

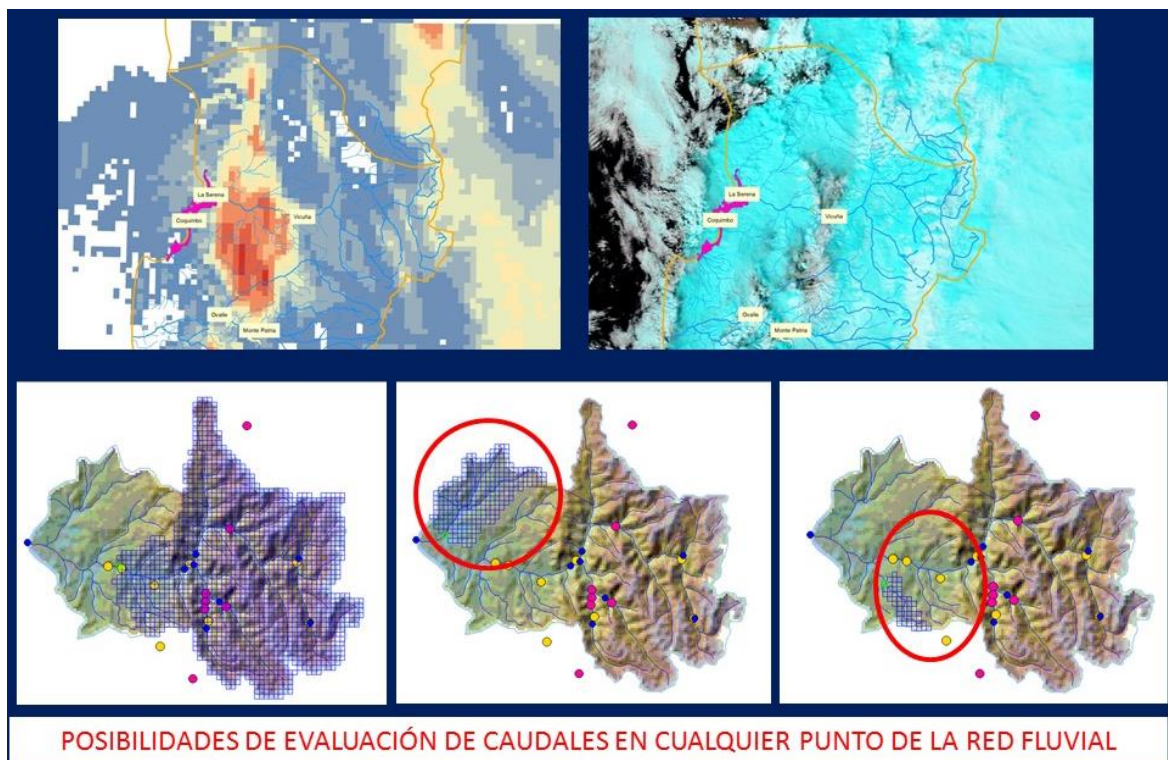
MODELO ASTER

MODELO HIDROLÓGICO PLUVIOMÉTRICO-
NIVAL DE SIMULACIÓN Y PREVISIÓN



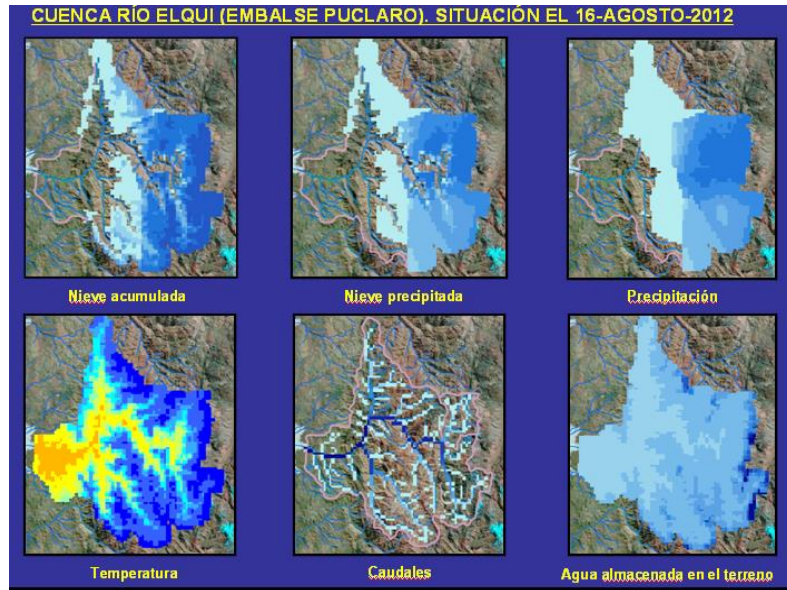
CARACTERÍSTICAS GENERALES

- El modelo hidrológico ASTER fue creado en 1991 para servir como HERRAMIENTA de **planificación, seguimiento y predicción de los recursos hídricos**. Desde entonces ha incorporado sucesivas mejoras y capacidades, **adaptable a las necesidades del cliente**.
- Se trata de un **modelo hidrológico determinista, continuo, espacialmente distribuido y con escala temporal variable**. Se aplica para el PRONÓSTICO DE AVENIDAS y la EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS:
 - Actuales
 - Pronósticos a futuro, en función de las previsiones meteorológicas, cambio climático, etc.

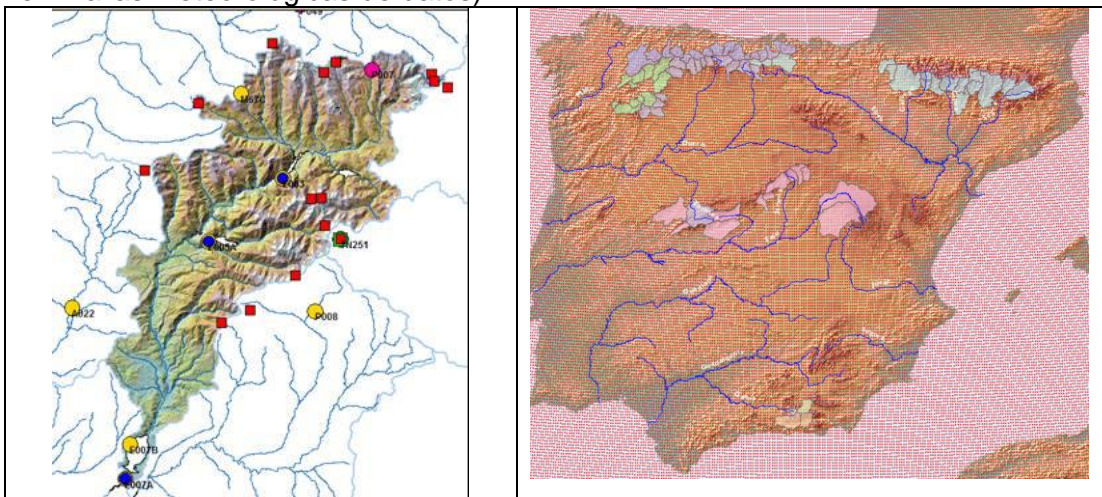


- El modelo funciona con precipitaciones en forma de nieve o líquidas (lluvia), siendo aplicable a cualquier cuenca, ya tenga nieve o no.
- Incorpora una rutina de cálculo específica para la evaluación de los recursos nivales (procesos de acumulación, fusión, sublimación).
- Cálculo de los gradientes termométricos de manera dinámica para la detección de las inversiones térmicas.

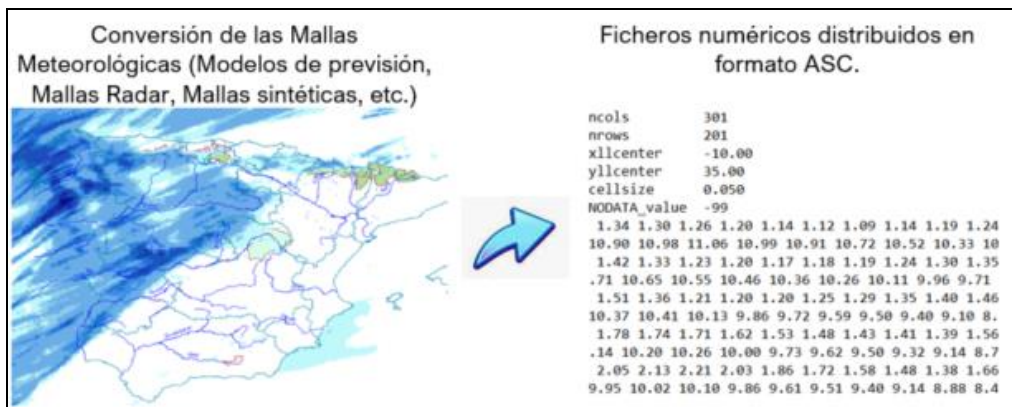
- Conexión entre cuencas, de forma que los caudales en el punto de cierre de una cuenca actúen como caudales de entrada para la otra cuenca.
- Obtención de resultados distribuidos en toda la cuenca:
 - o Caudales en cualquier punto de la red de drenaje.
 - o Volúmenes de agua almacenados en la cuenca, incluyendo nieve.
 - o Precipitación, temperatura, nieve precipitada, nieve acumulada en cada una de la red de celdas de la cuenca.
- Exportación de los resultados a formato importable desde SIG.



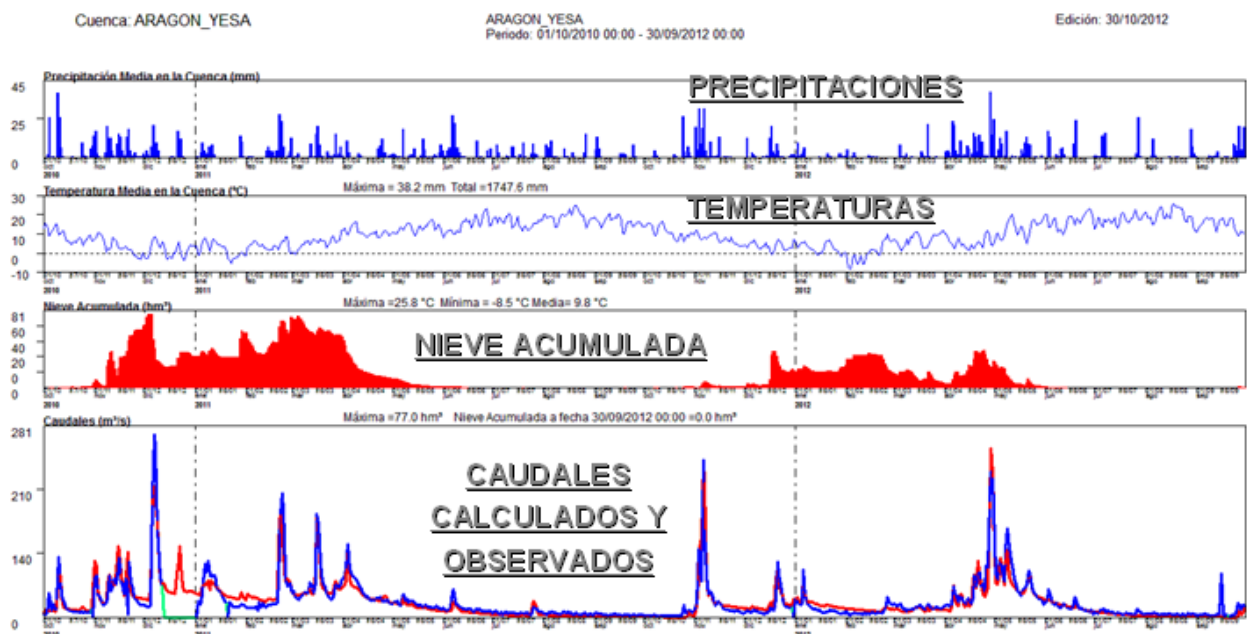
- El modelo requiere como mínimo un Modelo Digital del Terreno de la cuenca y series de precipitación y temperatura (bien en estaciones puntuales o distribuidas en mallas meteorológicas de datos)



- Permite el **uso combinado** de datos meteorológicos en estaciones con mallas meteorológicas.



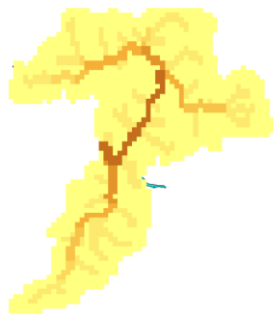
- Utilización de los **modelos de previsión numéricos** más utilizados, mediante la importación de sus previsiones (IFS, Hirlam, GFS, Arome, Icon, ..)
- La **calibración, específica para cada cuenca modelizada**, se obtiene combinando series históricas de datos y el empleo de diferentes técnicas:
 - Aforos (caudales observados)
 - Lectura de espesores y densidades de nieve
 - Teledetección (extensión del manto nival)



- Su manejo es muy sencillo y se puede optar por una ejecución atendida por el usuario o por ejecuciones desatendidas en línea de comandos o desde SAD (Sistema de Ayuda a la Decisión).
- Permite la realización de un conjunto de simulaciones en bloque a partir de un fichero de proyecto donde se configura cada una de estas simulaciones.
- Permite la realización de simulaciones o previsiones con o sin periodo de calentamiento con el uso de estados de arranque en caliente.
- Adaptable a las necesidades concretas del cliente:
 - Formando parte de la red local del gestor de los recursos hídricos

- o Integrable en Sistemas de ayuda a la Decisión (como *Fews*, Flood Early Warning System de Delft Hydraulics)

■ Resultados gráficos y numéricos en la red de drenaje completa de la cuenca.



- GridCau.014773
- GridDepoInf.014773
- GridDepoSup.014773
- GridNieAcum.014773
- GridNiePrec.014773
- GridPrecipita.014773
- GridTempe.014773
- GridCau.014774

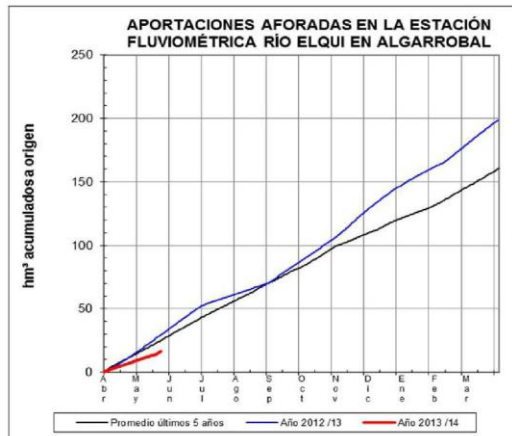
```
ncols      56
nrows     64
xllcenter -466484
y llcenter -1202230
cellsize  1000
NODATA_value -99.00
0.00 0.01 0.01 0.07 0.12 0.14 0.21 0.23 0.30
0.00 0.01 0.04 0.04 0.12 0.02 0.05 0.01 0.03
0.00 0.01 0.04 0.01 0.01 0.02 0.01 0.01 0.02
0.00 0.00 0.01 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00 0.01
-99.00 0.00 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00 -99.00
```

EVOLUCIÓN SEMANAL DE LA RESERVA DE NIEVE Y APORTACIONES EN EL ÁMBITO DE LA JUNTA DE VIGILANCIA DE RÍO ELQUI Y SUS AFLUENTES



ASTER® Modelo hidrológico pluviométrico-nival de simulación y previsión

Fecha del informe: 24/05/2013



INFORME DE PREVISIÓN NIVAL ELABORADO CON EL MODELO HIDROLÓGICO ASTER, A PARTIR DE LAS PREVISIONES METEOROLÓGICAS PROPORCIONADAS POR EL CENTRO EUROPEO DE PREVISIÓN (EMCWF)

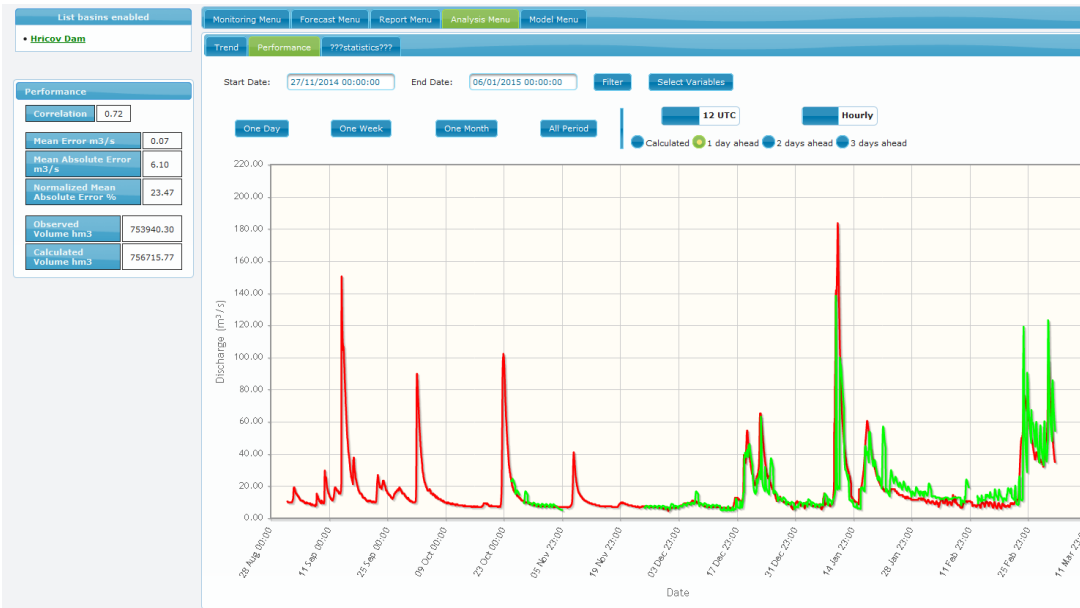
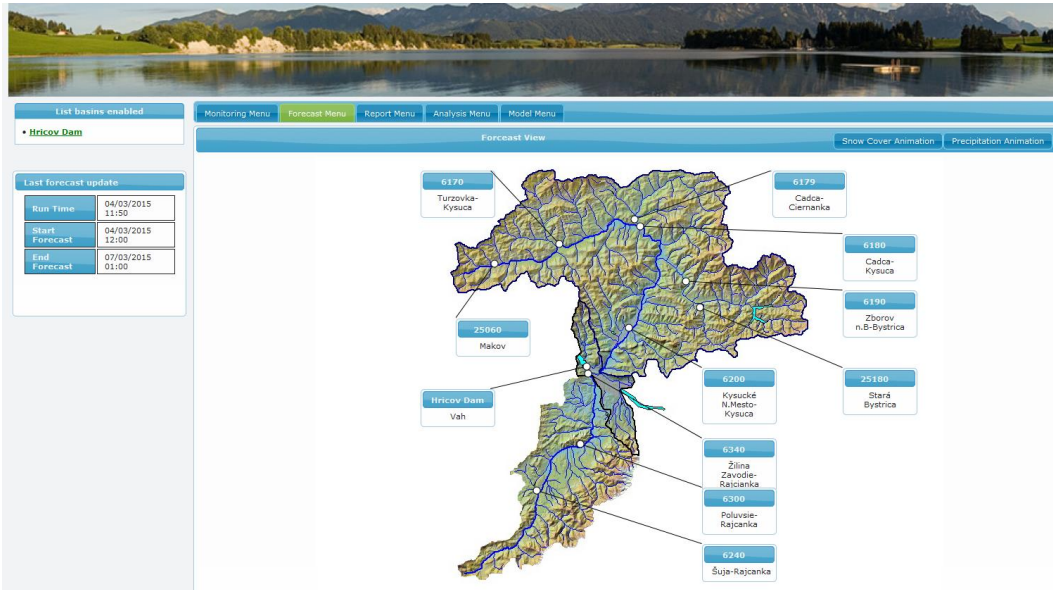


PREVISIÓN DE PRECIPITACIÓN NIVAL ESTIMADA CON EL MODELO ASTER



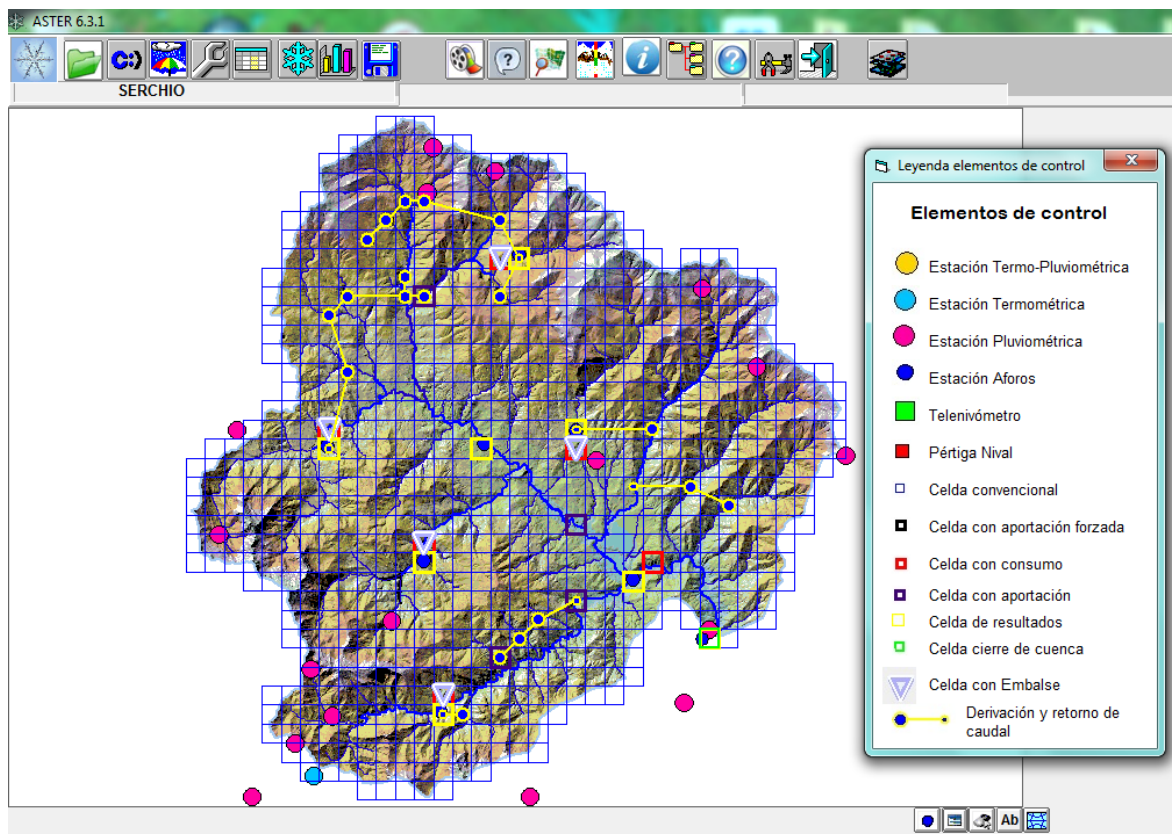
■ INTEGRABLE EN PLATAFORMA ON-LINE PARA FUNCIONAMIENTO EN TIEMPO REAL.

Ejemplo: PREVISIONES DE CAUDAL EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE ESLOVAQUIA (Slovenské Elektrárne- GRUPO ENEL)



DETALLES TÉCNICOS

- **Modelo de simulación continua:** el estado previo determina las condiciones del estado siguiente (humedad en el terreno, nieve acumulada, caudal circulante, etc.)
- **Modelo distribuido:** la cuenca está dividida en celdas, cada una de las cuales se caracteriza de forma particular: tipo de suelo, vegetación, altitud, orientación, pendiente. Estas celdas a su vez incorporan las variables de caudal circulante, agua contenida en el terreno o acumulada en forma de nieve.
- **Permite la incorporación de elementos singulares: embalses, canales, derivaciones, centrales hidroeléctricas, etc**



■ Variables a suministrar al modelo

- Precipitación: puntual -estaciones meteorológicas- o distribuida (raster)
- Temperatura: puntual -estaciones meteorológicas- o distribuida (raster)

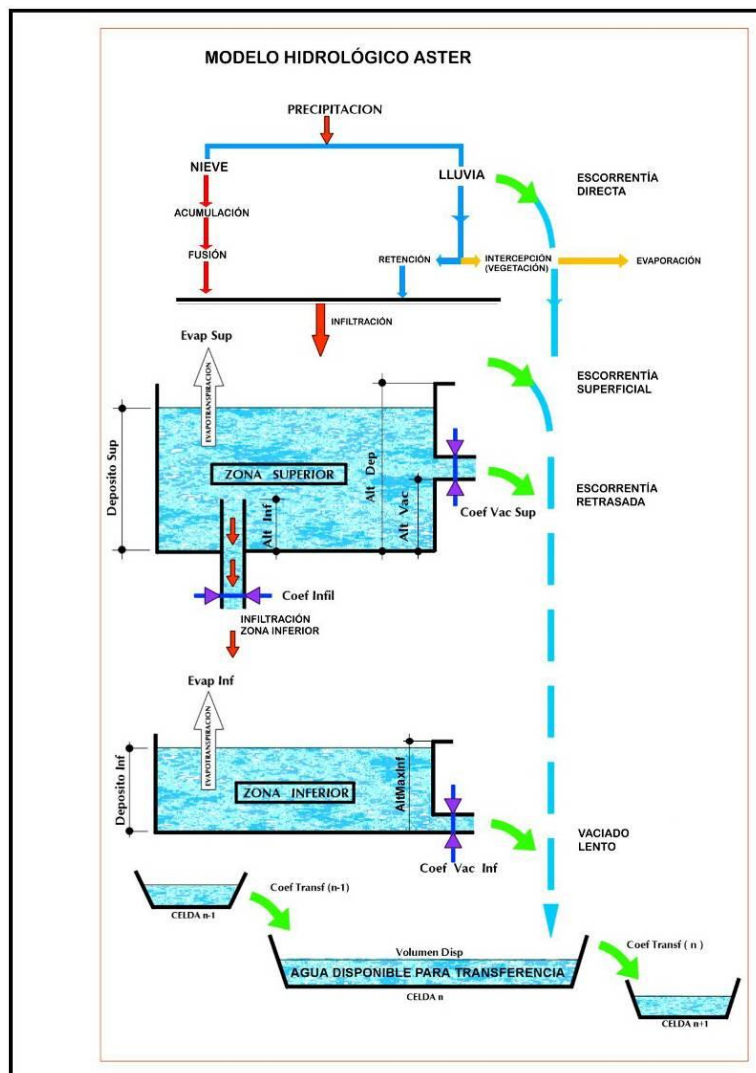
■ Variables y parámetros principales incluidos en el proceso de calibración

- Gradiente altimétrico de precipitaciones
- Gradiente altimétrico de temperaturas (en tiempo seco y lluvioso)
- Radiación media solar mensual
- Albedo medio mensual
- Capacidad de almacenamiento del terreno y coeficientes de agotamiento
- Umbral de escorrentía metodología SCS (corregido automáticamente en función estado de humedad previo)
- Coeficiente de evapotranspiración
- Coeficiente de transferencia de calor interfase atmósfera- nieve

- o Coeficiente de transferencia de calor a la nieve por radiación solar
- o Coeficiente de transferencia de calor por viento
- o Etc.

■ Rutina de cálculo específica para la simulación de la precipitación y acumulación nival

- o Cálculo del déficit calorífico del manto nival
- o Rutina de fusión en tiempo seco: Método del índice de temperatura modificado (la última versión incluye un término que permite activar la radiación solar en caso necesario)
- o Rutina de fusión nival durante precipitaciones: Método del balance de energía simplificado (Anderson, 1973)
- o Rutina de producción de escorrentía: esquema de depósitos que modelizan el terreno en dos capas: superior (terreno) e inferior (acuífero). Incluye la opción de determinar la escorrentía directa a partir del método del número de curva del SCS (umbral de escorrentía)
- o Rutina de transferencia: transmisión del agua entre celdas del modelo



REFERENCIAS

- El modelo ASTER Cuenta con el aval de dos décadas en el desarrollo del programa [ERHIN](#)¹ de la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, proporcionando datos de los recursos de nieve en las principales cordilleras españolas así como para la previsión de avenidas en función de los pronósticos meteorológicos, siendo usado por los organismos responsables de la gestión de los embalses y de las centrales hidroeléctricas (control de avenidas, explotación normal).
- Desde el año 1994 ASTER modeliza **55.231 km² de cuencas en España**, y está integrado en los centros de control de los Organismos de Cuenca (SAIH), empleándose sistemáticamente como AYUDA EN LA PLANIFICACIÓN, LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS Y EL CONTROL DE AVENIDAS.



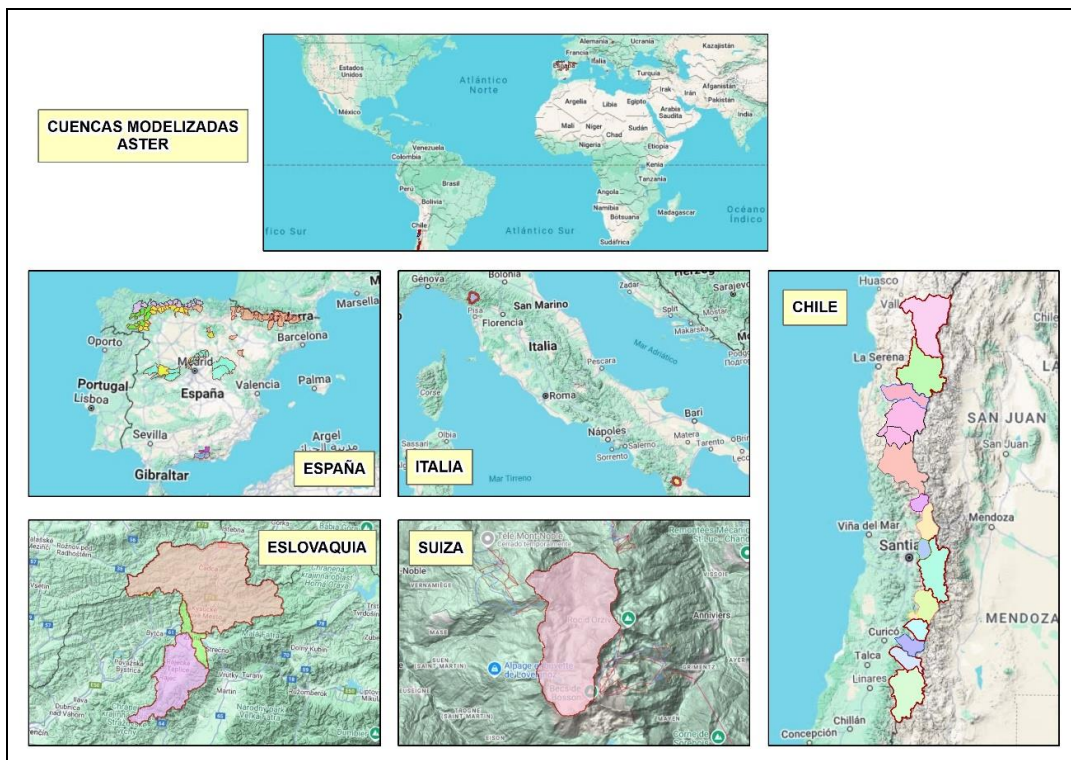
- ASTER se ha empleado también para la modelización de casi **28.000 km² en los Andes (Chile: regiones de Coquimbo, Libertador O'Higgins, Maule y Metropolitana)**²
- Se ha aplicado también a cuencas en Italia y Eslovaquia, dentro del **desarrollo de la plataforma de pronóstico de caudales a escala horaria para las centrales hidroeléctricas** de las empresas que conforman el **grupo ENEL**, con **788 km² modelizados en Italia, 1.431 km² en Eslovaquia y una prueba piloto de 17 km² en Suiza**, estando actualmente operativo en:

¹ <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/ERHIN/info-programa-erhin/default.aspx>
<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/ERHIN/datos-interes/>
<http://www.chebro.es/contenido.streamFichero.do?idBinario=27767>

² [http://www.riodelqui.cl/wp_new_site/?p=1616:](http://www.riodelqui.cl/wp_new_site/?p=1616)
<https://issuu.com/jvre/docs/julio2-2013>

<http://www.diarioelpulso.cl/index.php/region/item/28822-la-junta-del-tinguiririca-trabaja-con-aster-un-programa-para-diagnosticar-reservas-de-nieve-y-agua>

- Cuencas ríos Kysucka y Radjanka (Eslovaquia)
- Cuencas ríos Serchio y Coscille (Italia)



- Se han desarrollado varias tesis doctorales y publicado artículos en congresos con aplicaciones prácticas del modelo Aster (Universidad Politécnica de Valencia, España), destacando:
 - Cantarino I. 1992. “*Cuantificación de la precipitación nival acumulada en la Cordillera Cantábrica. Aplicación a los regadíos del páramo leonés*”.
 - Cobos G. 2004. “*Cuantificación de las reservas hídricas en forma de nieve y previsión en tiempo real de los caudales fluyentes derivados de la fusión. Aplicación al Pirineo Español: cuenca alta del río Aragón*”.
 - Conejo, J et Al. “*Implantación de un modelo hidrológico distribuido nival para la gestión de cuenca. Río Elqui (Chile)*”. XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica Santiago, Chile, 2014.
 - Lastrada, E.; Garzón-Roca, J.; Cobos, G.; Torrijo, F.J. A Decrease in the Regulatory Effect of Snow-Related Phenomena in Spanish Mountain Areas Due to Climate Change. *Water* 2021, 13, 1550 <https://doi.org/10.3390/w13111550>
 - Lastrada, E.; Cobos, G.; Garzón-Roca, J.; Torrijo, F.J. Seasonal Variability of Snow Density in the Spanish Pyrenees. *Water* 2021, 13, 1598. <https://doi.org/10.3390/w13111598>