

Elaboración de un módulo SIG gráfico para un balance edafo-climático, basado en software libre

Development of a graphical GIS module for a spatial-temporal water balance, based on GNU software

JESÚS ANDRADES

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
Mérida, Venezuela, Correo electrónico: andradesjesus@yahoo.com

Recibido: 15-04-10 / Aceptado: 28-10-10

Resumen

A través de los años en Venezuela se han utilizado preferencialmente las licencias comerciales de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Sin embargo, la aprobación del decreto presidencial N° 3.390 acerca del software libre influye directamente sobre el uso y programación de los SIG en Venezuela, por otro lado, los balances edafoclimáticos espacio-temporal son una forma innovadora de cuantificar la situación hídrica de un área determinada para un intervalo de tiempo dado, pero su generación manualmente constituyen un proceso monótono y tedioso, es por ello que se desarrolló un módulo gráfico para software libre para un balance edafoclimático espacio-temporal. El módulo de balances edafoclimáticos (espacio-temporal) se desarrolló para el SIG Gvsig de licencia libre (versión 1.0, 1.1 and 1.2). Utilizando el lenguaje Python, y los códigos dados por Thinlet para elaborar la interfaz gráfica, se diseñó un proceso interactivo usuario-módulo que requiere como datos de entrada 12 capas raster de precipitación, 12 capas raster de evapotranspiración y una capa raster de almacenamiento inicial del suelo. Para la validación del módulo se utilizaron los mapas raster producidos en la zona semiárida de los estados Lara-Falcón y en la zona húmeda del estado Barinas. Para cada una de las zonas se realizaron dos procedimientos, el primero manual utilizando ArcView GIS 3.2 y el segundo automatizado usando el módulo desarrollado. A fin de validar estadísticamente el módulo se aplicaron de pruebas igualdad de medias, los resultados obtenidos de las pruebas en ambas zonas muestran que el módulo generado funciona correctamente.

Palabras clave: balance edafoclimático espacio-temporal, Sistemas de Información Geográfica, software libre, raster, programación, Python, Thinlet.

Abstract

In Venezuela in past always used private license of software, but the approbation of the free software law, have influence in the use and development of Geographic Information System (GIS). The hydrologic balance spatial-temporal it's an innovating form of quantifies the hydrologic situation of the zone, but there calculus it's monotonous and tedious. For it that developed a graphical module for free software for a hydrologic balance spatial-temporal. The extension of hydrologic balance (spatial-temporal) was developed for the SIG gvSIG (version 1.0, 1.1 and 1.2) of free license. Using the language Python, and the codes given by Thinlet to elaborate the graphical user interface (GUI), there designed an interactive process user - module who needs as information of entry 12 raster layer of precipitation, 12 raster layers of evapotranspiration and a raster layer of initial storage of the water in the soil (all layers in ASCII raster format). For the validation of the module the maps were in use raster produced in the semiarid zone of the conditions states of Lara-Falcón and in the humid zone of the condition state of Barinas. For each of the zones two procedures were realized, first manual using ArcView GIS 3.2 and the second automated one using the developed module. In order to validate statistically the module two groups of tests applied equality of averages, the results obtained of the tests in both zones show that the generated module works correctly.

Key words: Spatial-temporal water balance, Geographic Information System, GNU software, programming, Python, Thinlet.

1. Introducción

A través de los años se han utilizado preferencialmente licencias comerciales de software para la evaluación, planificación y gestión de proyectos de ordenación del territorio. Sin embargo a fin de disminuir la brecha tecnológica entre las naciones que producen este tipo de software y aquellas que

no lo producen el gobierno venezolano aprueba el decreto N° 3.390 que tiene como objetivo emplear software libre con estándares abiertos en la administración pública (Republica Bolivariana de Venezuela, 2004).

Los balances edafoclimáticos son una forma de cuantificar la situación hídrica de un área para un intervalo de tiempo, las variaciones de humedad

en el suelo pueden explicarse con una ecuación de balance hídrico la cual consta de ingresos y egresos de un sistema suelo-clima; este análisis se realiza con fines de planificación agrícola y de plantaciones, así como para diseños y funcionamiento de sistemas de riego. El procedimiento estándar para la determinación de los balances edafoclimáticos está descrito por diversos autores (Grassi, 1998; Pacheco *et al.*, 1995; García *et al.*, 1996).

En su forma original, un balance implica el análisis para un carácter de una estación climática individual, elaborándose relaciones de entradas (Precipitación) y salidas (Evapotranspiración), en un sistema suelo-clima, estimando así láminas de déficit, exceso y almacenamiento del suelo. Con el avance de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el área ambiental y territorial se ha podido desarrollar ecuaciones como las que propone Barrios (2006) para la estimación de un balance de carácter espacial, sin embargo su ejecución tiende a ser engorrosa y repetitiva, lo que representa un procedimiento poco óptimo en la obtención de información valiosa para la planificación.

El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de una extensión en un SIG de licencia libre que genere de forma automatizada balances edafoclimáticos en un carácter espacial.

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión bibliográfica-selección del SIG

Se seleccionó SIG Gvsig para el desarrollo de la extensión, pues cumple con los siguientes requerimientos: es un SIG libre de versión estable, capaz de soportar formatos raster (grid), y su lenguaje de programación varía desde Java a otros lenguajes interpretados como Python o Jython, los cuales están diseñados para programadores no experimentados.

2.2 Generación del programa de balance puntual "ilustración"

A fin de estudiar a fondo el problema planteado se realizó una aproximación del balance edafoclimático, pero desarrollado para un carácter de una estación individual. El compilador utilizado para la programación fue Visual Studio 6.0 y el lenguaje de programación usado para fue C++.

2.3 Construcción del módulo de balances edafo-climático

Para construir el módulo de balances edafoclimáticos se partió del código fuente de un módulo previamente elaborado en SIG Gvsig denominado *centrar vista sobre un punto*, así como del código fuente de SIG Gvsig (ambos descargados del sitio oficial de SIG Gvsig) (Conselleria d'Infraestructures i Transport, 2007a) y utilizando el manual Guía de Scripting Versión 2 Gvsig 1.0 (Conselleria d'Infraestructures i Transport, 2007b) como instructivo de diseño de trabajo; adicionalmente se establecieron unos requerimientos básicos del módulo a elaborar, éstos se presentan a continuación:

- 12 raster de precipitación interpolados previamente por el usuario, 12 raster de evapotranspiración interpolados previamente por el usuario y 1 raster de almacenamiento inicial elaborado previamente por el usuario (formato ASCII raster), todos los raster deben ser cuadrados y con el mismo tamaño de píxel y las mismas coordenadas y proyección.
- Los resultados obtenidos son 12 raster de Déficit/Exceso y 12 raster de almacenamiento del suelo, (formato ASCII raster). El modulo solamente funciona en las versiones de SIG Gvsig 1.0, 1.1 y 1.2.
- Posteriormente se procedió a construir el módulo balance, éste módulo está estructurado en tres secciones, Config.xml; Balance.xml y Balance.py, la figura 1 muestra la estructura general del módulo de Balance en orden de jerárquico descendente.

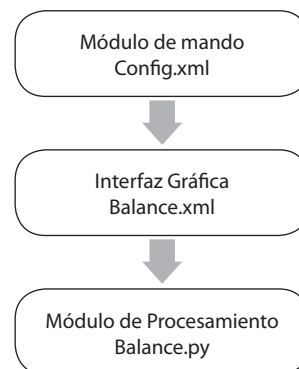


Figura 1. Estructura general del módulo de balance.

A continuación se presenta la estructura lógica y función de cada uno de los archivos:

- a) *Módulo de Mando (Config.xml)*. Sus funciones son la inserción en el menú principal de SIG Gvsig, así como hace también el llamado a su archivo de rango inferior. 2.1.1
- b) *Balance.xml. Interfaz Gráfica (Balance.xml)*. Es la Interfaz gráfica del módulo está desarrollado bajo los términos presentados en el manual Guía de Scripting Versión 2 SIG Gvsig 1.0 (Consellería d'Infraestructures i Transport, 2007b), en esta guía se sugiere el desarrollo del módulo gráfico utilizando los términos dados por la librería gráfica Thinlet (2007), adicionalmente este archivo (Balance.xml) llama a Balance.py. En la figura 2 se presenta la estructura general de la interfaz gráfica generada.
- c) *Módulo de Procesamiento (Balance.py)*. Es un archivo desarrollado en el lenguaje Python, éste

- d) *Comprobación del módulo mediante software comercial*. A fin de comprobar el correcto funcionamiento del módulo, se probó utilizando los raster generados en la zona árida y semiárida de los Estados Lara y Falcón (Venezuela) y los raster producidos en la zona Húmeda del estado Barinas (Venezuela), ambos procesados de forma manual y automatizada mediante el uso de la extensión desarrollada. Los raster utilizados de almacenamiento máximo (AMAX) son raster de valores constantes para ambas áreas de trabajo (Lara-Falcón y Barinas). Mediante pruebas de igualdad de medias se comprobó el correcto funcionamiento del módulo para todos los procesos.

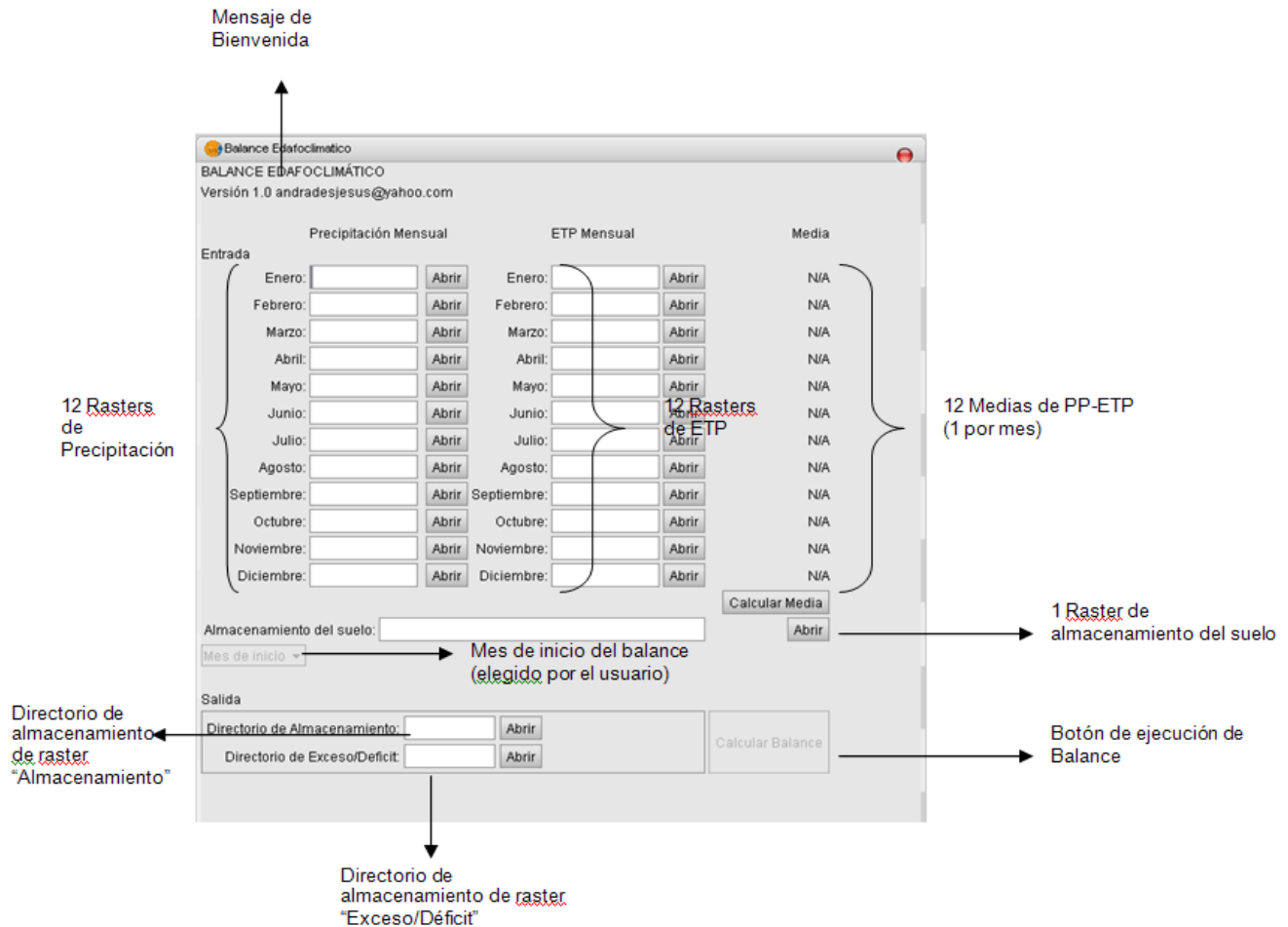


Figura 2. Estructura de la Interfaz gráfica generada

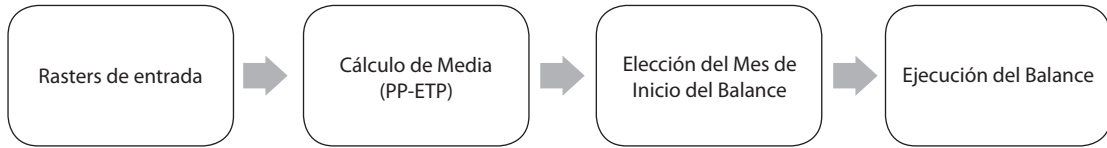


Figura 3. Estructura general de los pasos que debe seguir el usuario para ejecutar el modulo de balances.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis espacial y temporal del Déficit/Exceso

La figura 4 muestra un raster de Déficit/Exceso en la zona de Barinas producidos por la extensión desarrollada, los valores de déficit se presentan con valores negativos y los de exceso con valores positivos.

En la figura 5 se muestra un gráfico comparativo entre las medias de las restas de precipitación y evapotranspiración aplicando el método manual y el automatizado en la zona de Barinas, nótese que aparentemente no se encuentran diferencias visuales entre ambos procedimientos, adicionalmente los meses de enero a marzo y noviembre y diciembre presentan valores negativos mientras que los restantes meses presentan valores positivos este comportamiento es propio de la zona de húmeda.

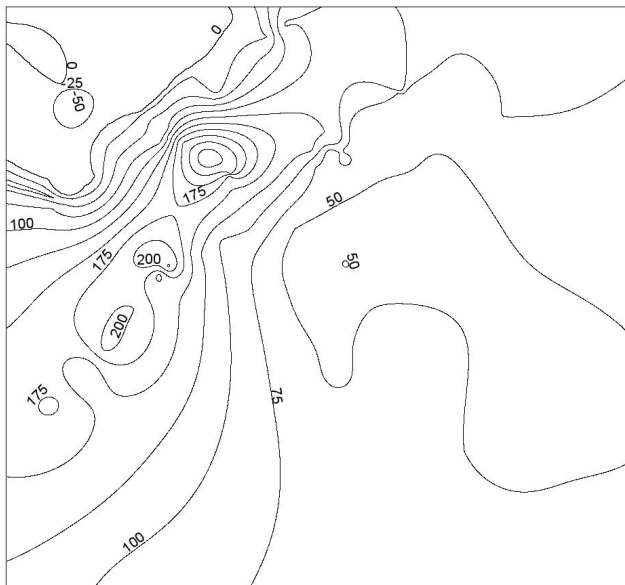


Figura 4. Superficie del mes de septiembre de Déficit/Exceso para la zona de Barinas.

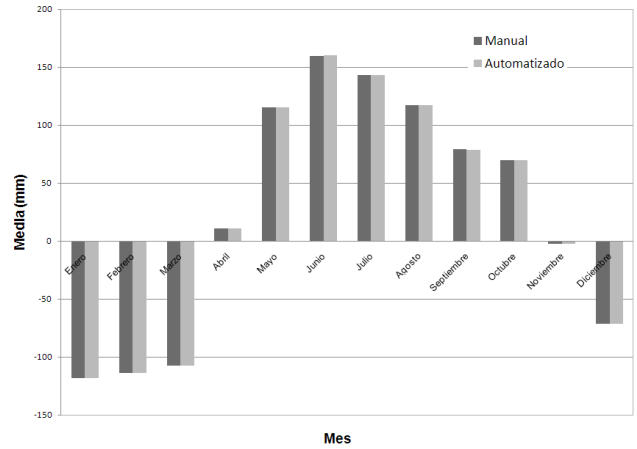


Figura 5. Variación de la media PP-ETP (mm) para las zonas de Barinas calculada de forma manual en ArcView 3.2 y de forma automatizada.

La figura 6 que representa la variación mensual del error en milímetros para cada una de las zonas analizadas, en el caso de Barinas se observa que el error mensual oscila entre 0 mm y 0,04 mm, alcanzando su mínimo en el mes de julio y el máximo en los meses de agosto y noviembre, el caso del semiárido representa una mayor variabilidad en

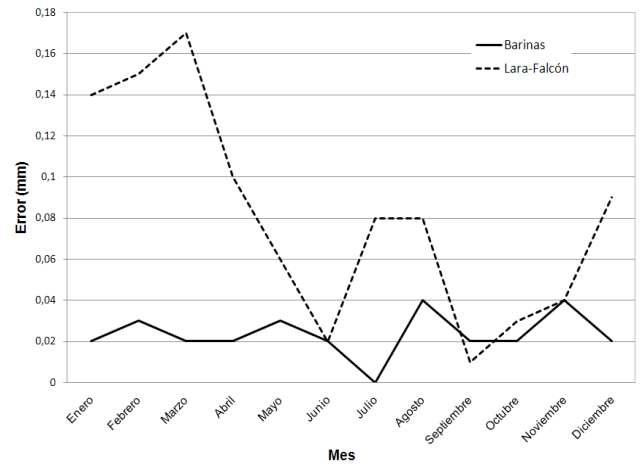


Figura 6. Variación mensual del error entre los valores Manuales y Automatizados de PP-ETP (mm) media para las zonas del Semiárido de Lara-Falcón.

términos relativos dado que ésta apenas alcanza un máximo de de 0,17 mm en el mes de marzo y un mínimo valor de 0,01 mm en el mes de septiembre.

El cuadro 1 presenta de un test de igualdad de medias, en este se acepta la que la media PP-ETP automático del mes n y media PP-ETP del mes n manual son iguales, por lo que se acepta el correcto funcionamiento del proceso de generación de información preliminar (media PP-ETP).

3.2 Validación del proceso de cálculo y generación del balance

Este proceso se realizó para ambas zonas de trabajo, tanto en Lara-Falcón como en Barinas; en el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para ambas zonas. En ellas se acepta la hipótesis que las medias son iguales para todos los meses,

es decir, según las pruebas estadísticas, el módulo generado funciona correctamente en su proceso de cálculo de los raster de déficit/exceso y almacenamiento mensual del suelo.

El error calculado resulta ser insignificante y descartable para el grado de precisión que maneja un usuario estándar, el cual alcanza una décima de milímetro, por lo que este error claramente es aceptado; sin embargo la causa del mismo es que el modulo diseñado tiene una precisión de 2 posiciones decimales.

4. Conclusiones

El modulo de balances optimiza la producción de resultados disminuyendo el tiempo de su producción a 25 ó 30 min dependiendo del tamaño

Cuadro 1. Resultados del análisis de la prueba T de muestras independientes de la media Precipitación-ETP para la zona de Barinas.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,000	1,000	,000	22	1,000	,006	42,88	-88,93	88,94

Cuadro 2. Resultados del análisis de la prueba T de muestras independientes en la zonas de Barinas y Lara-Falcón.

Mes	Zona de Barinas					Zona de Lara-Falcón				
	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias			Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)
Enero	0,01	0,94	-0,03	172	0,97	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Febrero	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Marzo	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Abril	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Mayo	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Junio	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Julio	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Agosto	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Septiembre	0,02	0,88	0,12	172	0,91	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Octubre	0,02	0,90	-0,12	172	0,91	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Noviembre	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00
Diciembre	0,00	1,00	0,00	172	1,00	0,00	1,00	0,00	348	1,00

del pixel. Se comprobó y validó mediante análisis estadístico que el módulo desarrollado funciona correctamente. El módulo de balances incluye un proceso interactivo usuario máquina para la selección del mes de inicio del mismo. El módulo de balances está desarrollado para las versiones de SIG Gvsig 1.0, 1.1 ó 1.2, para versiones superiores no funciona pues en estas el SIG fue rediseñado y el lenguaje Python está excluido como lenguaje de desarrollo (solamente se desarrolla en JAVA en la actualidad).

5. Referencias bibliográficas

- BARRIOS, A. 2006. *Modelado cartográfico en el SIG para el Balance Edafoclimatológico*. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 207 p.
- CONSELLERÍA D'INFRAESTRUCTURES I TRANSPORT. 2007a. *GVSIG 1.0*. En línea: <http://www.gvsig.gva.es/> [Consultado: 05/03/2010].
- CONSELLERÍA D'INFRAESTRUCTURES I TRANSPORT. 2007b. *Guía de Scripting Versión 2 GVSIG 1.0*. En línea: <http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=manuales-MANUALL=0> [Consultado: 07/03/2010].
- GARCÍA, R., GONZÁLEZ, E. y L. TZENVA. 1996. *El riego*. Primera Edición. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 59 p.
- GRASSI, A. 1998. *Fundamentos de Riego*. CIDIAT. Primera edición. Mérida, Venezuela. 252 p.
- PACHECO J., N. RODRÍGUEZ, P. PUJOL y E. CAMEJO. 1995. *Riego y drenaje*. Primera Edición. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 189 p.
- REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2004. *Decreto Presidencial N° 3390*. Gaceta Oficial N° 38.095. Caracas, Venezuela. 56 p.
- THINLET. 2007. En línea: <http://www.thinlet.com> [Consultado: 05/03/2010].