al.*, 1977). La determinación de la ETP se realizó por el método de Thornthwaite.

4.2.3.1 Método de Thornthwaite

Correlaciona datos de ETP medida en evapotranspirómetros localizados en hoyas hidrológicas, con datos de temperatura media

mensual y longitud del día. Para un mes de 30 días e insolación diaria de 12 horas, se estima como se muestra en la Ecuación (2).

$$ETP_j = 1.6 \cdot \left(\frac{10 \cdot T_j}{I} \right)^a \quad (2)$$

En donde:

ETP_j: evapotranspiración potencial mensual del mes j, no ajustada (cm).

T_j: temperatura media mensual del mes j, °C.

I: índice de calor.

a: ecuación cúbica de la forma

Los valores de “a” e “I”, se calculan a partir de las siguientes expresiones:

$$I = \sum \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad (3)$$

$$a = (6.75 \cdot 10^{-7} \cdot I) - (7.71 \cdot 10^{-5} \cdot I) + (1.792 \cdot 10^{-2} \cdot I) + (0.49) \quad (4)$$

Los valores obtenidos de ETP_j deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días del mes (Thornthwaite, 1989).

5. METODOLOGÍA

El detalle del estudio se realizó teniendo en cuenta la calidad de la información recolectada de la zona. La delimitación de la cuenca se elaboró empleando un DEM (Caicedo, *et al.*, 2005) de estructura tipo raster con resolución 90.90 de la zona de estudio en el software ArcGIS, como se aprecia en la Fig. 3. El inconveniente de la resolución de los datos o calidad de detalle del DEM, afecta los parámetros de caracterización de rugosidad del terreno, lo cual dificulta la identificación de coberturas.

Los mapas de coberturas vegetales se crearon en el software ENVI a partir de imágenes satelitales; procedimientos y evidencias similares reportados en la literatura se encuentran en (Canty, 2007) (Kolios, *et al.*, 2013) (Al-Kofahia, *et al.*, 2012). Las imágenes satelitales se descargaron gratuitamente de Internet. Para la elaboración de los mapas de coberturas vegetales, fue necesaria la extracción de la información la cual se puede realizar de dos formas: interpretación visual e interpretación digital (Chuvieco, 1996).

El balance hídrico se procesó con registros históricos del IDEAM. Además el cálculo de la evapotranspiración se estableció por el método de Thornthwaite, mientras que la infiltración se calibró

como un porcentaje de la precipitación. Dado esto, la manera de estimar el almacenamiento (S) se realiza con la Ecuación (3):

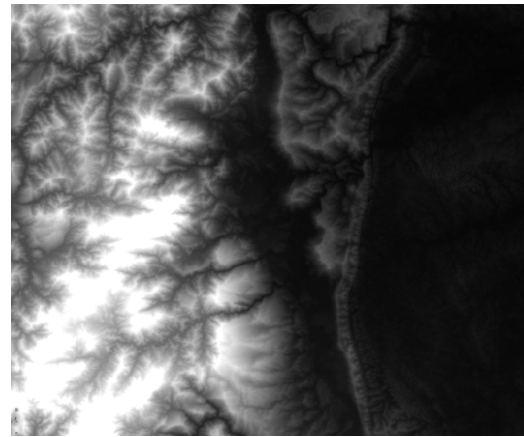


Fig. 3. DEM de la zona

$$S = (P \cdot (1 - \% \text{INFILTRACIÓN})) - (ET) \quad (5)$$

El caudal (Q) medio anual de la cuenca se estima a partir del siguiente modelo de correlación, según Ecuación (4):

$$Q = \left(\frac{S \cdot A_c}{T} \right) + Q_{ELCABLE} \quad (6)$$

Donde:

S = Almacenamiento (m)

A_c = Área de la Cuenca (m²)

T = Tiempo almacenamiento (s)

Q (EL CABLE) = Caudal estación limnigráfica EL CABLE (Pertenece al IDEAM).

Es claro que el modelo de correlación planteado depende de la calidad de la información, por ello se comparará el caudal obtenido por el anterior modelo y el medido en la estación limnigráfica Pto Barco - La Gabarra (16067010) administrada por el IDEAM, de manera que sea posible establecer de cierta forma la calidad de los datos medidos vs. los modelados.

6. RESULTADOS

En primera instancia se procedió a ubicar la cuenca estudiada sobre las imágenes Landsat disponibles, que para este caso correspondían a los años 1985, 1989, 1991, 2000 y 2002. En la Fig. 4 se puede apreciar la delineación de la cuenca hidrológica sobre la imagen *landsat* de la zona de estudio.

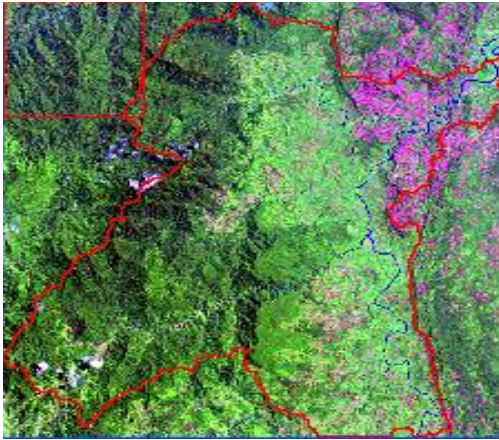


Fig. 4. Cuenca sobre la imagen Landsat

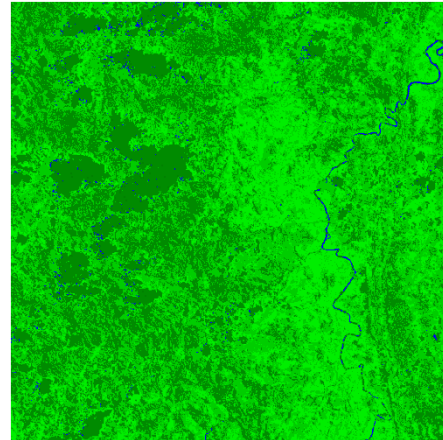


Fig. 7. Mapa de cobertura 1989

6.1 Mapas de coberturas

El análisis previo consistió en revisar los mapas de coberturas vegetales de la zona de estudio generados por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR; así se pudo establecer 5 tipos de coberturas vegetales presentes en la zona, que coinciden con las identificadas a partir de los análisis y manipulaciones realizadas a la imágenes satelitales (Ver Fig. 5).






	BOSQUE PRIMARIO
	BOSQUE SECUNDARIO
	CULTIVOS
	ARBOLES TRANSITORIO
	AGUA

Fig. 5. Tipos de coberturas

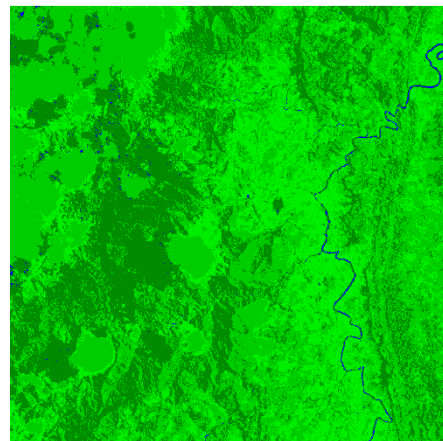


Fig. 8. Mapa de cobertura 1991

Los mapas de coberturas vegetales generados a partir de los procedimientos anteriormente descritos se muestran en la Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 y Fig. 10.

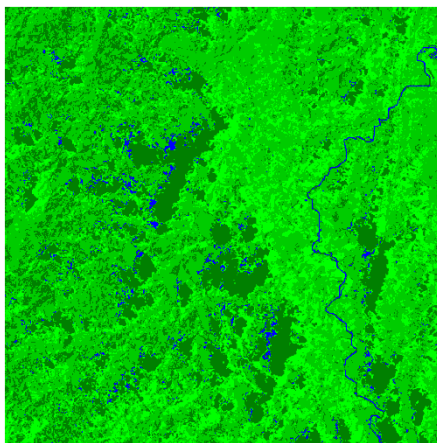


Fig. 6. Mapa de cobertura 1985

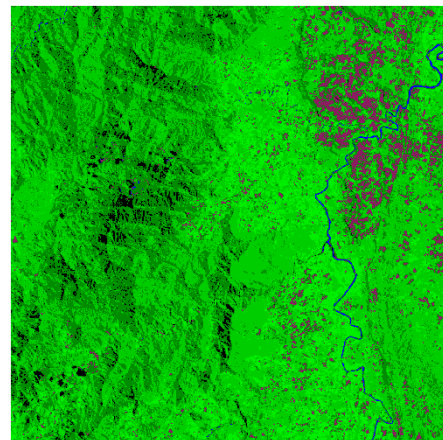


Fig. 9. Mapa de cobertura 2000

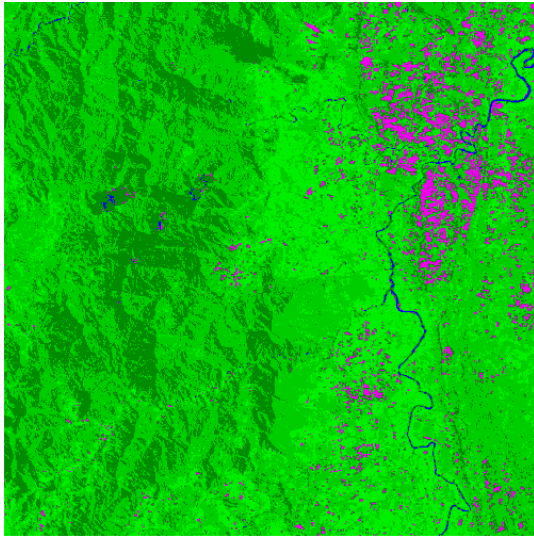


Fig. 10. Mapa de cobertura 2002

7. DISCUSIÓN

El grado de deforestación que presenta la cuenca es apreciable, con la implementación de nueva vegetación (Árboles transitorios) como se observa en el mapa de coberturas de 2000 (Fig. 9), se ha reducido en gran parte la cobertura de bosque nativo o primario, desde el año de 1985 hasta el año 2002 (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 y Fig. 10) ha disminuido este tipo de cobertura en un 29,78%, mientras que los árboles transitorios desde el año de 1991 hasta 2002 han aumentado en un 19,28% respecto al bosque primario, además la rotación de coberturas es considerable; siendo las anteriores unas posibles causas de la disminución de la precipitación media de la región, viéndose afectado el recurso hídrico de la cuenca.

En la Fig. 11, se observa la evolución temporal de cada una de las coberturas durante los años de estudio, donde se evidencia el crecimiento de bosque secundario a medida que decrece el bosque primario, hecho que igualmente puede afectar los caudales del cuerpo de agua. Es de aclarar que la normal climática es de 30 años para este tipo de estudio, sin embargo debido a las limitantes de información tanto de tipo hidrológico como de imágenes satelitales, se reportan dichos análisis para los datos disponibles desde el año 1985 hasta el 2002.

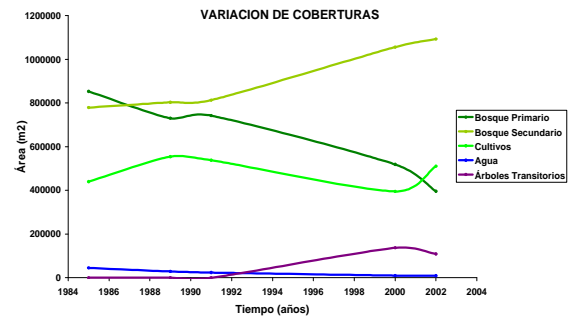


Fig. 11. Variación de las coberturas vegetales a través de los años

La evapotranspiración potencial media anual calculada por el método de Thornthwaite arrojó unos resultados que varían desde 136.7 (mm) hasta 174.7 (mm) con una media de 154 (mm); Estos valores no presentan una variación significativa debido a que la temperatura fluctúa entre 25,1 y 29,8 °C. La precipitación media anual de la cuenca va disminuyendo a través de los años, la estación que presenta esta tendencia es Hacharirá la cual con un área de 71.150,4 m² abarca el 74% de la totalidad de la cuenca, este cambio en la precipitación se presume pudo estar afectado por el cambio de las coberturas vegetales.

Estimados los caudales a partir de la Ecuación 4 y comparados con los registros de la estación limnigráfica Pto. Barco - La Gabarra (16067010), fue posible obtener un gráfico que correlacionara los caudales a lo largo del tiempo como se aprecia en la Fig. 12. Del análisis realizado se evidencia un comportamiento muy similar entre ambas trayectorias, obteniéndose un factor de determinación igual a 0,8547 considerándose buen indicador de la calidad del modelo para replicar los resultados y proporción de variación según el análisis establecido.

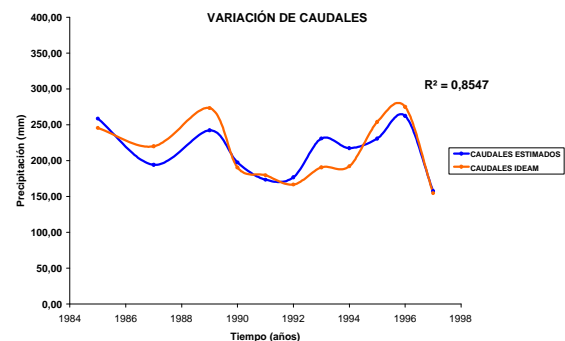


Fig. 12. Variación de los caudales (ESTIMADOS vs IDEAM) a través de los años

Se aprecia un descenso considerable de la precipitación en el año 1997 como se observa en la Fig. 13 y Fig. 14, igualmente se corrobora dicha tendencia en estaciones pluviométricas de otras cuencas como la del río Pamplonita (Fig. 15) afectando notablemente los caudales registrados en estaciones limnográficas en dicho periodo.

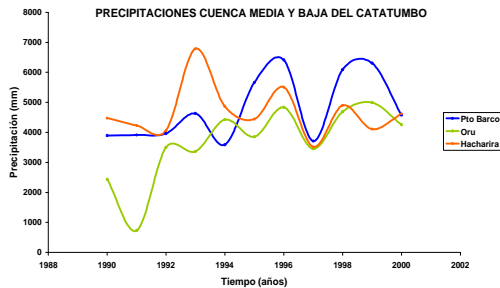


Fig. 13. Precipitaciones de la Cuenca media y baja del Catatumbo

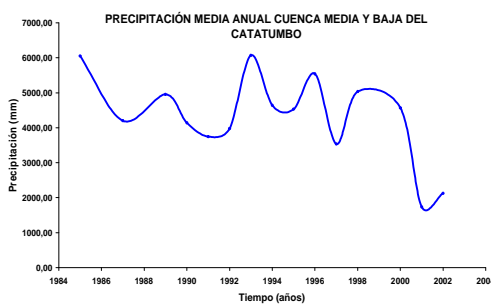


Fig. 14. Precipitación media anual de la Cuenca media y baja del Catatumbo

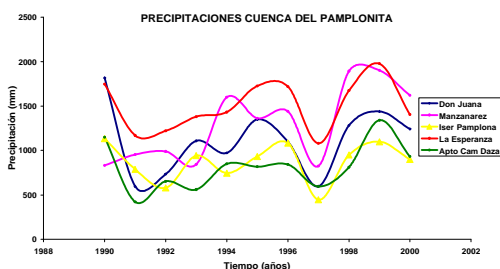


Fig. 15. Precipitación media anual de la Cuenca del río Pamplonita - Fuente: Acosta, et al., 2006

El parámetro adoptado para la calibración del balance hídrico fue la infiltración, la cual se tomó como un porcentaje de la precipitación, este valor en porcentaje para la correlación obtenida fue de 0,2876, dicha constante se puede tomar como un valor medio para la cuenca y ser utilizada en proyectos que donde se utilicen datos anuales para la zona en estudio.

8. CONCLUSIONES

El software ENVI es una herramienta que permite obtener información a partir de imágenes satelitales de lugares en los cuales se dificulta realizar una inspección visual.

El procesamiento y manipulación de imágenes satelitales a partir de técnicas de teledetección suministró datos de gran importancia para la delimitación de la cuenca y elaboración de los mapas de coberturas de la cuenca media y baja del Catatumbo, logrando así la determinación a través de los años de la variación de cobertura vegetal que se presenta en la zona.

El mapa de cobertura generado en esta investigación correspondiente al último año (2002) es muy similar al mapa de cobertura del año 2005 suministrado por Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR el cual es generado mediante el proceso SIAT, en base a lo anterior podemos deducir que el software manejado en este proyecto es eficaz y aporta información confiable.

La manipulación de imágenes satelitales no solo permite la clasificación de coberturas vegetales, adicionalmente es posible obtener información sobre los tipos de suelo, temperaturas, humedad relativa entre otros, de forma remota.

Para generar los mapas de coberturas es necesario que las imágenes se encuentren georeferenciadas, además deben contener la menor nubosidad posible ya que esto puede crear distorsiones y obstrucción, lo cual afecta las estadísticas que el software suministra.

El procesamiento de los DEM permite la caracterización de las condiciones geomorfológicas de la zona; herramienta con la cual se puede determinar el área, longitud y perímetro de la cuenca en estudio. Las imágenes satelitales (*Landsat*) y los DEM están distribuidos gratuitamente en Internet lo cual permite una posible disminución de los costos y de tiempo necesario para realizar por otros métodos dicha caracterización.

La correlación obtenida entre los caudales medios anuales calculados y los suministrados por el IDEAM (Gráfico 2) fue de 0,8547 con lo cual se puede concluir que se consiguió un buen ajuste. La información suministrados por el IDEAM presenta carencia de datos en algunos años, también contienen errores en los registros presentados, lo cual genera una limitación para el proyecto y no permite una mejor calibración del modelo hidrológico.

REFERENCIAS

- Acosta, L. G. y Santos J. O. (2006). *Aplicación de SWAT 2000 a la parte media y alta de la cuenca del río Pamplonita*. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ingeniería.
- Al-Kofahi, S., Steele, C., Vanleeuwen, D. and Hilaire, R. (2012). "Mapping land cover in urban residential landscapes using very high spatial resolution aerial photographs". *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 11, p. 291-301.
- Caicedo, F. y García, H. (2005). *Modelación geomorfológica de las microcuencas el Guamal y la Morena abastecedoras del sistema de acueducto del municipio Convención N.S a partir de un modelo de elevación digital DEM*. Cúcuta, 231 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ingeniería.
- Canty, M. J. (2007). *Image analysis, classification and change detection in remote sensing (With Algorithms for ENVI/IDL)*, CRC Press, Boca Raton, FL., 224pp.
- Cheema M., J.M. and Bastiaanssen W., G.M. (2010). "Land use and land cover classification in the irrigated Indus Basin using growth phenology information from satellite data to support water management analysis". *Agricultural Water Management*, vol. 97, p. 1541-1552.
- Chow, V., Maidment, D. and Mays, L. (1999). *Hidrología aplicada*. México: Editorial McGraw-Hill, pág. 65.
- Chuvieco, E. (1996). *Teledetección Ambiental*. 3ª Edición: Rialp, Madrid, 568 pp.
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, CESPE. (2014) *Ciclo hidrológico del agua*. <http://www.cespe.gob.mx/?id=ciclohidrologico> (Consultado: 16 de mayo 2014)
- Gupta R., S. (2001). *Hydrology and Hydraulic Systems*, 2nd ed. EEUU: Waveland Press Inc., pág. 53.
- Knight, J., Lunetta, R., Ediriwickrema J. and Khorram, S. (2006). "Regional scale landcover characterization using MODIS-NDVI 250m multi-temporal imagery: a phenology based approach". *GIScience and Remote Sensing*, vol. 43, p. 1–23.
- Kolios, S. and Stylios C., D. (2013). "Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data". *Applied Geography*, vol. 40, p. 150-160.
- Linsley R., K.; Kohler M., A. and PAULHUS, J. (1977). *Hidrología para ingenieros*, 2 ed. México: McGraw-Hill.
- Moeletsi, M., Walker, S. and Hamandawana, H. (2013). "Comparison of the Hargreaves and Samani equation and the Thornthwaite equation for estimating dekadal evapotranspiration in the Free State Province, South Africa". *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 66, p. 4-15.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Segunda edición. Bogotá D.C: Edit. Alfa Omega.
- Mu, L. (2009). "Thiessen Polygon". *International Encyclopedia of Human Geography*, pág. 231-236.
- Pereira, A. and Pruitt, W. (2004). "Adaptation of the Thornthwaite scheme for estimating daily reference evapotranspiration". *Agricultural Water Management*, vol. 66, p. 251-257.
- Thornthwaite, C. (1989). "An approach towards a rational classification of climate" *Geographical Review*, vol. 38, No. 1, pp. 55-94
- Evans, J.M. and Perlman, H. (2014). "The Water Cycle". U.S. Geological Survey. <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanishhi.html> (Consultado: 16 de mayo 2014)
- White, D. and Lewis, M. (2011). "A new approach to monitoring spatial distribution and dynamics of wetlands and associated flows of Australian Great Artesian Basin springs using QuickBird satellite imagery". *Journal of Hydrology*, vol. 408, issues 1-2, p. 140-152.