



Resumen del Trabajo Fin de Máster.

Master Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Título: Evaluación del submodelo de fusión de nieve del Modelo TETIS en las cuencas de alta montaña del río American y Carson dentro del proyecto DMIP2

Alumno/a: Ismael Orozco Medina **E-mail** isorme@posgrado.upv.es

Director/a: Félix Francés García

Codirector/es:

Resumen: **Castellano** (máximo 2000 caracteres)

En este trabajo se evalúa el modelo hidrológico distribuido TETIS y su submodelo de fusión de nieve en las cuencas de alta montaña de los ríos American y Carson en Sierra Nevada EE. UU., como parte del proyecto Comparación de Modelos Distribuidos en la fase 2 (DMIP2 por sus siglas en inglés) propuesto por la National Oceanic and Atmospheric Administration's National Weather Service (NOAA/NWS). EL interés por participar en este proyecto es contribuir a la solución de cuestiones que giran en torno a la modelación hidrológica distribuida en este tipo de cuencas. Otro interés es el de conocer los alcances del submodelo de fusión de nieve del modelo TETIS, para poder plantear mejoras considerando siempre el principio de parsimonia.

Con la finalidad de conocer los avances sobre el conocimiento en este tema y tomar las decisiones pertinentes se comenzó con una amplia búsqueda de las diferentes conceptualizaciones de modelos que se han desarrollado con diferentes fines y que permiten evaluar y cuantificar el proceso de fusión de nieve en diversas partes del mundo.

En el desarrollo de los modelos se utilizó como datos de entrada e inputs, la información proporcionada por la NOAA/NWS, teniendo especial relevancia el uso de precipitaciones y temperaturas en formato NEXRAD de radar, interpretadas dentro del modelo como estaciones virtuales que se ubican en el centroide de cada celda de la malla de precipitaciones. La escala espacial usada en la modelación corresponde a un tamaño de celda de 400 metros y la escala temporal es horaria, adecuada según los resultados obtenidos para este tamaño de cuencas.

La calibración se decidió realizarla en tres fases, con base en trabajos pasados debido a que se ha demostrado que calibrar este tipo de cuencas tomando en cuenta todas las variables, puede enmascarar las soluciones de los factores correctores que usa el modelo y los parámetros del submodelo de fusión. Asimismo el tiempo de cómputo en el proceso de optimización automática es reducido de manera notable.

En relación a los resultados obtenidos, en general se tiene una muy buena representación de ambos sistemas (American y Carson), tanto en la producción de escorrentía, como a nivel interno de las cuencas, como se ha demostrado en el balance hidrológico realizado. En cuanto al índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe, usado como función objetivo en las calibraciones, los resultados se pueden considerar de excelentes para este tipo de cuencas

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



complejas. En el caso particular de la reproducción de los procesos de acumulación y fusión que realizó el submodelo de fusión grado-día que usa el modelo TETIS, los resultados obtenidos mostraron ser muy buenos tratándose de un modelo tan sencillo como este. Asimismo se obtuvo una mejor representación de la altura de agua equivalente en las estaciones SNOTEL ubicadas a mayor latitud, con un incremento de la incertidumbre en las estaciones ubicadas a menor elevación. Lo anterior se debe a que se consideran parámetros de fusión constantes, lo cual limita al submodelo de fusión, ya que trabajos realizados han demostrado que los factores de fusión varían espacial y temporalmente en función de: la época del año, la cobertura forestal, la topografía, el área de cubierta de nieve, la contaminación de la superficie de la nieve, las condiciones atmosféricas, la latitud, la pendiente, las propiedades de la nieve, el viento y la orientación de ladera. Con base en lo anterior, se decidió evaluar también la distribución espacial de la cubierta de nieve que realiza el modelo por medio del algoritmo inverso de la distancia al cuadrado comparándola con las imágenes de radar de cubierta de nieve proporcionadas por la NOAA/NWS para diferentes fechas. En la distribución espacial de la nieve realizada por el modelo se obtuvieron mejores resultados en la cuenca de río Carson, ubicada a mayor elevación. Esta verificación es muy importante para temas de evaluación de recursos hídricos en los países con presencia de nieve, donde la mayor parte de sus recursos provienen de la fusión.

En conclusión, este trabajo ha demostrado los alcances y limitaciones del submodelo de fusión de nieve y con ello, del modelo TETIS para la simulación en cuencas de alta montaña. Los resultados que se obtuvieron permiten suponer que el submodelo puede proporcionar resultados equiparables a los que se pueden obtener con un modelo más complejo de fusión de nieve que use el método de balance de energía, al considerar otras variables tales como la radiación

Inglés (máximo 2000 caracteres)

The thesis presents the assessment made TETIS distributed hydrological model and its submodel snowmelt in mountain basins of the American and Carson rivers in Sierra Nevada USA, as part the second phase of the Distributed Model Intercomparison Project (DMIP2), proposed by the National Weather Service of the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA/NWS). The interest in participating in this project is to contribute to the resolution of questions related to the use of distributed hydrologic modeling in this type of basins. Moreover, we want to know the scope of snowmelt submodel of TETIS, in order to make improvements, always considering the principle of parsimony.

In order to know the progress of knowledge on the subject of snowmelt and take relevant decisions, we started with an extensive search of different conceptualizations of models developed for different purposes and to assess and quantify the snowmelt process in various parts of the world.

In the development of the models, the information provided by the NOAA/NWS was used as input data, being especially relevant the use format precipitation and temperature NEXRAD radar, this information is interpreted within the model as virtual stations located at the centroid of each grid cell precipitation. The spatial scale used in the modeling corresponds to a cell size of 400 meters and the time scale is time, appropriate according to the results obtained for this size of basins.

Model calibration was carried out in three steps, because past work has shown that this type of watershed calibration taking into account all variables, can mask weightings solutions used by the model and the parameters of the

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



snowmelt submodel. Also the computation time in the automatic optimization process is reduced significantly.

The results we obtained show a good representation of both systems (American and Carson), in the production of runoff and the internal behavior of the basins, as demonstrated in the water balance performed. We use the Nash-Sutcliffe index as objective function in the calibrations; the results can be considered excellent for this type of complex basins. In the particular case of the reproduction of the accumulation and melting processes that the submodel snowmelt degree-day model carried out using TETIS, the results obtained proved to be very good for a model as simple as this. Moreover, we obtained a better representation of the snow water equivalent in the SNOTEL stations located at higher latitudes, with increased uncertainty in the stations located at lower elevations. This is because melt factors are considered constant, which limits the snowmelt submodel. Studies have shown that fusion factors vary spatially and temporally in terms of: the time of year, forest cover, topography, the area of snow cover, pollution of the surface of the snow, weather conditions, the latitude, slope, the properties of snow, wind and slope orientation. We also evaluated the spatial distribution of snow cover made by the algorithm model by inverse of the squared distance comparing it to radar images of snow cover provided by NOAA / NWS for different dates. The spatial distribution of snow by the model performed better on the Carson River basin, located at higher elevations. This assessment is very important in water resources in countries with presence of snow, where most of its resources come from the melting snow.

In conclusion, this thesis has demonstrated the scope and limitations of submodel snowmelt and thus, the TETIS model for simulation in high mountain basins, The results obtained suggest that the snowmelt submodel can provide comparable results to be obtained with a more complex model of snowmelt using the method of energy balance, considering other variables such as radiation.

Valenciano (máximo 2000 caracteres)

En aquest treball s'avalua el model hidrològic distribuït TETIS i el seu submodel de fusió de neu a les conques d'alta muntanya dels rius American i Carson a Sierra Nevada (EUA), com a part del projecte Comparació de models distribuïts en la fase 2 (DMIP2 en les sigles en anglès) proposat per la National Oceanic and Atmospheric Administration's National Weather Service (NOAA/NWS). L'interès per participar en aquest projecte és contribuir a la solució de qüestions que giren entorn de la modelització hidrològica distribuïda en aquest tipus de conques. Un altre interès és el de conèixer la transcendència del submodel de fusió de neu del model TETIS, per a poder plantejar millores considerant sempre el principi de parsimònia.

Amb la finalitat de conèixer els avanços sobre el coneixement en aquest tema i prendre les decisions pertinents, es va començar amb una àmplia recerca de les diferents conceptualitzacions dels models que s'han desenvolupat amb diferents fins i que permeten avaluar i quantificar el procés de fusió de la neu en diverses parts del món.

En el desenvolupament dels models es van utilitzar com a dades d'entrada (inputs) la informació proporcionada per la NOAA/NWS, en què té especial rellevància l'ús de precipitacions i temperatures en format NEXRAD de radar, interpretades dins del model com a estacions virtuals que s'ubiquen en el centre de cada cel·la de la malla de precipitacions. L'escala espacial usada en la modelització correspon a un quadrat de cel·la de 400 metres i l'escala temporal és horària, adequada segons els resultats obtinguts per a aquesta quadrat de conques.

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER



Es va decidir realitzar el calibratge en tres fases, basant-se en treballs passats, pel fet que s'ha demostrat que calibrar aquest tipus de conques tenint en compte totes les variables pot emmascarar les solucions dels factors correctors que usa el model i els paràmetres del submodel de fusió. Així mateix, el temps de còmput en el procés d'optimització automàtica es redueix de manera notable.

En relació als resultats obtinguts, en general es té una molt bona representació d'ambdós sistemes (American i Carson), tant en la producció de vessaments, com a nivell intern de les conques, com s'ha demostrat en el balanç hidrològic realitzat. Quant a l'índex d'eficiència de Nash-Sutcliffe, usat com a funció objectiva en les calibratges, els resultats es poden considerar excel·lents per a aquest tipus de conques complexes. En el cas particular de la reproducció dels processos d'acumulació i fusió que va realitzar el submodel de fusió grau-dia que usa el model TETIS, els resultats obtinguts van mostrar ser molt bons tractant-se d'un model tan senzill com aquest. Així mateix, es va obtenir una millor representació de l'altura d'aigua equivalent a les estacions SNOTEL ubicades a major latitud, amb un increment de la incertesa a les estacions ubicades a menor elevació. L'anterior es deu al fet que es consideren paràmetres de fusió constants, la qual cosa limita el submodel de fusió, ja que treballs realitzats han demostrat que els factors de fusió varien espacialment i temporalment d'acord amb: l'època de l'any, la cobertura forestal, la topografia, l'àrea de la coberta de neu, la contaminació de la superfície de la neu, les condicions atmosfèriques, la latitud, el pendent, les propietats de la neu, el vent i l'orientació del vessant. Partint de l'anterior, es va decidir avaluar també la distribució espacial de la coberta de neu que realitza el model per mitjà de l'algorisme invers de la distància al quadrat, comparant-la amb les imatges de radar de la coberta de neu proporcionades per la NOAA/NWS per a diferents dates. En la distribució espacial de la neu realitzada pel model es van obtenir millors resultats a la conca del riu Carson, ubicada a major elevació. Aquesta verificació és molt important per a temes d'avaluació de recursos hídrics als països amb presència de neu, on la major part dels recursos provenen de la fusió.

En conclusió, aquest treball ha demostrat els èxits i les limitacions del submodel de fusió de neu i, amb això, del model TETIS per a la simulació en conques d'alta muntanya. Els resultats que es van obtenir permeten suposar que el submodel pot proporcionar resultats equiparables als que es poden obtenir amb un model més complex de fusió de neu que use el mètode del balanç d'energia, en considerar altres variables com ara la radiació.

**Palabras clave
(máximo 5):**

Nieve / fusión / Modelación / TETIS / DMIP2

Fecha: 31 de mayo de 2010

El/La Alumno/a

Fdo: Ismael Orozco Medina

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MÁSTER