

Sistemas de información geográfica para procesos de modelización hidrológica de precipitaciones

Autor: Yoenis Pantoja Zaldívar - 07-05-2010

https://vinculando.org/articulos/sociedad_america_latina/sistemas_informacion_geografica_modelizacion_hidrologica.html

Autores: Yoenis Pantoja Zaldívar⁽¹⁾, Yinet Marzo Manuel, Mailín Diéguez Pavón

Introducción

En el desarrollo económico de cualquier país constituye una necesidad primordial el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, constituyendo uno de los retos más importantes la planificación del uso del agua por su distribución limitada sobre la superficie terrestre. Planificar el uso de los recursos, por tanto, se convierte en un objetivo imprescindible en la actualidad. (Heinonen, 2008)

La clave para la gestión sostenible de los recursos hídricos consiste en poseer los conocimientos necesarios para tomar las decisiones apropiadas.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido, gracias al desarrollo de los medios informáticos, en una potente herramienta de apoyo a la gestión de recursos naturales, constituyéndose durante los últimos veinte años en una de las herramientas de trabajo más importantes para investigadores, analistas y planificadores.

En los últimos años los SIG han alcanzado gran aplicación en el campo de la hidrología, específicamente, en la gestión integrada de los recursos hídricos. Estos programas permiten mejorar la representación de la variabilidad en la componente espacial de sistemas naturales, como los hidrológicos, a partir de la construcción de modelos espaciales. Es por ello que se han consolidado en los últimos años como las herramientas más adecuadas para afrontar de forma eficiente la modelización hidrológica.

2. Desarrollo

2.1 Procesos de Modelizaciones Hidrológicas.

Los modelos hidrológicos son representaciones matemáticas simplificadas del sistema hidrológico real que tienen como objetivo estudiar el comportamiento del sistema y predecir sus salidas mediante un conjunto de ecuaciones que conectan las variables hidrológicas de entrada y salida. Se han desarrollado para suplir la falta de datos acerca de la cantidad, calidad o distribución en el tiempo del flujo de agua en cuencas o sectores de cuencas hidrográficas y para

obtener un nivel de comprensión de los procesos hidrológicos inherentes, que permita pronosticar hidrogramas de salida a partir de datos climáticos (precipitación, evaporación) y de diferentes parámetros físicos de la cuenca (topografía, suelos, vegetación).

Los Procesos de Modelizaciones Hidrológicas son un conjunto de actividades o eventos que se realizan con el objetivo de crear una representación ideal o simplificada de la distribución, espacial y temporal de las propiedades del agua presentes en la atmósfera y en la corteza terrestre.

Particularmente en las cuencas estas modelizaciones permiten juntos con otras capas de información espacial determinar los parámetros de modelos. Los modelos hidrológicos pueden centralizarse en una, en varias o en todas las secuencias que integran el ciclo hidrológico.

Existe una gran cantidad de programas de simulación hidrológica, que últimamente tienden a integrar diferentes procesos que anteriormente se estudiaban por separado y a combinar la modelización hidrológica con los SIG.

2.1.1 Precipitación como variable componente de las modelizaciones hidrológicas

2.1.1.1 Descripción

La precipitación es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve. Constituye el factor principal de ingreso de agua en el balance hídrico de una cuenca o un territorio, éstas tienen un régimen de comportamiento, el cual determina en gran medida el régimen hidrológico.

La fuente principal de las precipitaciones son las nubes, pero no se llegan a producir hasta que las diminutas partículas que las constituyen se acrecientan y consiguen un tamaño suficientemente grande como para vencer la fuerza ascendente de las corrientes atmosféricas.

La cantidad, frecuencia y distribución espacial y temporal de las precipitaciones es muy variable, razón por la cual ha sido objeto de intenso estudio por parte del hombre, en la determinación de los climas y el aprovechamiento de los recursos hídricos que ofrece la naturaleza.

La intensidad de las precipitaciones varía de un lugar a otro aunque no se encuentren a mucha distancia. A lo largo de un año también hay variaciones. Existen zonas en las que en un sólo día cae más lluvia que en otros a lo largo de todo el año.

Las causas que influyen en la distribución de precipitaciones en el planeta son la proximidad al mar, que aumenta la humedad del aire, y las corrientes ascendentes de aire, como las que obligan

a realizar las cordilleras, sobre las cuales las precipitaciones son más numerosas e intensas en la ladera enfrentada a los vientos más frecuentes, o barlovento. (Cantillo, 1994)

2.1.1.2 Tipos de precipitación

En general, las nubes se forman por el enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios procesos que conducen al ascenso adiabático con el consiguiente descenso de presión y descenso de temperatura. La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y de la velocidad vertical del mismo. De estos procesos se derivan los diferentes tipos de precipitación:

- Precipitación ciclónica: Es la que está asociada al paso de una perturbación ciclónica, es causada por la actividad de una depresión atmosférica.
- Precipitación convectiva: Tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. La masa de aire caliente asciende, se enfría, se condensa y se forma la nubosidad de tipo cumuliforme, origen de las precipitaciones en forma de chubascos o tormentas. El ascenso de la masa de aire se debe, generalmente, a un mayor calentamiento en superficie.
- Precipitación orográfica: Es aquella que tiene su origen en el ascenso de una masa de aire, forzado por una barrera montañosa. A veces, en caso de una masa de aire inestable, el efecto orográfico no supone más que el mecanismo de disparo de la inestabilidad convectiva.
- Precipitación advectiva: Es aquella que tiene su origen en el ascenso de aire cálido y húmedo sobre masa de aire frío. Surge del progresivo enfriamiento, condensación y precipitación, generalmente el avance del frente de Oeste a Este.
- Precipitación frontal: Es aquella que puede ocurrir en cualquier depresión barométrica, resultando el ascenso debido a la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona de baja presión. La precipitación frontal se asocia a un frente frío o a un frente cálido. (Cantillo, 1994).

2.2 Lineamientos para la conceptualización de procesos de modelizaciones hidrológicas.

Para llevar a cabo la conceptualización de sistemas de modelizaciones hidrológicas es necesario contar con una serie de fuentes de información cartográfica y de otros tipos de datos espaciales referidos a distintas variables medioambientales, que se utilizan en el tratamiento de datos SIG y de aplicación en el desarrollo de modelos hidrológicos.

La mayor aplicación de SIG en Hidrología ha sido el campo de la modelización de cuencas, esto es comprensible ya que los modelos informáticos de hidrología de cuencas están compuestos de muchos datos y los SIG son la tecnología idónea para procesar grandes volúmenes de datos (Martínez y Alonso, 2005).

Para la conceptualización de sistemas de modelizaciones hidrológicas es necesaria la utilización de la siguiente metodología:

1. Necesidad del estudio hidrológico

En esta etapa inicial se determina la necesidad e importancia de la realización de estudios hidrológicos en una zona determinada. Es necesario conocer todos los objetivos hídricos del área de estudio, la necesidad de predecir los riesgos de inundación, la calidad del agua, la evaluación de las variables que intervienen en el ciclo hidrológico y todos los conceptos asociados.

2. Caracterización geográfica.

Esta etapa permite conocer las características físico-geográficas del área de estudio, a partir del análisis de la información básica disponible. Se analiza el comportamiento de los componentes naturales del medio geográfico, para ello es necesario contar con una serie de fuentes de información cartográfica y de otro tipo de datos espaciales referidos a distintas variables medioambientales.

3. Caracterización hidrológica

La caracterización hidrológica permite obtener un conocimiento cuantitativo de las variables ambientales del área de estudio. En esta fase se determinan, a partir de métodos matemático-estadísticos propios de estudios hidrológicos, las características morfológicas y morfométricas del objeto de estudio. Se realiza el análisis hidrológico a partir de los resultados de la medición de las variables que intervienen en el balance hídrico.

4. Modelización Hidrológica

En esta fase se construye el modelo hidrológico a partir del comportamiento de las variables hidrológicas de entrada y salida. Se pronostican hidrogramas de salida a partir de los datos climáticos (precipitación, evaporación) y parámetros físicos (topografía, suelos, vegetación) establecidos en la etapa anterior.

2.3 Elementos para la modelización de precipitaciones

Para la temática de precipitaciones, las modelizaciones hidrológicas disponen de variables y parámetros estándares que deben tenerse en cuenta en cada etapa del proceso. Algunos de éstos se describen a continuación:

Lámina o acumulado: Altura del agua producto de la precipitación caída.

Duración (D): Tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de la precipitación. Se puede expresar en segundos, minutos y horas.

Frecuencia (F): Cantidad de veces que tiene lugar la precipitación. Se expresa de forma acumulativa.

Probabilidad (P): La probabilidad de precipitación se refiere al día pluviométrico en conjunto, es

decir, es la probabilidad de que se produzca cualquier cantidad de precipitación entre las 8 UTC (hora solar) de un día y las 8 UTC del día siguiente. Se considera en función de la probabilidad de la precipitación que:

- Cuando la probabilidad es inferior al 10%, no se esperan precipitaciones.
- Cuando la probabilidad de precipitación está comprendida entre el 10% y el 40%, se considera que existe posibilidad de precipitaciones.
- Cuando la probabilidad está comprendida entre el 40% y el 70% se considera probable la ocurrencia de precipitaciones.
- Si la probabilidad de precipitación es superior al 70%, puede considerarse con un alto grado de confianza su ocurrencia, dependiendo este grado de confianza del valor del valor de la probabilidad.

Precipitación Media: Es el cociente de dividir el volumen total de agua generado por la lluvia durante cierto intervalo de tiempo entre el área de la cuenca. Para ello se utilizan varios métodos dentro de los que se encuentran el promedio aritmético, el método de isoyetas y polígonos de Thiessen.

Intensidad de la precipitación: La intensidad de la precipitación suele medirse en milímetros por hora, es decir, precipitación por unidad de tiempo. Cuando se trata de precipitaciones muy intensas se pueden medir en milímetros por minuto. (Legrá, 2007)

2.4 Etapas para la modelización de precipitaciones sobre un Sistema de Información Geográfica

La precipitación se caracteriza por ser un fenómeno extremadamente irregular en el tiempo y en el espacio y esto provoca numerosas dificultades para su estudio y análisis. Es por ello que se hace necesario realizar modelizaciones para obtener información precisa de las variables que intervienen en este ciclo, para su realización se utilizan varios procedimientos.

Uno de los procedimientos más generales para simular este mecanismo sobre Sistemas de Información Geográfica se describe a continuación:

1. *Creación de las bases cartográficas que reúnan la información de las zonas de análisis hidrológicos (capas temáticas):* Se refiere a la recopilación de un conjunto de datos que se conciben y orientan para su posterior carga en un SIG. Se enmarca específicamente en los mapas temáticos del área de estudio seleccionada.
2. *Creación de las bases alfanuméricas relativas a las características de cada objetivo hidrográfico:* Se refiere a la obtención de la información cuantitativa y cualitativa de las distintas variables que caracterizan el área de estudio.
3. *Combinación de las diferentes caracterizaciones representadas:* A partir de la creación de las bases de datos en los pasos anteriores, se combinan la información y los datos

almacenados para cada objetivo hidrográfico, en casos complejos se hace necesaria la interpolación. Se refiere a la combinación de las características que se representan.

4. *Obtención de los valores individuales de las precipitaciones en función de las características resultantes de cada combinación*: Se obtienen para cada objetivo hidrográfico o elemento de análisis los diferentes valores de precipitación (en función del análisis a realizar) que lo caracterizan a partir de la combinación de los datos que representan las diferentes variables o elementos condicionantes.
5. *Generación de Modelos Digitales de Precipitaciones (MDP)*: Una vez definida la información puntual de precipitación, se genera según el método más conveniente el modelo con la representación de la distribución espacial de la precipitación para el área de estudio en general.
6. *Análisis del comportamiento espacial de la variable precipitación en cada objetivo hidrográfico*: Se analizan los resultados de los Modelos Digitales de Precipitaciones generados anteriormente.

Conclusiones

La evaluación de los recursos hídricos requiere la realización de balances de los diferentes componentes del ciclo hidrológico. Las precipitaciones, como componentes que inician este proceso, constituyen una fuente importante de análisis y comportamiento de fenómenos adyacentes, que permiten poner en marcha procesos clave para la toma de decisiones en la mayoría de los negocios que gestionan información sobre los recursos naturales. Las propiedades de los SIG brindan mucho apoyo por la utilidad de representación de objetivos geográficos de cualquier orden y tienen grandes ventajas por el compendio de variables que pueden asociarse a los datos espaciales, como comportamientos, proyecciones y demás parámetros involucrados en fenómenos o estructuras naturales.

Con las modelizaciones hidrológicas de precipitaciones basadas en SIG no solo se logran con mayor calidad los resultados técnicos de su evaluación, sino que agiliza cada procedimiento de análisis, control y seguimiento referido al componente hidrológico y ofrece una cartera de funcionalidades enfocadas a la estimación del comportamiento de las demás variables asociadas al balance hídrico.

Notas:

Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba. ⁽¹⁾ Autor para correspondencia:
ypantojaz@uci.cu

Referencias bibliográficas

1. Heinonen, Olli.(2008): Gestión de los recursos hídricos mediante la hidrología isotópica.

International Atomic Energy Agency (IAEA)

http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/Spanish/water_sp.pdf.

2. Cantillo, Juan (1994): Definición de los métodos de precipitación y purificación de invertasa. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=132623>
3. Martínez Menchón, M.; Alonso Sarría, F.(2005): Validación de la extracción automática de cauces y cuencas con SIG. Obtención del umbral de área óptimo. Universidad de Murcia.
4. Legrá Soriano, Martín (2007) Variables para el control de precipitaciones. Editorial San K. Pearl. Págs 43-49. Colombia 2007.