Improving the identifiability of hydrological model parameters through remotely sensed data and sequential calibration

Índice

[1 Calibración del modelo de nieve](#_Toc53519290)

[1.1 Datos](#_Toc53519291)

[1.2 Método de calibración](#_Toc53519292)

[2 Calibración del modelo de vegetación](#_Toc53519293)

[2.1 Datos](#_Toc53519294)

[2.2 Método de calibración](#_Toc53519295)

# Introducción

El objetivo de este estudio es buscar nuevas variables de estado que puedan calibrarse en un modelo hidrológico distribuido, más allá del caudal circulante en algún punto de la red fluvial. Específicamente, el interés está en encontrar variables espacialmente distribuidas, no puntuales como puede ser un hidrograma, para de verdad sacar partido al modelo distribuido. Al ser variables espaciales, las funciones objetivo habituales como el Nash-Sutcliffe no tienen cabida y hay que estudiar otras funciones ya existentes en la literatura.

Por otro lado, para poder calibrar una variable espacial hay que tener mapas (o series temporales de mapas) de dicha variable. Habrá, por tanto, que buscar bases de datos con esas series o crearlas a partir de productos satélite.

Las dos variables que creo que tiene más sentido calibrar son la nieve y la evapotranspiración, u otra variable relacionada con la vegetación. La primera por sencillez, y la segunda por interés para mi tesis, porque de poco sirve saber cómo pueden cambiar los usos del suelo si luego el modelo es insensible a ese cambio.

# Calibración del modelo de nieve

Empezaría probando con la nieve por ser un modelo más sencillo. El modelo de nieve de TETIS es muy simple. Es el típico modelo de grado-día con tres parámetros: la temperatura mínima para que haya fusión, y dos factores grado-día (uno para seco y otro para lluvia). La variable de estado es la cantidad de agua en el tanque 0 (paquete de nieve), lo que equivaldría al equivalente agua-nieve (SWE, snow-water equivalent) de cada celda; del mapa de llenado del tanque 0 se podría sacar un mapa binario de cobertura de nieve. El modelo de nieve es tan simple (tres ecuacioens), que podríamos hacer todo esto sin necesidad de TETIS.

Por lo que he visto, es bastante más fácil generar (o encontrar) mapas de cobertura de nieve que de SWE, por lo que lo más fácil en un primer momento sería calibrar el área cubierta por nieve. La idea sería calibrar sólo los tres parámetros del modelo grado-día comparando los mapas de cobertura que generásemos con el modelo de nieve contra los mapas que obtengamos de alguna base de datos o que generemos nosotros.

## Datos

### Bases de datos

Existen numerosas bases de datos sobre variables nivales; [aquí](https://globalcryospherewatch.org/reference/snow_inventory.php) dejo una revisión no del todo actualizada. No he encontrado una base de datos específica de España; quizá el IPE tenga algo, al menos para Pirineos; existía un programa del ministerio específico para los recursos hídricos de origen nival llamado [EHRIN](https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/ERHIN/info-programa-erhin/), pero por lo que sé está bastante abandonado.

Si encontramos una base de datos que nos valga, trabajo que ahorramos. Ventaja: las hay con resolución temporal diaria; desventaja: suelen tener una resolución espacial mucho más grosera que los 100 m a los que hacemos la hidrología.

### Datos de satélite

Otra opción sería crear nuestros propios mapas a partir de satélite. Hay diversos métodos para generar no sólo cobertura de nieve, sino también otras variables como el SWE o humedad de la nieve. Para generar mapas de cobertura de nieve parece que, al menos, hay dos opciones: reclasificación de mapas, o utilizar índices como el NDSI (normalized difference snow index), que combinan distintas bandas de imágenes multiespectrales.

Algunos satélites que se pueden usar:

* Sentinel-1A y Sentinel-1B: radar+interferómetro. 10 m, 1-3 días de tiempo de revisita.
* Sentinel-2A y Sentinel-2B: imágenes multiespectrales (13 canales) entre NVIR y SWIR. 10-60 m según banda y 5 días de tiempo de revisita.
* Sentinel-3A: imagen óptica, radar y altímetro.
* Terra MODIS: ya tiene productos de nieve.

Podría comentarse a María José Polo, que seguramente sea de ayuda en este tema. Esto se podría ir actualizando en tiempo real (o pseudo-real) conforme se publican los datos de satélite. Igual interesa especialmente Sentinel porque pertenece a Copernicus, y recuerdo que algo se quería hacer con ellos.

## Método de calibración

La idea sería ajustar los tres parámetros del modelo grado-día para que los mapas simulados de cobertura de nieve se correspondan adecuadamente con la observación. Como lo que se comparan son mapas binarios (cubierto o no cubierto por nieve), la función objetivo puede ser cualquiera de las habituales en clasificación binario: *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1-score*. El algoritmo de optimización puede ser cualquiera.

Si vemos que es posible generar una base de datos observados de SWE, la variable a predecir deja de ser binaria y habría que buscar otra función objetivo, como pueda ser el SPAEF (SPAtial EFficiency metric).

# Calibración del modelo de vegetación

Para calibrar el modelo de vegetación, primero habría que meterse en cómo funciona la vegetación dinámica en TETIS. Se podría hacer sin el modelo de vegetación dinámica, pero es tan simple que difícilmente consigamos mejorar los resultados; la variable a calibrar sería la evapotranspiración, y el único parámetro que le afecta es el FC2, que multiplica por igual a todos los tipos de vegetación. En cambio, con el modelo de vegetación dinámica se podría calibrar la evapotranspiración o el LAI (*leaf area index*). De hecho, en la tesis de Guiomar Ruiz Pérez, de la UPV, calibra con el LAI porque descubrieron que el producto de ET de MODIS funcionaba muy mal en su zona de estudio.

## Datos

En su momento estuve mirando sobre este tema y lo mejor que encontré son los productos tanto de ET como de LAI de MODIS. Muy probablemente haya más o mejores productos.

## Método de calibración

En este caso necesitaríamos a la fuerza un modelo hidrológico, probablemente TETIS. La idea sería calibrar el modelo desde fuera, no utilizando su calibración automática, para poder modificar el proceso a nuestro antojo. Como algoritmo de optimización se podría utilizar Shuffle Complex Evolution, Particle Swarm u otro que haya en SpotPy. La variable de estado sería ET o LAI. La función objetivo debería evaluar el grado de acuerdo de los mapas generados y observados, por lo que habría que adoptar una función objetivo que tenga en cuenta la cualidad espacial y temporal del resultado; hice en su momento pruebas con el SPAEF y EOF (*empirical orthogonal functions*).