



USO DE HERRAMIENTAS GEOINFORMÁTICAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Suárez Medina María de los Ángeles, Astudillo Enríquez Citlalli,

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Blvd. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, 62550 Jiutepec, Mor, Gestión del Agua y Medio Ambiente S. C. Rivera Crespo 110 Col. Satélite, Cuernavaca, Mor

msuarez@tlaloc.imta.mx, mti.xitlae@gmail.com

Resumen

En la actualidad, es común escuchar de nuevas técnicas y herramientas que simplifican más el uso y manipulación de las bases de datos georreferenciadas. En el caso de los recursos hídricos, es sabido que son de vital importancia las series históricas para el diseño de una obra de infraestructura hidráulica, como son la construcción de vasos de almacenamiento, puentes y obras de drenaje, por mencionar algunos. Los datos que se utilizan para el diseño de estas obras, están almacenados en formatos vectoriales o raster que pueden procesarse en sistemas de información geográfica.

Con el paso del tiempo, la medición de datos hidroclimatológicos se ha incrementado considerablemente, su importancia es tal que sin esta información será imposible documentar las bases técnicas que sirven para dar solución a problemas relacionados con la gestión del agua.

En este trabajo se presenta el uso de herramientas geoinformáticas que facilitan el manejo de datos, así como la sistematización de procesos repetitivos y por consiguiente la optimización del tiempo de análisis de información.

Como ejemplo de aplicación se presenta una herramienta geoinformática elaborada con código Python que permite el cálculo del escurrimiento aguas abajo en cuencas interconectadas, considerando datos anuales de variables climatológicas e hidrométricas y se puede utilizar dentro de un sistema de información geográfica.

Introducción

El recurso agua siempre ha existido y el ser humano ha enfrentado grandes desafíos en torno al mismo.

Aprovechar el recurso agua para la sociedad, es una tarea esencial para nuestro desarrollo, el cuidar este recurso garantiza nuestra continuidad como especie.

Hablar de la gestión del agua en México es pensar en un manejo del agua más eficaz y participativo, a fin de lograr el uso y aprovechamiento sustentable del recurso con la colaboración creciente de las autoridades locales en sus diferentes niveles y de los usuarios del agua a nivel regional, además de conducir un proceso de funciones operativas para transferirlas a usuarios y gobiernos locales (Conagua, 2014).

La unidad territorial más aceptada para la gestión integrada de los recursos hídricos es la cuenca, ya sea en forma independiente o interconectada con otras.

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas. México se compone de 37 regiones hidrológicas que a su vez se dividen en 731 cuencas.

Este trabajo presenta la forma de elaborar una herramienta informática ligada a un sistema de información geográfica para la obtención del escurrimiento aguas abajo en un sistema de cuencas, así como una base de datos geográfica con datos climatológicos e hidrométricas previamente analizados.

Este tipo de herramientas permite conocer la manera en la que está distribuida el agua en la zona, su uso actual y podría ayudar a determinar posibles cambios o adaptaciones dependiendo del escenario analizado, de esta forma, con los resultados se puede llevar a cabo una mejor gestión de los recursos disponibles.

Una de las ventajas de utilizar herramientas como esta es que se pueden modificar los datos de entrada para crear posibles escenarios, y de esta forma visualizar posibles acciones para evitar problemas en un futuro o realizar mejoras a la administración actual.

La base de esta herramienta es el balance hídrico, que es el equilibrio entre los volúmenes de agua que entran y salen dentro de un sistema hídrico, si es que puede almacenarse el recurso dentro del sistema (variación de volumen ΔV), en un intervalo de tiempo determinado.

Las variables de entrada son: el volumen medio anual de escurrimiento natural conocido por C_p , volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (A_r), volumen anual de retornos (R), volumen anual de importaciones (I_m). Las variables de salida son: Evaporación en embalses (E_v), volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (A_b), volumen anual de extracción de agua superficial (U) y volumen anual de exportaciones (E_x).

$$\Delta V = (C_p + A_r + R + I_m) - (E_v + A_b + U + E_x)$$

Existen varios métodos indirectos para calcular el volumen de escurrimiento por cuenca propia o escurrimiento virgen, y en términos prácticos todos conceptualmente involucran las mismas variables basados en datos de precipitación y temperatura.

Ciertos métodos usan información adicional como tipo de suelo, cobertura vegetal, características del cauce principal como longitud y pendiente, además de las características fisiográficas de la cuenca.

Metodología

A continuación se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la herramienta y el cálculo.

Desarrollo de la herramienta

Antes de crear cualquier tipo de herramienta informática es necesario diseñarla, en este trabajo se utilizó una metodología de desarrollo de software denominada “ciclo de vida en cascada”, dicha metodología facilitó el control y seguimiento del proceso para la creación de la herramienta (CEA-IMTA, 2015).

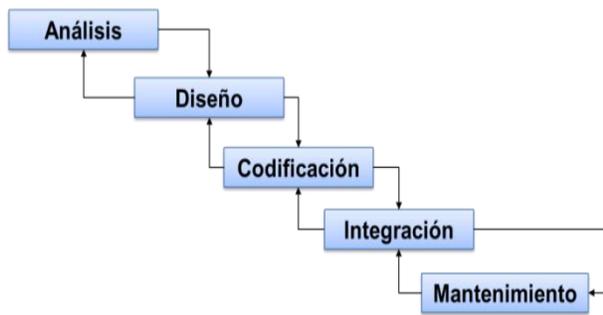


Figura 1. Metodología de desarrollo de software

Análisis

En el análisis de requisitos se estudiaron las necesidades de los usuarios y se establecieron los requisitos funcionales y no funcionales de la herramienta siendo los siguientes:

1. La interfaz de visualización de información se realizará a través de ventanas de diálogo emergentes de iteración fácil para el usuario.
2. Los resultados deberán mostrarse de manera gráfica y tabular.
3. Las consultas de información se podrán hacer en diferentes periodos y diferentes cuencas.
4. Deberá contar con una base de datos donde se almacena la información necesaria para el cálculo de disponibilidad y los resultados del mismo.

Adicionalmente se determinó el método a utilizar para la obtención del volumen aguas abajo del sistema de cuencas la cual se explicará más adelante.

Diseño

Debido a la facilidad en el manejo de la información georreferenciada por los SIG se utilizó dicha plataforma ya que a través de ella se puede visualizar la información geográfica, permitiendo un mayor enfoque en cuanto a la zona, además el manejo de diferentes capas de información en un mismo proyecto.

Los SIG permiten visualizar las capas contenidas en bases de datos geográficas, por lo que se generó un proyecto en el software de ArcGIS que se conecta a la base de datos geográfica la cual permitió interactuar con la información de la misma (ESRI, 2014).

Debido a lo anterior, se definió que la herramienta se conectaría a la base de datos geográfica la cual contiene información histórica de las variables para el cálculo: precipitación diaria, evaporación, usos consuntivos, variación de volumen, exportaciones e importaciones por mencionar algunas.



Figura 2. Módulos de la herramienta

Codificación

Una vez definido el diseño, la estructura de la base de datos y los métodos y procedimientos a utilizar se comenzó con la codificación utilizando el lenguaje de programación Phytón en ambiente GIS.

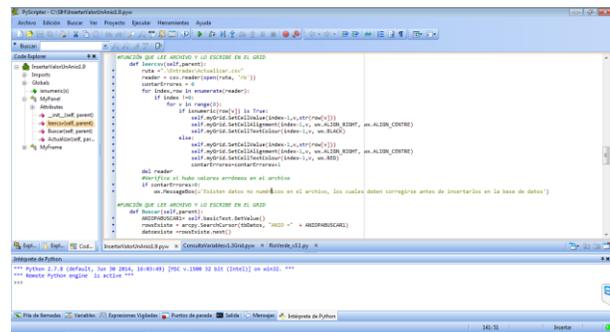


Figura 3. Codificación

Pruebas

Se realizaron pruebas de funcionalidad de cada módulo o grupo de módulos, donde se comprobó si cumplían con las especificaciones determinadas anteriormente.

Estas pruebas permitieron identificar posibles errores en cuanto a la introducción de datos o visualización de los mismos, logrando integrar una validación de los procedimientos necesarios.

	Cp	U	R	Im	Ex	EvPresas	EvCpoAgua	DV
1	59.11	10	7.62	0	13.39	4.74	0	0
2	43.13	3.74	0.53	13.39	0	14.22	2.17	0
3	45.23	53.43	6.66	0	0	6.13	0.22	0
4	63.12	25.94	2.75	0	0	8.43	0.34	0
5	130.18	46.52	5.09	0	0	10.82	0	0
6	32.93	14.34	1.51	0	0	3.29	0	0
7	32.64	1.26	0.16	0	0	1.12	0	0
8	115.09	26.93	2.86	0	0	14.19	0	0
9	37.1	16.78	2.69	0	0	2.24	0	0
10	76.94	4.26	0.7	0	0	3.13	0	0
11	59.65	50.7	9.18	0	0	16.97	0	0
12	133.42	24.66	3.17	0	119.84	5.13	-0.14	0
13	322.45	370.4	5.89	0	0	6.21	0	0

Figura 4. Pruebas de funcionalidad

Integración

Una vez generados cada uno de los scripts, se generó la caja de herramienta dentro de la Toolbox del proyecto de ArcGIS y se configuraron las variables de entrada necesarias para la ejecución de los scripts y la interacción con el usuario.

Metodología para el cálculo de escurrimiento Ab

El balance hídrico de una cuenca es el equilibrio entre los volúmenes de agua que entran y salen dentro de un sistema hídrico.

El escurrimiento natural es el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica. En este contexto el escurrimiento virgen por cuenca propia deberá entenderse como el volumen generado en la cuenca en el caso hipotético de que en esta no hubiera aprovechamientos. Bajo este escenario el escurrimiento virgen sería igual al que se mediría al final de la misma (Ecurrimiento virgen = Ecurrimiento aforado en la cuenca).

Para la estimación del escurrimiento virgen, se toma en cuenta la ecuación de conservación de masa o continuidad (DOF, 2010).

Una versión más completa de la ecuación discreta de conservación de masa se obtiene describiendo con más detalle los volúmenes de entrada y salida obteniéndose la ecuación de balance como sigue:

$$\Delta v = (C_p + A_r + R + Im) - (E_v + A_b + U + Ex)$$

En donde los volúmenes de entrada son:

Cp.- aportación por cuenca propia

Ar.- aportación por cuenca tributaria o escurrimiento desde aguas arriba de la cuenca

R.- retornos al sistema en función de diferentes usos

Im.- Importación desde otras cuencas adyacentes que no necesariamente escurre por gravedad.

Los volúmenes de salida son:

Ev.- evaporación de los cuerpos de agua (esta variable es despreciable cuando la cuenca no tiene cuerpos de agua).

Ab.- volumen de salida hacia aguas abajo

U.- este volumen de salida es el que toman los diferentes usuarios para el consumo correspondiente.

Ex.- exportación artificial del recurso hacia otras cuencas adyacentes.

Despejando la variable Ab, se tiene:

$$Ab = (Cp + Ar + R + Im) - (Ex + Ev + U) - DV$$

Resultados

Finalmente se desarrolló la herramienta geoinformática localizada dentro de un sistema de información geográfica en el que se visualiza toda la información de la zona, ríos, estaciones hidroclimatológicas, cuerpos de agua, cuencas, municipios, estados por mencionar algunos.

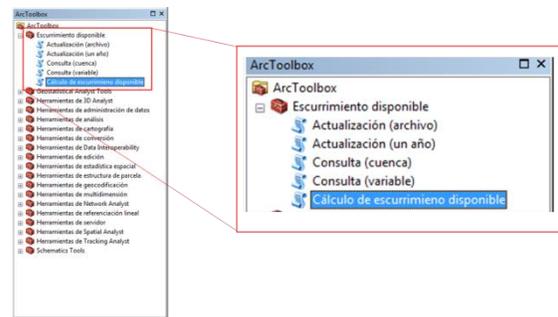


Figura 5. Herramienta geoinformática

La herramienta permitió visualizar la información de manera tabular y gráfica, de esta forma se pueden analizar las variables de entrada y salida, lo que permite identificar posibles problemas relacionados a las variables.

Por otro lado, se pueden modificar los valores de las variables, lo que ayuda a observar escenarios diferentes y con esto tomar mejores decisiones en cuanto a la gestión del recurso hídrico.

	Cp	U	R	Im	Ex	EvPresas	EvCpoAgua	DV
1	59.11	10	7.62	0	13.39	4.74	0	0
2	43.13	3.74	0.53	13.39	0	14.22	2.17	0
3	45.23	53.43	6.66	0	0	6.13	0.22	0
4	63.12	25.94	2.75	0	0	8.43	0.34	0
5	130.18	46.52	5.09	0	0	10.82	0	0
6	32.93	14.34	1.51	0	0	3.29	0	0
7	32.64	1.26	0.16	0	0	1.12	0	0
8	115.09	26.93	2.86	0	0	14.19	0	0
9	37.1	16.78	2.69	0	0	2.24	0	0
10	76.94	4.26	0.7	0	0	3.13	0	0
11	59.65	50.7	9.18	0	0	16.97	0	0
12	133.42	24.66	3.17	0	119.84	5.13	-0.14	0
13	322.45	370.4	5.89	0	0	6.21	0	0

Figura 6. Módulo de consulta



Conclusiones y recomendaciones

Con la variedad de herramientas que actualmente existen en el mercado es posible agilizar los métodos de cálculo y proponer nuevos escenarios que den mejor respuesta ante un evento hídrico en cuestión. Además, si se combinan las técnicas informáticas y los Sistemas de Información Geográfica, el resultado será optimizar la obtención de datos que para este caso en particular están relacionados con los cálculos en los que intervienen variables climatológicas de una zona en particular.

Es importante mencionar que, en la gestión de los recursos hídricos es necesario contar con la mayor cantidad de información que servirá para conocer el diagnóstico de la zona de estudio, y con la ayuda del uso de herramientas informáticas realizar los procesos largos y repetitivos en menor tiempo, gracias a las técnicas y herramientas informáticas, que cada vez se van sofisticando.

Ninguna técnica ni herramienta sería de gran utilidad si no se tiene información confiable, por lo que el responsable de recopilar y analizar la información deberá conocer las técnicas estadísticas que le permita conocer la veracidad de la información.

Finalmente, es indispensable o recomendable que el responsable de la gestión de los recursos hídricos conozca o se apoye de personal técnico que maneje los sistemas de información geográfica para tener mayor precisión en los resultados de los estudios hídricos.

Referencias

DOF 2010. Estudio de disponibilidad de agua superficial

Conagua 2014. Juan C. Valencia Vargas, Juan J. Díaz Nigenda y Héctor J. Ibarrola Reyes. La gestión integrada de los recursos Hídricos en México: nuevo paradigma en el manejo del agua.

CEA-IMTA 2015. Evaluación de la disponibilidad conforme a la norma NOM-011-CNA-2000 para el abastecimiento de la ZCG. Jiutepec, Mor

ESRI. (2014). ArcGIS Resource Center. Obtenido de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/002z00000001000000>