

EDAPHI

Entorno de Desarrollo  
para Análisis  
y Pronóstico Hidrológico

Angel Luis  
Aldana Valverde

2021



---

*EDAPHI*

---

---

*Entorno de Desarrollo para  
Análisis y Pronóstico Hidrológico*

---

*2021*

*Angel Luis Aldana Valverde*

© EDAPHI. Entorno de Desarrollo para Análisis y Pronóstico Hidrológico

© Angel Luis Aldana Valverde. 2021

Obra registrada en el Registro de Propiedad Intelectual de Safe Creative  
(<https://www.safecreative.org>). Todos los derechos reservados.



INFO ABOUT RIGHTS

**2112230100639**

[www.safecreative.org/work](http://www.safecreative.org/work)



<https://www.safecreative.org/work/2112230100639>



## **Prólogo del autor**

*Después de numerosas experiencias en el desarrollo de modelos de pronóstico hidrológico a lo largo de unos 30 años, decidí emprender la aventura de construir EDAPHI en el año 2013. Traté de aprovechar la experiencia previa y las capacidades actuales de las herramientas de programación y utilidades de cálculo. El diseño de este entorno ha estado muy condicionado por la hidrología operacional y por las experiencias profesionales con Servicios Hidrológicos Nacionales de Latinoamérica y con los casos españoles. He tenido en cuenta la realidad de estos casos, de las dificultades asociadas a las plantillas de hidrólogos, a su formación y a los medios disponibles. Los aspectos prácticos y económicos han tenido una gran importancia. El objetivo final del entorno es ofrecer soluciones para el pronóstico hidrológico, el más ambicioso en la hidrología operacional, además de otras soluciones en el mismo ámbito.*

*Los primeros sistemas de pronóstico de crecidas en tiempo real, los que cuentan con las mayores exigencias desde muchos puntos de vista, fueron implementados hace ya muchas décadas. Ya han pasado esos tiempos en que se podían considerar grandes retos científicos y tecnológicos. Las tecnologías de las comunicaciones, de la instrumentación y de cálculo ofrecen posibilidades más que suficientes para solucionar un gran número de problemas. Sin embargo, se observan muchas deficiencias en los sistemas actuales. No por razones de origen científico o tecnológico, sino por falta de recursos materiales, en algunos casos, y por deficiencias en recursos humanos (generalmente por número) en casi todos. En esta fase de la historia del pronóstico hidrológico en la hidrología operacional, la que tiene que ofrecer soluciones a problemas reales, se impone un enfoque pragmático que tenga en cuenta los múltiples factores que afectan al éxito de una solución. La creación de este entorno se ha inspirado en este planteamiento.*

*Tal y como dije en la primera edición difundida, sigo una estrategia de difusión de su código de programación por fases, con la intención de ir creando una comunidad de desarrolladores y usuarios. Espero, en un futuro, que se den las condiciones para difundirlo de forma libre sin condiciones, y que pueda ser descargado desde un servidor por cualquiera que esté interesado.*





## A. Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Soluciones para el análisis y el pronóstico hidrológico .....</b>	<b>2</b>
2.1	CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	2
2.2	TAMAÑO DE LA PLANTILLA Y PERFILES PROFESIONALES .....	3
2.3	ESTUDIOS PREVIOS .....	3
2.4	INFORMACIÓN DISPONIBLE. OPERACIÓN EN TIEMPO REAL .....	3
2.5	COSTES .....	4
<b>3</b>	<b>Principales características de la solución .....</b>	<b>5</b>
3.1	SISTEMA ABIERTO .....	5
3.2	ARQUITECTURA MODULAR.....	5
3.3	COSTES BAJOS DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN. ....	6
3.4	APROVECHA LOS CONOCIMIENTOS GENERALES DEL PERFIL ESTÁNDAR DE HIDRÓLOGO	
6		
3.5	AMPLIABLE Y ESCALABLE .....	6
3.6	INTEGRADORA DE LAS SOLUCIONES .....	7
3.7	FÁCILMENTE INTEGRABLE EN OTRAS SOLUCIONES .....	7
3.8	SOSTENIBLE .....	7
<b>4</b>	<b>Enfoques metodológicos .....</b>	<b>8</b>
4.1	MODELOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN .....	8
4.2	REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO .....	8
4.3	ESCENARIOS .....	11
4.4	HORIZONTE DE PREVISIÓN .....	11
4.5	CICLOS DE CÁLCULO.....	14
4.6	CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS DE SIMULACIÓN EN EL PRONÓSTICO HIDROLÓGICO EN	
TIEMPO REAL.....		14
4.6.1	<i>Planteamiento del problema.....</i>	<i>14</i>
4.6.2	<i>Precalibración.....</i>	<i>17</i>
4.6.3	<i>Consideración y manejo de incertidumbres.....</i>	<i>17</i>
4.6.4	<i>Valoración del error.....</i>	<i>18</i>
4.6.5	<i>Calibración en tiempo real.....</i>	<i>18</i>
4.6.6	<i>Enlace entre modelos para calibraciones.....</i>	<i>20</i>
4.6.7	<i>Solución a adoptar en cada caso.....</i>	<i>22</i>

<b>5</b>	<b>Enfoque general de los desarrollos informáticos.....</b>	<b>23</b>
5.1	LENGUAJES Y HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS .....	23
5.2	INSTANTES Y PERIODOS. ....	23
5.3	FORMATO DE ARCHIVO DE SERIES TEMPORALES .....	24
5.4	DATOS DE ENTRADA .....	25
5.4.1	<i>Datos geográficos.....</i>	25
5.4.2	<i>Series temporales.....</i>	25
5.4.3	<i>Información meteorológica.....</i>	26
5.5	PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN .....	26
5.5.1	<i>Ventajas de usar libros MS-Excel como archivos de configuración ..</i>	26
5.6	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. SALIDAS .....	27
5.6.1	<i>Datos geográficos.....</i>	27
5.6.2	<i>Series temporales.....</i>	27
5.6.3	<i>Tablas .....</i>	28
5.6.4	<i>Gráficos .....</i>	28
5.7	INSTALACIÓN DE LOS PROGRAMAS .....	28
5.8	EJECUCIÓN DE PROGRAMAS .....	28
5.9	INFORMACIÓN DE ACTIVIDAD EN VENTANAS DE COMANDOS .....	29
5.10	REGISTRO DE ACCIONES. ARCHIVOS .LOG EN LAS CARPETAS CNTRL .....	30
5.11	POSIBILIDAD DE PARADA O PAUSA .....	30
5.12	DESENCADENAMIENTO DE ACCIONES POR EVENTOS DE EJECUCIÓN. ARCHIVOS DE COMANDOS CALL_EXTERN.CMD .....	30
<b>6</b>	<b>Descripción de organización módulos y carpetas .....</b>	<b>32</b>
6.1	MÓDULOS .....	32
6.2	ESTRUCTURA GENERAL DE CARPETAS (DIRECTORIOS) Y ORGANIZACIÓN DE APLICACIONES .....	33
6.2.1	<i>Carpeta EDAPHI .....</i>	33
6.2.2	<i>Carpeta de códigos de programas .....</i>	35
6.2.3	<i>Carpetas ST, SIG, HTML y CMD .....</i>	35
6.2.4	<i>Organización del código.....</i>	36
<b>7</b>	<b>Instalación de módulos y configuración del entorno.....</b>	<b>38</b>
7.1	VARIABLES DE ENTORNO .....	38
7.2	SUBCARPETA CMD DE LA CARPETA EDAPHI .....	39
7.3	PREPARACIÓN DEL ENTORNO VIRTUAL PYTHON .....	40
7.4	CONFIGURACIÓN GENERAL DEL ENTORNO .....	41

7.5	ARCHIVOS DE ARRANQUE DE APLICACIONES.....	42
7.5.1	<i>Archivos de comando ventana.cmd</i> .....	42
7.5.2	<i>Archivo de comandos ciclo.cmd</i> .....	43
7.6	MÓDULOS QUE OPERAN CON PYTHON 3 DE GIS-GRASS.....	44
7.7	MÓDULOS QUE OPERAN CON PYTHON 2.7 DE GIS-GRASS .....	45
7.7.1	<i>Configuración general del entorno</i> .....	45
7.7.2	<i>Configuración del arranque de un módulo</i> .....	46
<b>8</b>	<b>Utilidades comunes de propósito general.....</b>	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>EDAPHI-EGrassPy3 .....</b>	<b>56</b>
9.1	CONFIGURACIÓN DE UN MÓDULO QUE VAYA A USAR GIS-GRASS.....	56
9.2	COMANDOS .....	57
9.3	USO DE UNA CARPETA TMP .....	1
9.4	CONFIGURACIÓN DE EGRASSPY3.....	1
9.5	INSTALACIÓN.....	1
<b>10</b>	<b>EDAPHI-GCuencas. Caracterización y parametrización de cuencas y tramos de ríos .....</b>	<b>2</b>
10.1	INTRODUCCIÓN .....	2
10.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN .....	2
10.3	DATOS DE PARTIDA .....	3
10.3.1	<i>Ejemplo 1 de aplicación. Caso español. Modo vectorial</i> .....	4
10.3.2	<i>Caso República Dominicana. Modo ráster</i> .....	5
10.4	CONFIGURACIÓN.....	5
10.5	COMANDOS .....	7
10.5.1	<i>Comandos en modo vectorial</i> .....	7
10.5.2	<i>Comandos en modo ráster</i> .....	10
10.5.3	<i>Ejemplo de interacción con Grass</i> .....	11
10.6	NOMBRES DE CAPAS Y ARCHIVOS, DE DATOS Y RESULTADOS.....	14
10.7	RESULTADOS .....	15
10.8	INSTRUCCIONES DETALLADAS DE USO .....	17
10.9	INSTALACIÓN.....	18
<b>11</b>	<b>EDAPHI-Gen. Módulo de configuración y control general .....</b>	<b>19</b>
11.1	INTRODUCCIÓN .....	19
11.2	FUNCIONALIDADES .....	19
11.3	COMANDOS .....	19
11.4	CONFIGURACIÓN .....	20

11.4.1	Configuración general .....	20
11.4.2	Configuración del programador de tareas .....	21
11.5	UN EJEMPLO DE PROGRAMA INCORPORADO A GEN EN EL MARCO DE UN PROYECTO	22
11.6	USO DE UTILIDADES COMUNES .....	23
<b>12</b>	<b>EDAPHI Prec. Procesador de precipitaciones para uso en tiempo real</b>	<b>27</b>
12.1	INTRODUCCIÓN .....	27
12.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN.....	27
12.3	CÁLCULO DE MALLAS.....	27
12.4	CÁLCULO DE VALORES AREALES .....	28
12.5	CONFIGURACIÓN .....	29
12.5.1	Configuración de mapas por intervalo .....	31
12.5.2	Configuración de mapas de agregaciones .....	32
12.5.3	Cálculos de un intervalo a partir de un archivo de puntos.....	33
12.6	RESULTADOS.....	33
12.6.1	Máscara de áreas .....	35
12.6.2	Máscara del contorno .....	36
12.6.3	Resultados agregados .....	37
12.7	CARPETA SIG.....	37
12.8	COMANDOS .....	38
12.9	USO DE COMANDOS COMUNES.....	40
12.10	INSTALACIÓN .....	42
<b>13</b>	<b>Familia CHM. Conectores hidrometeorológicos .....</b>	<b>43</b>
13.1	EDAPHI-GMETEO. GENERACIÓN DE PRODUCTOS DE HIDROLOGÍA BASADOS EN LOS RESULTADOS DE MODELOS NUMÉRICOS DE PREDICCIÓN DEL TIEMPO .....	45
13.1.1	Introducción .....	45
13.1.2	Funcionalidad de la aplicación.....	45
13.1.3	Datos de entrada.....	46
13.1.4	Resultados .....	47
13.1.5	Organización de archivos .....	47
13.1.6	Comandos.....	48
13.1.7	Archivos de comandos principales de ejecución .....	49
13.1.8	Recálculo de resultados .....	51
13.1.9	Condiciones de espera en ejecución.....	51

13.1.10	Configuración .....	52
13.1.11	Uso de utilidades comunes .....	55
13.2	CFFGS. DESCARGA DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA FFGS Y CÁLCULO DE VARIABLES PARA SU USO EN HIDROLOGÍA OPERACIONAL .....	57
13.2.1	Datos.....	58
13.2.2	Comandos .....	60
13.2.3	Configuración .....	61
13.2.4	Resultados.....	64
13.2.5	Listado de archivos.....	66
13.2.6	Instalación.....	68
13.3	CMF. MANEJO DE PRONÓSTICOS DEL MODELO AROME DE MÉTÉO-FRANCE EN FORMATO GRIB2 .....	68
13.3.1	Datos.....	68
13.3.2	Comandos .....	70
13.3.3	Configuración.....	72
13.3.4	Resultados.....	72
13.3.5	Lista de archivos.....	74
13.3.6	Instalación.....	75
13.4	CSISPI. ACCESO A DATOS DEL SISTEMA SISPI.....	75
<b>14</b>	<b>EDAPHI-MHH. Modelos hidrológicos operacionales basados en el software Hec .....</b>	<b>77</b>
14.1	INTRODUCCIÓN .....	77
14.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN .....	77
14.2.1	Interacción con las aplicaciones Hec.....	77
14.2.2	Trabajo con escenarios .....	78
14.2.3	Curvas de gasto en diferentes formatos.....	79
14.2.4	Diferentes modos de abordar el problema del estado de humedad antecedente	79
14.3	MODELACIÓN HIDROLÓGICA .....	79
14.3.1	Funciones de pérdidas .....	79
14.3.2	Cálculo del estado de humedad antecedente en función de la precipitación en días anteriores.....	82
14.3.3	Función de transformación.....	84
14.3.4	Flujo base.....	84
14.3.5	Flujo en canales.....	84
14.4	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA .....	84

14.5	ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE MODELACIÓN.....	85
14.6	CARPETAS .....	85
14.7	CONFIGURACIÓN .....	86
14.7.1	<i>Archivo de configuración general de MHH .....</i>	<i>86</i>
14.7.2	<i>Modelo HEC-HMS.....</i>	<i>87</i>
14.7.3	<i>Nodos.....</i>	<i>88</i>
14.7.4	<i>Salidas de resultados .....</i>	<i>94</i>
14.7.5	<i>Configuración de MHH para análisis o para previsión operacional en tiempo real. 95</i>	
14.7.6	<i>Escenarios pasados.....</i>	<i>96</i>
14.7.7	<i>Escenario de calibración .....</i>	<i>100</i>
14.7.8	<i>Escenario futuro .....</i>	<i>106</i>
14.7.9	<i>Escenario de análisis (simulación) .....</i>	<i>107</i>
14.7.10	<i>Definición de las series de entrada (datos de caudal, nivel y precipitación)108</i>	
14.8	SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE SIMULACIÓN PARA ESCENARIOS FUTUROS .....	111
14.9	COMANDOS .....	112
14.10	RESULTADOS.....	113
14.10.1	<i>Gráficos de previsiones en caudales o niveles.....</i>	<i>115</i>
14.11	ARCHIVOS.....	116
14.12	INSTALACIÓN .....	118
14.13	USO DE COMANDOS COMUNES.....	118
14.13.1	<i>Obtención de resultados complementarios.....</i>	<i>120</i>
<b>15</b>	<b>EDAPHI MHH-H. Hipermodelos basados en modelos MHH.....</b>	<b>123</b>
15.1	CONFIGURACIÓN DE UN HIPERMODELO .....	124
<b>16</b>	<b>EDAPHI-GenMH. Generación automática de modelos.....</b>	<b>126</b>
16.1	FUNCIONALIDAD.....	126
16.2	REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO Y PUNTOS DE INTERÉS .....	126
16.3	PARAMETRIZACIÓN.....	127
16.4	COMANDOS .....	127
16.5	CONFIGURACIÓN .....	128
16.6	AYUDA .....	129
16.7	RESULTADOS.....	129
<b>17</b>	<b>EDAPHI-Ges. Generación de eventos sintéticos .....</b>	<b>131</b>
17.1	FUNCIONALIDAD.....	131

17.2	ESTRUCTURA DE CARPETAS .....	131
17.3	MODELO MHH INTEGRADO .....	132
17.4	DATOS .....	133
17.5	COMANDOS .....	134
17.6	CONFIGURACIÓN .....	135
17.7	RESULTADOS .....	139
17.8	INSTALACIÓN.....	139
<b>18</b>	<b>EDAPHI-Web. Publicación de resultados .....</b>	<b>140</b>
18.1	INTRODUCCIÓN .....	140
18.2	ORGANIZACIÓN DE ARCHIVOS.....	140
18.3	PUBLICACIÓN.....	140
18.4	IMPLEMENTACIÓN DE LAS PÁGINAS .....	141
18.5	CARPETAS Y RESULTADOS DE CADA MÓDULO .....	141
18.6	XML CON DATOS GENERALES DEL CÁLCULO .....	141
18.7	TABLAS DE SERIES TEMPORALES EN FORMATO HTML .....	142
18.8	CÓDIGO JAVASCRIPT.....	142
18.9	USO DE COMANDOS COMUNES .....	142
18.10	EJEMPLO DEL SAIH SEGURA .....	143
18.11	EJEMPLO DE REPÚBLICA DOMINICANA.....	148
<b>19</b>	<b>EDAPHI-GHR. Utilidades para la modelación hidráulica combinando Hec-Ras, Grass y otra posible aplicación SIG.....</b>	<b>153</b>
19.1	INTRODUCCIÓN .....	153
19.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN .....	153
19.2.1	<i>Intercambio de información con Hec-Ras a través de archivos SDF</i>	<i>153</i>
19.3	DISEÑO DE LA APLICACIÓN .....	154
19.3.1	<i>Aplicaciones básicas que integran GHR .....</i>	<i>154</i>
19.3.2	<i>Estructura de archivos .....</i>	<i>155</i>
19.4	COMANDOS .....	156
19.4.1	<i>Clasificación de comandos .....</i>	<i>158</i>
19.5	USO DE LA APLICACIÓN .....	158
19.5.1	<i>Creación de carpeta de caso .....</i>	<i>158</i>
19.5.2	<i>Uso normal .....</i>	<i>159</i>
19.6	CASOS DE APLICACIÓN .....	160
19.6.1	<i>Caso completo.....</i>	<i>160</i>

19.6.2	Operaciones con proyectos.....	177
19.7	INSTALACIÓN .....	187
<b>20</b>	<b>EDAPHI-MTG. Evaluación de recursos hídricos y cálculo de balance basado en el modelo de Témez .....</b>	<b>188</b>
20.1	INTRODUCCIÓN .....	188
20.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN.....	188
20.3	MODELACIÓN .....	189
20.4	DATOS.....	190
20.5	RESULTADOS.....	191
20.6	COMANDOS .....	194
20.7	INSTALACIÓN .....	194
<b>21</b>	<b>EDAPHI-ADDA. Análisis de datos diarios para la calibración del parámetro "a" .....</b>	<b>195</b>
21.1	INTRODUCCIÓN .....	195
21.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN.....	195
21.3	DATOS.....	195
21.4	MODELIZACIÓN .....	196
21.4.1	Adaptación del hidrograma unitario .....	197
21.4.2	Caudal base.....	197
21.5	CÁLCULO DE ERRORES DE SIMULACIÓN .....	198
21.6	CONFIGURACIÓN .....	199
21.6.1	Definición de escenarios .....	200
21.7	RESULTADOS.....	201
21.8	COMANDOS .....	202
21.9	INSTALACIÓN .....	203
<b>22</b>	<b>EDAPHI-WOF. Utilidades de acceso a datos a través de un servicio web WaterOneFlow.....</b>	<b>204</b>
22.1	INTRODUCCIÓN .....	204
22.2	FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN.....	204
22.3	RESULTADOS.....	204
22.4	COMANDOS .....	205
22.5	CONFIGURACIÓN .....	207
22.6	INSTALACIÓN .....	207
<b>23</b>	<b>Anexo. Uso de módulos PY comunes a través de la línea de comandos</b>	<b>208</b>



## B. Figuras

---

Figura 4-1.- Representación del sistema hidrológico en nodos _____	9
Figura 4-2.- Mapa con la representación del sistema hidrológico, incluyendo nodos tipo nod_P _____	10
Figura 4-3.- Desfase (D) entre la lluvia y el caudal de escorrentía según el concepto de hidrograma unitario _____	12
Figura 4-4.- Desfase (D) entre un hidrograma y su propagado aguas abajo _____	12
Figura 4-5.- Horizonte de previsión en función de la divergencia asumible y la horquilla de previsión _____	13
Figura 5-1.- Ejemplo de archivo de series temporales _____	24
Figura 5-2.- Ejemplo de archivo de configuración de una aplicación _____	27
Figura 5-3.- Ejemplo de preparación de resultados en MS-Excel con vínculos a resultados _____	28
Figura 6-1.- Ejemplo de esquema de relación entre módulos _____	33
Figura 6-2.- Esquema de ejemplo de estructura básica de carpetas EDAPHI _____	34
Figura 6-3.- Ejemplo subcarpetas de módulo con subcarpetas para cada caso de aplicación (subsistema) _____	34
Figura 6-4.- Carpeta de caso de aplicación _____	35
Figura 6-5.- Organización del código (Py2 y Py3 cuentan con subcarpetas Py y Cmd) _____	36
Figura 6-6.- Uso de un IDE para la edición del código de programación con ayuda interactiva _____	37
Figura 6-7.- Ejemplo de archivo HTML de documentación del código _____	37
Figura 7-1.- Ventana de interacción con el módulo MHH _____	43
Figura 8-1.- Resultado del comando color_nombres _____	50
Figura 8-2.- Ejemplo del uso del comando ts_util -w_grd _____	52
Figura 8-3.- Ejemplo de uso del comando ctm -w_max _____	54
Figura 8-4.- Ejemplo de zoom en una ventana gráfica _____	54
Figura 8-5.- Ejemplo del uso del comando scn -list_n _____	55
Figura 8-6.- Pantalla con resultados del comando demo -evol _____	55
Figura 9-1.- Ventana emergente de ayuda de un comando de egrass_py3 _____	2
Figura 10-1.- Configuración de GCuencas para el modo vectorial _____	6
Figura 10-2.- Configuración de GCuencas para el modo ráster _____	6
Figura 10-3.- Resultado del comando cuencas_csv_part que da lugar a subcuencas que forma una partición _____	9
Figura 10-4.- Resultado del comando cuencas_csv_comp que genera las subcuencas completas que drenan a cada punto dato _____	10
Figura 10-5.- Obtención de coordenadas en Grass _____	12
Figura 10-6.- Uso de comandos en la ventana de GCuenca _____	13
Figura 10-7.- Resultado de empleo de los comandos cuenca_xy y rio_ab_xy _____	13

Figura 10-8.- Mapa de resultados de GCuencas en formato SHP. Caso de aplicación de República Dominicana	16
Figura 10-9.- Mapa de resultados de GCuencas en formato SHP. Caso de aplicación español (cuena del Segura)	17
Figura 10-10.- Ventana de GIS-Grass con los resultados de GCuencas	17
Figura 10-11.- Ventana de ayuda con instrucciones de uso de GCuencas	18
Figura 11-1.- Ventana de interacción del comando control	20
Figura 11-2.- Ventana del programador de tareas	20
Figura 11-3.- Ventanas del programador de tareas en modo configuración	21
Figura 11-4.- Opciones de configuración que afectan especialmente al comando st_gen	22
Figura 11-5.- Ejemplo de resultado obtenido con utilidades comunes	24
Figura 11-6.- Ejemplo de una consulta gráfica de una variable concreta de la fuente de datos origen	24
Figura 11-7.- Ventana de mapa de lluvias máximas en pluviómetros	25
Figura 11-8.- Ejemplo de listado de comandos específicos definidos con las utilidades comunes del capítulo 8	26
Figura 12-1.- Contenido de la hoja Conf del archivo de configuración XLSX	29
Figura 12-2.- Ejemplo de hoja de un escenario de cálculo	30
Figura 12-3. - Configuración del interpolador	30
Figura 12-4. - Configuración de un escenario con malla externa (sólo se calculan valores areales)	31
Figura 12-5.- Configuración del origen de malla externa para un escenario	31
Figura 12-6.- Configuración de mapas por intervalo	32
Figura 12-7.- Configuración de mapas de agregaciones	32
Figura 12-8.- Archivo de _xlsx.xlsx con datos de puntos	33
Figura 12-9.- Colección de gráficos PNG de resultado de los cálculos	34
Figura 12-10.-Representación de la capa masc_areas.asc	36
Figura 12-11.- Ejemplo de máscara del contorno	36
Figura 12-12.- Mapas de resultados de valores agregados en formato matricial / raster	37
Figura 12-13.- Mapas de resultados de valores agregados en subcuencas (formato vectorial)	37
Figura 12-14.- Ejemplo de proyecto QGIS para visualizar resultados	38
Figura 12-15.- Ejemplos de resultados gráficos obtenidos con archivos de comandos comunes para Prec	41
Figura 12-16.- Ejemplos de gráficos de mapas obtenidos con archivos de comandos para Prec	42
Figura 13-1.- Ejemplos de flujos de datos hacia modelos hidrológicos MHH, gracias a conectores tipo CHM. Caso República Dominicana	44
Figura 13-2: Esquema general de la solución	46

<i>Figura 13-3: Ejemplo de contenido de carpeta con archivos GRIB proporcionados por AEMET</i>	47
<i>Figura 13-4.- Ventana de comandos</i>	50
<i>Figura 13-5.- Ventana de registro de actividad de GMeteo cuando se emplea el comando ciclo.cmd</i>	51
<i>Figura 13-6.- Archivo de configuración Conf_GMeteo.xlsx</i>	52
<i>Figura 13-7.- Archivo Conf_Map_Raster.xlsx para configuración de mapas de resultados en forma de mallas</i>	53
<i>Figura 13-8.- Ejemplo de resultado gráfico en formato matricial</i>	53
<i>Figura 13-9.- Archivo Conf_Map_Areales.xlsx para configuración de mapas de resultados de cálculos areales</i>	54
<i>Figura 13-10.- Ejemplo de resultado en formato vectorial</i>	54
<i>Figura 13-11.- Ejemplos de salidas gráficas generadas con los comandos descritos</i>	57
<i>Figura 13-12.- Base SIG de configuración del módulo CFFGS</i>	58
<i>Figura 13-13.- Uso de GIS-Grass como herramienta auxiliar en la configuración</i>	59
<i>Figura 13-14.- Archivo de ayuda de CFFGS</i>	61
<i>Figura 13-15.- Ventana de configuración general de CFFGS</i>	62
<i>Figura 13-16.- Configuración de variables de futuro</i>	62
<i>Figura 13-17.- Configuración de variables de pasado</i>	63
<i>Figura 13-18.- Mapas de valores agregados para un caso de aplicación de CFFGS</i>	65
<i>Figura 13-19.- Gráficas y tablas con estadísticas de la variable ARW para un caso de aplicación de CFFGS</i>	66
<i>Figura 13-20.- Capas SIG de máscaras para configurar CMF</i>	69
<i>Figura 13-21.- Archivo de ayuda de CMF</i>	71
<i>Figura 13-22</i>	72
<i>Figura 13-23.- Página web de resultados de CMF basada en el uso de comandos EDAPHI generales</i>	74
<i>Figura 13-24.- Hoja principal de configuración de CSispi</i>	75
<i>Figura 14-1.- Importancia del estado de humedad antecedente en una cuenca. Gráfica obtenida del archivo "Saturación y PE.xslm" que forma parte de la documentación de EDAPHI.</i>	81
<i>Figura 14-2.- Variación del número de curva en función del parámetro a</i>	82
<i>Figura 14-3.- Curvas que relacionan "a" con la precipitación media en días anteriores</i>	83
<i>Figura 14-4.- Carpetas de un caso de aplicación de MHH</i>	85
<i>Figura 14-5.- Contenido del archivo Conf_MHH_Gen.xlsx</i>	86
<i>Figura 14-6.- Configuración general de un caso de aplicación. Hoja Conf</i>	87
<i>Figura 14-7.- Ventana del modelo Hec-HMS</i>	87
<i>Figura 14-8.- Capas SIG de especificaciones de nodos tipo Q, V y S</i>	89

Figura 14-9.- Especificación de nodos con series temporales dato (entradas al sistema hidrológico) en la hoja In del archivo de configuración (izquierda) y en el modelo Hec-HMS (derecha)	90
Figura 14-10.- Especificación de precipitaciones areales en la hoja In_S del archivo de configuración (izquierda) y en el modelo Hec-HMS (derecha)	91
Figura 14-11.- Indicación de método de cálculo de caudales en nodos de tipo Q	92
Figura 14-12.- Especificaciones en blanco si se desea que MHH busque los caudales entre las series temporales dato	92
Figura 14-13.- Tablas de curvas de gasto en estaciones de aforos	93
Figura 14-14.- Almacenamiento de tablas CKn1 en el archivo de configuración	94
Figura 14-15.- Hoja Out para especificar los resultados	95
Figura 14-16.- Hoja de definición de un escenario pasado	96
Figura 14-17.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de subcuencas en escenarios tipo PAS o SIM	97
Figura 14-18.- Hoja de especificaciones para el cálculo del parámetro a en función de la lluvia antecedente	98
Figura 14-19.- Definición de la función de transformación del parámetro de humedad antecedente para calcular a	99
Figura 14-20.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de tramos en escenarios tipo PAS o ST.XLSX	99
Figura 14-21.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de subcuencas en escenarios tipo CAL	100
Figura 14-22.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de tramos en escenarios tipo CAL	101
Figura 14-23.- Hoja de definición de un escenario de calibración por zonas	102
Figura 14-24.- Hoja para agrupación de subcuencas en zonas	102
Figura 14-25.- Establecimiento de rangos de variación de parámetros por zonas	103
Figura 14-26.- Especificación de límites relacionados con parámetros en subcuencas por zonas de calibración	104
Figura 14-27.- Relación entre tramos y zonas de agrupación	104
Figura 14-28.- Rangos de variación y tolerancias de parámetros por zonas	105
Figura 14-29.- Tablas de parámetros en tramos fijados según zonas de calibración	105
Figura 14-30.- Hoja para especificación de los parámetros del algoritmo de computación evolutiva	106
Figura 14-31.- Hoja de definición de un escenario de tiempo futuro genérico	107
Figura 14-32.- Definición de escenario de análisis o simulación (tipo SIM)	107
Figura 14-33.- Definición básica de escenario de futuro con series HV	109
Figura 14-34.- Definición de series temporales HV en futuro	110
Figura 14-35.- Referencia a valores futuros de lluvia generados por otro módulo	111
Figura 14-36.- Estructura de carpetas de un caso de aplicación de MHH	114

Figura 14-37.- Colección de gráficos en la carpeta Res\Grf\Nod	115
Figura 14-38.- Gráfico de previsión y notas	115
Figura 14-39: Ejemplo de resultado del comando scn -list_s	118
Figura 14-40: Ejemplo de resultado del comando scn -list_s	119
Figura 14-41.- Ejemplo de resultado del comando mod -l_nods	120
Figura 14-42.- Ejemplo de consulta de resultados con Google Earth	120
Figura 15-1.- EDAPHI-MHH-H opera con procesos en paralelo para el análisis en tiempo pasado con submodelos	124
Figura 15-2.- Configuración de un hipermodelo MHH-H	125
Figura 16-1.- Puntos de interés y nodos de representación del sistema hidrológico	127
Figura 16-2.- Hoja principal de configuración de GenMH	128
Figura 16-3.- Especificaciones de hietogramas triangulares en GenMH y caudales de entrada	129
Figura 16-4: Ventana de ayuda con instrucciones de uso de GenMH	129
Figura 16-5.- Resultados de GenMH	130
Figura 17-1.- Configuración del escenario único del caso de aplicación integrado en Ges	132
Figura 17-2.- Ejemplo de archivo de series de entrada para MHH integrado, generado por Ges	133
Figura 17-3.- Ejemplo de datos de salida de embalse para Ges	134
Figura 17-4.- Hoja principal de configuración de Ges	135
Figura 17-5.- Configuración de una tormenta	136
Figura 17-6.- Definición del frente de la tormenta	137
Figura 17-7.- Ejemplo de tormenta en un instante dado. Gráfico generado con el comando ges -plt_p_t	137
Figura 17-8.- Especificación de las variables de salida para generar archivos de episodios en la hoja STGen	138
Figura 17-9.- Especificación del nombre de archivo de series de caudales de salida de embalses,	138
Figura 17-10.- Resultados gráficos	139
Figura 18-1.- Ventana de acceso al sitio a través de la url <a href="http://www.saihsegura.es">http://www.saihsegura.es</a>	144
Figura 18-2.- Primera página. Acceso a los módulos y casos de aplicación	144
Figura 18-3.- Aspecto de la primera página del módulo Prec	145
Figura 18-4.- Unas de las páginas de detalle del módulo Prec	145
Figura 18-5.- Página de Prec con tablas de series temporales de precipitaciones areales	146
Figura 18-6.- Una de las páginas de GMeteo con animaciones Gif y acceso a gráficos de un intervalo específico	147
Figura 18-7.- Una de las páginas de consulta del módulo MHH	148
Figura 18-8.- Página principal de SIPIF, el sistema Sistema de Pronóstico Integrado de Inundaciones Fluviales para República Dominicana	149
Figura 18-9.- Organización principal de la información hidrológica en la web de SIPIF	149

Figura 18-10.- Datos pasados de interés en el pronóstico hidrológico en SIPIF _____	150
Figura 18-11.- Consulta de información de lluvias pasadas para el pronóstico hidrológico en SIPIF _____	150
Figura 18-12.- Detalle de página sobre humedad del terreno en el módulo hidrológico de SIPIF _____	151
Figura 18-13.- Detalle de lluvias futuras en el módulo hidrológico de SIPIF _____	151
Figura 18-14.- Clasificación de puntos de interés en una cuenca compleja del sistema SIPIF _____	152
Figura 18-15.- Página de acceso a toda la información para un caso hidrológico sencillo en SIPIF _____	152
Figura 19-1.- Ventana de ayuda _____	158
Figura 19-2.- Ventana de creación de "buffer de distancia fija" _____	162
Figura 19-3.- Edición del área de recorte basada en el área buffer _____	162
Figura 19-4.- Ventana de creación o selección de Location y Mapset de Grass _____	163
Figura 19-5.- MDT importando en Grass _____	164
Figura 19-6.- Preparación de capas principales en QGIS _____	164
Figura 19-7.- Ejemplo resultado de creación automática de secciones _____	165
Figura 19-8.- Edición de secciones creadas automáticamente _____	166
Figura 19-9.- Definición de orillas y muros _____	167
Figura 19-10.- Definición del sistema de referencia en HecRas _____	168
Figura 19-11.- Importación del MDT desde HecRas _____	168
Figura 19-12.- Importación del archivo SDF desde la ventana de geometría de HecRas _____	169
Figura 19-13.- Generación de mallas de calados desde RasMapper _____	170
Figura 19-14.- Revisión de ancho de secciones a la vista de los resultados de los cálculos de inundación _____	171
Figura 19-15.- Revisión de muros a la vista de los resultados de HecRas _____	172
Figura 19-16.- Ejemplo de problemas en la definición de zonas inundadas con RasMapper. _____	173
Figura 19-17.- Exportación de archivo SDF desde HecRas para su uso con los comandos DE_SDF_ _____	174
Figura 19-18.- Capas generadas con el comando DE_SDF_GEOM a partir del SDF creado desde HecRas _____	174
Figura 19-19.- Edición de los límites de cada perfil de cálculo _____	175
Figura 19-20.- Resultados de cálculo de zonas inundadas con el comando de_sdf_res_nolim que emplea los límites de perfiles editados _____	176
Figura 19-21.- Todas las tareas pueden realizarse directamente en Grass, sin necesidad de otro SIG _____	176
Figura 19-22.- Análisis final de resultados reflejados en una capa de comentarios _____	177
Figura 19-23.- Unión de límites de inundación _____	178
Figura 19-24.- Importar geometría de un archivo HecRas _____	179

Figura 19-25.- Opciones de importación de geometría _____	180
Figura 19-26.-Gráfico con la situación de las secciones del modelo sin georreferenciar y digitalización de las mismas en un SIG _____	181
Figura 19-27.- Renombrado de secciones _____	181
Figura 19-28.- Edición de coordenadas en HecRas _____	182
Figura 19-29.- Archivos MID y MIF de MapInfo de las secciones en planta _____	182
Figura 19-30.- Edición de coordenadas del tramo _____	183
Figura 19-31.- Inversión de nodos de la sección _____	183
Figura 19-32.- Digitalización de secciones extendidas _____	184
Figura 19-33.- Combinación de secciones. En la zona roja se seleccionarán los puntos de Sdf_Sec. En la azul los de Sdf_Prin _____	185
Figura 19-34.- Ejemplo de estructura antes y después de la extensión de las secciones _____	185
Figura 19-35.- Superposición de modelos. La sección marcada en rojo, perteneciente al modelo principal, se eliminará para insertar el submodelo _____	186
Figura 19-36.- Inserción de un submodelo importando geometría _____	186
Figura 20-1.- Esquema del modelo de Témez para la evaluación de recurso hídricos _____	189
Figura 20-2.- Esquema simplificado del modelo de Témez _____	190
Figura 20-3.- Evolución de los usos del suelo _____	191
Figura 20-4.- Resultados de síntesis. Estadísticos anuales. _____	191
Figura 20-5.- Valores medios mensuales _____	192
Figura 20-6.- Archivos de MS-Excel con vínculos a CSV, programas VBA para consultas y cálculos. _____	193
Figura 20-7.- Consulta de resultados en otro SIG (caso QSIG) _____	193
Figura 20-8.- Mallas con resultados de balances _____	194
Figura 21-1.- Base SIG para un caso de aplicación (Yaque del Norte en República Dominicana) definida con GCuencas _____	196
Figura 21-2.- Base SIG de Prec para el mismo caso de aplicación _____	196
Figura 21-3.- Esquema de adaptación del hidrograma unitario para intervalos de tiempo diarios _____	197
Figura 21-4.- Caudal base representado en el hidrograma unitario _____	198
Figura 21-5.-Hoja principal de configuración de ADDA _____	200
Figura 21-6.- Definición de un escenario de cálculo _____	200
Figura 21-7.- Establecimiento de parámetros PQ_NC_APL_QBC en una hoja _____	201
Figura 21-8.- Ejemplo de gráfico de resultados que incluyen precipitación (amarillo), caudal calculado (negro) y caudal dato (rojo) _____	201
Figura 21-9.- Ejemplo de gráficos de resultados de cálculo de errores en función del periodo de cálculo de precipitación antecedente _____	202
Figura 22-1.- Ejemplos de resultados de mapas y hojas de cálculo _____	205



## C. Tablas

---

<i>Tabla 4-1.- Ejemplo de tabla alfanumérica asociada a un SHP que define los nodos de tipo Q</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 6-1.- Resumen de módulos según su ámbito de utilización</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11-1.- Comandos del módulo Gen</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 11-2.- Ejemplo de contenido del archivo de configuración del programador de tareas</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 13-1.- Comandos del módulo GMeteo</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 14-1.- Relación del estado de los grupos de estado de humedad antecedente (I, II, y III), en hidrología de diseño, con la precipitación en los últimos 5 días</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 14-2.- Relación de la Tabla 14-1 expresada en valores medios diarios de precipitación</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 14-3. – Comandos del módulo de MHH</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 19-1.- Comandos del módulo GHR</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 20-1.- Comandos del módulo MTG</i>	<i>194</i>





## 1 Introducción

---

EDAPHI es el entorno de desarrollo de modelos de análisis y pronóstico hidrológicos. Consiste en una serie de bibliotecas de programación que permiten la generación de aplicaciones de análisis y pronóstico hidrológico, y tiene asociados una determinada organización de módulos (aplicaciones), un aorganización de su código de programación, y una estructura de archivos.

Gran parte de las bases de EDAPHI se encuentran descritas en el libro "BASES SPH 2015.- Bases conceptuales y organizativas para los sistemas de predicción hidrológica" (Angel Luis Aldana Valverde, 2015), que puede ser descargado de <https://www.angel-l-aldana.com/publicaciones> o adquirir una copia en papel en <https://www.bubok.es/libros/240907/BASES-SPH-2015-Bases-conceptuales-y-organizativas-para-los-sistemas-de-prediccion-hidrologica>. En dicha publicación puede encontrarse el complemento de lo que aquí se trata. En algún caso, se harán referencias concretas e incluso se incorporará algún texto de manera literal o adaptada.

Hay muchos detalles de la solución cuya descripción implicaría un documento de gran volumen. Dichos detalles están en el código de programación, el cual está completamente documentado conforme a estándares. No obstante, este documento es suficientemente descriptivo y su contenido es básico y complementario de la documentación del código.

Se trata de una solución en continua evolución, por lo que este documento puede estar algo desfasado respecto a la última versión del entorno. Aquí se describe la segunda versión difundida.

## 2 Soluciones para el análisis y el pronóstico hidrológico

---

Los problemas de la hidrología operacional, que con frecuencia se desempeña en los Servicios Hidrológicos Nacionales, tienen una componente científica, pero, actualmente, la relevancia de ésta no es tan grande como pudiera parecer. Rara vez puede atribuirse el fallo de un sistema de pronóstico a deficiencias científicas de la solución. Los errores que se detectan en los sistemas en operación están en otro orden de magnitud y suelen estar asociados a falta de recursos materiales que aseguren datos de calidad y en cantidad suficiente, y, sobre todo, humanos, por falta de personal suficiente, en número y entrenamiento.

La solución para el análisis y pronóstico hidrológico es claramente algo más que una cuestión científica y tecnológica. Al asumir esto, los enfoques para las soluciones tienen que ser coherentes con esta realidad. Además, deben considerar las fases de uso de modelos, desde su implementación hasta la puesta en marcha, y las condiciones en que van a ser usados.

Estas reflexiones y otras consideraciones deben ser tenidas en cuenta en el diseño y desarrollo de plataformas como EDAPHI, y en su uso, por ello se incluye este capítulo con ellas.

### 2.1 Condiciones de operación

En un centro de proceso de un sistema de monitoreo y pronóstico hidrológico se realizan un gran número de tareas. Especialmente en casos de crecidas, más aún si se trata de fenómenos hidrológicos con tiempos de respuesta cortos o medios, estas tareas hay que realizarlas en tiempo breves. Hay que generar informes, atender a problemas de hidrometría o telemetría, atender a llamadas o realizar otras para contrastar medidas o solucionar problemas que surgen, a menudo asociados a las condiciones de tormenta, ... Y hay que supervisar y corregir el funcionamiento de los modelos de previsión.

La combinación de la necesidad de ofrecer soluciones robustas y acertadas a tiempo cuenta con la dificultad añadida de las condiciones de trabajo en situaciones de crecidas. Especialmente cuando la magnitud del fenómeno hidrometeorológico es grande, surgen todo tipo de problemas que complican la labor de la plantilla de personal al cargo del sistema. Averías en sensores, retrasos en comunicaciones y fallos del suministro de la energía eléctrica son ejemplos de eventualidades frecuentes. En caso de una plantilla escasa, los miembros se ven obligados a jornadas de trabajo más largas y con horarios

que se tienen que adaptar al transcurrir de los acontecimientos, lo que lleva al cansancio y éste a dificultades para el análisis. Un modelo puede ayudar a realizar análisis y pronósticos, pero es una herramienta de apoyo que, a su vez, requiere supervisión y correcciones, tareas que requieren unas capacidades intelectuales en el momento difícilmente compatibles con el cansancio y el estrés, lo que debe ser tenido en cuenta en el diseño de la aplicación informática, y en la definición de la plantilla de personal.

## 2.2 Tamaño de la plantilla y perfiles profesionales

Para que un sistema de pronóstico en tiempo real funcione, debe contar con un equipo de especialistas con experiencia operacional, conocimiento del área geográfica y formación amplia en varias disciplinas. Por cantidad y por tipo de trabajo, las exigencias para el equipo humano responsable son altas.

Por ello, es imprescindible un número mínimo de hidrólogos bien formados y entrenados. En la práctica, la formación se logra con apoyos, y la experiencia se adquiere y también puede ser transmitida. Así, el perfil de la plantilla de personal es el menor de los problemas, solo requiere algo de tiempo. Sin embargo, el principal defecto suele ser el número de la plantilla. Por absurdo que parezca, más aún teniendo en cuenta la magnitud económica y social de los problemas que se abordan, la tarea de crear y mantener una plantilla apropiada es, en la práctica y en la mayoría de los casos, la más ardua.

## 2.3 Estudios previos

Las soluciones en la hidrología operacional, sobre todo para los sistemas de pronóstico en tiempo real, pueden y deben basarse en estudios previos. Cuando se cuenta con ellos, se cuenta con conocimiento y cuantificación de los fenómenos hidrológicos y cuestiones relacionadas que pueden incorporarse a las soluciones. Por tanto, la implementación de un nuevo sistema necesitará menos gasto y tiempo. También el mantenimiento y mejora de una solución existente tiene que aprovechar otras fuentes de información y conocimiento.

## 2.4 Información disponible. Operación en tiempo real

La primera necesidad con que cuenta un sistema de pronóstico en tiempo real es la de la información a tiempo, en cantidad suficiente y de calidad. De poco sirve un buen modelo bien calibrado si no cuenta como entrada con un conjunto de datos de medidas

hidrológicas que cumplan esas condiciones. La primera y, muy a menudo, principal fuente de incertidumbre o error de un modelo de pronóstico está en los datos de entrada.

## 2.5 Costes

Es bien conocido que la implementación de una red telemétrica de medidas hidrológicas tiene un coste de implementación, de construcción. Requiere inversión que periódicamente debe actualizarse. Pero a menudo no se cubren de manera suficiente los costes de operación y mantenimiento, que con frecuencia superan el 10% de la inversión y pueden aproximarse al 15% o, incluso, al 20%. Si no hay un buen mantenimiento de las estaciones de medida y no se calibran con la periodicidad necesaria, no proporcionarán información con las condiciones antes apuntadas.

Otro tanto puede decirse de otros elementos de un sistema de pronóstico, como las comunicaciones o la informática. Y no debe olvidarse que los modelos, como el resto del software, cuenta con las mismas necesidades.

Entre los costes de operación están las plantillas de personal que hay que asumir, según lo referido anteriormente.

## 3 Principales características de la solución

---

### 3.1 Sistema abierto

La configuración de aplicaciones puede realizarse de manera sencilla y adaptable. En general, se opta por archivos de uso común para definir los parámetros de configuración de los diferentes módulos, incluidos los parámetros hidrológicos (ver capítulo 5).

Tal y como se expone en el mismo capítulo 5, y relacionado con la arquitectura de la solución, el uso de módulos o utilidades está muy abierta a través de llamadas a programas por comandos. Los módulos de uso, programas que pueden ser llamados desde la línea de comandos del sistema operativo, están, generalmente, relacionados directamente con un módulo de programación (archivo PY de Python), lo que facilita aún más el uso del entorno.

El código se ha desarrollado con criterios de estilo orientados a la sencillez. Incluso hay módulos orientados a ser usados como material de enseñanza y entrenamiento en programación.

### 3.2 Arquitectura modular

Tal y como se ha anticipado, las aplicaciones desarrolladas se han organizado en módulos independientes. Cada módulo puede usarse de manera autónoma, con pocas interdependencias, salvo en las partes comunes. Hay dos grupos de módulos en la programación:

- Comunes. - Módulos de código de propósito general que pueden ser usados por otros módulos.
- Específicos. - Módulos asociados a un módulo de aplicación concreto

En cuanto a los módulos de aplicación (MHH, Prec, etc. – que se describen en otros capítulos), se diferencian en:

- General. - Hay un módulo que tiene la responsabilidad de mantener los datos generales o algunos aspectos de configuración que faciliten la interacción y coherencia de aplicaciones y la información común.
- Especializados. – Se trata del resto de módulos, cada uno especializado en unas tareas específicas y con unas funcionalidades.

Estas diferenciaciones se trasladarán también a los comandos disponibles (ver capítulo 8) desde cada caso de aplicación.

Cabe la opción de que la salida de un módulo, o de su aplicación a un caso concreto, sea la entrada para otro. Incluso un módulo puede integrarse en otro. Pero también puede tomarse como entrada otro origen a seleccionar por el usuario.

### 3.3 Costes bajos de desarrollo e implementación.

El desarrollo e implementación de sistemas de monitoreo y pronóstico hidrológico puede tener costes muy altos. El concepto de EDAPHI lleva a una solución de bajo costo en el desarrollo y adaptación de soluciones y también en la implementación.

Se trata de una solución muy flexible que facilita el aprovechamiento de utilidades de dominio público.

Incluso, ante la necesidad de desarrollos específicos para un caso de aplicación, los costes serán bajos gracias a que se cuenta con una biblioteca de código multipropósito con la que, muy probablemente se encuentre solución con poco código nuevo.

### 3.4 Aprovecha los conocimientos generales del perfil estándar de hidrólogo

Un hidrólogo operacional requiere un conjunto de capacidades raras en la formación estándar de los hidrólogos. Este entorno ha buscado apoyo en soluciones de la hidrología de estudios, análisis o diseño, para convertirlas en soluciones para su uso operacional, incluso en tiempo real.

Esto reduce los tiempos y esfuerzos necesarios para capacitar al personal, pues los requerimientos de formación y entrenamientos específico se reducen mucho.

### 3.5 Ampliable y escalable

Gracias a su enfoque, arquitectura y complementos, de tipo modular, el entorno permite implementar una solución que puede ir creciendo en fases sucesivas, tanto desde un punto de vista geográfico (ampliación del número de casos y extensión del área de aplicación), como desde el punto de vista de tipos de problemas a abordar.

El código ha sido concebido y desarrollado para incorporar utilidades de cálculo y simulación de diversos tipos, por lo que está abierto a incorporaciones que no se detallan aquí. Algunos de los módulos de aplicación que aquí se describen son ejemplos de lo que puede desarrollarse. Así, del mismo modo que MHH se basa en software Hec (ver capítulo 0), también puede funcionar con modelos propios o con otras aplicaciones externas.

### 3.6 Integradora de las soluciones

Todas las características, anteriormente descritas, van a facilitar la integración de soluciones, no solo desde un punto de vista informático, sino también, o, sobre todo, organizativo.

### 3.7 Fácilmente integrable en otras soluciones

Los casos de aplicación recientes (2021) demuestran que las soluciones parciales generadas con EDAPHI son fácilmente integrables en sistemas más complejos. Un ejemplo está en el sistema implementado en República Dominicana, cuyo enfoque se describe en la publicación "Synergies between hydrometeorological systems in the Dominican Republic" (<https://community.wmo.int/activity-areas/hydrology-and-water-resources/IRFF-in-Dominican-Republic>)

### 3.8 Sostenible

La sencillez del código y de las aplicaciones (hasta lo posible, dada la complejidad del sistema y de los problemas que aborda) facilita el mantenimiento de las soluciones que se generen con este entorno. No cuenta con gastos de mantenimiento de licencias, no tiene exigencias especiales de instalación en ordenadores, las soluciones pueden adaptarse a diferentes capacidades de cálculo de las máquinas disponibles y no requiere gastos importantes en formación y entrenamiento. Todo ello contribuye a que las soluciones basadas en EDAPHI cuenten con garantías de sostenibilidad.

Por otra parte, la estrategia del autor es compartir el código en una comunidad de especialistas experimentados en la hidrología operacional. Ello lleva a grandes ventajas y beneficios en favor de los involucrados, y de la misma solución.

## 4 Enfoques metodológicos

---

El entorno incluye muchos métodos de cálculo con algoritmos programados que son de uso común en la hidrología operacional. Algunos son variaciones de soluciones estándares adaptadas para su uso en tiempo real. Tal es el caso de los filtros de media móvil que se incorporan, o utilidades para reajustes rápidos de curvas de gasto (relaciones nivel caudal en estaciones de medida de nivel en ríos o canales), y de otras muchas utilidades incorporadas.

No obstante, en este capítulo se incluyen algunos apartados que abordan algunos aspectos importantes, relacionados con el pronóstico hidrológico, que pueden ser singulares en EDAPHI.

### 4.1 Modelos de cálculo y simulación

El entorno incluye en su código utilidades de cálculo numérico, incluyendo un algoritmo de computación evolutiva para problemas de calibración de parámetros. También interpoladores unidimensionales y bidimensionales, y diversas herramientas de modelación. Pero está concebido para incorporar soluciones externas.

En los ejemplos de desarrollos que se describen en este documento pueden encontrarse soluciones que integran aplicaciones de cálculo hidrológico, de cálculo hidráulico y sistemas de información geográfica.

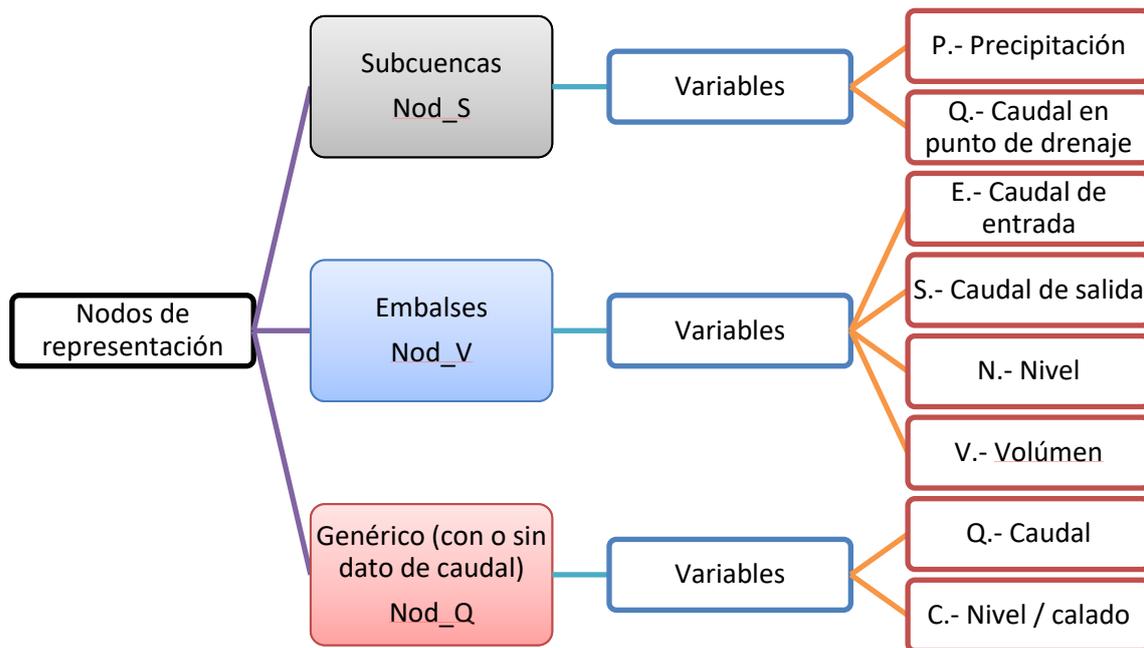
Por tanto, dado este enfoque, no hay un método concreto de cálculo y simulación, sino que se ofrecen múltiples alternativas propias (del mismo entorno) o externas.

### 4.2 Representación del sistema hidrológico

El sistema hidrológico se representa en base a nodos de tipo subcuencas (nod\_S), embalse (nod\_V) o genérico (nod\_Q).

Opcionalmente, también puede incluirse el tipo de nodo pluviómetro (nod\_P), que tendrán a la precipitación como variable asociada.

Los nodos nod\_Q pueden tener dato de caudal, opcionalmente, lo que servirá para los contrastes y calibraciones de los modelos de simulación.



**Figura 4-1.- Representación del sistema hidrológico en nodos**

Cada tipo de nodo tendrá su capa SIG en formato SHP de tipo puntos, con nombre fijo nod\_Q.shp, ... Los nodos tipo nod\_S tendrán, además, una capa de polígonos con nombre nod\_S\_Areas.shp.

Cada capa debe tener, al menos, dos campos de tipo texto:

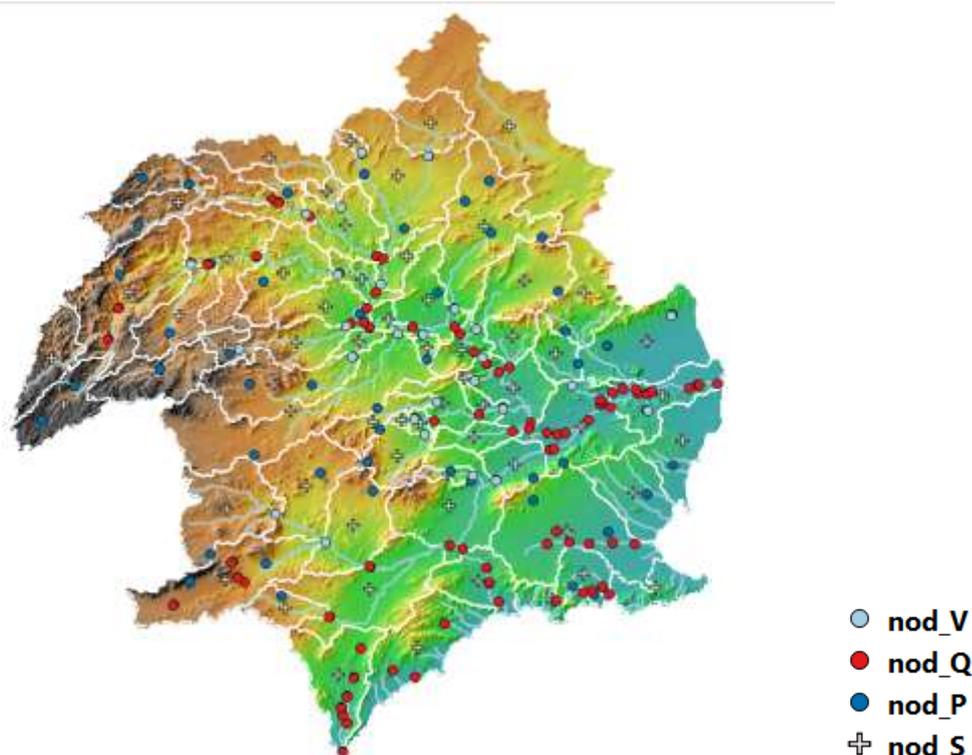
- id.- Identificador que permite reconocer de manera única (clave) un nodo
- desc.- Descripción del nodo

Los nombres de las capas serán Nod\_P, Nod\_Q, Nod\_V y Nod\_S

id	desc
02A03A1	Aforo río Segura - Menjú
02O03A1	Marco de control en Rbla del Tinajón

**Tabla 4-1.- Ejemplo de tabla alfanumérica asociada a un SHP que define los nodos de tipo Q**

La capa de áreas de subcuencas debe tener el campo de área en km<sup>2</sup>.



**Figura 4-2.- Mapa con la representación del sistema hidrológico, incluyendo nodos tipo nod\_P**

Se han referido las variables principales de cada tipo de nodo, aunque cada uno de ellos puede tener otras, según el tipo de modelación.

Se trata pues de una representación sencilla. Después, el modelo que se emplee en cada caso contará con el tipo de representación que le corresponda. Los nodos EDAPHI tienen como principal función el servir de conexión entre datos, modelos y resultados. Se independiza con ellos las representaciones internas de los modelos de los datos y los resultados. Es decir, el modo de representación se caracteriza por:

- Los nodos representan puntos o entidades de interés
- Cada tipo de modelo tendrá su representación interna
- Independencia de módulos, modelos, datos y resultados:
  - Representan datos y entradas a modelos
    - Pueden usarse modelos distintos o reconfigurarse sin que ello afecte al resto del sistema, ya sean de tipo agregado, semidistribuido o distribuido.
  - Se asocian a la generación de resultados de interés, obviando detalles internos de cada modelo.

El módulo GenMH, complemento de GCuencas, puede generar las capas de los anteriores a partir de otra capa de puntos con otra clasificación de puntos (16).

### 4.3 Escenarios

Un escenario EDAPHI es un conjunto de series temporales y parámetros asociados a unas entidades de modelación. Se diferencian los siguientes tipos:

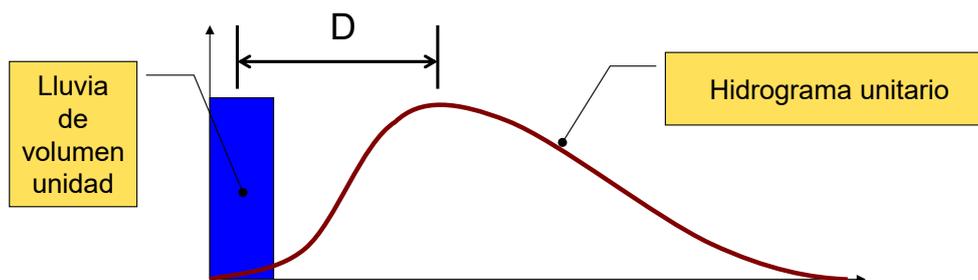
- Escenario de simulación. - Tendrá asociados unos parámetros de simulación, unas variables de entrada al sistema hidrológico y unas salidas resultado de los cálculos basados en los anteriores. En este escenario no se distingue tiempo pasado o futuro respecto a un instante. Se emplea en fases de estudio o análisis de comportamiento de sistemas hidrológicos
- Escenario pasado. - Tendrá asociados unos parámetros de simulación, unas variables de entrada al sistema hidrológico y unas salidas resultado de los cálculos basados en los anteriores. Se trata de un tipo de escenario para la labor previa al pronóstico, que permite comparar cálculos con medidas u observaciones, en caso de que las haya.
- Escenario futuro. - También estará definido por unas series temporales de entrada y unos parámetros de modelación, y por los resultados correspondientes, pero referidos a tiempos futuros o englobando intervalos de tiempo futuro.

Todos los escenarios pueden agrupar otro tipo de atributos, ya sea como dato o como resultado.

### 4.4 Horizonte de previsión

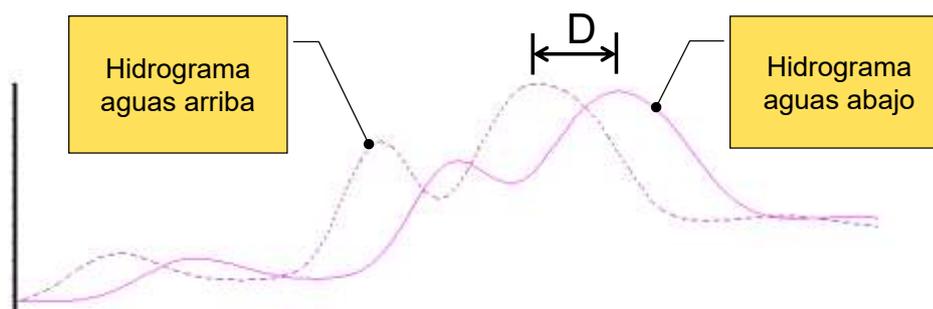
*Lo siguiente es un fragmento del libro "BASES SPH 2015.- Bases conceptuales y organizativas para los sistemas de predicción hidrológica" (Angel Luis Aldana Valverde, 2015), que puede ser descargado de <https://www.angel-l-aldana.com/publicaciones> o adquirir una copia en papel en <https://www.bubok.es/libros/240907/BASES-SPH-2015-Bases-conceptuales-y-organizativas-para-los-sistemas-de-prediccion-hidrologica>*

En primer lugar, hay que recordar el hecho de que la previsión es posible gracias al desfase existente entre causa y efecto que se observa en los fenómenos hidrometeorológicos. Esto es especialmente claro en los procesos de transformación lluvia-escorrentía, en los que la respuesta de la cuenca receptora de lluvia se manifiesta en un caudal cuyo valor máximo (punta) se presenta con un desfase temporal (tiempo de punta). Esto se explica con el concepto de hidrograma unitario (Figura 4-3), que define la respuesta de una cuenca a una precipitación uniforme de volumen con valor unidad.



**Figura 4-3.- Desfase (D) entre la lluvia y el caudal de escorrentía según el concepto de hidrograma unitario**

También la propagación de hidrogramas a lo largo de un río o canal se produce con un desfase que permite hacer previsión en función de los valores pasados (recientes) y actuales. Un hidrograma observado en un punto del río se propagará hacia aguas abajo con un retraso o desfase  $D$  (Figura 4-4) y una laminación (reducción de sus valores punta). El modelo de propagación conocido como Muskingum recoge este concepto en uno de sus principales parámetros (que suele identificarse con  $K$ ).



**Figura 4-4.- Desfase (D) entre un hidrograma y su propagado aguas abajo**

Gracias a esta característica de este tipo de fenómeno, que fácilmente puede valorarse en horas, se cuenta con capacidad de previsión basada en observaciones, medidas de niveles y cálculo de precipitaciones y caudales.

En la meteorología se distinguen distintos tipos de previsiones atendiendo al horizonte temporal de la misma, es decir, el tiempo máximo que alcanza la previsión, medido desde el momento en que ésta se realiza:

- Inmediata (hasta 6 horas)
- A corto plazo (hasta 4 días)
- A medio plazo (hasta 10 días)

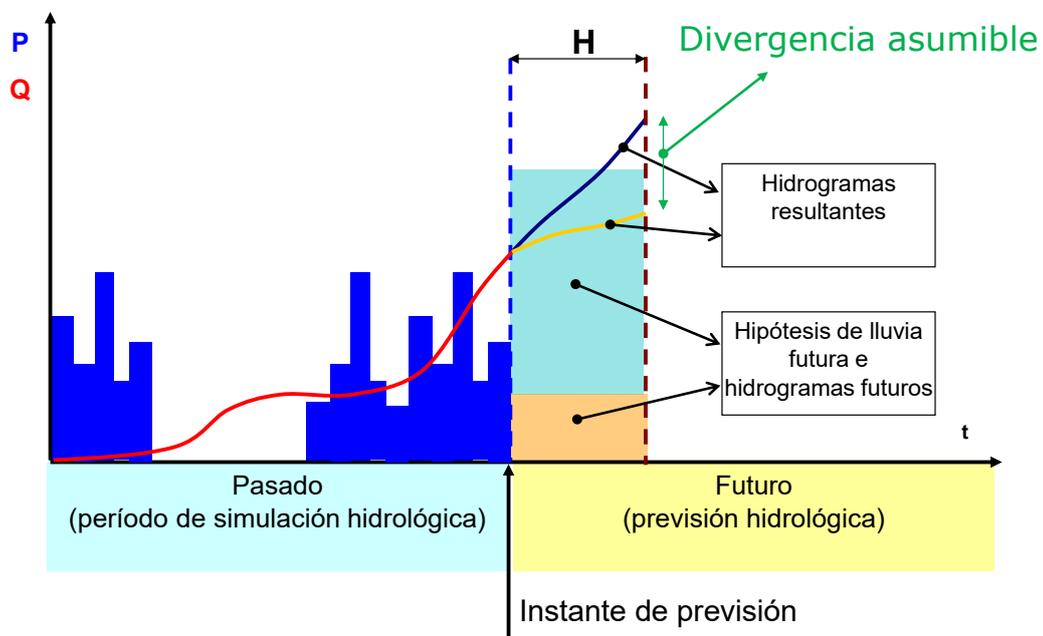
Estos horizontes temporales son independientes del área geográfica sobre la que se realiza la previsión, pues la constancia en desfases de causas y efectos es, de algún

modo, global. Sin embargo, en hidrología, al estar asociada la previsión a sistemas con tiempos de respuesta muy variables, un enfoque análogo no resulta práctico.

Un conjunto de hipótesis razonables de causa (la precipitación, por ejemplo) tendrá como respuesta unas consecuencias (caudales) en un determinado punto de la red hidrográfica situada aguas abajo del lugar o área donde se detecta la causa. Entre estímulos y respuestas habrá unos desfases que dan lugar a una horquilla en la previsión. Esta horquilla (Figura 4-5) puede definirse con dos hipótesis de futuro extremas dentro de un rango razonable (siguiendo con el ejemplo, podrían ser una lluvia futura nula y otra alta con una determinada probabilidad de ocurrencia). El horizonte de previsión estaría dado por un tiempo tal que la amplitud de la horquilla de previsión (divergencia admisible), la diferencia entre hipótesis extremas en un instante dado fuese tal que, tratada como incertidumbre en la previsión, se considerase aceptable desde un punto de vista práctico.

Así, el horizonte de previsión vendría determinado por los factores:

- Tiempo de respuesta del sistema hidrológico
- Divergencia admisible en la previsión asociada a la incertidumbre en las entradas al sistema



**Figura 4-5.- Horizonte de previsión en función de la divergencia asumible y la horquilla de previsión**

A lo anterior habría que sumar una apertura adicional de la horquilla de previsión debido a las incertidumbres de medida y cálculo.

Así pues, horizonte de previsión será aquel periodo de tiempo que, a partir de un instante determinado con datos suficientes, proporcione una previsión con incertidumbre menor a la divergencia asumible por los usuarios de la información.

#### 4.5 Ciclos de cálculo

El uso operacional en tiempo real de aplicaciones para el monitoreo y pronóstico hidrológico debe ser entendido como un ciclo que se repite sucesivamente a lo largo del tiempo. Cada ciclo se iniciará cuando se disponga de nuevos datos, lo que suele darse con una frecuencia periódica. Hay sistemas automáticos de información hidrológica que proporcionan datos cada 15, 30 o 60 minutos. Esto no obliga a realizar los pronósticos en cada refresco, pues dependerá de las necesidades y de los tiempos de cálculo. Si se obtienen nuevos datos cada hora, será preferible contar con nuevos pronósticos que, al contar con información más reciente serán mejores (al menos para los instantes más próximos), pero por tiempos de cálculo, de supervisión u otras razones de tipo operacional, puede que no sea posible o, quizás, no sea siquiera recomendable. Cada caso requerirá fijar unos tiempos de actualización de pronósticos.

*El usuario de la información que generen los sistemas de pronóstico debe ser consciente de estos ciclos, así como de las incertidumbres en los resultados. Un valor pronosticado (como un nivel de agua bajo un puente, por ejemplo) para un instante determinado (12 horas en el futuro) puede ser corregido y mejorado en un ciclo siguiente (pasados 6 horas, por ejemplo), pues las incertidumbres serán menores (la horquilla de previsión a 6 horas, siguiendo con el ejemplo, tendrá menor amplitud), en general. Ahora bien, habrán de tenerse en cuenta otras fuentes de incertidumbre que pueden afectar al acierto en las previsiones, como pueden ser modificaciones del cauce causadas por la misma crecida.*

#### 4.6 Calibración de parámetros de simulación en el pronóstico hidrológico en tiempo real

##### 4.6.1 Planteamiento del problema

El objetivo de la calibración de parámetros de modelación en el pronóstico hidrológico en tiempo real será el ajuste de los modelos de simulación y pronóstico para obtener resultados que representen bien la realidad. Preferiblemente, se contará con medidas que permitan valorar en tiempo real la bondad de los ajustes, pero no siempre se cuenta con esta información. Si no se cuenta con medidas en tiempo real, habrá que ajustar los modelos basados en otras medidas, pero si no hay datos no hay criterio riguroso de valoración del ajuste.

Los modelos de simulación que se emplean cuentan con limitaciones de representatividad inherentes a todo modelo (por definición), y con parámetros que

requieren modificaciones para que los resultados del modelo se ajusten a la realidad medida (generalmente caudales).

El problema operacional difiere en mucho de otros en el ámbito de la hidrología aplicada. Las condiciones de uso y las exigencias en cuanto a tiempos para proporcionar resultados condicionan fuertemente la solución a adoptar. También hay que considerar los medios materiales y humanos disponibles.

#### 4.6.1.1 *Proceso cíclico*

El pronóstico hidrológico en tiempo real se tiene que concebir como un proceso cíclico, tal y como se indicó anteriormente, en el que cada refresco de datos (medidas o resultados de otros modelos) inicia un nuevo ciclo que acaba en la difusión del pronóstico. Así, caben dos opciones:

- Reajuste en cada ciclo.- Puede exigir demasiado esfuerzo de máquina y humano, por lo que no puede recomendarse de manera general, aunque se disponga de herramientas de autocalibración (basadas en algoritmos de optimización paramétrica), pues los reajustes deben ser supervisados.
- Reajuste en cada varios ciclos o a horas prefijadas.- El proceso de calibración no será necesario incorporarlo en cada vuelta, sino que se puede hacer cada cierto número de ciclos. La frecuencia puede ser fijada con criterios operacionales, según los turnos de trabajo del equipo de hidrólogos, por ejemplo. Por ello es también práctico establecer horas fijas para la calibración automática.

Obviamente, los reajustes serán posibles cuando haya datos que faciliten el contraste.

#### 4.6.1.2 *Ventana móvil de tiempo pasado reciente. Periodo de análisis.*

Los modelos de pronóstico hidrológico funcionan generalmente en dos fases: 1) simulación de un periodo de tiempo pasado reciente y 2) pronóstico en un periodo que se denomina horizonte de previsión. El periodo de la primera fase suele ser función del tiempo de respuesta del sistema hidrológico, entre otros factores, aunque es difícil fijar a priori un valor sin análisis del caso concreto. Generalmente será superior a un día y expresable en esta unidad, aunque en hidrología los tiempos son muy variables, pues el tiempo de respuesta de una cuenca puede expresarse en horas, días, semana o, incluso, meses. El segundo depende especialmente del tiempo de respuesta y de la incertidumbre admisible (que puede ser valorada por la divergencia entre escenarios futuros

verosímiles de entrada), pero asumir valores del orden de la mitad del tiempo de respuesta suele ser apropiado de forma general.

Este periodo se irá desplazando en el tiempo (ventana móvil) en cada ciclo con nuevos datos.

Cuando se sigue este procedimiento, el modelo tendrá siempre una cierta memoria de lo ocurrido anteriormente, según el periodo de análisis de pasado reciente y según los tipos de información con el que cuente. Aunque los cálculos se realicen según modelos de eventos, cabe la posibilidad de dar continuidad en el tiempo a series temporales de variables e incluso de parámetros, de su evolución, con lo que, en la práctica, algunos modelos de eventos funcionarán como si fueran modelos de simulación continua.

#### 4.6.1.3 *Importancia de la calidad de las medidas en puntos de contraste de resultados*

La calidad de las medidas en puntos de contraste de resultados de los pronósticos tendrá una altísima responsabilidad. Cabe afirmar que, en la práctica, los errores de pronóstico dependen fundamentalmente de los errores en la medida. Esto es especialmente importante en situaciones extremas:

- Cuando los caudales circulantes son muy bajos, el flujo del agua se ve afectado por irregularidades del cauce y otros factores que llevan a gran incertidumbre en el cálculo.
- En el caso de niveles altos del agua (situaciones de crecida) se suelen sufrir las consecuencias de errores importantes en los cálculos de caudales. Bien porque no fue posible ajustar curvas de gasto basadas en aforos, bien porque no se cuenta con topografía y estudios hidráulicos del área en el que se encuentra la estación de medida, o porque las condiciones asociadas a la crecida (transporte de sólidos, desbordamientos o modificaciones del cauce) imponen una incertidumbre alta.

En el caso de las crecidas, un error en la medida o cálculo de caudal en el punto de contraste lleva a errores importantes en el pronóstico basado en observaciones. En el intento de interpretación de errores de simulación o pronóstico, especialmente en la fase de hidrogramas crecientes, un error de medida en caudales llevará a que se reajusten los desfases en las propagaciones y los volúmenes de escorrentía de manera errónea. Sobre los primeros suele haber menores incertidumbres, pues, entre otras razones, pueden contar con las bases hidráulicas para la acotación de los parámetros correspondientes. Pero, considerando fijados los anteriores, se observará un error que

puede ser atribuido a unos parámetros de cálculo de volúmenes de escorrentía distintos de los llevarían al modelo a una buena representación de la realidad, por una percepción errónea causada por datos insuficientes o de mala calidad.

Hay algo obvio en los razonamientos anteriores pero que conviene recordar: los datos de precipitación tendrán mucha importancia, pues, generalmente, los cálculos necesarios serán de transformación de lluvia en escorrentía. Es frecuente que los errores en los datos de precipitación sean la causa principal de los mayores errores en caudales simulados y pronosticados.

#### 4.6.2 Precalibración

Estudios basados en datos históricos y en estudios hidrológicos de diversas fuentes (incluso para otros objetivos) permitirán establecer un rango razonable de variación de los parámetros de simulación y pronóstico. Las modificaciones que se realicen posteriormente en tiempo real deben mantenerse dentro de estos rangos, salvo que se evidencien necesidades claras de asignar valores fuera de ellos. El objetivo de los estudios será lograr un rango de variación de parámetros posibles o razonables de amplitud lo más reducida que sea posible.

Este será también el caso obligado en el que no se cuente con medidas en tiempo real.

Cabe la posibilidad de operar en tiempo real con parámetros fijos, pero no parece que se haya inventado el modelo que no requiera reajustes (al menos, este autor no lo ha visto en casos reales de aplicación). No obstante, cabe la solución de no realizar los reajustes, pero en este caso será preferible operar con resultados de escenarios (conjunto de parámetros) que representen diferentes condiciones en que se encuentre el sistema hidrológico. Quedará pendiente definir la información que se difunde para ayuda en toma de decisiones, pues la incertidumbre, cuantificable como discrepancias entre escenarios razonables, será alta.

#### 4.6.3 Consideración y manejo de incertidumbres

Los errores de medida, los de simulación, la representatividad del modelo o las incertidumbres asociadas a las entradas al sistema llevan a una incertidumbre inevitable en el pronóstico. El único objetivo posible es tratar de reducir estas incertidumbres, pero no hay posibilidad de defender rigurosamente un valor determinista. Una vez asumido esta realidad inevitable, caben dos opciones:

- Difundir unos valores específicos de la variable (nivel o caudal) en función del tiempo, pero con indicación de la incertidumbre asociada.
- Operar con múltiples escenarios de simulación y pronóstico, y presentar resultados con conjuntos de hidrogramas o limnigramas, que pueden contar con sus respectivos indicadores de fiabilidad o probabilidad de ocurrencia.

#### 4.6.4 Valoración del error

La valoración del error de pronóstico cuenta con dificultades operacionales muy relevantes en la aplicación práctica. Esto está asociado a aspectos prácticos relacionados con la incertidumbre en la medida, por buena que sea. Hay que tener en cuenta que un error del 5% en hidrometría, en ríos, es algo casi ideal (un objetivo difícil y caro), y en la práctica hay que asumir errores del 10% como normales.

La siguiente cuestión es la selección de la variable que se usa en contraste con la medida:

- Error en los pronósticos anteriores. - Se calcula el error por comparación de los resultados de ciclos anteriores con las medidas. Este planteamiento tiene el inconveniente grave de que el pronóstico depende altamente de hipótesis de entradas futuras, tales como lluvias en las subcuencas del sistema hidrológico que se trate o caudales de entrada al mismo.
- Error de simulación. - Se contrasta la simulación del modelo con las medidas. Se recomienda basar la valoración de los ajustes en este enfoque, pues reduce la extensión y complejidad del problema. Aunque seguramente no sea posible en soluciones de pronóstico orientado a datos (no físicamente basados).

Finalmente, hay que seleccionar una fórmula de error. Es común emplear las que se usan en otras aplicaciones de la hidrología, pero hay expresiones que pueden resultar especialmente útiles en hidrología operacional, como las que ponderan los errores en los valores más altos, por ejemplo.

#### 4.6.5 Calibración en tiempo real

El objetivo será la selección de una combinación óptima de parámetros que resulte en un pronóstico bien ajustado a la realidad medida en tiempo real.

##### 4.6.5.1 Métodos de calibración

El problema del ajuste de parámetros se plantea como un problema matemático de optimización paramétrica, que busca solución a la minimización de una función error

dependiente de los parámetros de simulación y pronóstico. La computación evolutiva, dentro de lo que se encuentran los algoritmos genéticos, ofrece métodos de cálculo eficientes para casos de muchas variables y son fácilmente programables en el ordenador.

Hay otro modo de realizar una calibración más simple: calcular un conjunto de escenarios predefinidos de parámetros correspondientes a diferentes situaciones hidrológicas (caudales altos o bajos, estado de humedad antecedente alta o baja, etc.) y seleccionar el que proporcione mejor ajuste. Este último método tiene la ventaja de que la colección de parámetros será congruente, con sentido físico, lo que no siempre es el caso cuando se recurre a los algoritmos numéricos.

Cuando la calibración se realiza de manera automática se denomina autocalibración. Aunque se cuente con esta capacidad, las calibraciones deben ser supervisadas.

*EDAPHI cuenta con los métodos de calibración que aquí se exponen. Incluye algoritmos de computación evolutiva para problemas de optimización paramétrica. La selección final puede ser por comparación de los diferentes métodos.*

### **Calibración dura. Sin memoria de ciclos anteriores**

Cabe la posibilidad de afrontar una calibración dura, muy exigente en cálculos, consistente en buscar soluciones con rangos amplios de variación de parámetros sin tener en cuenta las conclusiones de las calibraciones en ciclos anteriores. La memoria del modelo se limitará al periodo de tiempo pasado que se usa para los cálculos en cada ciclo.

Este enfoque es aplicable cuando no se ha podido establecer una precalibración basada en análisis que permita acotar de manera importante los rangos de variación de los parámetros.

Este método también se puede aplicar cuando se han tenido problemas con el sistema de monitoreo y pronóstico, no ha sido posible hacer un seguimiento continuo de los procesos hidrológicos y hay fundadas sospechas de que los parámetros apropiados al momento difieren en mucho de los definidos antes del fallo.

Obviamente depende mucho, incluso en exceso, de la calidad de las medidas.

### **Calibración blanda. Modelos con inercia**

El sistema será más robusto y consistente cuando los modelos tienen "inercia" al considerar los ajustes de parámetros de ciclos anteriores. Cabe decir que el modelo tiene

memoria de lo ocurrido. Ello evitará cambios drásticos de parámetros que lleve a incongruencias o inconsistencias. No obstante, el proceso debe ser, como todos los de calibración, supervisado y corregido, si es necesario.

Al periodo o proceso en el que se van realizando modificaciones en los parámetros hasta lograr un buen ajuste del modelo se le denomina en ocasiones "calentamiento".

El resultado de aplicación de modelos de eventos siguiendo este enfoque cabe ser considerado como una modelación continua en el tiempo.

### **Calibración basada en relaciones de parámetros o variables**

Un parámetro que afecta a una variable puede relacionarse con otra que esté directa o indirectamente relacionada. Dicha relación puede servir para ajustar dicho parámetro. Tal sería el caso de un parámetro de estado de humedad antecedente, o afectado por ella, que puede relacionarse por la precipitación acumulada en un periodo reciente anterior (5 días, por ejemplo). Dichas relaciones pueden reflejarse en tablas o fórmulas y pueden ser usadas para obtener el valor del parámetro en función de la variable.

Este tipo de enfoque de calibración, especialmente los que consideran periodos largos de precipitaciones para las relaciones, son análogas a las blandas, pues cuentan con inercia o memoria larga de lo ocurrido.

En el apartado de relaciones entre modelos se ofrece otro método de calibración basado en relación de variables, pero de diferentes modelos.

#### **4.6.6 Enlace entre modelos para calibraciones**

##### *4.6.6.1 Modelos en cascada*

La primera necesidad de enlazar modelos de pronóstico hidrológico está en el empleo de los resultados de modelos numéricos de predicción del tiempo (modelos meteorológicos), especialmente para precipitaciones. Esto permite extender el horizonte de previsión en base a una hipótesis objetiva.

También es necesario en otros casos, cuando se opera con subsistemas de manera independiente, pero unos, los situados aguas abajo, dependen de los drenajes de los de aguas arriba. Este es el caso cuando uno de los subsistemas se simula con un tipo de modelo y otros con un modelo distinto. El caso más común es cuando un modelo hidrológico sirve para generar caudales pronosticados de entrada a un modelo hidráulico que representa a una zona inundable.

En este caso, las calibraciones de los modelos suelen ser independientes, pero debe tenerse en cuenta algo que debe ser valorado en análisis de sensibilidad o incertidumbre: el error del que proporciona entradas a otro se propagará a este último.

En la fase de calibración del modelo aguas abajo, se puede tener en cuenta la magnitud de los caudales que se esperan en un futuro inmediato, proporcionados por el modelo sobre el sistema aguas arriba. Así, por ejemplo, mayores caudales implicarán tiempos de propagación menores, lo que puede condicionar una predilección en los valores de los parámetros correspondientes aguas abajo.

#### 4.6.6.2 Relación entre parámetros equivalentes

En ocasiones, se da la circunstancia de que un mismo sistema es simulado con dos modelos distintos. Los modelos pueden tener formulaciones distintas de los mismos subprocesos del ciclo hidrológico, y cabe encontrar parámetros o índices que podemos denominar equivalentes pues representan el mismo fenómeno (tiempos de propagación en cauces, laminaciones, volúmenes de escorrentía, etc.)

*El método de pérdidas habitualmente empleado en los casos de aplicación de EDAPHI en operación, recurre al parámetro de humedad antecedente  $a = S_n / S$ , siendo  $S_n$  la máxima retención posible en condiciones normales y  $S$  la que corresponde a una condición concreta. En función de  $a$  se calculan los valores de número de curva del método del SCS ( $a=0.42$  lleva a  $NC=NCI$ , condiciones secas en hidrología de diseño, y  $a=2.3$  a  $NC=NCII$ , condiciones húmedas). Este parámetro o índice facilita el establecimiento de relaciones con otros índices similares de otras formulaciones.*

Un ejemplo está en la representación de la humedad del terreno. En el caso de que se enlacen modelos hidrológicos con meteorológicos, ambos contemplan la humedad en sus formulaciones, por lo que cabe establecer relaciones entre parámetros o índices.

Por supuesto, el enfoque es aplicable con dos modelos hidrológicos.

En cierto modo, este enfoque puede ser considerado como una calibración blanda, cuando nuestro modelo delega la "memoria" en otro modelo y basa sus ajustes en los resultados del último.

*Cuando se opera con un mismo subsistema con varios modelos distintos cabe hablar de enfoque multimodelo. EDAPHI está preparado para operar con este planteamiento.*

#### 4.6.6.3 Hipermodelos

Trabajar con un sistema hidrológico complejo puede ser difícil. La calibración de un modelo con muchos parámetros es una tarea dificultosa. Es por ello que cabe seguir el principio de "divide y vencerás", y subdividir un sistema complejo en otros más sencillos. De este modo la tarea de calibración será más fácil.

*La solución EDAPHI-MHH-H es un ejemplo de hipermodelo. Se enfoca principalmente en afrontar la calibración de parámetros en subsistemas simples para después usarlos en el pronóstico en un modelo que engloba a los diferentes submodelos y representa al sistema hidrológico completo*

#### 4.6.7 Solución a adoptar en cada caso

La consideración de lo anterior llevará a la selección del procedimiento operacional más apropiado a cada caso de aplicación. Será especialmente importante tener en cuenta:

- El número de hidrólogos que operen en tiempo real, las condiciones en que tienen que hacerlo, el tiempo disponible para los reajustes y el perfil de estos (entrenamiento, experiencia y conocimiento del sistema hidrológico concreto)
- La calidad de las medidas.
- La necesidad de la robustez de la solución.

## 5 Enfoque general de los desarrollos informáticos

---

Los siguientes apartados reflejan aspectos generales, intrínsecos al entorno EDAPHI, que afecta a todos los módulos, aunque la flexibilidad de la solución permite excepciones por necesidades de adaptación, y extensiones para una mayor versatilidad.

### 5.1 Lenguajes y herramientas complementarias

Los desarrollos informáticos especializados se realizan con herramientas informáticas libres, gratuitas. En algunos casos serán de código abierto (esto no depende de EDAPHI).

Los desarrollos que se hacen sobre esta base tienen ventajas importantes, entre las que se destacan:

- No requieren licencias de uso iniciales ni de mantenimiento.
- Se basa en soluciones de uso muy extendido, por lo que la transferencia de resultados a los usuarios y desarrolladores es fácil.
- Hay una comunidad de usuarios amplia que ofrece soluciones e, incluso, aplicaciones o código de libre disposición.

También podrían incorporarse herramientas comerciales, lo que no se ha hecho hasta la fecha, pues no contaría con las ventajas anteriores.

Para los módulos que aquí se describen se emplean:

- SIG: SIG Grass (<https://grass.osgeo.org>), QGIS (<https://www.qgis.org>)
- Programas Hec (<http://www.hec.usace.army.mil/software>): Ras, HMS, DSS-Vue

El lenguaje principal es Python (<https://www.python.org>), con alguna de sus variantes o modos de uso asociado a aplicaciones específicas (PyGrass en el SIG Grass o Jython en Hec-Dss-Vue, por ejemplo). También se emplean partes de código en VBA, VB Script o Html.

### 5.2 Instantes y periodos.

En primer lugar, se diferencian los siguientes instantes:

- Instante inicial ( $t_{ini}$ ).- Instante del inicio de los cálculos
- Instante final ( $t_{fin}$ ).- Instante del fin de los cálculos

Cuando se opera en tiempo real realizando pronósticos, se incluye, además:

- Instante actual ( $t_0$ ).- Instante del final de tiempo pasado e inicio del tiempo futuro. En las gráficas de variables se marca este instante con una barra vertical negra
- Instante de ejecución.- Instante en que se realizaron los cálculos

El instante de ejecución será, en operación en tiempo real, superior al instante actual, pues éste está referido a los datos, los cuales tendrán un cierto retraso.

Así, tendremos los siguientes periodos de tiempo:

- Pasado: entre  $t_{ini}$  y  $t_0$
- Futuro: entre  $t_0$  y  $t_{fin}$

En un caso de simulación, de análisis de un periodo de tiempo en fases de estudio, puede no tener sentido el uso de  $t_0$ , por lo que se emplearán  $t_{ini}$  y  $t_{fin}$  para definir el periodo total de cálculos.

### 5.3 Formato de archivo de series temporales

Las series temporales se almacenan en forma de tablas en archivos XLSX o CSV con un formato interno concreto. La figura ilustra y documenta el formato adoptado.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Series Temporales.xlsx'. The data is organized in a grid with columns labeled A through R. Row 1 contains the 'Instante actual' (20/04/2019 14:00). Row 2 is for 'Valor inválido'. Row 3 lists 'Nombre variable' with identifiers like IIB1, IB3, IB10, IA7, IIB2, IIIB, IIA2, IIA5, IA1, IIA4, IIA6, IA4, IIA3, IIIC, IIIA1, IIIA6, IIIA7, IIIA. Row 4 shows the 'Tipo' of variables (Lluv, Lluv, Lluv). Row 5 lists the 'Modelo' (Arome, Arome, Arome). Row 6 indicates 'Instante \ unidades' (mm, mm, mm). Rows 7-22 contain numerical data points for various time intervals from 14:00 to 05:00. Several yellow callout boxes provide instructions: 'Angel Luis Aldana Valverde: El instante actual será el que corresponda al final de tiempo pasado e inicio de tiempo futuro. Si se trata de medidas, por ejemplo, el instante actual será el instante de la última fila de datos.'; 'Angel Luis Aldana Valverde: Identificador de la variable. Si se refiere a un nodo, debe tener el mismo identificador que éste.'; 'Angel Luis Aldana Valverde: Hace referencia al origen de la serie: dato, modelo, escenario de un modelo, etc.'; 'Angel Luis Aldana Valverde: Identifica el tipo de variable (Q, N, V, ...)'.

Figura 5-1.- Ejemplo de archivo de series temporales

Se asocian los siguientes identificadores de tipos de series:

- P.- Lluvia en pluviómetro o subcuenca
- Q.- Caudal en estación de aforos o caudal que drena una subcuenca
- C.- Nivel en estación de aforos
- N.- Nivel en embalse
- S.- Caudal de salida de embalse hacia el río
- E.- Caudal de entrada al embalse
- V.- Volúmen almacenado en embalse

Cabe hacer algunas excepciones. Así, en el caso de los resultados de la aplicación GMeteo, los resultados de lluvia futura en subcuenca se identifican con Lluv, aunque esto es configurable. Como también es configurable la especificación correspondiente en los módulos MHH que usan esta información, por ejemplo.

## 5.4 Datos de entrada

Se ha diseñado el entorno para que el usuario pueda configurar las aplicaciones con formatos y útiles que se usan habitualmente, como la herramienta de ofimática Excel de Microsoft (MS-Excel).

En algún caso concreto, ha sido necesario ampliar el código para admitir algún tipo especial de formato de almacenamiento.

### 5.4.1 Datos geográficos

Cuando una aplicación requiera alguna capa SIG como dato, se adoptará el formato Shape (SHP) cuando se trate de tipo vectorial, o ASC (texto) cuando sea matricial (ráster). Ambos son formatos del software ArcGIS. También se puede usar el formato texto de GIS-Grass, el MIF/MID de Mapinfo y otros, aunque la mayoría de los módulos se implementan con los anteriores.

### 5.4.2 Series temporales

Los datos de entrada de variables, series temporales, se leen en formatos de hoja de cálculo, bien de tipo texto delimitado (CSV) o bien en formato más reciente de hoja de cálculo MS-Excel (XLSX).

También se puede acceder a datos almacenados en otros formatos de archivos, incluso se puede acceder a bases de datos. Un caso particular es el de las series almacenadas en archivos DSS, usado con las aplicaciones Hec.

### 5.4.3 Información meteorológica

Se pueden leer archivos GRIB (como el usado para los resultados de los modelos numéricos de predicción del tiempo Harmony-Harome) y AREA (empleado para las mallas de precipitación basada en datos radar de AEMET, por ejemplo)

## 5.5 Parámetros de configuración

Los parámetros de configuración de las aplicaciones, que definan su funcionamiento o algún parámetro de modelación, se almacenan en hojas de cálculo Excel. La mayoría de los parámetros de modelación, salvo los que se consideran relevantes, son incluidos en los archivos específicos de la herramienta auxiliar (caso de Hec-HMS, por ejemplo), así como datos de configuración de la aplicación

### 5.5.1 Ventajas de usar libros MS-Excel como archivos de configuración

Los archivos MS-Excel son ampliamente usados, por lo que no es necesario un entrenamiento especial para ello. Facilitan incluir notas, comentarios e información complementaria. Permiten formatos de visualización que facilitan la lectura e interpretación de los parámetros que almacenan. Con todo ello se cuenta con unos archivos de configuración autoexplicativos completamente documentados.

*Nota: Los archivos XLSX que se usan para configurar módulos suelen formatearse con códigos de colores, conforme a lo siguiente: los campos (celdas) que pueden modificarse aparecen en color verde, negrita y fuente algo mayor que la normal. Los textos en rojo no deben alterarse. En color naranja aparecerán celdas que se recomienda no modificar o hacerlo con precaución. El resto suele tener carácter complementario, aunque también puede ser celdas para cálculos o calculadas.*

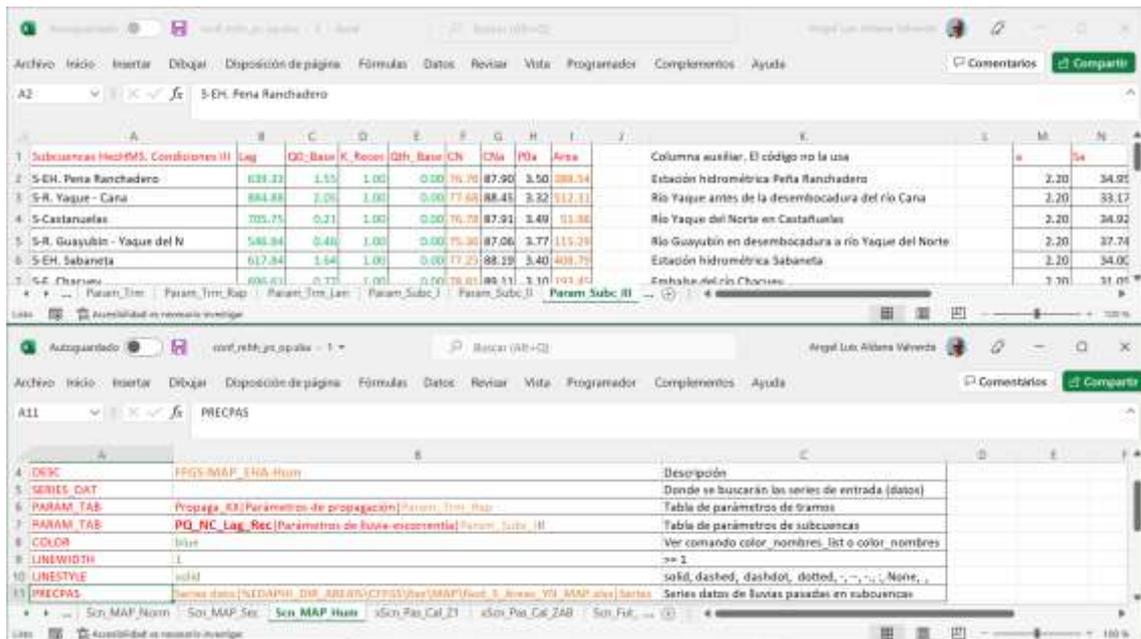


Figura 5-2. – Ejemplo de archivo de configuración de una aplicación

## 5.6 Presentación de resultados. Salidas

### 5.6.1 Datos geográficos

Se emplean los mismos formatos que para las entradas

### 5.6.2 Series temporales

Los resultados se almacenarán en formato CSV o XLSX, como las series de entrada.

Los resultados que se almacenan en formato XLSX no cuentan con formatos especiales ni gráficos. Se recomienda vincular los resultados desde un archivo en el que se resuman valores en tablas, se generen gráficos y se adopten formatos que faciliten la lectura y proporcionen una buena presentación (Figura 5-3).

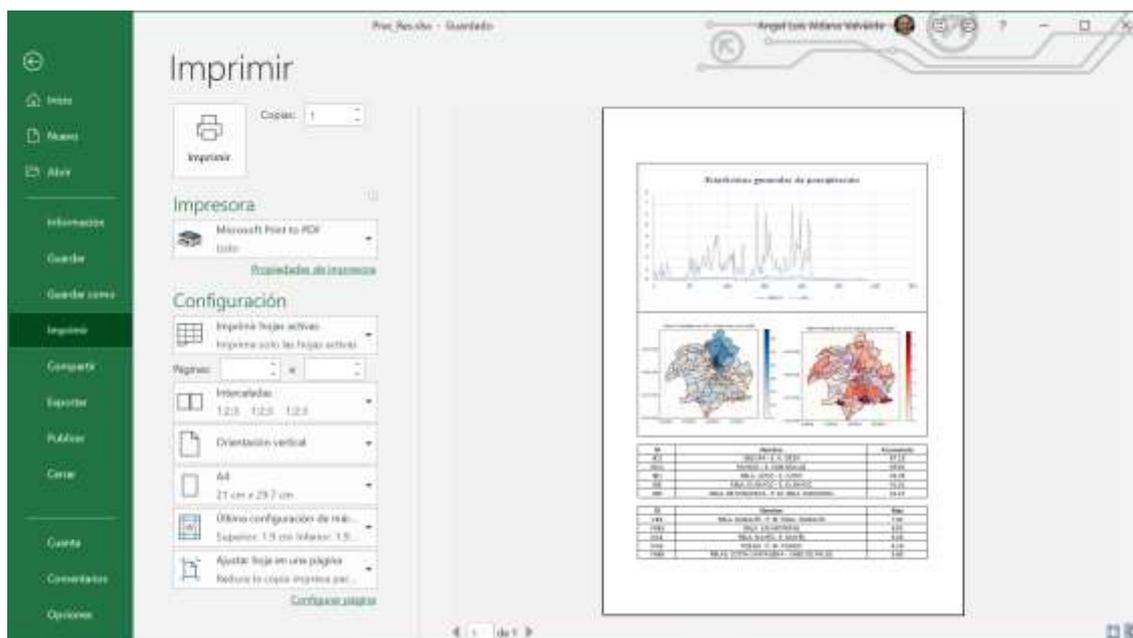


Figura 5-3.- Ejemplo de preparación de resultados en MS-Excel con vínculos a resultados

### 5.6.3 Tablas

Además de las tablas contenidas en las hojas de cálculo XLSX mencionadas anteriormente, se cuenta con resultados en formato HTML.

### 5.6.4 Gráficos

Además de los gráficos que pueden encontrarse en hojas de cálculo XLSX, las aplicaciones generan gráficos en formato PNG de series temporales de resultados.

## 5.7 Instalación de los programas

La única limitación estará en las características de las herramientas con las que se desarrollan las soluciones (Python, software HEC, GIS-Grass, etc.). Pero la selección de las bases de software, en que se basa EDAPHI, facilita la instalación en la mayoría de los ordenadores con sistema operativo Windows 10, incluso anteriores (no se tiene constancia de limitaciones), así como en otras plataformas (según el caso de aplicación y de las herramientas complementarias necesarias). Esta cuestión se extiende en el capítulo 7 y en los apartados correspondientes de cada módulo.

## 5.8 Ejecución de programas

Los programas desarrollados no cuentan con interfase gráfica, aunque sería sencillo implementarlas, pero sí proporcionan varias formas de salidas gráficas (incluso interactivas, como se verá más detalladamente en los capítulos siguientes). Puede mostrar algunas ventanas para consultar gráficos de series temporales, de capas

geográficas o de atributos geográficos, incluso animaciones de las anteriores. Por lo indicado anteriormente en cuanto a datos, parámetros y resultados, no precisa ventanas para su edición, siendo suficiente con software comúnmente instalado en los ordenadores. Gracias a algunas de las características EDAPHI, implementar ventanas de interacción con el usuario es sencillo.

La ejecución de programas se realiza por comandos, con argumentos, lo que puede ser realizado con archivos CMD del sistema operativo. Para mayor comodidad en el uso de este entorno, se definen un conjunto de variables de entorno (ver apartado 7.1). Así, los programas pueden ser llamados desde otros módulos, ajenos a EDAPHI, conforme a un estándar del sistema operativo. O pueden construirse fácilmente otros comandos para un caso específico (ver ejemplos en los capítulos de los módulos)

En general, desde cada módulo se accederá a comandos comunes (de propósito general, ver capítulo 8), de módulo y de caso de aplicación.

La automatización puede realizarse con el programador de tareas del sistema operativo. El diseño de los programas tiene esto en cuenta.

La mayoría de los módulos se configuran con dos tipos de archivos de comandos, cuyos nombres se aconseja mantener, aunque podrían ser otros:

- *Ventana.cmd*. – Se trata de un archivo de comandos que ofrece la interacción con el módulo. Se puede lanzar desde el explorador de archivos del sistema operativo.
- *Ciclo.cmd*. – Este nombre de archivo de comandos se emplea para que la aplicación realice acciones de cálculos de forma cíclica. Puede ser lanzado por un programador de tareas (el de EDAPHI u otro) o por otro programa o archivo de comandos.

En el apartado 7.5 se dan más detalles al respecto.

## 5.9 Información de actividad en ventanas de comandos

Las ventanas de comandos irán mostrando un eco que va indicando la acción que está realizando el programa, informando al usuario del estado de ejecución. La mayor parte del código está estructurado en 3 niveles:

- Nivel 0.- No ofrece información sobre la ejecución de tareas.
- Nivel 1.- El programa en ejecución muestra información de las tareas más relevantes, agregado conjuntos de acciones.
- Nivel 2.- Imprime en pantalla información detallada de las tareas en ejecución.

El código está preparado para redirigir todos esos mensajes, si se desea, pues no se imprimen con las instrucciones de salida estándar, sino que se canalizan hacia una parte del código desde el que se envían a la ventana de comandos, pero podrían ser enviados a una ventana específicamente diseñada al efecto o a un archivo. Por defecto, se imprimen los mensajes en una ventana de comandos del sistema operativo

### 5.10 Registro de acciones. Archivos .log en las carpetas Cntrl

La mayor parte del código está preparado para almacenar las trazas de ejecución (ecos / información de actividad) en un archivo de texto con extensión .log, el cual se almacena en la subcarpeta *Cntrl* de la carpeta de cada caso de aplicación (ver apartado 6.2).

De modo análogo a como ocurre con la información de actividad en ventanas, se puede configurar el nivel de información que se almacena en el archivo.

### 5.11 Posibilidad de parada o pausa

La mayor parte de las aplicaciones, aquellas que pueden tener tiempos de ejecución largos, están preparadas para admitir la pausa o interrupción de la ejecución de forma segura, sin riesgo de dejar archivos abiertos, por ejemplo. El módulo Gen ofrece el comando control optar por pausas o interrupciones de tareas (ver capítulo 9)

### 5.12 Desencadenamiento de acciones por eventos de ejecución. Archivos de comandos call\_extern.cmd

Los módulos EDAPHI hacen llamadas de ejecución a archivos de comandos que se denominan *call\_extern.cmd*. Si se encuentra un archivo con ese nombre en la carpeta del caso de aplicación, se ejecutará al producirse cierto evento (inicio del módulo, realización de cálculos parciales, fin del proceso, etc.). Cada módulo tendrá un comando *test\_call\_extern* que permitirá realizar pruebas e informará de los posibles argumentos con los que se realizará la llamada.

El ejemplo siguiente es de la aplicación Prec, que ordena la ejecución del hipermódulo MHH-H, a través de su archivo de comandos para cada ciclo de cálculo, una vez ha terminado la ejecución y otras operaciones como cargar archivos en un servidor ftp y copiar archivos para su publicación web:

```
@echo off
echo ^<^|^>
```

```
Echo ^<^|^> %EDAPHI_Ap%.%0
echo ^<^|^>
echo Argumentos recibidos:
echo      %*
if "%1"=="FIN" (
    echo Copiando archivos a %EDAPHI_DIR%\Html\%EDAPHI_Ap%
    xcopy /S /Y %EDAPHI_DIR%\%EDAPHI_Ap%\Res\Html %EDAPHI_DIR%\Html\%EDAPHI_Ap%
    for %%d in (5min, 30min, 60min) do copy /Y
%EDAPHI_DIR%\%EDAPHI_Ap%\Res\%%d\max.png %EDAPHI_DIR%\Html\%EDAPHI_Ap%\Grf\%%d
    for %%d in (5min, 30min, 60min) do copy /Y
%EDAPHI_DIR%\%EDAPHI_Ap%\Res\%%d\acum.png %EDAPHI_DIR%\Html\%EDAPHI_Ap%\Grf\%%d
    echo Copiados archivos a %EDAPHI_DIR%\Html\%EDAPHI_Ap%
    echo %EDAPHI_DIR%\%EDAPHI_Ap%\Cmd\res_a_ftp.cmd
    start %EDAPHI_DIR%\%EDAPHI_Ap%\Cmd\res_a_ftp.cmd
    echo Se lanza MHH-H\EC
    cd /D %EDAPHI_DIR%\MHH-H\EC
    start /I ciclo.cmd
)
```

Esto también se podría haber resuelto con la orden en el archivo de ejecución cíclica de Prec.

## 6 Descripción de organización módulos y carpetas

### 6.1 Módulos

La siguiente tabla resume la función de cada módulo concebido para aplicaciones de pronóstico de crecidas en tiempo real, diferenciando entre uso en trabajos preparatorios y uso en tiempo real. Cabe incorporar más módulos, por lo que esto debe considerarse sólo un ejemplo. Se dedica un capítulo a cada uno de estos módulos.

Módulo	Trabajos preparatorios	Uso en tiempo real
Gen	Preparación de series temporales básicas y otras funcionalidades de control y configuración general	Preparación de series temporales básicas y otras funcionalidades de control y configuración general
GHR	Inundabilidad, relaciones caudal nivel	Posibles desarrollos de modelos hidráulicos para uso en tiempo real
GCuencas	Caracterización de cuencas y tramos.	Definición de escenarios probabilistas
CHM		Conexión con otros sistemas. Definición de escenarios futuros de precipitación y estado de humedad del terreno.
Prec	Cálculo de precipitaciones a partir de datos históricos	Cálculo de precipitaciones areales a partir de datos en pluviómetros o a partir de mallas de precipitación (capas ráster)
MHH	Simulación hidrológica con datos históricos o probabilistas	Simulación y pronóstico hidrológico con posibilidad de ajustes, incluyendo autocalibración basada en datos de caudal
MHH-H	Hipermodelo. Simulación hidrológica con submodelos MHH	Hipermodelo. Simulación y pronóstico basados en modelos MHH
GenMH	Generación de modelos MHH	
Ges	Generación de eventos sintéticos para entrenamiento	
ADDA	Análisis de datos diarios para la calibración del parámetro "a"	
WOF	Utilidades que emplean PyWaterML python package (permite al usuario trabajar con los servicios web de WaterOneFlow que son compatibles con WaterML), orientadas a generar resultados en archivos XLSX, CSV y cuyas funciones devuelven resultados en forma de listas	

**Tabla 6-1.- Resumen de módulos según su ámbito de utilización**

Por otro lado, también se cuenta con:

MTG	Evaluación de recursos hídricos a escala mensual basado en el método de Témez en una versión simplificada
-----	---

El siguiente esquema refleja un ejemplo de la relación entre módulos, tanto los que se usan en trabajos preparatorios como los que se usan en modo operacional. Se recuerda que los módulos pueden ser usados de modo independiente.

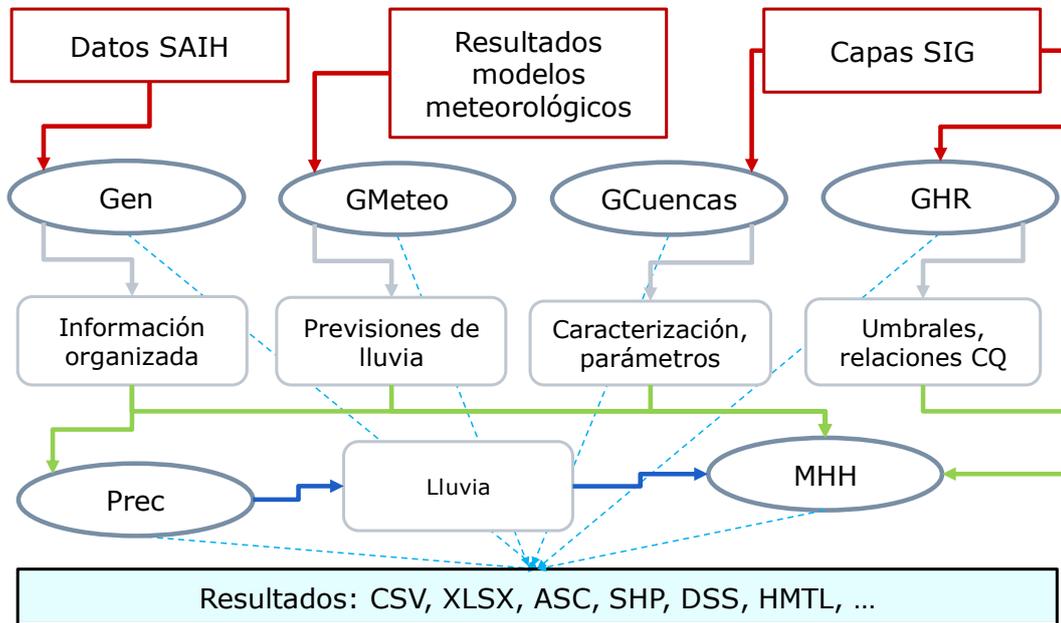


Figura 6-1.- Ejemplo de esquema de relación entre módulos

## 6.2 Estructura general de carpetas (directorios) y organización de aplicaciones

### 6.2.1 Carpeta EDAPHI

En general, la carpeta EDAPHI, donde estarán almacenados todos los módulos, se organizará según el siguiente esquema:

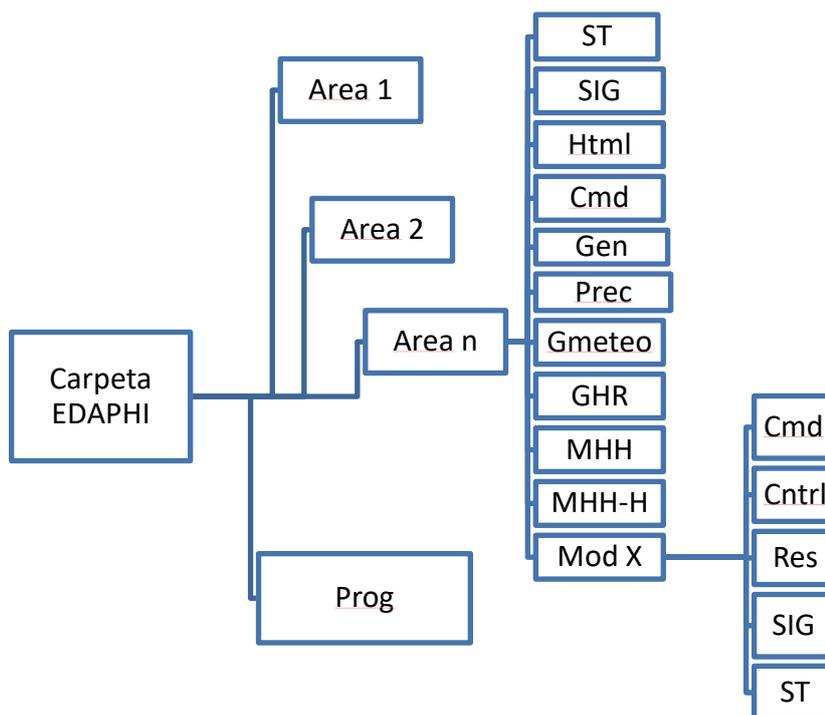


Figura 6-2.- Esquema de ejemplo de estructura básica de carpetas EDAPHI

Se trata de una estructura recomendada, la que tiene por defecto el entorno, aunque cabe la posibilidad de reconfigurarla con variables de entorno del sistema operativo.

La carpeta *EDAPHI*, la cual puede ser almacenada a su vez libremente, almacenará las carpetas de cada módulo. Adicionalmente, incluirá la carpeta *Docs* en el que almacenarán los documentos tales como manuales de usuario.

Cada área de aplicación, que puede ser una cuenca (la del río Segura, por ejemplo) o un país (RD para República Dominicana, también como ejemplo), tendrá una subcarpeta de área.

Dentro de cada área, cada módulo (Prec, MHH, ...) tendrá su subcarpeta que, de forma general, tendrán la siguiente estructura, con subcarpetas para cada caso de aplicación (subcuencas o subsistema):

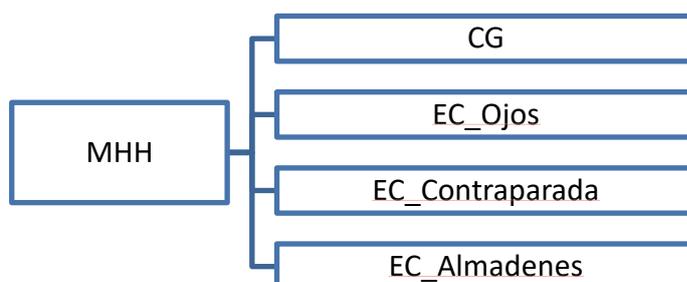
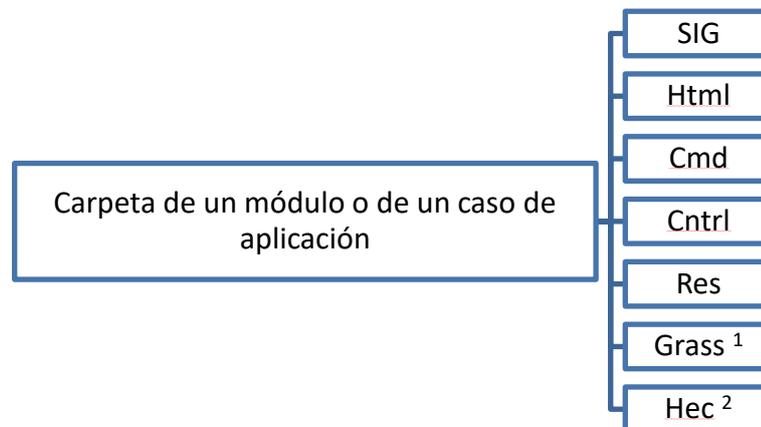


Figura 6-3.- Ejemplo subcarpetas de módulo con subcarpetas para cada caso de aplicación (subsistema)

Cada caso de aplicación tendrá a su vez una estructura como la siguiente:



<sup>1</sup> Sólo para aquellas aplicaciones que dependen de Grass

<sup>2</sup> Sólo para aquellas aplicaciones que dependen de Hec

**Figura 6-4.- Carpeta de caso de aplicación**

La carpeta *Grass* almacenará la base de datos de GIS-Grass. La carpeta *Hec* contendrá los archivos del modelo Hec.

### 6.2.2 Carpeta de códigos de programas

La carpeta con los programas, *Prog*, puede almacenarse en la misma estructura o en otra cualquiera, pues su dirección será una opción de configuración del entorno. Cabe utilizar diferentes carpetas de códigos (diferentes versiones) para áreas distintas.

### 6.2.3 Carpetas ST, SIG, HTML y CMD

Puede apreciarse en los esquemas anteriores que se repite el nombre de algunas carpetas en diferentes niveles:

- ST, para almacenar archivos de series temporales,
- SIG: para capas SIG (incluyendo capas de nodos u otras necesarias según el caso),
- HTML: para guardar resultados para publicación web (aunque tenga carácter temporal y parcial) y
- CMD: para almacenar archivos de comandos

El objetivo de esto es que hay archivos de los tipos anteriores que pueden ser de uso para toda el área, para un módulo o para un caso de aplicación.

No obstante, las aplicaciones podrán obtener series temporales o capas SIG de otros orígenes, generalmente, lo que puede indicarse en el archivo de configuración correspondiente. Pero esta es la estructura recomendada.

Seguir esta estructura es obligada para el almacenamiento de archivos de comandos (CMD). Y así, se diferenciarán comandos de área, de módulo y de caso de aplicación. Además, claro, de los comandos propios del entorno, los cuales se clasifican en generales y específicos del módulo (esto se explica más adelante, 6.2.4)

### 6.2.4 Organización del código

El código se estructura a partir de una carpeta raíz con una subcarpeta por módulo. A su vez, cada módulo cuenta con una subcarpeta para los archivos de comandos (subcarpeta *Cmd*), otra para los archivos Python (carpeta *Py*) y otras complementarias para documentación (*Doc*) y utilidades (*Util*). Si es necesario, se añade la subcarpeta que corresponda.

Hay archivos de programas de uso común entre los módulos que se almacenan en la carpeta *Cmn*.

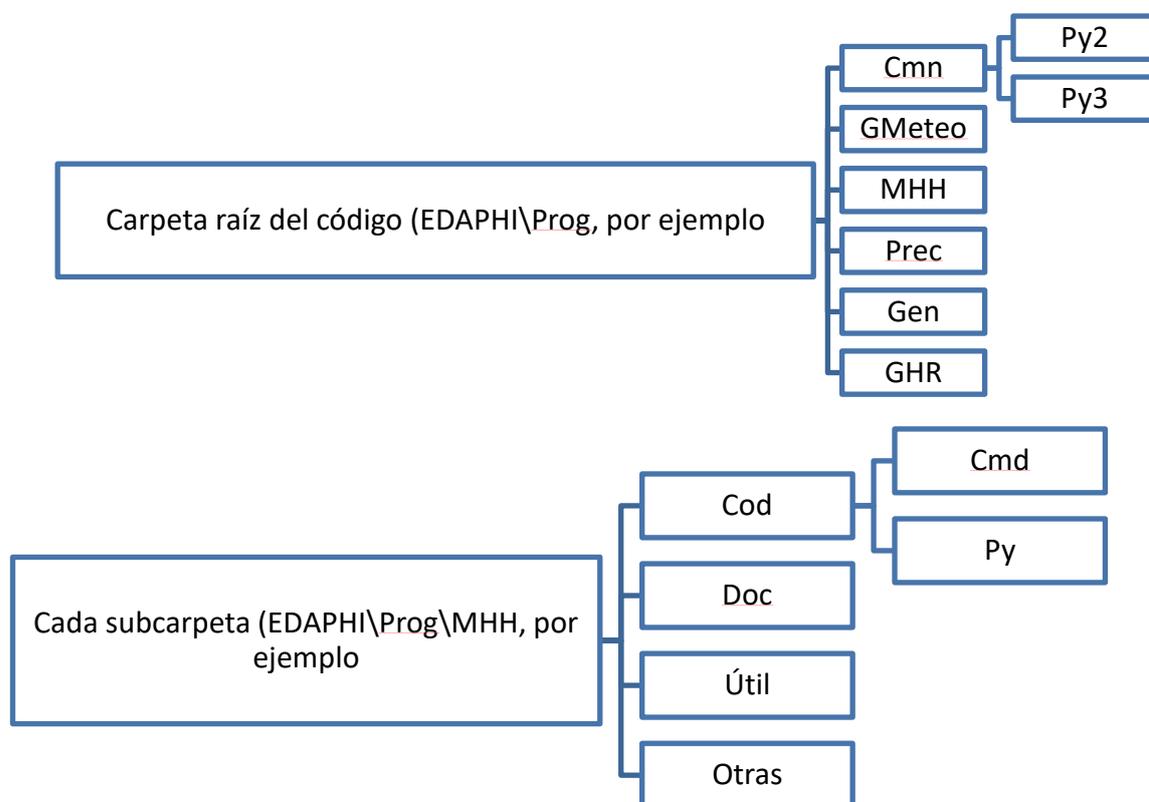


Figura 6-5.- Organización del código (Py2 y Py3 cuentan con subcarpetas *Py* y *Cmd*)

El código está documentado conforme a estándares de Python con lo que es posible obtener ayuda interactiva desde un IDE (entorno de desarrollo integrado, del inglés “Integrated Development Environment”).

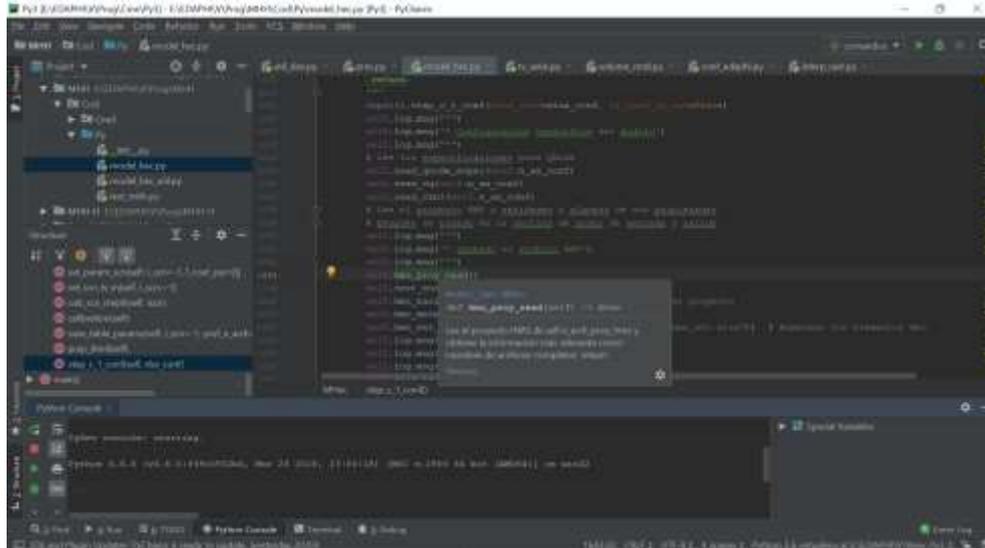


Figura 6-6.- Uso de un IDE para la edición del código de programación con ayuda interactiva

También se incorpora una carpeta con un archivo HTML por cada módulo Python con la documentación completa de éstos.

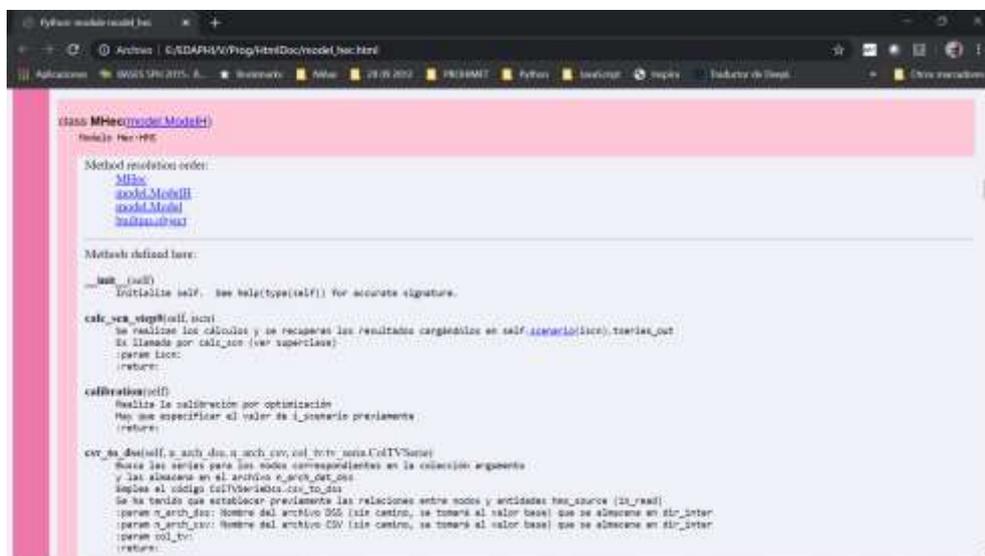


Figura 6-7.- Ejemplo de archivo HTML de documentación del código

## 7 Instalación de módulos y configuración del entorno

Las primeras versiones de algunas aplicaciones (GHR, MTG y GCuencas) basadas en GIS-Grass emplean una versión de Python 2. El resto de los desarrollos han sido programados con Python 3. Ello obliga a considerar dos vías de configuración general de aplicaciones. A fecha de este documento, el módulo GCuencas ha sido sustituido por otro (ver 10) que ha sido reprogramado con la versión 3 de Python y recurre a la interfase de GIS-Grass con EDAPHI denominada EGrassPy (ver 9).

Una vez instaladas las aplicaciones de las que depende (Python, GIS-Grass, Hec-HMS, Hec-DssVue y Hec-Ras), tan solo es necesario copiar los archivos que correspondan a los programas y a la aplicación concreta según la estructura de carpetas indicada anteriormente y considerar lo que se indica en este capítulo, según el tipo de módulo.

### 7.1 Variables de entorno

Para comodidad en la generación de archivos de comandos y en la configuración del entorno, se definen un conjunto de variables del entorno (en el sistema operativo). Algunas se han podido encontrar con anterioridad, en este documento (como en ejemplos de archivos de comandos que incluyen variables como %EDAPHI\_DIR%). Al usar el comando general (ver capítulo 8) *conf\_edaphi*, parte del resultado es el siguiente, en el que pueden encontrarse las variables de entorno, además de la estructura de carpetas referida en apartados anteriores:

```
-----
Variables de entorno:
-----
* Carpeta principal de EDAPHI: EDAPHI_DIR=C:\EDAPHI
* Carpeta de programas: EDAPHI_DIR_PROG=C:\EDAPHI\V\Prog_RD
* Carpeta de módulos específicos de Python:
EDAPHI_DIR_PY=C:\EDAPHI\V\Prog_RD\CFFGS\Cod\Py
* Carpeta de módulos comunes / generales de Python:
EDAPHI_DIR_PY_CMN=C:\EDAPHI\V\Prog_RD\Cmn\Py3\Cod\Py
* Aplicación / módulo: EDAPHI_AP=CFFGS
* Carpeta de área: EDAPHI_DIR_AREA=C:\EDAPHI\RD
* Carpeta de caso: EDAPHI_DIR_C=C:\EDAPHI\RD\CFFGS
-----
Puede cambiar la carpeta de programas en C:\EDAPHI\Cmd\edaphi_e.cmd
-----
07/12/2021 22:21:51.- No se encuentra C:\EDAPHI\RD\conf_gen.xlsx. Se opera
con los valores por defecto
Módulo: CFFGS
Carpeta principal de EDAPHI: C:\EDAPHI
```

```

Carpeta de área: C:\EDAPHI\RD
  Subcarpetas de html: C:\EDAPHI\RD\Html
  Subcarpetas de Sig: C:\EDAPHI\RD\Sig
  Subcarpetas de series temporales generales: C:\EDAPHI\RD\ST
Especificaciones de área
  Series temporales generales en C:\EDAPHI\RD\ST\st_gen.xlsx
  Almacenadas en formato EDAPHI
Carpeta de caso de aplicación: C:\EDAPHI\RD\CFFGS
  Subcarpeta de control de ejecución: C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Cntrl
  Subcarpeta de comandos del caso de aplicación: C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Cmd
  Subcarpeta de SIG: C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig
  Subcarpeta de resultados: C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res
  Subcarpeta de resultados HTML: C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\Html
Carpetas de programas: C:\EDAPHI\V\Prog_RD
  Subcarpeta de código PY compartido: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\Cmn\Py3\Cod\Py
  Subcarpeta de comandos generales: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\Cmn\Py3\Cod\Cmd
  Subcarpeta útil general: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\Util
  Subcarpeta del código PY del módulo: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\CFFGS\Cod\Py
  Subcarpeta de comandos del módulo: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\CFFGS\Cod\Cmd
  Subcarpeta útil del módulo: C:\EDAPHI\V\Prog_RD\CFFGS\Util

```

Adicionalmente, como se explica en apartados posteriores, las aplicaciones que operan con GIS-Grass requieren otras variables de entorno por requerimientos de este software.

*Nota: Las variables de entorno, además de poder usarse en archivos de comandos, indicándolas con % (%EDAPHI\_DIR\_AREA%, por ejemplo), también pueden referirse del mismo modo en los archivos de configuración de los módulos.*

## 7.2 Subcarpeta CMD de la carpeta EDAPHI

En la subcarpeta *Cmd* de la carpeta EDAPHI se situarán archivos con especificaciones generales para la configuración. Fundamentalmente, incluyen variables de entorno.

- *edaphi\_e\_py2.cmd*: para la configuración de módulos que operan con Python 2 de versiones de GIS-Grass anteriores a la versión 7.8
- *edaphi\_e\_py3.cmd*: para la configuración de módulos que operan con Python 3.
- *edi\_cod.cmd*: útil para desarrolladores. Lanza el IDE para edición de código

### 7.3 Preparación del entorno virtual Python

El primer paso para poder usar estas aplicaciones será instalar Python desde <https://www.python.org>.

*Atención: La versión actual de EDAPHI funciona con Python 3.6.5*

Para evitar posibles conflictos con otras aplicaciones que puedan funcionar en el ordenador con Python 3, se recurre al empleo de un entorno virtual de Python que se configurará con los paquetes necesarios para EDAPHI. Para ello, se ejecutarán los siguientes comandos desde una ventana de comandos (*cmd.exe*)

- 1) Indicar la carpeta de programas EDAPHI:
  - `SET EDAPHI_DIR_PROG=%cd%\Prog`
- 2) Construir el entorno virtual Python:
  - `python -m venv %EDAPHI_DIR_PROG%\Venv_Py3`
- 3) Activar el entorno virtual
  - `%EDAPHI_DIR_PROG%\Venv_Py3\Scripts\activate`
- 4) Instalar los módulos/paquetes necesarios
  - `pip install -r %EDAPHI_DIR_PROG%\Gen\Util\venv_pack.txt`

El archivo *venv\_pack.txt* contendrá el listado de paquetes, el cual puede ser generado desde un entorno debidamente configurado con el comando:

```
pip freeze > %EDAPHI_DIR_PROG%\Gen\Util\venv_pack.txt
```

Su contenido puede ser algo como lo siguiente:

```
branca==0.4.2
certifi==2020.12.5
chardet==3.0.4
cycller==0.10.0
Cython==0.29.22
et-xmlfile==1.0.1
folium==0.12.1
idna==2.10
imageio==2.3.0
jdcal==1.4
Jinja2==2.11.3
joblib==1.0.1
kiwisolver==1.0.1
llvmlite==0.35.0
MarkupSafe==1.1.1
matplotlib==2.2.2
numba==0.52.0
numpy==1.19.5
```

```

openpyxl==2.5.3
OWSLib==0.23.0
pandas==1.1.5
Pillow==5.0.0
pyparsing==2.2.0
pyproj==3.0.1
pyshp==1.2.12
python-dateutil==2.8.1
pytz==2018.4
pywaterml==1.2.13
PyYAML==5.4.1
requests==2.25.1
schedule==0.5.0
scikit-learn==0.22
scipy==1.5.4
six==1.11.0
suds-jurko==0.6
tslearn==0.5.0.5
urllib3==1.26.3
xlrd==1.1.0
xlwt==1.3.0
xmlltodict==0.12.0

```

No obstante, en los archivos `ventana.cmd` suele incluirse la impresión de instrucciones de cómo crear el entorno:

```

Para crear el entorno virtual: py -3.6 -m venv C:\EDAPHI\V\Venv_Py3
Para activarlo: C:\EDAPHI\V\Venv_Py3\Scripts\activate
Para instalar los módulos necesarios: pip install -r
C:\EDAPHI\V\Prog_RD\Gen\Util\venv_pack.txt
Quizás tenga que actualizar antes pip: python -m pip install --upgrade pip

```

## 7.4 Configuración general del entorno

El archivo `EDAPHI\Cmd\edaphi_e_py3.cmd` sirve para especificar las variables generales del entorno EDAPHI. Su contenido es:

```

@echo off
Rem *****
Rem Este archivo se codifica en OEM 850
Rem Desde este archivo se establecen las variables de entorno de EDAPHI para
Rem módulos EDAPHI que funciona con Python 3 y el entorno virtual VEnv_Py3
Rem en un módulo deben establecerse, antes de llamar a éste:
Rem EDAPHI_AP, EDAPHI_DIR_C, EDAPHI_DIR
Rem *****
Rem El directorio de programas:
Set EDAPHI_DIR_PROG=%EDAPHI_DIR%\Prog
call %EDAPHI_DIR_PROG%\Cmn\Py3\Cod\Cmd\edaphi_e.cmd

```

Este archivo permite situar los programas en la carpeta deseada, independiente de la carpeta EDAPHI si se desea, sin más que cambiar la instrucción:

```
Set EDAPHI_DIR_PROG=%EDAPHI_DIR%\Prog
```

## 7.5 Archivos de arranque de aplicaciones

Tal y como se indicó anteriormente (5.8), se usan archivos de comandos con nombres *ventana.cmd* (para abrir la ventana de interacción con una aplicación) y *ciclo.cmd* (para que el programa ejecute un ciclo de funcionamiento en operación). Podrían usarse otros nombres, pero se aconseja mantener este criterio.

Estos archivos se sitúan en la carpeta de caso y configuran el caso de aplicación como se explica en los siguientes apartados.

### 7.5.1 Archivos de comando *ventana.cmd*

Para el caso de la aplicación Prec (capítulo 12), el archivo de apertura de ventana de comandos (*ventana.cmd*, ver apartado 5.8) será algo como:

```
@Echo off
set EDAPHI_AP=Prec
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..\..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Pushd ..
Rem Directorio de area. Ejemplo c:\edaphi\segura
Set EDAPHI_DIR_AREA=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Title EDAPHI-%EDAPHI_AP%
echo -----
echo Escriba comandos para ver las opciones disponibles
echo -----
cmd /V:ON /E:ON /T:F1
```

En el caso de otro módulo, habría que cambiar el valor de la variable de entorno EDAPHI\_AP. Según se estructure el caso de aplicación, así habrá que modificar lo relativo a variables de entorno EDAPHI\_DIR\_

Al hacer doble click en el icono del archivo, desde el explorador de archivos del sistema operativo, se abre una ventana que permite la interacción con el módulo.

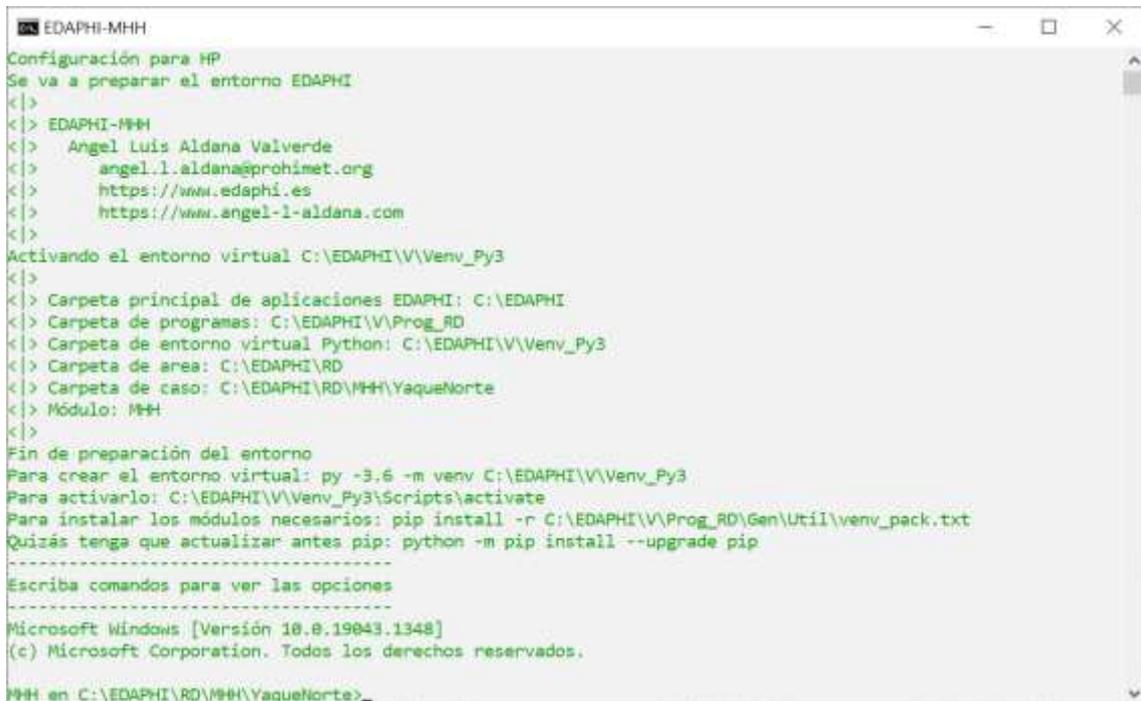


Figura 7-1.- Ventana de interacción con el módulo MHH

### 7.5.2 Archivo de comandos ciclo.cmd

Para el funcionamiento cíclico se puede usar un archivo de comandos como el siguiente:

```
@Echo off
SETLOCAL ENABLEEXTENSIONS
SETLOCAL ENABLEDELAYEDEXPANSION
set EDAPHI_AP=Prec
color 71
mode con COLS=90 LINES=15
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..\..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Pushd ..
Rem Directorio de area. Ejemplo c:\edaphi\rd
Set EDAPHI_DIR_AREA=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Rem el título se usa para control de tareas
Title EDAPHI#OP-INI-%EDAPHI_AP%
```

```
Rem Si hay una ventana ya abierta, espera y despu,s la cierra si se ha
superado el tiempo m ximo de espera
set c=tasks_e -w_p /kill t_max_min=0 ini_tit=EDAPHI#OP-%EDAPHI_AP%
call !c!
IF %ERRORLEVEL% LSS 0 goto SiError

Title EDAPHI#OP-%EDAPHI_AP%

set c=prec -all xlsx_conf=conf_p_op.xlsx /recalc
call !c!
IF %ERRORLEVEL% LSS 0 goto SiError

set c=prep_html
call !c!
IF %ERRORLEVEL% LSS 0 goto SiError

if "%COMPUTERNAME%"=="WIN-CO01M55FFQG" (
    set c=ftp_up
    call !c!
    IF %ERRORLEVEL% LSS 0 goto SiError
)

echo %EDAPHI_AP%. Ejecución correcta > %EDAPHI_DIR_C%\Cntrl\ciclo.log
goto Fin

:SiError
echo -----
echo Error en !c!
echo %EDAPHI_AP%. Error en !c! ERRORLEVEL %ERRORLEVEL% >
%EDAPHI_DIR_C%\Cntrl\ciclo.log
echo ERRORLEVEL %ERRORLEVEL%
time /t
date /t
exit -1
:Fin
exit 0
```

En este ejemplo, de Prec para el proyecto de República Dominicana, se han incluido órdenes complementarias para cada ciclo de ejecución.

## 7.6 Módulos que operan con Python 3 de GIS-Grass

La versión 7.8 de GIS-Grass se reprogramó con Python 3, con lo que el enlace con otros módulos de EDAPHI abrió nuevas posibilidades. En esta versión de EDAPHI se incorporó el módulo EGrassPy3 que hace de interfase entre el entorno EDAPHI y el de

programación en el Python de GIS-Grass. En el capítulo 9 se dan las instrucciones para configurar este tipo de aplicaciones.

## 7.7 Módulos que operan con Python 2.7 de GIS-Grass

Los módulos GCuencas (primera versión), GMeteo, GHR y MTG funcionan con Python de GIS-Grass. Por tanto, el primer paso necesario es la instalación de este paquete (<https://grass.osgeo.org/>). Una vez realizado esto, no será necesario ninguna acción complementaria de instalación, pues el desarrollo de este grupo de módulos EDAPHI se ha realizado sobre las bibliotecas de la instalación estándar de GIS-Grass.

*Nota: Se ha comprobado el funcionamiento de los módulos EDAPHI que funcionan con GIS-Grass versiones 7.4 a 7.6*

### 7.7.1 Configuración general del entorno

El archivo `EDAPHI\Cmd\edaphi_e_py2.cmd` sirve para especificar las variables generales del entorno EDAPHI. Su contenido es:

```
@echo off
Rem *****
Rem Este archivo se codifica en OEM 850
Rem Desde este archivo se establecen las variables de entorno de EDAPHI para
Rem módulos EDAPHI que funciona con Python 2 de GIS-Grass
Rem en un módulo deben establecerse, antes de llamar a éste:
Rem EDAPHI_DIR, EDAPHI_AP, EDAPHI_GRASS_LOCATION y EDAPHI_GRASS_MAPSET
Rem *****
Rem El directorio de programas:
Set EDAPHI_DIR_PROG=%EDAPHI_DIR%\Prog
REM Según la versión de Grass:
Set EDAPHI_GRASS=grass74
REM Para lo siguiente, ver GISBASE\%EDAPHI_GRASS%.bat y "%GISBASE%\etc\env.bat"
SET GISBASE=C:\Program Files\GRASS GIS 7.4.0
call %EDAPHI_DIR_PROG%\Cmn\Py2\Cod\Cmd\edaphi_e.cmd
```

Este archivo permite situar los programas en la carpeta deseada, independiente de la carpeta EDAPHI si se desea, sin más que cambiar la instrucción:

*Set EDAPHI\_DIR\_PROG=%EDAPHI\_DIR%\Prog*

El entorno específico para los módulos que dependen de GIS-Grass está preparado de modo tal que puedan usarse los módulos de esta aplicación desde la ventana de comandos y desde el código de los módulos EDAPHI.

## 7.7.2 Configuración del arranque de un módulo

Los módulos EDAPHI se ejecuta con un archivo de comandos del sistema operativo, con ventanas de comandos del mismo. Necesitan las siguientes variables de entorno:

- EDAPHI\_AP.- Nombre del módulo (Gen, Prec, MHH, MHH-H)
- EDAPHI\_DIR\_C.- Carpeta de caso de aplicación
- EDAPHI\_DIR.- Carpeta general de EDAPHI
- EDAPHI\_GRASS\_LOCATION.- Nombre de la localización (LOCATION) de la base de datos de Grass
- EDAPHI\_GRASS\_MAPSET.- Nombre del conjunto de mapas de Grass (MAPSET)

Lo siguiente muestra el contenido de un archivo de comandos para una ventana correspondiente a la aplicación MHH:

```
@Echo off
set EDAPHI_AP=GMeteo
SET EDAPHI_GRASS_LOCATION=Segura
SET EDAPHI_GRASS_MAPSET=PERMANENT
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
pushd ..
Rem Directorio General
SET EDAPHI_DIR=%cd%
popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py2.cmd
echo -----
echo Use comandos para ver las opciones disponibles
echo Use ejecutar_grass g.manual -i para ayuda de comandos de Grass
echo -----
cmd /V:ON /E:ON /T:F9
```

Este tipo de archivo se suele almacenar en el directorio de caso con el nombre de ventana.cmd. Al hacer doble click en él desde el administrador de archivos se abre una ventana que permite la interacción con el módulo.

Cuando el módulo anterior es llamado desde otra aplicación, para que realice las tareas que le correspondan, se emplea el nombre de archivo ciclo.cmd, cuyo contenido es el siguiente:

```
@Echo off
Set EDAPHI_AP=GMeteo
Set EDAPHI_GRASS_LOCATION=Segura
Set EDAPHI_GRASS_MAPSET=PERMANENT
Color F9
```

```
Mode con COLS=90 LINES=15
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Rem Atención, el título puede emplearse para controlar las esperas
Title EDAPHI#OP-%EDAPHI_AP%-%EDAPHI_DIR_C%
REM Lo siguiente sirve para las dimensiones de los gráficos PNG
Set GRASS_RENDER_WIDTH=1000
Set GRASS_RENDER_HEIGHT=1000
Call limpia_res -no_interact eq_grib=False
Echo Terminado limpia_res
Call todo_dir
If %ERRORLEVEL% GEQ 1 (
    Echo    ATENCIÓN, se ha producido un ERROR
    Pause
)
Exit
```

## 8 Utilidades comunes de propósito general

Los archivos de comandos comunes son accesibles desde cualquier módulo y son de propósito general. Algunos tendrán una respuesta inmediata, caso del comando `color_nombres` (Figura 8-1), por ejemplo, y otros ofrecerán múltiples opciones.

*Al escribir la palabra "comandos" en la ventana de comandos, el sistema mostrará la lista de comandos disponibles. La descripción del archivo de comandos se extrae del texto que sigue a "REM @A".*

Así, al teclear `comandos` en la línea de comandos del sistema operativo aparecerá algo como lo siguiente (en el caso concreto de la ventana de la aplicación Prec):

```
|
| Comandos generales / comunes:
|
* anim..... Genera animaciones GIF a partir de archivos PNG
* arch_csv..... Utiidades para archivos CSV
* arch_xls..... Utilidades para archivos XLSX
* bezier..... Curva Bezier a partir de puntos en un archivo
XLSX
* cloud_m..... Utilidades para el manejo de archivos en la nube
de Microsoft (OneDrive)
* cod_arch..... Utilidades de códigos de página de archivos
* color_nombres..... Muestra una ventana con los colores disponibles
* color_nombres_list.... Muestra una lista con los colores disponibles
* color_tablas..... Muestra una ventana con los colores disponibles
* comp_dir..... Comprime o descomprime carpetas
* conf_edaphi..... Muestra detalles de configuración relacionados
con EDAPHI
* consola..... Pruebas y descripciones de códigos de consola
* csv_a_dss..... Permite generar o modificar un archivo DSS a
partir de series en un archivo CSV
* demo..... Acceso a demos de módulos diversos de EDAPHI
* dss_a_xls..... Permite exportar un archivo XLS desde un archivo
DSS
* edi_csv..... Facilita la edición de archivos CSV como los
usados en la configuración de algún
                módulo
* egrass_py3..... Ejecuta comandos de EGrassPy3
* encrypt..... Encriptación y desencriptación de textos
* ftp_ed..... Carga resultados de un módulo en el sitio FTP
* geoprj..... Utilidades para sistemas de referencia
espaciales (geográficos)
* leyenda_locs..... Escribe una lista con los posibles valores de
localización de leyendas
* lineas_estilos..... Muestra una ventana con los colores disponibles
* map_cts..... Utilidades para combinaciones de mapas y series
temporales
* map_par..... Utilidades para mapas de parámetros
```

```

* mapa..... Genera una ventana de mapa según la
configuración en un archivo xlsx
* mod..... Utilidades básicas o generales para modelos
* mod_raster_ts..... Utilidades básicas o generales para modelos de
series temporales de mallas
* rast_vect..... Utilidades de conversión de capas vectoriales a
raster (mallas)
* raster..... Ofrece varias posibilidades de manejo de raster
(mallas)
* s_nca_hu..... Subcuenca NCa-Hu
* scn..... Utilidades relacionadas con los escenarios de un
modelo
* sonido..... Utilidades relacionadas con el sonido
* tasks_e..... Utilidades para control de ventanas de ejecución
de EDAPHI
* trz_ts..... Comparación de series temporales (trazas de
ejecución)
* ts_calc..... Utilidades de cálculo (acumulaciones, álgebra,
...) de series temporales
* ts_dss..... Utilidades para archivos de series temporales
Hec-DSS
* ts_stats..... Cálculo de estadísticas series temporales
* ts_util..... Utilidades para archivos de series temporales.
Información, selección, formatos,
                    gráficos, ...
* vect..... Ofrece varias posibilidades de manejo de capas
SIG vectoriales
|
| Comandos específicos de Prec:
|
* interp_rast..... Interpolador matricial
* prec..... Cálculo de precipitaciones. Comando general
|
| Comandos específicos del caso de aplicación
|
* areales_ctm..... Genera resultados areales en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Prec\Res con map_cts
* areales_ts..... Genera resultados areales en la carpeta
%EDAPHI_DIR%\Html\Prec y
                    %EDAPHI_DIR%\Prec\Res con ts_util
* ftp_up..... Carga los archivos al servidor Web via FTP
* prep_html..... Prepara la carpeta %EDAPHI_DIR%\Html%\EDAPHI_Ap%
* v_grd_areales..... Muestra una ventana de representación matricial
de resultados areales.
* v_mapa_acum..... Muestra una ventana de acumulaciones areales.
* v_mapa_max..... Muestra una ventana de máximos areales.
* v_tv_is..... Muestra una ventana de serie temporal de una
subcuenca.
.
Los comandos cuentan con ayuda usando -h como argumento
Quizás le resulte útil comandos_txt

```

Use comandos `-h` para otras opciones

.

Se puede observar que el mensaje separa los tres grupos de comandos: comunes, de módulo y de un caso de aplicación (almacenados en la carpeta *Cmd* de un caso de aplicación, como por ejemplo *C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Cmd*). En este capítulo se abordan los del primero.



Figura 8-1.- Resultado del comando *color\_nombres*

Se recomienda usar el argumento `-h` inmediatamente después del comando para obtener ayuda.

Así, si se escribe en la ventana *ts\_util -h* aparecerá lo siguiente, que informa de las posibilidades que ofrece:

```
<|>
<|> Prec.ts_util
<|>
Argumentos de acción:
  -sub_int: Genera un archivo (en dir_res añadiendo .sub_int. a la
extensión con subintervalo. Admite parámetros int_ini=, int_fin=, xlsx=,
cv= y dir_res=
  -w_tv: Muestra un gráfico t-v con todas las variables o con una si se
indica valor i_s
  -w_tv_s: Almacena un gráfico t-v con todas las variables o con una si se
indica valor i_s
  -w_grd: Muestra una matriz de datos
```

```

-w_grd_s: Guarda una matriz de datos en un archivo PNG. Admite parámetro
dir_res
-w_grd_epi: Guarda en Res los PNG de episodio según conf general
-info: Información básica del archivo
-stats: Genera un libro (nombre con .stats. en dir_res) con estadísticas
de series temporales
-stats_t: Genera un libro (nombre con .stats_t. en dir_res) con
estadísticas por instante
-stats_h: Muestra estadísticas de series temporales en el navegador
-stats_t_h: Muestra estadísticas por instante en el navegador
-csv_to_xls: Transforma un archivo CSV en otro XLS, con el mismo nombre
(salvo extensión) y almacenado en dir_res
-csv_to_xlsx: Transforma un archivo CSV en otro XLSX, con el mismo
nombre (salvo extensión) y almacenado en dir_res
-html_table_vars: Genera una archivo HMTL con el resumen de las
variables que contiene

```

Argumentos complementarios:

```

xlsx=nombre_archivo.XLSX
xls=nombre_archivo.XLS
nsheet=Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto: Series)
csv=nombre_archivo.CSV
dir_res=Directorio de resultados (por defecto ST de configuración
general)
arch_css=Archivo de estilo CSS (comando html)
title=título en comandos w_grd
scn_excl=: Escenarios que se excluyen (comandos -stats_t y stats). Por
defecto es Min_Scns_Fut|Max_Scns_Fut
scn=: Si se indica, sólo se calculan los valores del escenario scn
(comandos -stats_t y stats)
attrib=: Obligatorio para stats_t y opcional para stats
i_s=: Opcional para el comando -w_vt

```

Argumentos de tiempo para cálculos (-stats) o extracción de datos (-sub\_int)

```

t_ini=: Fecha inicial (Ejemplo t_ini='27/04/2018 14:23'
t_fin=: Fecha final (Ejemplo t_fin='27/04/2018 14:23'
t_ini o t_fin pueden adoptar el valor 't_0_gen', en cuyo caso
adoptan el valor correspondiente a t_0 de las series generales
(carpetas ST)
int_ini=: Intervalo inicial (tiene preferencia respecto a t_ini)
int_fin=: Intervalo final (tiene preferencia respecto a t_fin)
num_int=: Número de intervalos, combinado con instante o intervalo
inicial o final
-t_act: t_ini es el instante actual

```

Ejemplos:

```

-csv_to_xlsx csv=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_60min.csv dir_res=E:\EDAPHI

```

```
-info xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201904201600.xlsx nsheet=Datos
-stats_h xlsx=Res\60min\areales.xlsx nsheet=Series attrib=P
-stats xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201904201600.xlsx nsheet=Datos
t_ini="19/04/2019 22:00" t_fin="20/04/2019 12:00"
-stats_t xlsx=%EDAPHI_DIR%\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\MHH\CG\Res\Nod attrib=C
-stats_t_h xlsx=%EDAPHI_DIR%\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx attrib=C
-w_grd xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201904201600.xlsx nsheet=Datos attrib=P
-w_grd_s xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_05min.xlsx nsheet=Series attrib=S
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html
-sub_int int_ini=0 int_fin=12 xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_05min.xlsx
nsheet=Series attrib=S dir_res=e%EDAPHI_DIR%\st
-w_tv xlsx=%EDAPHI_DIR%\st\st_gen_05min.Stats_t.xlsx
```

Algunos comandos ofrecerán posibilidades de interacción, como es el caso de *ts\_util* *-w\_grd*, que ofrece una representación de series temporales en forma matricial, con filas para cada serie y columnas para cada instante, según una tabla de colores.

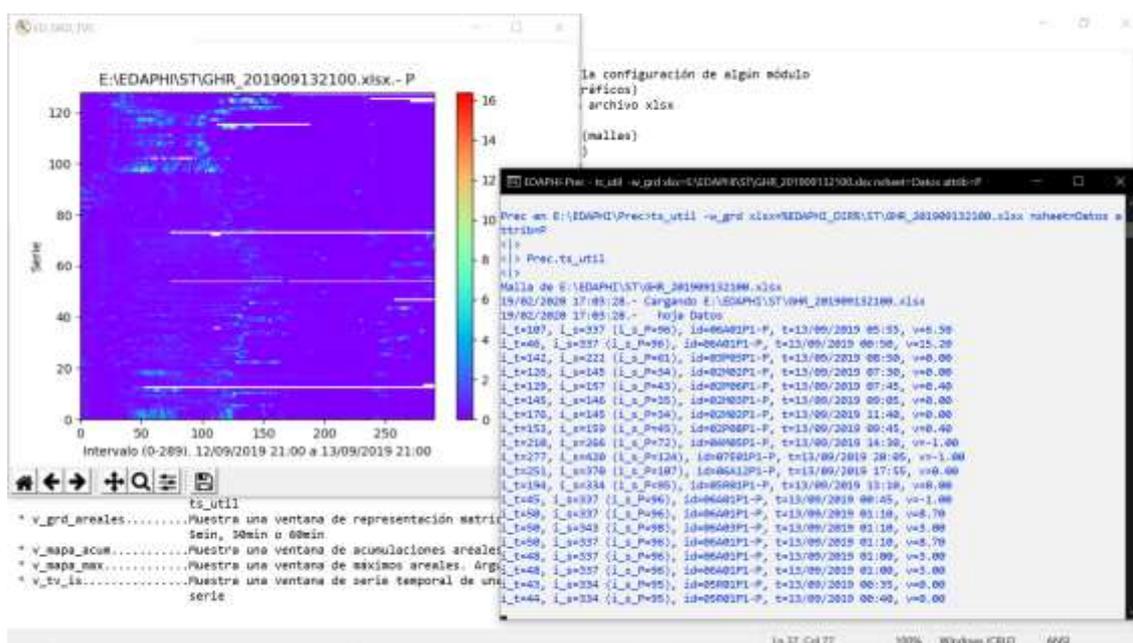


Figura 8-2.- Ejemplo del uso del comando *ts\_util -w\_grd*

Otros comandos como *ctm* también ofrecerá posibilidades de interacción. Si se usa el argumento *-h* aparecerá lo siguiente:

```
Argumentos de acción:
-w_it: Muestra una ventana con valores en un instante determinado
-w_it_a: Muestra una ventana animada
-w_max: Muestra una ventana con los máximos
-w_min: Muestra una ventana con los mínimos
-w_med: Muestra una ventana con los promedios
-w_acum: Muestra una ventana con los acumulados
```

```

-----
Argumentos obligatorios:
  it=: Número de intervalo (para comando -w_it)
  dir_res=: Carpeta de resultados (para comandos g_
  Opción 1
    arch_ct=: Nombre completo del archivo de series temporales
    n_sheet=: Nombre de la hoja con las series. Por defecto,
n_sheet=Series
    arch_vec=: Nombre completo del archivo vectorial
  - Con los siguientes argumentos complementarios:
    id_vec=: Campo de la capa vectorial para relacionar con ID de
series. Por defecto: ID
    scn_excl=: Escenarios que se excluyen (-stats_t). Por defecto:
Min_Scns_Fut|Max_Scns_Fut"
    scn=: Si se indica, sólo se calculan los valores del escenario scn
    attrib=: Atributo con el que opera. Con todos si no se especifica
    nt_color=: Nombre de la tabla de colores (ver comando color_tablas)
    nf_paltxt=: nombre del archivo texto con la tabla de colores
formato GRASS
    dpi=: Puntos por pulgada para archivos gráficos (Por defecto,
dpi=300)
  Opción 2
    arch_conf=: Nombre completo del archivo de configuración XLSX
  - Si se indica origen de series tendrá preferencia sobre lo indicado
en la configuración
    arch_ct=: Nombre completo del archivo de series temporales
    n_sheet=: Nombre de la hoja con las series. Por defecto,
n_sheet=Series
Argumentos complementarios:
  inter_s=: Intervalo de pausa, en segundos, para animaciones

Ejemplos:
  -w_max arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
  -w_it it=5 arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
  -w_max arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\nod_p.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\St\st_gen_60min.xlsx n_sheet=Datos id_vec=id size=10
attrib=P
  -w_it_a arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
n_tcolor=plasma inter_s=0.5
  -w_max arch_conf=conf_mapa_s_max.xlsx
  -g_acum arch_conf=conf_mapa_s_acum.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min
  -w_max arch_conf=conf_mapa_s_max.xlsx
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\30min\areaales.xlsx n_sheet=Series

```

En un caso concreto el comando `ctm -w_max` mostraría la ventana siguiente (Figura 8-3).

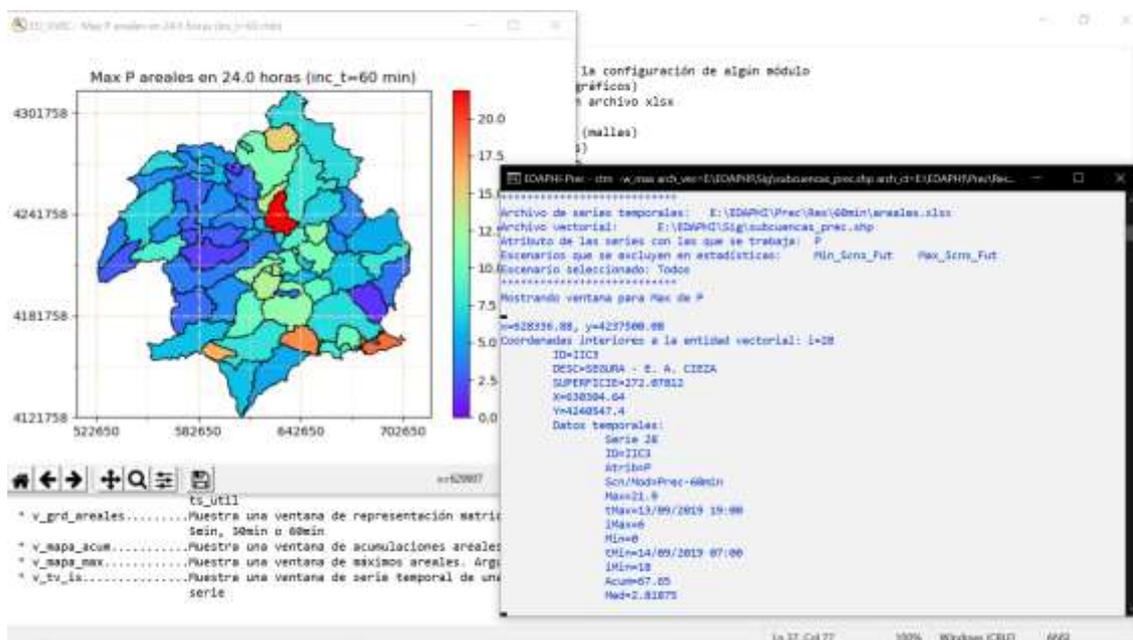


Figura 8-3.- Ejemplo de uso del comando `ctm -w_max`

Este tipo de comandos con salida gráfica admiten las instrucciones de zoom, desplazamiento, guardar archivo gráfico o redistribuir áreas de representación (Figura 8-4)

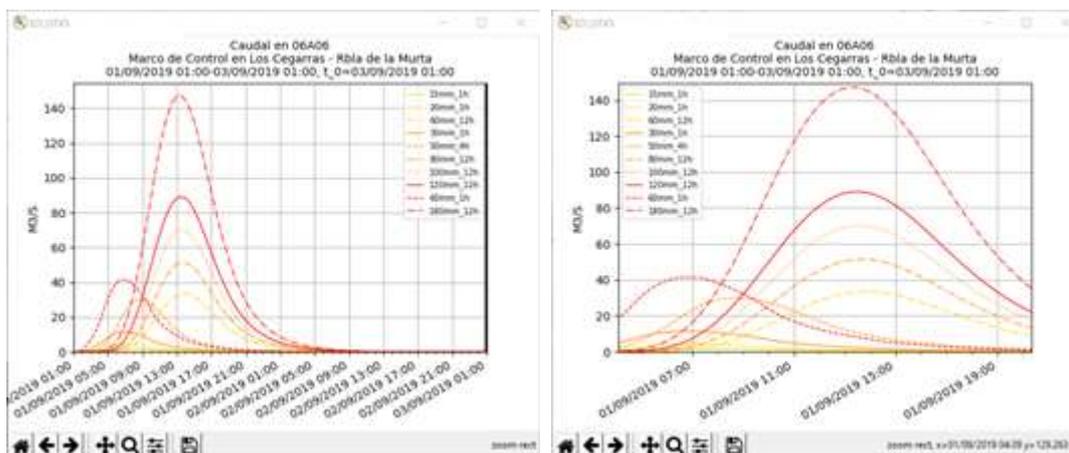


Figura 8-4.- Ejemplo de zoom en una ventana gráfica

Otros comandos ofrecen salida alfanumérica, como `scs -list_s` que lista los escenarios de salida con el que se ha configurado un módulo (Figura 8-5).

*En los capítulos dedicado a algunos módulos se incluye algo sobre uso comandos de propósito general.*

```

EDAPHI-MHH-EJEDAPHI-MHH-PCO
<> MHH.scn: Utilidades relacionadas con los escenarios de un modelo
<>
Comandos:
  -desc: Descripción de cada escenario
  -list_s: Listado de escenarios de salida
  -list_e: Listado de escenarios de entrada
Argumento obligatorio:
  xlsx_conf=: Archivo de configuración del modelo

MHH en E:\EDAPHI\MHH\CG>scn -list_s =xlsx_conf=conf_cg_operas.xlsx
<>
<> MHH.scn: Utilidades relacionadas con los escenarios de un modelo
<>
* Escenarios de salida del modelo
Tipo, id
PAS, C2019130800
PAS, Resp_Rapida
PAS, Resp_Media
PAS, Resp_Lenta
CAL, Calibra
FUT, AEMET-EC
FUT, Fut_QCte
FUT, Fut_2h100
FUT, Fut_4h100
FUT, Fut_2h175
FUT, Fut_4h175
FUT, Fut_2h250
FUT, Fut_4h250
MHH en E:\EDAPHI\MHH\CG>
    
```

Figura 8-5.- Ejemplo del uso del comando `scn -list_n`

Hay comandos con finalidad de demostración, como complemento de explicación de funcionalidades incluidas en el entorno. Tal es el caso del comando `demo -evol` que ofrece varios ejemplos con el que experimentar en el uso de algoritmos de computación evolutiva para minimizar o maximizar funciones (Figura 8-6)

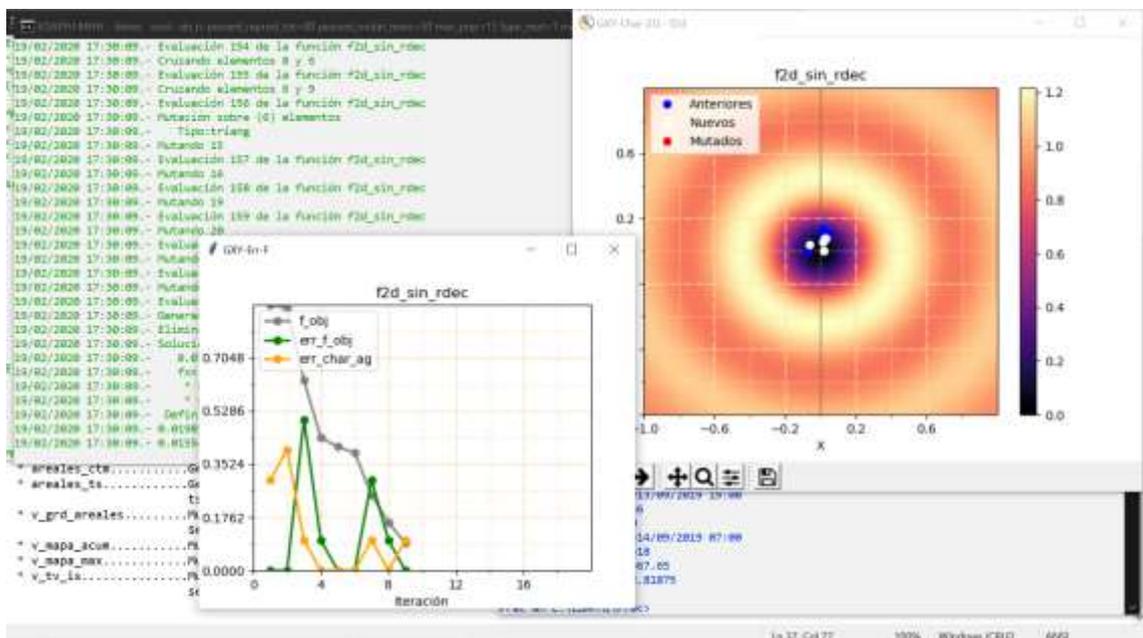


Figura 8-6.- Pantalla con resultados del comando `demo -evol`

Este capítulo se extiende con lo incluido en el anexo (capítulo 23), en el que se indica cómo puede accederse a todos los módulos PY por la línea de comandos.

## 9 EDAPHI-EGrassPy3

En la versión anterior de EDAPHI, módulos como GHR (capítulo 19), MTG (capítulo 19.7), GCuencas (capítulo 10) o GMeteo (capítulo 13.1), se programaron con el Python de GIS-Grass, que en su día era una versión 2. Con ello, el código de estos módulos no estaba del todo integrado con el resto de los módulos. Posteriormente surgió una versión de Grass basada en Python 3. Fue el momento de cambiar el modo en cómo se realiza la conexión, en uso por comandos, pero, sobre todo en código, entre las dos plataformas. Por ello surgió la idea de EgrassPy3, como una interfase, tanto para código como para comandos, del Python de Grass para EDAPHI.

La versión de GCuencas que se presenta en este documento se reprogramó usando esta interfase, a la vez que se ampliaron sus funcionalidades.

El comando `egrass_py3` aparece en el listado de comandos comunes.

### 9.1 Configuración de un módulo que vaya a usar GIS-Grass

Una aplicación que tenga que usar GIS-Grass debe tener una subcarpeta *Grass* (con la base de datos GIS-Grass) en la carpeta de caso y un archivo `egrass.conf` cuyo contenido puede ser como el que sigue, en el que se usa la terminología habitual de GIS-Grass:

```
grassbat,C:\Program Files\GRASS GIS 7.8\grass78.bat
gisdbase,C:\EDAPHI\RD\GCuencasV20\YaqueNorte\Grass
mapset,PERMANENT
location,RepDom
```

Si no se encuentra dicho archivo, la instrucción `egrass_py3` devuelve el siguiente mensaje:

```
- No se encuentra el archivo egrass.conf
- No se ha declarado la variable de entorno GISBASE
- No se ha declarado la variable de entorno EDAPHI_GRASS
- No se ha declarado la variable de entorno EDAPHI_GRASS_LOCATION
- No se ha declarado la variable de entorno EDAPHI_GRASS_MAPSET

Interfase de la solución EGrass
Requiere una base de datos Grass y la definición de unas variables de
entorno o un archivo egrass.conf
Ver documentación de EGrassPy3
```

## 9.2 Comandos

Esta interfase es algo singular en cuanto a los comandos que ofrece. El mensaje directo de ayuda que ofrece es:

```
Comandos:
  -l: Listado de instrucciones (funciones o comandos)
  -hi: Ayuda de una instrucción
      Argumento:
          nombre de la instrucción
  -e: Ejecuta unas instrucción
      -e comando_edaphi_grass
"arg_pos1|arg_pos2|arg1_nombre@=valor2|arg2_nombre@=valor2"
  @= sustituye a = en argumentos con nombre (clave-valor)
  Si se desea incluir el caracter | debe ir precedido de @. Ejemplo
sep='@|'
  Los resultados también usarán | como separador
Ejemplos:
  -l
  -hi color_tables
  -e r_list
  -e r_list "PERMANENT|p_*"
  -e geo_gms_to_dec "20|30|30"
  -e geo_gms_to_dec "s@=30|g@=20|m@=30"
  -e geo_dec_to_gms "20.5083333333"
  -e rc_acum "r1,r2,r2|resultado"
  -e v_fields "Cuencas_Puntos"
  -e v_xy "654049|4172541|cuencas_pfafstetter"
  -e v_recs "cuencas_pfafstetter|substr(PfafRio, 1, 7) = '2001428' and
pfafcuen >=2001428595"
  -e r_xy "MDT200|651577|4168092|-999.999"
De forma general, pueden usarse comandos del tipo (argumentos con clave-
valor
  -e read_command "g.region|flags@=p"
  -e read_command
"v.what|flags@=a|coordinates@=651577,4168092|map@=cuencas_pfafstetter"
```

Pero, a su vez, el comando `-l` ofrece un cierto número de comandos:

color_tables	r_cat_area	r_remove_p
dt_to_fmt_grass	r_color_name	r_rename
env_grass	r_color_txt	r_xy
fmt_to_dt_grass	r_copy	r_z_rect
gen_png	r_desc	rc_acum
gen_png_areal	r_exists	rc_diff
geo_dec_to_gms	r_export_tiff	rc_minmax
geo_gms_to_dec	r_export_txt	rc_tlineal
geo_gms_to_gms_n	r_import_txt	rc_zero_neg
sew	r_list	read_command
mapset_change	r_remove	run_command

t_exists	v_import_txt_p	v_xy
t_list	v_list	v_xy_p
v_copy	v_points_fromg	vc_gen_paralell
v_exists	v_points_tog	vc_gen_sec
v_export_shp	v_recs	vc_intersect_l_l
v_fields	v_recs_all	vr_areal
v_fields_type	v_recs_catsinfil	vr_areal_conv
v_fields_type_sq	e	vr_profile
l_nw	v_recs_update	vr_v_to_r
v_i_field	v_remove	vr_z_extremes
v_import	v_remove_p	

Los comandos pueden estar indicados por posición o por nombre. Se recomienda usar argumentos por nombre.

Si se escribe `egrass_py3 -hi geo_gms_to_dec`, surge una ventana emergente con la ayuda:

```

EDAPHI-EGrassPy3
* Leyendo egrass.conf desde .
Iniciando Grass con grass7bin_win, gisdb, location, mapset, if_print_layers=
C:\Program Files\GRASS GIS 7.8\grass78.bat C:\EDAPHI\RD\CHF\Grass RD PERMANENT False

Grass iniciado:
Entorno actual de GRASS GIS:
- GISBASE: C:\Program Files\GRASS GIS 7.8
- GISDBASE: C:\EDAPHI\RD\CHF\Grass
- MAPSET: PERMANENT
- LOCATION_NAME: RD

Argumentos:
['C:\\EDAPHI\\V\\Prog_RD\\EGrassPy3\\Cod\\Py\\eg_link.py', '-hi', 'geo_gms_to_dec']

Ayuda de instrucción

Help on function geo_gms_to_dec in module edaphi_grass:

geo_gms_to_dec(g, m, s)
# Convierte grados, minutos, segundos a decimal
# El signo debe ir en el primer argumento
:param g: grados
:param m: minutos
:param s: segundos
:return: Valor decimal

Pulse Intro para continuar ...
    
```

Figura 9-1.- Ventana emergente de ayuda de un comando de `egrass_py3`

A la hora de usar el comando por nombres, se usará una sintaxis como la siguiente:

`-e geo_gms_to_dec "s@=30|g@=20|m@=30"`

En el ejemplo se aprecia que los argumentos se separan por "|", y que el nombre del valor se separa por "@=".

### 9.3 Uso de una carpeta Tmp

En la carpeta de caso tiene que existir una subcarpeta *Tmp*, algo habitual en varios módulos de EDAPHI, donde se almacenan archivos temporales. Este módulo genera dos archivos relacionados con el comando reciente, que puede ser útil en caso de un error al construir una instrucción. Uno de ellos es *egrass\_in.csv*:

```
[ 'C:\\EDAPHI\\V\\Prog_RD\\EGrassPy3\\Cod\\Py\\eg_link.py', '-e',
'geo_gms_to_dec', 's@=30|g@=20|m@=30' ]
Comando: -e
Instrucción: geo_gms_to_dec
Argumentos de posición []
Argumentos por nombre {'s': '30', 'g': '20', 'm': '30'}
```

Y otro está relacionado con la salida de resultados, *egrass\_out.csv*:

```
20.508333333333333
```

### 9.4 Configuración de EGrassPy3

Este módulo no necesita más configuración que la que depende del módulo para el que hace interfase. Pero sí es necesario que exista la carpeta *EGrassPy3* dentro de la carpeta EDAPHI.

### 9.5 Instalación

Requiere la instalación de GIS-Grass 7.8.

## 10 EDAPHI-GCuencas. Caracterización y parametrización de cuencas y tramos de ríos

---

### 10.1 Introducción

Uno de los trabajos previos a la modelación es la caracterización de cuencas y tramos de ríos. Este tipo de tareas implicaba una gran parte del trabajo del hidrólogo, con un consumo alto de tiempo y de recursos.

En la actualidad, gracias a la información disponible y a herramientas como GCuencas, es posible realizar esos trabajos en tiempos mucho menores.

En concreto, esta utilidad funciona a partir de lugares de interés de la red hidrográfica, tales una estación de aforos o un embalse. Automáticamente, dada esa colección de puntos, esta aplicación dividirá el territorio en un conjunto de cuencas que drenan a ellos, acompañadas de sus tramos de ríos principales. Y calculará para ellos magnitudes de interés hidrológico (morfológicos, de parámetros de escorrentías, de propagación, estadísticas, ...).

La que se presenta aquí es la segunda versión de GCuencas, que sigue usando GIS-Grass pero a través de EGrassPy (ver capítulo 9). Su principal novedad es que es capaz de obtener las divisorias de subcuencas que drenan a puntos de interés, y la red hidrográfica, a partir de un MDT (modelo digital del terreno) o a partir de capas vectoriales de cuencas y ríos clasificados según Pfafstetter.

### 10.2 Funcionalidad de la aplicación

Las funcionalidades de la aplicación se resumen en lo siguiente

- Definición de cuencas y tramos principales de ríos conforme a la topología determinada por los puntos de interés (puntos de medida, por ejemplo)
  - Caracterización de cuencas
  - Superficies
  - Parámetros orográficos (altitud media, etc)
  - En función de la información cargada en la base de datos SIG:
    - Parámetros hidrológicos (número de curva, umbral de escorrentía, ...)
    - Estadísticos: precipitaciones asociadas a periodos de retorno
    - Otros
- Caracterización de tramos

- o Perfil longitudinal, pendiente media y longitud

### 10.3 Datos de partida

La aplicación puede trabajar a partir de dos tipos de información básica, lo que da lugar a dos formas de trabajo y sus respectivas necesidades de datos:

- a) Opción 1.- Análisis vectorial
  - i) Capas vectoriales
    - (1)Tramos de ríos de clasificados según Pfafstetter
    - (2)Subcuencas clasificadas según Pfafstetter
  - ii) MDT (modelo digital del terreno)
- b) Opción 2.- Análisis ráster
  - i) MDT con precisión suficiente para el uso de algoritmos de delimitación de subcuencas

En ambos casos, se debe definir y cargar en la base de datos GIS-Grass una capa de puntos: la de puntos de interés de drenaje de las cuencas.

El aspecto del archivo debe ser como el siguiente:

```
east|north|cat|id|desc|tipo
277428.400|2147080.600|0|E. Mao|Embalse Mao|Embalse
313719.283|2130052.674|1|EH Los Pilonos|Estación hidrométrica Los
Pilonos|Observación Q
316819.312|2136153.833|2|E. Bao|Embalse Bao|Embalse
319261.438|2138944.214|3|E. López Angostura|Embalse López
Angostura|Embalse
313318.309|2156343.132|4|Santiago de los Caballeros|Río Yaque del Norte en
Santiago de los Caballeros|Población
```

Aunque esa capa de puntos puede definirse directamente en GIS-Grass (ver el apartado 10.6 para conocer el nombre de esta capa de puntos).

Para el modo vectorial de trabajo, las subcuencas de la capa de partida deben tener un tamaño suficientemente pequeño como para que su agregación sea compatible con la precisión deseada para los resultados.

En el caso de uso en modo ráster, el MDT debe tener un tamaño de celda pequeño en comparación con el tamaño de las subcuencas que se desean obtener y, quizás más importante, debe tener asegurada una precisión en cota compatible con las pendientes del área de trabajo. La principal dificultad en el trazado de divisorias y red hidrográfica suele estar en la precisión vertical del MDT.

El resto de la información es opcional, según disponibilidad de información e interés en los resultados

Este módulo se ha aplicado en dos casos, trabajando en cada uno de ellos en modos distintos (vectorial y ráster). A continuación, se describen los datos de partida para cada caso.

### 10.3.1 Ejemplo 1 de aplicación. Caso español. Modo vectorial

En el caso español, aplicado a la cuenca del río Segura, la aplicación se usó en modo vectorial (con ríos y subcuencas con clasificación Pfafstetter).

Se preconfiguró a partir de las siguientes capas públicas de información:

- Tramos de ríos de España clasificados según Pfafstetter modificado (fuente 1)
- Subcuencas de ríos completos clasificadas según Pfafstetter modificado (fuente 1)
- Capas de Caumax (fuente 2):
  - Umbral de escorrentía P0
  - Precipitaciones asociadas a períodos de retorno: t2, t5 , t10, t25, t100 y t500
- Modelo Digital del Terreno - MDT200 (fuente 3)

Las fuentes son:

- Fuente 1: MAPAMA 2018 / Ministerio para la transición ecológica
  - <http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/default.aspx>
- Fuente 2: MAPAMA 2018 / Ministerio para la transición ecológica. Mapa de caudales máximos en régimen natural
  - <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/Mapa-de-caudales-maximos>
- Fuente 2: Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica
  - <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Los datos se cargaron en una base de datos Grass, situada en la correspondiente subcarpeta. Después, se han generado otras capas conforme a lo siguiente (ver también metadatos en las capas de Grass):

#### 10.3.1.1 Máxima infiltración S

Para ello se usó el comando Grass:

*r.mapcalc expression=s = p0@PERMANENT / 0.2*

Previamente, la capa P0 se modificó con una disminución del tamaño de celda:

*r.resamp.interp input=p0\_caumax@PERMANENT output=p0*

#### 10.3.1.2 Número de curva NC

La capa número de curva resultó de la operación dada por el comando Grass:

*r.mapcalc expression=NC = 1000.0 / ( ( s@PERMANENT / 25.4 ) + 10.0 )*

### 10.3.2 Caso República Dominicana. Modo ráster

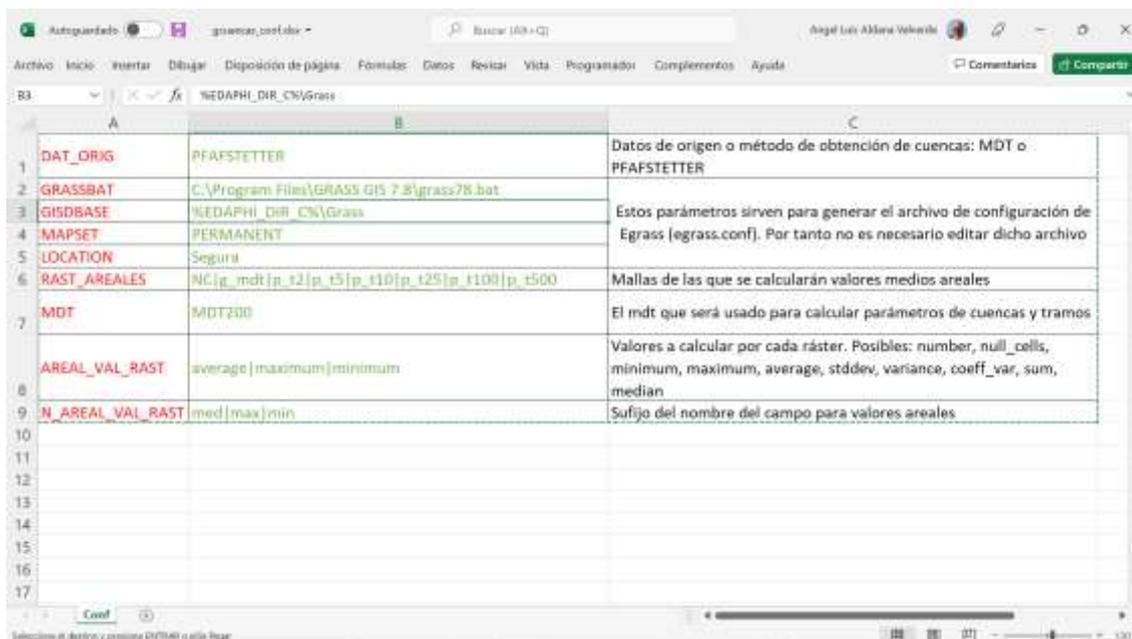
En este caso, se usó el módulo en modo ráster, realizando las operaciones básicas de definición de subcuencas a partir del MDT

- Modelo digital del terreno
  - MDT-STRM.
  - Información en: [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
  - Descarga desde: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Números de curva
  - Archivos GCN (números de curva globales)
    - Origen: [https://figshare.com/articles/GCN250\\_global\\_curve\\_number\\_datasets\\_for\\_hydrologic\\_modeling\\_and\\_design/7756202](https://figshare.com/articles/GCN250_global_curve_number_datasets_for_hydrologic_modeling_and_design/7756202)
    - Información en: Jaafar, H.H., Ahmad, F.A. & El Beyrouthy, N. GCN250, new global gridded curve numbers for hydrologic modeling and design. Sci Data 6, 145 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0155-x>
    - Ver también en <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0155-x>

## 10.4 Configuración

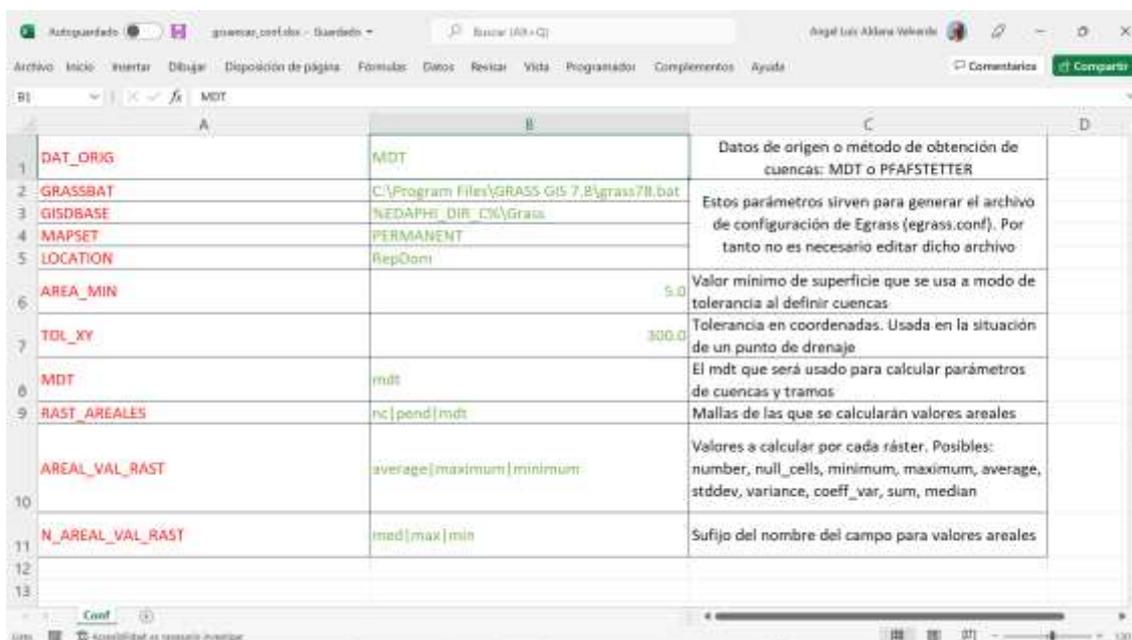
GCuencas se configura con un archivo de nombre fijo *gcuencas\_conf.xlsx*, el cual presenta pocos parámetros de configuración:

En caso de que se use en modo vectorial (ejemplo del caso español), se puede configurar de modo análogo al ejemplo de la figura siguiente:



**Figura 10-1.- Configuración de GCuencas para el modo vectorial**

Mientras que, si se van a realizar todas las operaciones básicas desde un MDT, la configuración sería como la siguiente:



**Figura 10-2.- Configuración de GCuencas para el modo ráster**

En ambos casos, como este módulo usa EGrassPy3, será necesario un archivo *egrass.conf* en la carpeta de caso, con contenido como el siguiente (para un caso de aplicación almacenado en C:\EDAPHI\RD\GCuencasV20\YaqueNorte):

```
grassbat,C:\Program Files\GRASS GIS 7.8\grass78.bat
gisdbase,C:\EDAPHI\RD\GCuencasV20\YaqueNorte\Grass
```

```
mapset, PERMANENT
location, RepDom
```

## 10.5 Comandos

Según el modo de trabajo, el cual se indica en una línea de la hoja *Conf* del archivo *gcuencas\_conf.xlsx*, el módulo ofrecerá dos opciones de listas de comandos.

DAT_ORIG	PFAFSTETTER	Datos de origen o método de obtención de cuencas: MDT o PFAFSTETTER
----------	-------------	---

*Nota: Aparecen distintas opciones de comandos según se configure la aplicación. Por lo tanto, el primer paso es el de definir el archivo *gcuencas\_conf.xlsx**

### 10.5.1 Comandos en modo vectorial

La orden *gcuencas* o *gcuencas -h* proporciona la información siguiente:

```
Comandos generales:
  -conf: Lee y establece la configuración y muestra los resultados
  -p_xy_a: Se pasan las últimas coordenadas de -basin_xy_ a una capa de
  puntos
      cat=: Valor cat de la entidad a modificar
  -nvp_tog: Carga un archivo de puntos a Grass
      n_arch=: Nombre del archivo
  -nvp_tos: Exporta desde Grass la capa de puntos en formato SHP a
  Res\Shp
  -l_archs: Listado de capas y archivos
  -grf_pl: Gráfico de perfil longitudinal
      /s_all: Almacena los gráficos de todos los perfiles en Res\Grf
      Sin argumentos funcionará en modo interactivo mostrando
  una ventana
Comandos para método basado en condificación Pfasftetter:
  -basin_xy_p: Indica los datos Pfafstetter de la cuenca que incluye el
  punto x, y
      x=: coordenada x
      y=: coordenada y
  -list_up_basins: Muestra la selección de cuencas aguas arriba
      pfafrio=: Código Pfafstetter del río
      pfafcuen=: Código Pfafstetter de la cuenca
  -list_up_reaches: Muestra la selección de ríos aguas arriba
      pfafrio=: Código Pfafstetter del río
      pfafcuen=: Código Pfafstetter de la cuenca
  -list_down_reaches: Muestra la selección de ríos aguas abajo
      pfafrio=: Código Pfafstetter del río
      pfafcuen=: Código Pfafstetter de la cuenca
  -list_down_basins: Muestra la selección de cuencas aguas abajo
      pfafrio=: Código Pfafstetter del río
      pfafcuen=: Código Pfafstetter de la cuenca
  -basin_up_xy_p: Define la cuenca total que drena al punto x, y
```

```

x=: coordenada x
y=: coordenada y
nom_vec=: nombre del polígono resultante. Por defecto
(recomendado): cuenca_xy_p
-reach_down_xy_p: Define el tramo aguas abajo del punto x, y
x=: coordenada x
y=: coordenada y
nom_vec=: nombre de la línea resultante. Por defecto
(recomendado): tramo_xy_p
-basins_vp_comp_p: Define las cuencas totales que drenan a puntos (x,
y) definidos en un CSV
/no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
-basins_vp_p: Define las cuencas, creando una partición, que drenan a
puntos
/no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
-basins_attr_p: Calcula las propiedades de las cuencas generadas con -
basin_vp_p
-reaches_m_p: Genera los tramos principales de cada cuenca generada con
basin_part_xy_csv
/no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
-reaches_attr_p: Obtiene las características de los tramos principales
-all_vp_p: Cuencas según partición con sus tramos principales y
atributos de ambos
/no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
Los argumentos de coordenadas también pueden indicarse del modo
coords=246683.5,2163328.7
Puede ser conveniente el uso de los comandos de ayuda específica (los
muestra la instrucción comandos)

```

El comando que tiene mayor utilidad es *cuencas\_csv\_part* que se emplea para generar una capa de subcuencas que drenan a puntos dato, de tal modo que se crean particiones: cuando un punto está dentro de la cuenca que drenan a otro (situado, por tanto, aguas abajo), se descuenta de la cuenca de este último el área drenante al punto aguas arriba.

El comando *cuencas\_csv\_comp* ofrece como resultado las cuencas completas que drenan a cada punto. Cabe, por tanto, la posibilidad de que haya superposiciones.

Para ambos comandos hay que preparar un archivo CSV, cuyo nombre será argumento, y cuyo contenido será análogo al siguiente:

ID	Descripcion	XETRS89	YETRS89
05A02	Marco de Control en la Escarihuela-Rbla Charcones	613333	4149505
05A03	Marco de Control en Pulpí - Rbla Charcones	611159	4141798
05A04	Marco de Control en Rambla del Pinar	609409	4136938
05A05	Marco de Control en Rambla de Guazamara	607810	4134042
05A06	Marco de Control en Rambla las Gachas	608299	4132149
05A07	Marco de Control en Rambla Canalejas (Los Lobos)	609367	4129960

06A01	Marco de Control en La Puebla - Rbla Albuji3n	683680	4176662
06A02	Marco de Control en Pozo Estrecho - Rbla Albuji3n	677961	4176904
06A03	Marco de control en Rambla del Albuji3n	671928	4176679
06A04	Marco de Control en El Estrecho - Rbla Albuji3n	666478	4176907
06A05	Marco de Control en Fuente lamo - Rbla Albuji3n	660977	4176639
06A06	Marco de Control en Los Cegarras - Rbla de la Murta	663344	4179947

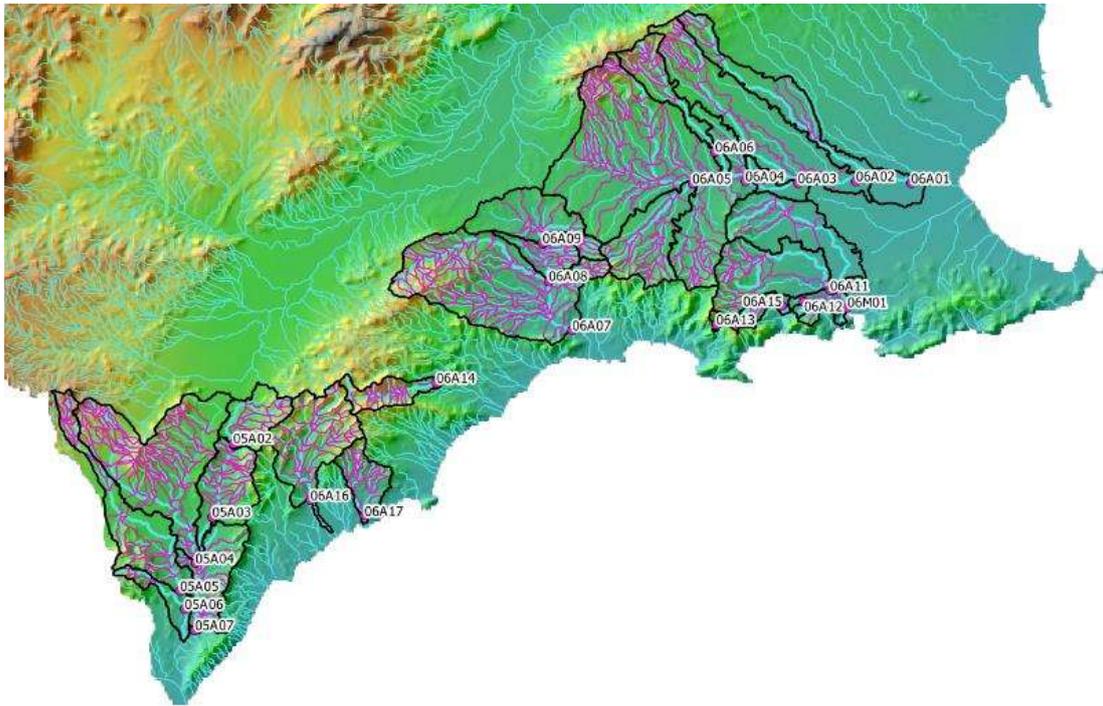
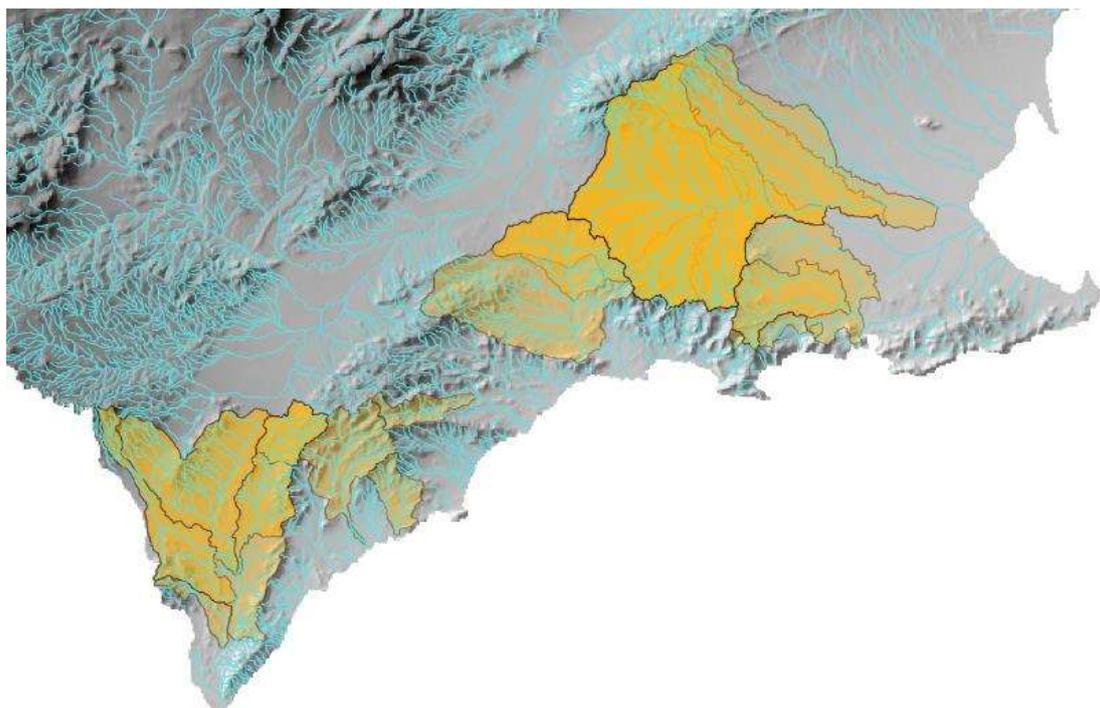


Figura 10-3.- Resultado del comando *cuencas\_csv\_part* que da lugar a subcuencas que forma una partici3n



**Figura 10-4.- Resultado del comando `cuencas_csv_comp` que genera las subcuencas completas que drenan a cada punto dato**

*Debe tenerse en cuenta que las subcuencas resultado se obtienen por agregación de las subcuencas de pequeño tamaño contenida en la capa fuente. Por tanto, el punto de drenaje no será exactamente el punto dato, pero la diferencia en área será, generalmente, menor. Siempre cabe la posibilidad de modificar manualmente el extremo aguas abajo de las subcuencas*

### 10.5.2 Comandos en modo ráster

Si se va a usar la aplicación en modo ráster, a partir del DMT, al escribir `gcuencas` aparece lo siguiente:

```
Comandos generales:
  -conf: Lee y establece la configuración y muestra los resultados
  -p_xy_a: Se pasan las últimas coordenadas de -basin_xy_ a una capa de
puntos
      cat=: Valor cat de la entidad a modificar
  -nvp_tog: Carga un archivo de puntos a Grass
      n_arch=: Nombre del archivo
  -nvp_tos: Exporta desde Grass la capa de puntos en formato SHP a
Res\Shp
  -l_archs: Listado de capas y archivos
  -grf_pl: Gráfico de perfil longitudinal
      /s_all: Almacena los gráficos de todos los perfiles en Res\Grf
      Sin argumentos funcionará en modo interactivo mostrando
una ventana
Comandos para método basado en MDT:
  -basin_xy_r: Cuenca aguas arriba de unas coordenadas
      x=: coordenada x
      y=: coordenada y
```

```

    /no_re_xy: Si no se desea usar la tolerancia en coordenadas
-basins_vp_r: Cuencas que drenan a una capa de puntos
    ip_ini=: Si se desea continuar el proceso anterior de obtención
de cuencas
    /no_re_xy: Si no se desea usar la tolerancia en coordenadas
    /no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
    -basins_to_v: Genera el archivo vectorial de cuencas a partir del
raster y la capa de puntos
    /no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
    -basins_attr_r: Calcula las propiedades de las cuencas generadas con -
basin_vp_r
    /no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
    -reach_down_xy_r: Tramo aguas abajo de unas coordenadas
    x=: coordenada x
    y=: coordenada y
    -reaches_m_r: Obtiene los tramos principales de las cuencas. Requiere
la capa de puntos p_trm_p
    /no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
    -reaches_t_r: Obtiene los tramos de transporte entre puntos
    /no_shp: Si NO se desea generar archivos shp
    -reaches_attr_r: Obtiene las características de los tramos principales
y de transporte
    -n_mdt: Obtiene las capas básicas a partir del MDT
    /threshold: Umbral en acumulaciones (ver ayuda del comando Grass
r.watershed)
    Los argumentos de coordenadas también pueden indicarse del modo
coords=246683.5,2163328.7
    Puede ser conveniente el uso de los comandos de ayuda específica (los
muestra la instrucción comandos)

```

Ejemplos:

```

-nvp_tog n_arch=Puntos_YN.txt
-basin_xy_r coords=246683.5,2163328.7
-basins_vp_r
-basins_to_v
-basins_attr_r
-reaches_m_r
-reaches_t_r
-all_vp_r

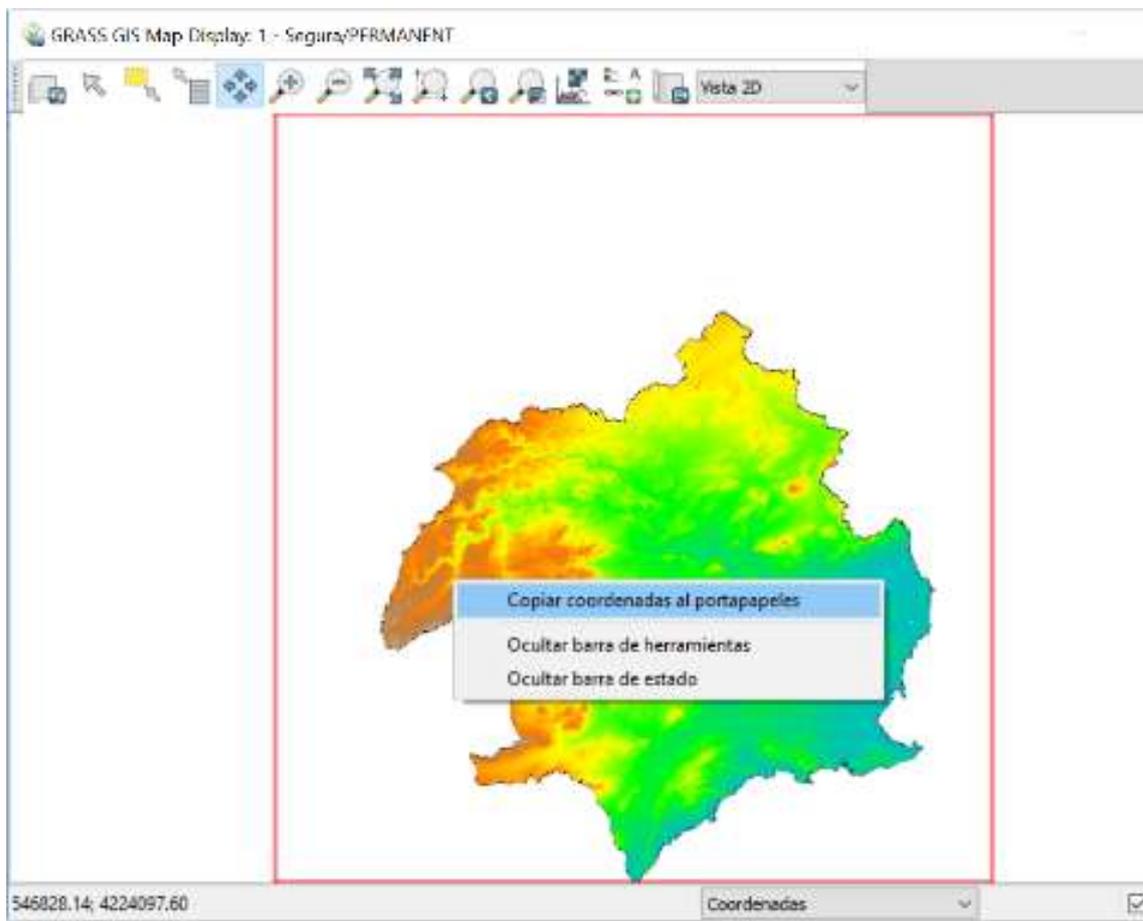
```

### 10.5.3 Ejemplo de interacción con Grass

Aunque la mayoría de los comandos están diseñados para trabajar a partir de un conjunto de puntos datos, también se puede operar con puntos, por coordenadas, de forma interactiva con Grass.

Para este ejemplo puede resultar útil el entorno de trabajo de GIS-Grass denominado *cuenca\_rio\_xy* situado en la carpeta *Sig*.

El primer paso puede ser solicitar las coordenadas en la ventana. Lo que puede hacerse con el botón derecho sobre el mapa.



**Figura 10-5.- Obtención de coordenadas en Grass**

Después, se pueden usar comandos como los siguientes:

*cuenca\_xy x=536451.7 y=4224032.4*

*rio\_ab\_xy x=536451.7 y=4224032.4*

```

EDAPHI-GCuenca
29/06/2019 15:51.- Creando tabla con id_punto
ADVERTENCIA: Values in column <cat> will be overwritten
100%
100%
29/06/2019 15:51.- Uniendo geometría de subtramos
ADVERTENCIA: Ningún elemento seleccionado, nada que editar
29/06/2019 15:51.- Actualizando información
29/06/2019 15:51.- Actualizando tabla de tmp_rivers_p, condición: cat IN
(2596,2603,2605,2609,2617,2622,2626,2627,2632,2646,2651,2655,2657,2660,2661,2668,2669,2675,2676,2677,2693,2735,2741,2748
,2749,2750,2757,2771,2774,2775,2779,2782,2784,2788,2815,2848,2862,2907,2909,2914,2915,2928,2941,2952,2954,2962,2963,2970
,2971,2981,2989,3007,3018,3019,3022,3025,3028,3035,3043,3089,3100,3138,3154,3169,3198,3204,3218,3239,3275,3276,3337,3339
,3349,3366,3393,3434,3442,3468,3487,3491,3503,3539,3587,3589,3655,3662,3684,3702,3752,3768,3810,3829,3830,3834,3838,3840
,3841,3846,3847,3851,3861,3862,3904,3928,3954,3972,3992,4002,4010,4016,4030,4061,4125,4145,4176,4200,4201,4240,4290,4298
,4302,4303,4307,4313,4333,4336,4370,4428,4440,4457,4464,4465,4468,4469,4474,4478,4496,4500,4528,4536,4537,4538,4550,4600
,4601,4603,4609,4627,4632,4633,4636,4642,4649,4674,4681,4745,4761,4763,4770,4775,4792,4797,4811,4837,4838,4860,4874,4885
,4898,4969,4974,4991,5003,5004,5049,5102,5130,5134,5202,5208,5219,5228,5276,5277,5317,5371,5416,5461,5499,5530,5565,5710
,5713,5709,5807,5815,5977,6007,6027,6029,6042,6053,6067,6134,6153,6157,6171,6181,6185,6189,6198,6260,6299,6322,6376,6412
,6430,6527,6658,6718,6742,6849,6882,6921,6935,7035,7049,7115)
29/06/2019 15:51.- Uniendo tablas de subtramos
ADVERTENCIA: El mapa vectorial <tramo_xy> ya existe y será sobrescrito.
100%
29/06/2019 15:51.- Actualizando registro de tramo_xy
29/06/2019 15:51.- Actualizando tabla de tramo_xy
29/06/2019 15:51.- * Generado tramo_xy
29/06/2019 15:51.- Situado en la cuenca PfaRío=20016, Non_Río=RIO SEGURA
La ejecución de <python E:\EDAPHI\Prog\GCuenca\Cod\Py\gcuenca.py x=536451.72834 y=4224032.43066 --reach_down_xy> ha ter
minado.
limpiando archivos temporales...
GCuenca: en E:\EDAPHI\GCuenca>cuenca_xy x=536451.72834 y=4224032.43066_
    
```

Figura 10-6.- Uso de comandos en la ventana de GCuenca

Y el resultado puede ser visualizado en la ventana de mapas de Grass.

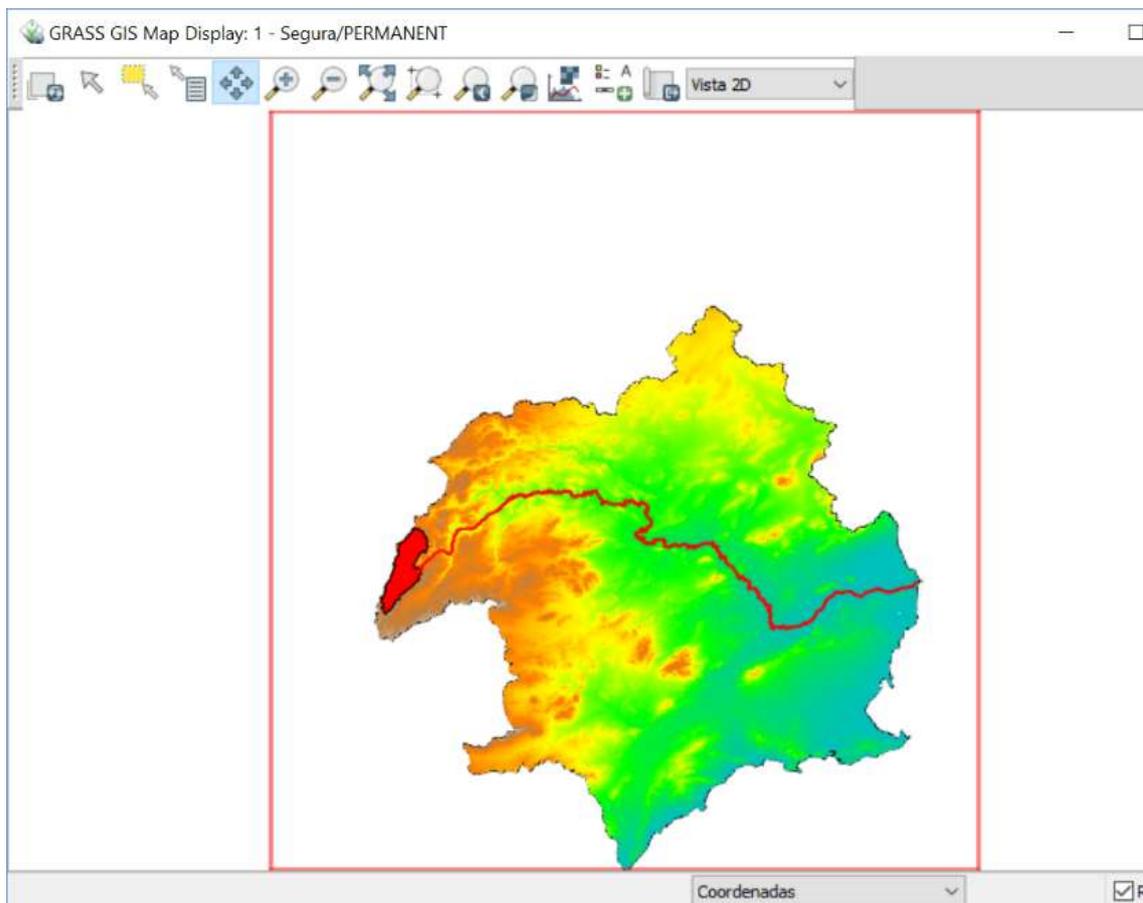


Figura 10-7.- Resultado de empleo de los comandos *cuenca\_xy* y *rio\_ab\_xy*

## 10.6 Nombres de capas y archivos, de datos y resultados

Por si se desea trabajar en los dos modos en algún caso, para evitar sobreescritura de archivos, se ha optado por diferentes conjuntos de nombres de archivos para uno y otro modo. De ahí la utilidad de la instrucción *gcuencas -l\_archs*.

Para el modo ráster el resultado sería:

```
puntos_xy: Puntos en los que obtener sus cuencas drenantes y tramos correspondientes
MDT200: Capa dato del modelo digital del terreno
tmp_*: Capas o archivos temporales o auxiliares
acum: Capa dato de acumulaciones de flujo (ver ayuda)
const_1: Capa auxiliar (ver ayuda)
tramos_auto: Capa auxiliar (ver ayuda)
cuencas_auto: Capa auxiliar (ver ayuda)
dir_dren: Direcciones de drenajes (ver ayuda)
dir_dren_deg: Direcciones de drenajes en grados (ver ayuda)
pend: Pendientes (ver ayuda)
p_trm_p: Capa dato de puntos extremos aguas arriba para definir tramos principales
puntos_xy_r: puntos_xy con información añadida al definir cuencas
cuenca_xy_r: Cuenca que drena a un punto x, y
tramo_xy_r: Tramo aguas abajo de a un punto x, y
p_xy: Punto x, y
cuencas_r: Capa de cuencas que drenan a la capa de puntos formando una partición
puntos_xy_r: Capa de puntos con información asociada a la generación de cuencas_r
tramos_prin_r: Capa de tramos principales de las cuencas de cuencas_r
p_trm_prin_r: Capa de puntos extremos aguas arriba de tramos_prin_r
tramos_tran_r: Capa de tramos de transporte que unen puntos
```

Y para el modo vectorial:

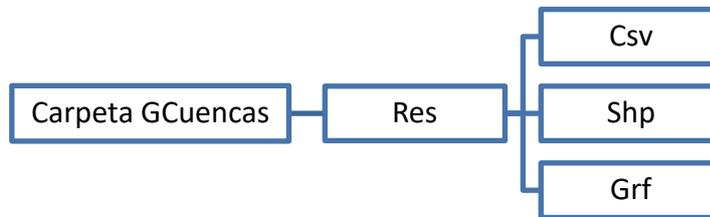
```
puntos_xy: Puntos en los que obtener sus cuencas drenantes y tramos correspondientes
MDT200: Capa dato del modelo digital del terreno
tmp_*: Capas o archivos temporales o auxiliares
rios_pfafstetter: Capa dato de ríos con cuencas codificadas
cuencas_pfafstetter: Cuenca que drena a un punto x, y
puntos_xy_p: puntos_xy con información añadida al definir cuencas
cuenca_xy_p: Cuenca que drena a un punto x, y
tramo_xy_p: Tramo aguas abajo de a un punto x, y
cuencas_p: Capa de cuencas que drenan a la capa de puntos formando una partición
puntos_xy_p: Capa de puntos con información asociada a la generación de cuencas_p
tramos_prin_p: Capa de tramos principales de las cuencas de cuencas_p
```

```

cuencas_pfafstetter_puntos: Capa de cuencas cuencas_pfafstetter que forman
cuencas_p
puntos_xy_p: Capa de puntos con información de generación de cuencas_p
puntos_xy_c_p: Capa de puntos con información de generación de cuenca
completas
    
```

## 10.7 Resultados

GCuencas almacena los resultados conforme al siguiente esquema.



Los archivos de texto incluyen los resultados de caracterizar cada cuenca y cada tramo. La siguiente tabla muestra parte de un resultado:

Cuenca	NC	MDT200	p_t2	p_t5	p_t10	p_t25	p_t100	p_t500	area_km2
05A02	65.0	395.0	43.5	64.0	80.0	102.0	138.5	187.4	31.3
05A03	65.8	287.7	41.8	61.8	77.4	98.6	134.2	181.2	46.1
05A04	66.4	395.1	41.6	61.5	76.9	98.2	133.5	180.3	135.9
05A05	68.5	381.1	40.7	60.3	75.4	96.3	131.0	176.8	67.5
05A06	72.3	214.0	42.6	62.7	78.5	100.2	136.2	184.2	16.5
05A07	70.5	189.2	41.9	62.2	77.8	99.2	135.3	182.9	44.0
06A01	75.8	143.6	47.5	70.5	88.0	112.1	153.4	206.9	69.3

Los resultados de los perfiles longitudinales de tramos son los que refleja la siguiente tabla:

Cuenca	Longitud (m)	pendiente
05A02	13172.6	0.0231
05A03	16401.8	0.0272
05A04	27565.9	0.0265
05A05	30841.8	0.0277
05A06	14861.6	0.0543
05A07	13150.1	0.0093
06A01	35322.6	0.0169

Como primer resultado, se genera una tabla que relaciona los puntos dato, con sus coordenadas, con la subcuenca de la clasificación Pffafsteter, cuando se trabaja en modo vectorial.

X	Y	id_punto	desc_punto	nom_rio	pfafrio	pfafcuen
613333.3	4149505.7	05A02	Marco de Control en la Escarihuela-Rbla Charcones	RAMBLA DE LOS CHARCONES	2001428	2001428595
611159.0	4141798.0	05A03	Marco de Control en Pulpi - Rbla Charcones	RAMBLA DE LOS CHARCONES	2001428	20014281
609409.0	4136938.0	05A04	Marco de Control en Rambla del Pinar	RAMBLA DE PINAR	2001426	200142611
607810.0	4134042.0	05A05	Marco de Control en Rambla de Guazamara	RAMBLA DE GUAZAMARA	2001424	20014241

En cuanto a los resultados en capas SHP, los resultados son las subcuencas, los tramos principales de cada subcuenca y los tramos que unen puntos. Todas las capas tienen sus atributos relacionados con la caracterización de las entidades representadas.

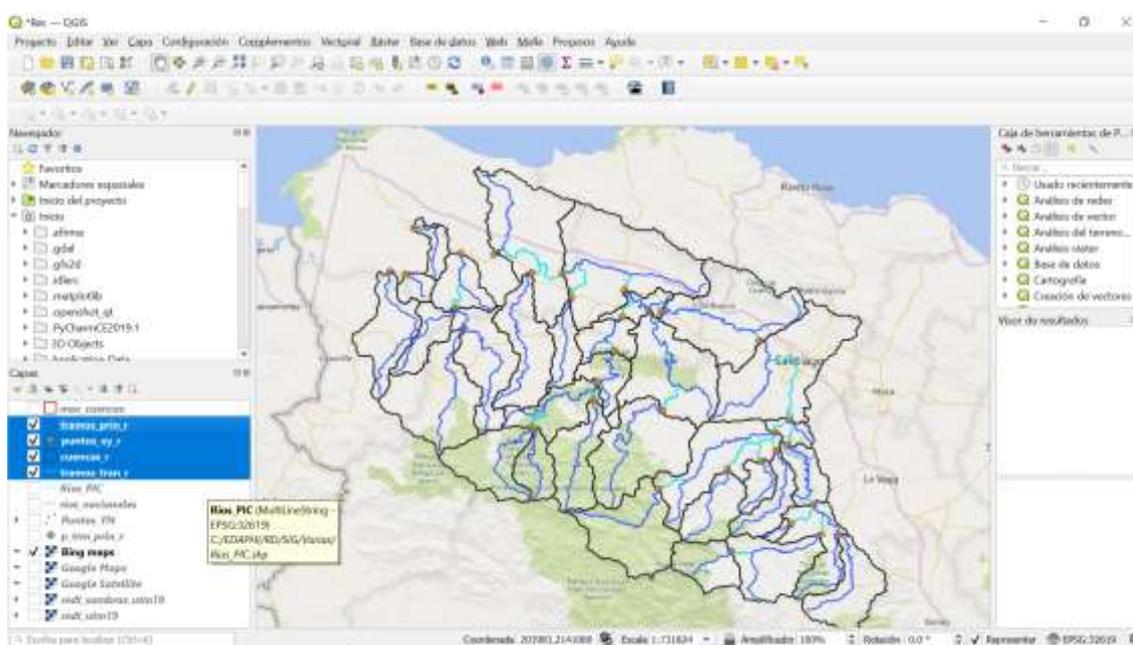


Figura 10-8.- Mapa de resultados de GCuencas en formato SHP. Caso de aplicación de República Dominicana





Figura 10-11.- Ventana de ayuda con instrucciones de uso de GCuencas

## 10.9 Instalación

GCuencas depende de EGrassPy3, por lo que el primer paso será instalar la versión apropiada de GIS-Grass e instalar y configurar el módulo EGrassPy3 (ver capítulo 9).

Por lo demás, se instala como un módulo normal.

## 11 EDAPHI-Gen. Módulo de configuración y control general

### 11.1 Introducción

El módulo Gen proporciona un conjunto de utilidades de propósito general. No se describen detalladamente cada una de ellas, tan solo las de uso más común o de utilidad más relevante. Para el resto, la descripción y el uso del mismo comando (con su ayuda en línea) serán suficiente para su uso.

### 11.2 Funcionalidades

Las principales funcionalidades de Gen pueden agruparse según:

- Configuración del entorno
- Control de ejecución y programación de tareas
- Manejo de archivos de series temporales. Se generan las colecciones de series que usarán el resto de los módulos
- Manejo de nodos de representación del sistema hidrológico
- Intercambios de archivos vía Ftp
- Otros

No obstante, hay multitud de comandos de propósito general que son accesibles desde el resto de los módulos, sin necesidad de usar Gen.

### 11.3 Comandos

El módulo Gen no tiene un comando específico único, sino un conjunto de utilidades:

Los comandos disponibles son:

Comando	Descripción
control	Control de ejecución de algunos módulos
prog_mods	Editar opciones del programador de tareas de módulos EDAPHI
prog_mods_ini	Inicia el programador de tareas de módulos EDAPHI
venv_act	Activa el entorno virtual Python
venv_crea	Crea el entorno virtual Python
venv_desact	Desactiva el entorno virtual Python
venv_pack_inst	Instala los paquetes Python necesarios
venv_pack_inst_pem	Instala los paquetes Python necesarios usando archivo PEM, --cert en pip
venv_pack_list	Muestra y escribe la lista de paquetes a instalar en el entorno virtual Python

Tabla 11-1.- Comandos del módulo Gen

Uno de los comandos interesantes es *control*. Las aplicaciones desarrolladas con EDAPHI están diseñadas de modo que admiten pausar o interrumpir la ejecución. Este comando facilita tal tipo de acciones.

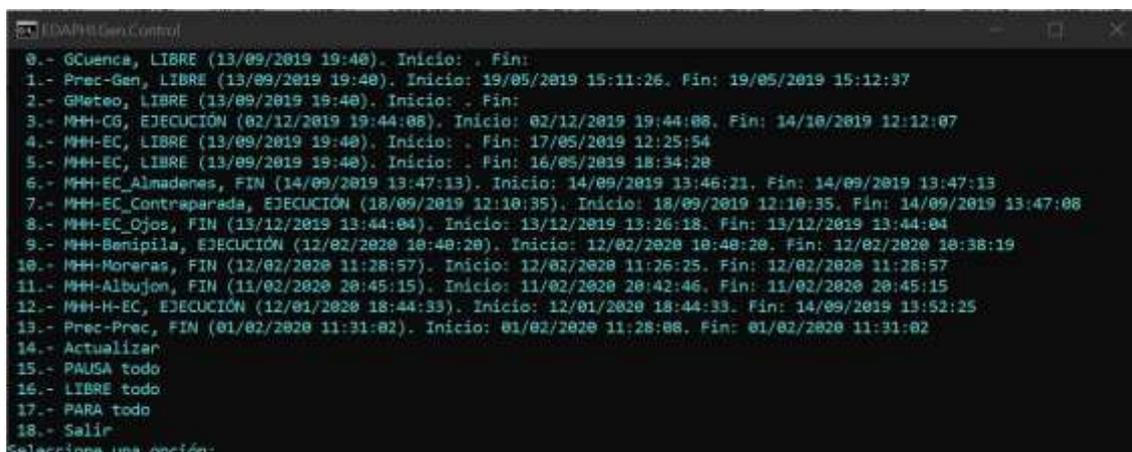


Figura 11-1.- Ventana de interacción del comando control

Otro comando útil es *prog\_mod*, que ofrece las siguientes opciones:

```
Argumentos:
-ini: Inicia el ciclo de programación de tareas EDAPHI
-edit: Edición de opciones que se almacenan en el archivo conf_prog.csv
-test: Prueba de ejecución del módulo
```

Es preferible emplear el comando *prog\_mods\_ini*, en lugar de *prog\_mods*, para que se abra otra ventana como la siguiente:



Figura 11-2.- Ventana del programador de tareas

## 11.4 Configuración

### 11.4.1 Configuración general

El archivo *conf\_gen.x/sx* situado en la carpeta del módulo almacena las opciones de configuración general que afectan al resto de módulos. La hoja *Dir* contiene la información de las carpetas generales y la *ST* la relacionada con los archivos de series y

determina parte del funcionamiento del comando *st\_gen*. También se incluyen otras dos hojas *Txt-csv* y *Cntrl* para opciones de configuración de archivos de texto y de espera de ejecución, respectivamente

### 11.4.2 Configuración del programador de tareas

Los siguientes comandos están relacionados con la programación de tareas: *prog\_mods\_ed* y *prog\_mods\_ini*



**Figura 11-3.- Ventanas del programador de tareas en modo configuración**

El primero sirve para configurar el programador, lo que también puede hacerse editando el archivo *conf\_prog.csv*, cuyo contenido puede ser como el siguiente:

Módulo	Comando	Argumentos	Horas (Ejemplo 1: 06:00 12:00 18:00 Ejemplo 2: 60-m)
GMeteo	ciclo.cmd		05:30 11:30 17:30 23:30
Gen	ciclo.cmd		0:15 1:15 2:15 3:15 4:15 5:15 ...

**Tabla 11-2.- Ejemplo de contenido del archivo de configuración del programador de tareas**

En la carpeta principal de EDAPHI se puede incluir un archivo (se aconseja denominar *EDAPHI\_prog.cmd*) con el siguiente contenido:

```
@Echo off
SET EDAPHI_DIR=%cd%
cd /D %EDAPHI_DIR%\Gen
start /I ini_prog.cmd
```

El contenido del archivo *ini\_prog.cmd* es:

```
@Echo off
set EDAPHI_AP=Gen
color F0
mode con COLS=90 LINES=15
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..\..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Pushd ..
Rem Directorio de area. Ejemplo c:\edaphi\rd
Set EDAPHI_DIR_AREA=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Title EDAPHI-%EDAPHI_AP%-Programador de tareas
call control
prog_mods -ini n_arch_conf=%EDAPHI_DIR_C%\conf_prog.csv n_tareas_v=5
exit
```

### 11.5 Un ejemplo de programa incorporado a Gen en el marco de un proyecto

En el caso de aplicación de la cuenca del Segura, se incorporó un módulo de generación de archivos de series temporales generales: el comando *st\_gen* genera, a partir de los datos de medidas en estaciones, que pueden estar almacenados en archivos, las colecciones de series que serán usadas por el resto de los módulos. Así, si se almacenan en archivos, su modo de trabajo se configurará según lo que aparezca la hoja *ST* del archivo *conf\_gen.xlsx*.

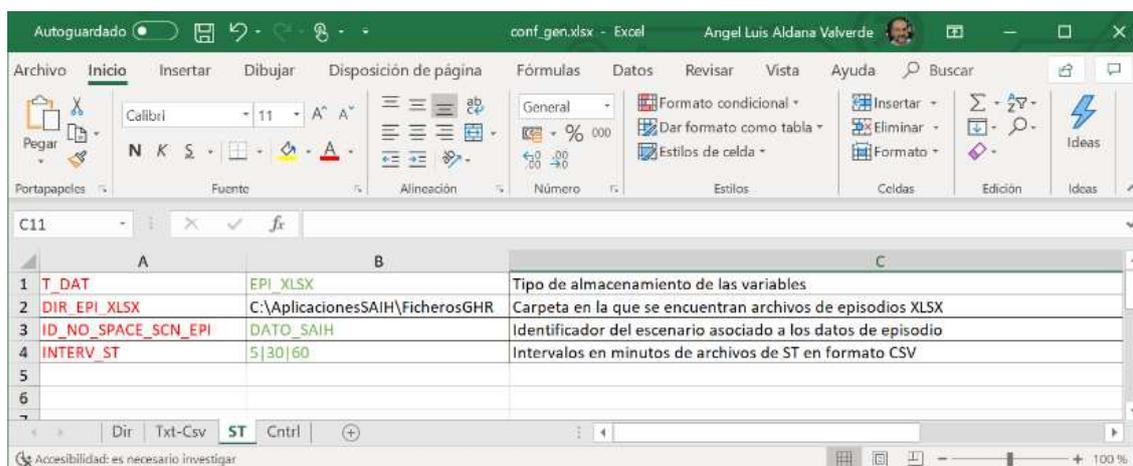


Figura 11-4.- Opciones de configuración que afectan especialmente al comando *st\_gen*

Las tareas que realiza a partir de los datos originales son:

- Nombres de las variables: Les asignará el ID de los puntos de medición.
- Relleno de huecos por interpolación en series con atributos C, Q, N, S, V, E
- Cambio de discretización temporal (5, 30 y 60, ..., configurable)
- Escritura de archivos *st\_gen\_\**. CSV y XLSX

De este modo quedarán los archivos de series temporales listas para el resto de los módulos EDAPHI.

En el caso de la experiencia en República Dominicana, se generó un módulo denominado *st\_gen\_rd* para fines similares.

## 11.6 Uso de utilidades comunes

Desde este módulo pueden usarse algunas utilidades comunes (de propósito general accesibles desde el resto de los módulos, capítulo 8) para ampliar las posibilidades de análisis o de resultados.

El siguiente archivo de comandos, por ejemplo, calcula algunas estadísticas y genera gráficos que se emplearán para la construcción de la web (capítulo 9).

```
@echo OFF
REM @A Calcula estadísticas del archivo st_gen_05min y crea resultados en
%EDAPHI_DIR%\st y %EDAPHI_DIR%\Gen\Res\Html\Grf
for %%d in (P,C,Q,N,S) do (
    rem Cálculo de estadísticas
    call ts_util -stats_t xlsx=%EDAPHI_DIR%\st\st_gen_05min.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR%\st attrib=%%d
    rem Generación de gráficos
    call ts_util -w_tv_s xlsx=%EDAPHI_DIR%\st\st_gen_05min.Stats_t-%%d.xlsx
    title="Valores representativos" dir_res=%EDAPHI_DIR%\Gen\Res\Html\Grf
)
```

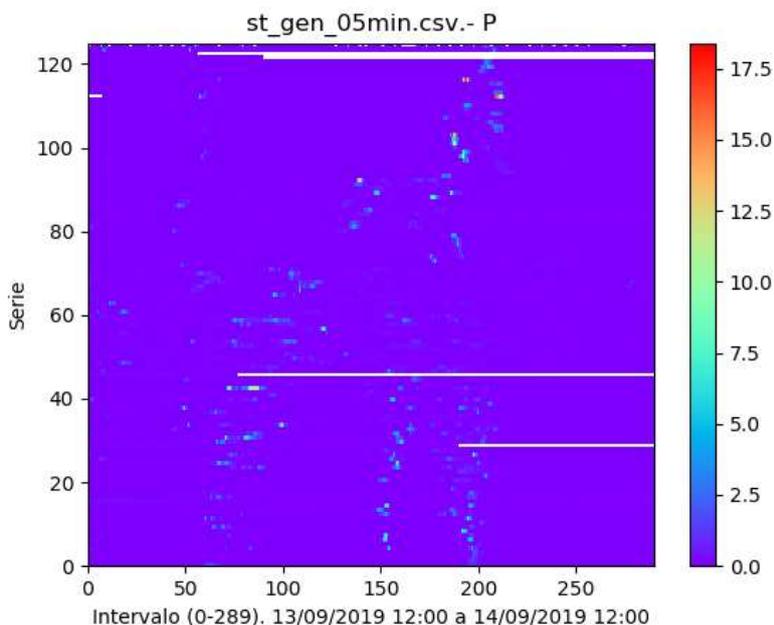


Figura 11-5.- Ejemplo de resultado obtenido con utilidades comunes

Si se desea consultar gráficamente una serie concreta, origen de los datos, puede usarse un comando como el siguiente:

```
ts_util xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201909132100.xlsx nsheet=Datos -w_tv i_s=2
```

Que ofrecerá una ventana con la representación de la variable.

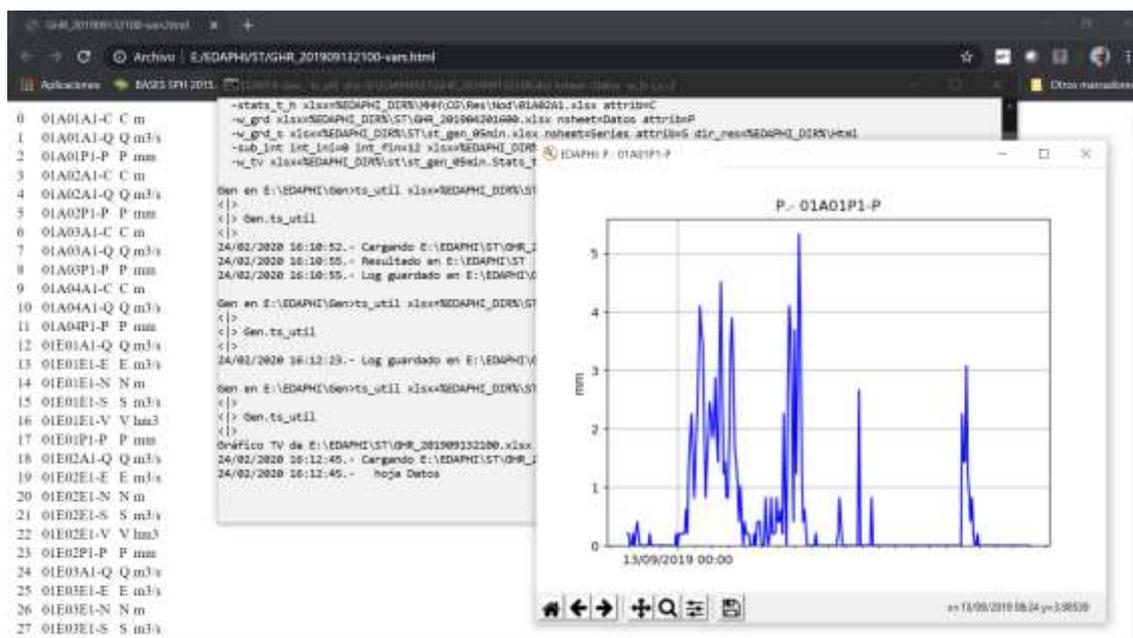


Figura 11-6.- Ejemplo de una consulta gráfica de una variable concreta de la fuente de datos origen

Para conocer el índice de la variable puede ser útil el comando:

```
ts_util xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201909132100.xlsx nsheet=Datos -
html_table_vars
```

Generará un archivo HTML con los índices y los nombres de las variables.

Pueden dejarse preparados un conjunto de archivos de comandos como el siguiente:

```
@echo OFF
REM @A Muestra una ventana de mapa de lluvias máximas en pluviómetros.
Argumento obligado: 05min, 30min o 60min
Echo ^<^|^>
Echo ^<^|^> %EDAPHI_Ap%.%0
Echo ^<^|^>
if "%1" == "" (
    echo Indique uno de los siguiente argumentos: 05min, 30min o 60min
) else (
    call ctm -w_max arch_ct=%EDAPHI_DIR%\st\st_gen_%1.csv
arch_conf=%EDAPHI_DIR%\Gen\Conf_Mapas\conf_mapa_PMax.xlsx
)
```

Que ofrecerá una ventana de valores máximos de precipitación en pluviómetros

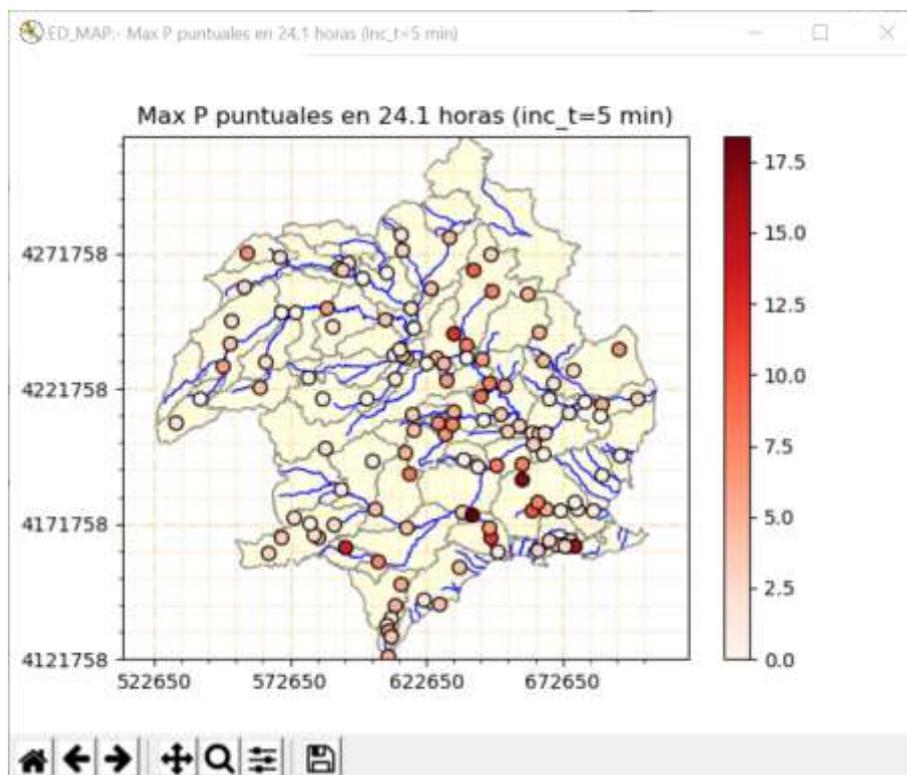


Figura 11-7.- Ventana de mapa de lluvias máximas en pluviómetros

*Si se incorpora un conjunto de archivos de comandos en la carpeta Gen\Cmd, como en el caso de otros módulos, se tendrá acceso a ellos desde la ventana de comandos*

A modo de ejemplo, en el caso de la implementación de EDAPHI en la cuenca del Segura, se cuenta con un conjunto de comandos específicos, a modo de ejemplo de adaptación a los requerimientos de un proyecto concreto, que muestra el siguiente recorte de la ventana de comandos:

```
Comandos específicos del caso de aplicación
* stats.....Calcula estadísticas del archivo st_gen_05min y crea resultados en %EDAPHI_DIR%\st y
               %EDAPHI_DIR%\Gen\Res\Html\Grf
* v_grd_p.....Muestra una ventana de representación matricial de lluvias. Argumento obligado: 05min, 30min
               o 60min
* v_grd_q.....Muestra una ventana de representación matricial de caudales
* v_map_p_acum.....Muestra una ventana de mapa de lluvias acumuladas en pluviómetros. Argumento obligado: 05min,
                  30min o 60min
* v_map_p_max.....Muestra una ventana de mapa de lluvias máximas en pluviómetros. Argumento obligado: 05min,
                  30min o 60min
* v_map_q_aním.....Muestra una ventana de mapa de animación de caudales instantáneos
* v_map_q_it.....Muestra una ventana de mapa de caudales instantáneos. Argumento obligatorio: intervalo
* v_map_q_max.....Muestra una ventana de mapa de caudales máximos
* v_tv_is.....Muestra una ventana de serie temporal de episodio. Argumento obligatorio: índice de la serie
```

**Figura 11-8.- Ejemplo de listado de comandos específicos definidos con las utilidades comunes del capítulo 8**

## 12 EDAPHI Prec. Procesador de precipitaciones para uso en tiempo real

---

### 12.1 Introducción

Este módulo es uno de los básicos para el pronóstico hidrológico. Se trata de un procesador de lluvias que parte de datos de medidas en pluviómetros y genera mallas de precipitación y calcula valores areales medios en cuencas.

### 12.2 Funcionalidad de la aplicación

Las funcionalidades de Prec son:

- Cálculo de mallas de precipitaciones por intervalo
- Trabajo con escenarios para realizar, por ejemplo, cálculos en diferentes intervalos de tiempo (5, 30, 60 minutos)
- Posibilidad de cálculo incremental para lograr ahorros de tiempo, aprovechando cálculos anteriores
- Cálculo de precipitaciones areales en polígonos. Se aplica para el cálculo en subcuencas.
- Posibilidad de generar mapas configurables de mallas de precipitaciones o de precipitaciones areales
- Puede generar animaciones de mallas precipitaciones
- Posibilidad de calcular series de archivos de series generales de EDAPHI o calcular un intervalo desde un archivo de puntos en formato XLSX (útil para realizar pruebas)

Cuenta con funcionalidades generales de los módulos EDAPHI en cuanto a generación de resultados para publicación web, archivos XLSX, etc.

### 12.3 Cálculo de mallas

Prec cuenta con un interpolador sencillo que usa el método de inversa a la distancia. Sería fácil incorporar otro tipo de interpoladores o dotar de algoritmos basados en geoestadística (puede recurrirse para ello al GIS-Grass que se emplea en otros módulos), pero, al menos hasta ahora, no se ha trabajado en ningún caso en el que esté justificado otro tipo de método.

Interpolación para obtener el valor de la precipitación  $P$  en el punto  $(x, y)$ :

$$P(x, y) = \sum_{l=1}^p a_l * f_l(x, y)$$

Donde  $f_l(x, y)$  son denominadas funciones base

En el caso de que se opte por cálculo en función de  $n$  valores puntuales ( $P_l$ ), se aplica la fórmula:

$$P(x, y) = \sum_{l=1}^n \lambda_l * P_l; \left( \sum_{l=1}^n \lambda_l = 1 \right)$$

Para asegurar que la suma de coeficientes sea 1, se recurre a expresarlos como:

$$\lambda_l = \omega_l / \sum_{k=1}^n \omega_k$$

En el caso del interpolador de inversa a la distancia, será:

$$\omega_l = \frac{1}{h_l(x, y)^\theta} = \frac{1}{\left( \sqrt{(x - x_l)^2 + (y - y_l)^2} \right)^\theta}$$

$h_l(x, y)$  es la distancia al pluviómetro  $l$  de coordenadas  $(x_l, y_l)$  al punto  $(x, y)$  donde realizar los cálculos, en función de una potencia.

El algoritmo implementado permite especificar algunas condiciones, además de la potencia, cuyo valor habitual es 2:

- Distancia máxima ( $dmax$ ). - Se ordenan los pluviómetros según el valor de la distancia  $h_l$  y se seleccionan aquellos  $m$  pluviómetros que distan menos que  $dmax$  del punto en el que obtener el valor interpolado.
- Número máximo de pluviómetros ( $nmax$ ). - Si  $m > nmax$  se seleccionan los primeros  $nmax$ .

Con estas fórmulas y condiciones se calculan los valores en celdas de una matriz de dimensiones dadas por las coordenadas extremas y por el tamaño de celda. Las coordenadas que se asigna a cada celda serán las de su punto central.

## 12.4 Cálculo de valores areales

Los valores areales en subcuencas (u otras áreas de interés) se obtienen operando con los valores de las celdas interiores a sus respectivos polígonos. Para agilizar estos

cálculos se emplea una máscara obtenida de la capa de polígonos que representa a las subcuencas. Esta máscara es una capa ráster de iguales dimensiones que las matrices que se quieren obtener y cuyos valores (enteros), cada uno de los cuales se refiere a una subcuenca concreta, indica si el punto está dentro de un área, otra o ninguna. Así, si una subcuenca se identifica por el número  $j$ , para calcular los valores areales en su área, se buscarán los valores de las celdas de la matriz calculada que tenga valor  $j$  en la celda de igual posición de la máscara.

La máscara se calcula en el proceso de configuración de la aplicación y no requiere volver a ser recalculada, salvo que haya cambios en la capa de áreas. El cálculo es, en términos SIG, una conversión de representación vectorial a ráster.

Este método implica que no se admiten superposiciones de áreas. Pero la aplicación ofrece solución a esto gracias a las diferentes opciones de configuración con escenarios de cálculo de areales (ver apartados 12.5 y 12.6).

## 12.5 Configuración

La configuración de la mayor parte de los parámetros del módulo se realiza en la hoja *Conf* del archivo de configuración XLSX (*conf\_prec.xlsx*, por ejemplo).

DESC	Valor	Descripción del caso
T_NODO	IP	Tipos de nodos con los que opera. Los nodos S son generados a partir de VEC_AREAS
VEC_CONF	PAS	Secciones en el apartado de configuración
LEVEL_LOG	J	Nivel de impresión por pantalla de log
INV_V	999.999	Valor inválido (para marcos huecos)
COLOR_POINTS_VHV	black	Color de los punto con valores inválidos
INC_T_SEC_ANIM	1.5	Segundos entre imágenes en la animación
N_FRAMES_ANIM	12	Número de imágenes en la animación
N_PNG_HTML	12	Número de imágenes por escenario que se preparan para html
MASC	S	Si usa la máscara de contorno (S/N)
LEGEND_IDC	best	'best', 'upper right', 'upper left', 'lower left', 'lower right', 'right', 'center left', 'center right', 'lower center', 'upper center', 'center'
PREP_HTML	S	Preparar archivos para publicación web (S/N)
DPI_SAVE_PNG	300	Puntos por pulgada (72, 96, 160, 300, ...)
DIR_GIS_GEN	S	Si usa la carpeta SIG general o la específica
X_MIN	520000	Coordenadas mínimas del cuadro de la matriz a generar
Y_MIN	4115000	Y_MAX 4319000 X_MAX 710000
X_CEL_Y_CEL	1000	Tamaño de celda
X_CELS	190	Número de celdas en horizontal (E-O)
Y_CELS	204	Número de celdas en vertical (N-S)
POL_CONF	NEDAPHI_DIR_AREA%\SIG\cuenca_prec.shp	Polígono con el contorno
VEC_AREAS	NEDAPHI_DIR_AREA%\SIG\subcuencas_prec.shp	Polígonos para medas areales. Puede especificarse para cada escenario. Debe incluir los campos ID y AREA_KM2. Opcionalmente el campo ODESC
VEC_AREA_KM2	SUPERFICIE	Campo de superficie en km2 (AREA_KM2)

Figura 12-1.- Contenido de la hoja *Conf* del archivo de configuración XLSX

La configuración de un escenario en el que se calculan matrices, por interpolación, y valores areales se hace de un modo sencillo como ilustra la siguiente figura:

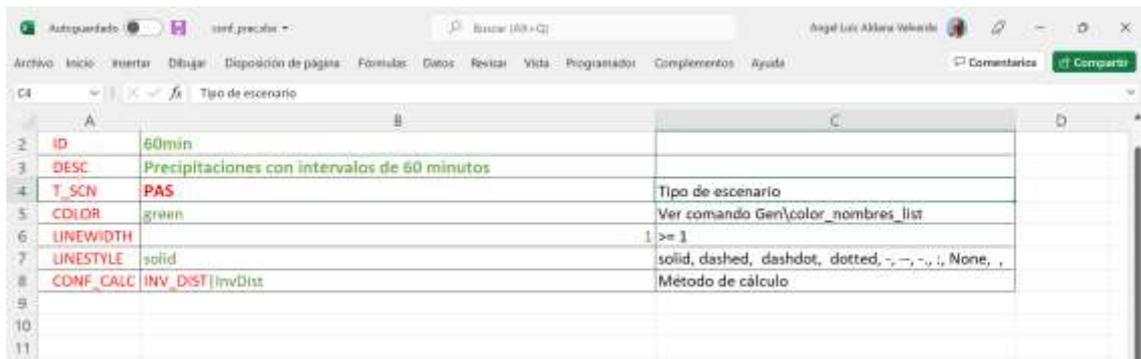


Figura 12-2.- Ejemplo de hoja de un escenario de cálculo

Los parámetros de configuración del interpolador (INV\_DIST) se almacenan en la hoja InvDist, nombre configurable (ver la línea de la sección CONF\_CALC).

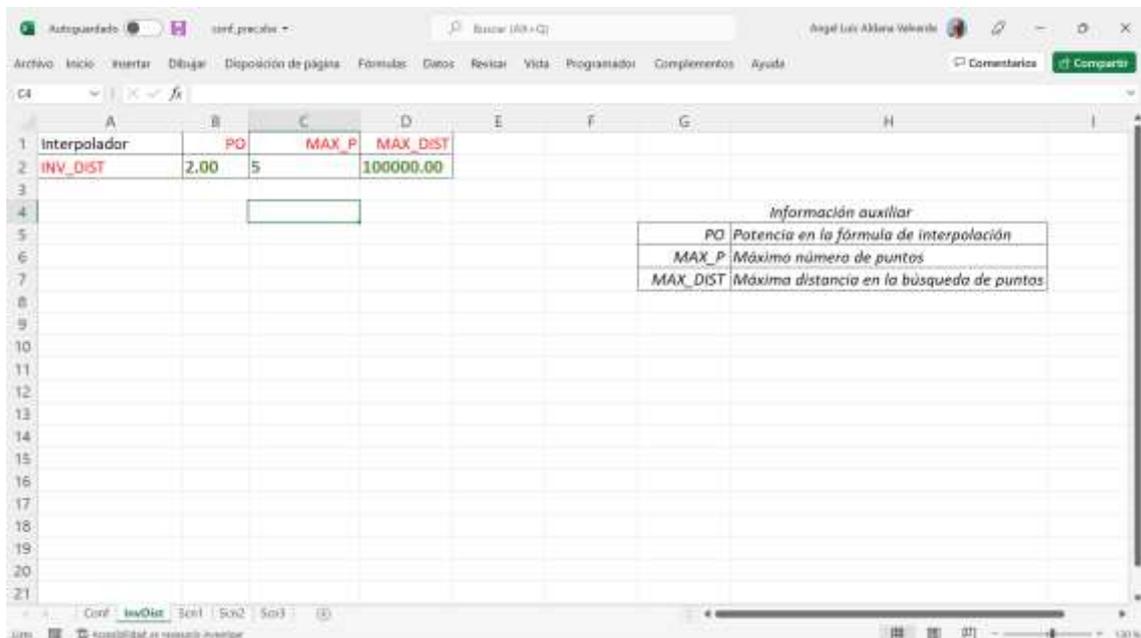


Figura 12-3. – Configuración del interpolador

Si un escenario depende de mallas externas (de otro escenario u otra aplicación u origen), puede configurarse conforme a la siguiente hoja:

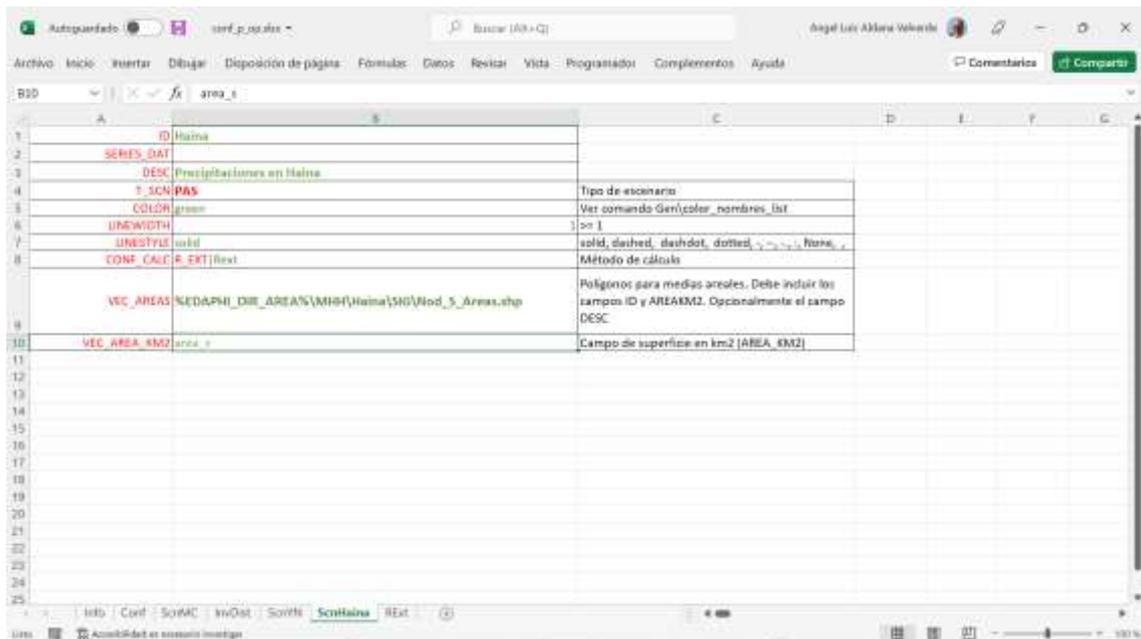


Figura 12-4. – Configuración de un escenario con malla externa (sólo se calculan valores areales)

En este caso, en la línea CONF\_CALC se indica que los datos de las mallas externas (R\_EXT) está en la hoja Rext, que se muestra a continuación:

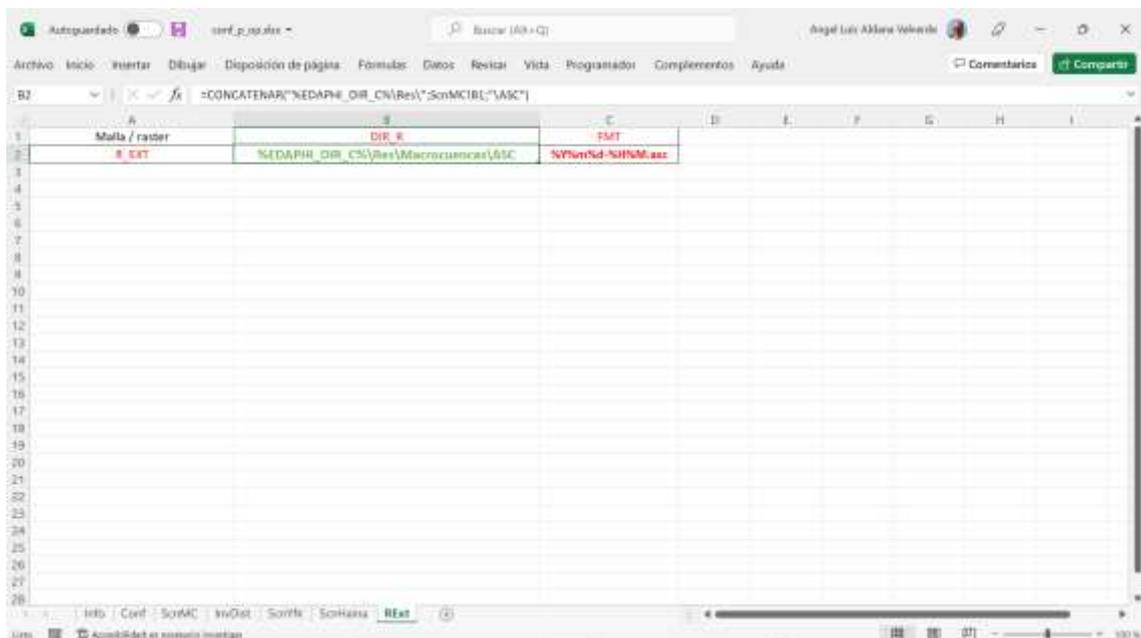


Figura 12-5.- Configuración del origen de malla externa para un escenario

### 12.5.1 Configuración de mapas por intervalo

Los mapas son configurables a través de archivos XLSX que incluye las explicaciones para cada parámetro de cálculo o funcionamiento.

Así, para los gráficos de mallas por intervalo, se cuenta con el archivo *conf\_mapa\_int.xlsx*.

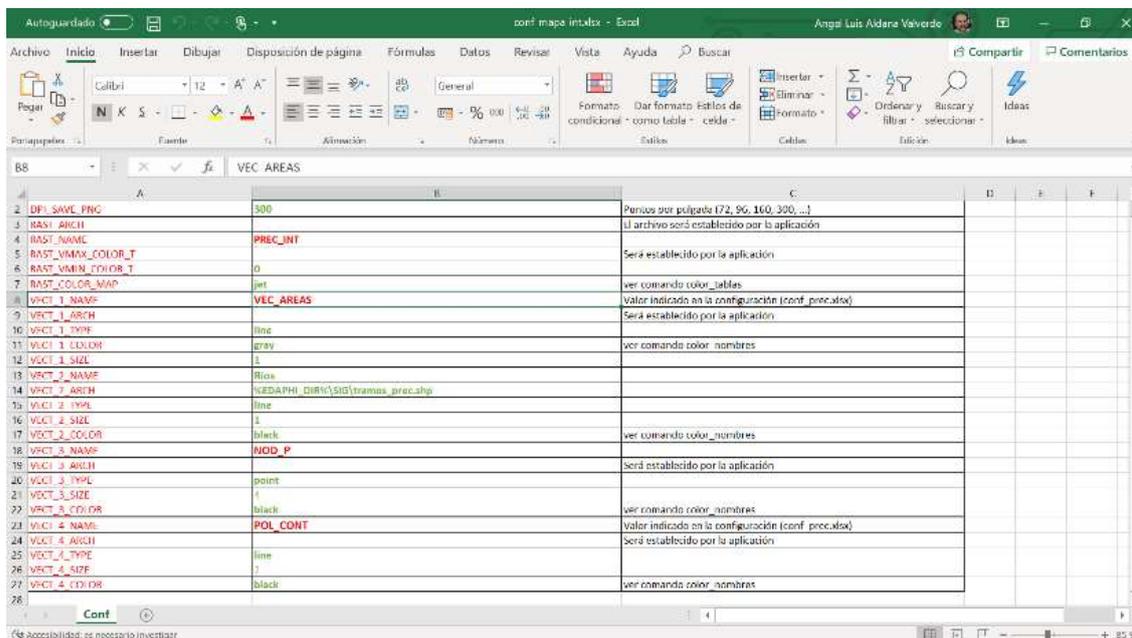


Figura 12-6.- Configuración de mapas por intervalo

### 12.5.2 Configuración de mapas de agregaciones

Para la configuración de los mapas de valores agregados se cuenta con otro archivo: *conf\_mapa\_ag.xlsx*

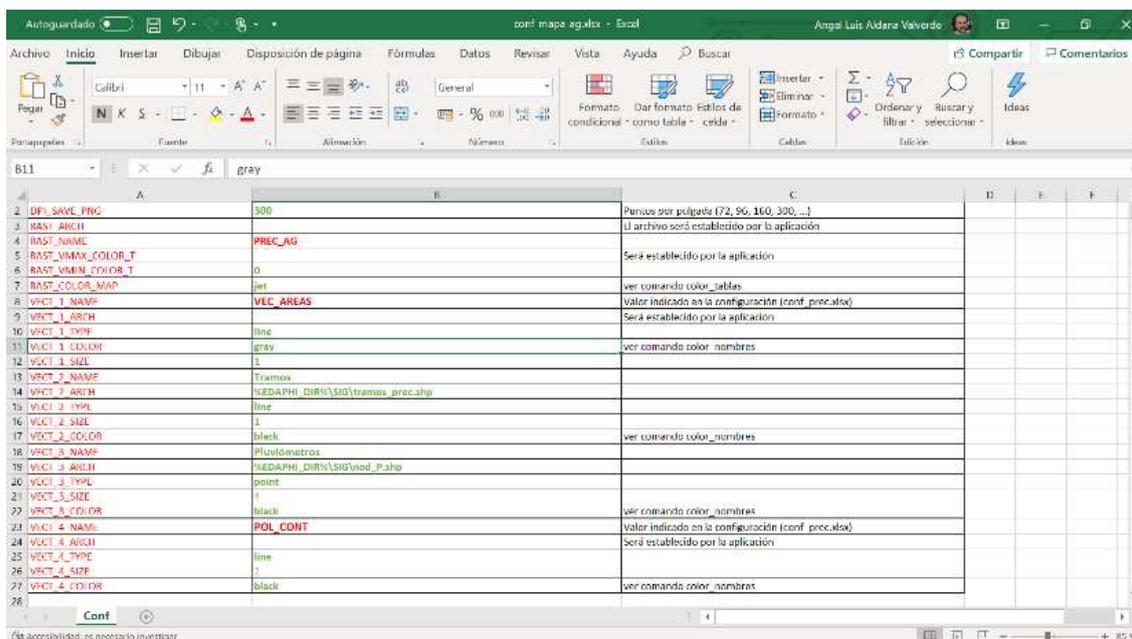


Figura 12-7.- Configuración de mapas de agregaciones

### 12.5.3 Cálculos de un intervalo a partir de un archivo de puntos

Se cuenta con la posibilidad de realizar cálculos a partir de un archivo de puntos. Esto puede resultar útil cuando se desea hacer pruebas con los parámetros de interpolación, por ejemplo. El archivo se situará en la carpeta *Prec* y será denominado *de\_xlsx.xlsx*. Su formato es simple: una sola hoja con una tabla, que incluya encabezados, cuyas columnas serán identificador, nombre, coordenadas y valor de cada punto (una fila por punto). El comando de ejecución es *de\_xlsx* y generará archivos de resultados en la raíz de la carpeta *Res* con nombres *de\_xlsx.\** (como *de\_xlsx.asc*).

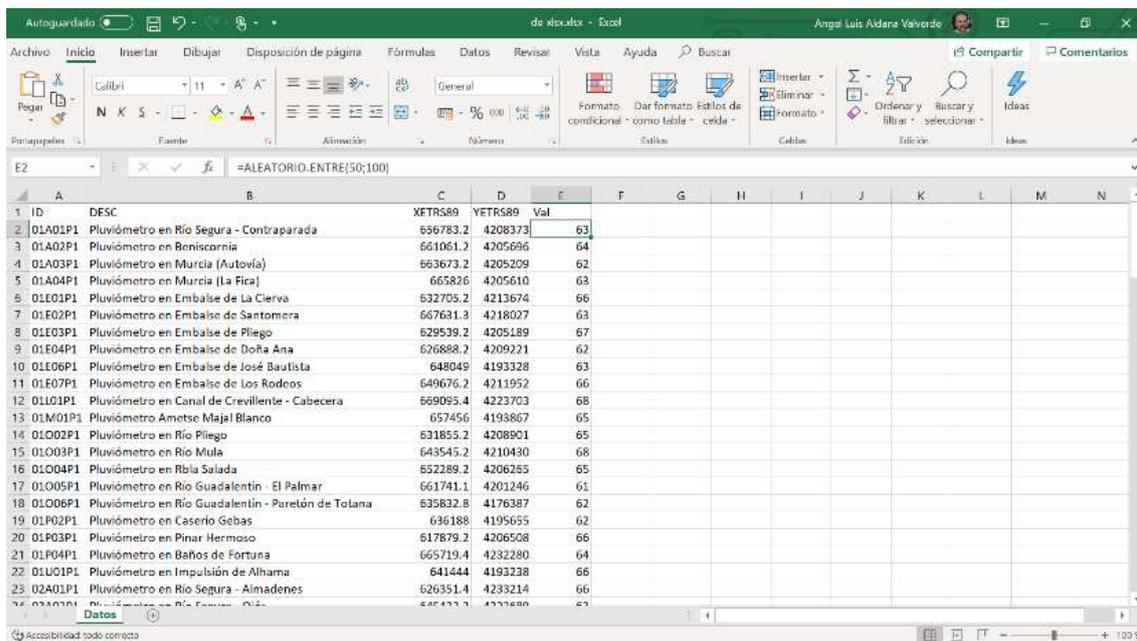
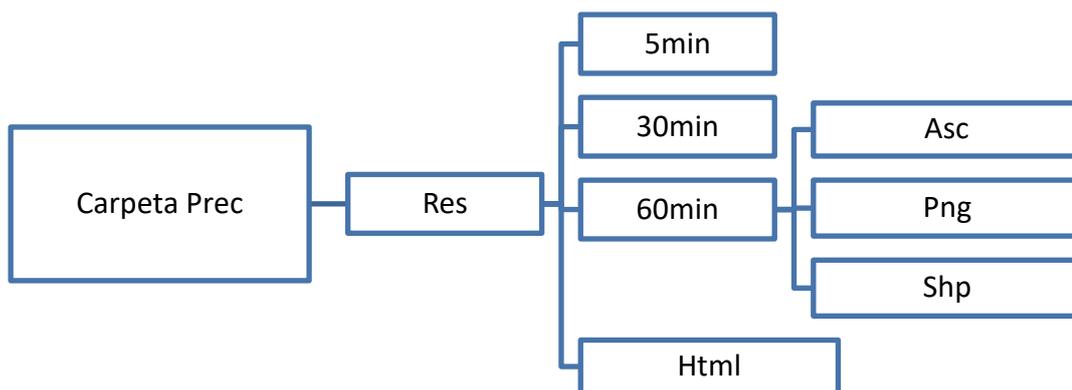


Figura 12-8.- Archivo *de\_xlsx.xlsx* con datos de puntos

### 12.6 Resultados

Prec puede generar un gran número de resultados, según cómo se especifiquen los escenarios de cálculos. Así, por ejemplo, cabe diferenciar escenarios según discretizaciones temporales o fuentes distintas de datos de pluviómetros, con lo que la estructura de resultados se ajustaría al siguiente esquema

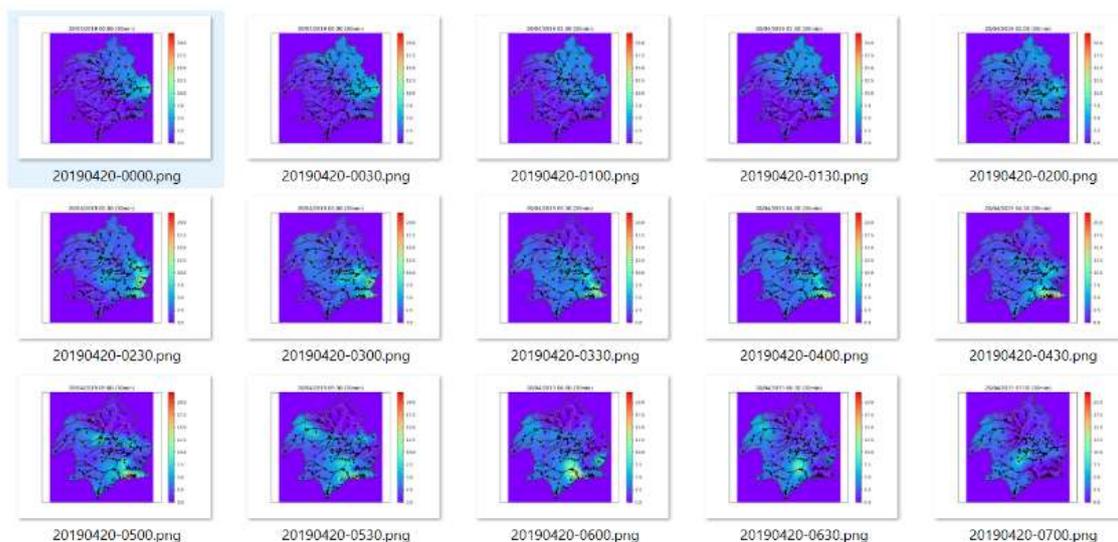


Las carpetas 5min, 30min y 60min (a modo de ejemplo) se corresponden a escenarios (configurable) de diferentes discretizaciones temporales y comparten estructura. Esto es configurable según el caso. Dependerá de la discretización temporal de las series asociadas a los pluviómetros, parámetros de cálculo u otras alternativas (escenarios, ver 4.2).

En la raíz de la carpeta *Res* se almacenan los archivos GIF con animaciones, las máscaras para cálculos (ver 12.6.1 y 12.6.2) y resultados de cálculo cuando se emplea el comando *de\_xlsx*.

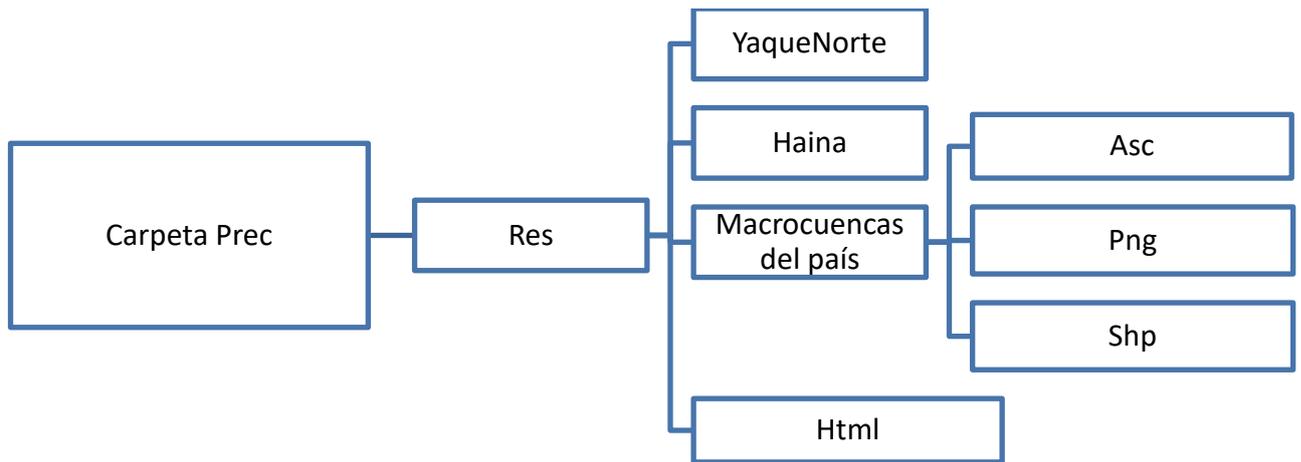
En cada subcarpeta de resultados pueden encontrarse los archivos *areaes.xlsx*, *areaes.csv* y las mallas de agregaciones.

Las carpetas *asc* almacenan las mallas resultantes en formato texto, las *png* en formato gráfico y las *shp* almacenan los puntos de dato de cada intervalo.



**Figura 12-9.- Colección de gráficos PNG de resultado de los cálculos**

Por citar otro ejemplo, cabe distinguir escenarios según diferentes capas de áreas:



En este caso, el único escenario en el que se calculan las mallas, por interpolación, es el de *Macrocuencas*. Los escenarios *YaqueNorte* y *Haina*, que se corresponden con cuencas divididas a su vez en subcuencas, usarán las mallas como "externas" (ver detalles de configuración), y sus cálculos asociados serán sólo de valores areales.

### 12.6.1 Máscara de áreas

Tal y como se indicó anteriormente, la aplicación usa una máscara de las áreas en las que se va a realizar los cálculos de valores areales. Para esa tarea, transforma las áreas de los vectores en una capa matricial a través de uno de los comandos que admite (ver apartado 12.8). Dicha máscara (archivo *masc\_areas.asc*) debe ser supervisada. También se genera el archivo *masc\_areas.csv* que contiene el listado de identificadores de polígonos junto a la superficie de cada área.

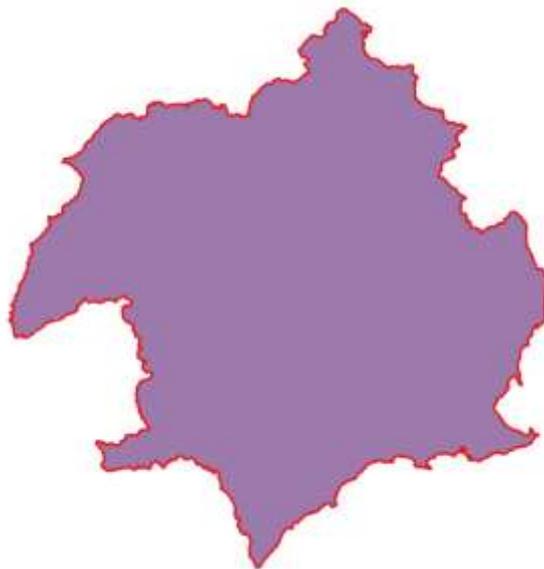
Estos archivos pueden generarse de forma externa a la aplicación e incorporarse (serían datos, en este caso, aunque se almacenen en la misma carpeta *Res*)



**Figura 12-10.-Representación de la capa *masc\_areas.asc***

### 12.6.2 Máscara del contorno

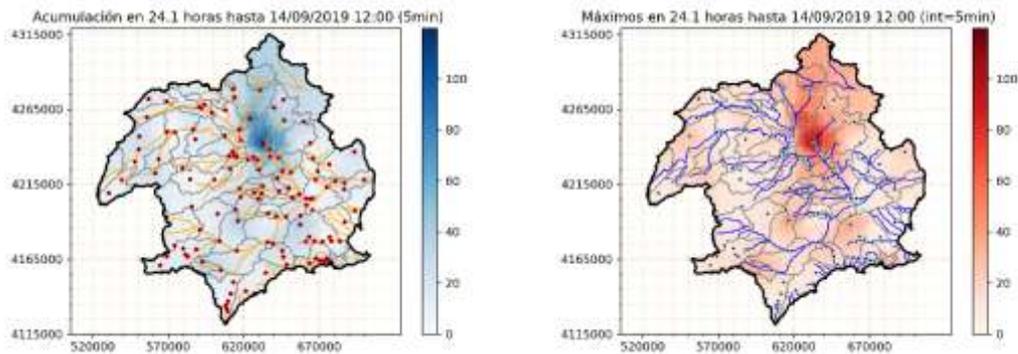
También cuenta con un comando para generar una máscara para el contorno en los que se generarán resultados. Fuera del polígono que define el contorno, las mallas resultantes tendrán valor inválido, pues no se realizarán cálculos en esas celdas. Esta máscara se almacena en el archivo *masc\_cont.asc*.



**Figura 12-11.- Ejemplo de máscara del contorno**

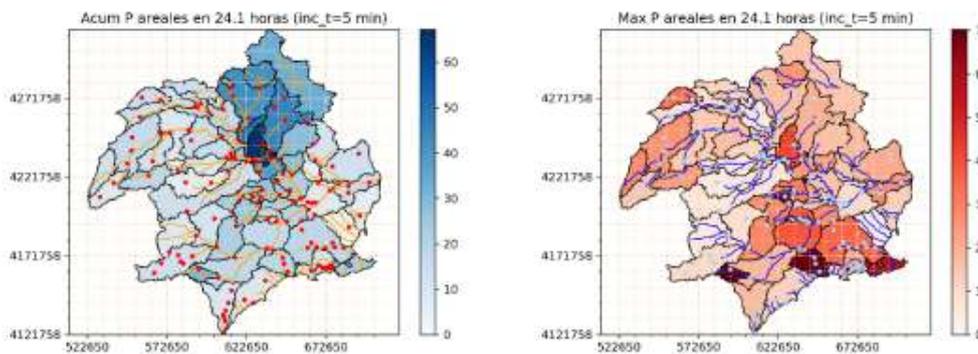
### 12.6.3 Resultados agregados

El módulo calcula los valores acumulados y los máximos en cada celda para todo el tiempo (todos los intervalos) comprendido en todo el periodo de cálculos (el de los archivos de la carpeta *ST* general de EDAPHI).



**Figura 12-12.- Mapas de resultados de valores agregados en formato matricial / raster**

Los mismos resultados, con el uso de comandos generales, pueden obtenerse los resultados agregados en subcuencas (valores areales):



**Figura 12-13.- Mapas de resultados de valores agregados en subcuencas (formato vectorial)**

### 12.7 Carpeta SIG

La carpeta *Prec\Sig* no es necesaria, en general. Aunque puede usarse, por ejemplo, para almacenar algunos proyectos QGIS que sirven para ilustrar datos SIG de entrada o algunos resultados, tales como el siguiente, derivado del uso del comando *de\_xlsx*:

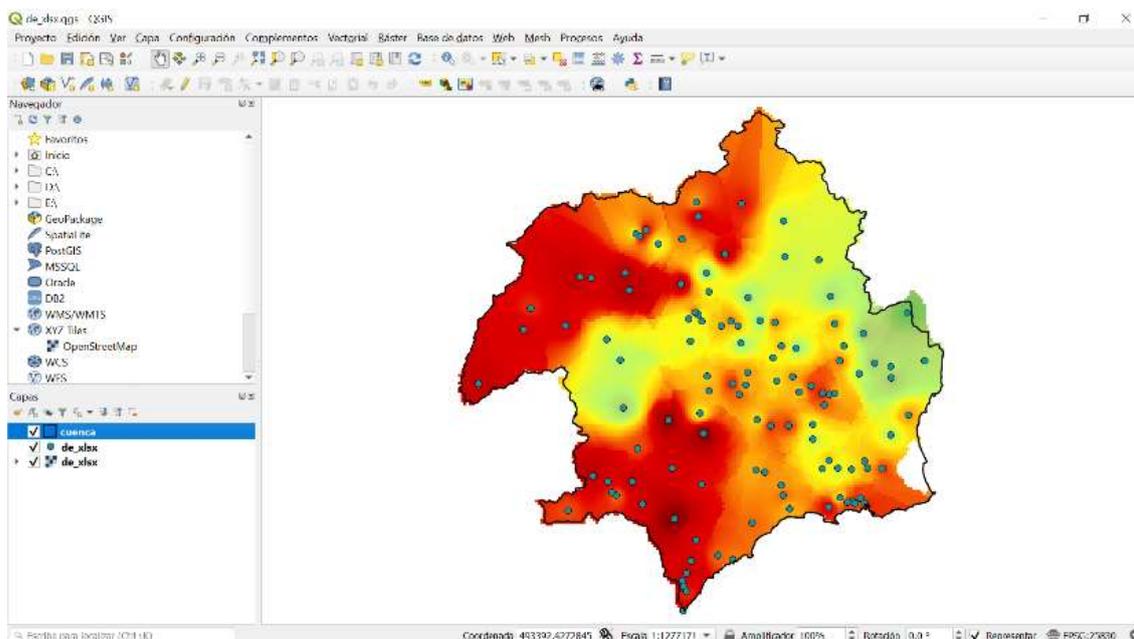


Figura 12-14.- Ejemplo de proyecto QGIS para visualizar resultados

## 12.8 Comandos

La tabla siguiente resume el listado de comandos disponibles. Coincide con el resultado de la instrucción *comandos* escrita en la ventana.

Las opciones del comando principal *prec* son, según muestra la pantalla al teclear *prec -h*:

```
Argumentos:
Obligado:
  xlsx_conf=Nombre del archivo de configuración completo
Acciones:
-list_s: Muestra un listado de áreas
-list_p: Muestra un listado de pluviómetros
-crea_masc_areas: Crea la máscara de áreas
-scn_all: Realiza todas las operaciones para un escenario
  iscn=: Índice de escenario
-all: Realiza todas las operaciones para todos los escenarios
-plot_s: Muestra una ventana con resultado de cálculo
  inod=Número de nodo areal (usar comando -list_s)
-calc_r_i: Calcula la malla de un intervalo
  iscn=: Índice de escenario
  it=: Índice del intervalo
-calc_r_a: Calcula las mallas de todos los intervalos
  iscn=: Índice de escenario
-calc_a_i: Calcula valores areales de un intervalo
  iscn=: Índice de escenario
  it=: Índice del intervalo
-calc_a_a: Calcula valores areales de todos los intervalos
  iscn=: Índice de escenario
-calc_acum: Calcula malla de acumulaciones de todos los intervalos
```

```

    iscn=: Índice de escenario
-calc_max: Calcula malla de máximos de todos los intervalos
    iscn=: Índice de escenario
-grf_r_i: Genera el gráfico de mapa de la malla de un intervalo
    iscn=: Índice de escenario
    it=: Índice del intervalo
-plot_r_i: Muestra una ventana de mapa de la malla de un intervalo
    iscn=: Índice de escenario
    it=: Índice del intervalo
-plot_r_a: Muestra una ventana con animaciones de mapa de la mallas en
intervalo
    iscn=: Índice de escenario
    inter_s=: Intervalo de tiempo de pausa
-grf_r_a: Genera los gráficos de mapa de todas las mallas interpoladas
    iscn=: Índice de escenario
-grf_acum: Genera el gráfico de la malla de acumulaciones
    iscn=: Índice de escenario
-plot_acum: Muestra una ventana de mapa de la malla de acumulaciones
    iscn=: Índice de escenario
-grf_max: Genera el gráfico de la malla de máximos
    iscn=: Índice de escenario
-plot_max: Muestra una ventana de mapa con la malla de máximos
    iscn=: Índice de escenario
-grf_stats_a: Genera el gráfico de estadísticas de areales
    iscn=: Índice de escenario
-plot_stats_a: Muestra una ventana con el gráfico de estadísticas de
areales
    iscn=: Índice de escenario
-prep_html: Prepara los archivos para publicación HTML
-test_call_extern
* Añadir -recalc si se desea recalculer intervalos (-calc_r_a, -
scn_all, -all)
-----
Ejemplos:
-calc_r_i it=0 iscn=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-calc_acum iscn=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-calc_max iscn=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-calc_a_a iscn=2 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-all -recalc xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-plot_r_i iscn=0 it=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-plot_r_a iscn=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx inter_s=0.5
-plot_max iscn=1 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-grf_stats_a iscn=0 xlsx_conf=conf_prec.xlsx
-plot_s inod=130 xlsx_conf=conf_prec.xlsx

```

La programación de Prec se apoya en un módulo Python denominado *interp\_rast*, al cual también se da acceso de forma interactiva para dar opción a algunas de sus funcionalidades:

```
Argumentos:
  -test: Realiza un test de funcionamiento con datos aleatorios
  -crea_masc: Crea la máscara para el contorno. La interpolación se
realizará en el interiorde los polígonos de la capa. (ver también comando
rast_vect)
      n_xlsx_conf=: Nombre del archivo XLSX de configuración (de donde
se lee la definición geométrica del raster)
      n_asc_masc=: Nombre de la máscara resultante. (Por defecto será
masc_cont.asc situado en la subcarpeta Res de la carpeta del archivo de
configuración
  -xlsx_dat: Calcula un intervalo obteniendo los datos de un archivo
      n_xlsx_conf=: Nombre del archivo XLSX de configuración
      xlsx_dat=: Nombre del archivo XLSX con los datos (por defecto será
de_xlsx.xlsx)
      dir_res=: Directorio de resultados (archivos de_xlsx.asc, png,
...). Por defectos será la subcarpeta Res de la carpeta del archivo de
configuración
      n_asc_masc=: Nombre de la máscara a emplear (Por defecto será
masc_cont.asc situado en la subcarpeta dir_res
Ejemplos
  -xlsx_dat xlsx_conf=conf_de_xlsx.xlsx xlsx_dat=de_xlsx.xlsx
  -crea_masc xlsx_conf=conf_de_xlsx.xlsx
```

## 12.9 Uso de comandos comunes

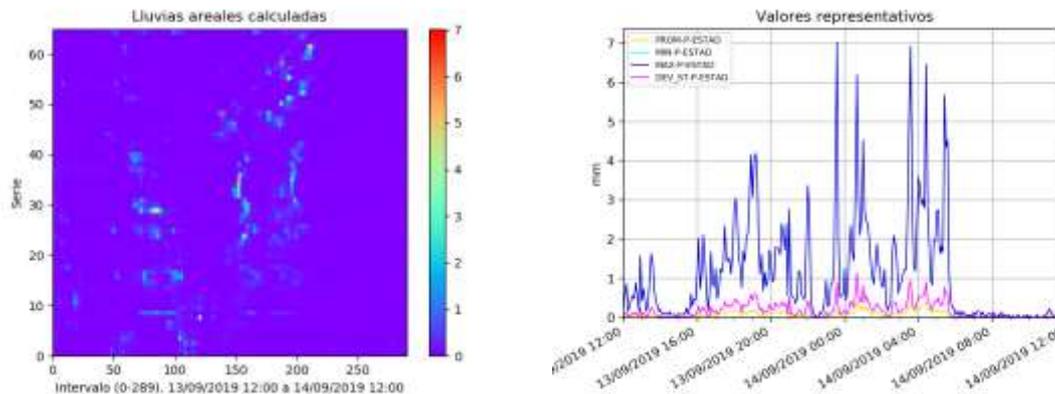
Este módulo realiza el cálculo de precipitaciones areales pero genera como resultado solo un archivo XLSX para este tipo de cálculo. Si se desean otros resultados, pueden emplearse archivos de comandos como el siguiente:

```
@echo OFF
REM @A Genera resultados areales en la carpeta %EDAPHI_DIR%\Html\Prec y
%EDAPHI_DIR%\Prec\Res con ts_util
Echo ^<^|^>
Echo ^<^|^> * Comando de caso %0 en el entorno de la aplicación
%EDAPHI_Ap%
Echo ^<^|^>
for %%d in (5min, 30min, 60min) do (
  Rem Generación de gráficos matriciales de resultados areales
  echo ^<^|^> * Llamada a ts_util desde %0
  call ts_util -w_grd_s csv=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.csv
attrib=P dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\Prec\Grf\%%d title="Lluvias areales
calculadas"
  Rem Cálculo de series de estadísticas a lo largo del tiempo de los
valores areales
  echo ^<^|^> * Llamada a ts_util desde %0
  call ts_util -stats_t xlsx=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d attrib=P
  Rem Generación de gráfico de las estadísticas
  echo ^<^|^> * Llamada a ts_util desde %0
```

```

call ts_util -w_tv_s xlsx=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.Stats_t-
P.xlsx title="Valores representativos"
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\Prec\Grf\%%d
Rem Cálculo de valores representativos
echo ^<^|^> * Llamada a ts_util desde %0
call ts_util -stats xlsx=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.xlsx
nsheet=Series attrib=P
echo ^<^|^> * Llamada a arch_xls desde %0
Rem Conversión de XLSX a HTML
call arch_xls -xlsx_to_html
xlsx=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.Stats.xlsx n_Sheet=Stats
html=%EDAPHI_DIR%\Html\Prec\subc_stats_%%d.html n_css="../EDAPHI.CSS"
)
Rem Generación de HTML con la tabla de subcuencas
echo ^<^|^> * Llamada a vect desde %0
call vect -recs n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
n_html=%EDAPHI_DIR%\Html\Gen\subcuencas_prec-rec.html

```



**Figura 12-15.- Ejemplos de resultados gráficos obtenidos con archivos de comandos comunes para Prec**

En el caso concreto de que se deseen mapas de precipitaciones areales:

```

@echo OFF
REM @A Genera resultados areales en %EDAPHI_DIR%\Prec\Res con ctm
Echo ^<^|^>
Echo ^<^|^> * Comando de caso %0 en el entorno de la aplicación
%EDAPHI_Ap%
Echo ^<^|^>
for %%d in (5min, 30min, 60min) do (
    echo ^<^|^> * Llamada a ctm desde %0
    Rem El siguiente comando genera el mapa de precipitaciones areales
    acumuladas en subcuencas.
    call ctm -g_acum
    arch_conf=%EDAPHI_DIR%\Prec\Conf_Mapas\conf_mapa_s_acum.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d
    arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areales.xlsx n_sheet=Series
    echo ^<^|^> * Llamada a ctm desde %0
    Rem El siguiente comando genera el mapa de precipitaciones areales
    máximas en subcuencas.

```

```
call ctm -g_max
arch_conf=%EDAPHI_DIR%\Prec\Conf_Mapas\conf_mapa_s_max.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areaales.xlsx n_sheet=Series
  Rem Las siguientes líneas son para generar todos los mapas de areaales,
  intervalo por intervalo
  rem del /Q %EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\png_s\*.png
  rem call ctm -g_it_a
arch_conf=%EDAPHI_DIR%\Prec\Conf_Mapas\conf_mapa_s_int.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\png_s
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\%%d\areaales.xlsx n_sheet=Series
)
```

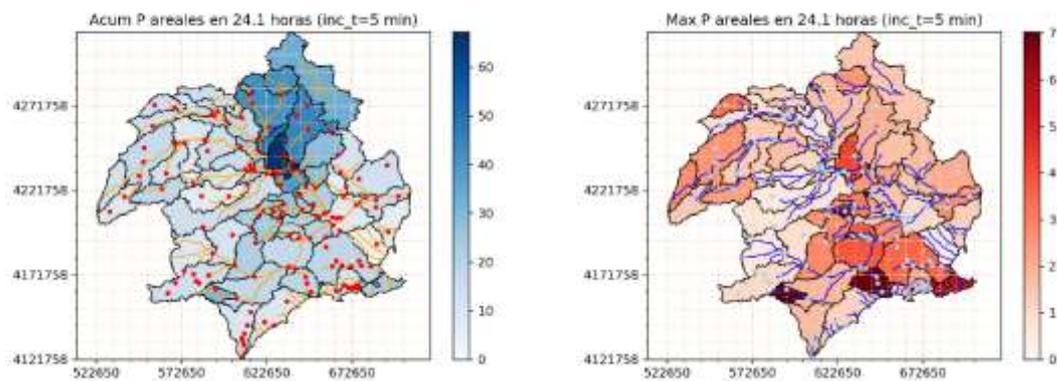


Figura 12-16.- Ejemplos de gráficos de mapas obtenidos con archivos de comandos para Prec

## 12.10 Instalación

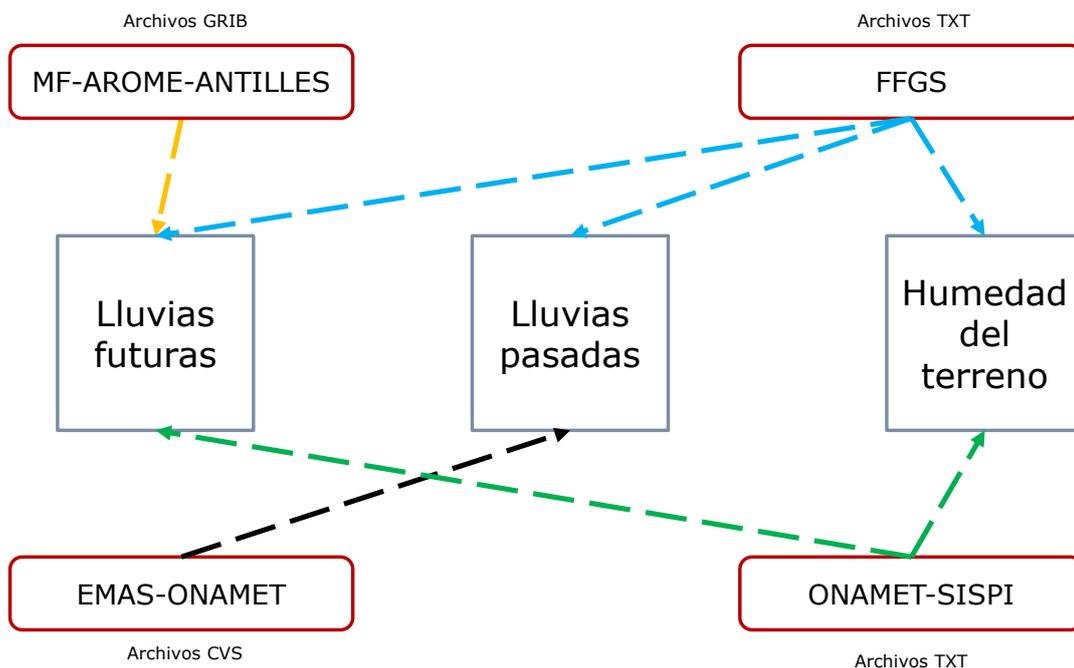
Prec no tiene necesidades especiales de instalación.

### 13 Familia CHM. Conectores hidrometeorológicos

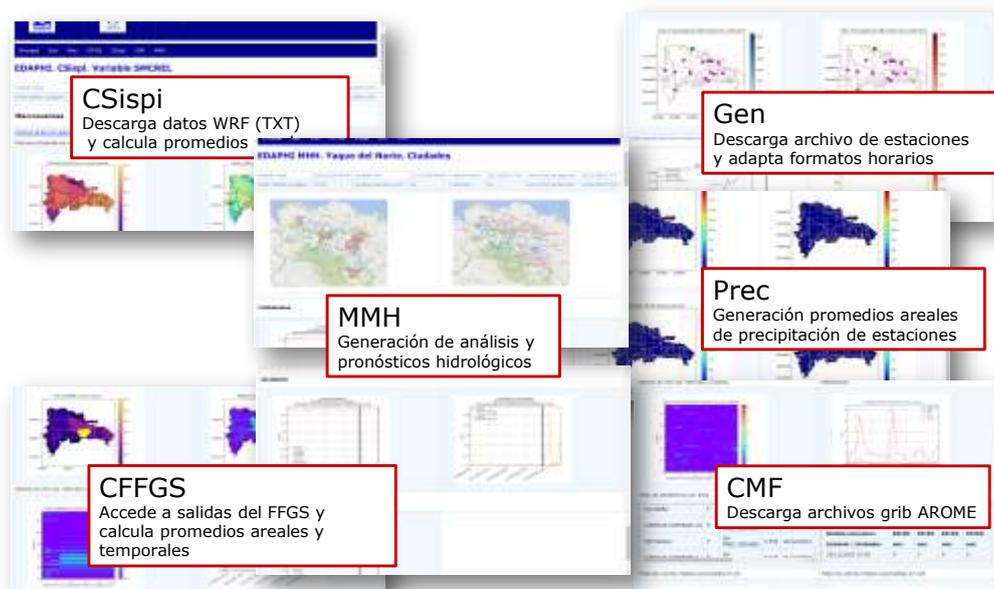
CHM engloba un conjunto de módulos destinados, fundamentalmente, a enlazar modelos hidrológicos con meteorológicos, obteniendo los resultados de los últimos como entrada para los pronósticos hidrológicos:

- GMeteo.- Fue el primer conector desarrollado con la versión V1.0 de EDAPHI. Obtiene información de los modelos Harmoni-Arome de AEMET (España)
- CFFGS.- Obtiene información de un servidor del Sistema Guía de Crecidas repentinas (Flood Forecasting Guide System)
- CMF.- Emplea resultados del modelo Arome de Meteo France
- CSispi.- Módulo especialmente diseñado para usar resultados del modelo numérico de predicción del tiempo Sispi que opera en ONAMET (<http://onamet.gob.do/index.php>), la Oficina Nacional de Meteorología de República Dominicana

Estos módulos comparten que pueden acceder a información en varios formatos e incluyen utilidades de descarga vía FTP o HTTP.



Módulos CHM: CSispi, CMF, CFFGS



**Figura 13-1.- Ejemplos de flujos de datos hacia modelos hidrológicos MHH, gracias a conectores tipo CHM. Caso República Dominicana**

Estos conectores se clasifican en dos grandes grupos:

- Conectores por relación entre entidades vectoriales: Relacionan resultados de un sistema expresados en valores medios areales, los cuales hay que transformar a otra subdivisión del espacio en áreas (otra subdivisión en subcuencas, por ejemplo). Este es el caso del conector CFFGS.
- Conectores por relación raster – vectorial.- En este caso, el origen de la información que se quiere usar está expresado en forma matricial, por lo que el proceso consiste en calcular los valores medios areales en las áreas de interés en función de valores en celda. Es el caso del resto de conectores, distintos del CFFGS, que se describen aquí.

El modo en que se soluciona el último caso es similar al empleado en la aplicación Prec. En el apartado dedicado a CFFGS se explica cómo se soluciona el caso anterior.

Generar conectores para otros casos es sencillo, pues ya se cuenta con desarrollos generales. Los archivos de código de CFFGS, CSispi y CMF son casos singulares, con pocas líneas, pues se basan en una clase de programación genérica.

## 13.1 EDAPHI-GMeteo. Generación de productos de hidrología basados en los resultados de modelos numéricos de predicción del tiempo

### 13.1.1 Introducción

EDAPHI-GMeteo transforma los resultados de un modelo numérico del tiempo (datos de entrada para la aplicación) en información útil para la hidrología operacional. Los datos pueden ir almacenados en archivos GRIB. Se apoya en el software GIS-Grass.

La aplicación realizará cambios de proyección geográfica, de resolución y realizará otras transformaciones y cálculos sobre las variables de entrada, generando resultados en varios formatos. También realiza algunas tareas de validación de los datos.

Entre los resultados se cuenta con valores areales en los polígonos de capas vectoriales SIG.

En el caso español, AEMET (<http://www.aemet.es>) proporciona a las confederaciones (los ejemplos de las ilustraciones son de la Confederación Hidrográfica del Segura (<http://www.chsegura.es>), concretamente al Servicio SAIH (SAIH-Segura)), resultados de modelos numéricos del tiempo en formato GRIB. El modelo es el denominado HARMONIE-AROME. El Servicio SAIH se interesa por la utilización de las precipitaciones previstas, contenidas en los archivos GRIB, para aplicaciones hidrológicas.

### 13.1.2 Funcionalidad de la aplicación

La aplicación realiza las siguientes acciones:

1. Lectura de los archivos GRIB más recientes contenidos en una determinada carpeta/directorio, cuya dirección en uno de los datos del archivo de configuración
2. Generación de archivos de texto con los datos de las mallas (capas ráster) de precipitación previstas
3. Inclusión de las mallas en GIS-Grass
4. Transformación geográfica de las mallas. En el caso español, se realiza desde el sistema de referencia original, geográficas en proyección Lambert (WGS 84, EPSG 4326, <http://spatialreference.org/ref/epsg/4326>), al sistema ETRS89, en proyección UTM huso 30 (ETRS89 / UTM zone 30N, EPSG:25830, <http://spatialreference.org/ref/epsg/25830>). Esta transformación es configurable para cada caso de aplicación.
5. Transformaciones de mallas: acumulaciones, diferencias, operaciones lineales
6. Cálculos de mallas con acumulaciones en diferentes intervalos de tiempo (4, 24 y 48 horas, por ejemplo)

7. Generación de archivos gráficos PNG con representación de las mallas, sobre las que se superponen un gráfico vectorial y un título
8. Generación de archivos de mallas en formato GeoTiff
9. Cálculo de precipitaciones areales medias, intervalo por intervalo horarios, en varias capas de polígonos, y almacenamiento de resultados en un archivo CSV con las series temporales.

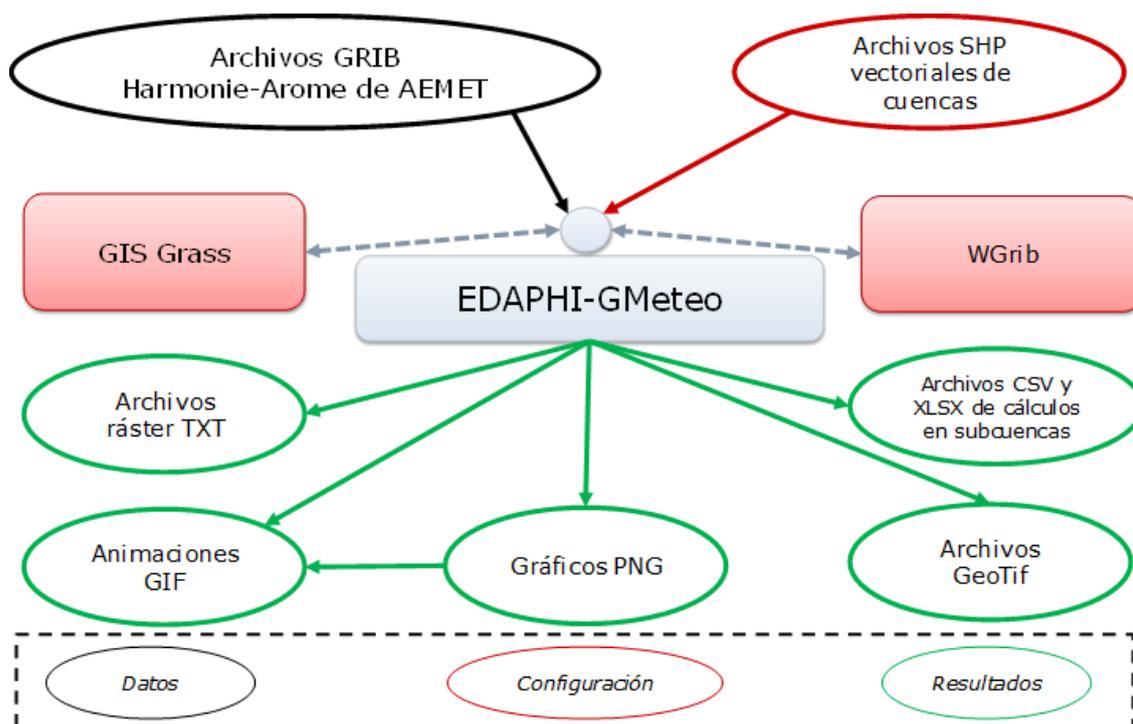
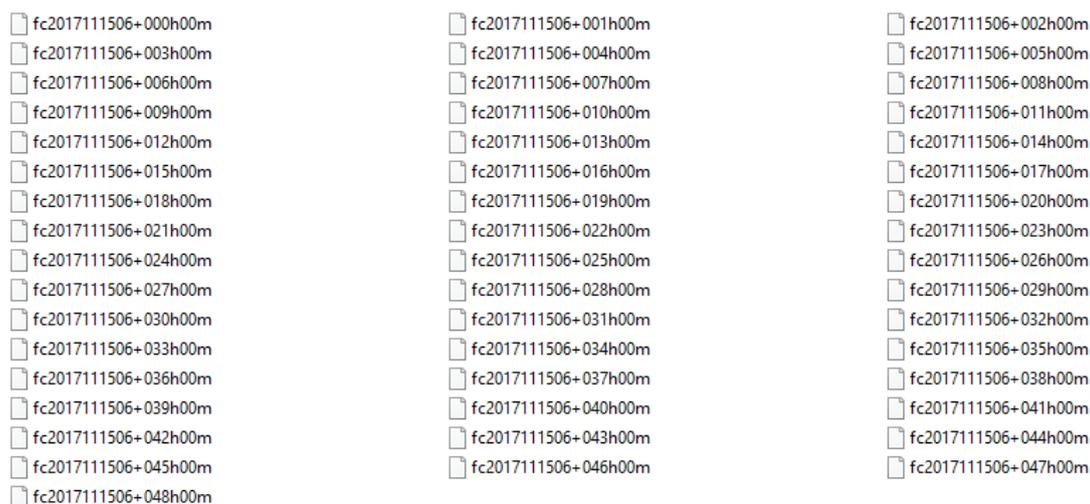


Figura 13-2: Esquema general de la solución

### 13.1.3 Datos de entrada

Los datos de entrada serán archivos con actualizaciones periódicas, correspondientes a previsiones horarias. En el caso español serán los archivos GRIB que recibe el SAIH. De ellos se extraerán las mallas (ráster) de precipitación prevista por horas.

Otro de los datos de entrada, a modo de configuración de la aplicación, serán unas capas de información geográfica, en formato SHP, que contengan los recintos (polígonos) en los que calcular valores medios areales de precipitación de cada malla.



**Figura 13-3: Ejemplo de contenido de carpeta con archivos GRIB proporcionados por AEMET**

### 13.1.4 Resultados

Los resultados serán (ver detalles en 13.1.5.1):

1. Archivos ráster que contengan la información de los GRIB relacionada con precipitación en formato texto (TXT), para facilitar cualquier posible uso futuro no previsto.
2. Gráficos en formato PNG con las representaciones de las mallas de precipitación.
3. Mallas de precipitación en formato GeoTif, lo que facilitará el uso en plataformas SIG.
4. Archivos CSV y XLSX con tablas de resultados de precipitaciones areales en polígonos.
5. Base de datos de Grass actualizada con las mallas originales y todas las calculadas en función de éstas.

Algunos de estos resultados estarán referidos tanto a las mallas de precipitación originales como a agregaciones temporales (opcionalmente).

Las tareas anteriores se realizarán con un solo comando. Pero, la aplicación ofrece varias opciones de uso interactivo

### 13.1.5 Organización de archivos

GMeteo sigue la estructura general de archivos general de EDAPHI. Los apartados siguientes recogen lo específico de este módulo.

- Grass. - La base de datos de Grass

- Pal. - Archivos de texto con la definición de las tablas de colores que relacionan precipitación con cada color en su representación
- Pol. - Incluye las capas vectoriales en cuyos polígonos se desean calcular las precipitaciones areales medias para cada intervalo horario.
- WGrib. - Almacena archivos temporales relacionados con la utilidad empleada para leer archivos GRIB

#### 13.1.5.1 Carpeta de resultado (Res)

Los resultados se almacenan organizados según las siguientes subcarpetas

- Grf.- Archivos gráficos en formato PNG de los resultados matriciales
- Grf\_areal.- Archivos gráficos en formato PNG de los resultados areales
- Csv.- Archivos de series temporales de resultados de los cálculos areales en formato CSV
- XLSX.- Archivos de series temporales de resultados de los cálculos areales en formato XLSX
- Anim.- Archivos GIF con las animaciones generadas a partir de los archivos PNG
- Tif.- Mallas en formato GeoTiff
- Txt.- Mallas en formato texto
- Html.- Resultados en formatos apropiados para la publicación Web, en formatos HTML, XMLS y PNG

#### 13.1.6 Comandos

La instrucción *comandos* ofrece una lista de las utilidades disponibles. La tabla siguiente recoge la salida de esta instrucción:

Comando	Descripción
ayuda	Ayuda
color_nombres	Lista los nombres de colores para gráficos
compila	Compila los módulos py en pyc, y prepara la carpeta de distribución
compila_aux	Se inicia una ventana de comandos con el entorno configurado
crea_caso	Crea las subcarpetas de caso a partir de la carpeta principal e incluye algunos archivos
crea_def_regiones	Define las regiones a partir de la información del GRIB name y la resolución del archivo de configuración
crea_import_areas	Importa áreas
crea_loc	Crea la base de datos Grass a partir de un SHP
doc	Muestra los documentos útiles y facilita su apertura
ejecuta_grass	Facilita la ejecución de un comando de grass sobre location GEO (EDAPHI_GRASS_LOCATION)
ejecuta_grass_utm	Facilita la ejecución de un comando de grass sobre location UTM (%EDAPHI_GRASS_LOCATION%UTM)

ejecuta_py	Ejecuta el módulo py que se indique como argumento
ejecuta_py_cmn	Ejecuta el módulo py de la librería general común que se indique como argumento
grib_desc	Extrae información de un archivo GRIB y la almacena en archivos wgrib_rec
grib_dir	Extrae los datos de todos los archivos del directorio %EDAPHI_DIR_AP%\grib
grib_mat	Extrae la malla de un archivo GRIB y los almacena en un archivo wgrib_mat
importa_grib	Extrae toda la información de un archivo GRIB y genera archivos asociados, incluyendo la BD de Grass
limpia_res	Borra todos los resultados de operaciones anteriores
lista_reg	Listado de registros
op_acum	Genera las agregaciones a partir de las mallas básicas
op_areales	Calcula valores areales medios en cuencas del directorio Pol
op_dif	Deshace acumulaciones en el tiempo
op_lineal	Realiza las transformaciones lineales
op_valid	Realiza las validaciones
res_aplica_pal	Aplica las tablas / paletas de colores
res_areal_tmp	Genera un gráfico areal en tmp y lo muestra
res_gif_anim	Utiliza el módulo Anim para generar los GIF
res_gif_areal_anim	Utiliza el módulo Anim para generar los GIF
res_html	Genera los resultados para la web
res_png	Genera los archivos PNG
res_raster_tmp	Genera un gráfico en tmp de un raster y lo muestra
res_tif	Genera archivos Tif
res_txt	Genera archivos Txt en coordenadas UTM
test_call_extern	Permite probar la llamada a call_extern
todo_dir	Realiza todas las operaciones sobre todos los archivos GRIB

**Tabla 13-1.- Comandos del módulo GMeteo**

### 13.1.7 Archivos de comandos principales de ejecución

El uso de la aplicación en modo interactivo se hace a través de un archivo de comandos *ventana.cmd* con un contenido como el siguiente:

```
@Echo off
set EDAPHI_AP=GMeteo
SET EDAPHI_GRASS_LOCATION=Segura
SET EDAPHI_GRASS_MAPSET=PERMANENT
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
pushd ..
Rem Directorio General
SET EDAPHI_DIR=%cd%
popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py2.cmd
echo -----
echo Use comandos para ver las opciones disponibles
```

```

echo Use ejecutar_grass g.manual -i para ayuda de comandos de Grass
echo -----
cmd /V:ON /E:ON /T:F9
    
```



Figura 13-4.- Ventana de comandos

### 13.1.7.1 Archivo de comandos ciclo.cmd

Para el uso operacional cíclico (archivo de comandos *ciclo.cmd*):

```

@Echo off
Set EDAPHI_AP=GMeteo
Set EDAPHI_GRASS_LOCATION=Segura
Set EDAPHI_GRASS_MAPSET=PERMANENT
Color F9
Mode con COLS=90 LINES=15
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Rem Atención, el título puede emplearse para controlar las esperas
Title EDAPHI#OP-%EDAPHI_AP%-%EDAPHI_DIR_C%
Rem Lo siguiente sirve para las dimensiones de los gráficos PNG
Set GRASS_RENDER_WIDTH=1000
Set GRASS_RENDER_HEIGHT=1000
Call limpia_res -no_interact eq_grib=False
Echo Terminado limpia_res
    
```

```
Call todo_dir
If %ERRORLEVEL% GEQ 1 (
    Echo     ATENCIÓN, se ha producido un ERROR
    Pause
)
```

Al ejecutar este comando, aparecerá una ventana que muestra el registro de actividad.

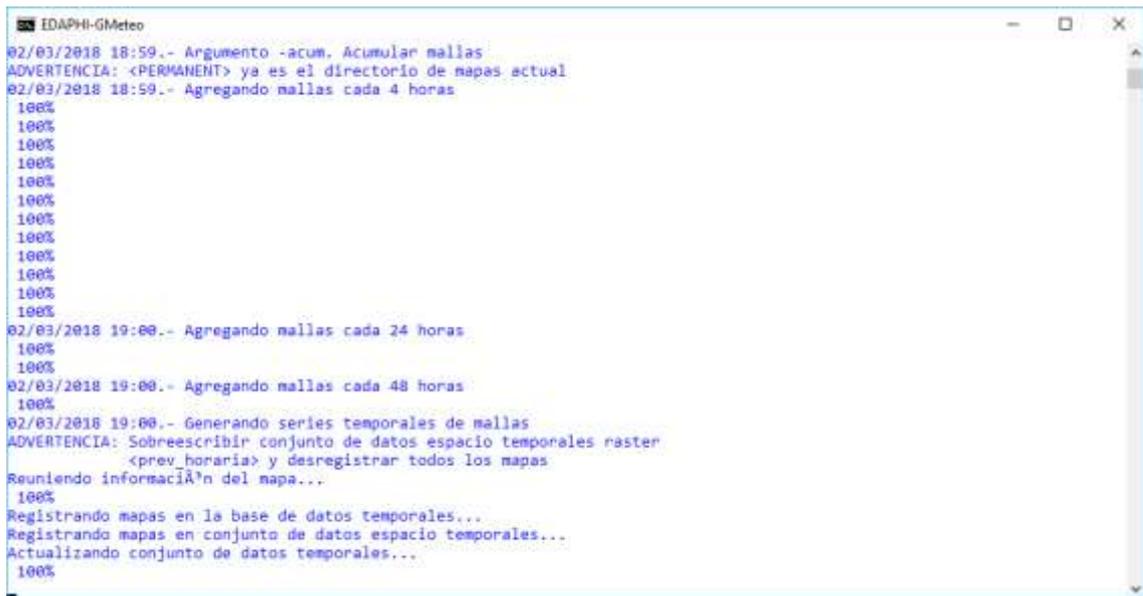


Figura 13-5.- Ventana de registro de actividad de GMeteo cuando se emplea el comando *ciclo.cmd*

Este comando es útil para ser usado desde otro programa o el programador de tareas del sistema operativo.

### 13.1.8 Recálculo de resultados

En general, los diferentes procedimientos están diseñados para que no sobrescriban resultados, y se aprovechen los anteriores, si se encuentran. Para realizar un recálculo, hay que borrar los resultados anteriores, para lo que se puede usar el comando *limpia\_res eq\_grib=True*.

### 13.1.9 Condiciones de espera en ejecución

El módulo quedará a la espera de que en el directorio donde busca los archivos GRIB se encuentre una serie completa de 48 (configurable) horas de previsión (empezando por un archivo del tipo *\*+000h00m*). También comprueba que no se haya calculado esa serie con anterioridad

### 13.1.10 Configuración

La configuración de la aplicación se realiza a través de archivos *Conf\_GMeteo.xlsx*, *Conf\_Map\_Raster.xlsx* y *Conf\_Map\_Areal.xlsx*.

#### 13.1.10.1 Configuración general

Se realiza con el archivo *Conf\_GMeteo.xlsx*. Permite la modificación de algunos parámetros generales de la aplicación. Tal y como puede comprobarse en la figura, cuenta con descripción de los campos y notas aclaratorias

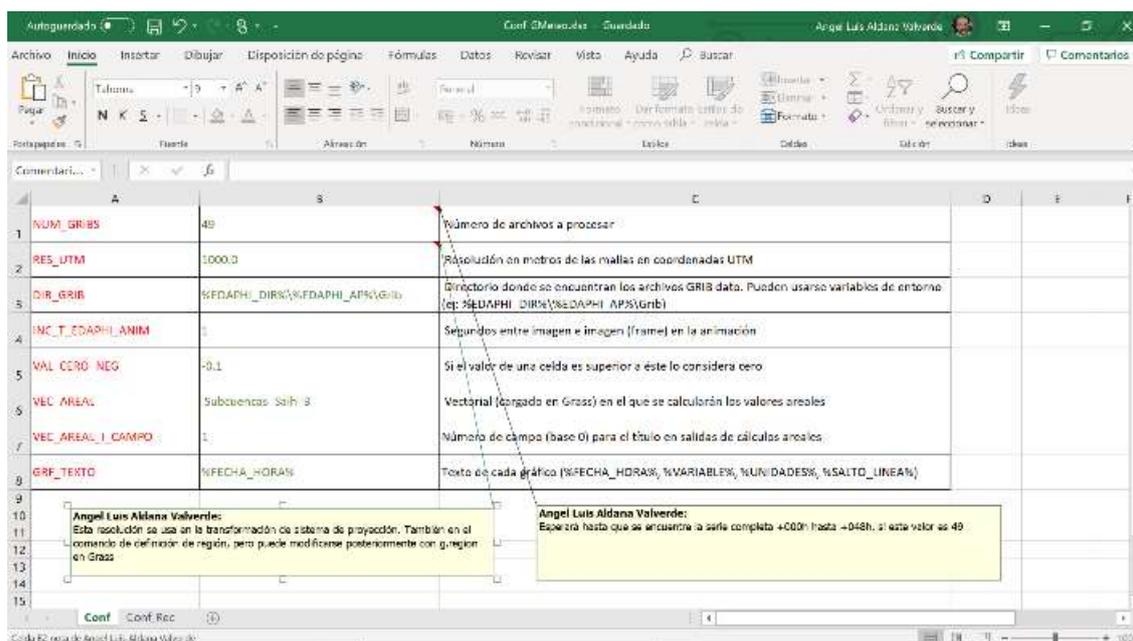


Figura 13-6.- Archivo de configuración *Conf\_GMeteo.xlsx*

#### 13.1.10.2 Configuración de resultados gráficos en formato matricial (ráster)

Entre los resultados que ofrece la aplicación están los mapas por intervalo de mallas. Hay un alto grado de libertad para personalizar estos mapas.

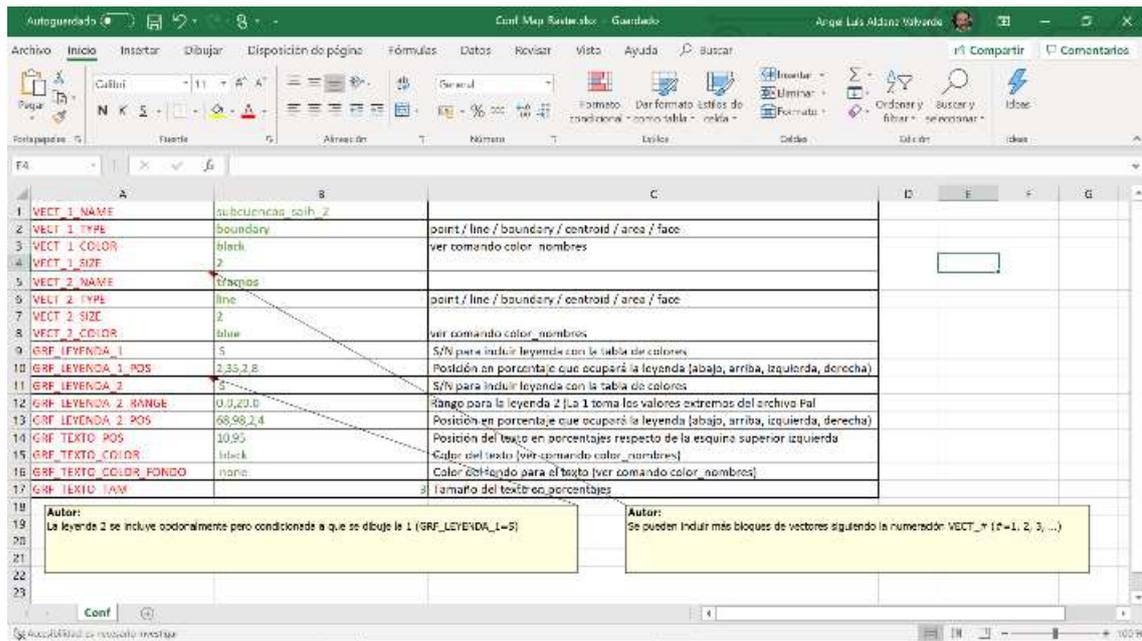


Figura 13-7.- Archivo *Conf\_Map\_Raster.xlsx* para configuración de mapas de resultados en forma de mallas

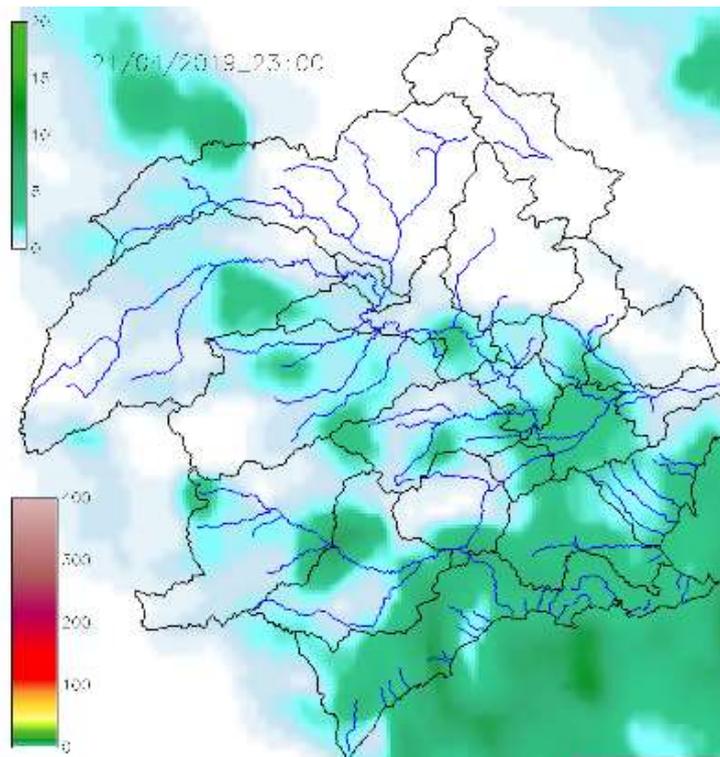


Figura 13-8.- Ejemplo de resultado gráfico en formato matricial

### 13.1.10.3 Configuración de resultados gráficos en formato vectorial (resultados areales)

Los valores areales medios en polígonos tendrán su resultado en forma de mapas (además de las correspondientes tablas en archivos CSV o XLSX), los cuales son configurables a través del archivo *Conf\_Map\_Areal.xlsx*.

	A	B	C
1	VECT_1_NAME	Subcuencas_Sely_3	Valor indicado en la configuración (Conf_GMeteo.xlsx)
2	VECT_1_TYPE	area	point / line / boundary / centroid / area / face
3	VECT_1_COLOR	black	ver comando color_nombres
4	VECT_1_SIZE	2	
5	VECT_2_NAME	77cuencas	point / line / boundary / centroid / area / face
6	VECT_2_TYPE	line	
7	VECT_2_SIZE	3	
8	VECT_2_COLOR	blue	ver comando color_nombres
9	GRF_LEYENDA_1	S	S/N para incluir leyenda con la tabla de colores
10	GRF_LEYENDA_1_POS	2,35,2,8	Posición en porcentaje que ocupará la leyenda (abajo, arriba, izquierda, derecha)
11	GRF_LEYENDA_2	S	S/N para incluir leyenda con la tabla de colores
12	GRF_LEYENDA_2_RANGE	0,0,20,0	Rango para la leyenda 2 (La 1 toma los valores extremos del archivo Pal)
13	GRF_LEYENDA_2_POS	98,98,2,4	Posición en porcentaje que ocupará la leyenda (abajo, arriba, izquierda, derecha)
14	GRF_TEXTO_POS	10,99	Posición del texto en porcentajes respecto de la esquina superior izquierda
15	GRF_TEXTO_COLOR	black	Color del texto (ver comando color_nombres)
16	GRF_TEXTO_COLOR_FONDO	none	Color del fondo para el texto (ver comando color_nombres)
17	GRF_TEXTO_TAM	3	Tamaño del texto en porcentajes

**Autor:**  
No modifica los valores en rojo

**Autor:**  
La leyenda 2 se incluye opcionalmente para condicionada a que se dibuje a 1 (GRF\_LEYENDA\_1=5)

**Autor:**  
Se pueden incluir más bloques de vectores siguiendo la numeración VECT\_4 (A=1, 2, 3, ...)

Figura 13-9.- Archivo *Conf\_Map\_Areales.xlsx* para configuración de mapas de resultados de cálculos areales

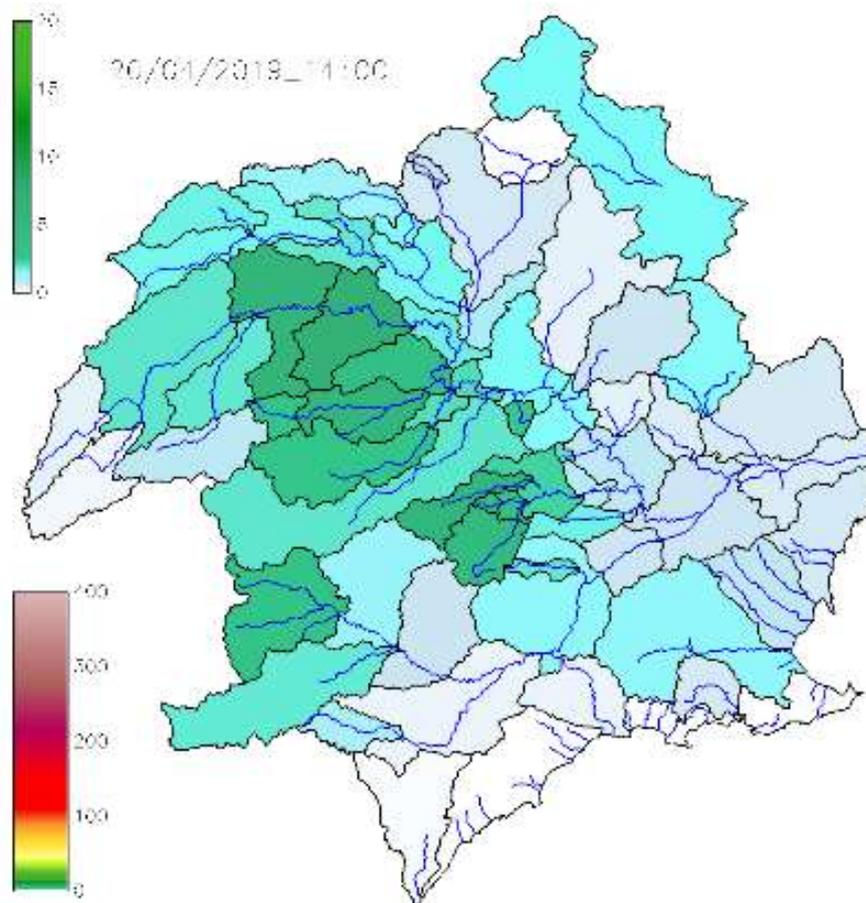


Figura 13-10.- Ejemplo de resultado en formato vectorial

#### 13.1.10.4 Polígonos para precipitaciones areales

El módulo GMeteo podrá leer capas SIG de polígonos (si están en formato SHP) con el comando *importa\_areas* para que sean importadas por Grass, aunque el usuario puede definirla en la base de datos de Grass por el método que considere oportuno. El nombre de la capa se definirá en el archivo de configuración general y debe estar referido en *Conf\_Map\_Areales.xlsx*.

El resto de las capas vectoriales que se deseen incluir en los mapas gráficos deben ser incluidos también en la base de datos Grass.

#### 13.1.11 Uso de utilidades comunes

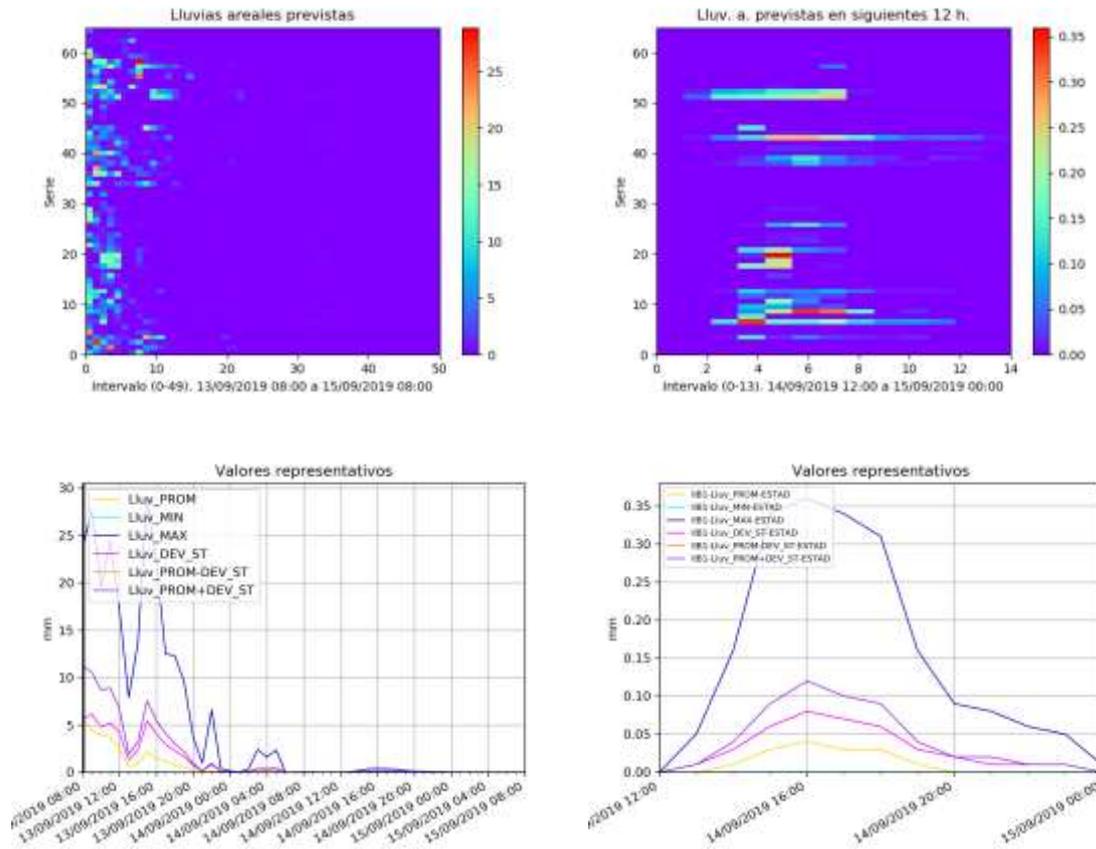
El módulo GMeteo está programado con Python 2.7 incluido en Grass 7.0, mientras que las utilidades comunes (capítulo 8) de EDAPHI están programadas en la versión 3.6. Para emplear estas utilidades hay que lanzar un archivo de comandos que cree su propio entorno, como en el ejemplo siguiente:

```
@Echo off
Rem Tiene que ser llamado con start, para crear el entorno propio
IF NOT "%1"=="GEN" (
    set EDAPHI_AP=Gen
    color F9
    mode con COLS=90 LINES=15
    Rem Directorio de caso
    Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
    Pushd ..
    Rem Directorio General
    Set EDAPHI_DIR=%cd%
    Popd
    Rem Entorno general
    Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
)
Rem Genera un archivo xlsx con los resultados de las 12 horas contadas
desde el instante actual
call ts_util -sub_int t_ini=t_0_gen num_int=13
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.xlsx n_sheet=Datos
attrib=Lluv dir_res=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx
Rem A partir del archivo del comando anterior, genera gráfico matricial de
series temporales
call ts_util -w_grd_s
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.sub_int.xlsx
attrib=Lluv dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\GMeteo\Grf_Areal title="Lluv. a.
previstas en siguientes 12 h."
Rem Calcula las estadísticas de los resultados de las 12 que siguen al
instante actual
```

```
call ts_util -stats_t
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.sub_int.xlsx
dir_res==%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx attrib=Lluv
Rem Genera un gráfico con esas estadísticas
call ts_util -w_tv_s
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.sub_int.Stats_t-
Lluv.xlsx title="Valores representativos"
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\GMeteo\Grf_Areal
IF NOT "%1"=="GEN" (
    exit
)
```

## O el siguiente, para resultados relacionados con las lluvias areales previstas

```
Rem Tiene que ser llamado con start, para crear el entorno propio
@Echo off
set EDAPHI_AP=Gen
color F9
mode con COLS=90 LINES=15
Rem Directorio de caso
Set EDAPHI_DIR_C=%cd%
Pushd ..
Rem Directorio General
Set EDAPHI_DIR=%cd%
Popd
Rem Entorno general
Call %EDAPHI_DIR%\Cmd\edaphi_e_py3.cmd
Rem Genera un gráfico matricial de series temporales de las lluvias
areales
call ts_util -w_grd_s
csv=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Csv\GMeteo_Lluv_TsRes.csv attrib=Lluv
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\GMeteo\Grf_Areal title="Lluvias areales
previstas"
Rem Calcula estadísticas de las lluvias areales
call ts_util -stats_t
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.xlsx
dir_res==%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx attrib=Lluv
Rem Genera un gráfico de series temporales de las estadísticas
call ts_util -w_tv_s
xlsx=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Xlsx\GMeteo_Lluv_TsRes.Stats_t-Lluv.xlsx
title="Valores representativos" dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\GMeteo\Grf_Areal
Rem Genera un archivo HTML con el listado de variables contenidas en los
resultados
call ts_util -html_table_vars
csv=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Res\Csv\GMeteo_Lluv_TsRes.csv attrib=Lluv
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html\GMeteo
exit
```



**Figura 13-11.- Ejemplos de salidas gráficas generadas con los comandos descritos**

### 13.2 CFFGS. Descarga de información del sistema FFGS y cálculo de variables para su uso en hidrología operacional

La aplicación descarga información del sistema FFGS a través de Internet, vía http, accediendo a archivos de texto de valores en subcuencas.

A partir de esos valores, se construyen series temporales en las mismas subcuencas definiendo colecciones de series temporales de longitud configurable.

A partir de las series anteriores, se calculan las equivalentes en otras áreas (subcuencas).

Las áreas se definen en capas SIG matriciales o ráster y son acompañadas por tablas (almacenadas en archivos XLSX) que relacionan los valores enteros de los ráster con nombres de cada una de las áreas.

Puede realizar transformación de variables, como pasar de valores acumulados a valores por intervalo.

### 13.2.1 Datos

#### 13.2.1.1 Datos temporales

Los datos de valores por áreas en origen estarán almacenados en archivos de texto en los que en cada fila se indica el identificador de área seguido por el valor de la variable en dicha área.

BASIN	03FMAP12021120711
2004700003	0.00
2004700004	0.00
2004700005	0.00
2004700006	0.00

Estos archivos estarán en una dirección accesible por HTTP, con o sin usuario y contraseña.

#### 13.2.1.2 Capas SIG

En principio, se parte de dos capas de subcuencas en formato vectorial, una del sistema FGGS y otra de las subcuencas en las que se desea hacer los cálculos.

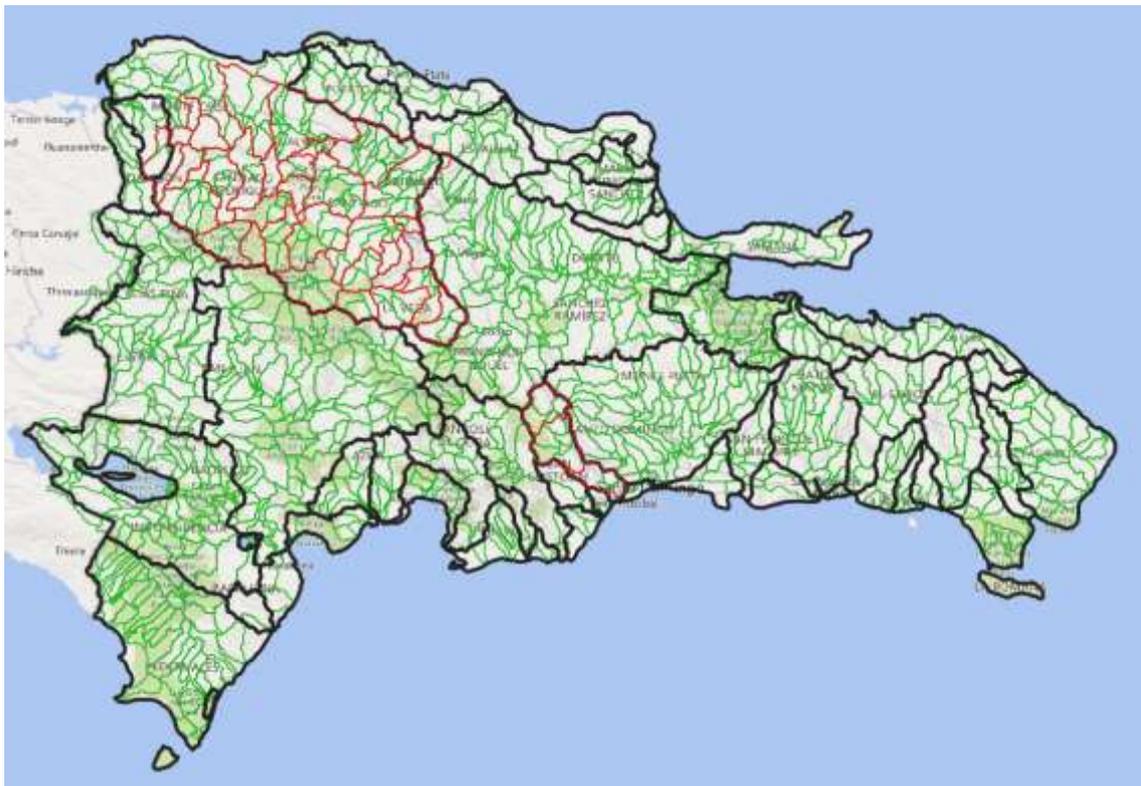
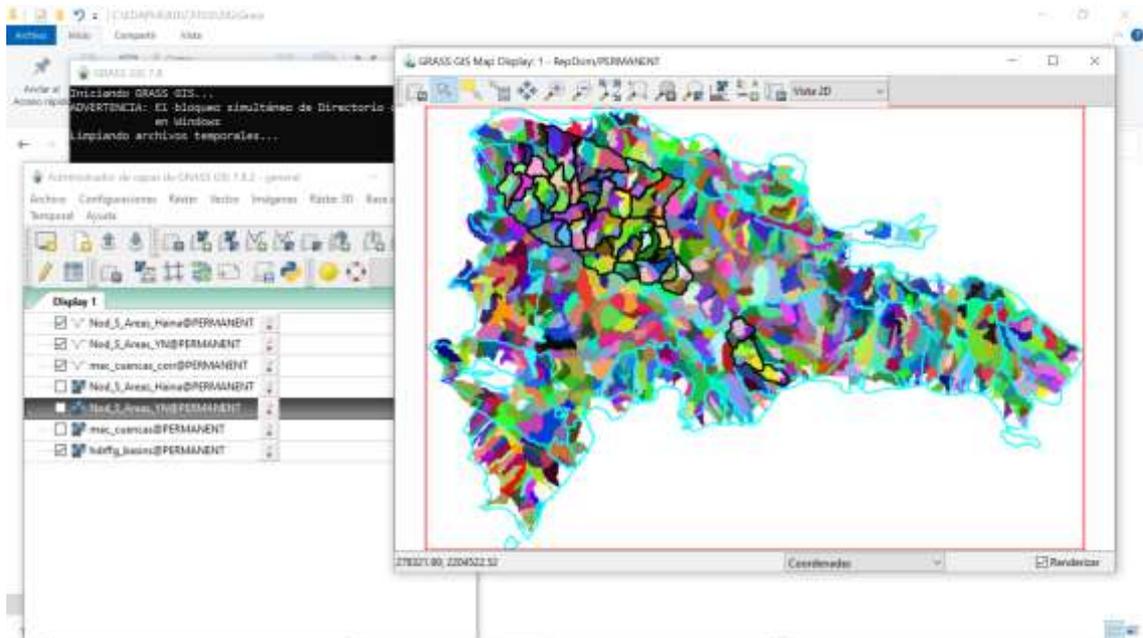


Figura 13-12.- Base SIG de configuración del módulo CFFGS

Seguendo un proceso como el que se detalla en la ayuda de la aplicación (ver "Comandos"), para el cual será útil una aplicación como Grass, se transformarán en formatos raster, que son los que realmente constituyen los datos de entrada del módulo.



**Figura 13-13.- Uso de GIS-Grass como herramienta auxiliar en la configuración**

Lo anterior podría solucionarse con los mismos algoritmos que usa la aplicación Prec, pero en este caso se ofrece un modo de realizarlo con GIS-Grass. Según indica la ayuda, en la que C:\EDAPHI\RD es la carpeta de área (6.2):

- 1) Importar la capa vectorial a la base de datos Grass  
`v.import input=E:\EDAPHI\RD\CFGG\SIG\mac_cuencas.shp layer=mac_cuencas output=mac_cuencas`
- 2) Convertir a raster, usando cat (campo clave numérico entero) como valor de celda:  
`v.to.rast --overwrite input=mac_cuencas@PERMANENT output=mac_cuencas use=cat`
- 3) Exportar los valores clave que se usarán en la hoja ID\_Cats del archivo de configuración, lo que puede hacerse con un archivo CSV (o copiando resultados del comando grass y pegando)  
`v.db.select map=mac_cuencas@PERMANENT columns=ID,cat separator=comma file=C:\EDAPHI\RD\CMF\SIG\ID_Cats_mac_cuencas.csv --overwrite`
- 4) Exportar la capa raster, para lo que puede usarse un comando del tipo:  
`r.out.ascii -i input=Nod_S_Areas_Haina@PERMANENT output=C:\EDAPHI\RD\CFGG\SIG\Nod_S_Areas_Haina.grass.asc null_value=-1`

ATENCIÓN: antes de ejecutar la instrucción `v.to.rast` hay que asegurar la definición correcta de la región de Grass. Para ello puede usarse el comando:

```
g.region raster=prec_ground@PERMANENT
```

```
En la que prec_ground es una malla importada con las características  
deseadas para los ráster  
Si se desea cambiar la resolución, puede aplicarse una instrucción tal  
como:  
g.region nsres=0.0125 ewres=0.0125  
A partir de ahí, cualquier importación de raster o conversión de raster a  
vectorial generará archivos conforme a esa resolución
```

Después hay que usar la opción `-tab_cross` que se recoge en el siguiente apartado.

## 13.2.2 Comandos

La instrucción `cffgs -h`, en la ventana de comandos, muestra lo siguiente:

```
Argumento común:  
  ax_conf=: Archivo de configuración  
Comandos  
Los valores de algunos argumentos como n_hours o n_hours_max sustituyen a  
los almacenados en el archivo de configuración  
  -info_arch: Devuelve un texto con información sobre archivos  
  -list_vars  
  -calc: Descarga los datos más recientes y genera los archivos de  
variables de pasado y futuro  
  hours_b=: Horas a restar al instante más próximo (0 por defecto)  
  -calc_t: Descarga los datos correspondientes a t_utc y genera los  
archivos de variables de pasado y futuro  
  t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej:  
20191217-0100  
  -calc_pas: Descarga los datos más recientes y genera los archivos de  
variables de pasado  
  -calc_pas_t: Descarga los datos correspondientes a t_utc y genera los  
archivos de variables de pasadp  
  t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej:  
20191217-0100  
  -calc_fut: Descarga los datos más recientes y genera los archivos de  
variables de futuro  
  -calc_fut_t: Descarga los datos correspondientes a t_utc y genera los  
archivos de variables de futuro  
  t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej:  
20191217-0100  
Comandos para operaciones de detalle:  
  -down_lastnh: Descarga los archivos más reciente con datos de una  
variable  
  id_var=: Nombre de la variable  
  -down_t: Descarga los archivos de una variable correspondientes a un  
instante  
  id_var=: Nombre de la variable  
  t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej:  
20191217-0100  
  -tab_cross: Cruce de capas raster para análisis posteriores  
  i_areas=: Índice de la capa de áreas resultado  
  -plot_cross: Muestra ventana con mapa raster de un área concreta
```

```

id_area=: Identificador del área (Ejemplo:
i_areas=: Índice de la capa de áreas resultado
-cross : Genera series en áreas a partir de las de FFGS
id_var=: Nombre de la variable
i_areas=: Índice de la capa de áreas resultado

```

Ejemplos:

```

-list_vars ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-calc_pas ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-calc_fut ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-calc_ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-calc_t t_utc=20191121-2100 ax_conf=conf_ffgs.xlsx

```

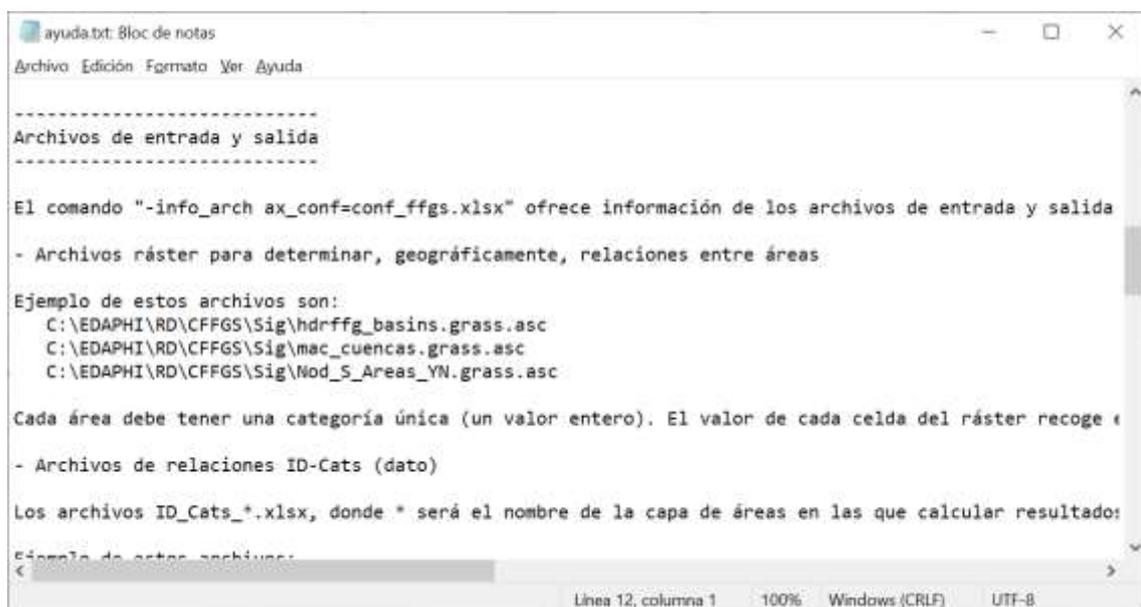
Ejemplos de comandos de detalle

```

-tab_cross ax_conf=conf_ffgs.xlsx i_areas=0
-down_lastnh id_var=asm ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-down_t id_var=asm t_utc=20191121-2100 ax_conf=conf_ffgs.xlsx
-cross id_var=ARW ax_conf=conf_ffgs.xlsx i_areas=1

```

Adicionalmente, cuenta con un comando de ayuda en el que se explica el uso de la aplicación, con especial atención a la configuración.



**Figura 13-14.- Archivo de ayuda de CFFGS**

### 13.2.3 Configuración

El archivo de configuración XLSX cuenta, como el del resto de módulos, con una hoja principal *Conf*. En ella se especifican los valores generales de la aplicación:

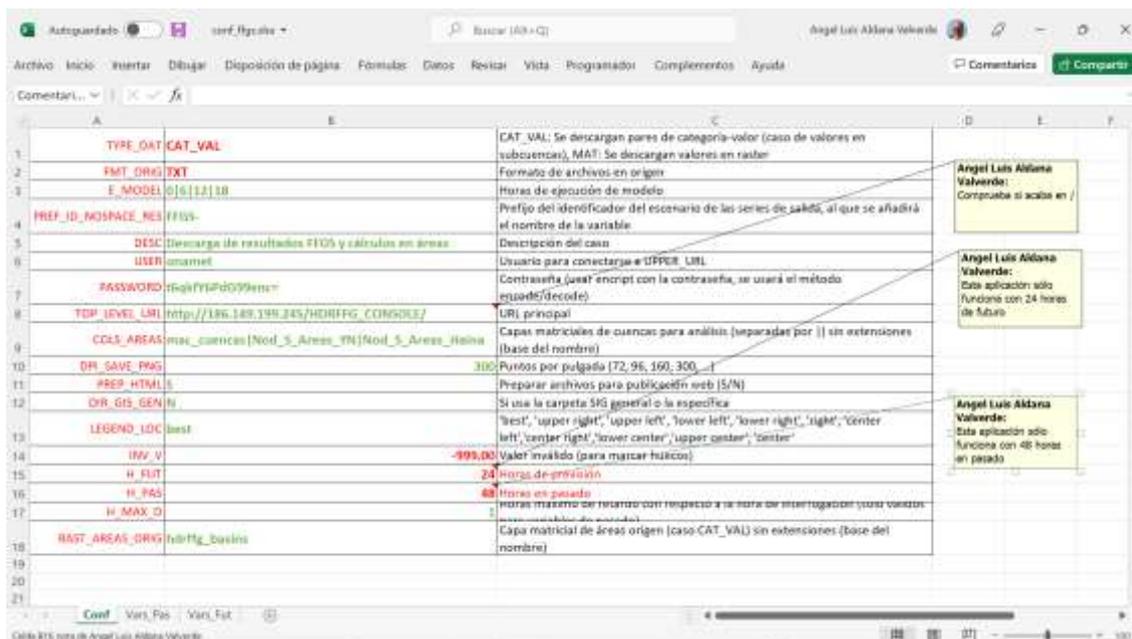


Figura 13-15.- Ventana de configuración general de CFFGS

Para este módulo se distingue entre variables de pasado y de futuro. Cada grupo de variables se describe en una hoja.

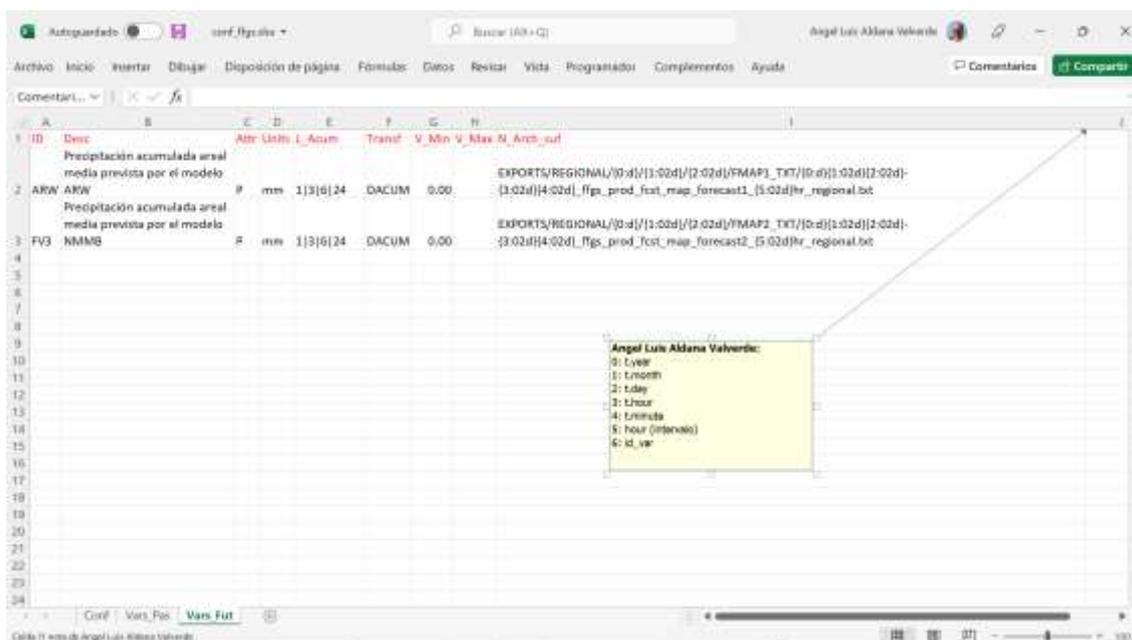


Figura 13-16.- Configuración de variables de futuro

En este caso, las variables de futuro en origen se acumulan en 1, 3, 6 y 24 horas. Por lo que se aplica una transformación (*Transf*) para deshacer las acumulaciones (*DACUM*) y obtener valores por intervalo.

Obsérvese que la aplicación está preparada para que los nombres de los archivos pueden dependan del tiempo. Para ello, se usa la sintaxis de definición de formatos de Python entendiendo que los argumentos serán:

- 0: t.year
- 1: t.month
- 2: t.day
- 3: t.hour
- 4: t.minute
- 5: hour (intervalo)
- 6: id\_var

Así, por ejemplo, el formato:

```
EXPORTS/REGIONAL/{0:d}/{1:02d}/{2:02d}/FMAP1_TXT/{0:d}{1:02d}{2:02d}-
{3:02d}{4:02d}_ffgs_prod_fcst_map_forecast1_{5:02d}hr_regional.txt
```

Se traduce en el siguiente nombre de un archivo asociado al instante 07/12/2021 11:00 y predicción a 1 hora:

```
EXPORTS/REGIONAL/2021/12/07/FMAP1_TXT/20211207-
1100_ffgs_prod_fcst_map_forecast1_01hr_regional.txt
```

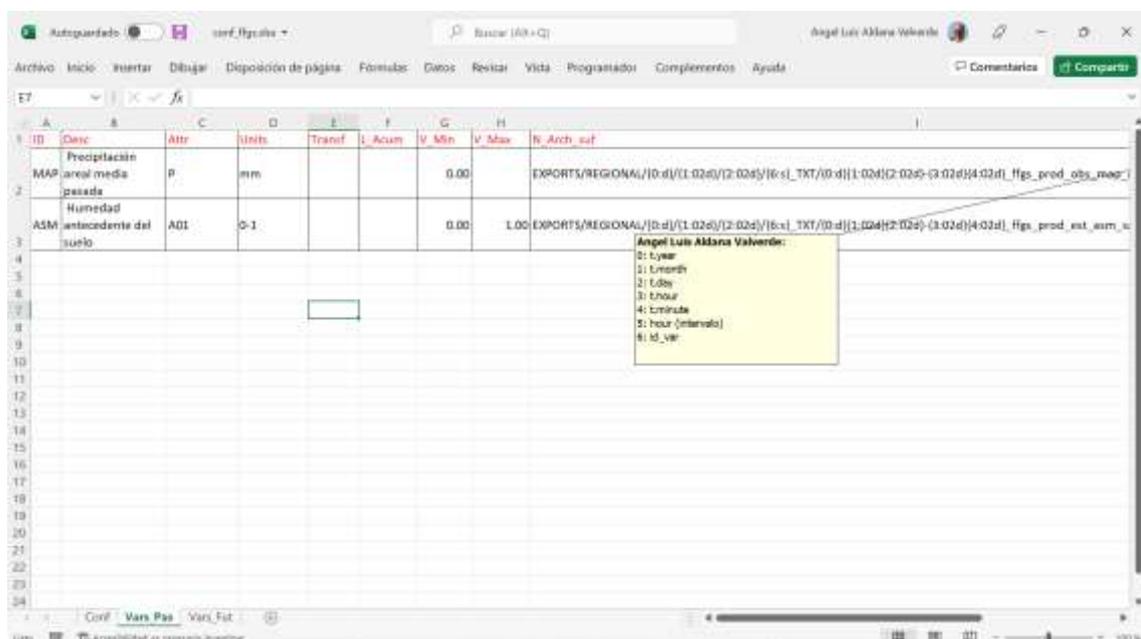


Figura 13-17.- Configuración de variables de pasado

Puede observarse que se indica valores 0 y 1 para V\_Min y V\_Max, respectivamente. Esto sirve como forma de validación de la información. La aplicación forzará a que los

datos estén en ese rango. En caso de que no se cumpla, los valores leídos se considerarán inválidos.

### 13.2.4 Resultados

Los resultados son archivos XLSX con las series temporales calculadas de cada variable. Aparte, por supuesto, de los resultados que proporcionan algunos comandos como *tab\_cross*, que se emplea en la fase de configuración conforme a lo que explica el archivo de ayuda.

#### 13.2.4.1 Ejemplo de uso de comandos comunes

En los casos de aplicación, pueden emplearse comandos que hacen uso de utilidades comunes de EDAPHI (capítulo 8), como por ejemplo el que contiene las siguientes instrucciones:

```
@echo off
rem @A Genera resultados para Html en carpeta Res. Indique -c si desea
copiarlos a HTML del área
Rem Generación de gráficos y tablas
for %%a in (mac_cuencas,Nod_S_Areas_YN,Nod_S_Areas_Haina) do (
  for %%v in (ASM,ARW,MAP,FV3) do (
    rem Genera un gráfico XY de estadísticas por instante
    call ts_stats -stats_t_s xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf title="Estadísticas de %%v en %%a"
    rem Guarda una matriz de datos en un archivo PNG
    call ts_util -w_grd_s xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf title="Series %%v por intervalo en
    %%a"

    rem Estadísticas de series temporales
    call ts_stats -stats_h xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html arch_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
    rem Estadísticas de series temporales por instante
    call ts_stats -stats_t_h xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
    dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html arch_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
    Rem Genera un PNG con la representación en un mapa los máximos de
    las series temporales
    call map_cts -g_max arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\%%a.shp
    arch_ct=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx title="Max de %%v en %%a"
    n_tcolor=plasma dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf pref=%%a-%%v-
    Rem Genera un PNG con la representación en un mapa los medios de
    las series temporales
    call map_cts -g_med arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\%%a.shp
    arch_ct=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx title="%%v medio en %%a"
    n_tcolor=rainbow dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf pref=%%a-%%v-
  )
)
Rem Copia de archivos XLSX y CSV
for %%e in (xlsx,csv) do (
```

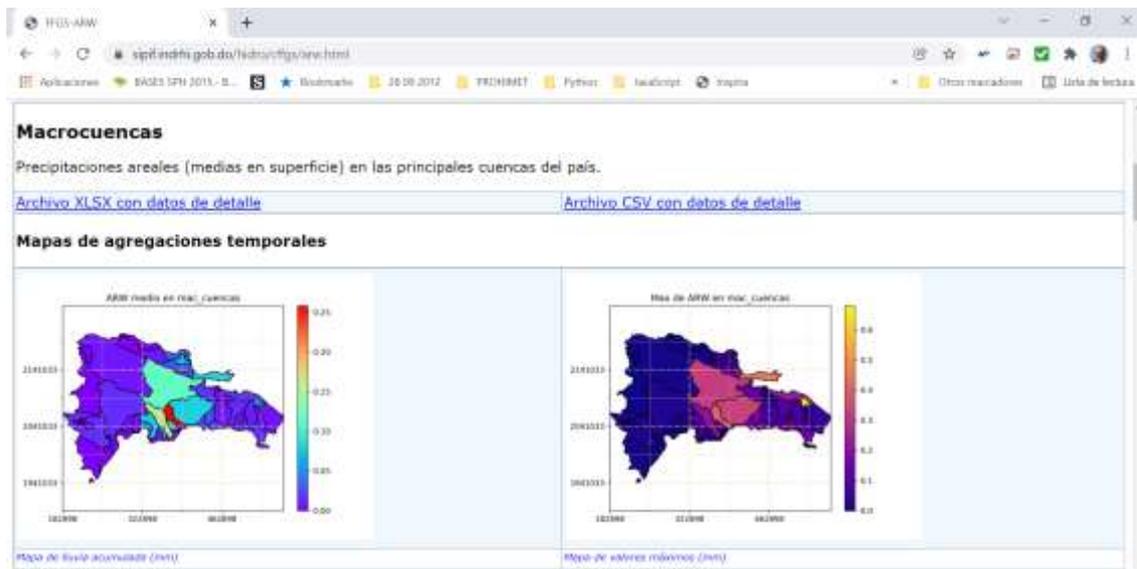
```

for %%a in (mac_cuencas,Nod_S_Areas_YN,areas_orig,Nod_S_Areas_Haina) do
(
    for %%v in (ASM,ARW,MAP,FV3) do (
        echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.%%e en
%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\arch
        copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.%%e
%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\arch
    )
)
)

if "%1"=="-c" (
xcopy /S /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\Html %EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\CFFGS
)

```

Así, se generan resultados como los siguientes, ya incluidos en una página web:



**Figura 13-18.- Mapas de valores agregados para un caso de aplicación de CFFGS**

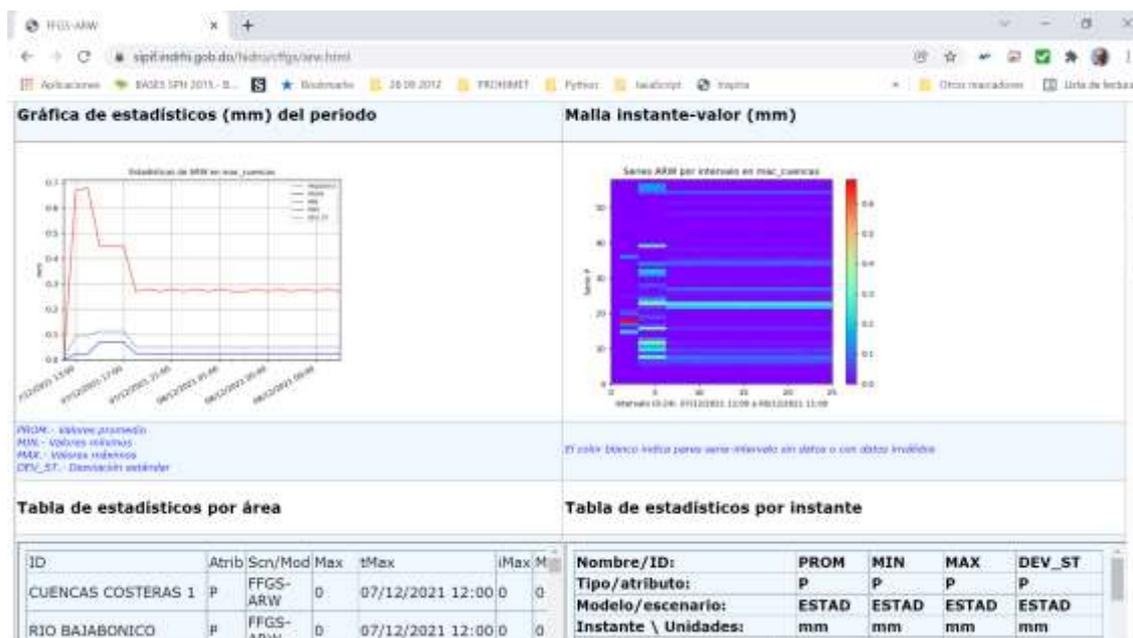


Figura 13-19.- Gráficas y tablas con estadísticas de la variable ARW para un caso de aplicación de CFFGS

### 13.2.5 Listado de archivos

Los conectores CHM, al igual que otros módulos EDAPHI, incluyen un comando para informar al usuario de los archivos de entrada y salida. Así, al usar `cffghs -info_arch` el sistema responde con:

```
* Información de los archivos y carpetas

Dirección base de Internet para descargas:
http://186.149.199.245/HDRFFG_CONSOLE/
Ejemplos de nombres de archivos para descarga
Desde
http://186.149.199.245/HDRFFG_CONSOLE/EXPORTS/REGIONAL/2020/09/25/FMAP1_TX
T/20200925-1200_ffgs_prod_fcst_map_forecast1_03hr_regional.txt se descarga
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\D\20200925-1200_03hr_ARW.txt
Desde
http://186.149.199.245/HDRFFG_CONSOLE/EXPORTS/REGIONAL/2020/09/25/FMAP2_TX
T/20200925-1200_ffgs_prod_fcst_map_forecast2_03hr_regional.txt se descarga
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\D\20200925-1200_03hr_FV3.txt
Desde
http://186.149.199.245/HDRFFG_CONSOLE/EXPORTS/REGIONAL/2020/09/25/MAP_TXT/
20200925-1200_ffgs_prod_obs_map_merged_03hr_regional.txt se descarga
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\D\20200925-1200_03hr_MAP.txt
Desde
http://186.149.199.245/HDRFFG_CONSOLE/EXPORTS/REGIONAL/2020/09/25/ASM_TXT/
20200925-1200_ffgs_prod_est_asm_sacsma_03hr_regional.txt se descarga
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ASM\D\20200925-1200_03hr_ASM.txt

Con los archivos anteriores se generan los de series temporales similares
a:
```

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\areas_orig_ARW.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\areas_orig_FV3.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\areas_orig_MAP.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ASM\areas_orig_ASM.xlsx
```

Archivo ráster de áreas del sistema origen de datos (dato):

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\hdrffg_basins.grass.asc
```

Archivos ráster de áreas de resultados (dato):

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\mac_cuencas.grass.asc
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\Nod_S_Areas_YN.grass.asc
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\Nod_S_Areas_Haina.grass.asc
```

Archivos de relaciones ID-Cats (dato)

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\ID_Cats_mac_cuencas.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\ID_Cats_Nod_S_Areas_YN.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Sig\ID_Cats_Nod_S_Areas_Haina.xlsx
```

Archivos de cruces de áreas (resultado de comando cross)

Tantos por uno:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_01_hdrffg_basins_mac_cuencas.xlsx
```

Número de celdas:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_ncel_hdrffg_basins_mac_cuencas.xlsx
```

Tantos por uno:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_01_hdrffg_basins_Nod_S_Areas_YN.xlsx
```

Número de celdas:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_ncel_hdrffg_basins_Nod_S_Areas_YN.xlsx
```

Tantos por uno:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_01_hdrffg_basins_Nod_S_Areas_Haina.xlsx
```

Número de celdas:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\cross_ncel_hdrffg_basins_Nod_S_Areas_Haina.xlsx
```

Los resultados de series temporales en áreas:

```
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\mac_cuencas_MAP.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ASM\mac_cuencas_ASM.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\mac_cuencas_ARW.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\mac_cuencas_FV3.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ASM\Nod_S_Areas_YN_ASM.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\Nod_S_Areas_YN_ARW.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\Nod_S_Areas_YN_FV3.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_Haina_MAP.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ASM\Nod_S_Areas_Haina_ASM.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\Nod_S_Areas_Haina_ARW.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\Nod_S_Areas_Haina_FV3.xlsx
```

### 13.2.6 Instalación

Se instala como un módulo normal.

## 13.3 CMF. Manejo de pronósticos del modelo Arome de Météo-France en formato Grib2

CMF es un conector creado para el acceso y descarga de archivos de resultados del modelo numérico Arome de Météo-France, y cálculo de valores areales. Los datos estarán almacenados en archivos Grib2 que son accesibles desde GIS-Grass, por lo que CMF recurre al empleo EGrassPy3 (ver el capítulo 9 para requerimientos especiales de configuración).

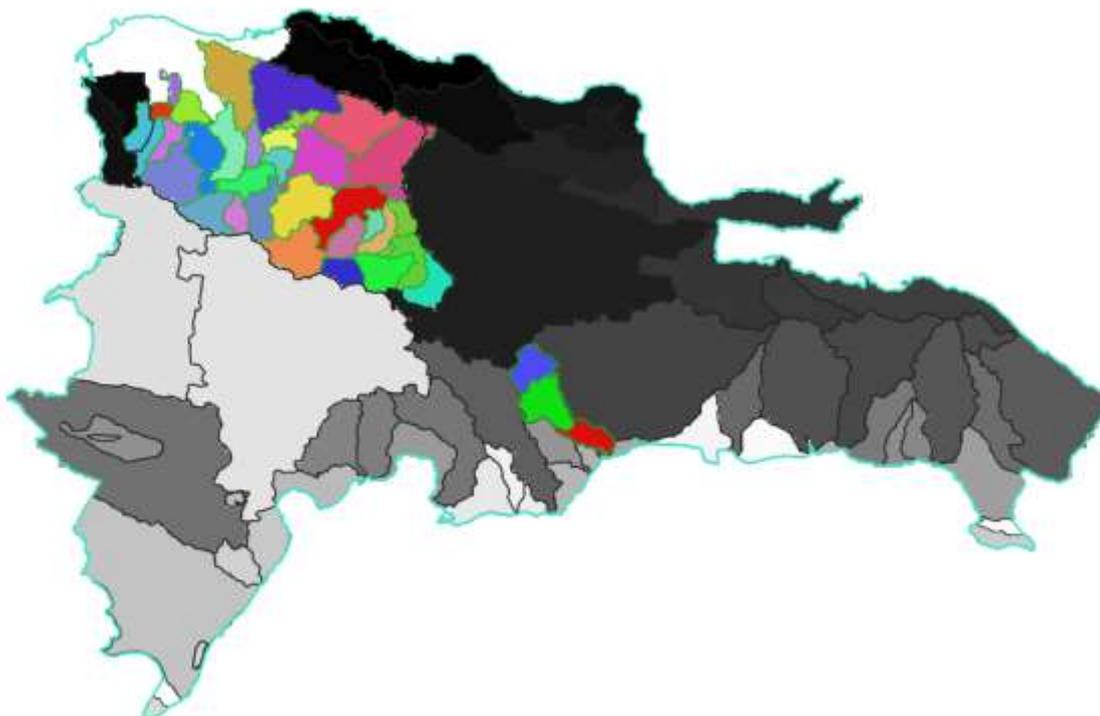
### 13.3.1 Datos

#### 13.3.1.1 Datos temporales

Los archivos Grib2 serán accesibles a través de HTTP y pueden estar comprimidos en archivos GZ.

#### 13.3.1.2 Capas SIG

De modo análogo que en el caso CFFGS, se sugiere el uso de GIS-Grass para definir las capas de máscaras para el cálculo de precipitaciones areales (que podrían haberse creado con los algoritmos de Prec).



**Figura 13-20.- Capas SIG de máscaras para configurar CMF**

Para obtener estas máscaras, la ayuda de la aplicación incluye lo siguiente:

Las capas raster anteriores se generarán a partir de los correspondientes vectoriales, aunque lo que CMF considera dato son las matriciales.

Pueden usarse comandos Grass como los siguientes:

- 1) Importar la capa vectorial a la base de datos Grass  
`v.import input=C:\EDAPHI\CMF\SIG\mac_cuencas.shp layer=mac_cuencas  
output=mac_cuencas`
- 2) Convertir a raster, usando cat (campo clave numérico entero) como valor de celda:  
`v.to.rast --overwrite input=mac_cuencas@PERMANENT output=mac_cuencas  
use=cat`
- 3) Exportar los valores clave que se usarán en la hoja ID\_Cats del archivo de configuración, lo que puede hacerse con un archivo CSV (o copiando resultados del comando grass y pegando)  
`v.db.select map=mac_cuencas@PERMANENT columns=ID,cat separator=comma  
file=C:\EDAPHI\RD\CMF\SIG\ID_Cats_mac_cuencas.csv --overwrite`
- 3-2) Este archivo debe convertirse en ID\_Cats\_mac\_cuencas.XLSX con los datos en una hoja denominada ID\_Cats
- 4) Exportar las mallas (ráster):  
`r.out.ascii -i --overwrite input=mac_cuencas@PERMANENT  
output=C:\EDAPHI\RD\CMF\SIG\mac_cuencas.grass.asc null_value=-1`

NOTA:

Grass puede generar archivos de texto con indicaciones en cabecera del tipo

```
north: 19:55:55.599487N
south: 17:32:21.009204N
east: 68:19:22.677331W
west: 72:00:41.300633W
```

QGIS requiere del tipo:

```
north: 22.1108
south: 16.3978
east: -67.6158
west: -76.6689
```

Para solucionar esto puede emplearse un comando del tipo:

```
raster -s_grass n_asc=SIG\Nod_S_Areas_YN.grass.asc
n_asc_res=SIG\Nod_S_Areas_YN.grass-qgis.asc
```

ATENCIÓN: antes de ejecutar la instrucción `v.to.rast` hay que asegurar la definición correcta de la región de Grass. Para ello puede usarse el comando:

```
g.region raster=prec_ground@PERMANENT
```

En la que `prec_ground` es una malla importada con las características deseadas para los ráster

Si se desea cambiar la resolución, puede aplicarse una instrucción tal como:

```
g.region nsres=0.0125 ewres=0.0125
```

A partir de ahí, cualquier importación de raster o conversión de raster a vectorial generará archivos conforme a esa resolución

### 13.3.2 Comandos

Al escribir en la ventana de comandos *cmf*, el sistema devuelve el siguiente texto:

Argumento común:

```
ax_conf=: Archivo de configuración
```

Comandos

Los valores de algunos argumentos como `n_hours` o `n_hours_max` sustituyen a los almacenados en el archivo de configuración

```
-info_arch: Devuelve un texto con información sobre archivos
```

```
-list_vars
```

```
-calc: Descarga los datos más recientes y genera los archivos de variables de pasado y futuro
```

```
hours_b=: Horas a restar al instante más próximo (0 por defecto)
```

```
-calc_t: Descarga los datos correspondientes a t_utc y genera los archivos de variables de pasado y futuro
```

```
t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej: 20191217-0100)
```

Comandos para operaciones de detalle:

```
-down_lastnh: Descarga los archivos más reciente con datos de una variable
```

```

    id_var=: Nombre de la variable
    -down_t: Descarga los archivos de una variable correspondientes a un
instante
        id_var=: Nombre de la variable
        t_utc=: Hora UTC como instante actual. Formato aaaammdd-hhmm (Ej:
20191217-0100
    -areal : Genera series en áreas a partir de las mallas descargadas
        id_var=: Nombre de la variable
        i_areas=: Índice de la capa de áreas resultado

Ejemplos:
-list_vars ax_conf=conf_cmf.xlsx
-calc ax_conf=conf_cmf.xlsx
-calc_t t_utc=20191121-2100 ax_conf=conf_cmf.xlsx
Ejemplos de comandos de detalle
-down_lastnh id_var=RAIN ax_conf=conf_cmf.xlsx
-down_t id_var=RAIN t_utc=20191121-2100 ax_conf=conf_cmf.xlsx
-areal id_var=RAIN ax_conf=conf_cmf.xlsx

```

Este módulo también cuenta con el comando *ayuda*

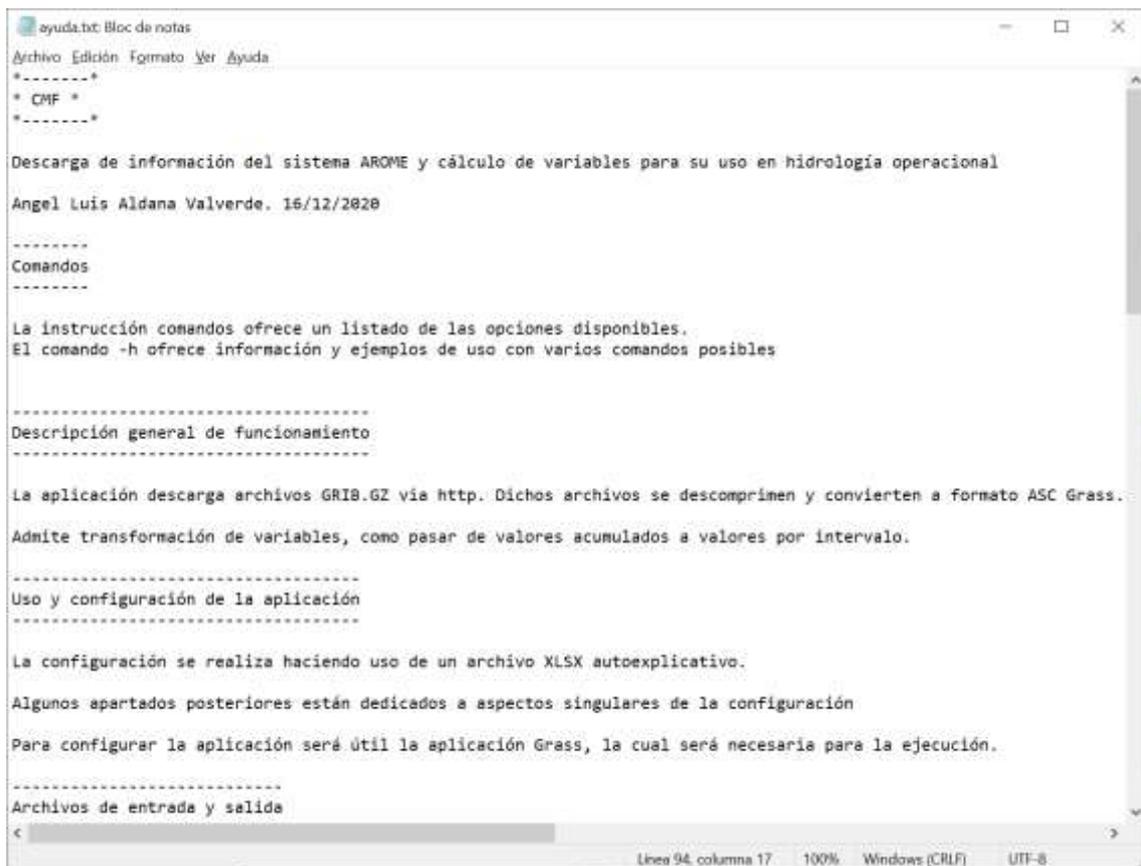


Figura 13-21.- Archivo de ayuda de CMF

### 13.3.3 Configuración

Esta aplicación se configura como CFFGS, salvo que en este caso se indica MAT y GRIB.GZ para los campos de configuración TYPE\_DAT y FMT\_ORIG, respectivamente.

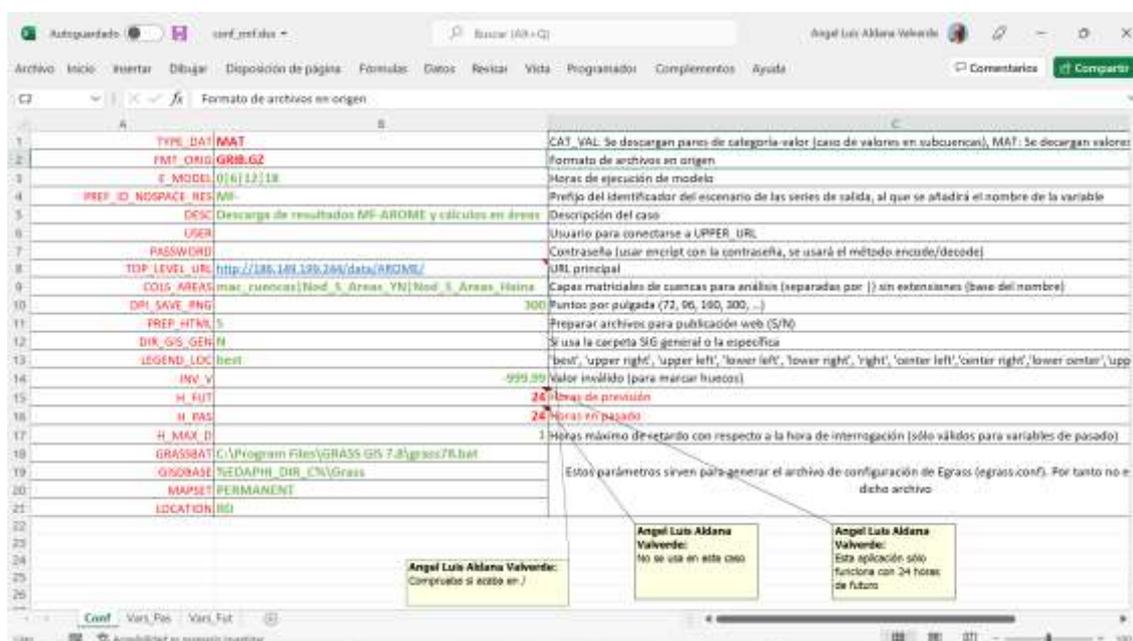


Figura 13-22

A lo anterior hay que añadir lo relativo a la dependencia de este módulo de EGrassPy3, por lo que necesitará un archivo egrass.conf en la carpeta de caso de aplicación con contenido como el siguiente:

```
grassbat,C:\Program Files\GRASS GIS 7.8\grass78.bat
gisdbase,C:\EDAPHI\RD\CMF\Grass
mapset,PERMANENT
location,RD
```

### 13.3.4 Resultados

Al igual que ocurre con CFFGS, CMF genera sólo archivos XLSX de resultados, pero, a partir de ellos y con los comandos generales de EDAPHI, se puede, del mismo modo, generar otros resultados.

A modo de ejemplo, a continuación, se muestra un archivo CMD con instrucciones para difundir resultados a través de una web:

```
@echo off
rem @A Genera resultados para Html en carpeta Res. Indique -c si desea
copiarlos a HTML del área
Rem Generación de gráficos y tablas
```

```

for %%a in (mac_cuencas,Nod_S_Areas_YN,Nod_S_Areas_Haina) do (
  for %%v in (Prec_Ground) do (
    rem Genera un gráfico XY de estadísticas por instante
    call ts_stats -stats_t_s xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf title="Estadísticas de %%v en %%a"
    rem Guarda una matriz de datos en un archivo PNG
    call ts_util -w_grd_s xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf title="Series %%v por intervalo en
%%a"

    rem Estadísticas de series temporales
    call ts_stats -stats_h xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html arch_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
    rem Estadísticas de series temporales por instante
    call ts_stats -stats_t_h xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html arch_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
    Rem Genera un PNG con la representación en un mapa los máximos de
las series temporales
    call map_cts -g_max arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\%%a.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx title="Max de %%v en %%a"
n_tcolor=plasma dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf pref=%%a-%%v-
    Rem Genera un PNG con la representación en un mapa los medios de
las series temporales
    call map_cts -g_med arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\%%a.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.xlsx title="%%v medio en %%a"
n_tcolor=rainbow dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\grf pref=%%a-%%v-
  )
)
)

Rem Copia de archivos XLSX y CSV
for %%e in (xlsx,csv) do (
  for %%a in (mac_cuencas,Nod_S_Areas_YN,Nod_S_Areas_Haina) do (
    for %%v in (Prec_Ground) do (
      echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.%%e en
%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\arch
      copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v\%%a_%%v.%%e
%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\arch
    )
  )
)
)

```

Y así se generarían resultados gráficos y otros para generar y actualizar una web de resultados como la de la figura siguiente:

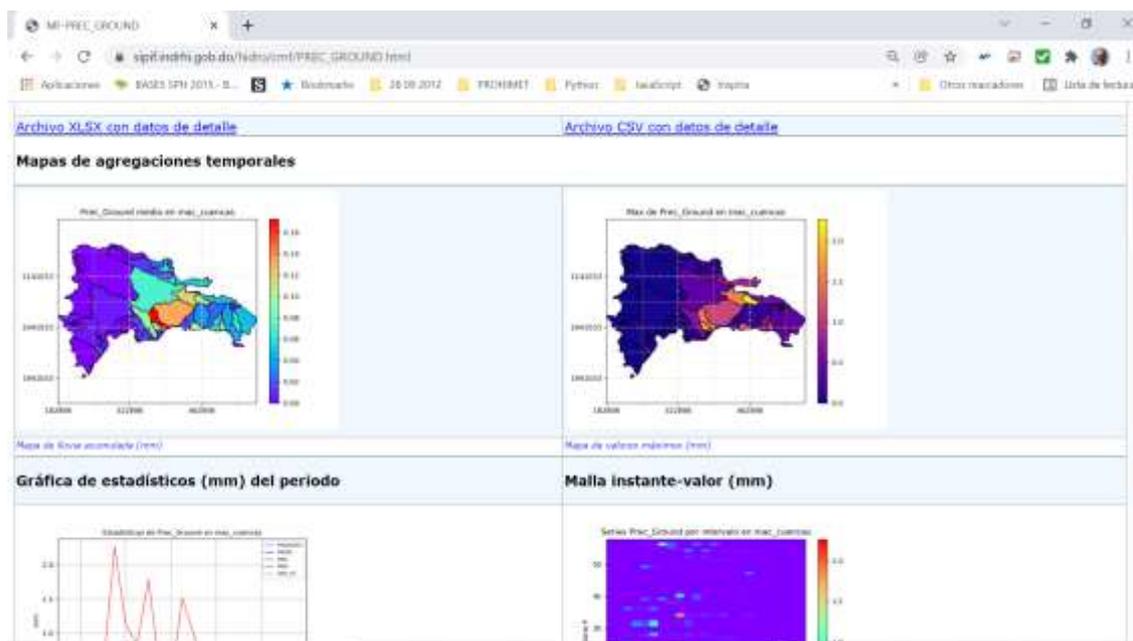


Figura 13-23.- Página web de resultados de CMF basada en el uso de comandos EDAPHI generales

### 13.3.5 Lista de archivos

El uso de la orden `-info_arch` dará un resultado como el siguiente:

```
* Información de los archivos y carpetas

Dirección base de Internet para descargas:
http://186.149.199.244/data/AROME/
Ejemplos de nombres de archivos para descarga
Desde http://186.149.199.244/data/AROME/2020/09/25/MF-NWP-HIGHRES-AROME-OM-0025-ANTIL-WCS_PREC_GROUND_2020-09-25T12:00:00Z_PT1H_2020-09-25T12:00:00Z.antillas_fullws.grib2.gz se descarga
C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\PREC_GROUND\D\20200925-1200_03hr_PREC_GROUND.asc

Con los archivos anteriores se generan los de series temporales similares a:
C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\PREC_GROUND\areas_orig_PREC_GROUND.xlsx

Archivos ráster de áreas de resultados (dato):
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\mac_cuencas.grass.asc
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\Nod_S_Areas_YN.grass.asc
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\Nod_S_Areas_Haina.grass.asc

Archivos de relaciones ID-Cats (dato)
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\ID_Cats_mac_cuencas.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\ID_Cats_Nod_S_Areas_YN.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CMF\Sig\ID_Cats_Nod_S_Areas_Haina.xlsx

Los resultados de series temporales en áreas:
C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\PREC_GROUND\mac_cuencas_PREC_GROUND.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\PREC_GROUND\Nod_S_Areas_YN_PREC_GROUND.xlsx
C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\PREC_GROUND\Nod_S_Areas_Haina_PREC_GROUND.xlsx
```

```
Archivo GRIB temporal antes de transformación a ASC
C:\EDAPHI\RD\CMF\Tmp\PREC_GROUND.grib
```

### 13.3.6 Instalación

Depende de EGrassPy3, por lo que el primer paso será instalar la versión apropiada de GIS-Grass e instalar y configurar el módulo EGrassPy3 (ver capítulo 9).

Por lo demás, se instala como un módulo normal.

### 13.4 CSispi. Acceso a datos del sistema Sispi

Este módulo fue desarrollado para el acceso a resultados de SisPi instalado en ONAMET (Oficina Nacional de Meteorología de República Dominicana). Se trata de un sistema computarizado de pronósticos meteorológicos que brindan información de varias variables meteorológicas (precipitación, viento, temperatura entre otras variables) hasta 72 horas y una resolución espacial de 3 kilómetros.

CSispi es prácticamente idéntico a CMF. La diferencia principal, aparte de lo relacionado con la organización de carpetas en origen, está en el formato de archivos, que, en el caso de CSispi, busca archivos de texto. Esto queda reflejado en el archivo de configuración con los valores *MAT* y *TXT*:

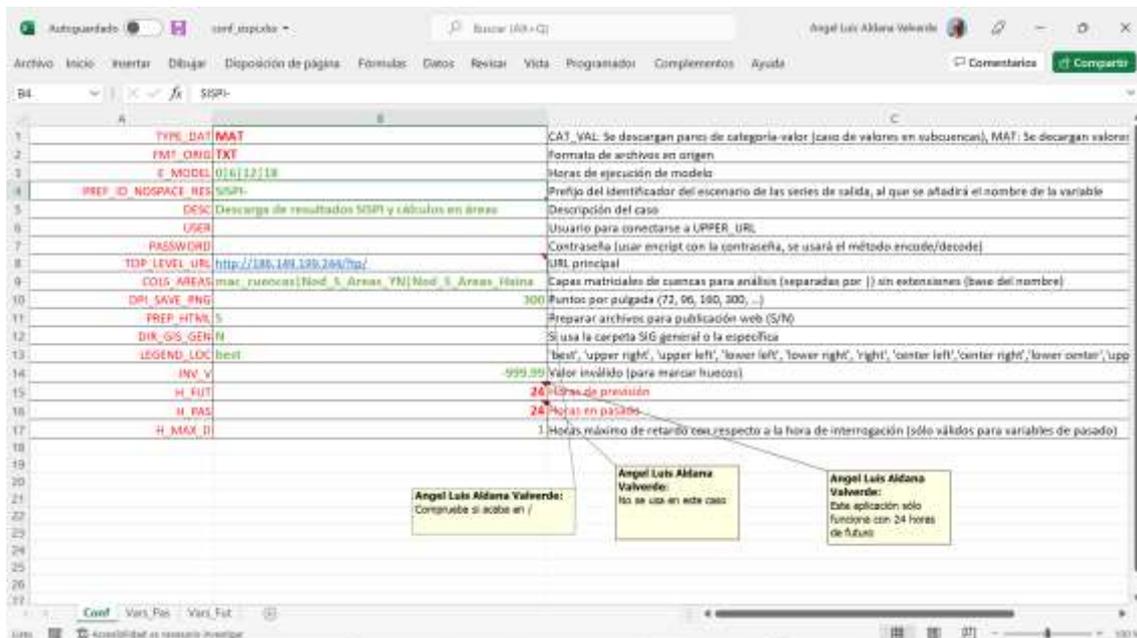


Figura 13-24.- Hoja principal de configuración de CSispi

Por el gran parecido no se considera necesario extender este apartado dedicado a CSispi pues sería casi idéntico a lo indicado para CMF.

En cuanto a la instalación y configuración, es más sencillo que CMF, pues no requiere interactuar con GIS-Grass.

## 14 EDAPHI-MHH. Modelos hidrológicos operacionales basados en el software Hec

---

### 14.1 Introducción

El pronóstico hidrológico requiere la utilización de modelos para la previsión de niveles y caudales en un modo de uso muy especial como es el operacional en tiempo real.

Se requiere posibilidad de aplicar filtros a los datos, capacidad de trabajar con falta de datos, posibilidad de realizar modificación de parámetros rápidamente o contar con utilidades de calibración automática.

EDAPHI se ha construido sobre la consideración de éstos y otros requisitos, y ha servido para generar modelos de previsión como MHH, que se apoya en las aplicaciones HEC-HMS y HEC-DSSVue (<http://www.hec.usace.army.mil/software>)

### 14.2 Funcionalidad de la aplicación

El módulo EDAPHI-MHH realiza cálculos hidrológicos en tiempo real con resultados de niveles y caudales, permitiendo gestionar múltiples escenarios, lo que facilita un enfoque no determinista, como el basado en entradas relacionadas con probabilidades de ocurrencia.

Además de estar preparado para el pronóstico hidrológico en tiempo real (modo operacional), EDAPHI-MHH puede ser usado en modo estudio, simulando escenarios sin consideración de las fases operacionales ni de distinción de tiempo futuro o pasado.

#### 14.2.1 Interacción con las aplicaciones Hec

La aplicación realiza cálculos hidrológicos interactuando con las aplicaciones Hec sin intervención por parte del usuario. Prepara los datos de entrada de estas aplicaciones, ordena la ejecución de los cálculos, controla la ejecución y lee los resultados. Hay un preproceso de series temporales y un postproceso en cada interacción. También se modifican parámetros cambiando archivos HEC-HMS (aquellos con extensión .BASIN, .CONTROL, .MET, .GAGE y .RUN).

Los parámetros de cálculo, tales como números de curva, desfases, etcétera, serán almacenados en tablas en hojas de cálculo y se trasladarán a los archivos correspondientes de las aplicaciones Hec. Algunos parámetros serán calculados, a partir de otros, o se fijarán en un proceso de autocalibración

## 14.2.2 Trabajo con escenarios

El módulo MHH ofrece varias posibilidades de operar con escenarios, que se definen con un conjunto de parámetros de cálculo y unas series temporales de entrada como dato.

### 14.2.2.1 De simulación

Se trata de escenarios en los que no se distingue pasado o futuro. Son útiles para realizar análisis.

### 14.2.2.2 De tiempo pasado

Los escenarios de tiempo pasado servirán para los análisis de resultados de los modelos, previamente a calcular el pronóstico. Si hay datos de caudal en algún nodo, la comparación de series calculada y observadas será posible.

### 14.2.2.3 De calibración

Los escenarios de calibración son similares a los escenarios pasados, salvo que, en lugar de indicar un valor único para cada parámetro, puede indicarse un rango para aquellos parámetros que se deseen sean objeto de autocalibración. El uso de este tipo de escenario tiene sentido cuando se cuenta con datos de caudal en algún nodo.

## **Calibración automática de parámetros de simulación**

MHH cuenta con capacidad de calibración automática (autocalibración) de parámetros de simulación, haciendo uso de algoritmos de computación evolutiva de optimización paramétrica para la minimización de los errores de simulación. Los errores se evaluarán comparando mediciones (series dato) con simulaciones (series resultado del cálculo hidrológico).

Ofrece la posibilidad de agrupar entidades por zonas para calibrar, con la hipótesis de que se encuentran en un estado hidrológico similar (humedad, magnitud relativa de precipitaciones y caudales).

### 14.2.2.4 De tiempo futuro

Los escenarios de futuro son los destinados a la previsión en su fase final, después de los análisis y calibraciones en tiempo pasado. Los parámetros de simulación de los escenarios futuros se establecen en los análisis y calibraciones con los escenarios pasados.

Las entradas al sistema sobre el que se desea hacer la previsión serán series temporales de caudales en estaciones de aforos (nodos Q), caudales de salida en embalses (nodos V) o lluvias en subcuencas (nodos S).

#### 14.2.2.5 Ajuste a los datos en puntos de medida

Los hidrogramas calculados hasta los tiempos futuros pueden reajustarse si se cuenta con puntos de observación como nodos Q. En ese caso, el hidrograma resultado final estará definido por los caudales medidos en tiempo pasado, o calculados a partir de los niveles medidos, y los caudales calculados en futuro (según las entradas al sistema) a los que se les aplica una corrección según el error en el instante actual (último con medidas) que se extiende hacia el futuro. Esta corrección pretende compensar el error de simulación.

### 14.2.3 Curvas de gasto en diferentes formatos

Se ofrece la posibilidad de definir curvas de gasto en diferentes formatos, ya sean tablas o fórmulas. Incluso ofrecen la posibilidad de que se hagan ajustes en tiempo real basados en observaciones.

### 14.2.4 Diferentes modos de abordar el problema del estado de humedad antecedente

Quizás los parámetros más relevantes en el cálculo hidrológico de subcuencas son los de representación del estado de humedad antecedente, por la importancia en los resultados, al determinar los volúmenes de escorrentía. Es por ello por lo que se ha dotado a MHH de varias posibilidades para el tratamiento de esta característica, siempre con el uso de un parámetro que la representa al que se denomina  $a$  (ver apartado 14.3.1):

- Valores fijos hipotéticos (seco, húmedo, medio, ...)
- Posibilidad de autocalibración dentro de unos rangos de variación
- Cálculo en función de la precipitación en los días anteriores
- Cálculo por transformación del parámetro de otro modelo u otra variable

## 14.3 Modelación hidrológica

### 14.3.1 Funciones de pérdidas

La conversión de lluvia bruta a lluvia neta, es decir, el cálculo del volumen de precipitación que se transforma en escorrentía se realiza haciendo uso del método de

número de curva ( $NC$ , ver "Computing Runoff Volumes" en el documento "HEC-HMS. Technical Reference" incluido en la documentación asociada a la instalación de Hec-HMS). La fórmula base es:

$$\sum Pn = \frac{(\sum Pb - P_0)^2}{(\sum Pb - P_0 + S)} \text{ si } P > P_0, 0 \text{ en otro caso}$$

- $Pn$ : Lluvia neta
- $Pb$ : Lluvia bruta
- $S$ : Máxima retención posible
- $P_0$ : Umbral de escorrentía

Este parámetro está relacionado con el denominado máxima retención posible  $S$ :

$$S = \frac{25400}{NC} - 254$$

Es frecuente aceptar una relación  $P_0/S = 0.2$ , aunque es normal que esta relación varíe entre 0.1 y 0.3.

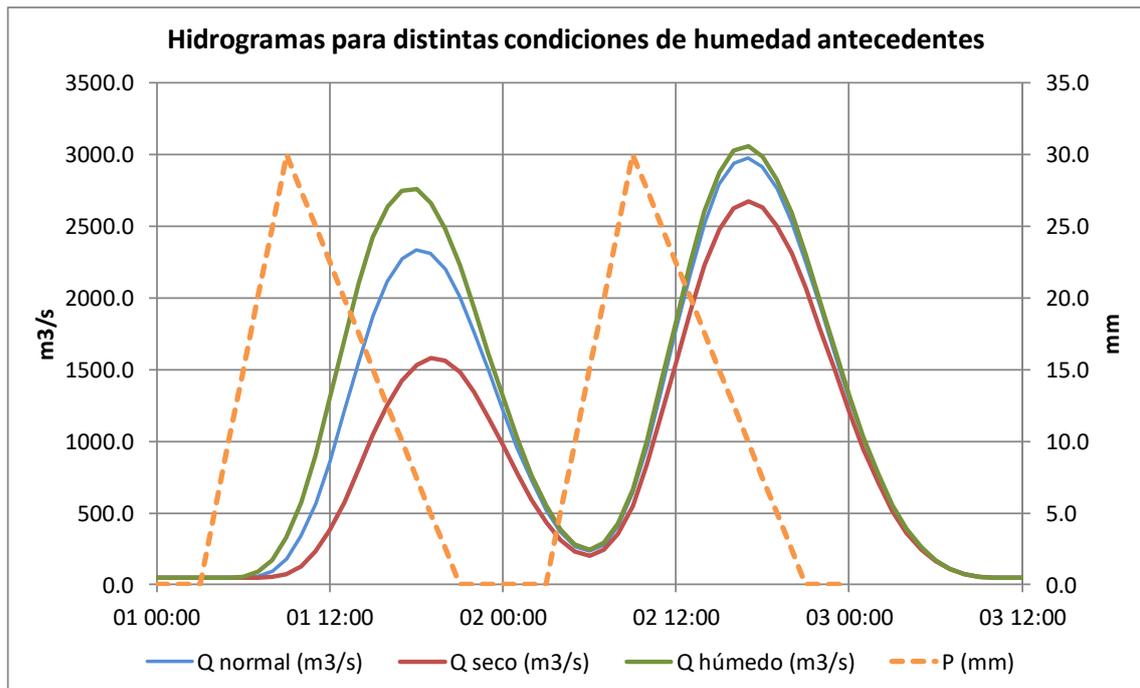
El número de curva refleja unas condiciones de humedad antecedente determinadas, pues el proceso de saturación asociada a la acumulación de precipitaciones lleva a un incremento en el valor de este parámetro. Es habitual considerar un valor de referencia denominado número de curva en condiciones normales, cuyo valor puede obtenerse en función de una caracterización del terreno. La aplicación GCuencas puede proporcionar este valor, a partir de la información de base, a cada subcuenca.

En hidrología de diseño, se emplean las denominadas condiciones *I* (seca) y *III* (húmeda). La condición *II* es la normal. Y se asumen las siguientes relaciones

$$NC_I = \frac{4.2 * NC}{(10 - 0.058 * NC)}$$

$$NC_{III} = \frac{23 * NC}{(10 + 0.13 * NC)}$$

$NC$  se refiere a la condición *II*.



**Figura 14-1.- Importancia del estado de humedad antecedente en una cuenca. Gráfica obtenida del archivo "Saturación y PE.xslm" que forma parte de la documentación de EDAPHI.**

Pero para propósitos operacionales, las diferencias entre hidrogramas a que conducen estas fórmulas son demasiado grandes. Por ello se emplea el parámetro  $a$  como relación entre la máxima retención posible en situación normal y la que corresponde a un determinado estado de humedad antecedente

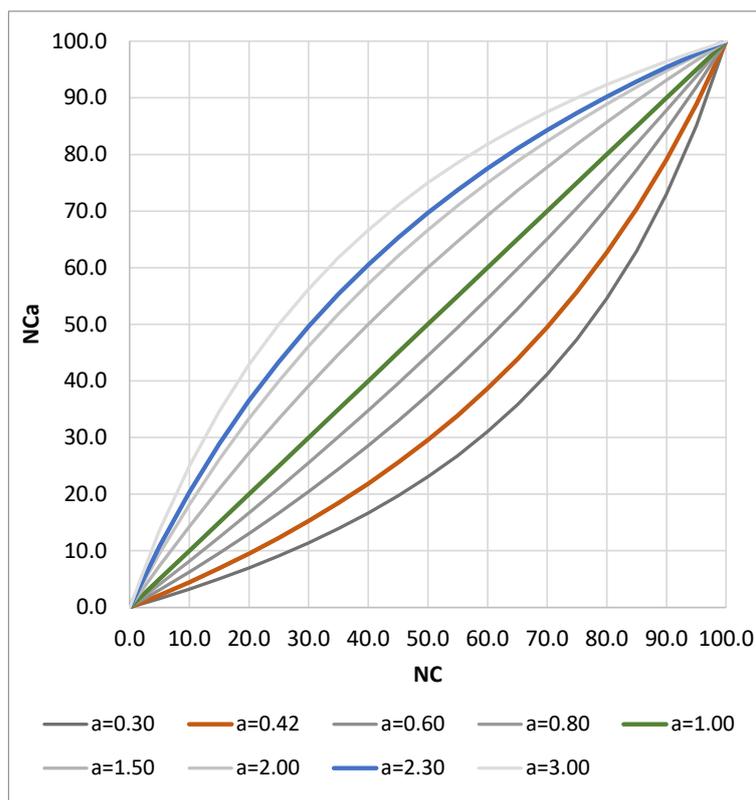
$$a = \frac{S}{S_a}$$

Así, se puede pasar de un número de curva a otro  $NC_a$  de forma continua:

$$NC_a = \frac{a * 100 * NC}{(100 + (a - 1) * NC)}$$

(Los valores sin subíndice se refieren a estado  $II$  - normal)

El caso concreto de los valores seco y húmedo, usados en hidrología de diseño, se obtienen con  $a=0.42$  y  $a=2.3$ , respectivamente.



**Figura 14-2.- Variación del número de curva en función del parámetro a**

### 14.3.2 Cálculo del estado de humedad antecedente en función de la precipitación en días anteriores

En hidrología de diseño es habitual el uso de tablas como la siguiente, que representa el estado de humedad en función de la precipitación en los últimos 5 días:

	Lluvia antecedente total de 5 días (mm)	
Grupo	Estación húmeda	Estación seca
I	Menor que 13	Menor que 36
II	13 a 28	36 a 53
II	Mas de 28	Mas de 53

**Tabla 14-1.- Relación del estado de los grupos de estado de humedad antecedente (I, II, y III), en hidrología de diseño, con la precipitación en los últimos 5 días**

Pero, por un lado, por lo indicado en 14.3, es necesario distinguir entre estados intermedios de humedad, por lo que se emplea el parámetro *a*, y, por otro, algunos trabajos recomiendan valorar otros periodos de acumulación de precipitaciones.

Así, si se cambia la lluvia total por la media en los 5 días, resulta la tabla siguiente que puede independizarse de la longitud del periodo:

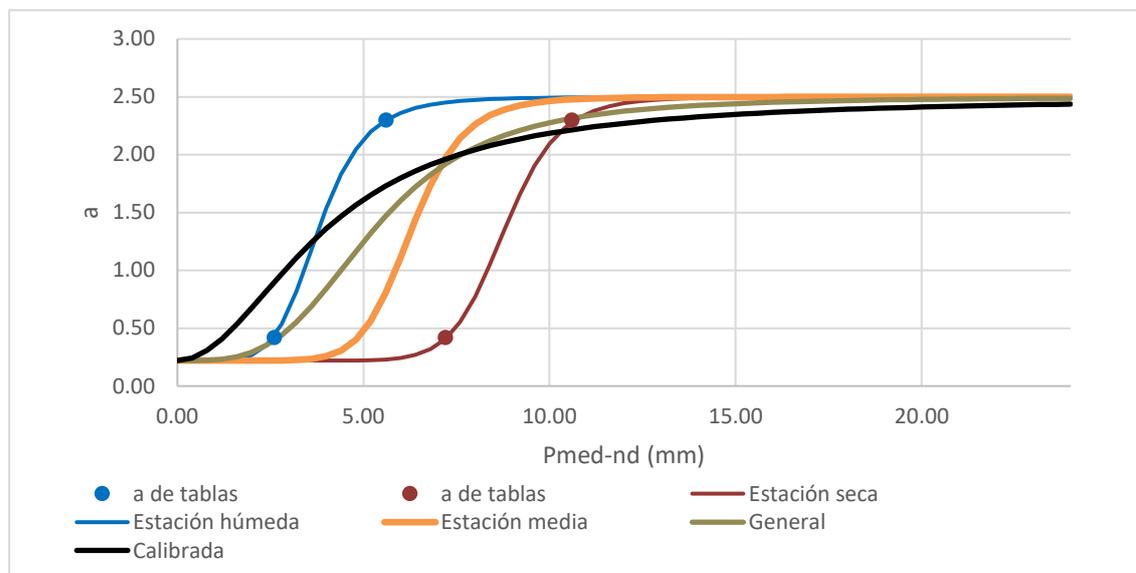
Lluvia antecedente media en n días (mm)		
Grupo	Estación húmeda	Estación seca
I	Menor que 2.6	Menor que 36
II	2.6 a 5.6	7.2 a 10.6
III	Mas de 28	Mas de 10.6

Tabla 14-2.- Relación de la Tabla 14-1 expresada en valores medios diarios de precipitación

Y cabe expresar la relación del parámetro a con la precipitación según la siguiente fórmula:

$$a = a_{max} - \frac{a_{max} - a_{min}}{1 + \left(\frac{P_{med-nd}}{P_{a\_med}}\right)^{pot}}$$

Lo que puede dar lugar a curvas como las siguientes:



Estación seca	Estación húmeda	Estación media	General	Calibrada
amax = 2.50				
amin = 0.22				
Pa_med (mm) = 8.80	Pa_med (mm) = 3.80	Pa_med (mm) = 6.30	Pa_med (mm) = 5.30	Pa_med (mm) = 4.00
pot = 12.00	pot = 6.00	pot = 9.00	pot = 3.50	pot = 2.00

Figura 14-3.- Curvas que relacionan "a" con la precipitación media en días anteriores

Puede observarse cómo están reflejados los puntos que se corresponden con las tablas anteriores, relativas a los estados I, II y III. Es decir, se puede optar por asumir las relaciones aceptadas en hidrología de diseño y extrapolar los resultados a otras situaciones de humedad antecedente (a través de a). En una de las aplicaciones en

República Dominicana se concluyó en la conveniencia de usar una curva (denominada "calibrada") sin diferenciación de estación seca o húmeda.

Adicionalmente, al entender que la relación  $PO/S$  es mayor cuando el terreno está más seco, y asumiendo un rango de variación  $[0.1, 0.3]$ , se emplea la siguiente fórmula

$$rel\_POS = relPOS_{min} - \frac{relPOS_{max} - relPOS_{min}}{a_{max} - a_{min}} (a - a_{min})$$

Cabe establecer los valores  $relPOS_{min} = 0.1$  y  $relPOS_{max} = 0.3$ , aunque estos son configurables.

### 14.3.3 Función de transformación

La distribución en tiempo del volumen de escorrentía se realiza a través del hidrograma unitario, que representa la respuesta de la cuenca a una precipitación de valor la unidad (ver capítulo "Modeling Direct Runoff" en el documento "HEC-HMS. Technical Reference"). Concretamente, se elige el hidrograma unitario SCS estándar PRF 484 (ver apartado "SCS Unit Hydrograph Transform" del documento "Hec-HMS User's Manual"). Este hidrograma unitario se define a partir del desfase ( $Lag$ ), y éste puede calcularse en función del tiempo de concentración.

### 14.3.4 Flujo base

La modelación del flujo base se realiza con el método de recesión exponencial (ver capítulo "Modeling Baseflow" en el documento "HEC-HMS. Technical Reference")

### 14.3.5 Flujo en canales

Para el flujo en canales (tramos de ríos) se opta por el método de Muskingum, con sus parámetros  $K$ ,  $X$ , y  $NT$  (número de subtramos). Este modelo está explicado en el apartado "Muskingum model" del capítulo 8 del documento "HEC-HMS. Technical Reference".

## 14.4 Caracterización hidrológica

La caracterización hidrológica básica orientada a la definición subcuencas y tramos y a la obtención de atributos, todo ello necesario para la implementación de modelos hidrológicos puede realizarse con GCuencas (capítulo 9). Aunque con ayuda de un SIG pueden obtenerse fácilmente, especialmente si se cuenta con las subcuencas y tramos definidos geográficamente.

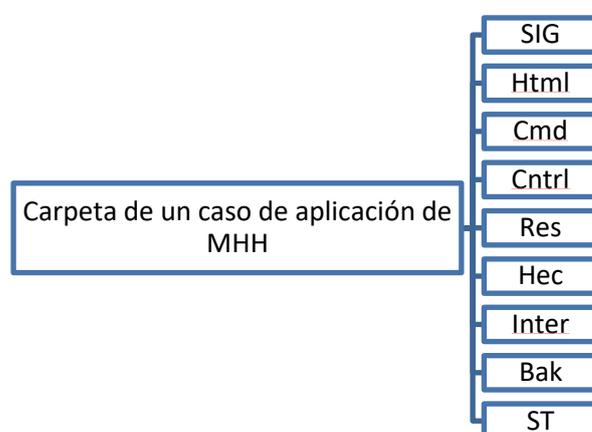
## 14.5 Establecimiento de parámetros de modelación

Las mismas hojas de configuración de parámetros son autoexplicativas. Además, la documentación de EDAPHI está acompañada por unos archivos de libros MS-Excel que ofrecen explicaciones y utilidades complementarias relacionadas con los conceptos de modelación.

Los parámetros obtenidos en el proceso de caracterización son una primera aproximación, que puede refinarse con estudios con datos históricos, como los que pueden realizarse con ADDA (capítulo 21), lo que llevará una cierta precalibración del o los modelos, que después habrá que afinar (calibrar). Esta calibración puede realizarse en tiempo real. El modelo MHH ofrece varias alternativas para esto, desde la consideración de varios escenarios pasados, con diferentes valores de parámetros, y la posibilidad de calibración automática de parámetros. Con datos de caudal pueden calcularse los errores de todos los escenarios de cálculo en pasado y los de calibración, y la aplicación seleccionará los parámetros del que tenga error menor.

En el apartado de configuración (14.7) y, más concretamente, en el de selección de parámetros para escenarios futuros (14.8) se dan indicaciones más detalladas.

## 14.6 Carpetas



**Figura 14-4.- Carpetas de un caso de aplicación de MHH**

Las carpetas de un caso de aplicación de MHH sigue el estándar de EDAPHI (ver 6.2.1) a la que se añaden las siguientes:

- *Hec*: almacena el proyecto Hec-HMS
- *Inter*: sirve para almacenar archivos de intercambios entre EDAPHI y Hec-HMS, en concreto, el archivo Datos.DSS en el que se almacenarán las series dato para Hec-HMS.

- *Bak*: MHH hace una copia del proyecto Hec-HMS antes de usarlo
- *ST*: no es estrictamente necesaria, pero se recomienda su uso para almacenar series temporales de datos cuando se usa en modo simulación.

## 14.7 Configuración

Cada caso de aplicación, relativo a un subsistema hidrológico, tendrá un archivo de configuración en formato libro Excel XLSX. Los parámetros se repartirán en hojas. Cabe también indicar algunos parámetros de funcionamiento del módulo de manera independiente al caso de aplicación.

Como es habitual en los módulos EDAPHI, los mismos archivos de configuración incluyen descripción de los parámetros.

### 14.7.1 Archivo de configuración general de MHH

Algunos parámetros pueden ir incluidos en un archivo que afecta a todos los casos de aplicación de este módulo. Dicho archivo tiene nombre fijo, *Conf\_MHH\_Gen.xlsx* y se debe situar en la carpeta del módulo (%EDAPHI\_DIR\_AREA%\MHH).

	A	B	C	D	E	F
1	DIR_HEC_DSS_VUE	C:\Program Files (x86)\HEC\HEC-DSSVue\				
2	DIR_HEC_HMS	C:\Program Files (x86)\HEC\HEC-HMS\4.2.1\				
3	INV_V	-999.999	Valor inválido (para marcar huecos)			
4	H_FUT	12	Horas de previsión			
5	INTERV_ST_MIN	5	Intervalo de cálculo en minutos			
6						
7						

Figura 14-5.- Contenido del archivo *Conf\_MHH\_Gen.xlsx*

Si no se encuentra dicho archivo, el módulo buscará los parámetros en la hoja *Conf* del archivo de configuración específico.

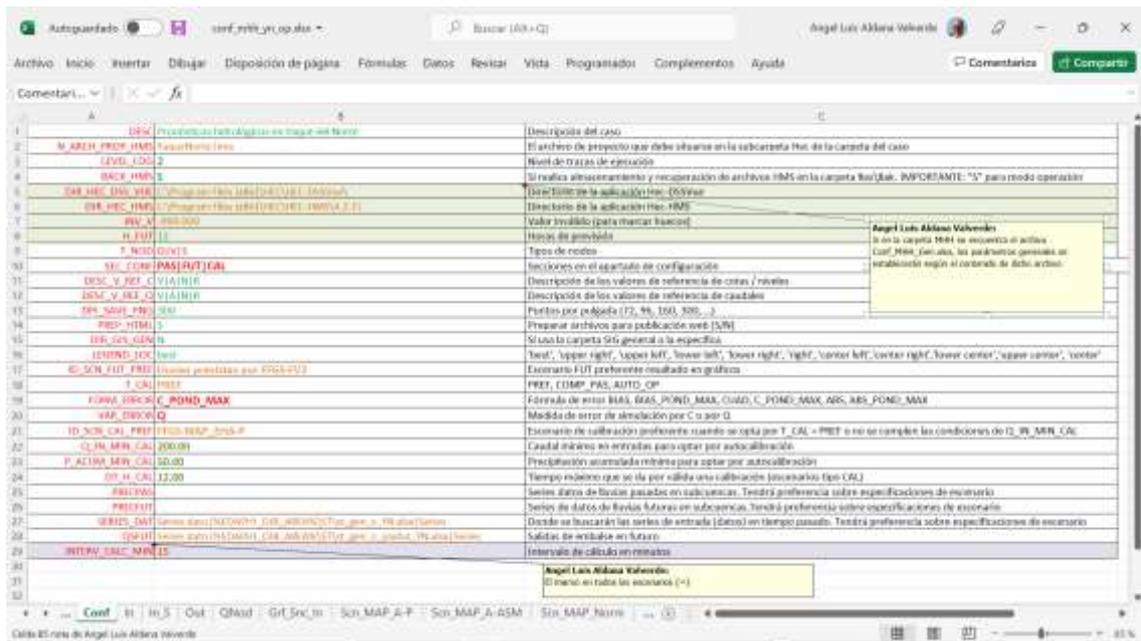


Figura 14-6.- Configuración general de un caso de aplicación. Hoja Conf

El archivo de configuración incluye explicación de los parámetros configurables, por lo que no se detallan aquí todos ellos, sólo los que se considera recomendable comentar por aclarar algunos conceptos importantes del módulo.

### 14.7.2 Modelo HEC-HMS

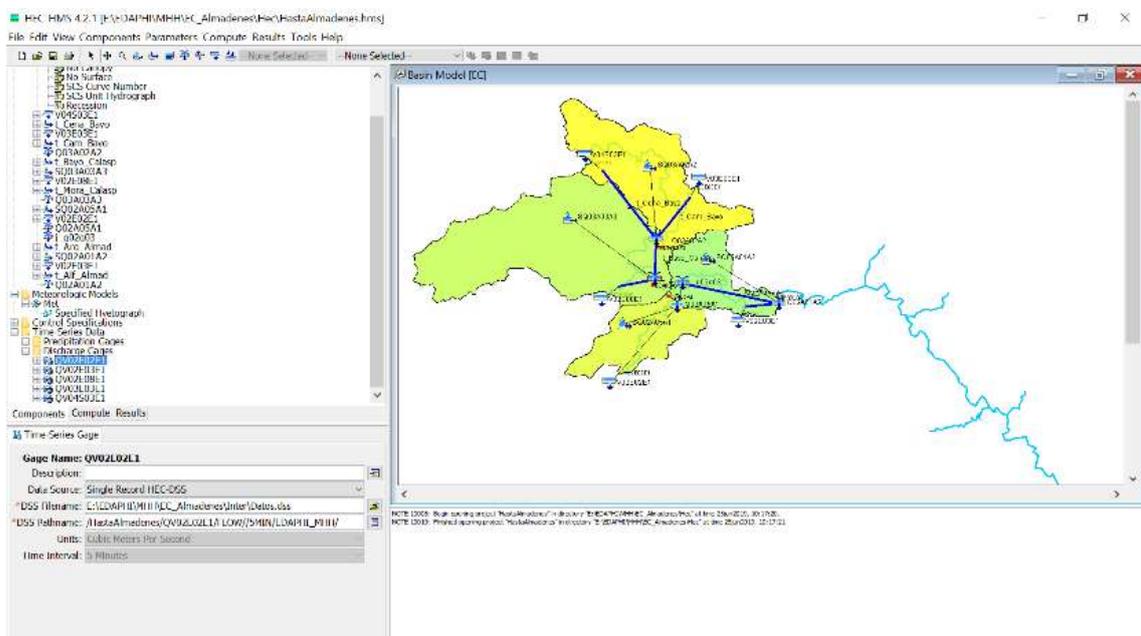


Figura 14-7.- Ventana del modelo Hec-HMS

El modelo Hec-HMS se almacenará en la subcarpeta *Hec* de la carpeta del caso de aplicación.

Las series de entrada se almacenarán en el archivo *Datos.DSS*, que será gestionado por MHH y se sitúa en la subcarpeta *Inter*. Entre los comandos disponibles está *csv\_a\_dss*, que permite generar el archivo *Datos.DSS* para las primeras pruebas con el modelo Hec.

El nombre del proyecto se especifica en la hoja *Conf*. Los nombres para los archivos Hec son libres, así como las denominaciones de las partes del modelo HMS (basin, control, etc). Hay una excepción: el nombre del "Simulation Run".

*El nombre del componente "Simulation Run" de Hec-HMS se fija en EDAPHI*

#### 14.7.2.1 Modelos contemplados

No se ha implementado la interacción con todos los modelos posibles de la aplicación Hec-HMS. En la versión actual de MHH puede modelarse las cuencas con hidrograma unitario, indicando el desfase (*Lag*), con curva de recesión para el caudal base (parámetros *Q0*, *Qth* y *K*), y como función de pérdidas se ha elegido en número de curva (*Cn*) y el umbral de escorrentía (*P0*).

Los tramos de transporte pueden modelarse con Muskingum (parámetros *K* y *X*) o con desfase (*Lag*).

*Con la estructura actual del código, ampliar las posibilidades de incluir otros métodos del software Hec-HMS requeriría muy poco tiempo de programación.*

#### 14.7.3 Nodos

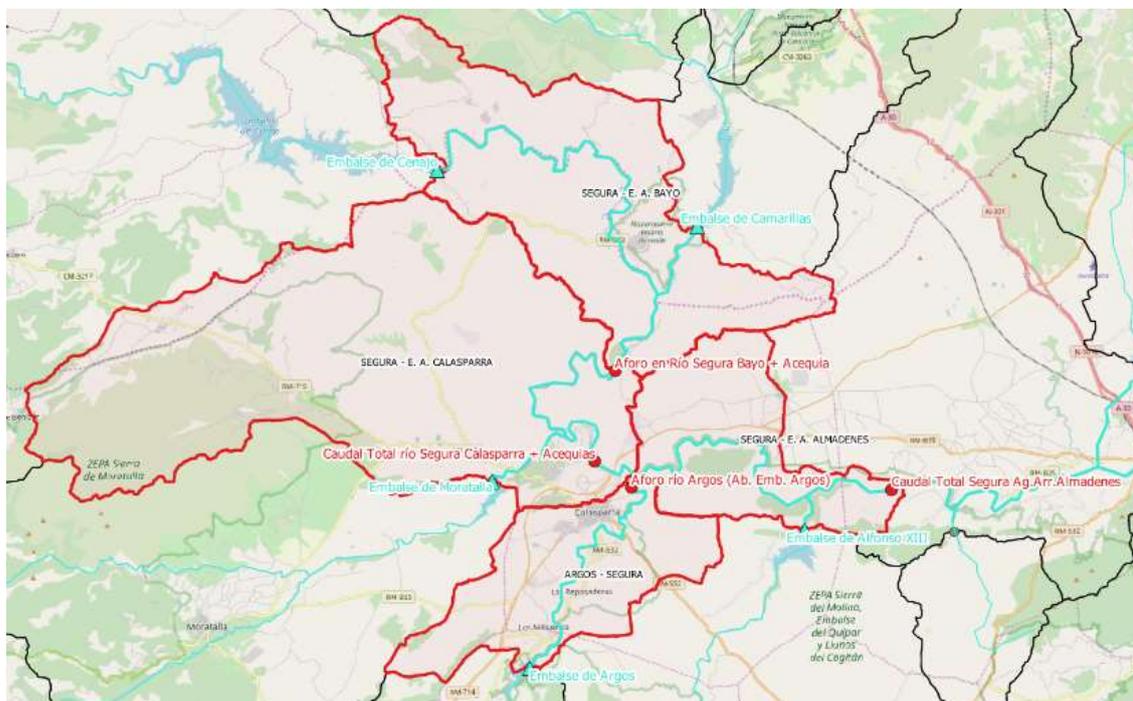
MHH opera con nodos de tipo S, Q y V. Estos nodos se almacenarán en archivos SHP en la carpeta SIG del caso.

Los nodos servirán para relacionar el caso de aplicación con el resto del sistema de pronóstico, tanto para enlazar series de entrada (nodos "in", ver apartados siguientes) como para la generación de resultados.

La representación del sistema hidrológico a través de los nodos no tiene por qué coincidir con la del modelo Hec-HMS. En general, este modelo tendrá más elementos, muchos de los cuales no tendrán conexión con EDAPHI. Pero los elementos que requieran dato de entrada, o lo tenga y puedan usarse para autocalibración, exigirán una asociación de entidad de HMS con nodo de EDAPHI. Ahora bien, un nodo de tipo Q puede asociarse al extremo aguas abajo de un tramo de transporte (elemento "reach") del HMS, o a la salida de una confluencia (elemento "junction"), es decir, no requieren un tipo de relación

fija. Las relaciones entre elementos de uno y nodos de otro sistema se realizan a través de series temporales, no de entidades de representación hidrológica.

En el apartado 14.7.10 se expondrá de forma general cómo se especifican las series dato de entrada a los modelos, aunque en los ejemplos que preceden a ese apartado se podrán observar algunas especificaciones.



**Figura 14-8.- Capas SIG de especificaciones de nodos tipo Q, V y S**

#### 14.7.3.1 *Nodos V y Q con series temporales dato (entradas al sistema)*

La hoja *In* almacenará el listado de los nodos que sean entrada al sistema. Sus series correspondientes estarán almacenadas en el archivo *Datos.DSS*. Cada punto de este tipo tendrá asociado una entidad de tipo "source", cuyos datos se almacenarán en "Time-Series Data" del modelo Hec-HMS en modo de "Discharge Gage".

La relación entre los nodos y la representación Hec se realiza a través de los campos *PATH\_B* y *PATH\_C* de archivos *Datos.DSS*.

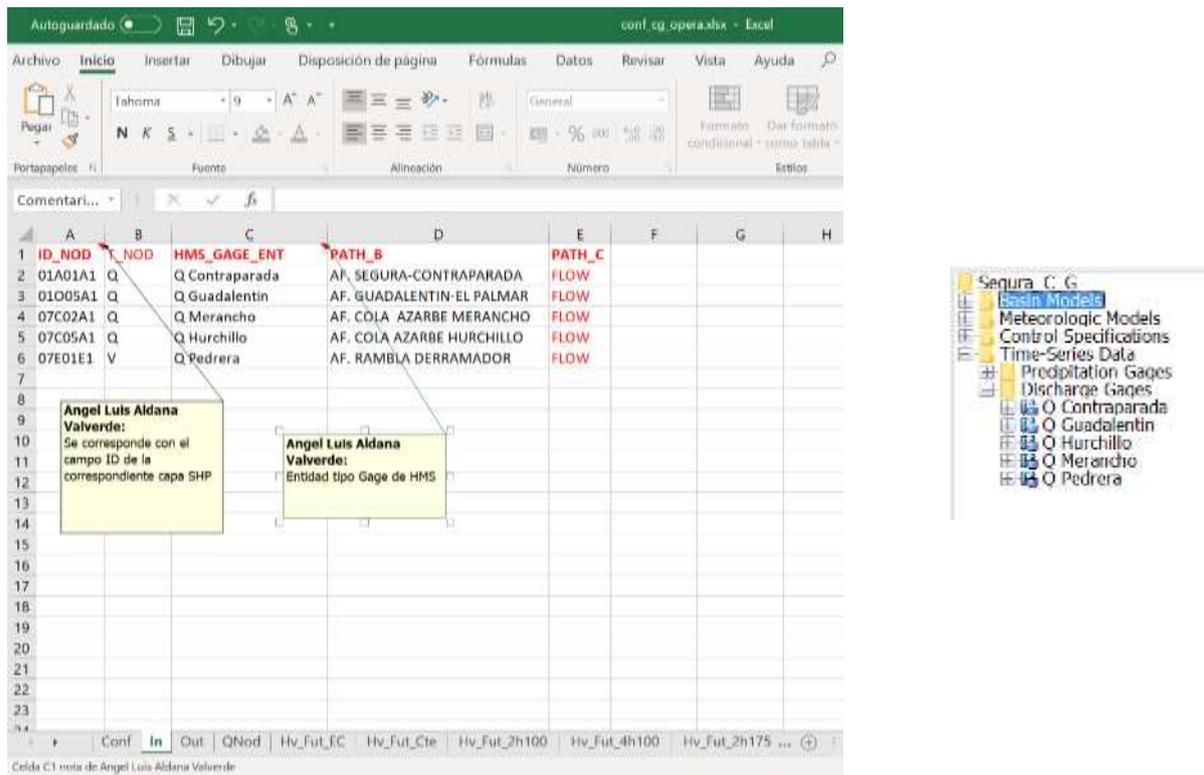
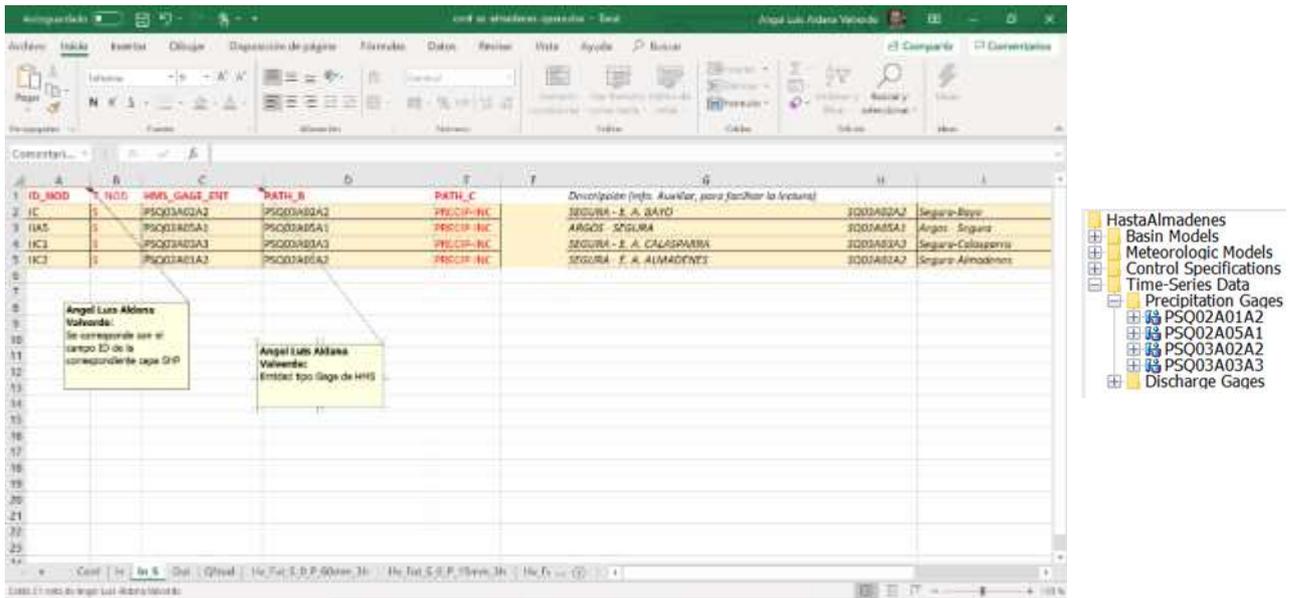


Figura 14-9.- Especificación de nodos con series temporales dato (entradas al sistema hidrológico) en la hoja In del archivo de configuración (izquierda) y en el modelo Hec-HMS (derecha)

### 14.7.3.2 Nodos S con series temporales dato (precipitaciones areales)

De modo análogo al anterior, las precipitaciones areales en subcuencas se almacenarán en series temporales de Hec\_HMS (Time-Series Data) de tipo precipitación (Precipitation Gages). En el archivo de configuración las especificaciones se harán en la hoja In\_S



**Figura 14-10.- Especificación de precipitaciones areales en la hoja In\_S del archivo de configuración (izquierda) y en el modelo Hec-HMS (derecha)**

### 14.7.3.3 Caudales y niveles en nodos tipo Q

MHH ofrece varias vías para calcular caudales en función de los niveles, o viceversa, en nodos de tipo Q. En tiempo pasado, puede optarse por calcular caudales en función de niveles. En tiempo futuro, los cálculos hidrológicos se harán en caudales, pero podrán tener interés los resultados en niveles, por lo que podrá optarse por la transformación inversa (de nivel a caudal). Si no se indica ningún método para calcular caudales, la aplicación buscará las variables de caudal en el archivo de series temporales dato.

El tipo de transformación se indica en la columna encabezada con  $T_{CQ}$ .

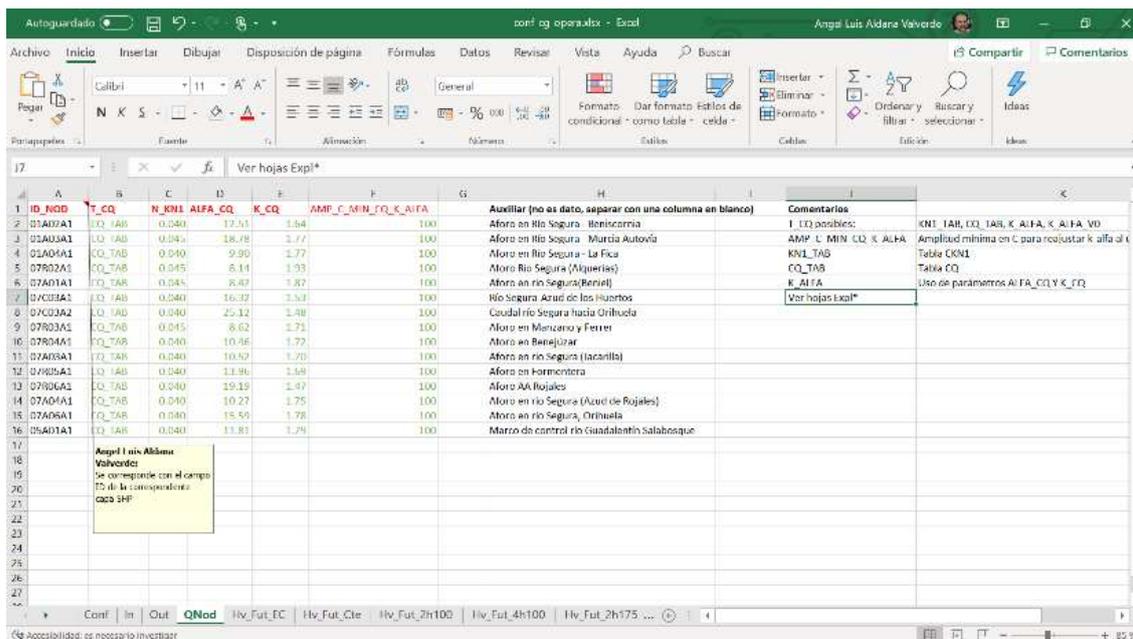


Figura 14-11.- Indicación de método de cálculo de caudales en nodos de tipo Q

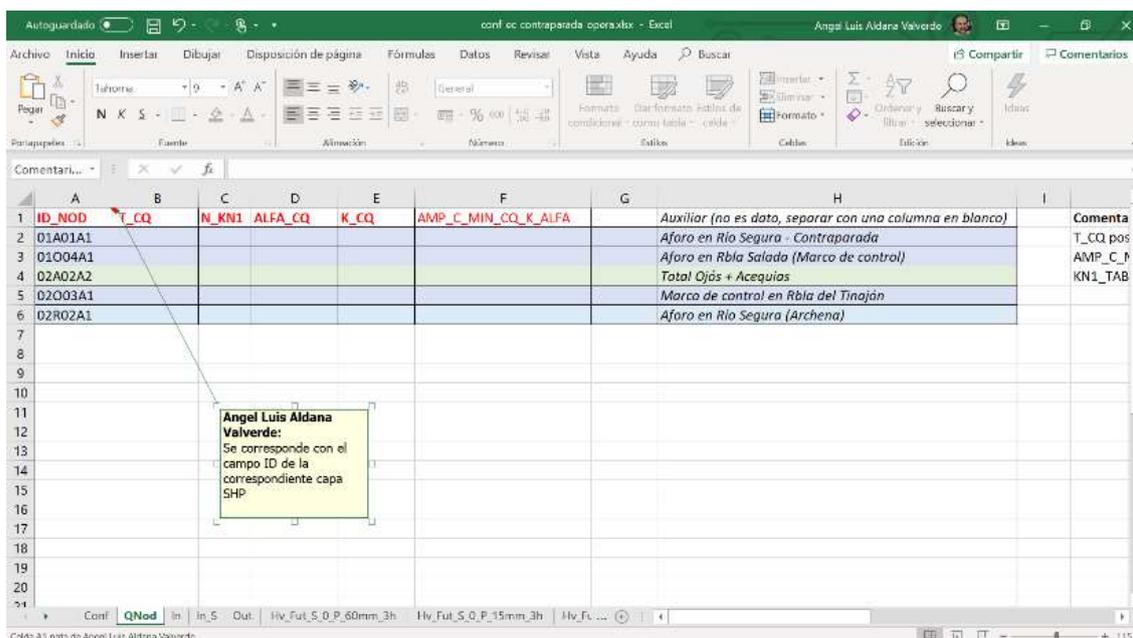


Figura 14-12.- Especificaciones en blanco si se desea que MHH busque los caudales entre las series temporales dato

### Tablas CQ (curvas de gasto)

Puede optarse por el método convencional de calcular caudales a partir de curvas de gasto, con tablas C-Q almacenadas en la hoja CQ.

Q	05A01A1	01A02A1	01A03A1	01A04A1	07B02A1	07A01A1	07C03A1
0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.66	0.03	0.05	0.02	0.01	0.55	1.45	0.00
1.21	3.15	0.06	0.02	0.02	0.65	1.47	0.03
1.43	6.30	0.07	0.03	0.03	0.78	1.48	0.05
1.95	15.75	0.09	0.04	0.04	0.93	1.50	0.07
2.62	38.57	0.10	0.05	0.05	1.10	1.52	0.09
3.56	83.22	0.12	0.07	0.06	1.28	1.54	0.11
3.64	109.48	0.13	0.08	0.07	1.50	1.56	0.12
4.08	133.55	0.14	0.09	0.08	1.72	1.57	0.13
4.48	155.45	0.15	0.10	0.09	1.96	1.59	0.14
4.86	171.53	0.16	0.11	0.10	2.23	1.61	0.15
5.23	187.67	0.18	0.13	0.11	2.47	1.63	0.16
5.55	201.84	0.20	0.15	0.12	2.75	1.65	0.17
5.82	214.71	0.21	0.17	0.13	3.03	1.67	0.18
6.18	226.78	0.25	0.22	0.14	3.33	1.68	0.19
6.46	237.36	0.26	0.24	0.15	3.64	1.70	0.20
		0.28	0.27	0.16	3.98	1.72	0.21
		0.30	0.30	0.17	4.29	1.74	0.22
		0.34	0.37	0.18	4.62	1.76	0.23

Figura 14-13.- Tablas de curvas de gasto en estaciones de aforos

### Tablas KN1

Los cálculos pueden realizarse con el uso de una tabla nivel-conductividad específica (*KN1*)-Rugosidad, (tabla C-KN1-n)

Donde:

$$KN1 = A * Rh^{2/3} * I^{1/2}$$

siendo:

A: Área mojada

Rh: Radio hidráulico

I: Pendiente de energía

Con lo que el caudal Q se calcula, de forma aproximada, por la fórmula:

$$Q = \frac{KN1}{n}$$

Siendo *n* la rugosidad, con lo que se ofrece un modo de obtener una curva de gasto de forma indirecta, basada en un estudio hidráulico previo (que proporciona una estimación del factor *KN1*) y una hipótesis de rugosidades.

El valor *n* se incluirá en la columna encabezada con *N\_KN1* en la hoja *QNod*.

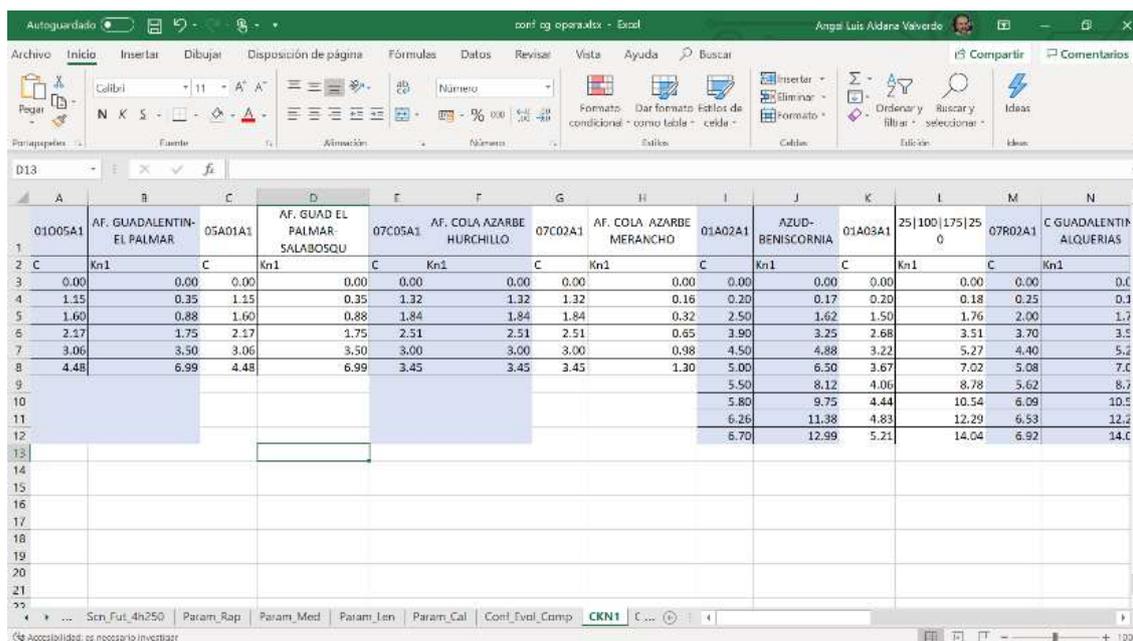


Figura 14-14.- Almacenamiento de tablas CKn1 en el archivo de configuración

### Curvas CQ

Si se desea utilizar una curva del tipo:

$$Q = k * h^\alpha$$

Los parámetros se incluirán en las columnas encabezadas con ALFA\_CQ y K\_CQ de la hoja QNod.

#### Posibilidad de reajuste

Si se cuenta con datos C y Q en datos pasados, cabe la opción de elegir la opción de reajuste de los parámetros K y alfa en función de dichos datos. Se lograría así un ajuste de la curva de gasto a emplear en cálculos de futuro, para calcular niveles en función de caudales. Este método tiene por objetivo garantizar la coherencia entre las curvas de gasto empleadas de forma en el sistema de monitoreo (SAIH) y el modelo, en caso de que se hagan cambios en situaciones en los que no dé tiempo a cambiar la configuración del modelo.

En este caso, se indicará, además del valor K\_ALFA\_VO en la columna T\_CQ, la amplitud mínima en nivel (AMP\_C\_MIN\_CQ\_K\_ALFA, diferencia entre el mínimo y máximo valor en la serie temporal) para reajustar k-alfa al último valor.

#### 14.7.4 Salidas de resultados

El módulo MHH genera salidas de caudales o niveles (si están disponibles las curvas de gasto en alguna de sus formas). Las especificaciones se indican en la hoja Out.

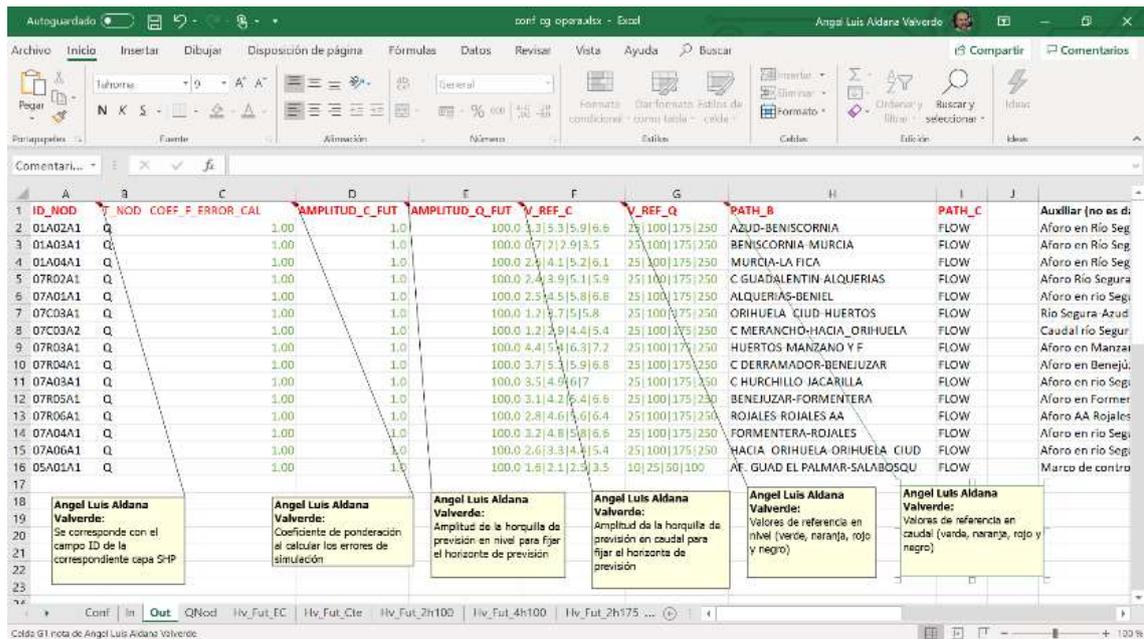


Figura 14-15.- Hoja Out para especificar los resultados

De modo análogo a como se realiza para las entradas, las relaciones de los nodos EDAPHI con las entidades HMS se realiza a través de los campos *PATH\_B* y *PATH\_C* de los archivos DSS que resultan de las simulaciones.

### 14.7.5 Configuración de MHH para análisis o para previsión operacional en tiempo real.

MHH ha sido diseñado para uso en tiempo real, para lo cual partirá de los datos de series temporales de tipo C, Q y S (ver apartado 5.2). Las precipitaciones en subcuencas puede leerlas de un archivo configurable. Para estos casos, la ejecución constará de las siguientes fases:

- Simulaciones en tiempo pasado (Escenarios tipo PAS)
- Simulaciones sin distinción de tiempo pasado o futuro (escenarios tipo SIM)
- Calibración automática de parámetros (Escenarios tipo CAL)
- Previsiones (escenarios tipo FUT) que parten de la combinación de parámetros de cálculos con escenarios tipo PAS o CAL que tenga menor error de simulación.

Si se desea usar MHH simplemente como herramientas de análisis, la configuración se realizará con escenarios de tipo SIM, y todas las series de entrada se almacenan en un archivo XLSX.

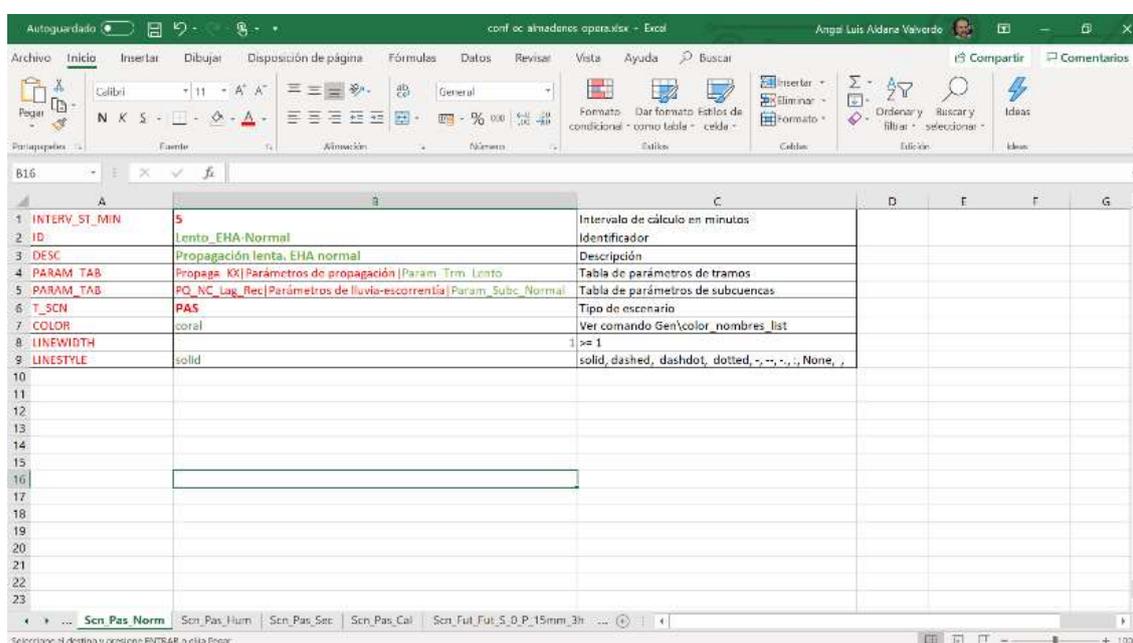
*La definición de escenarios se realizará en hojas del libro de configuración con la exigencia de que sus nombres empiecen por Scn.*

### 14.7.6 Escenarios pasados

La finalidad de estos escenarios es proporcionar simulaciones con unos parámetros de simulación determinados.

En el archivo XLSX de configuración se definirán los escenarios pasados en hojas cuyo nombre empiece con *Scn\_Pas\_*. Es obligado que empiecen por *Scn* (requisito general de EDAPHI), pero se recomienda que se emplee *Scn\_Pas\_*.

En esta hoja se hará referencia a otras en las que se especifiquen los parámetros de modelación para subcuencas (tablas *PQ\_NC\_Lag\_Rec*) y tramos (*Propaga\_KX*). Los detalles de la modelación pueden verse en el apartado 14.3.



**Figura 14-16.- Hoja de definición de un escenario pasado**

*Nota: En este y otros tipos de escenarios, se adopta la siguiente sintaxis para almacenar parámetros (secciones PARAM\_TAB) en hojas:*

*Identificador de parámetros | Descripción | Nombre de hoja donde se almacenan*

*Ejemplo: Propaga\_KX|Parámetros de propagación|Param\_Trm\_Len*

*Nota: Los parámetros se almacenan desde la esquina superior izquierda, en las primeras filas y columnas, hasta que se alcanza una fila o columna en blanco. El resto de las filas y columnas (saltando las que están en blanco) tienen un carácter auxiliar o explicativo.*

### 14.7.6.1 Parámetros de subcuencas

Se aconseja usar la denominación que empiece por *Param\_Subc\_* para las hojas que almacenen los parámetros de modelación de subcuencas.

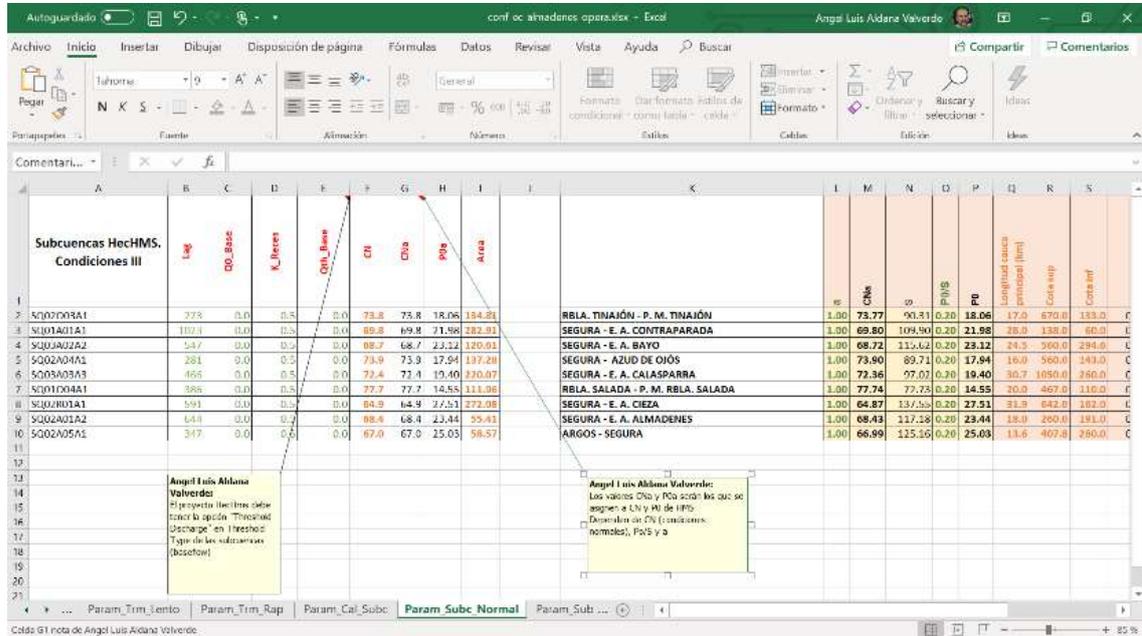


Figura 14-17.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de subcuencas en escenarios tipo PAS o SIM

En la figura anterior se indican los valores de número de curva en condiciones normales (CN) y el que corresponda a un determinado valor a (CNa). MHH usará ambos valores para definir el parámetro a, aunque pasará el valor el segundo a Hec-HMS.

#### "A" fijo

El ejemplo de la figura anterior, se especifica un valor determinado del parámetro a. Pero hay otros modos de especificarlo.

#### "A" en función de la precipitación antecedente

El valor CNa (la columna) puede suprimirse cuando se obtenga a en función de la precipitación antecedente.

En ese caso, en la definición del escenario se incluirá una línea como la siguiente:

PARAM_TAB	PQ_APD_LAG_REC Parámetros de lluvia-escorrentía Param_Subc_P_A	Tabla de parámetros de subcuencas
-----------	--	-----------------------------------

Y debe incorporarse una hoja como la siguiente:

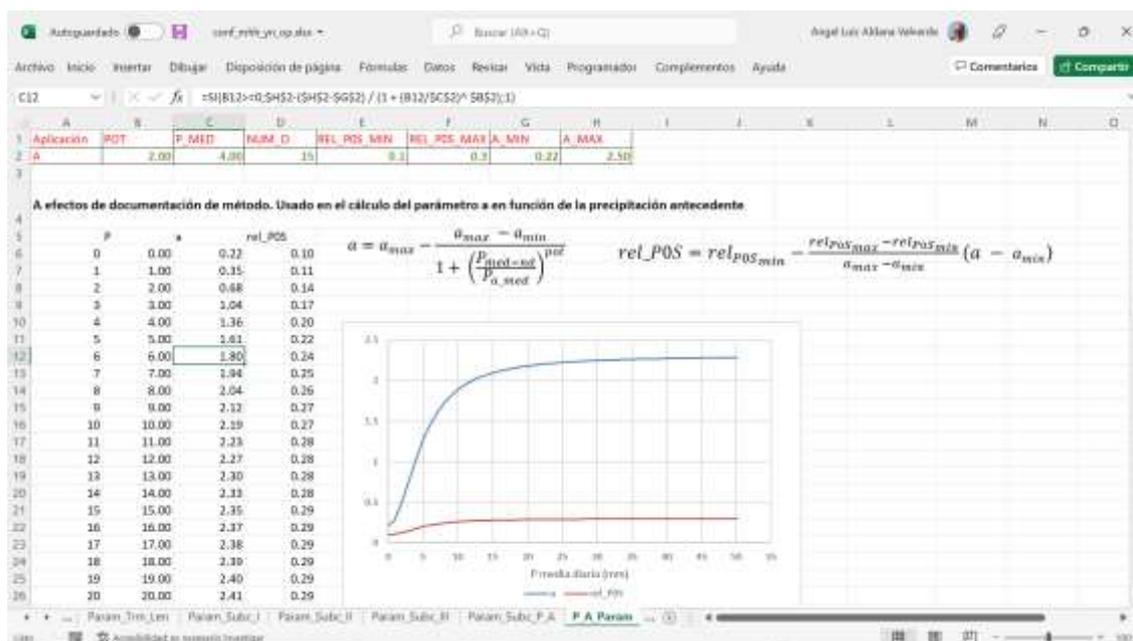


Figura 14-18.- Hoja de especificaciones para el cálculo del parámetro a en función de la lluvia antecedente

### "A" en función de otro parámetro de humedad

Se ofrece también la posibilidad de que el valor de *a* venga dado por una transformación de otro parámetro de estado de humedad antecedente. Para ello, en el escenario aparecerá una fila con lo siguiente:

PARAM_T AB	PQ_VFA_LAG_REC Parámetros de lluvia- escorrentía Param_Subc_A-ASM	Tabla de parámetros de subcuencas
---------------	--	-----------------------------------

Acompañada de otra en la que se indique el origen del parámetro externo a emplear (ver también 14.7.10):

TV_SERIES_PAS	V_ASM %EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\ASM\Nod_S_ Areas_YN_ASM.xlsx Series	Series datos de variable de EHA (las series deben tener atributo A01 o SM)
---------------	--	--

La hoja *Param\_Subc\_A-ASM* del ejemplo será similar a la de la siguiente figura, donde se muestra la función de transformación que puede emplearse.

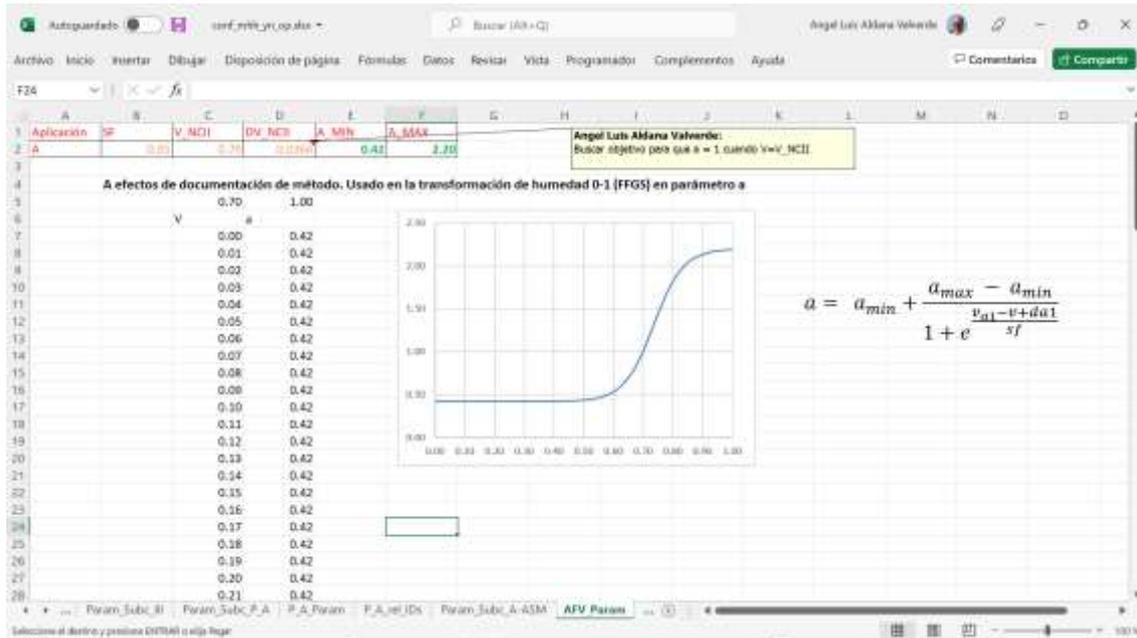


Figura 14-19.- Definición de la función de transformación del parámetro de humedad antecedente para calcular a

14.7.6.2 Parámetros de tramos

De modo análogo al caso de subcuencas, las columnas a la derecha de la primera en blanco tienen un carácter auxiliar.

Se aconseja usar la denominación que empiece por *Param\_Trm\_* para las hojas que almacenen los parámetros de modelación de tramos.

Tramos HecHMS	K	X	Nt	Lag	Longitud (km)	Cota superior	Cota inferior	maning	calado	F=V/Ck	X	Pendiente (%)
t Cena Bayo	9.55	0.25	59		26.00	356.00	296.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.23
t Cam Bayo	1.43	0.25	10		8.70	396.00	296.00	0.04	0.50	1.00	0.25	1.15
t Bayo Calasp	4.80	0.25	30		13.20	296.00	265.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.23
t Mora Calasp	1.78	0.25	12		9.40	347.00	265.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.87
t Arg Almad	5.23	0.25	33		17.30	259.00	200.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.34
t Alf Almad	0.65	0.25	5		5.90	350.00	200.00	0.04	0.50	1.00	0.25	2.54
t Almad Cieza	6.81	0.25	42		15.50	200.00	175.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.16
t Judío Cieza	1.78	0.25	12		8.40	233.00	175.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.69
t Carc Cieza	2.20	0.25	15		12.50	301.00	175.00	0.04	0.50	1.00	0.25	1.01
t Menju Blanca	3.78	0.25	24		8.20	159.00	147.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.15
t Marro Blanca	2.87	0.25	19		12.40	219.00	147.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.58
t Blanca Ojos	1.14	0.25	8		4.90	147.00	119.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.57
t Ojos Archena	2.72	0.25	18		6.40	119.00	108.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.17
t Mayes Arch	1.49	0.25	10		10.50	270.00	108.00	0.04	0.50	1.00	0.25	1.54
t Arche Contra	14.85	0.25	91		24.60	108.00	87.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.09
t Salad Contra	1.97	0.25	13		6.60	110.00	87.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.35
t Tina Contra	10.93	0.25	67		26.60	136.00	87.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.18
t Rod Contra	5.92	0.25	37		15.00	117.00	87.00	0.04	0.50	1.00	0.25	0.20

Figura 14-20.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de tramos en escenarios tipo PAS o ST.XLSX

### 14.7.7 Escenario de calibración

Su definición será similar al de los escenarios pasados, salvo que el valor  $T\_SCN$  será CAL en lugar de PAS.

El nombre de la hoja de definición de escenario de calibración debe ser *Scn\_Pas\_Cal*.

Se ofrecen dos posibilidades de calibración: por nodo o por zonas que agrupan nodos

#### 14.7.7.1 Calibración por nodos

#### Rangos de parámetros de subcuencas

Las tablas de parámetros de modelación para este tipo de escenario tendrán un formato especial, pues deben incluir rangos de parámetros en lugar de valores concretos, con indicación del valor inferior (*:Inf*) y superior (*:Sup*), además de las tolerancias (*To\_*) usadas para la optimización paramétrica (minimización del error de simulación). Así, la tabla recoge los rangos y las tolerancias de los parámetros que se usarán en la calibración.

Subcuencas HechMS	A:Inf	A:Sup	To_A	CN	Rel_PO_S:Inf	Rel_PO_S:Sup	Tol_Rel_PO_S	Lag:Inf	Lag:Sup	Tol_Lag	DO_Base	K_Recur	ORH_Base	Area
1														
2 SQ02003A1	0.25	3.22	0.20	73.8	0.05	0.40	0.05	191.42	355.50	16.41	0.0	0.5	0.0	144.81
3 SQ01A01A1	0.25	3.22	0.20	69.8	0.05	0.40	0.05	715.93	818.21	10.23	0.0	0.5	0.0	242.91
4 SQ03A02A2	0.25	3.22	0.20	68.7	0.05	0.40	0.05	382.95	437.66	5.47	0.0	0.5	0.0	120.61
5 SQ02A04A1	0.25	3.22	0.20	73.9	0.05	0.40	0.05	196.73	224.83	2.81	0.0	0.5	0.0	137.28
6 SQ03A03A3	0.25	3.22	0.20	72.4	0.05	0.40	0.05	326.53	373.17	4.66	0.0	0.5	0.0	220.07
7 SQ01O04A1	0.25	3.22	0.20	77.7	0.05	0.40	0.05	270.25	308.86	3.86	0.0	0.5	0.0	111.96
8 SQ02R01A1	0.25	3.22	0.20	64.9	0.05	0.40	0.05	413.49	472.56	5.91	0.0	0.5	0.0	272.08
9 SQ02A01A2	0.25	3.22	0.20	68.4	0.05	0.40	0.05	450.55	514.92	6.44	0.0	0.5	0.0	55.41
10 SQ02A05A1	0.25	3.22	0.20	67.0	0.05	0.40	0.05	243.09	277.82	3.47	0.0	0.5	0.0	58.47
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

Figura 14-21.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de subcuencas en escenarios tipo CAL

En este caso, se deben indicar extremos para los parámetros  $a$ ,  $PO/S$  y  $Lag$ , pues serán estos los parámetros a calibrar.

#### Rangos de parámetros de calibración de tramos

Los parámetros  $lag$  se emplean en tiempos de propagación cortos, por lo que se calibrarán solo los tramos que se modelen con el método Muskingum, de ahí que

haya que indicar el rango de variación de este parámetro con las columnas *K:Inf* y *K:Sup*, y la tolerancia con *K:Tol*.

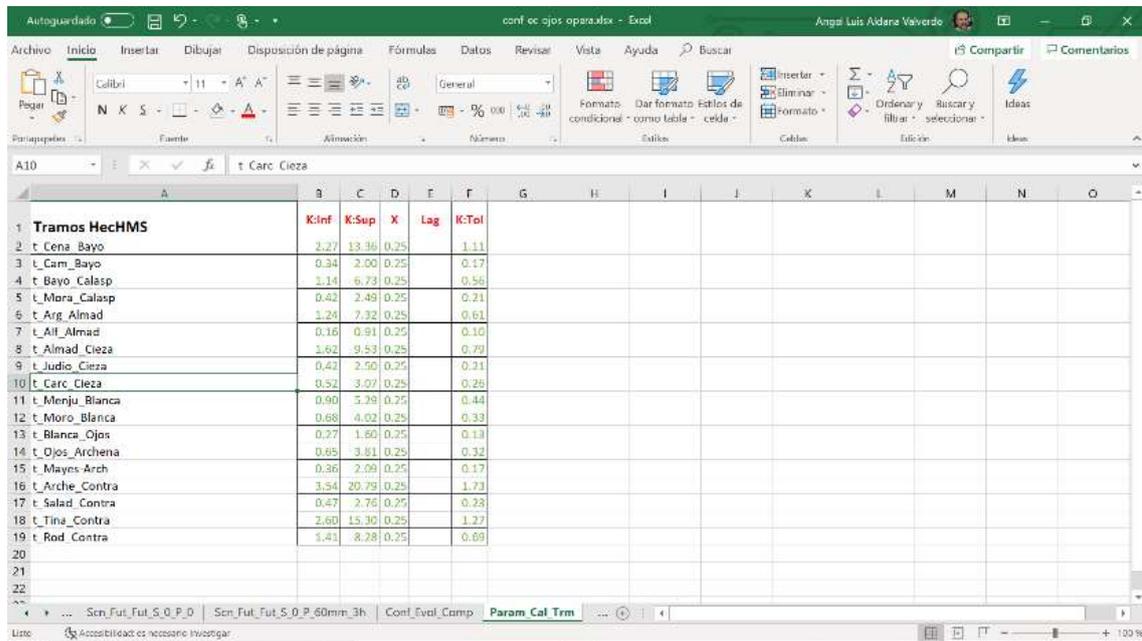


Figura 14-22.- Hoja de especificación de parámetros de modelación de tramos en escenarios tipo CAL

#### 14.7.7.2 Calibración por zonas

Desde un punto de vista hidrológico tiene sentido calibrar por zonas, bajo la hipótesis de que se encuentran en un estado de humedad antecedente igual, más o menos, y que están teniendo respuestas análogas y por tanto sus parámetros se aproximan más a los valores extremos por arriba o por abajo (dentro de los rangos de variación posibles preestablecidos).

Así, se ha incluido en MHH la posibilidad de calibrar por zonas, las cuales agrupan nodos. Se consideran agrupaciones de subcuencas y de tramos, las cuales son tratadas de forma independiente.

La calibración por zonas facilita la solución numérica del problema de optimización paramétrica, dado que se cuenta con menos variables al calcular el error.

#### Agrupación de subcuencas

En la hoja del escenario (*Scn\_Pas\_Cal\_\**) se indicarán las agrupaciones con una fila como la siguiente:

PARAM_TA B	ZON_S Zonificación de subcuencas HMS Z1_Cal_Subc	Tabla de zonas de subcuencas para calibración
---------------	---	---

En el ejemplo, la relación entre zonas y subcuencas estará definida en la hoja *Z1\_Cal\_Subc*.

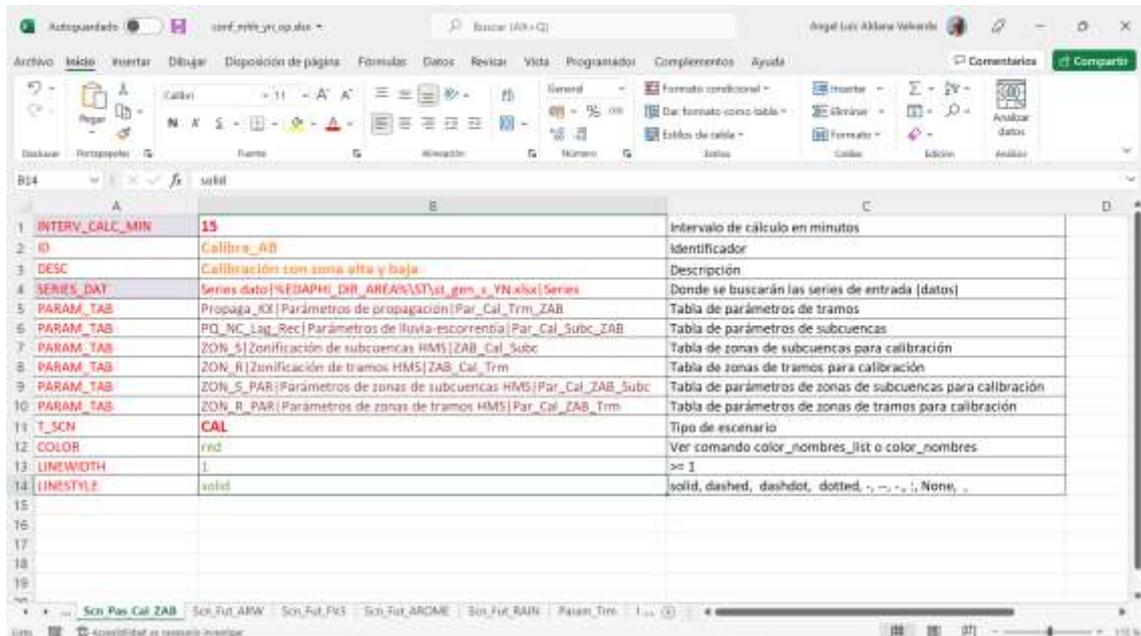


Figura 14-23.- Hoja de definición de un escenario de calibración por zonas

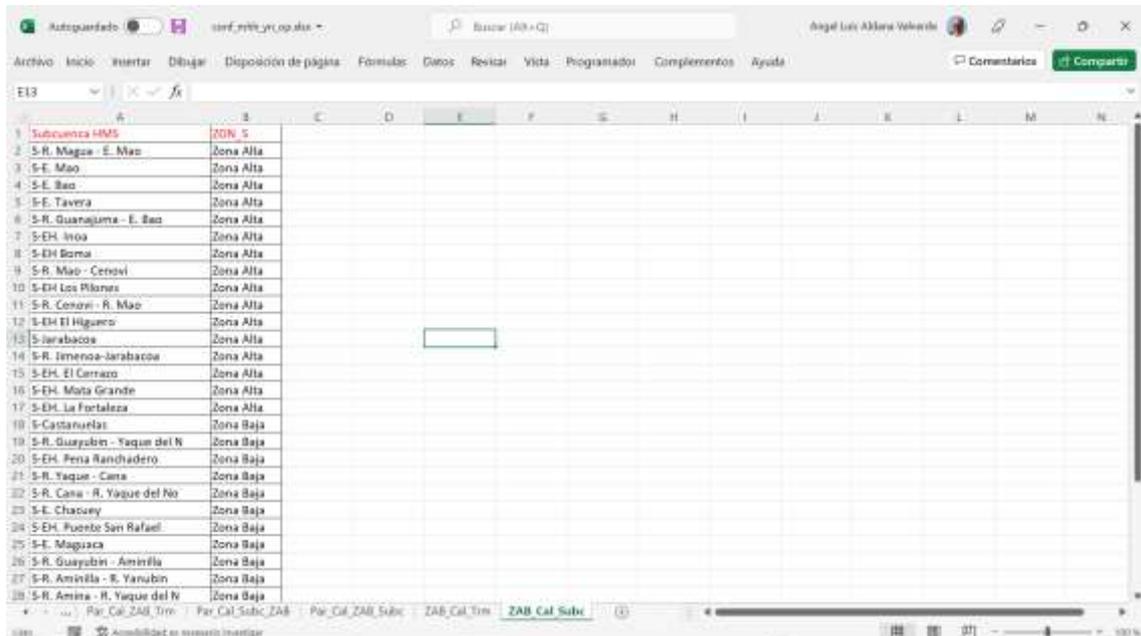


Figura 14-24.- Hoja para agrupación de subcuencas en zonas

Otra fila indicará dónde se almacenan los rangos de variación de parámetros por zonas:

PARAM_	ZON_S_PAR Parámetros de zonas de subcuencas	Tabla de parámetros de zonas de subcuencas para calibración
TAB	HMS Par_Cal_ZAB_Subc	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Parámetros de subcuencas HecHMS por zonas										
	A:Inf	A:Sup	A:Tol	Rel_PO_S:Inf	Rel_PO_S:Sup	Rel_PO_S:Tol	CLag:Inf	CLag:Sup	CLag:Tol		
1											
2	Zona Alta	0.30	3.00	0.50	0.10	0.30	0.05	0.70	1.30	0.15	
3	Zona Baja	0.30	3.00	0.50	0.10	0.30	0.05	0.70	1.30	0.15	
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

**Figura 14-25.- Establecimiento de rangos de variación de parámetros por zonas**

En este caso, los parámetros de calibración serán:  $a$ ,  $P_0/S$ ,  $Lag/Lag_0$ , donde  $Lag_0$  será un valor medio para el desfase de cuencas.

Con lo anterior es posible organizar una hoja en la que se indican los parámetros por subcuenca como la de la figura siguiente (Figura 14-26), si bien no es imprescindible, aunque sí recomendable.

**Subcuencas HechIMS**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2	S-EH. Pena Ranchadero	0.3	3	0.5	76.8	0.3	0.3	0.05	447.53	833.13	95.90	629.83	18.4	1.3	0.0	388.54	Zona
3	S-R. Yague - Cana	0.3	3	0.5	77.0	0.3	0.3	0.05	918.41	1150.34	132.73	884.20	25.0	1.3	0.0	512.31	Zona
4	S-Castanuelas	0.3	3	0.5	76.8	0.3	0.3	0.05	494.02	917.47	103.24						Zona
5	S-R. Guayubin - Yague del N	0.3	3	0.5	75.4	0.3	0.3	0.05	382.70	710.80	82.02						Zona
6	S-EH. Sabaneta	0.3	3	0.5	77.3	0.3	0.3	0.05	432.60	803.10	92.64						Zona
7	S-E. Chacuey	0.3	3	0.5	76.0	0.3	0.3	0.05	487.63	905.40	104.41						Zona
8	S-R. Cana - R. Yague del No	0.3	3	0.5	74.9	0.3	0.3	0.05	444.58	825.64	95.27						Zona
9	S-E. Maguaza	0.3	3	0.5	76.9	0.3	0.3	0.05		559.28	64.53						Zona
10	S-EH. Puenzo San Rafael	0.3	3	0.5	76.0	0.3	0.3	0.05		922.05	106.35						Zona
11	S-Iabon	0.3	3	0.5	76.0	0.3	0.3	0.05		638.24	72.42						Zona
12	S-Santiago de los Caballero	0.3	3	0.5	80.5	0.3	0.3	0.05		678.17	78.21						Zona
13	S-R. Amnilla - R. Yanubin	0.3	3	0.5	77.0	0.3	0.3	0.05		646.40	74.81						Zona
14	S-R. Guayubin - Amnilla	0.3	3	0.5	76.0	0.3	0.3	0.05		727.70	83.94	629.27	11.4	1.3	0.0	238.24	Zona
15	S-R. Amnilla - R. Yague del N	0.3	3	0.5	78.0	0.3	0.3	0.05		675.50	100.99	675.50	17.0	1.3	0.0	480.31	Zona
16	S-Mao	0.3	3	0.5	79.5	0.3	0.3	0.05		472.40	54.53	669.53	4.0	1.3	0.0	92.84	Zona
17	S-R. Yaguajal - R. Guayubin	0.3	3	0.5	78.0	0.3	0.3	0.05	294.85	545.71	62.97	419.79	18.0	1.0	0.0	878.80	Zona
18	S-E. Moncion	0.3	3	0.5	74.5	0.3	0.3	0.05	261.45	485.54	58.23	310.40	4.5	1.0	0.0	981.57	Zona
19	S-E. Mao	0.3	3	0.5	78.0	0.3	0.3	0.05	314.74	584.51	67.44	449.60	7.5	1.0	0.0	130.49	Zona
20	S-EH. Inoa	0.3	3	0.5	74.4	0.3	0.3	0.05	286.67	532.31	62.42	400.47	16.0	1.0	0.0	138.62	Zona
21	S-R. Amnilla - E. Mao	0.3	3	0.5	73.0	0.3	0.3	0.05	305.33	570.20	63.94	398.21	6.1	1.0	0.0	103.44	Zona

**Callout Box:**  
 Angel Luis Aldana Valverde:  
 El proyecto Hechims debe tener la opción "Threshold Discharge" en Threshold Type de las subcuencas (baseflow).  
 Estos parametros pueden modificarse. Area y CH son propiedades fijas. El resto dependen de la zona.

Figura 14-26.- Especificación de límites relacionados con parámetros en subcuencas por zonas de calibración

### Rangos de parámetros de tramos

La agrupación de tramos por zonas se realizará de modo análogo que en el caso de subcuencas.

En el caso de los tramos se calibrará la relación  $K/K_0$ , siendo  $K_0$  un valor medio o de referencia. El valor de número de subtramos se establecerá automáticamente por MHH, y no se calibrarán ni  $X$  ni  $Lag$ .

Tramos HIMS	Zona
T-E. Mao	Zona Alta
T-E. Bao	Zona Alta
T-E. Tavera	Zona Alta
T-R. Guanajumé - E. Bao	Zona Alta
T-EH. Inoa	Zona Alta
T-EH. Boma	Zona Alta
T-R. Mao - Cenovi	Zona Alta
T-EH. Los Pinos	Zona Alta
T-R. Cenovi - R. Mao	Zona Alta
T-EH. El Higuero	Zona Alta
T-Jarabaco	Zona Alta
T-R. Simense-Jarabaco	Zona Alta
T-EH. El Cerrado	Zona Alta
T-EH. Mata Grande	Zona Alta
T-EH. La Fortaleza	Zona Alta
T-R. Yague - Cana	Zona Baja
T-R. Cana - R. Yague del No	Zona Baja
T-EH. Puenzo San Rafael	Zona Baja
T-R. Magua - E. Mao	Zona Baja
T-R. Guayubin - Amnilla	Zona Baja
T-R. Amnilla - R. Yanubin	Zona Baja
T-R. Amnilla - R. Yague del N	Zona Baja

Figura 14-27.- Relación entre tramos y zonas de agrupación

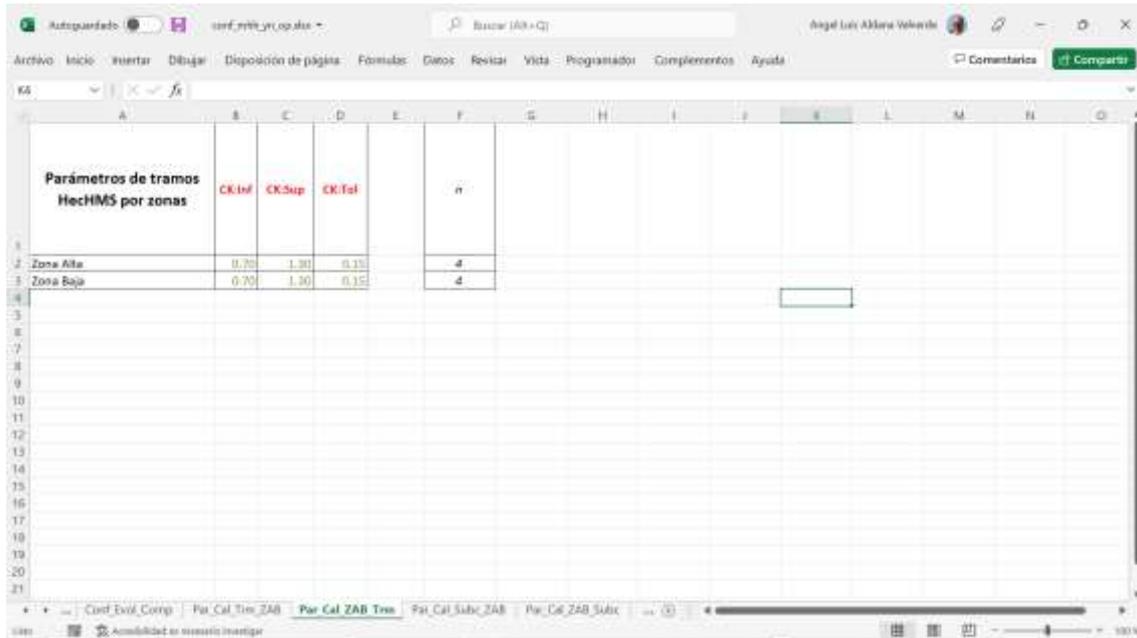


Figura 14-28.- Rangos de variación y tolerancias de parámetros por zonas

También es posible generar tablas en las que se reflejan los parámetros por tramos según las especificaciones por zonas:

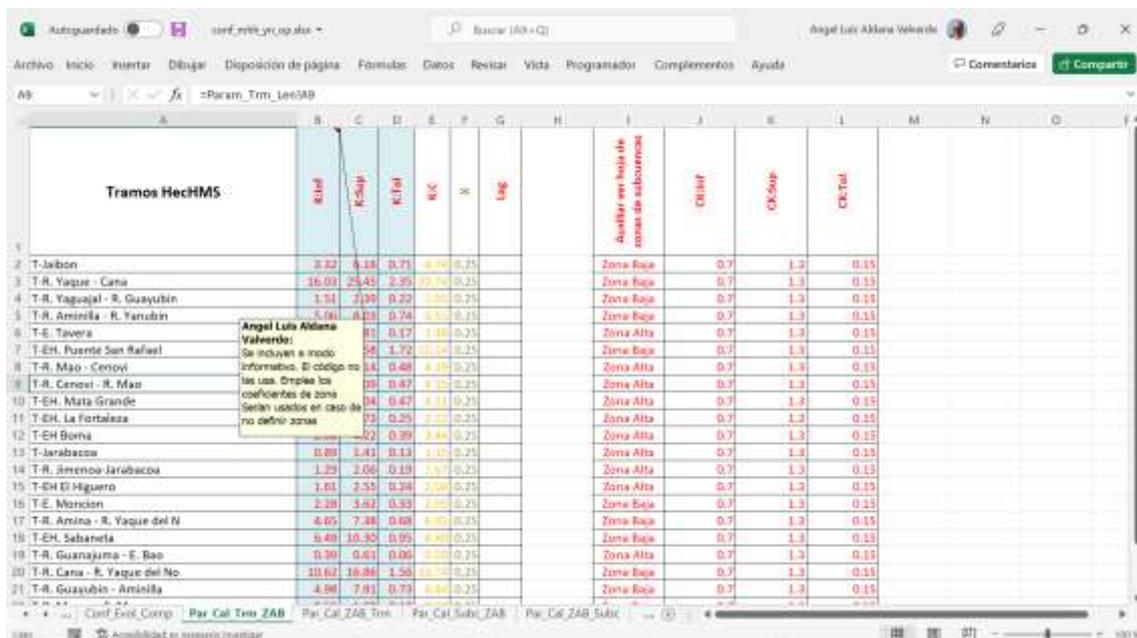


Figura 14-29.- Tablas de parámetros en tramos fijados según zonas de calibración

### 14.7.7.3 Parámetros del algoritmo de computación evolutiva

Los parámetros del algoritmo de computación evolutiva usado para la calibración automática de parámetros se especifican en la hoja denominada *Conf\_Evo\_Comp*.

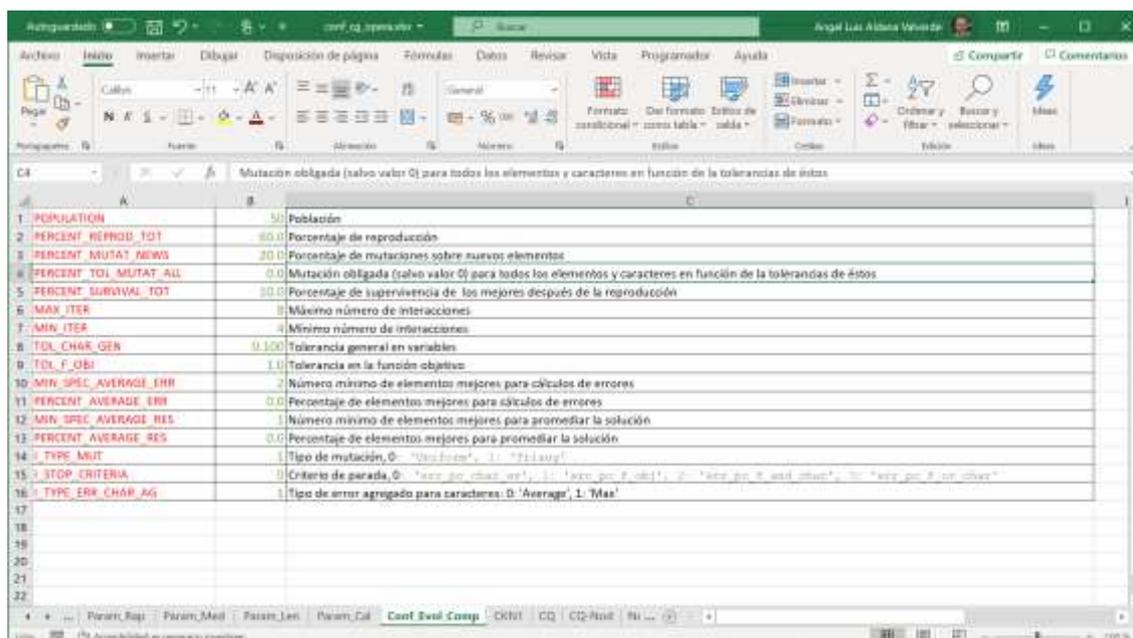


Figura 14-30.- Hoja para especificación de los parámetros del algoritmo de computación evolutiva

El comando común (capítulo 8) *demo -evol* ofrece posibilidades de interactuar con el algoritmo y valorar la influencia de algunos parámetros en su funcionamiento.

### 14.7.8 Escenario futuro

Un escenario futuro estará definido por series de entrada en tiempo futuro, a modo de hipótesis de previsión en las entradas al sistema. Los parámetros de modelación se habrán definido en el análisis de tiempo pasado o se preseleccionarán los correspondientes a un escenario pasado (ver detalles en el apartado 14.8). Sus especificaciones básicas se indicarán en hojas cuyo nombre empiece por *Scn\_Fut\_*.

Se trata de un tipo de escenario sin parámetros de simulación asociados, pues la aplicación usará los del escenario pasado o de calibración más apropiado, o el que indique el usuario. Por tanto, será un escenario de series temporales. En el apartado 14.7.10 se explica cómo especificar las series temporales, y un modo alternativo de definir escenarios de futuro.

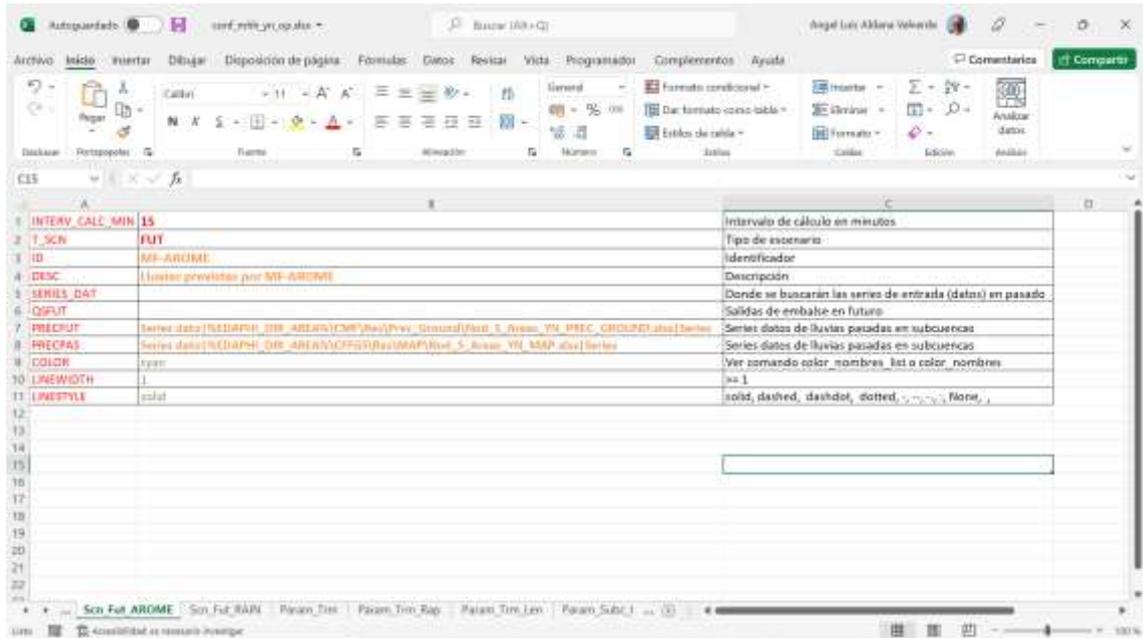


Figura 14-31.- Hoja de definición de un escenario de tiempo futuro genérico

### 14.7.9 Escenario de análisis (simulación)

Cuando se desee usar MHH para analizar un sistema con unas entradas hipotéticas cualesquiera, sin distinción de tiempo pasado o futuro, las series temporales de entrada se almacenarán en un archivo de series. Se indicará que se trata de un escenario tipo SIM, y el nombre del libro y la hoja del libro en la fila que se inicia con *SERIES\_DAT*.

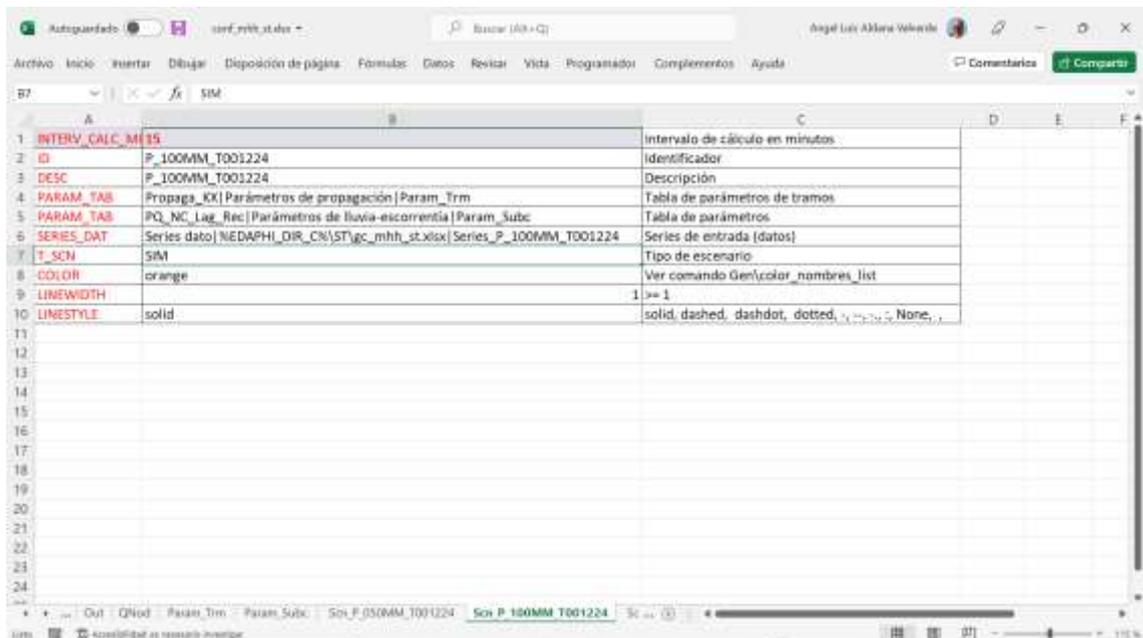


Figura 14-32.- Definición de escenario de análisis o simulación (tipo SIM)

Este tipo de escenario tendrá asociados unos parámetros de subcuencas y tramos que se definirán del mismo modo que se hace para escenarios de tipo PAS (pasado para uso operacional en tiempo real)

### 14.7.10 Definición de las series de entrada (datos de caudal, nivel y precipitación)

Las series de entrada se clasifican en primer lugar según se refieran a datos para los cálculos en pasado o en futuro. Según el tipo de variables, se cuenta con precipitaciones, caudales de salida de embalse y caudales o niveles en río. Aunque también se cuenta con series como las que se usan para el estado de humedad antecedente (ver apartado 14.7.6.1)

Las siguientes tablas muestran ejemplos de este tipo de especificaciones:

<b>PRECPAS</b>	Series dato  <code>%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx Series</code>	Series datos de lluvias pasadas en subcuencas
----------------	---	---

<b>SERIES_DAT</b>	Series dato  <code>%EDAPHI_DIR_AREA%\ST\st_gen_s_YN.xlsx Series</code>	Donde se buscarán las series de entrada (datos) en tiempo pasado.
-------------------	---	---

<b>QSFUT</b>	Series dato  <code>%EDAPHI_DIR_AREA%\ST\st_gen_s_pasfut_YN.xlsx Series</code>	Salidas de embalse en futuro
--------------	--	------------------------------

<b>PRECFUT</b>	Series dato  <code>%EDAPHI_DIR_AREA%\CMF\Res\Prec_Ground\Nod_S_Areas_YN_PREC_GROUND.xlsx Series</code>	Series datos de lluvias futuras en subcuencas
----------------	---	---

Las especificaciones de origen de los datos se ajustan a la sintaxis:

*Series dato|Nombre de archivo XLSX|Nombre de la hoja con las series*

Pueden usarse las variables de entorno indicándolas con % (`%EDAPHI_DIR_AREA%`, por ejemplo)

Este tipo de especificaciones puede situarse en la hoja *Conf*, en cuyo caso será de uso para todos los escenarios o en la hoja de un escenario concreto. Se aconseja este último modo y precaución al indicarlos en *Conf*

#### 14.7.10.1 Modo alternativo para las series de futuro. Series HV

En la primera versión de MHH se usó el modo que se describe a continuación para definir las series en futuro, con series se definen en forma de pares hora-valor (HV), horas que se suman al instante actual (último instante de tiempo pasado o inicio de la previsión). El programa las transformará a pares instante-valor, sumando las horas al instante actual ( $t_0$ , ver apartado 5.2)

Es útil, por ejemplo, cuando se desean fijar series por valores en tiempo independientemente del instante concreto, como cuando se usan escenarios de lluvia de diseño asociadas a una probabilidad o a un protocolo. Pero, para otros casos, no es aconsejable, pues implicaría modificar el archivo de configuración, y es preferible realizar modificaciones en archivos de series temporales, independientes del archivo de configuración. No obstante, como se muestra a continuación, también en este modo se posibilita la manera de acceder a series almacenadas en otros archivos.

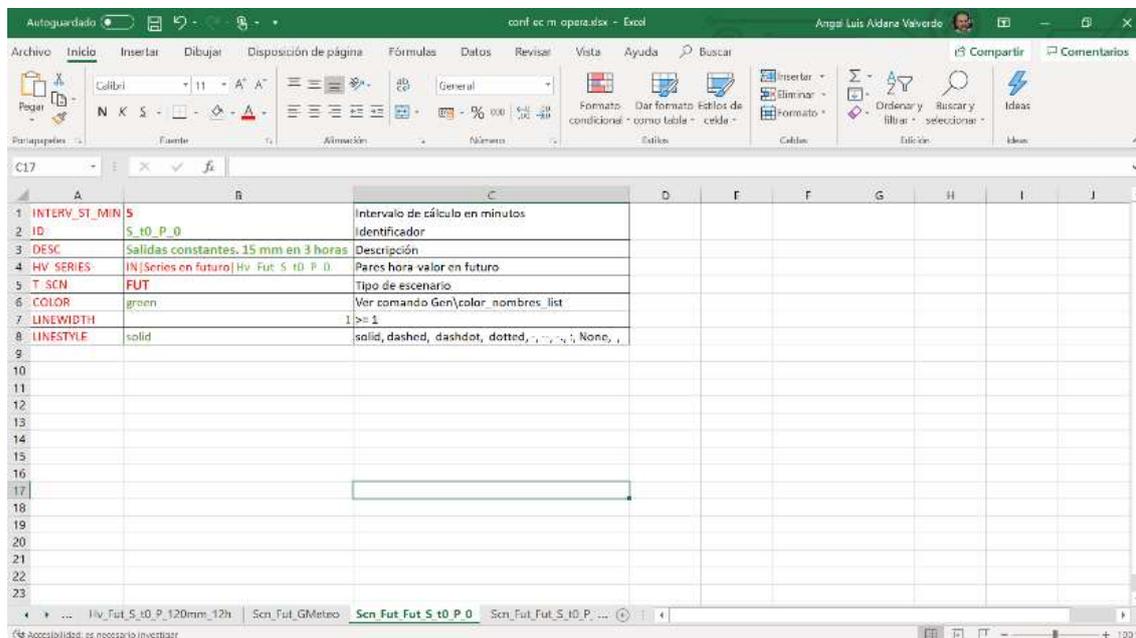


Figura 14-33.-Definición básica de escenario de futuro con series HV

Si se indica  $V_{T0}$  como valor, éste se interpretará como el valor actual (en el instante actual o  $t_0$ ).

Mientras que los valores de las lluvias en un archivo de series temporales se interpretan como asociados a un intervalo, en los pares HV de precipitaciones se expresarán como valores acumulados desde el instante actual.

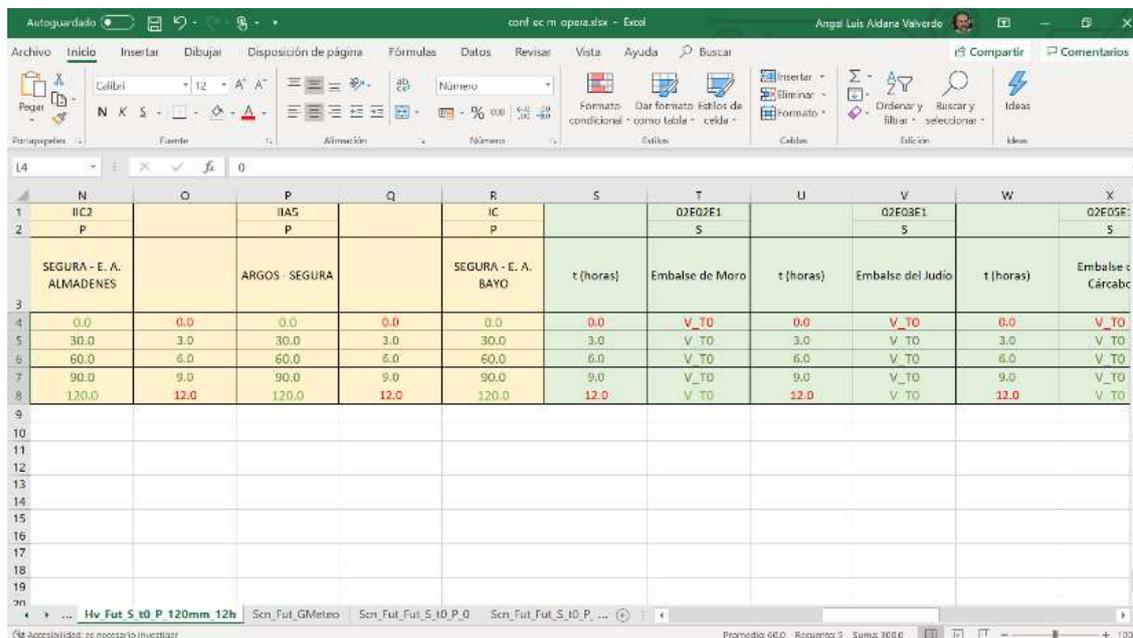


Figura 14-34.- Definición de series temporales HV en futuro

Las celdas de las dos primeras filas de la columna en la que se indican las horas, se indican el identificador (02E02E1, por ejemplo) del nodo y el identificador del atributo de la serie temporal (S, por ejemplo, para salida de embalse).

En el mismo tipo de hoja para valores HV cabe indicar que los valores para las lluvias se obtengan de los resultados de un módulo como EDAPHI-GMeteo (ejemplo de la Figura 14-35). Si en lugar de un valor numérico o el texto VT\_0 encuentra el texto EDAPHI-GMeteo, MHH buscará otro texto en la siguiente celda (fila siguiente) que indicará el atributo de serie (Lluv) que debe buscar y el modelo o escenario (Harmony-Arome). Con estos datos, y buscando las series para el identificador (IIC1, por ejemplo) MHH buscará en el archivo de series resultado la serie correspondiente.

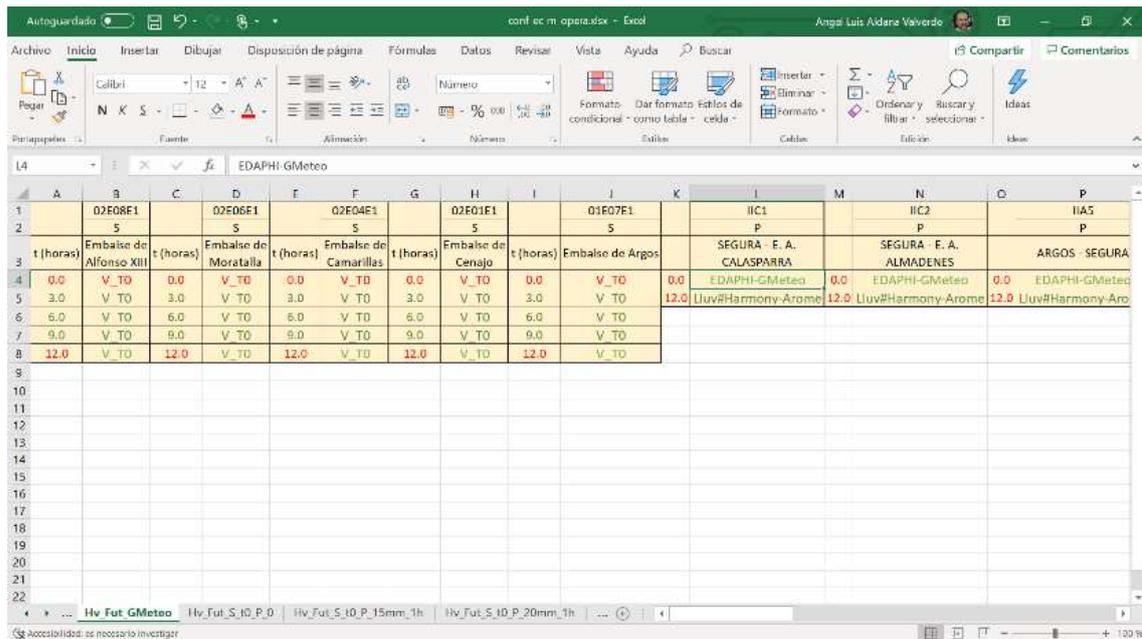


Figura 14-35.- Referencia a valores futuros de lluvia generados por otro módulo

## 14.8 Selección de parámetros de simulación para escenarios futuros

Como se indicó anteriormente, un escenario de futuro (tipo FUT) cuenta sólo con series temporales propias, para ellos no se especifican parámetros concretos, sino que se adoptarán los de algún escenario pasado (PAS) o de calibración (CAL).

Las opciones que se ofrecen son las siguientes:

- (PREF) Selección de escenario preferente.- En este caso se indica el escenario de tipo PAS cuyos parámetros se desean usar en los cálculos de escenarios FUT.
- (COMP\_PAS) Comparación de escenarios tipo PAS.- Se comparan todos los escenarios PAS, calculándose el error de simulación para ellos, y se selecciona el de menor error.
- (AUTO\_OP) Autocalibración.- Se calcula el error de todos los escenarios de pasado, se usan los algoritmos de autocalibración con los escenarios CAL, y se selecciona el escenario PAS o CAL de menor error.

En el apartado 21.5 se detallan las fórmulas de cálculo de error de simulación disponibles. Pueden aplicarse en caudales o en niveles.

Para las opciones COMP\_PAS y AUTO\_OP puede optarse por fijar el caudal mínimo (Q\_IN\_MIN\_CAL) o la precipitación acumulada (P\_ACUM\_MIN\_CAL) que se considerarán como umbrales para calcular todos los escenarios PAS y CAL. Se procederá a realizar

todos los cálculos si el caudal dato en algún punto se superan el umbral de caudal o si en alguna subcuenca (nodo tipo nod\_S) se supera el umbral de lluvia acumulada, todo ello en tiempo pasado. En otro caso se asignarán los parámetros del escenario indicado en la sección ID\_SCN\_CAL\_PREF de la hoja Conf del archivo de configuración.

Con lo anterior, las filas de la hoja *Conf* tendría las siguientes filas, por ejemplo:

<b>T_CAL</b>	<b>PREF</b>	PREF, COMP_PAS, AUTO_OP
<b>FORM_ERROR</b>	<b>C_POND_MAX</b>	Fórmula de error BIAS, BIAS_POND_MAX, CUAD, C_POND_MAX, ABS, ABS_POND_MAX
<b>VAR_ERROR</b>	<b>Q</b>	Medida de error de simulación por C o por Q
<b>ID_SCN_CAL_PREF</b>	<b>FFGS-MAP_EHA-P</b>	Escenario de calibración preferente cuando se opta por T_CAL = PREF o no se cumplen las condiciones de Q_IN_MIN_CAL
<b>Q_IN_MIN_CAL</b>	<b>200.00</b>	Caudal mínimo en entradas para optar por autocalibración
<b>P_ACUM_MIN_CAL</b>	<b>50.00</b>	Precipitación acumulada mínima para optar por autocalibración
<b>DT_H_CAL</b>	<b>12.00</b>	Tiempo máximo que se da por válida una calibración (escenarios tipo CAL)

La fila con el identificador DT\_H\_CAL permite que se espacien los tiempos entre cada dos análisis de cálculos completos en tiempo pasado para las opciones COMP\_PAS y AUTO\_OP. Una vez se hayan realizado dichos análisis, no se repetirán hasta el siguiente periodo (dado por el valor de DT\_H\_CAL). En los cálculos intermedios de futuro, según los ciclos de cálculos del caso de aplicación, se asumirá el escenario pasado seleccionado en el ciclo de calibración anterior. Esto facilita reducir los tiempos dedicados a la realización de los cálculos más exigentes, especialmente para la opción AUTO\_OP.

Lo anterior está basado en lo indicado en el apartado genérico dedicado a la calibración: apartado 4.6.

## 14.9 Comandos

La siguiente tabla muestra la lista de comandos disponibles.

<b>Comando</b>	<b>Descripción</b>
calc_cal	Realiza los cálculos de calibración (en tiempo pasado)
calc_fut	Realiza los cálculos de futuro
calc_oper	Realiza todas las operaciones de cálculo en modo operacional
calc_pas	Realiza los cálculos pasados
calc_sim	Realiza los cálculos a partir de series en archivo ST
cd_caso	Cambia al directorio de caso
conf_lee	Lee toda la configuración

dir_caso	Muestra o asigna el directorio del caso
mhh	Opciones generales de comandos MHH
test_call_extern	Permite probar la llamada a call_extern
util_mhh	Utilidades para configuración, datos y resultados relacionados con MHH
gen_res_shp	Genera los archivos SHP de resultados

**Tabla 14-3. – Comandos del módulo de MHH**

El comando *mhh -h* muestra la siguiente información sobre las posibilidades que ofrece:

```
Argumento obligatorio:
  xlsx_conf=Nombre del archivo de configuración situado en
C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte
Comandos:
  -conf_r: Lee el archivo de configuración
  -gen_hms: Genera los archivos HMS a partir del XLSX de configuración
  -calc_sim: Calcula en modo simulación sin diferenciación pasado - futuro
  -calc_pas: Calcula en tiempo pasado (caso configurado para pronóstico)
  -calc_cal: Cálculos de calibración
  -calc_fut: Cálculos en tiempo futuro
           i_scn_cal=:num de escenario de calibración
  -calc_t: Realiza todos los cálculos (caso configurado para pronóstico)
  -test_call_extern: Pruebas de llamadas externas
  -ts_nod_sim: Genera archivos de series de nodos de simulación o tiempo
pasado
  -ts_nod_fut: Genera archivos de series de nodos en tiempo futuro
  -grf_sim: Genera gráficos de simulación o tiempo pasado
  -grf_fut: Genera gráficos de tiempo futuro
  -l_a: Muestra el listado de archivos principales de la aplicación

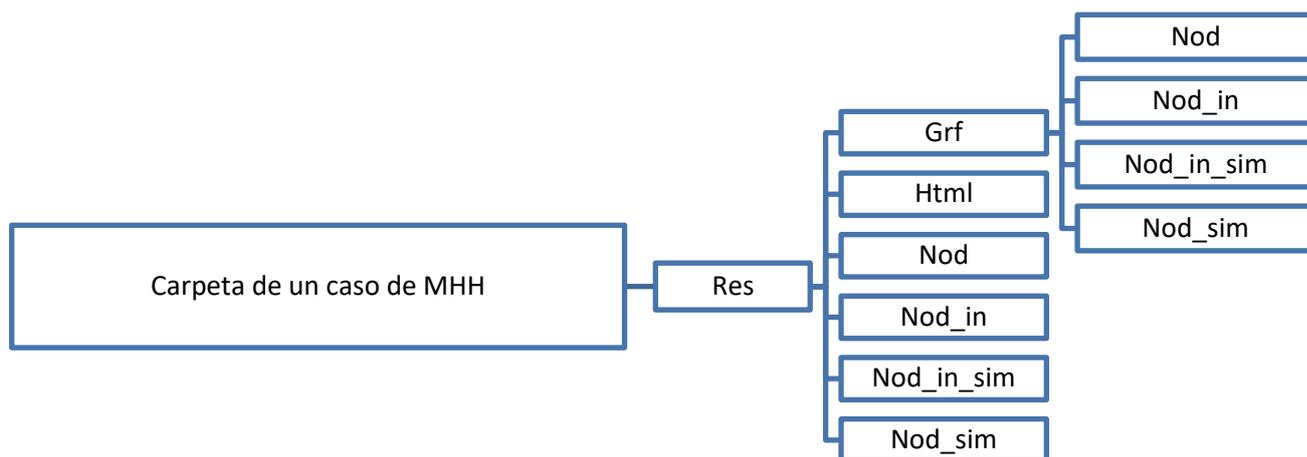
Los comandos scn y mod pueden ser útiles como complemento
```

Y el comando *mhh\_util -h*, útiles para configurar un caso:

```
Argumentos posibles:
  -ent_hms_xlsx: Genera un XLSX con las entidades de un proyecto HMS
                n_arch_hmsproy=: Nombre del archivo del proyecto HMS
                n_xlsx=: Nombre del XLSX. Res\hms_ent.xlsx
  -conf_read: Lee la configuración completa a partir de un archivo XLSX
             xlsx_conf=(Obligado) Nombre del archivo de configuración
```

### 14.10 Resultados

MHH genera un gran número de resultados organizados conforme al siguiente esquema



**Figura 14-36. – Estructura de carpetas de un caso de aplicación de MHH**

En la carpeta Res se encuentran archivos XLSX asociados a cada escenario, ya sea pasado o futuro. El nombre del archivo empezará con el identificador (*id\_escenario*) elegido para el escenario:

- *Id\_escenario.xlsx*. - Almacena las series resultado final
- *Id\_escenario\_dat.xlsx*. - Almacena las series dato de la simulación
- *Id\_escenario\_tmp.xlsx*. - Almacena las series de resultado final antes de las últimas correcciones
- *Id\_escenario\_param\_reaches.xlsx*. - Almacena los parámetros de tramos de propagación (*reaches* de HMS)
- *Id\_escenario\_param\_subbasins.xlsx*. - Almacena los parámetros de tramos de propagación (*subbasins* de HMS)

También se generan los siguientes archivos:

- *hms\_ent.xlsx*. - Listado de entidades HMS encontradas en el proyecto HMS de la configuración
- *nod.xlsx*. - Nodos encontrados en la carpeta SIG

Las carpetas *Nod\_* almacenan archivos XLSX con series agrupadas por nodos, para resultados de pronóstico (*Nod*), entradas en escenarios de futuro (*Nod\_in*), resultados en tiempo pasado (*Nod\_sim*) o entradas en tiempo pasado (*Nod\_sim\_in*). Esta estructura se repite en la carpeta *Grf*, donde se almacenarán gráficos de los resultados anteriores.

La carpeta *HTML* almacena los gráficos por nodos y algún archivo complementario útil para la publicación Web.

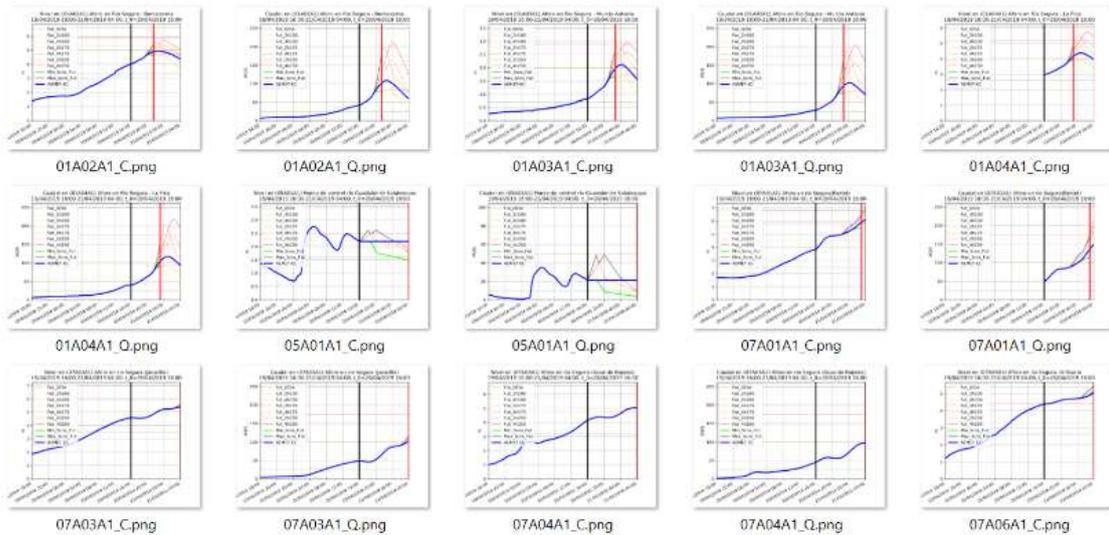


Figura 14-37.- Colección de gráficos en la carpeta Res\Grf\Nod

### 14.10.1 Gráficos de previsiones en caudales o niveles

El gráfico siguiente incluye notas sobre el gráfico resultado de MHH. Las líneas *Min\_Scns\_Fut* y *Max\_Scns\_Fut* representan las envolventes de los resultados de todos los escenarios hasta el instante de divergencia máxima admisible.

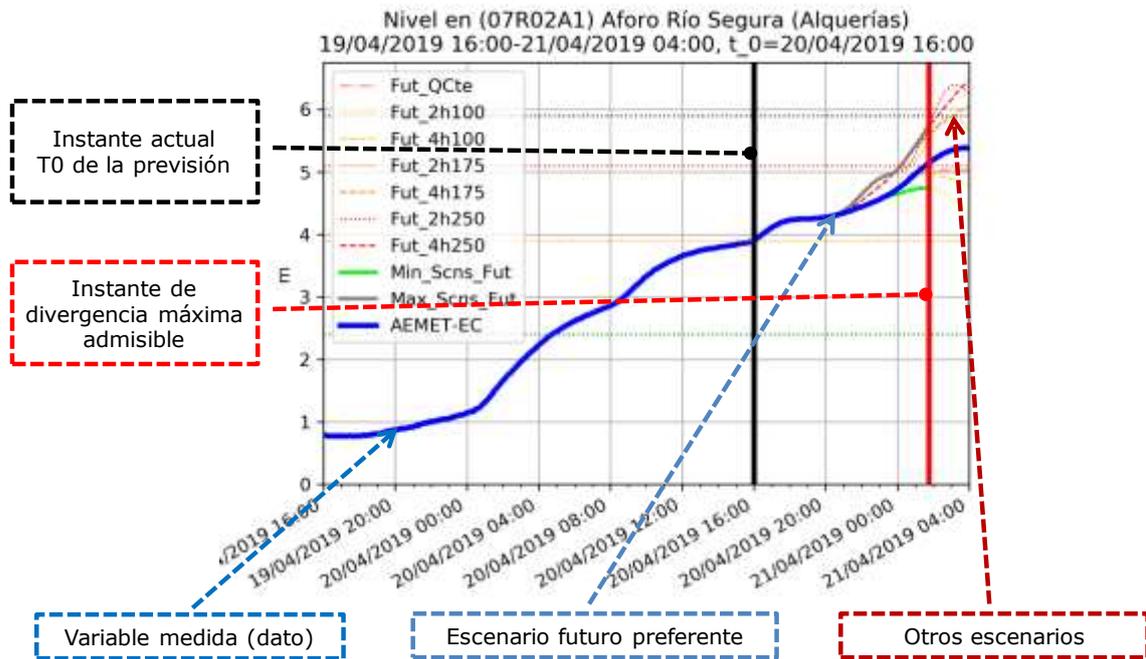


Figura 14-38.- Gráfico de previsión y notas

## 14.11 Archivos

Para facilitar el trabajo con el módulo, se le ha incorporado el comando `-l_a` que muestra una lista de archivos con los que opera en un caso concreto según el archivo de configuración. Un ejemplo es el siguiente:

```

*****
Listado de archivos principales
*****
Archivo de configuración=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\conf_mhh_yn_op.xlsx
Ejemplo de archivo de datos de entrada en un nodo en tiempo pasado o
simulación=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Nod_in_sim\Castañuelas.xlsx
Ejemplo de archivo de resultados de salidas de un nodo en tiempo pasado o
simulación=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Nod_sim\Castañuelas.xlsx
Ejemplo de archivo de datos de entrada en un nodo en tiempo
futuro=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Nod_in\Castañuelas.xlsx
Ejemplo de archivo de resultados de salidas de un nodo en tiempo
futuro=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Nod\Castañuelas.xlsx
Series datos Q y S generales=C:\EDAPHI\RD\ST\st_gen_s_YN.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-MAP_EHA-
P=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-MAP_EHA-
ASM=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-MAP_EHA-
Normal=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-MAP_EHA-
Seco=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-MAP_EHA-
Hum=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-
ARW=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario FFGS-
FV3=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario MF-
AROME=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo de lluvias pasadas o dato del escenario Sispi-
RAIN=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
Archivo general de salidas de embalse en
futuro=C:\EDAPHI\RD\ST\st_gen_s_pasfut_YN.xlsx
Archivo de lluvias en futuro del escenario FFGS-
ARW=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\ARW\Nod_S_Areas_YN_ARW.xlsx
Archivo de lluvias en futuro del escenario FFGS-
FV3=C:\EDAPHI\RD\CFFGS\Res\FV3\Nod_S_Areas_YN_FV3.xlsx
Archivo de lluvias en futuro del escenario MF-
AROME=C:\EDAPHI\RD\CMF\Res\Prec_Ground\Nod_S_Areas_YN_PREC_GROUND.xlsx
Archivo de lluvias en futuro del escenario Sispi-
RAIN=C:\EDAPHI\RD\CSispi\Res\RAIN\Nod_S_Areas_YN_RAIN.xlsx
Series de entrada del escenario FFGS-MAP_EHA-
P=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP_EHA-P_in.xlsx

```

Series de salida del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
P=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-P.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
P=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-P\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
ASM=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-ASM\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
ASM=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-ASM.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
ASM=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-ASM\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Normal=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Normal\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Normal=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Normal.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Normal=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Normal\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Seco=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Seco\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Seco=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Seco.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Seco=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Seco\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Hum=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Hum\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Hum=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Hum.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-MAP\_EHA-  
Hum=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-MAP\_EHA-Hum\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-  
ARW=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-ARW\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-  
ARW=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-ARW.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-  
ARW=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-ARW\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario FFGS-  
FV3=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-FV3\_in.xlsx  
Series de salida del escenario FFGS-  
FV3=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-FV3.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario FFGS-  
FV3=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-FV3\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario MF-  
AROME=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\MF-AROME\_in.xlsx  
Series de salida del escenario MF-  
AROME=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\MF-AROME.xlsx  
Series de salida temporales o auxiliares del escenario MF-  
AROME=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\MF-AROME\_tmp.xlsx  
Series de entrada del escenario Sispi-  
RAIN=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Sispi-RAIN\_in.xlsx  
Series de salida del escenario Sispi-  
RAIN=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Sispi-RAIN.xlsx

```
Series de salida temporales o auxiliares del escenario Sispi-  
RAIN=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Res\Sispi-RAIN_tmp.xlsx  
Archivo del proyecto HMS=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\YaqueNorte.hms  
Archivo HMS de cuenca=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\YaqueNorte.basin  
Archivo HMS meteorológico=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\met_s.met  
Archivo HMS de estaciones=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\YaqueNorte.gage  
Archivo HMS de control=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\control_e.control  
Archivo HMS de ejecución=C:\EDAPHI\RD\MHH\YaqueNorte\Hec\YaqueNorte.run  
Archivo DSS de intercambio de series=Datos.dss
```

## 14.12 Instalación

MHH no cuenta con singularidades en la instalación a excepción de que requiere la de las aplicaciones Hec-HMS y HecDSSVue. En la configuración de MHH se indicarán los directorios en los que se almacenan dichas aplicaciones.

*La versión actual de EDAPHI opera con la versión 4.2.1 de Hec-HMS y la 2.0.1 de HecDSSVue*

## 14.13 Uso de comandos comunes

Para este módulo resultan especialmente interesantes los comandos generales (capítulo 8) *scn* y *mod*, tanto para labores de configuración como para consulta de resultados

El primero da las siguientes posibilidades:

```
Comandos:  
-desc: Descripción de cada escenario  
-list_s: Listado de escenarios de salida  
-list_e: Listado de escenarios de entrada  
Argumento obligatorio:  
xlsx_conf=: Archivo de configuración del modelo
```

```
MHH en E:\EDAPHI\MHH\CG>scn xlsx_conf=conf_cg_opero.xlsx -list_s  
<|>  
<|> MHH.scn: Utilidades relacionadas con los escenarios de un modelo  
<|>  
* Escenarios de salida del modelo  
Tipo, id  
PAS, C2019130800  
PAS, Resp_Rapida  
PAS, Resp_Media  
PAS, Resp_Lenta  
CAL, Calibra  
FUT, AEMET-EC  
FUT, Fut_QCte  
FUT, Fut_2h100  
FUT, Fut_4h100  
FUT, Fut_2h175  
FUT, Fut_4h175  
FUT, Fut_2h250  
FUT, Fut_4h250
```

Figura 14-39: Ejemplo de resultado del comando *scn -list\_s*

```

MHH en E:\EDAPHI\MHH\CG>scn xlsx_conf=conf_cg_operacion.xlsx -list_e
<|>
<|> MHH.scn: Utilidades relacionadas con los escenarios de un modelo
<|>
* Escenarios de entrada al modelo
PAS, General (módulo Gen), (para salida C2019130800)
PAS, General (módulo Gen), (para salida Resp_Rapida)
PAS, General (módulo Gen), (para salida Resp_Media)
PAS, General (módulo Gen), (para salida Resp_Lenta)
CAL, General (módulo Gen), (para salida Calibra)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_EC, Hv_Fut_EC (para salida AEMET-EC)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_Cte, Hv_Fut_Cte (para salida Fut_QCte)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_2h100, Hv_Fut_2h100 (para salida Fut_2h100)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_4h100, Hv_Fut_4h100 (para salida Fut_4h100)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_2h175, Hv_Fut_2h175 (para salida Fut_2h175)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_4h175, Hv_Fut_4h175 (para salida Fut_4h175)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_2h250, Hv_Fut_2h250 (para salida Fut_2h250)
FUT, E:\EDAPHI\MHH\CG\conf_cg_operacion.xlsx|Hv_Fut_4h250, Hv_Fut_4h250 (para salida Fut_4h250)

```

Figura 14-40: Ejemplo de resultado del comando `scn -list_s`

Y *mod*:

```

Argumentos:
  -desc: Descripción básica de un modelo según su archivo de
  configuración
      xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  -l_nods: Muestra una tabla de nodos
      xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  -xlsx_nods: Escribe un XLSX con una tabla de nodos en la hoja Nod
      xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
      xlsx_res=: Nombre del archivo de resultados
  -plt_nod: Muestra una ventana con las series de un nodo
      xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
      id_nod=: Identificador del nodo
      t=: P para pasado o simulación y F para futuro (pronóstico)
      attr=: Atributo (opcional). Ejemplo attr=Q
Ejemplos:
  -l_nods xlsx_conf=conf_mhh_Alujon_Umbrales.xlsx
  -plt_nod t=P attr=Q id_nod=06A06
  xlsx_conf=conf_mhh_Alujon_Umbrales.xlsx

```

Así, un comando como

```

mod -plt_nod t=P attr=Q id_nod=06A06
  xlsx_conf=conf_mhh_Alujon_Umbrales.xlsx

```

mostraría ventanas de series temporales como las que se muestran en el capítulo 8 (Figura 8-4).

```

MHH en E:\EDAPHI\MHH\Ramblas\Albujon>mod xlsx_conf=conf_mhh_Albujon_Umbrales.xlsx -l_nods
<>
<> MHH.mod: Utilidades básicas o generales para modelos
<>
24/02/2020 10:44:33.- Leyendo configuración general (conf_gen) de E:\EDAPHI\Gen\conf_gen.xlsx
24/02/2020 10:44:33.- -----
24/02/2020 10:44:33.- Leyendo configuración básica de modelo
24/02/2020 10:44:33.- Directorio de caso: E:\EDAPHI\MHH\Ramblas\Albujon
24/02/2020 10:44:33.- -----
24/02/2020 10:44:34.- ¡AVISO! No se encuentra E:\EDAPHI\MHH\Ramblas\Albujon\SIG\nod_P.shp
24/02/2020 10:44:34.- ¡AVISO! No se encuentra E:\EDAPHI\MHH\Ramblas\Albujon\SIG\nod_V.shp

id,desc,x,y,type,in/out
06A01,Marco de Control en La Puebla - Rbla Albujón,683680.000000,4176662.000000,QNode,out
06A02,Marco de Control en Pozo Estrecho - Rbla Albujón,677961.000000,4176904.000000,QNode,out
06A03,Marco de control en Rambla del Albujón,671928.000000,4176679.000000,QNode,out
06A04,Marco de Control en El Estrecho - Rbla Albujón,666478.000000,4176907.000000,QNode,out
06A05,Marco de Control en Fuente Álamo - Rbla Albujón,660977.000000,4176639.000000,QNode,out
06A06,Marco de Control en Los Cegarras - Rbla de la Murta,663344.000000,4179947.000000,QNode,out
Subc06A04,Marco de Control en El Estrecho - Rbla Albujón,656458.139003,4178144.281732,SNode,in
Subc06A05,Marco de Control en Fuente Álamo - Rbla Albujón,656516.588588,4170832.951993,SNode,in
Subc06A06,Marco de Control en Los Cegarras - Rbla de la Murta,658264.505864,4186557.234403,SNode,in
Subc06A02,Marco de Control en Pozo Estrecho - Rbla Albujón,667011.676100,4183530.769951,SNode,in
Subc06A03,Marco de control en Rambla del Albujón,669001.214389,4176417.683558,SNode,in
Subc06A01,Marco de Control en La Puebla - Rbla Albujón,672389.187966,4183675.410366,SNode,in

- Nota: es posible que algunos nodos sean generados por el mismo módulo
    
```

Figura 14-41.- Ejemplo de resultado del comando mod -l\_nods

### 14.13.1 Obtención de resultados complementarios

Un comando que amplía las posibilidades de generación y publicación de resultados es el comando *mod -kml\_res*, pues genera resultados en formato KML con enlace dinámico a los resultados publicados en una web.

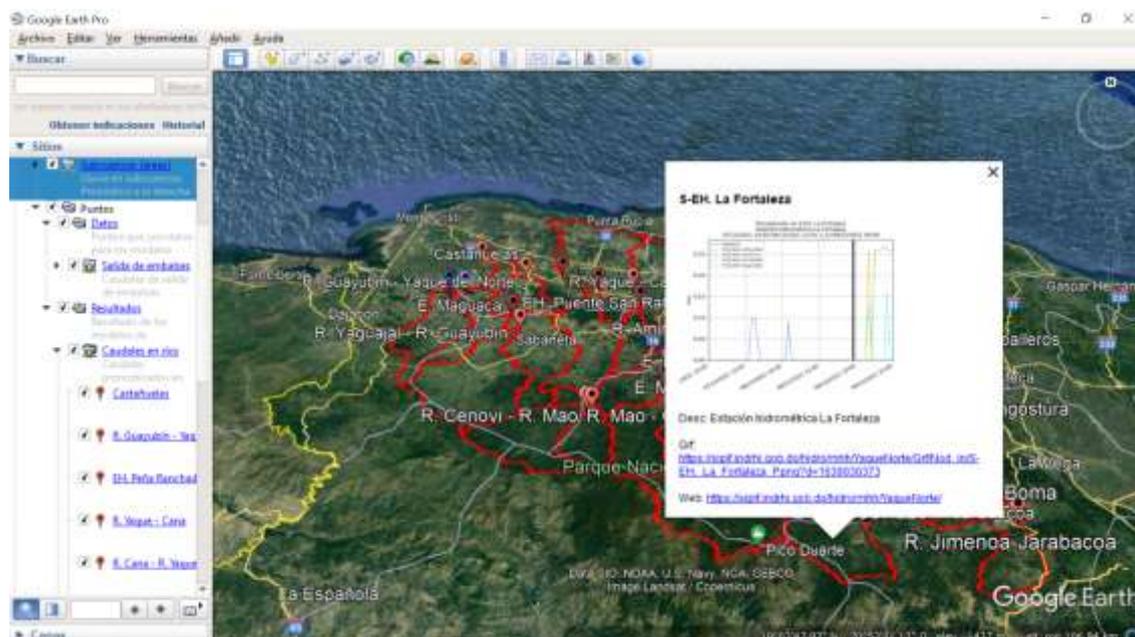


Figura 14-42.- Ejemplo de consulta de resultados con Google Earth

El siguiente archivo de ejemplo prepara resultados para la publicación web, incluyendo KML:

```

@echo off
rem @A Prepara la carpeta HTML %EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte
rem Genera KML
echo Generando KML ...
call mod -kml_res
root_web=https://sipif.indrhi.gob.do/hidro/mhh/YaqueNorte
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Kml
xlsx_conf=%EDAPHI_DIR_C%\conf_mhh_yn_op.xlsx main_g=MHH_RD_YN.kml
Rem Copia de archivos de KML
echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\kml en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\kml
xcopy /S /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\kml
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\kml
Rem
rem Guarda PNGs de mapas con valores actuales estado de humedad
antecedente
Rem
call maps_aha_g
Rem Lluvia antecedente
call ts_util -w_grd_s xlsx=%EDAPHI_DIR_C%\Res\p_ant.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\Grf title="Lluvia antecedente por
intervalo en Yaque del Norte"
call map_cts -g_med arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\Nod_S_Areas.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR_C%\Res\p_ant.xlsx title="Lluvia media horaria en Yaque
del Norte" n_tcolor=rainbow dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\Grf pref=PAnt
Rem Copia de archivos de HTML
echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\Html en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte
xcopy /S /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\Html
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte
Rem Gráficos
echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\grf en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\grf
xcopy /S /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\grf
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\grf
Rem Archivos principales de entrada y salida
for %%v in (FFGS-ARW,FFGS-FV3,Sispi-RAIN,MF-AROME) do (
    rem Resultados
    if exist %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v.xlsx (
        echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v.xlsx en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch
        copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v.xlsx
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch
    ) else (
        echo copiando %EDAPHI_DIR_C%\Cmd\sindatos.xlsx en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v.xlsx
        copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Cmd\sindatos.xlsx
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v.xlsx
    )
    rem Se generan en CSV
    echo Generando CSV

```

```
    call arch_xls -xlsx_to_csv
xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v.xlsx
csv=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v.csv
n_sheet=Series
    rem Entradas
    if exist %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v_in.xlsx (
        echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v_in.xlsx en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch
        copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Res\%%v_in.xlsx
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch
    ) else (
        echo Copiando %EDAPHI_DIR_C%\Cmd\sindatos.xlsx en
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v_in.xlsx
        copy /Y %EDAPHI_DIR_C%\Cmd\sindatos.xlsx
%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v_in.xlsx
    )
    rem Entradas a CSV
    echo Generando CSV
    call arch_xls -xlsx_to_csv
xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v_in.xlsx
csv=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\MHH\YaqueNorte\arch\%%v_in.csv
n_sheet=Series
)
```

## 15 EDAPHI MHH-H. Hipermodelos basados en modelos MHH

---

EDAPHI permite tratar áreas geográficas amplias, que puedan representarse con sistemas hidrológicos complejos, de forma dividida en subsistemas. De ese modo, un sistema complejo puede ser analizado por partes, lo que facilita tareas tales como la calibración de parámetros.

La solución que aquí se presente, con módulos como MHH-H es la de los hipermodelos.

En modo de uso en tiempo real, MHH-H lanza submodelos MHH y controla su ejecución. Los submodelos realizan el análisis en tiempo pasado, calibrando o seleccionando los escenarios que mejor se ajustan a los valores medidos (datos). El hipermodelo usa los parámetros seleccionados o establecidos por los submodelos y los emplea en los cálculos de pronóstico.

Esto es una vía complementaria de solución al problema de la calibración recurriendo a la opción de calibración por zonas de MHH (apartado 14.7.7.2).

Otra ventaja de este enfoque es que se basa en procesamiento en paralelo de cada subsistema, lo que reduce los tiempos de cálculo.

Adicionalmente, al usar el hipermodelo, se logra prolongar los tiempos de previsión de acuerdo con el empleo del concepto de divergencia máxima admisible, al propagar los cálculos desde zonas más alejadas.

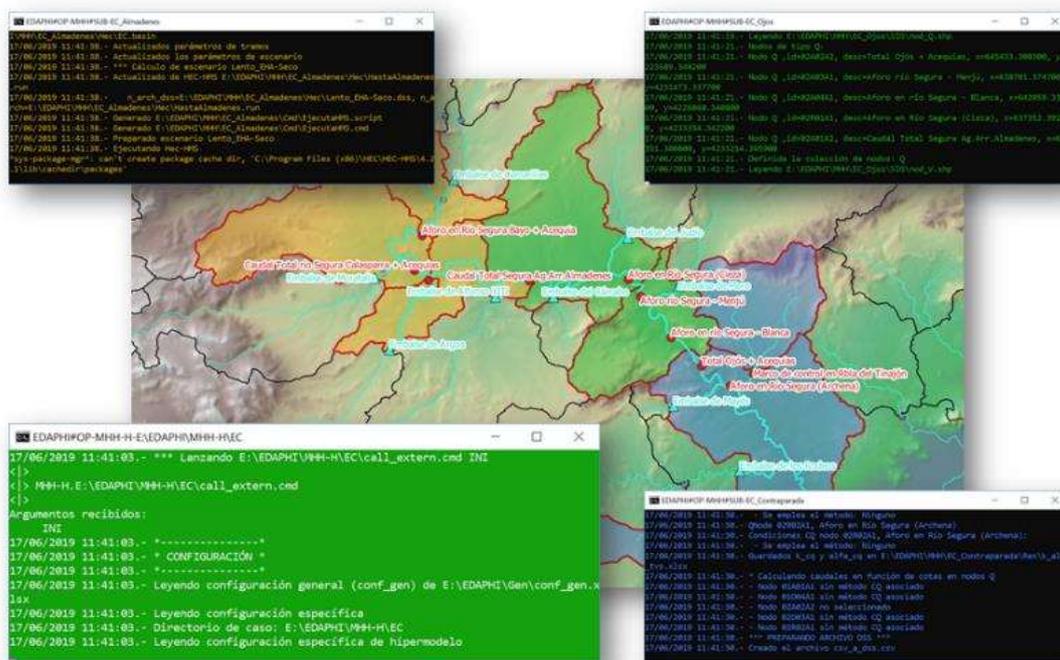


Figura 15-1.- EDAPHI-MHH-H opera con procesos en paralelo para el análisis en tiempo pasado con submodelos

### 15.1 Configuración de un hipermodelo

El hipermodelo MHH-H se configurará de modo análogo al modelo MHH, salvo que no tendrá sentido definir escenarios pasados, pues los análisis en tiempo pasado para las calibraciones se harán en los submodelos. Es decir, solo cuenta con escenarios en tiempo futuro. Por lo mismo, los submodelos se configurarán sólo con escenarios en tiempo pasado (PAS o CAL).

La singularidad estará en la hoja *Sub\_Mods* en la que se incluye una tabla con los submodelos MHH, con indicación de sus archivos XLSX de configuración y de los archivos CMD con las órdenes de ejecución.

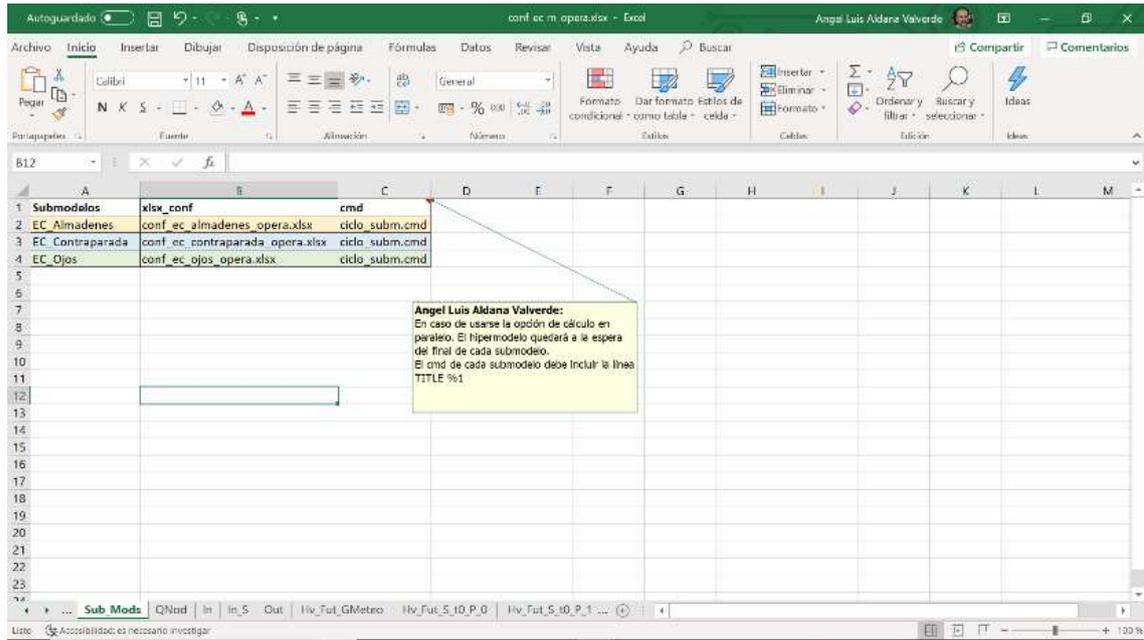


Figura 15-2.- Configuración de un hipermodelo MHH-H

## 16 EDAPHI-GenMH. Generación automática de modelos

---

GCuencas fue concebido para ahorrar tiempos en la generación de modelos hidrológicos, delimitando subcuencas que drenan a un conjunto de puntos, así como definiendo los tramos de ríos principales de estas subcuencas y los tramos que conectan puntos. Subcuencas y tramos cuentan así con una definición geográfica que es complementada por el cálculo de un conjunto de parámetros característicos de interés hidrológico.

GenMH es un paso más en la automatización del proceso, pues, a partir de los resultados anteriores, proporciona una versión preliminar de un modelo MHH completo. Este modelo, que cuenta con el modelo Hec-HMS asociado, servirá como una versión preliminar. El siguiente paso será, una vez realizadas las revisiones y correcciones que pudieran ser necesarias, proceder a la calibración con datos históricos.

### 16.1 Funcionalidad

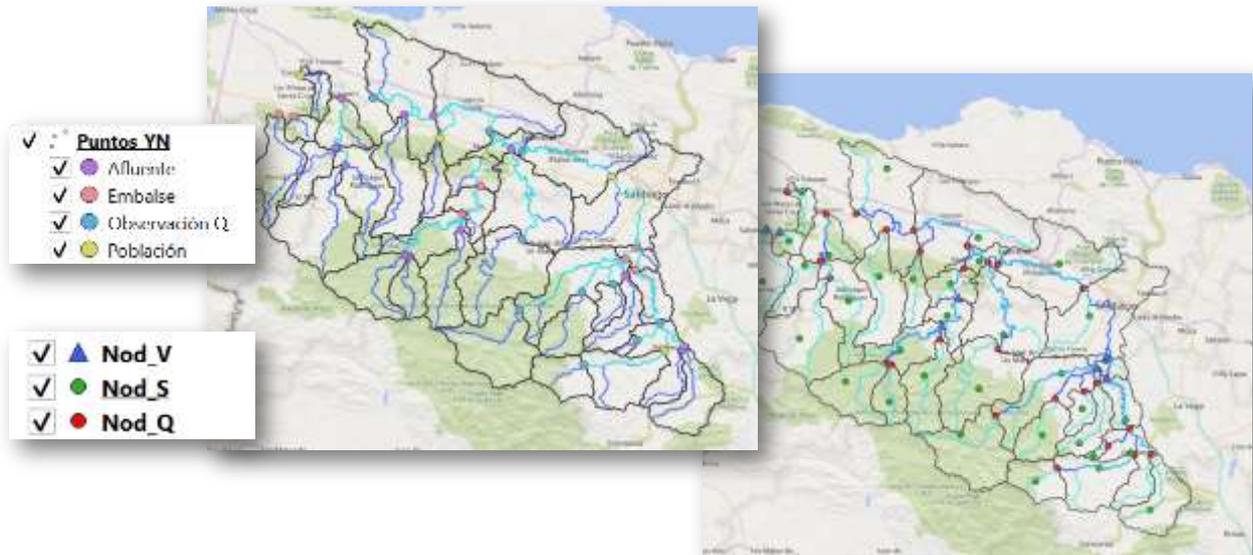
Realiza un análisis topológico de los elementos incluidos en GCuencas como paso previo para definir los modelos hidrológicos

- Genera un proyecto Hec-HMS listo para funcionar
- Genera todos los archivos necesarios para un caso de aplicación de MHH
- Genera series de entrada de precipitación para realizar unos primeros cálculos con los modelos

### 16.2 Representación del sistema hidrológico y puntos de interés

En GCuencas se habrán definido puntos en los que se desea obtener las cuencas vertientes. El usuario tiene que indicar el tipo de punto conforme a la siguiente clasificación:

- Afluente
- Embalse
- Observación
- Población



**Figura 16-1.- Puntos de interés y nodos de representación del sistema hidrológico**

Los embalses darán lugar a dos elementos de Hec-HMS: uno puede ser el extremo de un tramo (reach) o un elemento confluencia (junction), y el otro será de tipo fuente (source) que se corresponde con el caudal de salida de embalse (dato necesario) y que se conecta con el sistema aguas abajo. Es decir, los embalses cortan la continuidad de propagación.

### 16.3 Parametrización

A partir de ahí, este módulo generará los nodos tipo Q y V. Los nodos S (subcuencas) serán los que corresponden con las subcuencas generadas con GCuencas. Una vez definidos los nodos y analizada la topología, genera los archivos Hec-HMS, con una parametrización de modelos basados en la caracterización obtenida con GCuencas, con criterios de primera aproximación (función de pendientes y longitudes, básicamente)

Para esta parte es importante contar con una capa de números de curva, la cual será procesada por GCuencas y usada en esta fase de GenMH.

### 16.4 Comandos

Como GenMH ha sido concebido para formar parte de un proceso que se inicia con GCuencas, la llamada a este módulo por el usuario ha sido incorporada a los comandos accesibles desde GCuencas. El comando es `util_gcuencas`, que al escribirlo en la línea de comandos devuelve el siguiente mensaje:

```
Comandos:
  -gen_hms: Genera los archivos básicos de HMS
```

```
-gen_mhh: Genera los archivos básicos de MHH
-ts_dat: Genera datos temporales para su uso en HMS
    vol_prec=: Volumen de precipitación
    t_ini_h=: Inicio de la tormenta
    t_max_h=: Instante del valor punta de la precipitación
    t_fin_h=: Final de la tormenta
    q_in=: Valor constante en todas las entradas de caudal
Ejemplo:
-ts_dat vol_prec=100.0 t_ini_h=0 t_max_h=12 t_fin_h=24 q_in=10
```

## 16.5 Configuración

La configuración del módulo es muy sencilla, pues apenas tiene parámetros de configuración. Las figuras siguientes ilustran esos parámetros

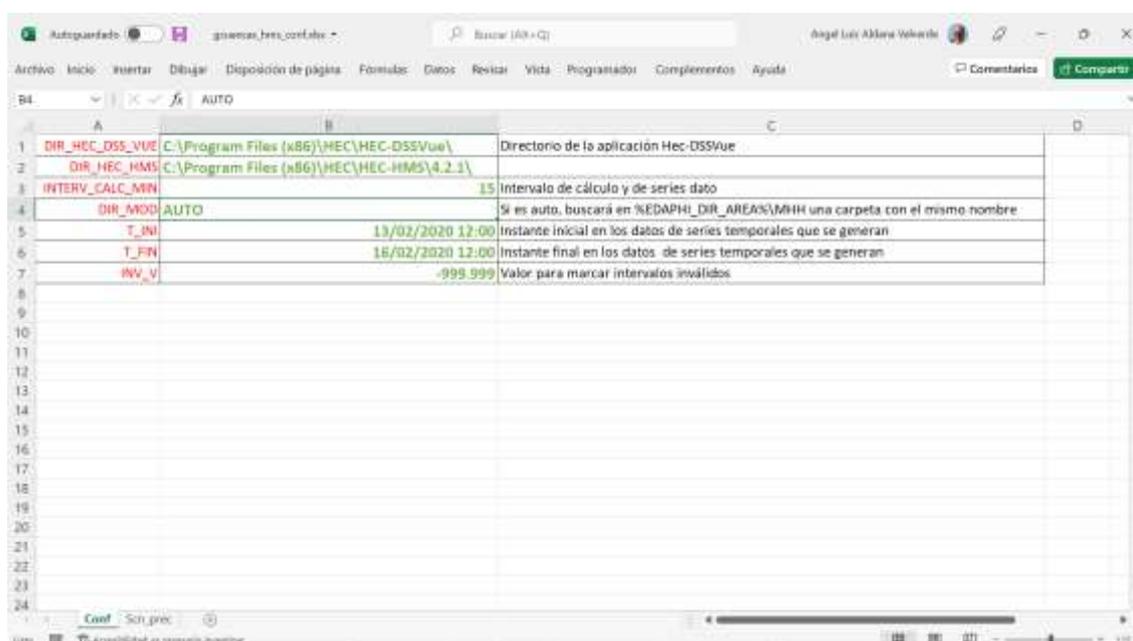


Figura 16-2.- Hoja principal de configuración de GenMH

*Atención: Al dejar el parámetro DIR\_MOD con valor AUTO, el programa partirá del nombre del caso GCuencas para definir el de MHH. Así, por ejemplo, si se está trabajando en un caso %EDAPHI\_DIR\_AREA%\GCuencasV2\YaqueNorte, creará la carpeta %EDAPHI\_DIR\_AREA%\MHH\YaqueNorte y sus subcarpetas y creará los archivos que correspondan, lo que puede dar lugar a sobreescritura de archivos*

	TOTAL PREC	T INI H PREC	T MAX H PREC	T FIN H PREC	T INI H PREC	T FIN H PREC	COLOR	LINEWIDTH	LINESTYLE
1 P_050MM_T001234	50.0	0.0	12.0	24.0	5.0	green	2	solid	
2 P_100MM_T001234	100.0	0.0	12.0	24.0	5.0	orange	2	solid	
3 P_150MM_T001234	150.0	0.0	12.0	24.0	5.0	red	2	solid	
4 P_200MM_T001234	200.0	0.0	12.0	24.0	5.0	black	2	solid	
5 P_050MM_T000612	50.0	0.0	6.0	12.0	5.0	green	2	dashdot	
6 P_100MM_T000612	100.0	0.0	6.0	12.0	5.0	orange	2	dashdot	
7 P_150MM_T000612	150.0	0.0	6.0	12.0	5.0	red	2	dashdot	
8 P_200MM_T000612	200.0	0.0	6.0	12.0	5.0	black	2	dashdot	

Figura 16-3.- Especificaciones de hietogramas triangulares en GenMH y caudales de entrada

### 16.6 Ayuda

El comando `ayuda_u` mostrará una ventana con instrucciones para el uso del módulo:

```
ayuda_u.txt Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
-----
Una vez se han generado los resultados completos de Gcuencas, se pueden generar MHH completo, incluyendo el proyecto MHS.

Se generará también unos archivos topológico ampliados en los que se distinguen elementos de tipo:
S- Subcuencas (cuencas)
T- Tramos
N- Nodos

Los nodos tendrán una segunda clasificación conforme a lo indicado en Gcuencas, lo que será usado en estas utilidades.

IDENTIFICADORES DE ENTIDADES

Los elementos en la topología completa cuentan con el prefijo añadido al identificador de Gcuencas, con lo que cada elemento de la topología cuenta así con un identificador clave (permite identificar a un elemento de forma unívoca).

De modo análogo, las entidades de MHH requieren identificadores únicos, por lo que a las cuencas se les añade prefijo.

MHS cuenta con restricciones en cuanto a los identificadores: no admiten más de 27 caracteres y no admite caracteres especiales. Por ello hay una transformación de identificadores que afecta a caracteres con tilde, diéresis y la ñ.

USO
---

El uso normal de la aplicación seguiría los siguientes pasos basado en los correspondientes comandos:
- gen_hms.- Generará el proyecto MHS en la carpeta correspondiente de MHH
Una vez ejecutada esta opción se recomienda comprobar el proyecto MHS con las opciones de edición y visualización de la aplicación y usar el comando Run con la opción EDAPHJ.
- ts_dat ofrece la posibilidad de generar otros datos de entrada a MHS, lo que facilita hacer más pruebas.
- gen_mhh.- Este comando construye el proyecto MHH completo para su uso con el comando calc_sim, es decir, sin distinción de pasado y futuro y tomando los datos temporales de un archivo situado en la carpeta ST (gc_mhh_st.kisx)

El comando gen_hms debe preceder siempre al gen_mhh y es el que genera la topología ampliada
```

Figura 16-4: Ventana de ayuda con instrucciones de uso de GenMH

### 16.7 Resultados

Los resultados serán todos los archivos necesarios para un caso de aplicación de MHH, incluyendo un archivo de series temporales de precipitación para las primeras pruebas.

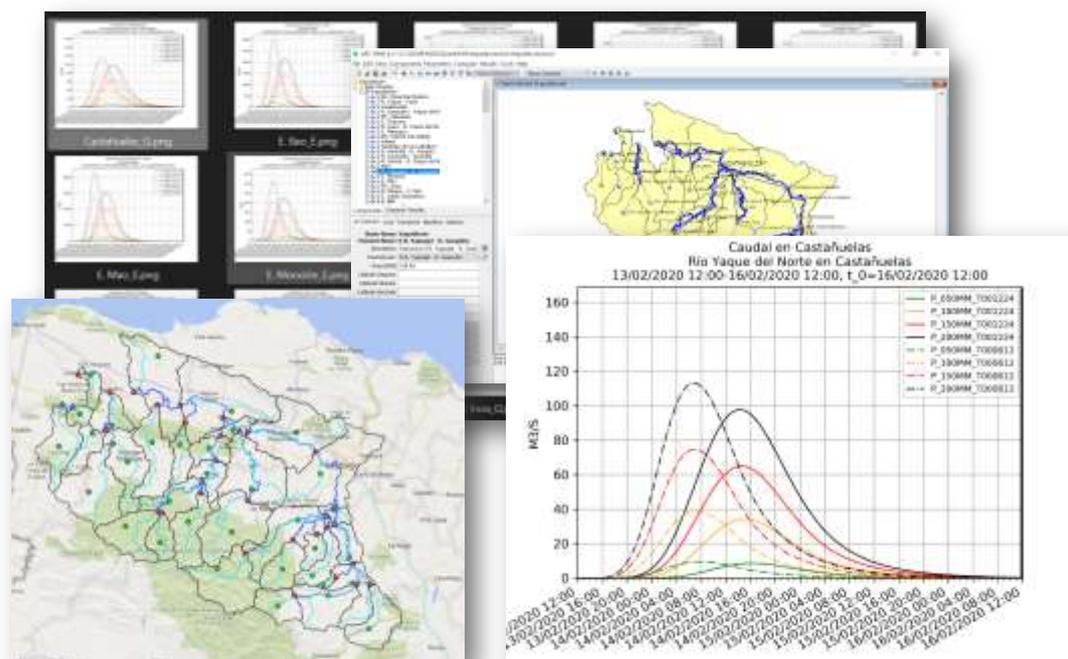


Figura 16-5.- Resultados de GenMH

## 17 EDAPHI-Ges. Generación de eventos sintéticos

---

El personal que tiene que hacer uso de los modelos operacionales para el pronóstico hidrológico requiere una formación específica y un entrenamiento, en el uso de modelos en tiempo real. Una de las dificultades frecuente, para realizar este tipo de actividades de capacitación, es la falta de datos históricos de eventos de tormentas. Los registros suelen ser insuficientes para adquirir experiencia en un rango de posibilidades amplio.

La que aquí se describe es una primera versión, cuyas funcionalidades se están ampliando, especialmente en cuanto a la generación de tormentas.

### 17.1 Funcionalidad

Ges, el generador de tormentas sintéticas, ofrece una solución para ello, pues, a partir de una definición sencilla de una o varias tormentas para un periodo de tiempo, genera los campos de lluvia y realiza una simulación hidrológica que dará lugar a hidrogramas en puntos que pueden ser considerados caudales medidos.

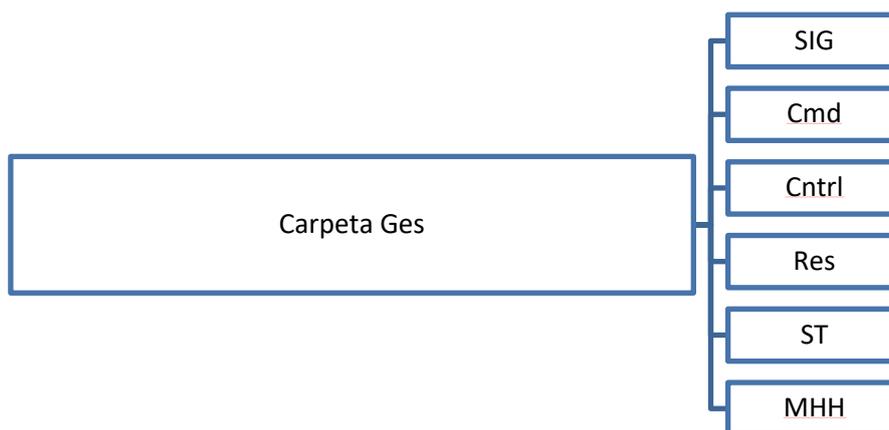
Los resultados de Ges pueden ser usados como datos para el resto de los módulos, como si de un uso operacional en tiempo real se tratase.

La aplicación facilita, entre otras, entrenamiento en:

- Calibración de parámetros. - La simulación hidrológica de Ges puede estar basada en combinaciones de parámetros que los hidrólogos en formación deben tratar de averiguar, calibrando con los módulos operacionales.
- Analizar la influencia del desplazamiento de un frente de tormenta. - La comparación de tormentas que se desplazan hacia aguas arriba con otras que se desplazan hacia aguas abajo puede ser interesante, a efectos de calibrar tiempos de propagación y entender la respuesta de la cuenca.
- Influencia de la intensidad y el tiempo de duración de la tormenta.
- Coincidencia de puntas de hidrogramas, de respuesta hidrológica de cuencas y de salidas de embalses
- Laminación de crecidas con operación de embalses

### 17.2 Estructura de carpetas

La carpeta de un caso de aplicación de Ges puede ser algo como lo siguiente:



En la carpeta ST se almacenarán los datos de salidas de embalse, que deben indicarse en un libro MS-Excel.

La singularidad de este módulo es que incluye una carpeta de un caso de aplicación de un módulo EDAPHI: MHH. En ella se incluirá el caso de aplicación de MHH a usar en modo simulación, con la configuración apropiada para el sistema hidrológico que se desea simular, teniendo como entrada las tormentas sintéticas y las salidas de embalse.

### 17.3 Modelo MHH integrado

La configuración de MHH integrado en Ges será simple, pues se trata de definir un caso de aplicación con un único escenario (con ID fijo denominado "GesW") de tipo SIM (simulación).

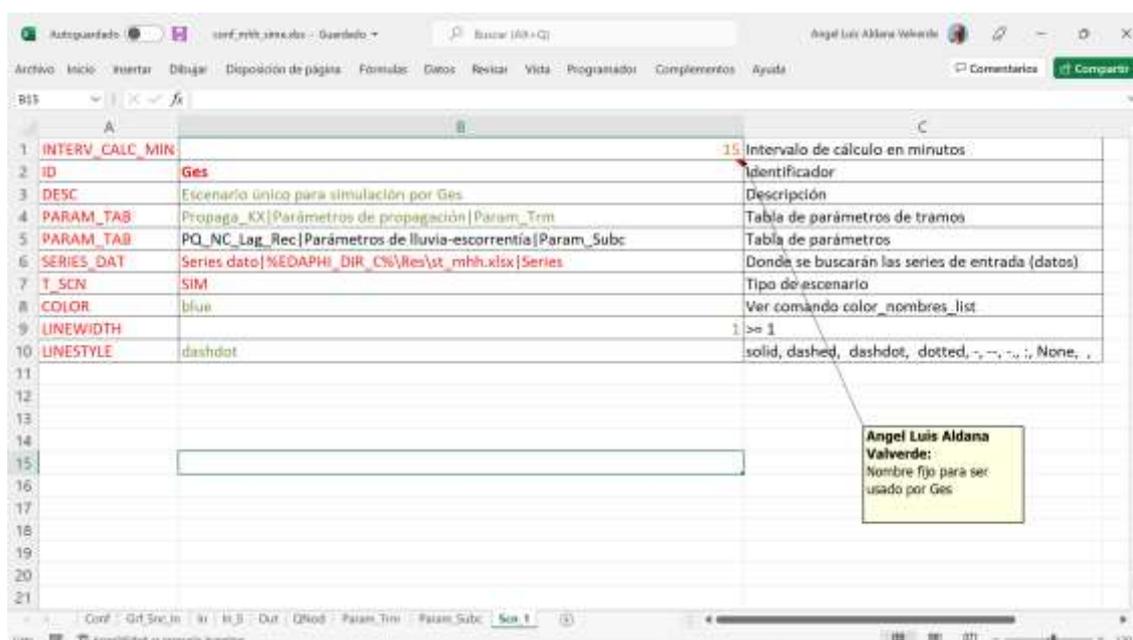


Figura 17-1.- Configuración del escenario único del caso de aplicación integrado en Ges

El mismo módulo Ges genera el archivo que servirá de entrada al MHH integrado, con nombre fijo "st\_mhh.xlsx". Este archivo será resultado de los cálculos de precipitaciones y de los datos de salida de embalse.

Instante	S-EH	S-R	S-C	S-R	S-R	S-M	S-M	S-L	S-A	S-M	S-B	S-C	S-T
08/05/2020 21:00	5.91	5.31	5.67			4.85	5	5	5	5	5	5	5
08/05/2020 22:00	6.91	6.31	6.67			5.85	5	5	5	5	5	5	5
08/05/2020 23:00	7.91	7.31	7.67			6.85	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 00:00	8.9	8.31	8.67			7.85	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 01:00	9.41	8.28	9.64			8.85	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 02:00	9.93	9.89	10			9.77	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 03:00	10	10	10			10	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 04:00	10	10	10			10	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 05:00	9.99	10	10			10	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 06:00	9.7	9.97	9.97			10	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 07:00	9.01	9.57	9.33			9.92	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 08:00	8.1	8.69	8.33			9.15	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 09:00	7.39	7.72	7.36			8.15	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 10:00	7.07	7.11	7			7.23	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 11:00	7	7	7			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 12:00	7	7	7			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 13:00	7	7	7			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 14:00	7	7	7			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 15:00	7.01	7	7			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 16:00	7.1	7.03	7.03			7	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 17:00	7.99	7.43	7.67			7.08	5	5	5	5	5	5	5
09/05/2020 18:00	8.9	8.31	8.67			7.65	5	5	5	5	5	5	5

Figura 17-2.- Ejemplo de archivo de series de entrada para MHH integrado, generado por Ges

### 17.4 Datos

Las series de caudales de salidas de embalse se almacenarán en archivos como el de la figura. En este caso, se introducen pares hora valor, con instante 0 en el instante de inicio, que se indica, expresado en fecha y hora, en la configuración de Ges (apartado 17.6).

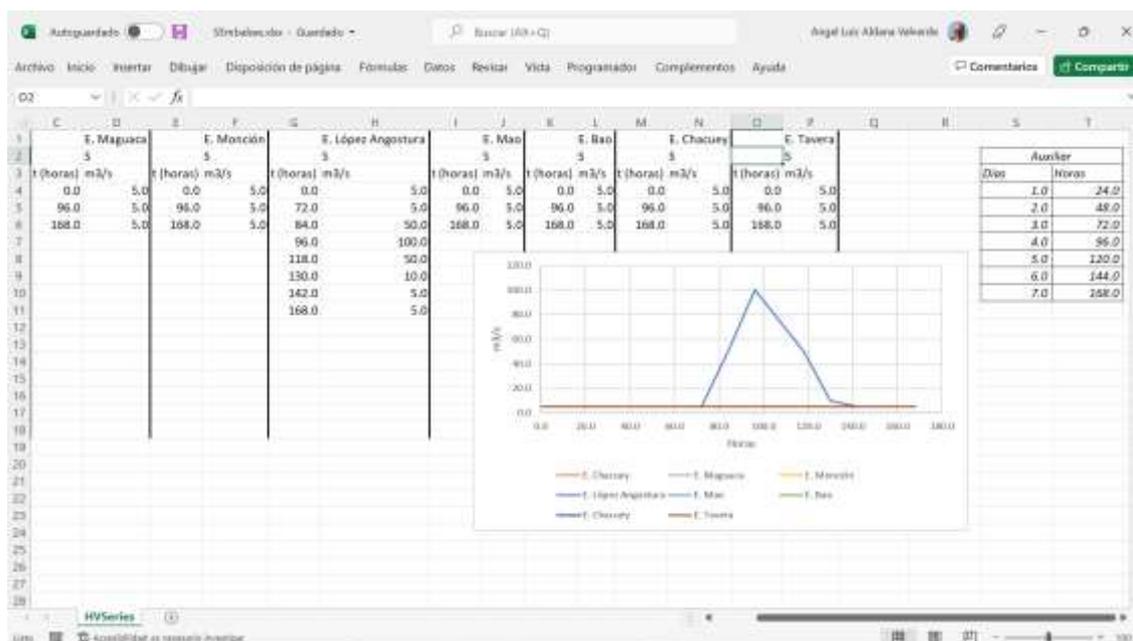


Figura 17-3.- Ejemplo de datos de salida de embalse para Ges

La definición de las precipitaciones se realiza en el archivo de configuración.

## 17.5 Comandos

Cuenta con un único comando, *ges*, cuyas opciones son:

Argumentos:

```
-plt_p_t: Muestra una tormenta correspondiente a un instante t (no
guarda resultados)
    p= Nombre de la hoja con parámetros de la tormenta
    t_ini= Instante inicial en formato (entre comillas) %d/%m/%Y
%H:%M
    t= Instante del resultado en formato (entre comillas) %d/%m/%Y
%H:%M
-plt_p_i: Muestra una animación de una tormenta para un intervalo (no
guarda resultados)
    p= Nombre de la hoja con parámetros de la tormenta
    t_ini= Instante inicial en formato (entre comillas) %d/%m/%Y
%H:%M
    t_fin= Instante del resultado en formato (entre comillas)
%d/%m/%Y %H:%M
-masc_areas: Crea la máscara de subcuencas para cálculos areales
-calc_p: Realiza todos los cálculos de generación de precipitaciones
-calc_s: Genera las salidas de embalses a partir de la hoja con datos
hora-valor
-calc_h: Calcula los modelos MHH
-calc_psh: Realiza los cálculos _p, _s y _h
-gen_epi: Genera el archivo de episodios
    t_fin= Instante final del resultado en formato (entre comillas)
%d/%m/%Y %H:%M
```

Ejemplos:

```

-plt_p_t p=P_1 xlsx_conf=conf_ges.xlsx t_ini="07/05/2020 12:00"
t="08/05/2020 00:00"
-plt_p_i p=P_2 xlsx_conf=conf_ges.xlsx t_ini="07/05/2020 12:00"
t_fin="09/05/2020 12:00"
-calc_p xlsx_conf=conf_ges.xlsx
-calc_s xlsx_conf=conf_ges.xlsx
-calc_h xlsx_conf=conf_ges.xlsx
-calc_psh xlsx_conf=conf_ges.xlsx
-gen_epi xlsx_conf=conf_ges.xlsx t_fin="07/05/2020 12:00"
Modo normal de uso: usar -calc_psh para preparar todos los datos básicos
para el periodo completo con varias tormentas e ir generando archivos de
episodio con distintos t_fin
    
```

El modo de funcionamiento normal será usar el comando *-calc\_psh* con el archivo de configuración en el que se define un periodo de lluvias largo y para las que se calculan los caudales. Después, se irán generando archivos de episodios con el comando *-gen\_epi* de duración determinada (48 horas, por ejemplo). Puede optarse por comandos de cálculos parciales en la fase de configuración inicial del caso de aplicación del módulo. Los comandos tipo *-plt\_* son útiles para la definición de las tormentas.

### 17.6 Configuración

La siguiente figura ilustra los parámetros principales de configuración.

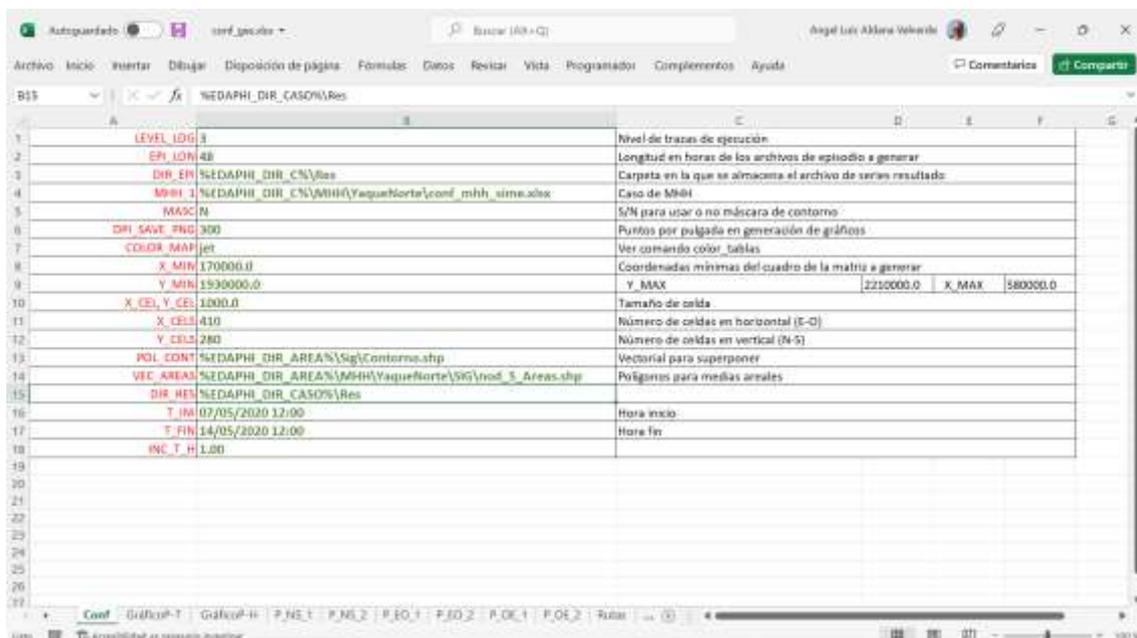


Figura 17-4.- Hoja principal de configuración de Ges

Esta hoja "Conf" se complementa con las definiciones de tormentas de diseño, las cuales se almacenan en hojas que empiecen con "P\_". Si hay varias, pueden superponerse.

En esta versión de Ges sólo se ha incluido un tipo de tormentas, a modo de frente lineal, representado por una línea que se traslada desde un punto inicial, según una dirección y una celeridad. La evolución de la precipitación en el punto de inicio, en tiempo, tendrá una forma de trapecio isósceles, el cual se puede definir por una base, las proyecciones de los lados laterales sobre dicha base y un valor máximo expresado en intensidad de precipitación.

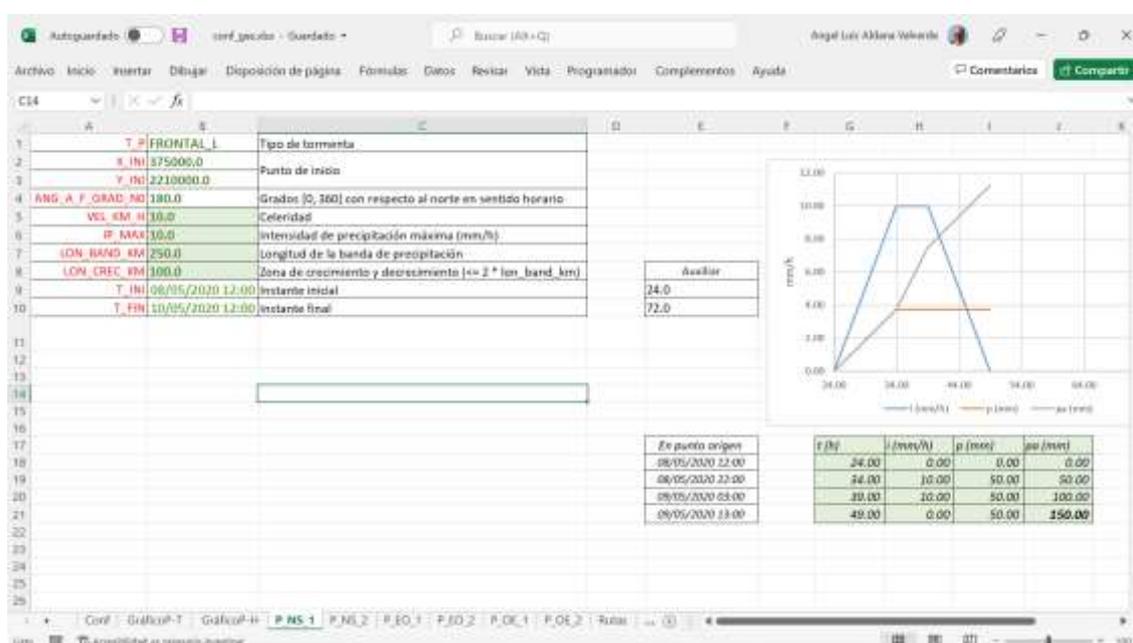


Figura 17-5.- Configuración de una tormenta

Aunque finalmente se opta por definir el trapecio por las mismas dimensiones en tiempo expresadas en su lugar en distancias según la celeridad de desplazamiento del frente, según el siguiente esquema:

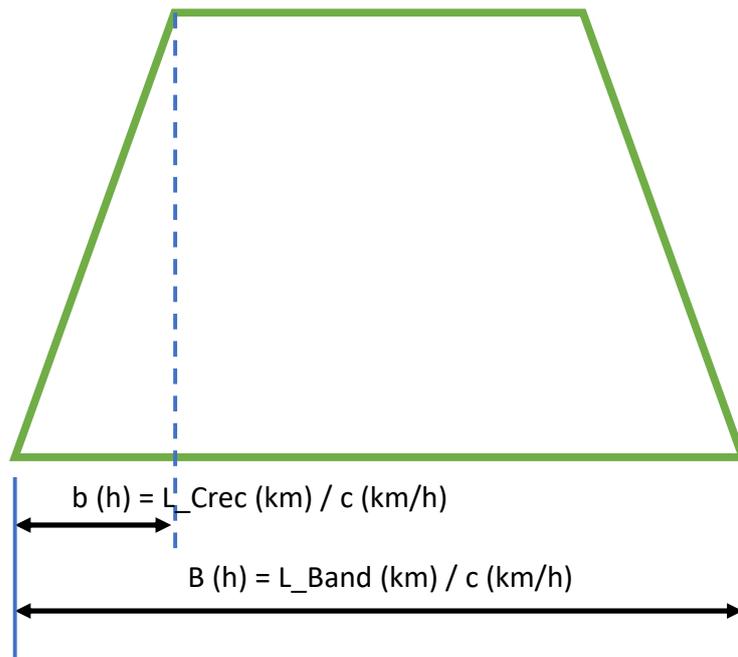


Figura 17-6.- Definición del frente de la tormenta

Así resulta la forma del frente que se desplaza.

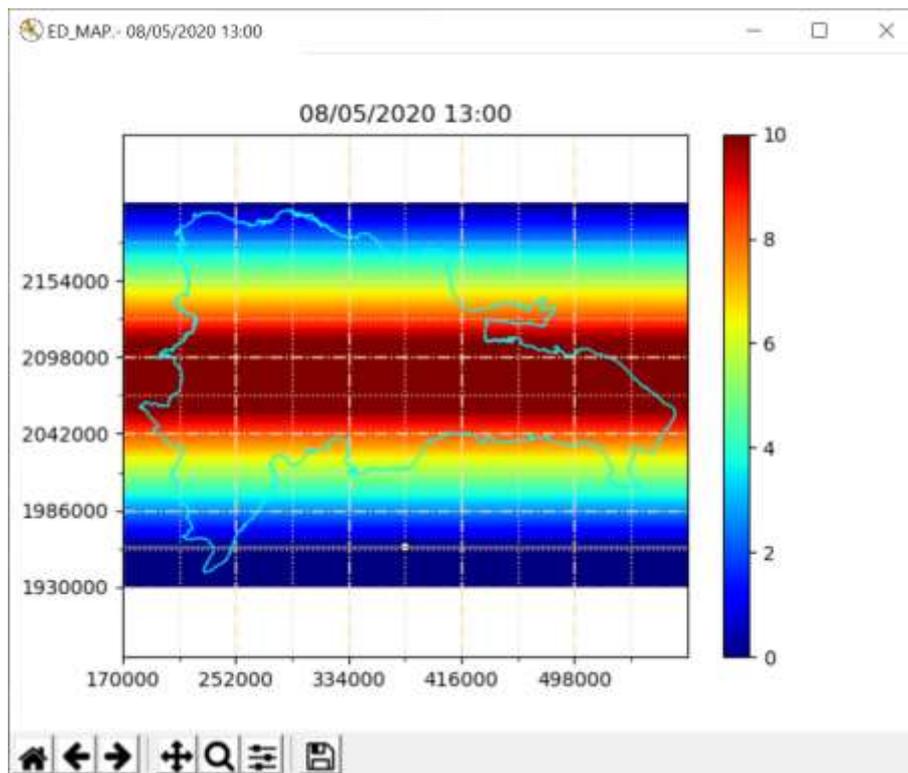


Figura 17-7.- Ejemplo de tormenta en un instante dado. Gráfico generado con el comando `ges -plt_p_t`

Este tipo de tormenta tiene interés para el entrenamiento, pues el efecto de frentes que ascienden o descienden a través de una cuenca de cierta complejidad puede confundir en cuanto a tiempos de respuesta de subcuencas y de propagación en cauces.

Las variables de salida que se desean para generar archivos de episodios, los que servirán como dato simulado, se almacenarán en la hoja "STGen".

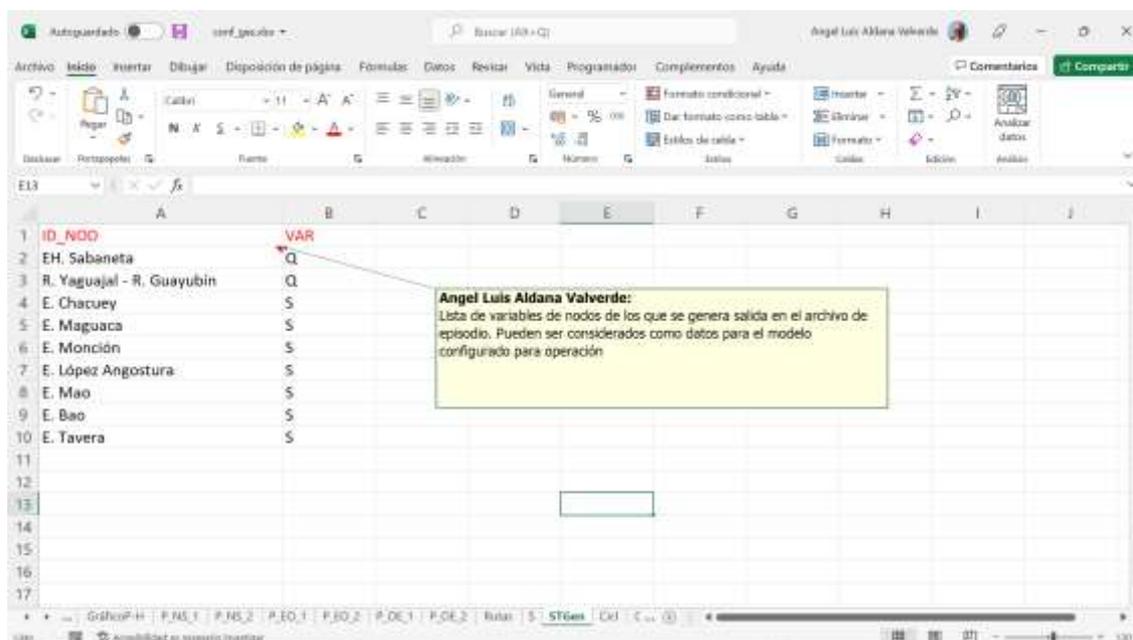


Figura 17-8.- Especificación de las variables de salida para generar archivos de episodios en la hoja STGen

Cabe especificar el archivo de los datos de caudales de salida de embalse en la hoja "S". Ello facilitará trabajar con varias opciones de movimientos de válvulas y compuertas de las presas

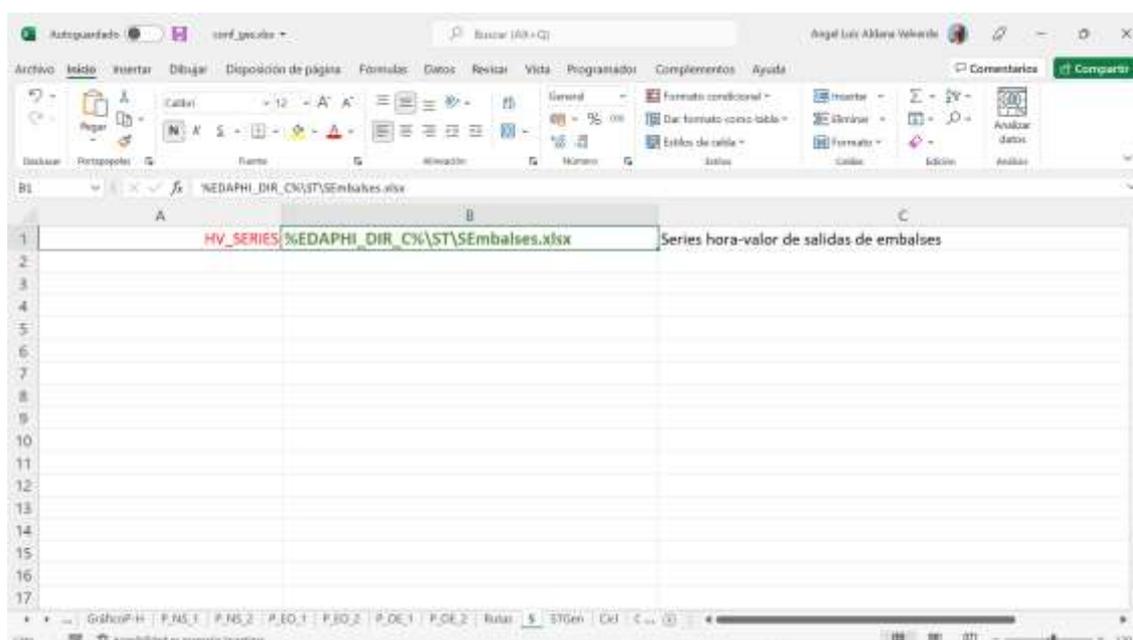


Figura 17-9.- Especificación del nombre de archivo de series de caudales de salida de embalses,

## 17.7 Resultados

Los resultados de las tormentas se almacenarán en archivos matriciales de texto (mallas en formato ASC) y en gráficos PNG.

Las variables de precipitaciones areales y de caudales simulados se almacenarán en archivos XLSX. Estos serán los archivos de interés especial para que sirvan de entrada para los modelos en tareas de entrenamiento. Los de las mallas tendrán propósitos ilustrativos

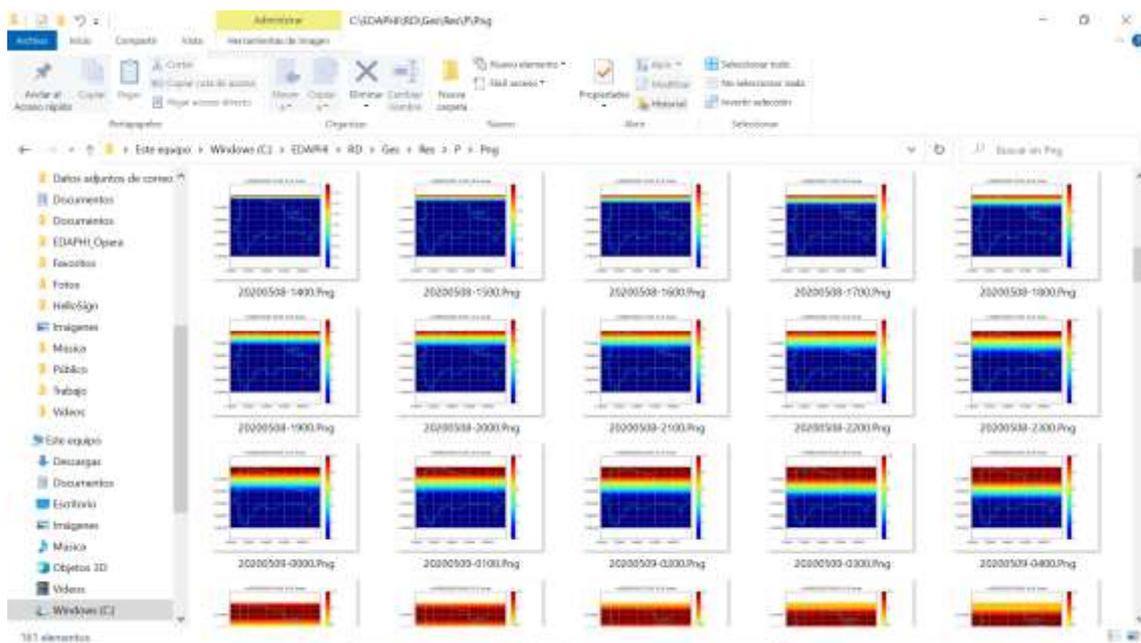


Figura 17-10.- Resultados gráficos

## 17.8 Instalación

No tiene necesidades especiales de instalación, salvo lo relacionado con el caso MHH integrado (ver el capítulo dedicado a MHH).

## 18 EDAPHI-Web. Publicación de resultados

---

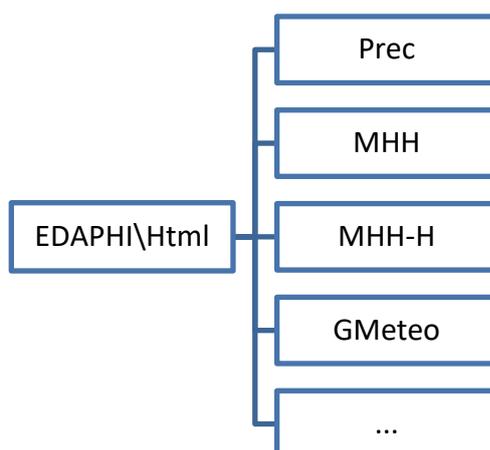
### 18.1 Introducción

Los módulos EDAPHI cuentan con utilidades para generar archivos apropiados para la publicación web de resultados. Estas capacidades se emplean para la construcción de un sitio web, que puede ser usado en modo local (en el ordenador), organizando los resultados de modo que su consulta sea ágil y cómoda, o para publicar en Internet.

*Nota: a lo largo de este documento se incluyen algunos ejemplos de generación de resultados para su publicación en web, desde algunos módulos, en sus capítulos correspondientes*

### 18.2 Organización de archivos

La web se organiza en la carpeta *Html* de la carpeta principal de EDAPHI, usando una subcarpeta para cada módulo.



Cada módulo se organiza de forma libre, aunque manteniendo de algún modo la estructura general de carpetas EDAPHI.

### 18.3 Publicación

La mayor parte de los resultados que se usan forman parte de las salidas gráficas de cada módulo, por lo que tan solo es necesario copiarlas a la carpeta *EDAPHI\Html*. Esta es la carpeta con los archivos definitivos que se publicará en Internet. El responsable o administrador del sistema de publicación en web de la institución será quien decida cómo realizar esto. Puede ser tan sencillo como subir periódicamente los archivos a un servidor web via ftp, lo que también puede realizarse con comandos de EDAPHI (ver apartado 18.9)

## 18.4 Implementación de las páginas

Las páginas que se han escrito para los proyectos en lo que se ha aplicado EDAPHI son sencillas. Su modificación y ampliación no requiere conocimientos avanzados. Se han implementado escribiendo su descripción con un editor de texto en lenguaje HTML, incorporando algunos bloques con funciones JavaScript.

## 18.5 Carpetas y resultados de cada módulo

En la subcarpeta de los módulos pueden encontrarse algunos archivos que se generan específicamente, tales como archivos PNG, que pueden usarse en la página web copiándose en la carpeta *EDAPHI\Html*. Parte estos archivos estarán almacenados en la carpeta *Res* de cada módulo, y otros en *Res\Html*. Otros archivos pueden generarse directamente en la carpeta general. También cabe la posibilidad de cargar directamente, desde cada módulo, los archivos en el servidor, pero se aconseja, para control y validación de ejecución de aplicaciones, construir en local (*EDAPHI\Html*) una colección completa de todos los archivos que se publican.

El sistema es flexible, como indica el párrafo anterior. Será el responsable de cada proyecto el que tendrá que decidir al respecto. Pero aquí se ofrecen unos consejos que han dado buen resultado en el uso de las opciones que ofrece EDAPHI, aunque se basen en prácticas de tener copias de archivos en varios lugares.

## 18.6 XML con datos generales del cálculo

Los módulos generan archivos XML, con nombre *gen.xml*, con contenidos como el siguiente, relacionado con los datos generales acerca de los cálculos y resultados:

```
<PARAMS_EDAPHI>
  <PARAM>
    <DESC>Instante inicial</DESC>
    <ID>t_ini</ID>
    <VALUE>20/04/2019 14:00</VALUE>
  </PARAM>
  <PARAM>
    <DESC>Instante final</DESC>
    <ID>t_fin</ID>
    <VALUE>22/04/2019 14:00</VALUE>
  </PARAM>
  <PARAM>
    <DESC>Instante actual</DESC>
    <ID>t_0</ID>
    <VALUE>20/04/2019 14:00</VALUE>
  </PARAM>
  <PARAM>
    <DESC>Intervalos</DESC>
    <ID>n_int</ID>
    <VALUE>49</VALUE>
  </PARAM>
```

```
<PARAM>
  <DESC>Longitud intervalos (min)</DESC>
  <ID>inc_t_min</ID>
  <VALUE>60</VALUE>
</PARAM>
<PARAM>
  <DESC>Tiempo máximo de previsión (horas)</DESC>
  <ID>hours_fut</ID>
  <VALUE>48.0</VALUE>
</PARAM>
<PARAM>
  <DESC>Explicación del modelo</DESC>
  <ID>explain_mod</ID>
  <VALUE>Se presentan productos a partir resultados del modelo numérico del tiempo
HARMONIE-AROME transformados en información útil para la hidrología operacional.
Los datos son proporcionados por AEMET:
  http://www.aemet.es/es/el tiempo/prediccion/modelosnumericos/harmonie_arome</VALUE>
</PARAM>
</PARAMS_EDAPHI>
```

Las páginas Html cuentan con código JavaScript para la lectura y uso de estos archivos.

## 18.7 Tablas de series temporales en formato HTML

EDAPHI cuenta con varias posibilidades de generar tablas en formatos HTML, a través de comandos comunes (ver apartado 18.9)

## 18.8 Código JavaScript

Las colecciones de archivos de los proyectos EDAPHI incluyen módulos JavaScript (archivos .js) con utilidades que facilitan algunas tareas, tales como la lectura de los archivos XML y la incorporación de su información en las páginas.

## 18.9 Uso de comandos comunes

En los capítulos de los respectivos módulos pueden encontrarse ejemplos del uso de comandos comunes para generar resultados complementarios a los que ofrece la aplicación de manera general. Hay otros comandos que pueden resultar útiles, algunos de los cuales se describen a continuación.

Los comandos *arch\_csv* o *arch\_xls* pueden generar archivos HTML para su publicación web.

Un ejemplo es:

```
arch_xls -xlsx_to_html
xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\Prec\Res\%d\areales.Stats.xlsx n_Sheet=Stats
html=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\Prec\subc_stats_%d.html
n_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
```

La utilidad *ts\_util* genera listados de variables en formato HTML, y muchas otras utilidades generan archivos CSV o XLSX que pueden ser transformados a HTML con los comandos anteriores.

También el comando *vec* proporciona utilidades para generar archivos HTML.

Ejemplo:

```
vect -recs n_shp=%EDAPHI_DIR_AREA%\Sig\mac_cuencas.shp
n_html=%EDAPHI_DIR_AREA%\Html\Hidro\Prec\macrocuencas-rec.html
n_css="/hidro/cmn/edaphi.css"
```

Se recuerda aquí lo indicado para el módulo MHH (ver apartado 14.13.1) relativo a publicación de resultados para su consulta con Google Earth, haciendo uso de *mod - kml\_res*, como en el ejemplo siguiente:

```
mod -kml_res root_web=https://sipif.indrhi.gob.do/hidro/mhh/YaqueNorte
dir_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Kml
xlsx_conf=%EDAPHI_DIR_C%\conf_mhh_yn_op.xlsx main_g=MHH_RD_YN.kml
```

### 18.10 Ejemplo del SAIH Segura

El sitio específico para los resultados EDAPHI es accesible desde la URL <http://www.saihsegura.es>, cuando se elige el usuario EDAPHI y se introduce la contraseña. Este aspecto del sitio es gestionado por el personal informático del equipo Murcia del SAIH-Segura.

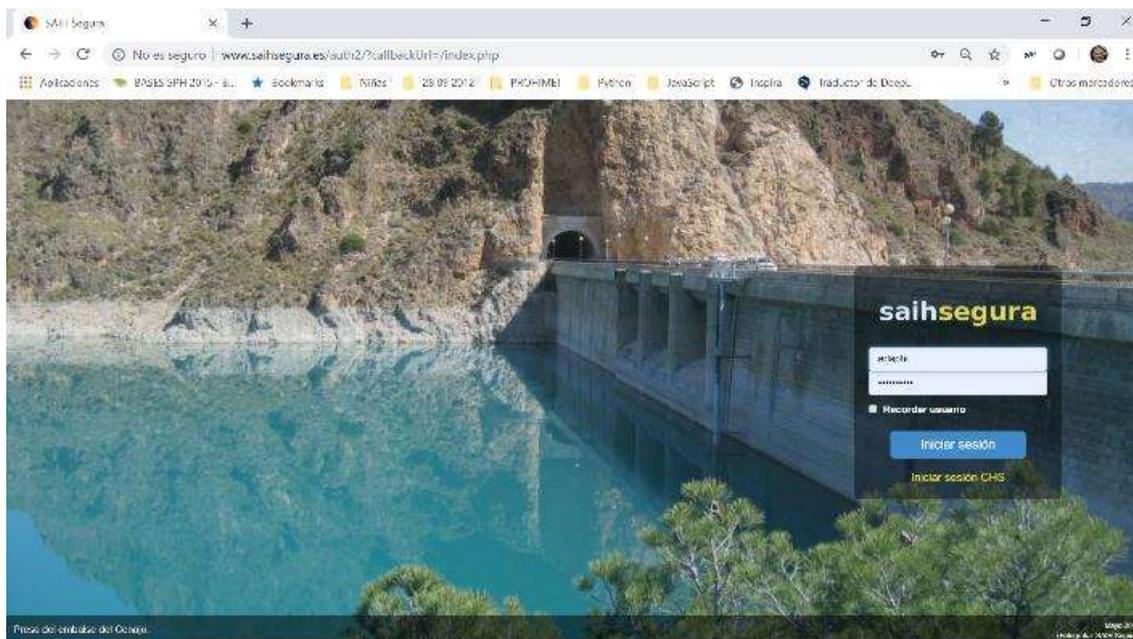


Figura 18-1.- Ventana de acceso al sitio a través de la url <http://www.saihsegura.es>

Una vez superada la autenticación del usuario se muestra la página que ofrece acceso a la información de cada módulo o caso de aplicación.

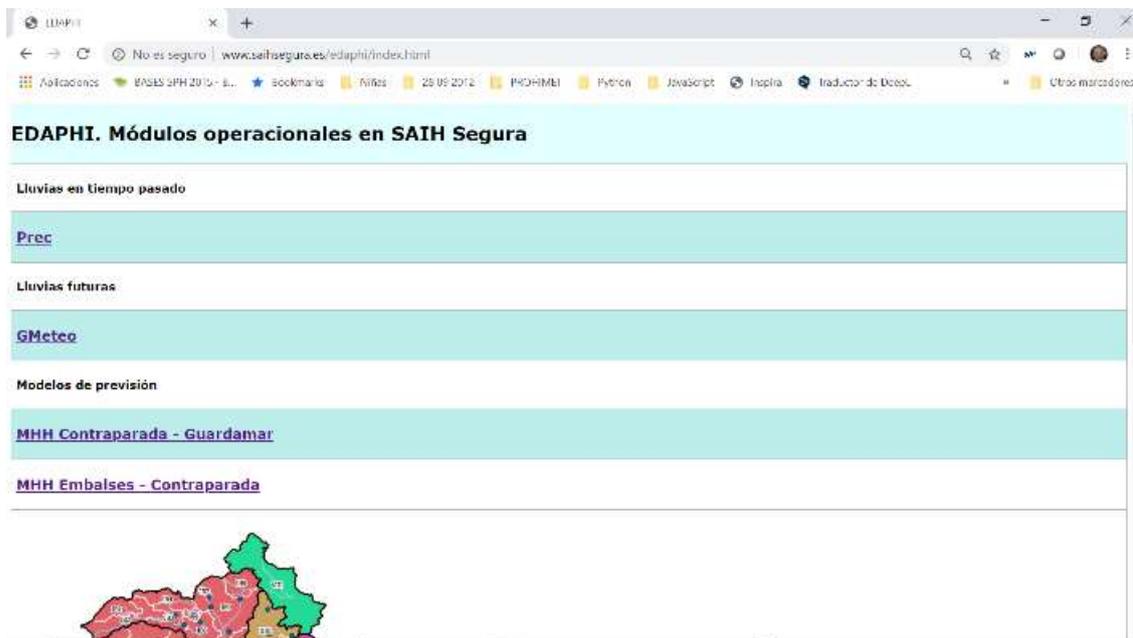


Figura 18-2.- Primera página. Acceso a los módulos y casos de aplicación

Algunas páginas ofrecen una primera síntesis y acceso a información de detalle, como la de Prec.

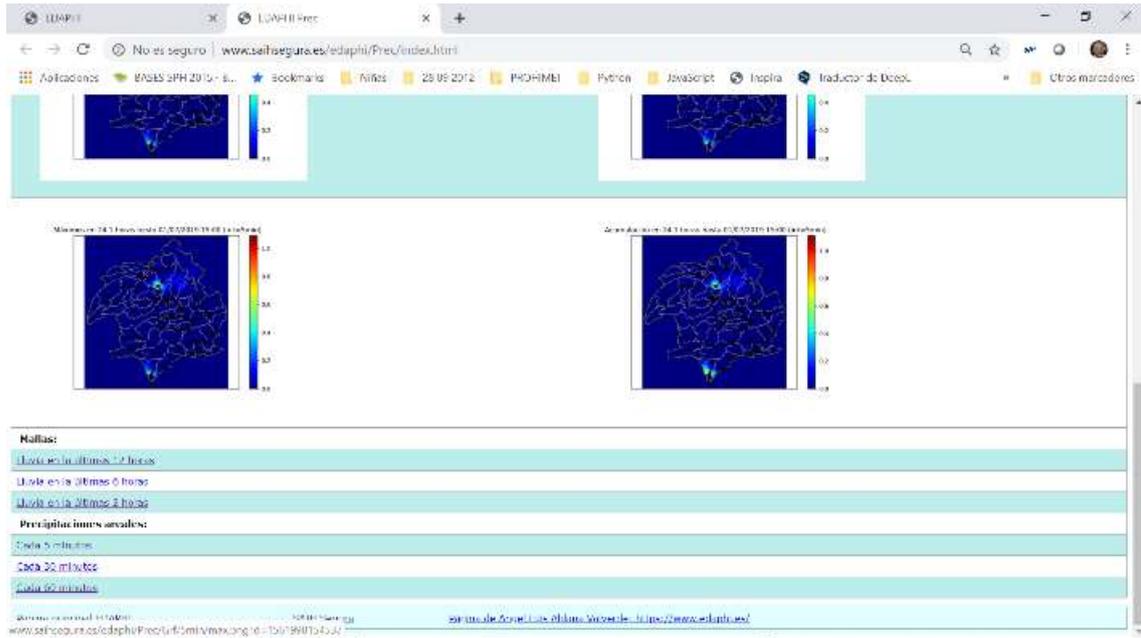


Figura 18-3.- Aspecto de la primera página del módulo Prec

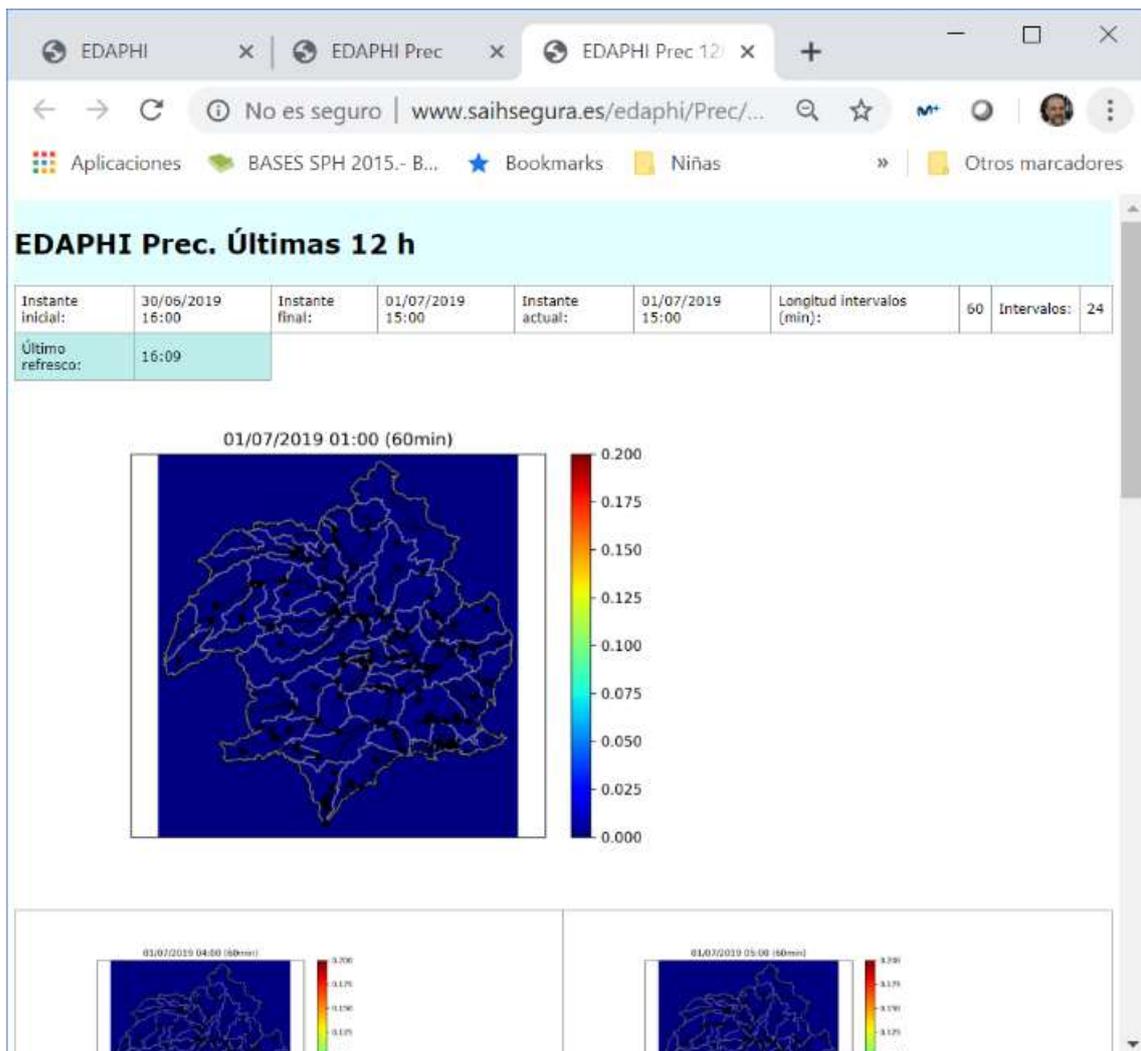


Figura 18-4.- Unas de las páginas de detalle del módulo Prec

El mismo módulo Prec genera tablas HTML que son usadas en el sitio.

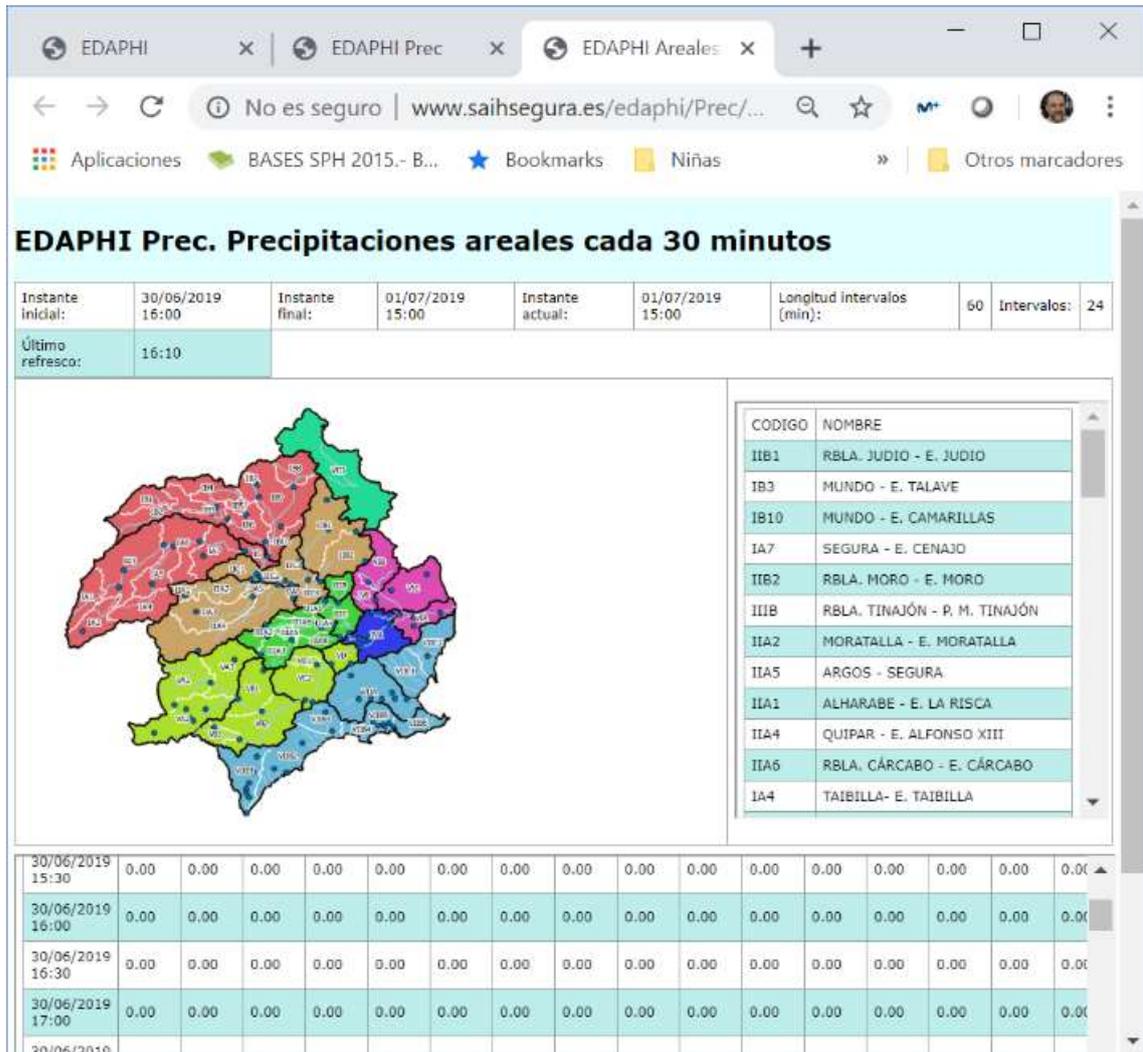
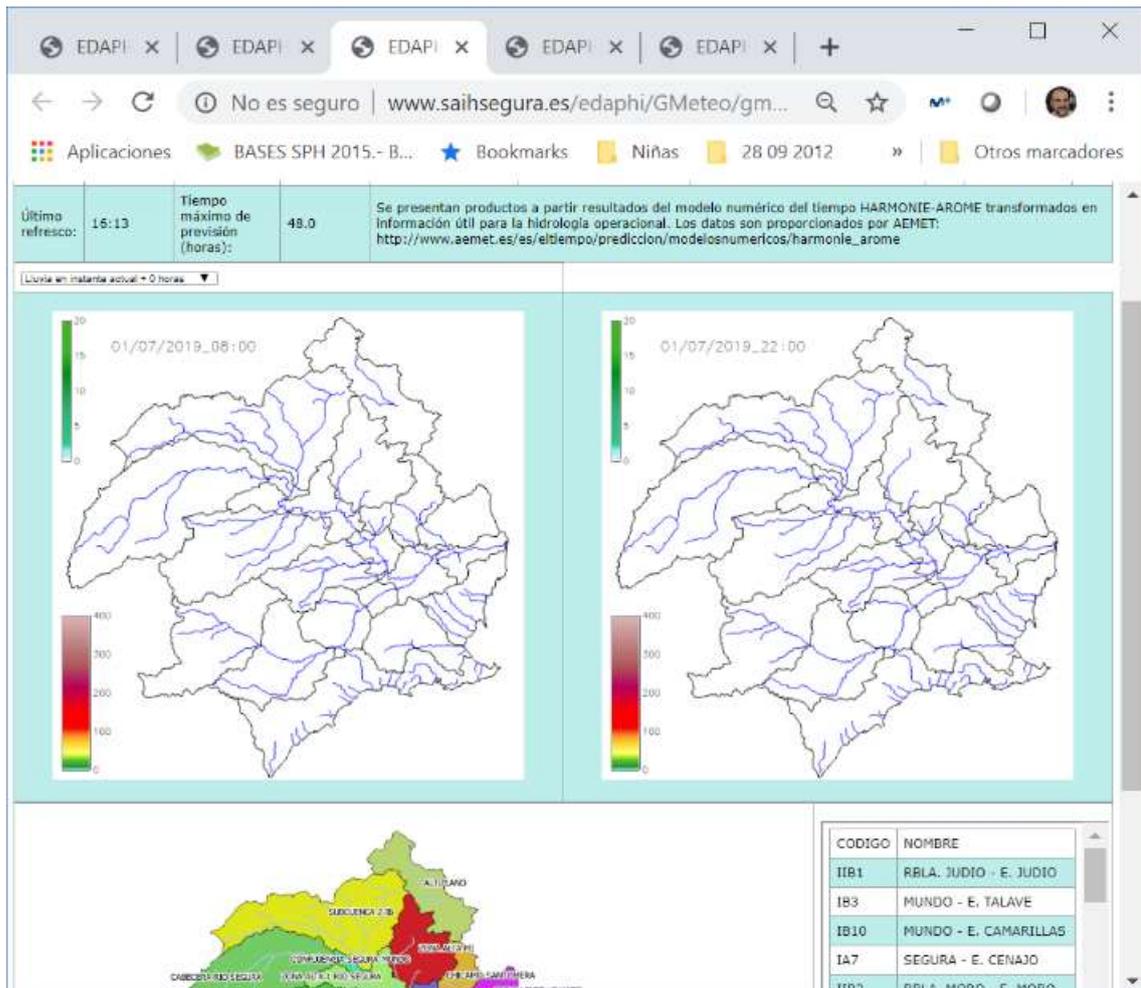


Figura 18-5.- Página de Prec con tablas de series temporales de precipitaciones areales



**Figura 18-6.- Una de las páginas de GMeteo con animaciones Gif y acceso a gráficos de un intervalo específico**

Los diferentes gráficos que genera MHH son presentados directamente en las páginas web de los casos de aplicación.

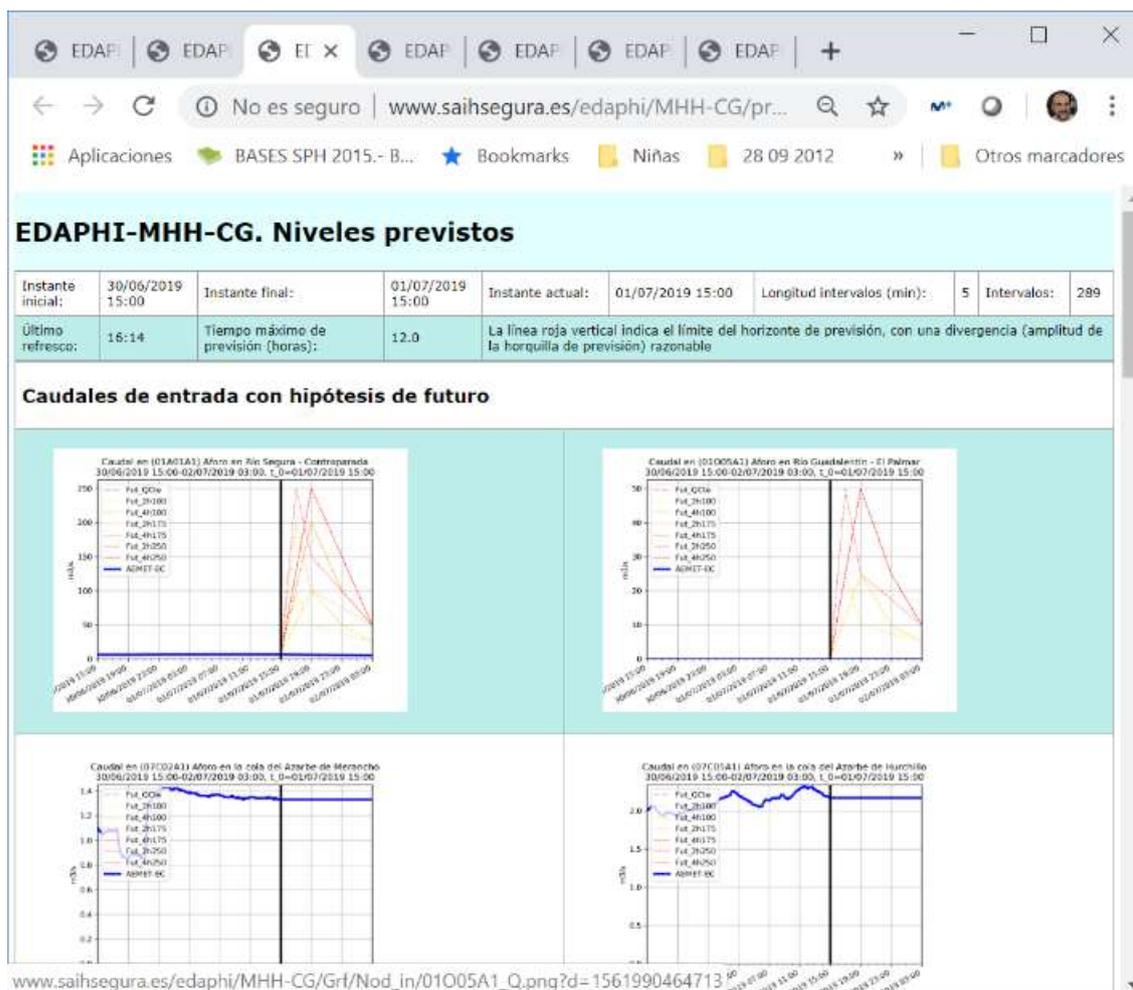
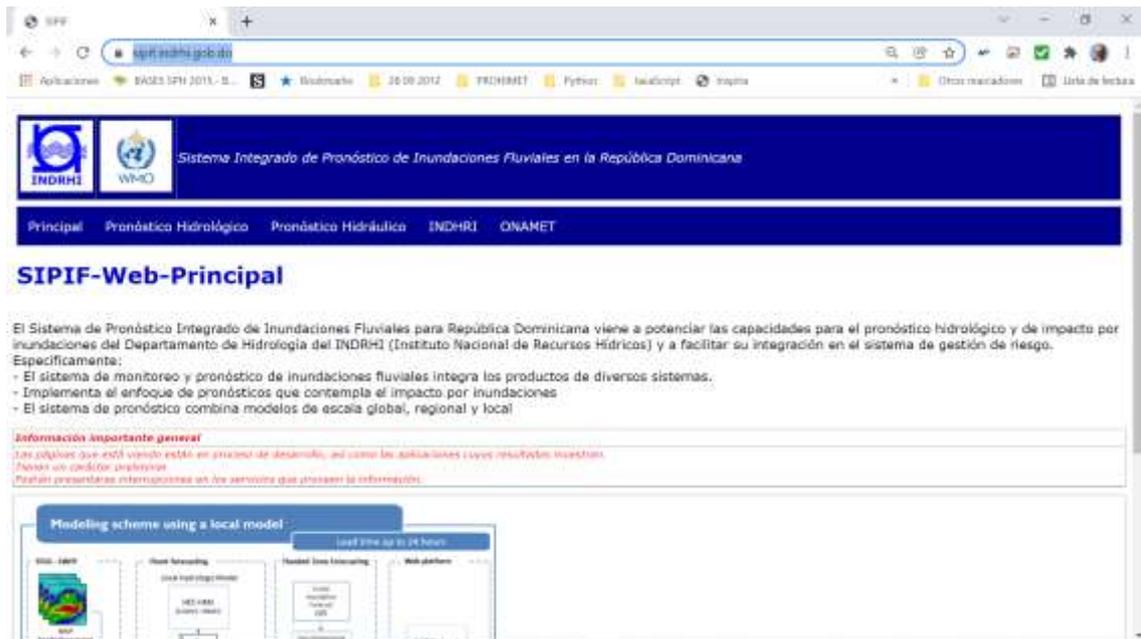


Figura 18-7.- Una de las páginas de consulta del módulo MHH

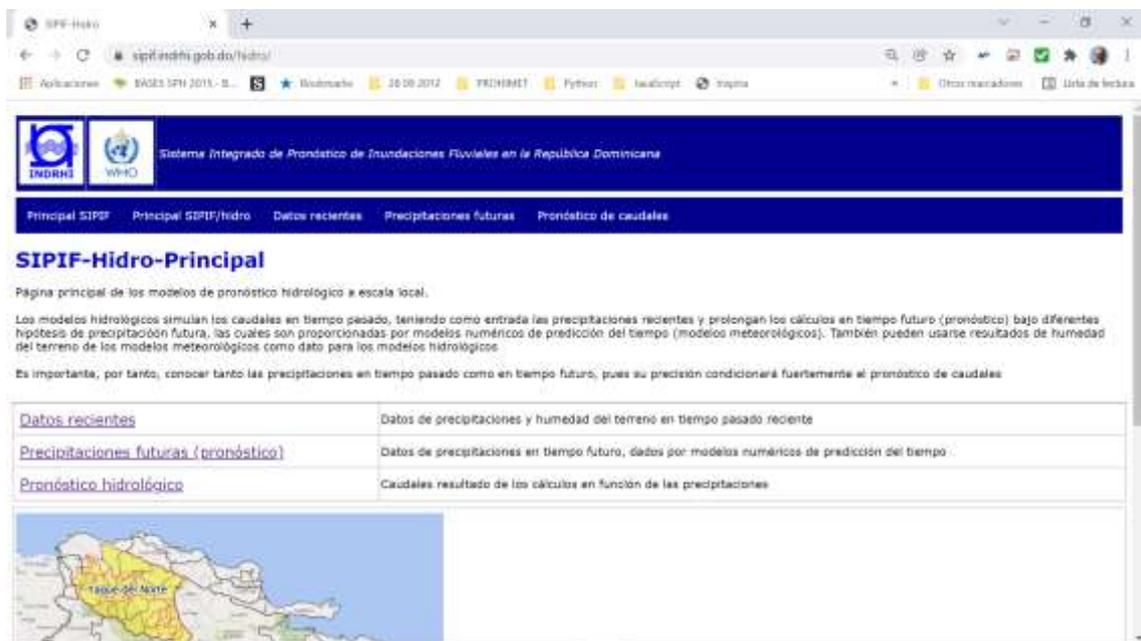
### 18.11 Ejemplo de República Dominicana

Se accede a una página (<https://sipif.indrhi.gob.do/>) que da acceso a los pronósticos hidrológicos (los generados con EDAPHI) y a los hidráulicos, que forman parte de un sistema más complejo "Sistema de Pronóstico Integrado de Inundaciones Fluviales para República Dominicana" (<https://community.wmo.int/activity-areas/hydrology-and-water-resources/IRFF-in-Dominican-Republic>).



**Figura 18-8.- Página principal de SIPIF, el sistema Sistema de Pronóstico Integrado de Inundaciones Fluviales para República Dominicana**

Se ha organizado la web de pronóstico hidrológico en tres áreas: datos recientes, precipitaciones futuras y pronóstico hidrológico.



**Figura 18-9.- Organización principal de la información hidrológica en la web de SIPIF**

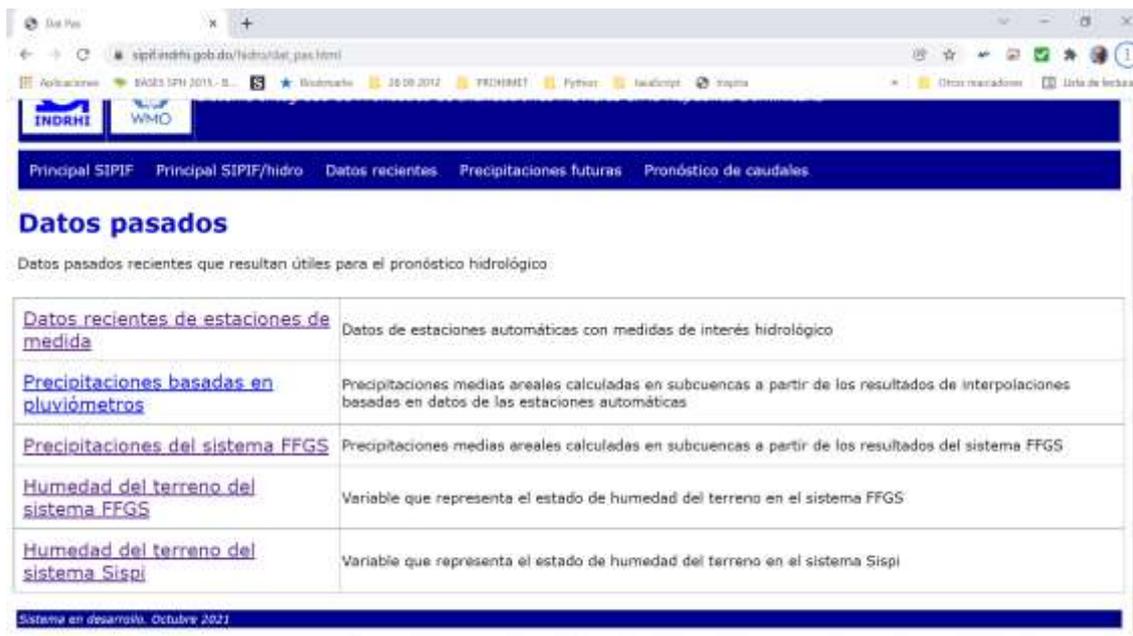


Figura 18-10.- Datos pasados de interés en el pronóstico hidrológico en SIPIF

Las formas de representación de las variables espaciales son muy similares, ya sean humedad del terreno, precipitaciones pasadas o futuras.

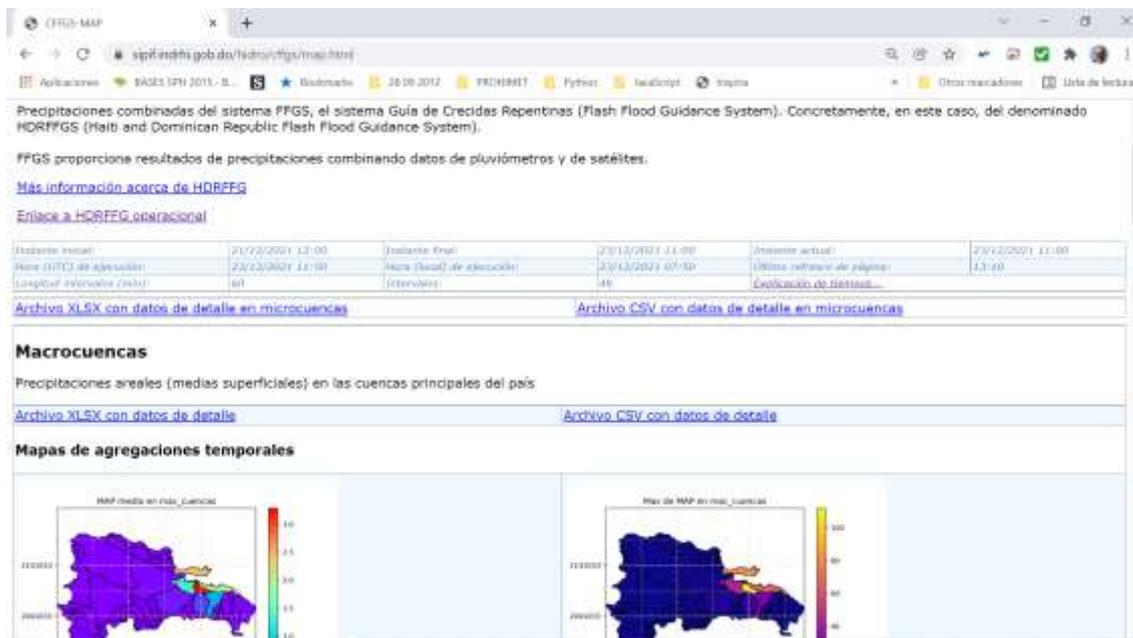


Figura 18-11.- Consulta de información de lluvias pasadas para el pronóstico hidrológico en SIPIF

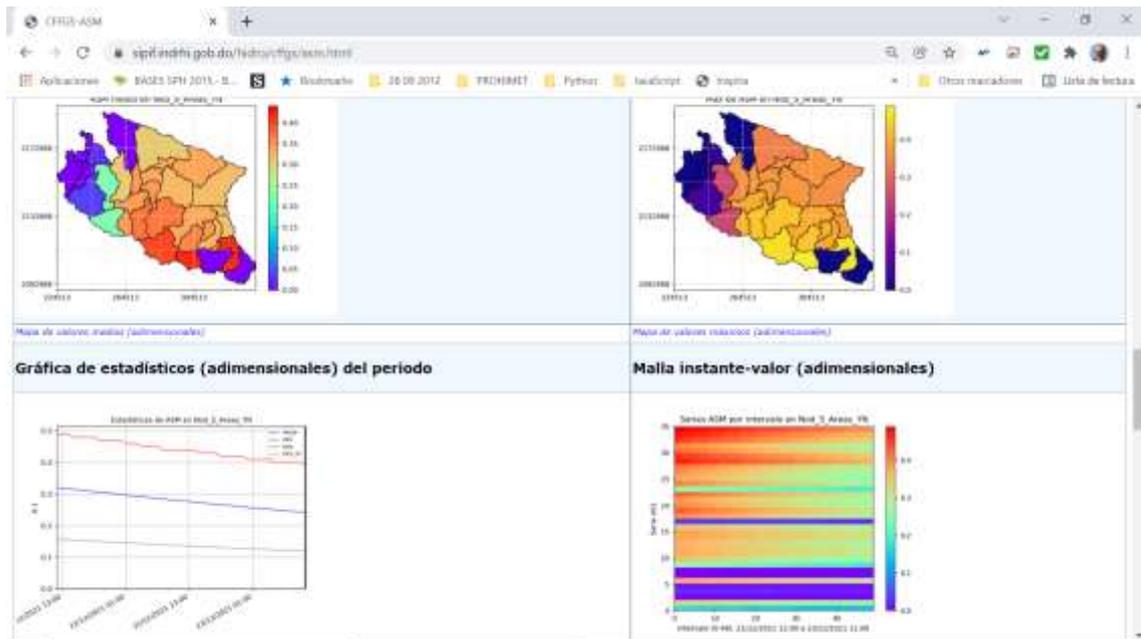


Figura 18-12.- Detalle de página sobre humedad del terreno en el módulo hidrológico de SIPIF

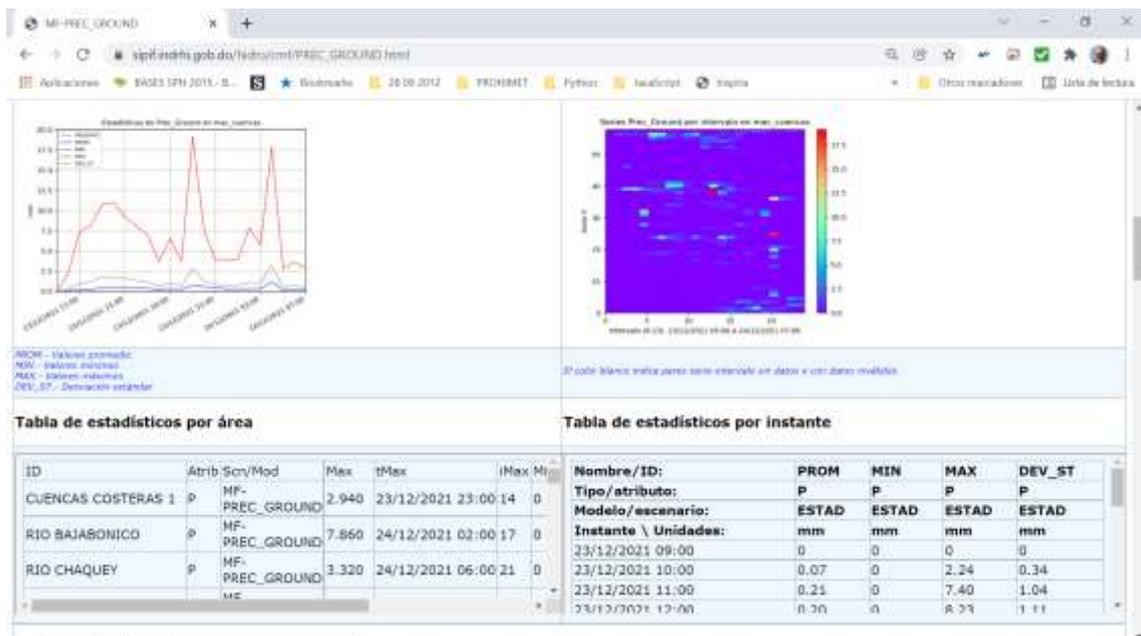


Figura 18-13.- Detalle de lluvias futuras en el módulo hidrológico de SIPIF

Cuando se trata de una cuenca compleja, cabe la opción de clasificar puntos de interés para simplificar las páginas relacionadas o facilitar el acceso a puntos concretos (caso Yaque del Norte).

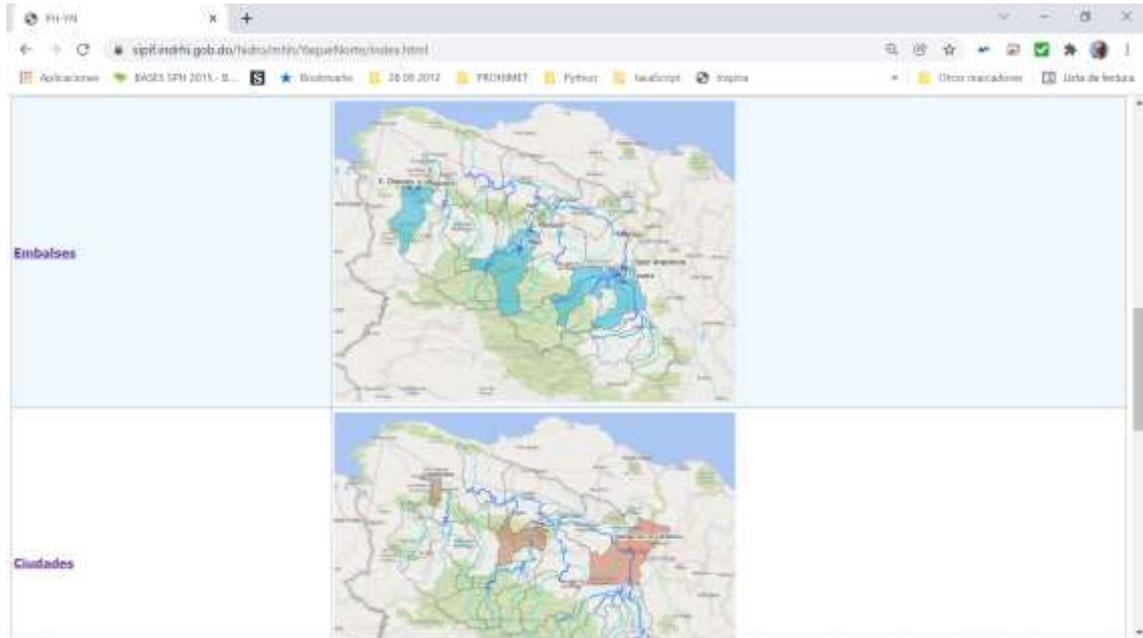


Figura 18-14.- Clasificación de puntos de interés en una cuenca compleja del sistema SIPIF

Mientras que cuando la cuenca es menor y más sencilla, cabe organizar toda la información de pronóstico en una sola página (caso Haina).

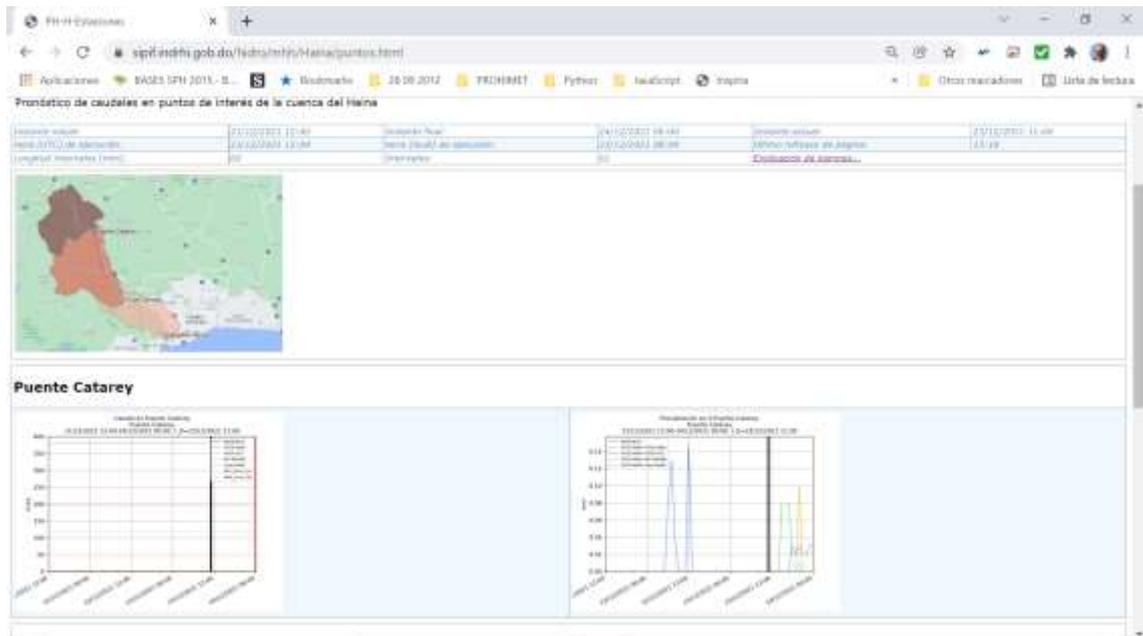


Figura 18-15.- Página de acceso a toda la información para un caso hidrológico sencillo en SIPIF

## 19 EDAPHI-GHR. Utilidades para la modelación hidráulica combinando Hec-Ras, Grass y otra posible aplicación SIG

---

### 19.1 Introducción

La aplicación GHR ha sido diseñada para la realización de cálculos hidráulicos unidimensionales de tramos de ríos con el modelo Hec-Ras (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras>). Su función principal es la de facilitar la definición geométrica del tramo, usando un modelo digital del terreno (MDT) para la obtención y operación con cotas de la superficie del agua y de la del suelo.

Además de la aplicación Hec-Ras, la base de GHR es el SIG (Sistema de Información Geográfica) Grass (<https://grass.osgeo.org/>). Aunque puede usarse otro SIG en algunas tareas.

### 19.2 Funcionalidad de la aplicación

La aplicación trabaja sobre un MDT, en formato ráster (matricial), como una de las principales fuentes de información. Ofrece dos posibilidades:

1. Con el MDT y junto a unas capas SIG vectoriales de ejes longitudinales y plantas de las secciones transversales al cauce, genera un archivo (tipo SDF, ver apartado "Intercambio de información con Hec-Ras a través de archivos SDF") que contiene la caracterización hidráulica del tramo de río, incluyendo las definiciones verticales de las secciones transversales, cuyas cotas se habrán obtenido del MDT.
2. A partir de un archivo SDF exportado desde Hec-Ras, genera las capas vectoriales de ejes y secciones y, si incluye los resultados de cálculo, genera también las áreas de inundación. La aplicación puede generar también las capas SIG de los límites de las zonas inundables incluidos en el SDF, pero también admite que éstos sean modificados por el usuario para condicionar la interpolación de los calados de agua en el terreno, todo ello usando el MDT.

La aplicación cuenta con comandos *a\_sdf* para el primer bloque de tareas y *de\_sdf* para el segundo (ver apartado 19.4)

#### 19.2.1 Intercambio de información con Hec-Ras a través de archivos SDF

En el apéndice B del manual de usuario de Hec-Ras ("River Analysis System, HEC-RAS, User's Manual"), titulado "Hec-Ras Data Exchange", se describe el archivo denominado "Spatial Data Format". GHR escribe un archivo de este tipo a partir de

información en formato SIG (vectoriales y raster), con la caracterización del tramo de río, que Hec-Ras puede leer. También puede leer este tipo de archivo, generando en este caso un conjunto de capa SIG.

### 19.3 Diseño de la aplicación

Pueden encontrarse otras soluciones que ofrecen utilidades que satisfacen GHR. Entre otras, cabe destacar las siguientes:

- RiverGIS. "RiverGIS es un plugin QGIS para crear geometría de modelo de flujo HEC-RAS a partir de datos espaciales. La funcionalidad es similar a la de HEC-GeoRAS. Para el almacenamiento de datos y operaciones espaciales necesita una base de datos PostGIS" (<http://www.rivergis.com>)
- Hec-GeoRas: "HEC-GeoRAS es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades para el procesamiento de datos geospaciales en ArcGIS utilizando una interfaz gráfica de usuario (GUI)" (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas>).

La primera solución, RiverGIS, se basa en el software libre SIG QGIS (<https://www.qgis.org/>), pero requiere una base de datos PostGIS (<http://www.postgis.net>). La segunda, Hec-GeoRas, se basa en la aplicación ArcGIS (<http://www.arcgis.com>), que es comercial.

Ambas son más completas y, por ello, más complejas que GHR, la cual se ha concebido para lograr una solución rápida y eficaz para la modelación unidimensional de tramos de río.

*GHR ha sido diseñado para los problemas habituales en la práctica profesional de la hidrología operacional*

GHR sólo depende de Grass y usa el intérprete de Python que lleva asociado, por lo que no tiene exigencias especiales en la instalación.

Algunas tareas que se realizan con GHR, también podrían realizarse desde el mismo Hec-Ras. Pero el empleo de herramientas SIG especializadas se considera ventajoso desde muchos puntos de vista.

#### 19.3.1 Aplicaciones básicas que integran GHR

GHR se basa en el SIG Grass para, a partir de información geográfica, generar archivos SDF, con la caracterización hidráulica de un tramo de río o canal, que puede leer Hec-Ras. Las capas SIG pueden ser editadas directamente en Grass o importarse

desde archivos SHP y TIF (aunque podrían usarse otros, ver <https://grass.osgeo.org/grass72/manuals/vectorintro.html> y <https://grass.osgeo.org/grass72/manuals/rasterintro.html>),

También puede generar información geográfica a partir de un archivo SDF que HecRas puede generar.

Por sus características útiles en el manejo de información geográfica, el caso de aplicación que se presenta en este documento se apoya en el SIG QGIS (<https://www.qgis.org/>).

### 19.3.2 Estructura de archivos

#### 19.3.2.1 Carpeta de caso (uso)

Todos los archivos de cada caso de aplicación se almacenarán en una carpeta que se denominará "Carpeta de caso", la cual se organizará en subcarpetas:

- *A\_Sdf*.- Almacena los archivos vectoriales que caracterizan la modelación hidráulica que se almacenará en el archivo "a\_hecras.sdf" preparado para ser importado desde Hec-Ras.
- *De\_Sdf*. - Almacena los archivos que se generan a partir de un SDF (De\_HecRas.sdf) generado desde Hec-Ras
- *Grass*. - La carpeta de Grass ("GRASS GIS database directory)
- *HecRas*. - Carpeta de HecRas
- *Cntrl*. - La aplicación irá generando archivos tipo LOG (extensión LOG) que almacenan trazas de ejecución de los diferentes comandos
- *SIG*. - Carpeta opcional en el que se almacenan algunos archivos de interés para el caso de aplicación
- *Sdf*. - Carpeta en la que se almacenan los archivos SDF (RAS GIS export files)

Se recomienda que las carpetas de caso se estructuren dentro de otra denominada GHR, la cual se incluirá dentro de otra general (*EDAPHI\_DIR*) de las aplicaciones EDAPHI. Por ejemplo, el caso de aplicación a la rambla de Benipila podría estar en:

*%EDAPHI\_DIR%\GHR\Rambblas\Benipila*

#### **Carpeta A\_Sdf**

Las siguientes capas vectoriales serán los principales datos para definir la geometría de un modelo:

Otras capas pueden ser dato o se generadas por GHR:

- *orilla\_a.shp* y *orilla\_b.shp*. - Orillas (“Banks”, en terminología Hec-Ras en inglés) del cauce principal.

Y las siguientes serán resultados de la operación de generación del archivo SDF:

- *intersec\_a.shp*, *intersec\_b.shp*, *intersec\_tramo.shp*. - Intersecciones de ejes longitudinales con las secciones

La aplicación genera copias de archivos a los que añadirá “.copia” antes de la extensión que corresponda.

### Carpeta De\_Sdf

Contendrá capas vectoriales análogas a las que se encuentran en la carpeta *A\_Sdf* salvo que su nombre lleva como prefijo “d\_”: *d\_secciones*, *d\_tramo*, etc. Hay dos diferencias en algunas de las capas:

- Las orillas se nombran con *d\_orilla\_izq* y *d\_orilla\_der*, para indicar cuál es la orilla izquierda y cual la derecha (según el sentido de la corriente, es decir, hacia aguas abajo).
- Los muros se nombran *d\_muros\_puntos*, para recordar que contienen los puntos “Levees” de las secciones de Hec-Ras.

En esta carpeta también se pueden encontrar archivos Tif con los prefijos “calado\_” y “cotas\_agua\_” que almacenan los resultados bidimensionales, obtenidos por interpolación, de las zonas de inundación calculadas por GHR, como alternativa a los mismos resultados que puede proporcionar la aplicación RAS-Mapper asociada a Hec-Ras.

En esta carpeta pueden almacenarse también los límites de inundación (capas vectoriales denominadas con el prefijo *lim\_perfil\_*) de cada perfil longitudinal de cálculo (“profile” de Hec-Ras), que definen el área límite para el cálculo de las zonas inundables. La aplicación ofrece la opción de generar estas o no al obtener información del archivo SDF, pues puede tener interés modificar esta capa a mano para mejorar las interpolaciones de las láminas de agua (ver ejemplo de aplicación en 0)

## 19.4 Comandos

La instrucción *comandos* ofrece una lista de las utilidades disponibles.

Comando	Descripción
<i>a_sdf</i>	Define la geometría de entrada a HecRas (archivo sdf) a partir de los SHP

ayuda	Ayuda
cd_caso	Cambia al directorio de caso
comb_geom	Combina la geometría de dos SDF. El resultado es sdf_prin al que se habrán impuesto puntos de sdf_sec
crea_caso	Crea las subcarpetas de caso a partir de la carpeta principal
crea_loc	Crea el "LOCATION" de Grass en el directorio Grass de caso a partir de las características de un Tif
crea_orillas	Crea las orillas a cierta distancia del eje longitudinal (tramo)
crea_sec	Crea secciones de cierto ancho y cada cierta distancia
de_sdf_geom	Lee el sdf de_hecras.sdf y genera las capas de geometría y las guarda en formato SHP
de_sdf_res_nolim	Lee de_hecras.sdf y los límites de inundación (no usa los del SDF) y genera las capas de inundaciones
de_sdf_res_todo	Lee de_hecras.sdf y genera las capas de inundaciones y sus límites (los definidos en el archivo SDF)
dir_caso	Muestra o asigna el directorio del caso
entorno_ghr	Muestra las variables de entorno
gen_shp_geom	Guarda en archivos SHP los resultados de comandos DE_SDF
gen_shp_tif	Genera los SHP y TIF procedentes de operaciones DE_SDF
gen_shp_tif_no_lim	Genera los SHP y Tiff resultados de comandos DE_SDF pero EXCEPTUANDO los límites de inundación
mdt_a_grass	Importa el archivo mdt.tif de un directorio a Grass
par_tramo	Genera orillas paralelas a tramo a una determinada distancia
vec_a_grass	Incluye los vectoriales en SHP de la carpeta A_Sdf en Grass
vec_a_shp	Guarda los vectoriales de Grass en archivos SHP de la carpeta A_Sdf
docs	Abre una ventana del explorador de la carpeta %EDAPHI_DIR%\Docs
ejecuta_grass	Ejecutar un comando Grass
ejecuta_py	Ejecuta el módulo py que se indique como argumento
ejecuta_py_cmn	Ejecuta el módulo py de la librería general común que se indique como argumento

**Tabla 19-1.- Comandos del módulo GHR**

*El comando Ayuda mostrará el archivo "Ayuda.txt" (ver ilustración siguiente)*

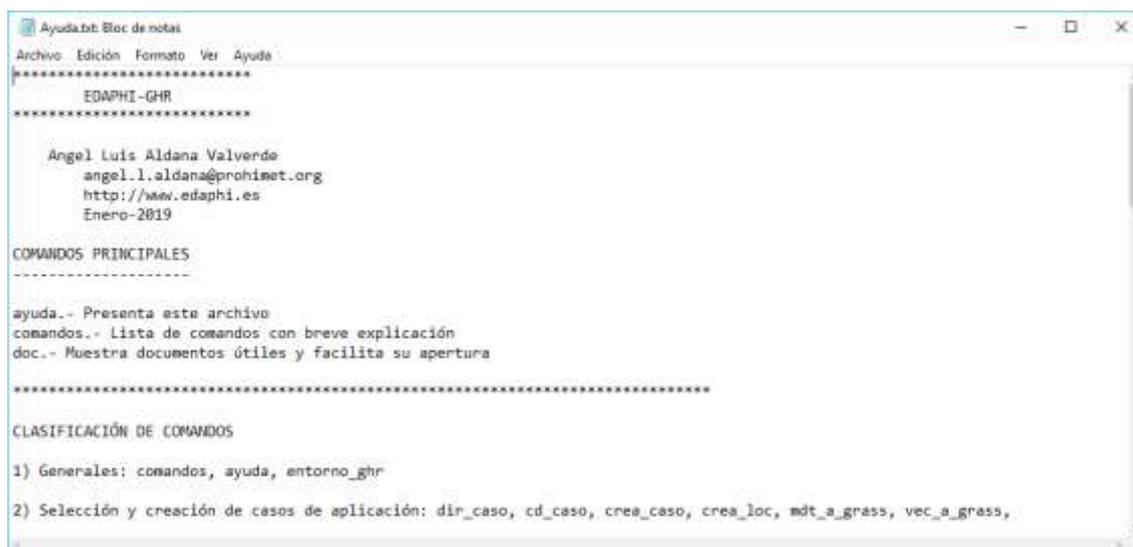


Figura 19-1.- Ventana de ayuda

El comando *doc* facilita el acceso a documentos relacionados con la aplicación.

#### 19.4.1 Clasificación de comandos

- 1) Generales: *comandos*, *ayuda*, *entorno\_ghr*
- 2) Selección y creación de casos de aplicación: *dir\_caso*, *cd\_caso*, *crea\_caso*, *crea\_loc*, *mdt\_a\_grass*, *vec\_a\_grass*, *vec\_a\_shp*, *crea\_orillas*, *crea\_sec*
- 3) Generación de SDF para importar desde HecRas: *a\_sdf*, *comb\_geom*
- 4) Generación de capas a partir de SDF exportado desde HecRas: *de\_sdf\_geom*, *de\_sdf\_res\_todo*, *de\_sdf\_res\_nolim*, *gen\_shp.tif*, *gen\_shp\_tif\_no\_lim*

#### 19.5 Uso de la aplicación

Dado que el uso de esta aplicación es algo más compleja, se extiende este apartado para ilustrar sus posibilidades.

##### 19.5.1 Creación de carpeta de caso

1) Comando *crea\_caso*. Se crearán la carpeta y las subcarpetas necesarias y se copiarán archivos útiles

Ejemplo: *crea\_caso C:\EDAPHI\GHR\Rambblas\Benipila*

2) Comando *crea\_loc*. Se genera el LOCATION necesario para Grass a partir de las especificaciones de un archivo (*mdt.tiff*, por ejemplo)

Ejemplo: *crea\_loc E:\Segura2017\Rambblas\Benipila\SIG\mdt.tif*

Puede usar los comandos *dir\_caso*, *cd\_caso* y *entorno\_ghr*

3) Importar el mdt en Grass o usar el comando *importa\_mdt*. Se sugiere usar un archivo de sombreado (*mdt\_sombra.tif*) para mejorar la visualización

4) Crear los archivos SHP *tramo*, *secciones*, *orilla\_a* y *orilla\_b*

4-1) Examinar los ejemplos para copiar la estructura

4-2) Una opción (recomendable) es crear primero *tramo*, *orilla\_a* y *orilla\_b*, seguido por VEC\_A\_GRASS (para cargar los longitudinales) y finalmente *crea\_sec*

4-3) *orilla\_a* y *orilla\_b* pueden crearse, al menos en primera versión, con *crea\_orillas*, después de crear las secciones. Así, la otra opción es crear *tramo*, después las secciones (punto anterior) y finalmente ambas orillas

5) Seguir uso normal

### 19.5.2 Uso normal

1) Comando *dir\_caso* para seleccionar el caso.

Ejemplo: *dir\_caso C:\EDAPHI\GHR\Ramblas\Benipila*

O emplear el comando *ventana.cmd* en la carpeta del caso de aplicación.

2) Edición de secciones y perfiles. - Usar el comando *vec\_a\_grass* si se editan archivos SHP en aplicaciones como QGIS, para que sean importados a la base de datos Grass

3) Iterar con el uso de las aplicaciones SIG, Hec-Ras y el comando *a\_sdf*

3-1) Comando *a\_sdf* para la generación del archivo GIS de HecRas

3-2) Revise los resultados

3-3) Importar el archivo SDF desde la ventana de geometría de HecRas, configurar el proyecto con el resto de los archivos (opciones) y calcular.

3-4) Usar RasMapper para visualizar los resultados.

4) Cuando se haya alcanzado un primer modelo con Hec-Ras, puede ser recomendable el uso de los comandos *de\_sdf\_*, iterando, en este caso, con los resultados de Hec-Ras en el archivo SDF generado desde esta aplicación.

4-1) Generar, en primer lugar, todas las capas geográficas con *de\_sdf\_geom*

4-2) Usar el comando *de\_sdf\_res\_todo*. Revisar los resultados y modificar los límites de inundación (límites para las interpolaciones de superficies de láminas de agua) donde sea conveniente o necesario.

4-3) Iterar con modificaciones de límites y comprobación de resultados, usando el comando *de\_sdf\_nolim* (para no modificar los límites editados manualmente)

4-4) Si realiza alguna modificación de capas en Grass, puede exportarla con *gen\_shp\_geom*. También se pueden emplear los comandos *gen\_shp\_tif* y *gen\_shp\_tif\_no\_lim*.

5) Puede que sea necesario volver a las iteraciones del punto 3.

## 19.6 Casos de aplicación

Al igual que el anterior, este apartado tiene como fin mostrar las posibilidades de uso de este módulo, algo más complejo.

*En el apartado anterior se ha empleado QGIS, especialmente para editar capas vectoriales. Aunque se puede prescindir de esta aplicación y realizar todas las tareas sólo con Grass. Muchas de las ilustraciones de ventanas de QGIS van acompañadas de las equivalentes en Grass.*

### 19.6.1 Caso completo

#### 19.6.1.1 Preparación de la carpeta de caso

##### **Comando crea\_caso**

Usar el comando *crea\_caso*

Ejemplo: *crea\_caso E:\Segura2017\Ramblas\Benipila*

Este comando creará las carpetas necesarias y copiará o creará algunos archivos útiles.

El comando *cd\_caso* llevará a la carpeta de caso. Con *dir\_caso* será posible cambiar dicha carpeta, es decir, el caso de trabajo.

##### **Contenido del archivo ventana.cmd en una carpeta de caso**

Se recomienda incluir un archivo *ventana.cmd* en el directorio de caso, para mayor comodidad en el uso de GHR, según lo indicado en el capítulo 6. De ese modo, la aplicación se iniciará, debidamente configurada para el caso, al hacer doble click en el explorador de Windows sobre el archivo.

## Preparación de datos SIG

El primer paso es la carga del MDT, para después empezar a definir perfiles longitudinales y secciones transversales.

### Sistema de proyección

Para evitar posibles problemas o dificultades en Grass, todas las capas deben estar referidas al mismo sistema de referencia, el del MDT. En el caso español, pueden emplearse las capas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG, <http://centrodedescargas.cnig.es>), cuyo sistema de referencia es EPSG:25830 (<http://spatialreference.org/ref/epsg/25830/>):

```
PROJCS["ETRS89 / UTM zone 30N",
  GEOGCS["ETRS89",
    DATUM["European_Terrestrial_Reference_System_1989",
      SPHEROID["GRS 1980", 6378137, 298.257222101,
        AUTHORITY["EPSG", "7019"]],
      AUTHORITY["EPSG", "6258"]],
    PRIMEM["Greenwich", 0,
      AUTHORITY["EPSG", "8901"]],
    UNIT["degree", 0.01745329251994328,
      AUTHORITY["EPSG", "9122"]],
      AUTHORITY["EPSG", "4258"]],
    UNIT["metre", 1,
      AUTHORITY["EPSG", "9001"]],
    PROJECTION["Transverse_Mercator"],
    PARAMETER["latitude_of_origin", 0],
    PARAMETER["central_meridian", -3],
    PARAMETER["scale_factor", 0.9996],
    PARAMETER["false_easting", 500000],
    PARAMETER["false_northing", 0],
    AUTHORITY["EPSG", "25830"],
    AXIS["Easting", EAST],
    AXIS["Northing", NORTH]]
```

### Creación de capa de recorte de MDT

Contando con que ya se cuenta con los MDT, se crea lo que se denomina un área buffer a lo largo del eje del cauce (capa tramo), lo que puede realizarse con el comando *"Buffer de distancia fija"* de QGIS

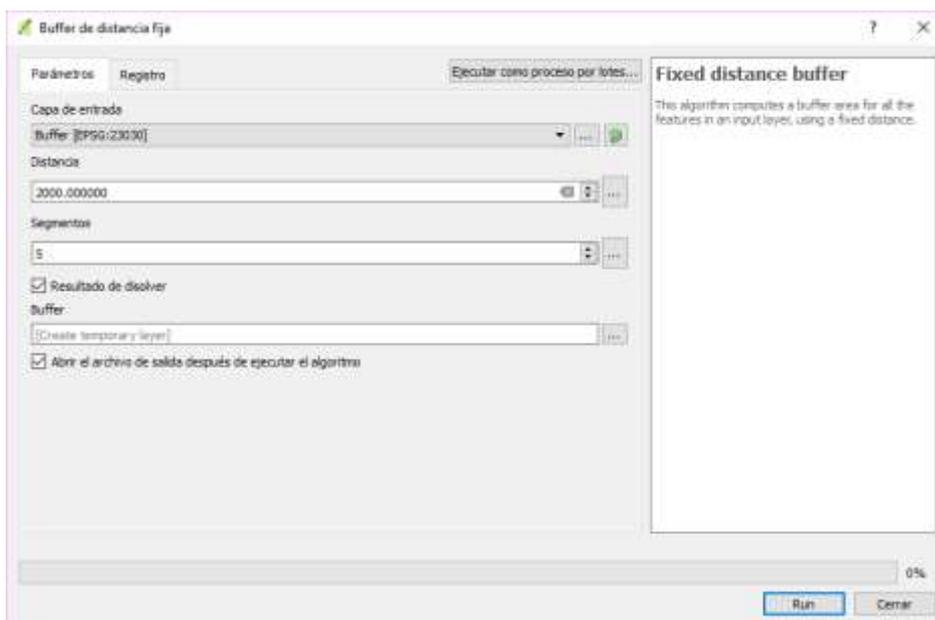


Figura 19-2.- Ventana de creación de "buffer de distancia fija"

Este resultado puede ampliarse añadiendo otra capa vectorial con los polígonos que se consideren necesarios, o añadiendo polígonos en la misma capa. Después, se editará la capa con todos los polígonos y se aplicará el comando de combinación (menú edición)

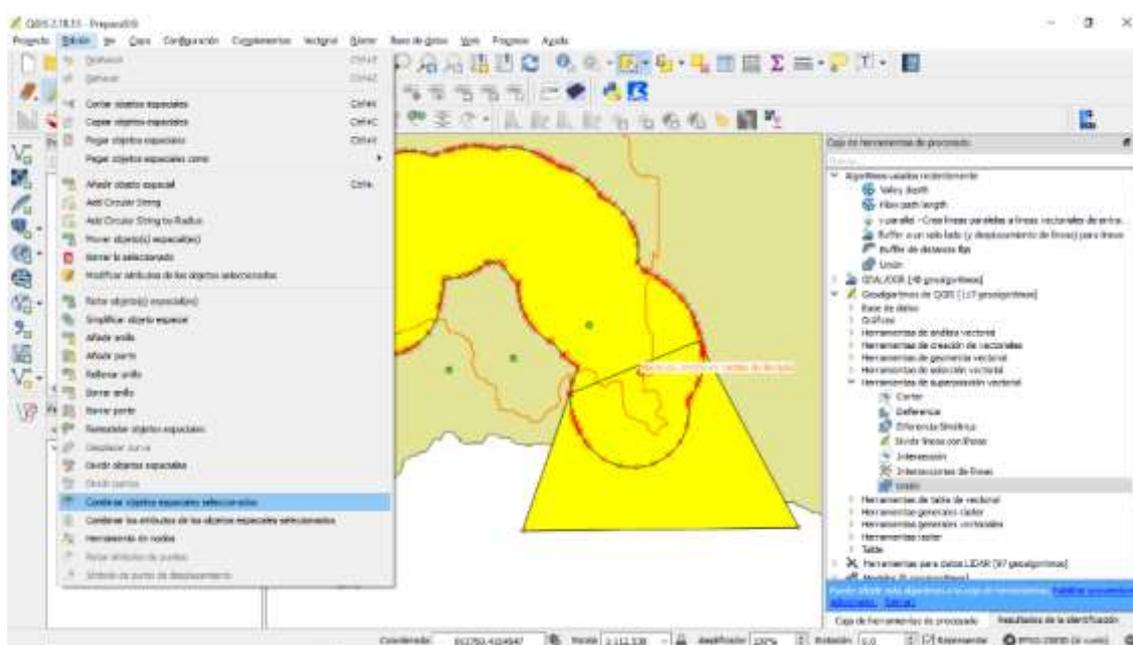


Figura 19-3.- Edición del área de recorte basada en el área buffer

Esta última capa debe estar referida al mismo sistema de proyección al que está asociado el MDT.

Después, ambas capas se unirán con el comando "Ráster/Combinar" y se aplicará el recorte de MDT con el Comando SAGA "Clip ráster with polygon".

Por último, será útil la utilización de un mapa de sombras del MDT, lo que puede lograrse con el comando "Ráster/Análisis del terreno/Mapa de sombras".

Estos últimos comandos están referidos a QGIS, pero hay módulos de Grass que ofrecen posibilidades equivalentes.

El archivo con el MDT final que se va a usar en la aplicación debe llamarse MDT.TIF

### Crear la localización Grass

Con el comando *crea\_loc*, se definirá el "Location" (localización) de Grass, necesario para el uso de GHR.

Ejemplo: *crea\_loc E:\Segura2017\Rambblas\Benipila\SIG\mdt.tif*

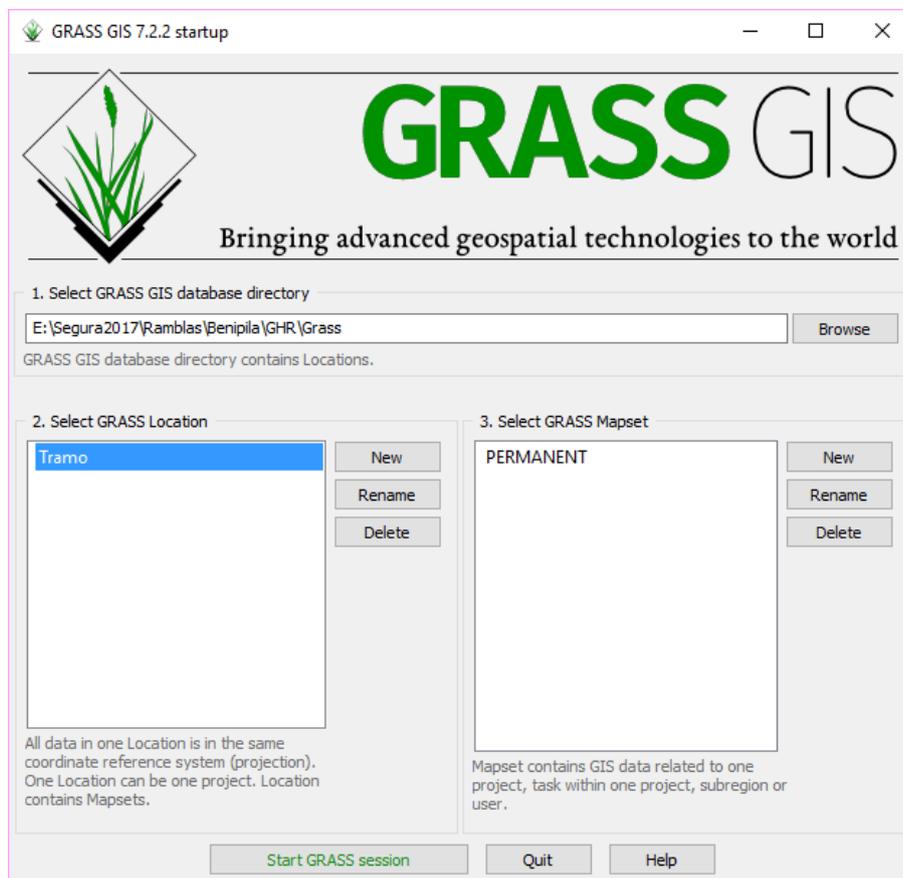


Figura 19-4.- Ventana de creación o selección de Location y Mapset de Grass

### Importar mdt.tif

El siguiente paso es importar el archivo *mdt.tif*. Para ello, pueden usarse los comandos *mdt\_a\_grass* de GHR o el comando *r.import* desde Grass.

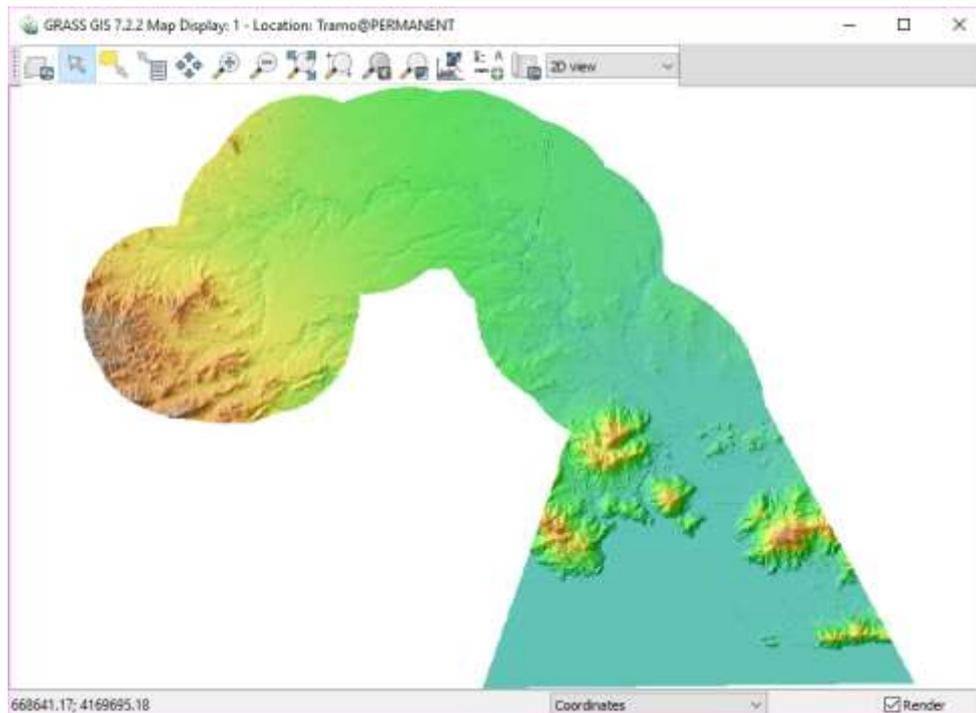


Figura 19-5.- MDT importando en Grass

### Datos para generación de a\_hecras.sdf. Carpeta A\_Sdf

Las capas fundamentales para la generación del archivo *a\_hecras.sdf*: son *tramo*, *secciones*, *orilla\_a* y *orilla\_b*. Opcionalmente, puede incluirse la capa *muros* (apartado “Consideración de muros (“levees”)”).

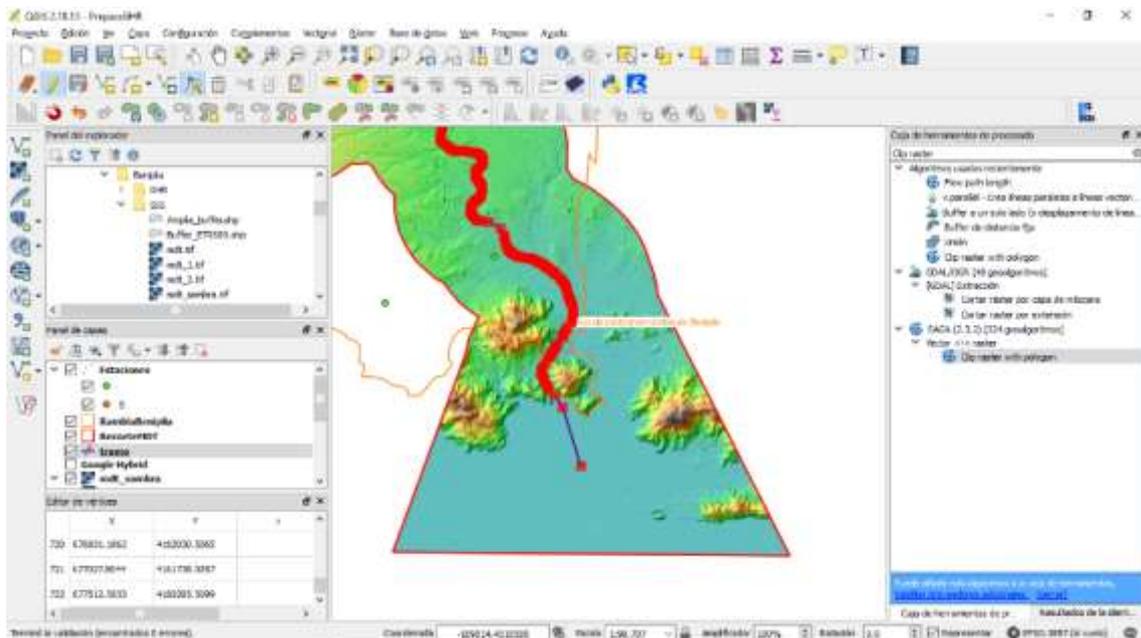


Figura 19-6.- Preparación de capas principales en QGIS

### Edición desde Grass o desde otro SIG

La edición de las capas principales puede hacerse desde Grass, usando sus posibilidades de edición. En este manual se emplea el software QGIS, por las ventajas que ofrece.

Si se crean las capas desde QGIS, hay que usar el comando *vec\_a\_grass*, para que los archivos SHP sean incluidos en la base de datos de Grass. Si se edita en Grass, basta con usar directamente el comando *a\_sdf* (apartado "Generación del archivo *a\_hecras.sdf*").

### Creación de secciones transversales y orillas

Las capas *secciones*, *orilla\_a* y *orilla\_b* pueden crearse por edición manual, entidad a entidad. Pero se ponen a disposición una serie de utilidades que pueden permitir ahorros considerables de tiempo.

Una opción (recomendable en general) es crear primero *tramo*, *orilla\_a* y *orilla\_b* y aplicar después el comando *crea\_sec*

*Orilla\_a* y *orilla\_b* pueden crearse, al menos en primera versión, con *crea\_orilla*, después de crear las secciones.

Debe tenerse en cuenta que la izquierda de las secciones en HecRas se fija según el sentido de la corriente. Es preferible, aunque GHR puede hacer las correcciones pertinentes, que las secciones se digitalicen desde la margen izquierda hacia la derecha.

### Creación automática de secciones

Una vez se ha introducido las capas *tramo* y *mdt* en Grass, puede usarse el comando *crea\_sec*

Ejemplo: *crea\_sec 200 200*

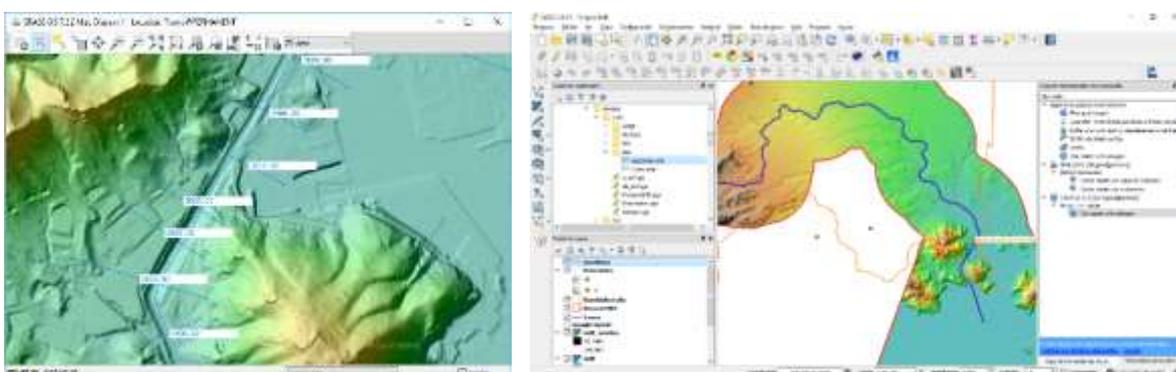


Figura 19-7.- Ejemplo resultado de creación automática de secciones

Las secciones obtenidas deben ser revisadas y muchas de ellas requerirán modificaciones por consideraciones hidráulicas.

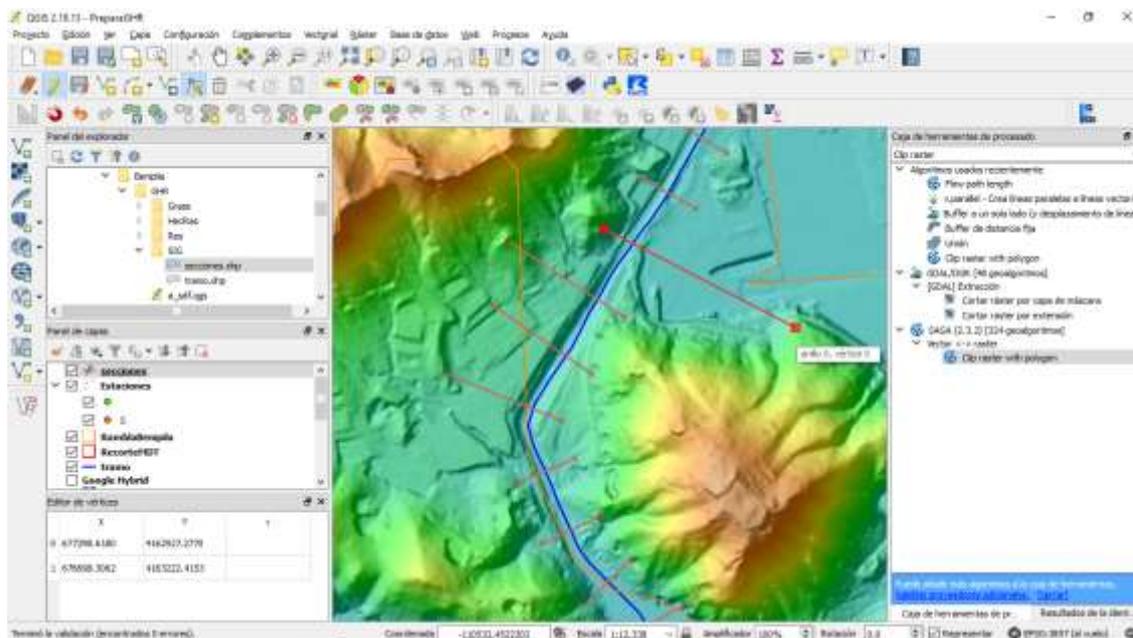


Figura 19-8.- Edición de secciones creadas automáticamente

### Generación de orillas

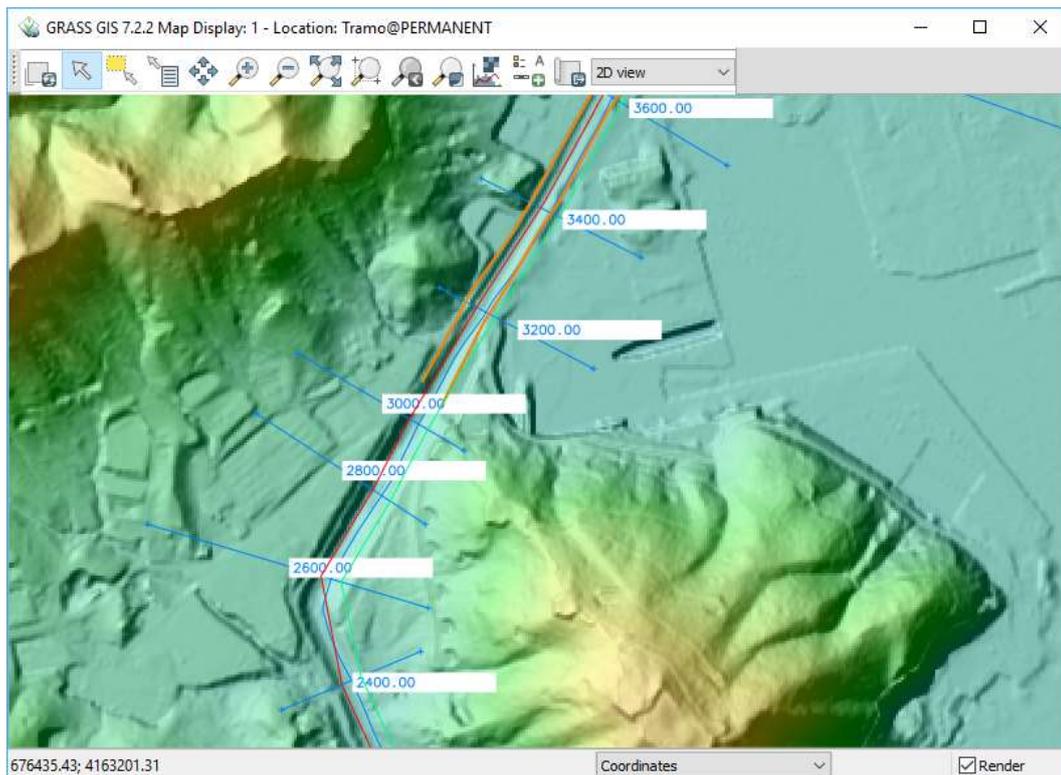
Una vez editadas las secciones, cabe optar por la generación automática de orillas, las cuales deberán también ser revisadas o modificadas posteriormente dentro de HecRas (procedimiento recomendado).

Después, se puede dar la orden de generar orillas a 20 metros (por ejemplo) del eje longitudinal central (tramo):

Ejemplo: *crea\_orilla 20*

### Consideración de muros ("levees")

Puede ser útil la definición de muros en algunas zonas del cauce. Para ello se creará la capa de líneas *muros*. No obstante, estos muros deberán revisarse en HecRas y modificarse según proceda, pues en el SIG será difícil definirlos con precisión. En las utilidades de edición de secciones de HecRas podrá lograrse un mejor ajuste, a la vez que se comprueba el sentido hidráulico de la definición de los "levee" (terminología Hec-Ras).



**Figura 19-9.- Definición de orillas y muros**

### Generación del archivo *a\_hecras.sdf*

Una vez que se cuenta con las capas *tramos*, *secciones*, *orilla\_a* y *orilla\_b*, se puede proceder a generar el archivo *a\_hecras.sdf*, que contiene la geometría del tramo de estudio, con el comando *a\_sdf*. También puede incluirse la capa *muros*.

No debe olvidarse el empleo del comando *vec\_a\_grass* si se están editando las capas en su formato SHP, en lugar de editar en Grass directamente.

#### 19.6.1.2 Creación del proyecto Hec-Ras

Al iniciar HecRas, crear un proyecto nuevo en unidades SI.

El siguiente paso puede ser usar RAS Mapper para introducir los datos del terreno. Para ello, hay que empezar por definir el sistema de referencia, lo que puede hacerse con el archivo PRJ asociado a alguna de las capas vectoriales.

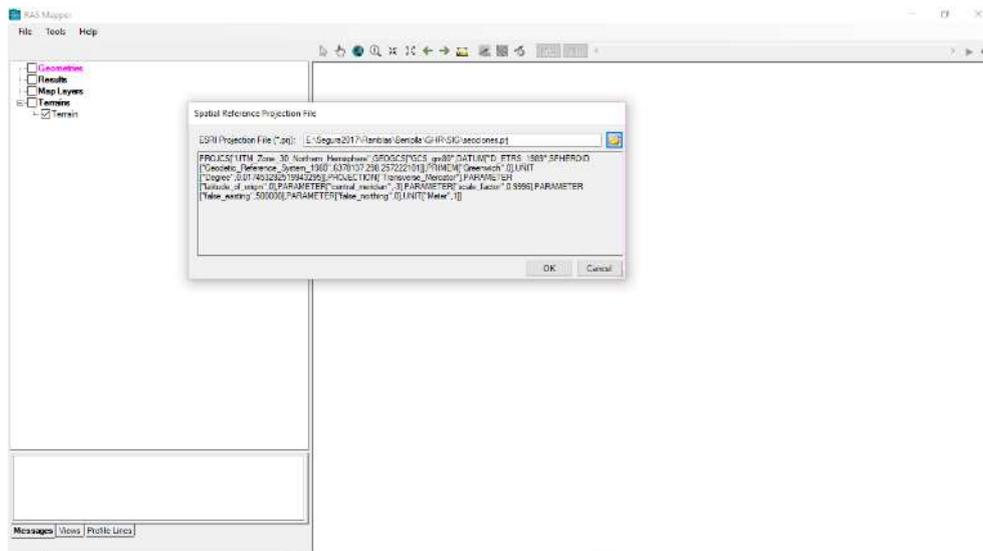


Figura 19-10.- Definición del sistema de referencia en HecRAS

Después, se importa el MDT

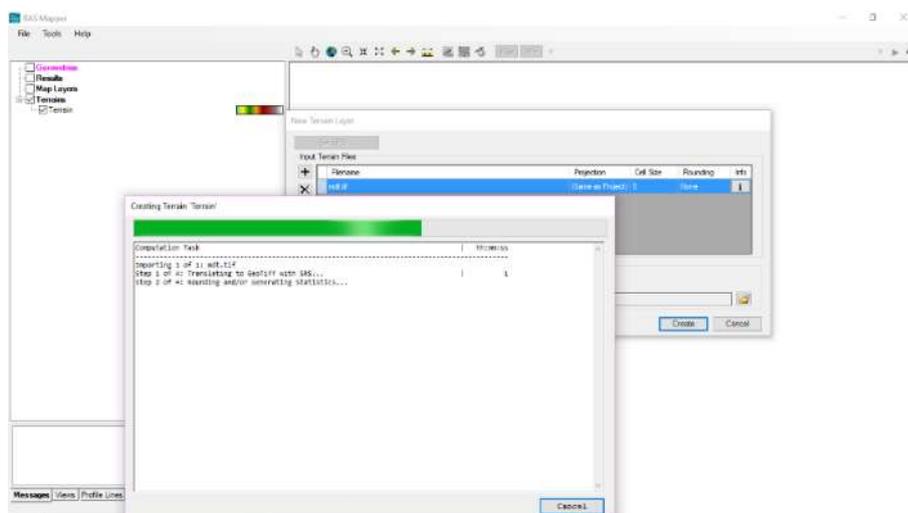
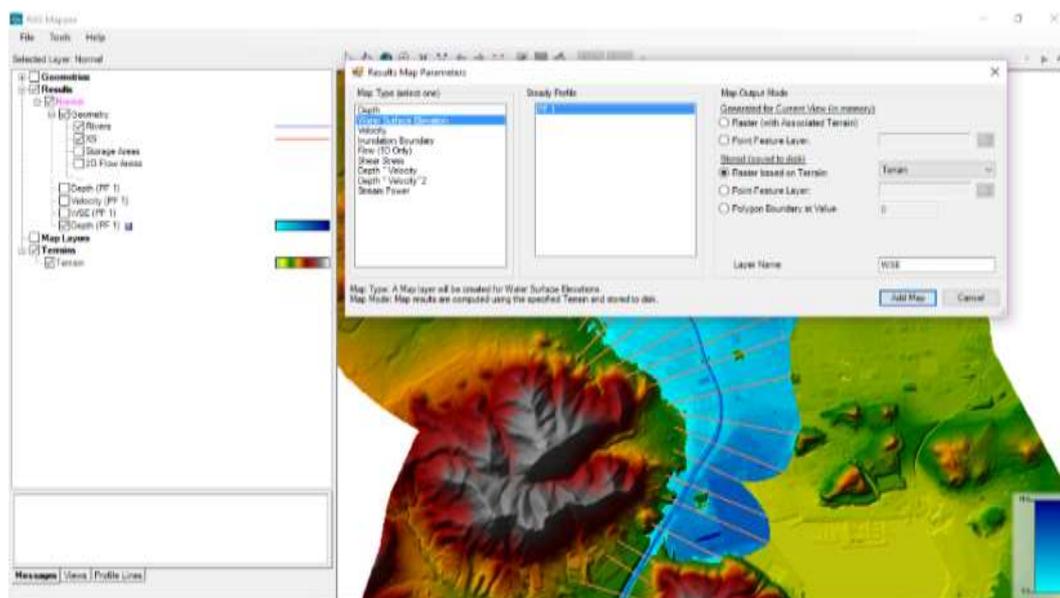


Figura 19-11.- Importación del MDT desde HecRAS

### Importar geometría del archivo *a\_hecras.sdf*

A continuación, se importa el archivo *a\_hecras.sdf* desde la ventana de geometría.





**Figura 19-13.- Generación de mallas de calados desde RasMapper**

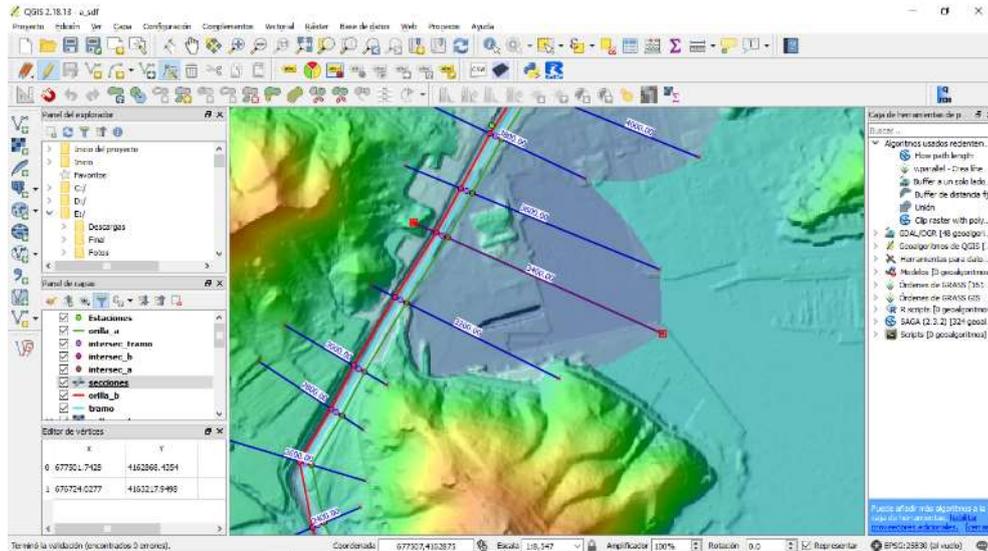
### 19.6.1.3 Proceso iterativo

Se propone seguir un doble proceso iterativo, el primero de los cuales se basaría en mejoras de la caracterización, sobre todo geométrica pero también hidráulica, desde el SIG importando las capas SIG a través de un archivo SDF generado con *a\_sdf*. El segundo subproceso tendría como finalidad mejorar las superficies de lámina de agua, para lo que se cuenta con los comandos *de\_sdf\_\**. Es posible que después del segundo bloque iterativo sea necesario regresar al primero.

### Subproceso iterativo de mejora de caracterización y modelación

Desde el momento en que se ha podido generar la primera capa ráster de resultados, debe iniciarse un proceso iterativo en el que se tendrán que ir modificando secciones y otros parámetros hidráulicos. Los resultados pueden verse en el SIG a la vez que se realizan las modificaciones pertinentes en la geometría.

Lo que se describe a continuación, debe aplicarse a varios caudales en cada paso.



**Figura 19-14.- Revisión de ancho de secciones a la vista de los resultados de los cálculos de inundación**

Los comandos a usar serán *vec\_a\_grass* (si se edita en QGIS, ver apartado “Edición desde Grass o desde otro SIG”) y *a\_sdf*, seguidos por la importación de la geometría en SDF desde HecRas y la realización de nuevos cálculos.

Posiblemente, sea necesario o conveniente borrar secciones antes de importar, así como seleccionar las que se desea obtener del archivo SDF.

### Muros (Levees)

Una de las primeras especificaciones que, casi seguro, hay que realizar es la definición o modificación de “Levees” en las secciones de Hec-Ras. Se realizará según la geometría y el análisis de los resultados, pues se observarán inundaciones de áreas que son achacables a la interpolación de la superficie de la lámina de agua, pues el análisis de las secciones indicará que no se ha producido desbordamiento del cauce principal.

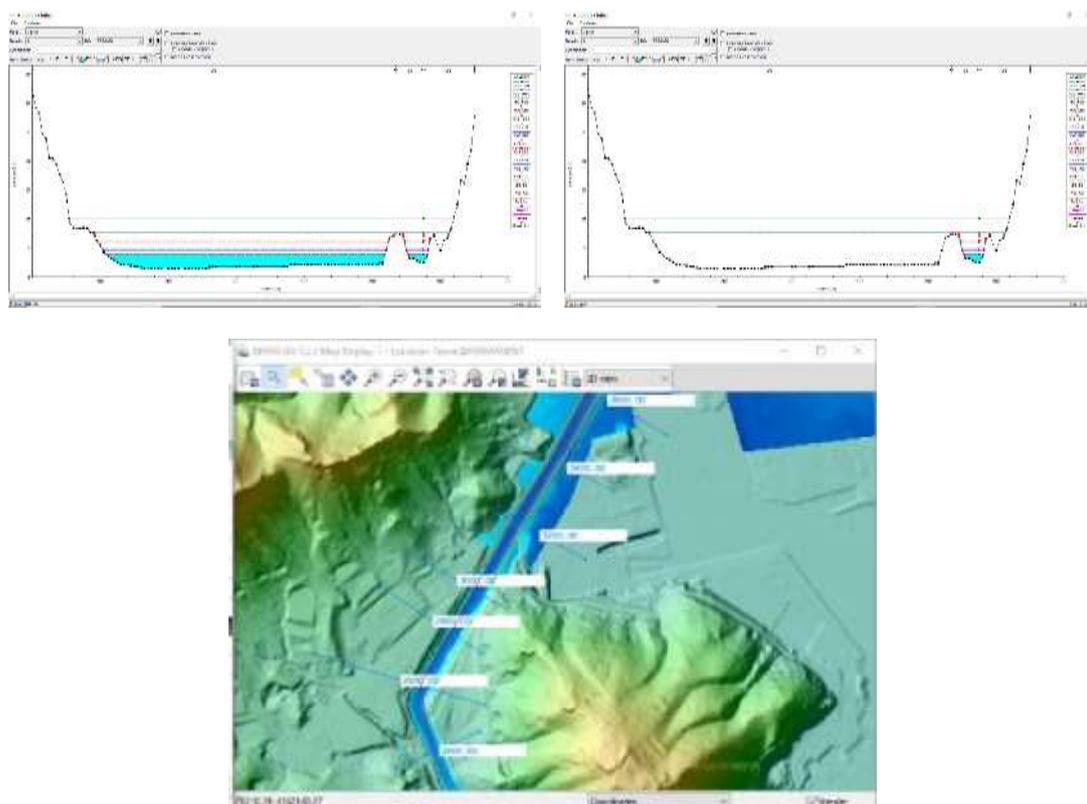


Figura 19-15.- Revisión de muros a la vista de los resultados de HecRas

Las modificaciones se realizarán sobre la capa de muros o sobre la geometría HecRas según la fase del proceso, es decir, si se van a usar comandos *a\_sdf* o *de\_sdf*, respectivamente. Se recomienda realizar las modificaciones de secciones sobre las capas y seguir con los comandos *a\_sdf*. Una vez depuradas las secciones, afinar con los muros, lo que puede realizarse ya en HecRas y proceder con los comandos *de\_sdf*.

### Redefinición de orillas

Después de realizar los cambios anteriores, se harán los cálculos y se procederá a la revisión de los mismos, volviendo a repetir la operación si se estima necesario. Una vez concluida esta parte, se deben revisar las definiciones de orillas.

Para ello, cabe usar una utilidad de HecRas, accesible desde la ventana de geometría, cuya ventana aparece con el comando "Tools/Channel bank stations".

Se recomienda revisar la operación realizada por esta utilidad.

## Revisión de zonas inundadas. Comandos de\_sdf\_geo, de\_sdf\_res\_todo y de\_sdf\_res\_nolim

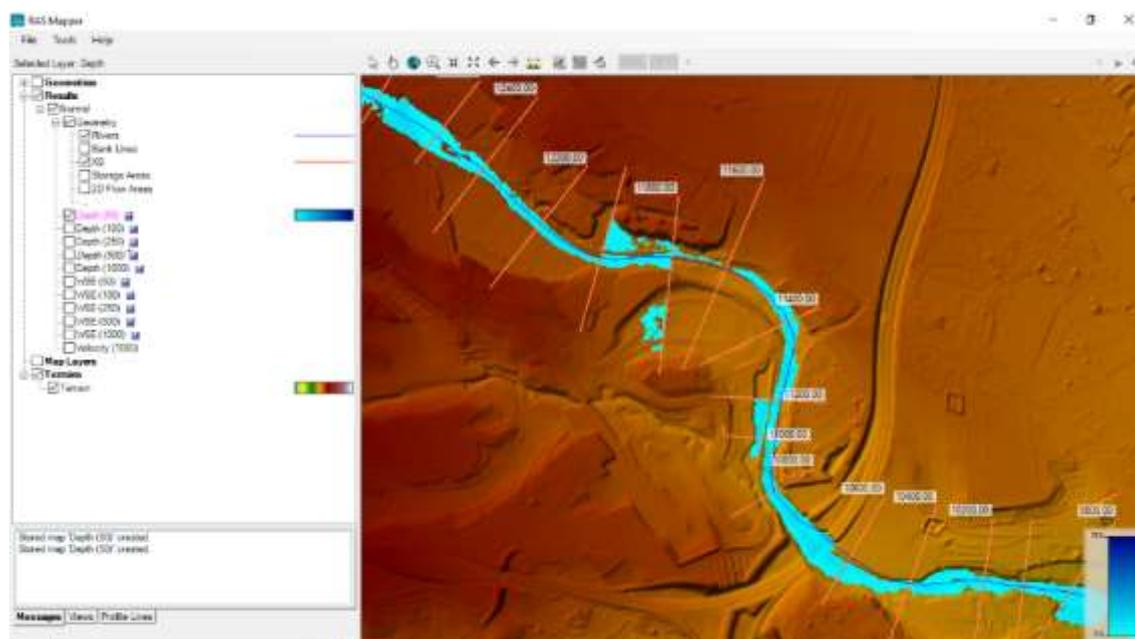


Figura 19-16.- Ejemplo de problemas en la definición de zonas inundadas con RasMapper.

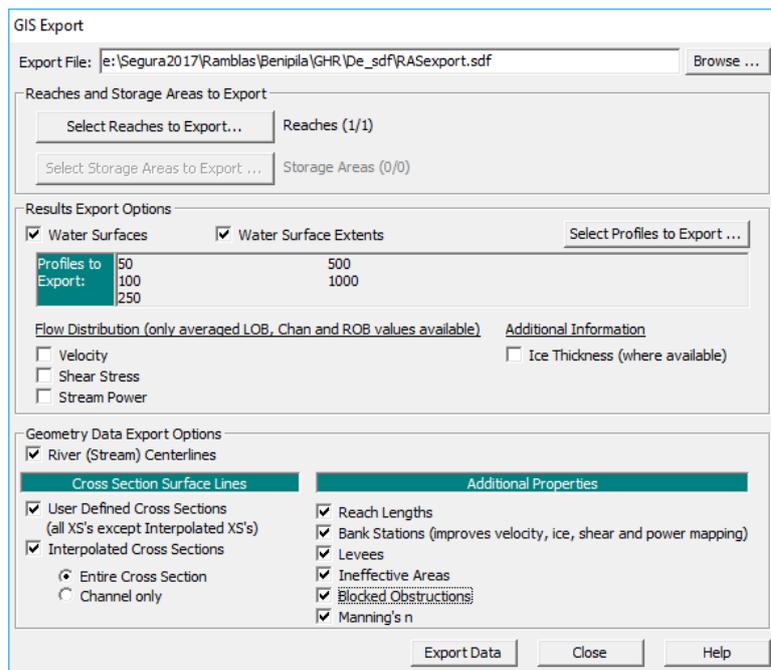
A pesar de los pasos anteriores, puede ocurrir que aparezcan zonas como la de la figura, con inundaciones a las que no se les encuentra sentido hidráulico.

Es el momento de volver al SIG y a usar de nuevo los comandos GHR. A partir de ahora, las capas de inundaciones serán generadas por GHR, no por RasMapper.

### Archivo De\_HecRas.sdf

Antes de exportar la geometría desde Hec-Ras, conviene revisarla. Así, puede ser recomendable cambiar aquí los nombres de las secciones, en PK desde la desembocadura (desde la línea de costa), lo que puede realizarse con el comando "Tables/Names/River stations" que aparece en la ventana de geometría de HecRas.

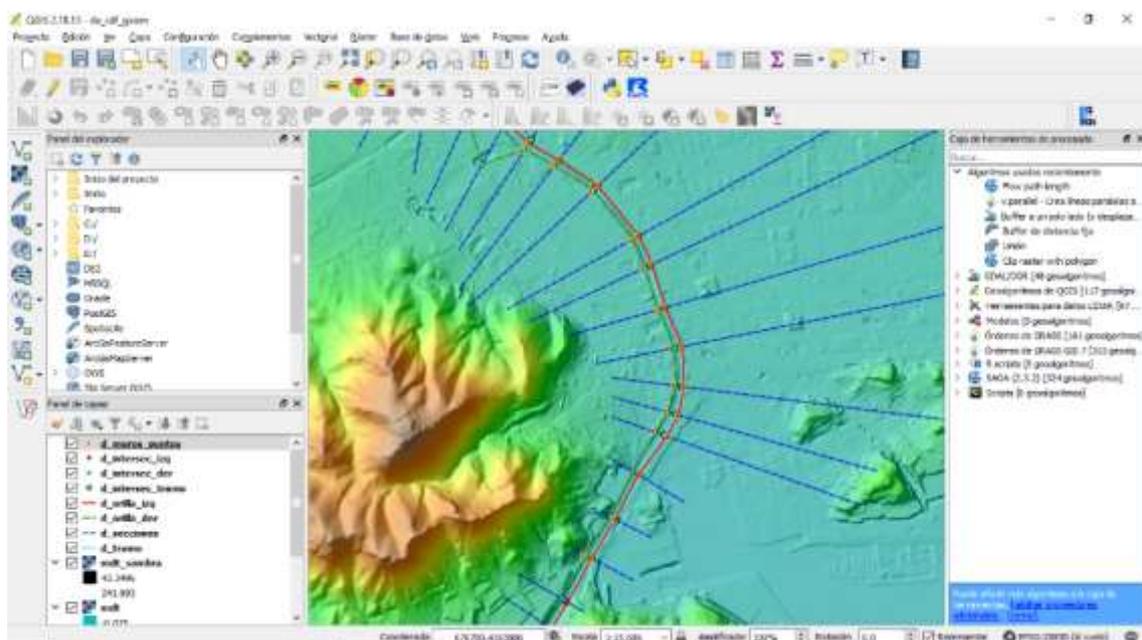
Se trabajará sobre el archivo que se genere desde Hec-Ras con la geometría y los resultados de cálculo. Desde el menú principal de Hec-Ras, se ejecutará el comando "File/GIS export" para generar el archivo *De\_HecRas.sdf* en la carpeta del caso (... Benipila\ Sdf).



**Figura 19-17.-** Exportación de archivo SDF desde HecRas para su uso con los comandos DE\_SDF\_ Obsérvese en la figura que se seleccionan casi todas las opciones.

### Comando de\_sdf\_geom

Puede ser recomendable revisar la geometría con que trabaja Hec-Ras. Para ello se ejecutará el comando *de\_sdf\_geom*, tras lo cual se generarán los archivos *d\_secciones*, *d\_tramo*, *d\_orilla\_izq*, *d\_orilla\_der* y los de intersecciones. Todas estas capas quedarán almacenadas en la carpeta *De\_sdf*.



**Figura 19-18.-** Capas generadas con el comando DE\_SDF\_GEOM a partir del SDF creado desde HecRas

### Comando GHR/de\_sdf\_res\_todo

El comando *de\_sdf\_res\_todo* genera los resultados en forma ráster de cotas de agua y calados, además de otras capas útiles, como es el caso de los límites (archivos *lim\_perfil\_\**) de cada perfil (profile).

Este límite permitirá definir zonas en las que no debe presentar resultados la interpolación de la superficie de agua. Y, al contrario, se encontrará explicación a por qué algunas zonas no son inundadas según los resultados de Ras Mapper.

Las capas de límites se revisarán una a una, haciendo las modificaciones que se estimen pertinentes. Ello no solo analizando los resultados de HecRas en SIG, sino también analizando los detalles en el modelo, especialmente la caracterización geométrica.

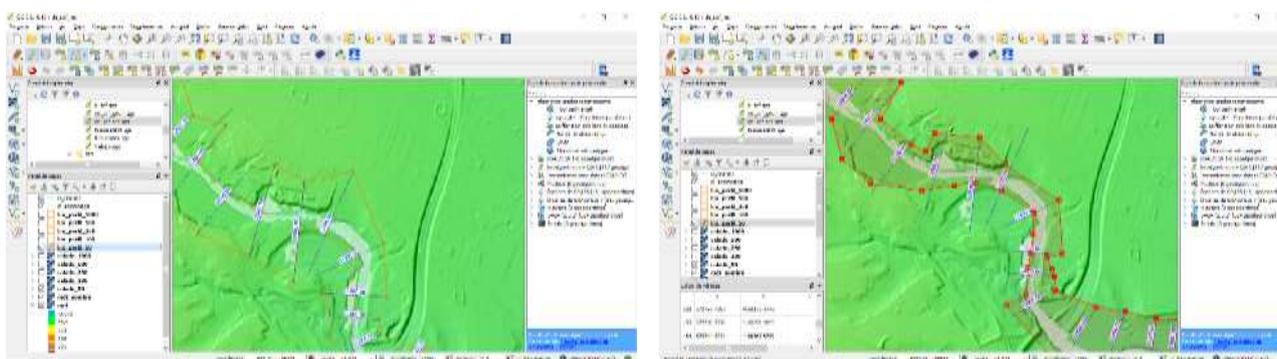


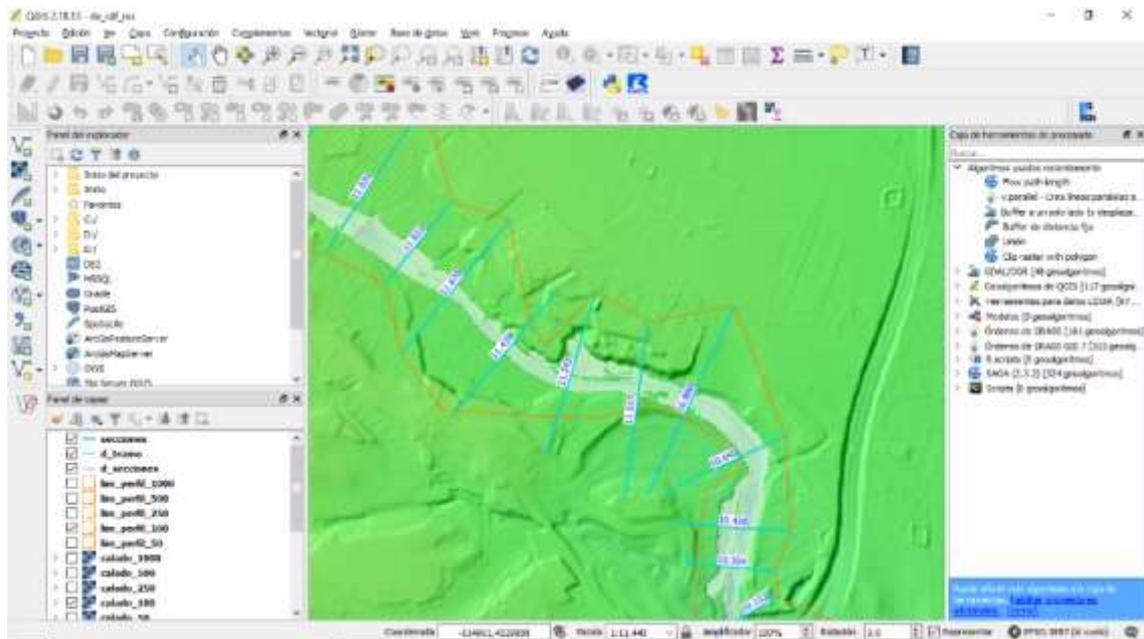
Figura 19-19.- Edición de los límites de cada perfil de cálculo

Este será el momento de volver a revisar las secciones.

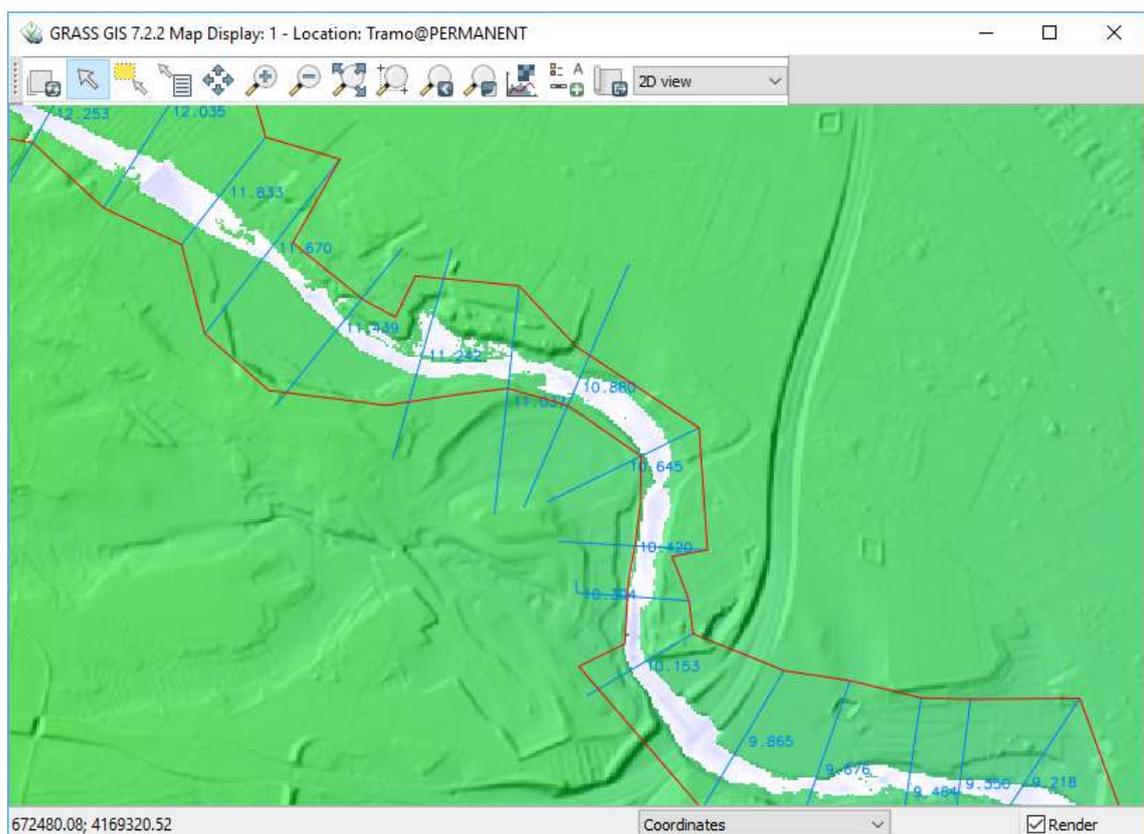
Si se opta por modificar las secciones, después de los límites de inundación, habrá que usar los comandos: *vec\_a\_grass* y *a\_sdf*. También será necesario revisar los muros (levees) y orillas.

### Comando de\_sdf\_res\_nolim

Una vez realizados los cálculos en Hec-Ras, después de volver a importar el archivo *a\_hecras.sdf* y revisar muros y otras caracterizaciones, se exportará de nuevo el archivo *RASexport.sdf* y se ejecutará el comando *de\_sdf\_geom* (para asegurar la integridad en los resultados finales) y *de\_sdf\_res\_nolim*. Con esto se realizarán los cálculos de inundaciones, pero manteniendo los límites que se fijaron en la etapa anterior.



**Figura 19-20.- Resultados de cálculo de zonas inundadas con el comando *de\_sdf\_res\_nolim* que emplea los límites de perfiles editados**



**Figura 19-21.- Todas las tareas pueden realizarse directamente en Grass, sin necesidad de otro SIG**

#### 19.6.1.4 Comandos de exportación desde Grass

Cabe la posibilidad de que se estime necesario exportar los resultados de los comandos *de\_sdf*. Tal podría ser el caso de que se ejecute alguno y las capas que

resulten en formatos SHP o TIF estén bloqueadas por QGIS, por ejemplo, y la ejecución se vea interrumpida al exportar estos archivos (último paso). Los resultados estarán en la base de datos de Grass, por lo que pueden ser exportados. Para ello se ponen a disposición comandos *gen\_shp.tif* y *gen\_shp\_tif\_no\_lim*.

### 19.6.1.5 Resultados finales

Si se alcanzan resultados satisfactorios con RASMapper, puede evitarse el uso de los comandos *de\_sdf\_*, y la realización de las tareas asociadas. En caso contrario, habrá que usar estos comandos.

## Análisis de resultados

Todo cálculo debe tener asociado una memoria resumida que contenga un análisis de los resultados que incluya las incertidumbres y limitaciones del modelo, tanto generales como, especialmente importante, locales.

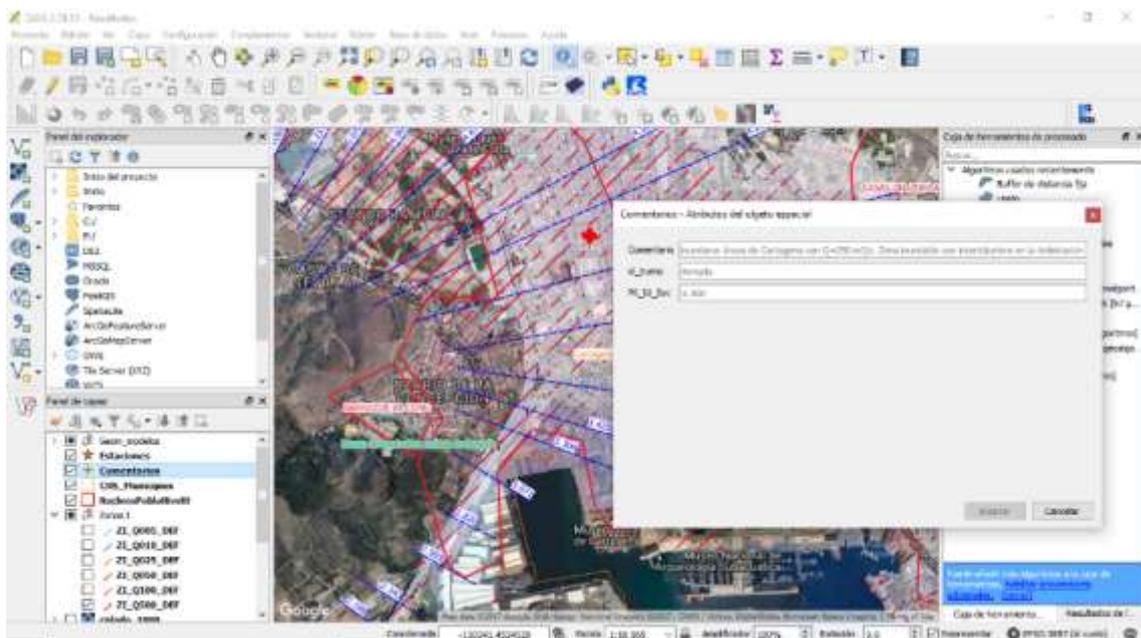


Figura 19-22.- Análisis final de resultados reflejados en una capa de comentarios

## 19.6.2 Operaciones con proyectos

Para aquellos casos en los que se cuente con proyectos HecRas o con proyectos GHR previos, se han previsto algunas operaciones que faciliten su manejo para su mejorar o ampliación.

### 19.6.2.1 Unión de tramos modelados

En ocasiones, cuando se trabaja con un tramo largo o complejo, puede ser recomendable dividirlo en subtramos y analizarlo por partes. Una vez definidos los submodelos de forma completa con GHR, pueden unirse.

El primer paso será crear un caso siguiente el procedimiento general, o trabajar sobre uno de los submodelos.

### Unión de límites de inundación en un SIG

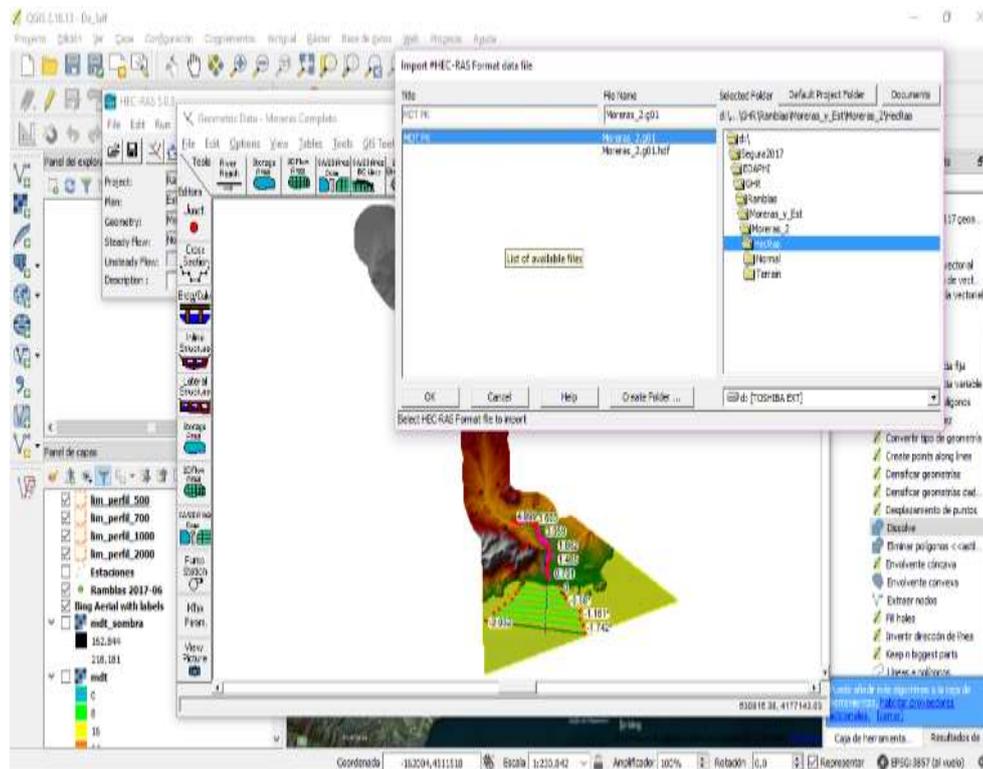
Para el análisis final de resultados (uso de comandos *De\_Sdf*) será necesario unir los límites de inundación, lo que puede realizarse en un SIG.



Figura 19-23.- Unión de límites de inundación

### Unir modelos HecRas

La unión de modelos HecRas es posible desde la misma aplicación, con el comando de importación desde la ventana de geometría.



**Figura 19-24.- Importar geometría de un archivo HecRas**

Una de las dificultades que pueden aparecer es la definición del tramo. Entre las opciones de importación que ofrece HecRas está de la seleccionar las coordenadas del tramo y situar lo importado aguas arriba o aguas abajo de lo existente o sustituirlo. En cualquier caso, cabe la opción de copiar las coordenadas en una tabla, que inicialmente se hayan preparado en una hoja de cálculo (pegando los subtramos correspondientes), por ejemplo, o que se haya preparado en un SIG y exportado en el formato que permita extraer las coordenadas (formatos de texto, por ejemplo).

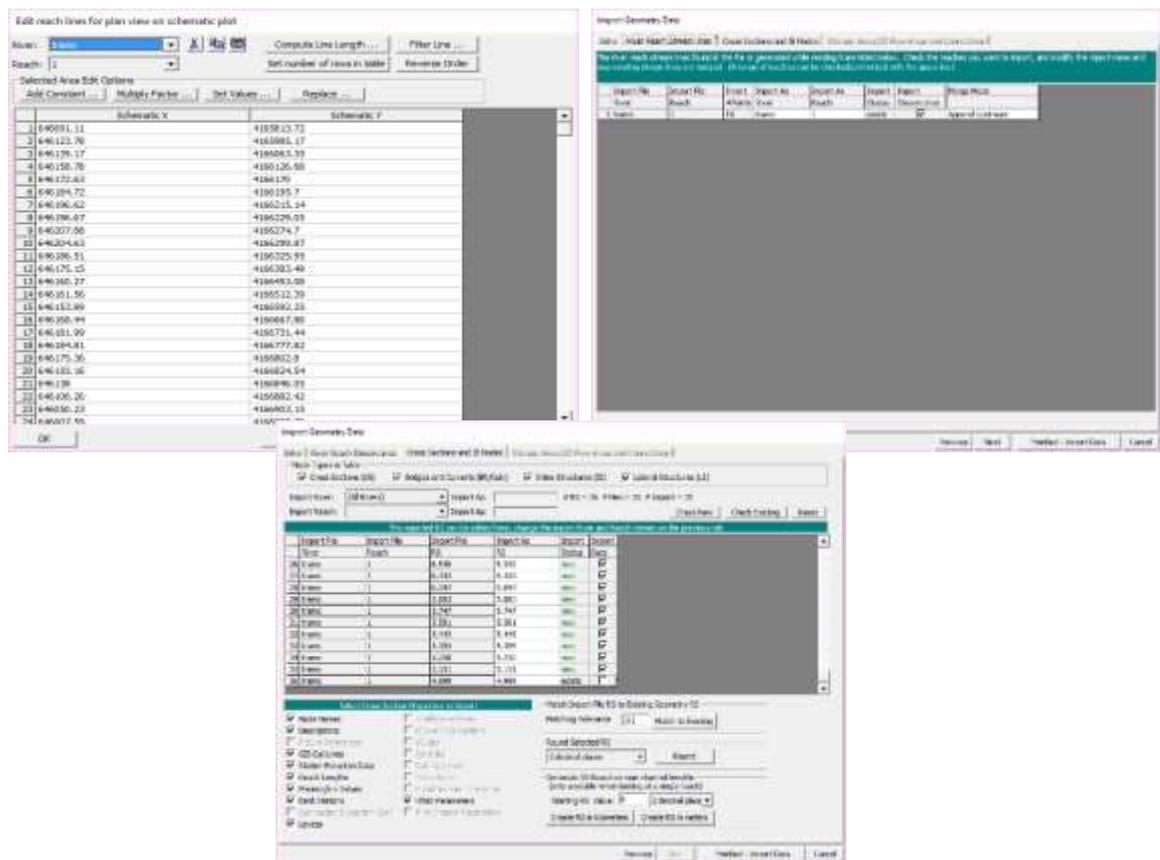


Figura 19-25.- Opciones de importación de geometría

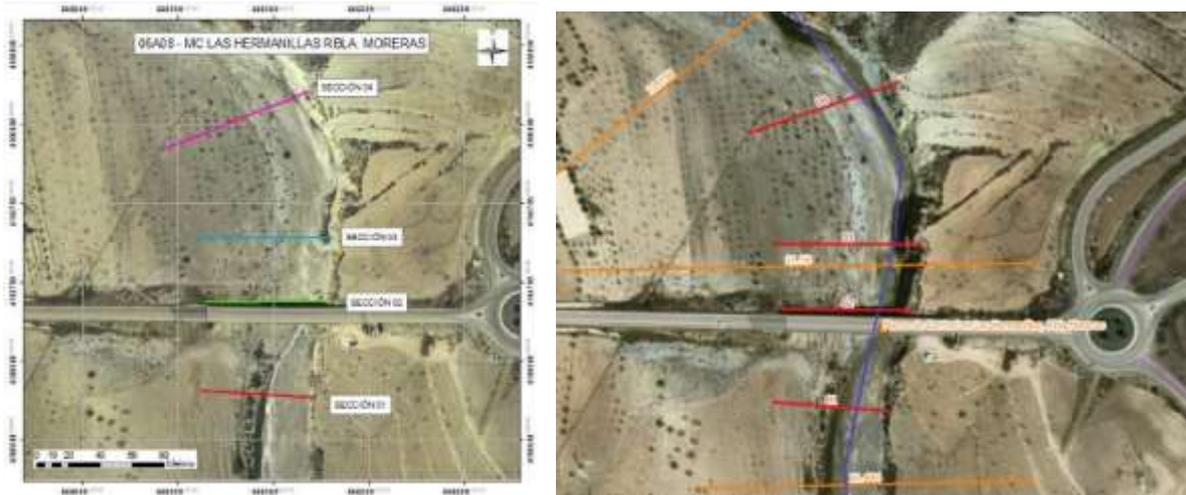
En el caso de que haya secciones comunes entre dos submodelos (caso normal si el modelo aguas abajo se usó para fijar la condición de contorno al de aguas arriba), es recomendable descartar la del modelo aguas arriba, pues si estaba asociada a una condición de contorno tendrá distancia cero. En cualquier caso, debe comprobarse las distancias en las secciones extremas que se entenderán conectadas topológicamente.

## Análisis de resultados

Una vez realizadas las tareas de unión descritas en los dos apartados anteriores, se puede proceder a usar los comandos *De\_Sdf*. No será necesario, en principio, cargar las capas asociadas a los comandos *A\_Sdf*.

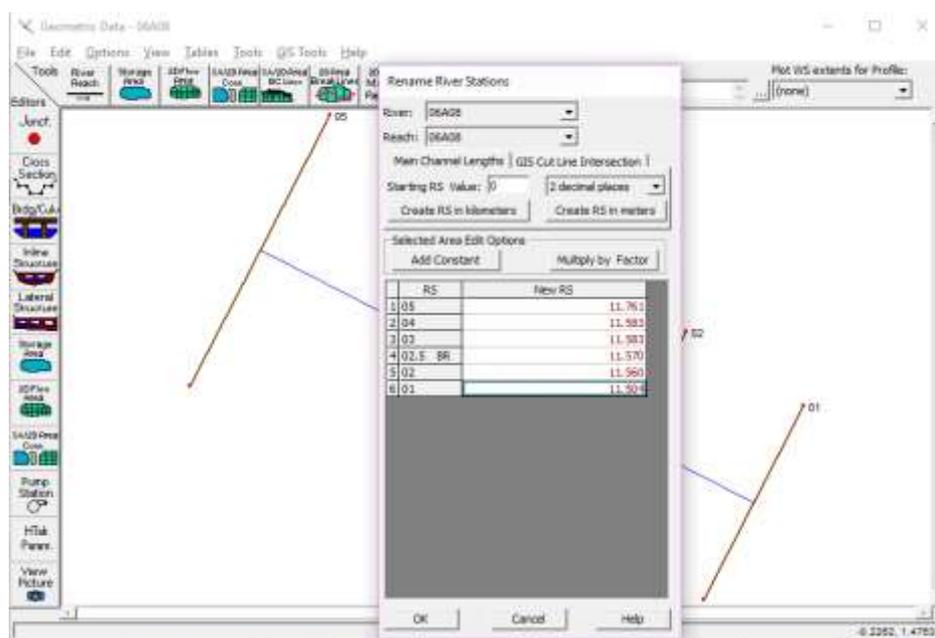
### 19.6.2.2 Georreferenciar un proyecto HecRAS

Será necesario contar con algún material que sirva de referencia para situar las secciones en un mapa. En caso de que sea un gráfico, se identificarán las secciones en el terreno con ayuda de un SIG y se digitalizarán en capas vectorial de líneas.



**Figura 19-26.-Gráfico con la situación de las secciones del modelo sin georreferenciar y digitalización de las mismas en un SIG**

Es recomendable nombrar las secciones conforme a otros modelos o, preferiblemente, según la distancia de la sección al mar siguiendo el eje longitudinal (valle) del cauce. Esto puede realizarse en la aplicación HecRas.



**Figura 19-27.- Renombrado de secciones**

Una vez se han definido geográficamente las secciones, se puede introducir sus coordenadas en HecRas. Para ello, puede ser recomendable exportar la capa de secciones a algún tipo de archivo de texto, o también se pueden capturar las coordenadas en la pantalla de la aplicación SIG. Debe tenerse en cuenta que la izquierda de las secciones en HecRas se fija según el sentido de la corriente. El primer punto debe ser el de la margen izquierda.

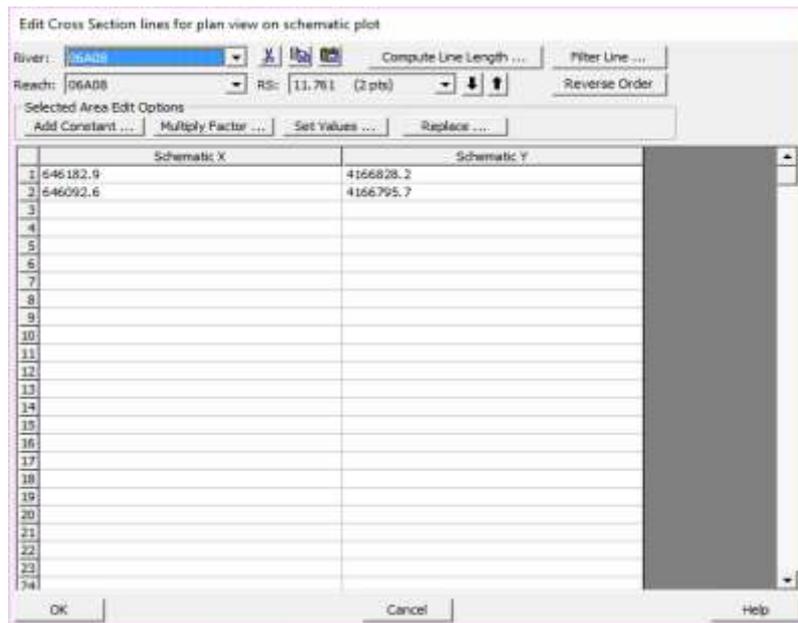


Figura 19-28.- Edición de coordenadas en HecRas

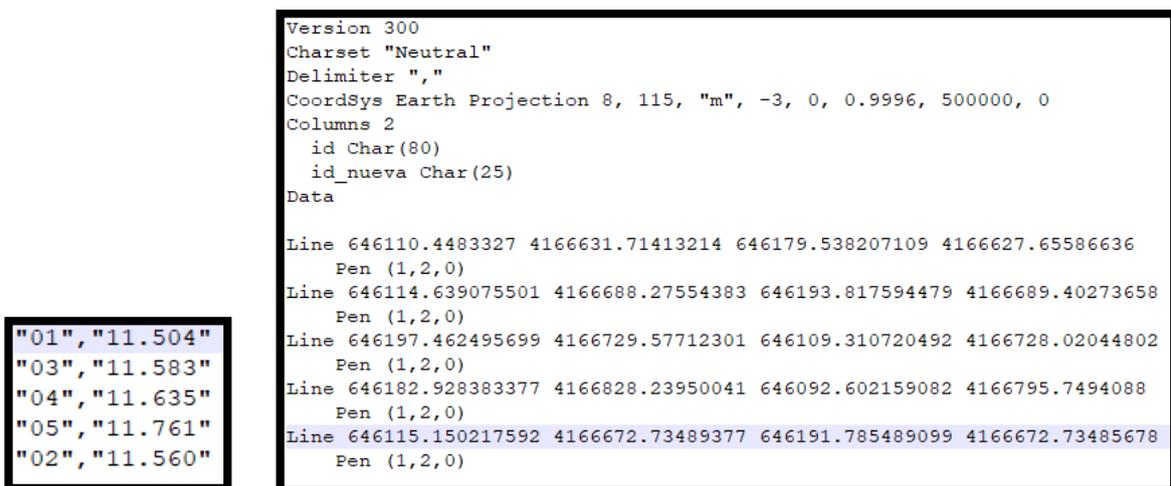


Figura 19-29.- Archivos MID y MIF de MapInfo de las secciones en planta

De modo análogo, pueden introducirse coordenadas geográficas de puntos que definan el eje del cauce.

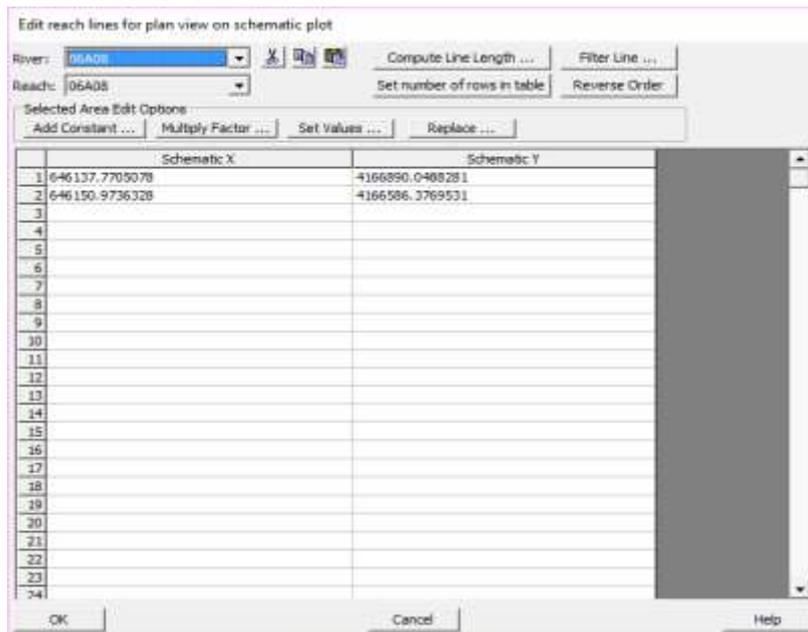


Figura 19-30.- Edición de coordenadas del tramo

Los puntos de las secciones tienen que expresarse desde el lado izquierdo hacia el derecho vista la sección desde aguas arriba, es decir, con la vista según el sentido de la corriente. En caso de que se hayan introducido al revés, pueden cambiarse con el comando de HecRas "Gis Tools/Gis cut lines/reverse ..."

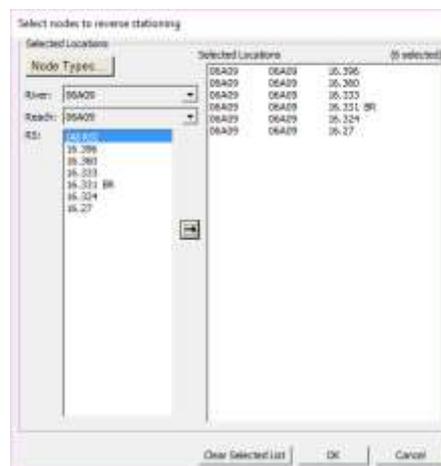


Figura 19-31.- Inversión de nodos de la sección

### 19.6.2.3 Extensión de las secciones usando un MDT

Un modelo como el anterior, ya georreferenciado, puede revisarse y extender el ancho de las secciones, obteniendo las cotas de un MDT, usando GHR pero sin perder ni alterar lo ya introducido en el modelo HecRas. Para ello se emplearán los comandos de GHR *a\_sdf* y *comb\_geom*.

El primer paso será preparar el caso de estudio para el uso de comandos *a\_sdf*, conforme a un caso general.



Figura 19-32.- Digitalización de secciones extendidas

### Geometría basada en MDT

Una vez generadas las capas necesarias, se usará el comando *a\_sdf*, con lo que se generará el archivo *a\_hecras.sdf*. No es necesario importar esta geometría a HecRas, salvo que se deseen sustituir las secciones existentes o crear una geometría nueva.

### Combinación de geometrías

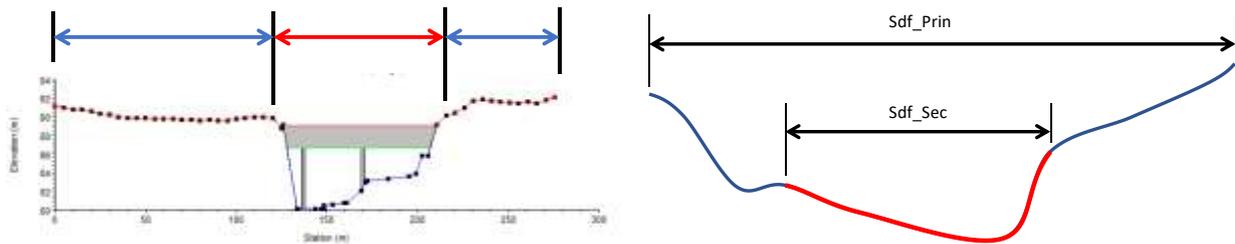
El comando *comb\_geom* ha sido concebido para la extensión de secciones. Combinará las secciones de dos archivos SDF y generará un nuevo archivo en el que las secciones serán combinación de las anteriores (se relacionarán por el mismo identificador). Un ejemplo de uso sería:

```
comb_geom sdf_prin=a_hecras.sdf sdf_sec=prev_ren.sdf
```

*sdf\_prin=a\_hecras.sdf* es el archivo con las secciones procedentes del MDT (las extendidas), y

*sdf\_sec=prev\_ren.sdf* será el archivo con las secciones cuyos puntos desean integrarse en las anteriores.

El resultado serán unas secciones en las que tienen prioridad los puntos de *sdf\_sec*

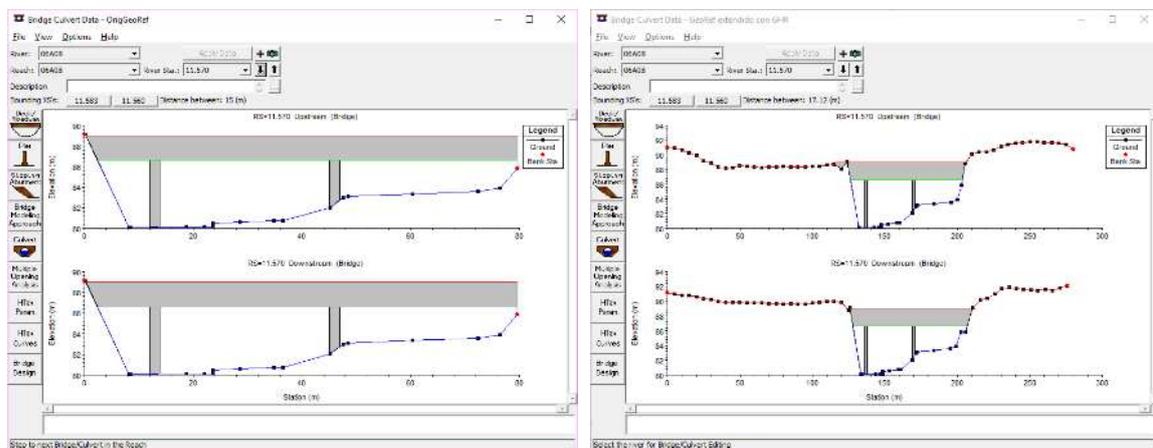


**Figura 19-33.- Combinación de secciones. En la zona roja se seleccionarán los puntos de Sdf\_Sec. En la azul los de Sdf\_Prin**

El resultado quedará almacenado en un archivo denominado *a\_HecRas\_comb.sdf*. Al importar este archivo desde HecRas, seleccionando la opción de sustituir las secciones, se mantendrán las estructuras, pero se sustituirán los puntos de las secciones.

Quizás sea recomendable emplear comandos en HecRas como sumar una cierta cantidad a las distancias, en la sección de aguas arriba o en la de aguas abajo (para facilitar la interpolación de la sección interior).

Será necesario modificar las distancias horizontales de pilas y otros elementos al margen.



**Figura 19-34.- Ejemplo de estructura antes y después de la extensión de las secciones**

Tienen que revisarse muros, rugosidades y demás caracterizaciones o parametrizaciones de todas las secciones.

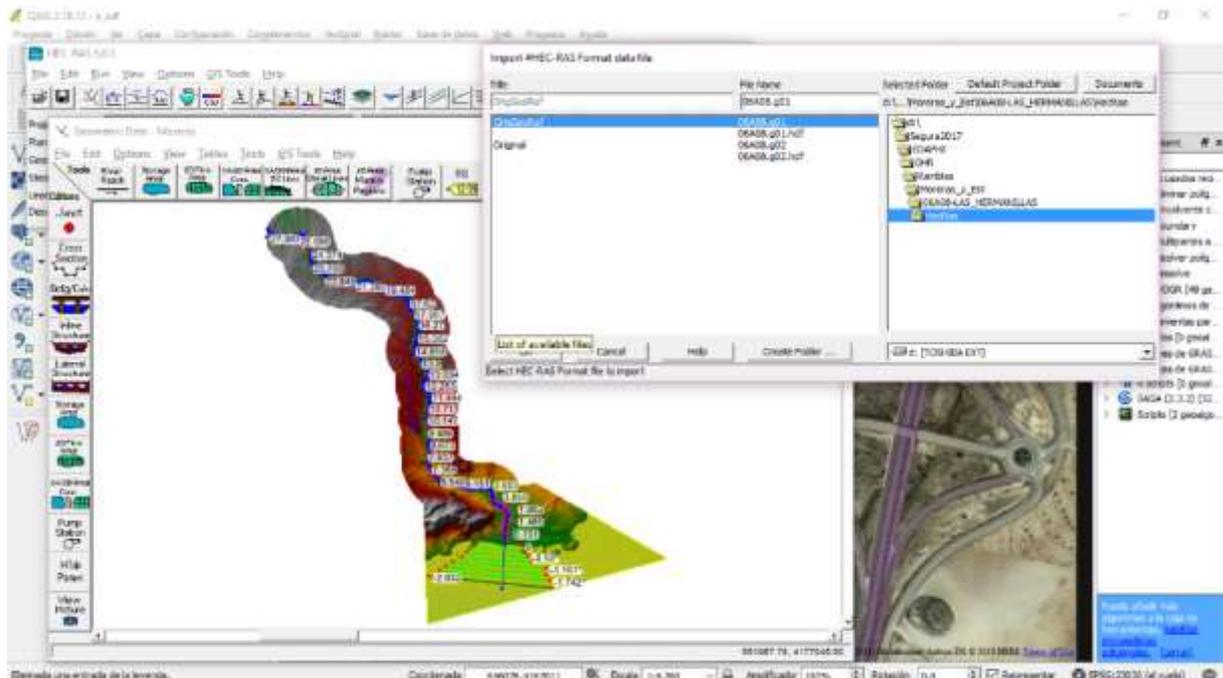
#### 19.6.2.4 Insertar un modelo en otro

Un modelo de detalle como el del ejemplo anterior, al que aquí se denominará submodelo, puede insertarse en otro de mayor extensión.



**Figura 19-35.- Superposición de modelos. La sección marcada en rojo, perteneciente al modelo principal, se eliminará para insertar el submodelo**

Esto se realizará desde las utilidades de HecRas, de modo análogo a como se hace en el caso de combinación de modelos (importando datos de geometría del submodelo desde el modelo principal), aunque, por tener zonas comunes, habrá que decidir sobre eliminar secciones de uno u otro. Se recomienda eliminar secciones antes de proceder a la inserción del submodelo.



**Figura 19-36.- Inserción de un submodelo importando geometría**

Hay que revisar secciones, especialmente las orillas y los valores de rugosidad. Será necesario corregir las distancias de la sección aguas abajo del submodelo y de la sección del modelo situado inmediatamente aguas arriba del submodelo insertado.

Se recomienda siempre reducir rugosidad a L-CH-R, lo que puede hacerse desde el comando de "Tables/Mannings ..." y en la ventana hacer click en el botón correspondiente.

## **19.7 Instalación**

La instalación se realizará como un módulo más del entorno EDAPHI que depende de la aplicación Grass con Python 2 (ver 5.7). Adicionalmente, se contará con el software Hec-Ras, pero sin requerimientos especiales, pues la conexión de GHR y esta aplicación se realizará a través de los archivos de intercambio SDF.

## 20 EDAPHI-MTG. Evaluación de recursos hídricos y cálculo de balance basado en el modelo de Témez

---

### 20.1 Introducción

En el año 2017 se creó un amplio equipo de profesionales para apoyar, con fondos del Banco Mundial (<https://www.worldbank.org/>), a Nicaragua en la elaboración del Plan Nacional Hídrico. Para la evaluación de recursos hídricos y el cálculo de balance se constituyó un equipo de especialistas nacionales e internacionales. El reto fue grande, pues unos cálculos de tal magnitud, con pocos antecedentes de base, hubo que realizarlos en apenas cuatro meses, cuando 18 meses ya habría sido un tiempo ajustado. La solución fue en parte posible a las capacidades de programación con que dota un entorno como éste, aparte del esfuerzo y la dedicación de todos los involucrados.

Los trabajos incluyeron, a parte de los referidos cálculos hidrológicos:

- Delimitación de cuencas
- Tratamiento de datos meteorológicos: homogeneización de datos, relleno de datos faltantes, cálculo de mallas de precipitación y temperaturas, cálculo de radiación solar, cálculo de vaporación de referencia y selección de escenario de clima futuro
- Cálculo de evapotranspiración potencial, considerándose los años de referencia históricos 1983, 2000, 2005, 2010 y 2015 a efectos de cambios en los usos del suelo. Se tuvo en cuenta esta evolución en los análisis históricos y se evaluó su influencia. Todo ello previo a la construcción de las mallas geográficas (capas raster) de los correspondientes usos de suelo en las fechas indicadas.

En una fase posterior, se formó al personal de INETER (institución que incluye el Servicio Hidrológico Nacional representado por la Dirección Nacional de Recursos Hídricos) en la programación con Python con EDAPHI y Grass.

El código para esta solución es una primera versión simplificada de EDAPHI. La versión final de MTG se definió del modo más simple posible para facilitar las labores formativas.

### 20.2 Funcionalidad de la aplicación

La funcionalidad de la aplicación puede resumirse en los siguientes puntos:

- Realiza los cálculos de escorrentías e infiltración para la evaluación de recursos hídricos a escala mensual. Su modelo se basa en el método de Témez
- Emplea el software Grass y Excel, programados con Python y VBA, respectivamente. El primero para los cálculos matriciales y el segundo para acciones relacionadas con la calibración de parámetros y cálculos agregados (en subcuencas).
- Facilita la conexión con otras herramientas SIG
- Presenta resultados detallados, de agregación y resúmenes o síntesis, y en varios formatos

El volumen de información que maneja es alto: la base de datos de Grass contiene 2807 capas raster y 15 vectoriales. En total se cuentan 30,074 archivos en 3,084 carpetas.

### 20.3 Modelación

El modelo que se implementó en MTG fue el de Témez para la evaluación de recursos hídricos (Figura 20-1).

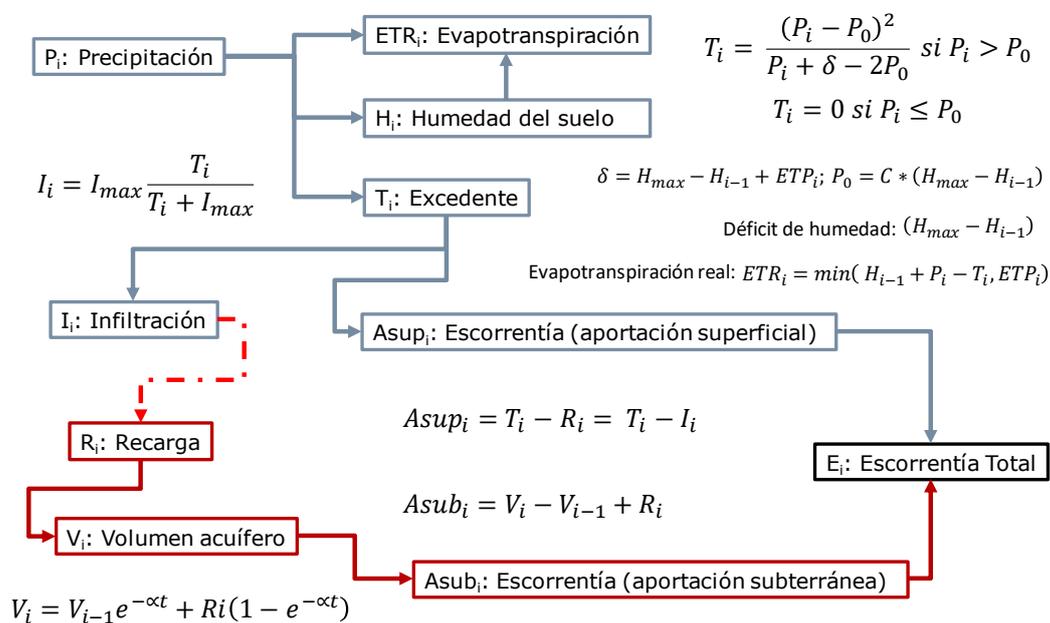


Figura 20-1.- Esquema del modelo de Témez para la evaluación de recurso hídricos

Pero dadas las circunstancias en las que hubo que hacer el trabajo, con el reto del tiempo disponible y con los estudios hidrogeológicos realizándose en paralelo, fue inevitable (o aconsejable para esta primera aproximación) simplificar el esquema conforme a lo indicado en el siguiente esquema (Figura 20-2).

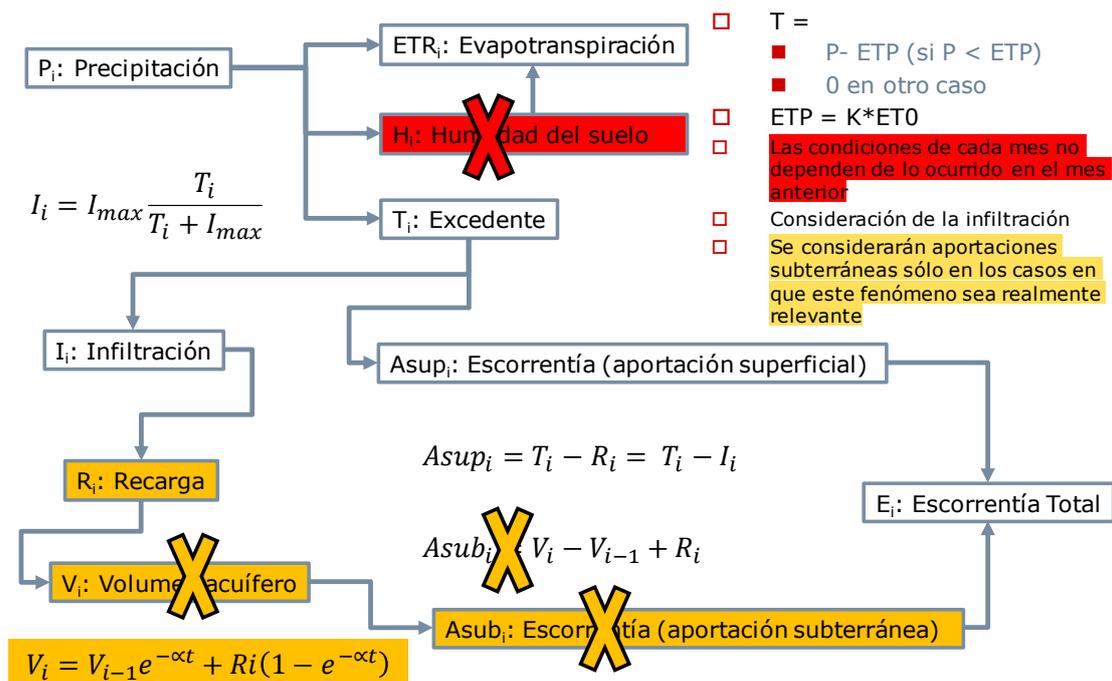


Figura 20-2.- Esquema simplificado del modelo de Témez

## 20.4 Datos

Los datos de entrada en formato SIG matricial son:

- Parámetro de infiltración para obtener la infiltración máxima
- Evapotranspiraciones de referencia
- Precipitaciones
- Consumos (para el cálculo del balance)
- Mapas de usos del suelo a lo largo del tiempo

Para el contraste de resultados se requieren series temporales de caudales en puntos de la red hidrográfica.

Los parámetros de simulación que admiten calibración son los de infiltraciones y los de evapotranspiraciones reales.

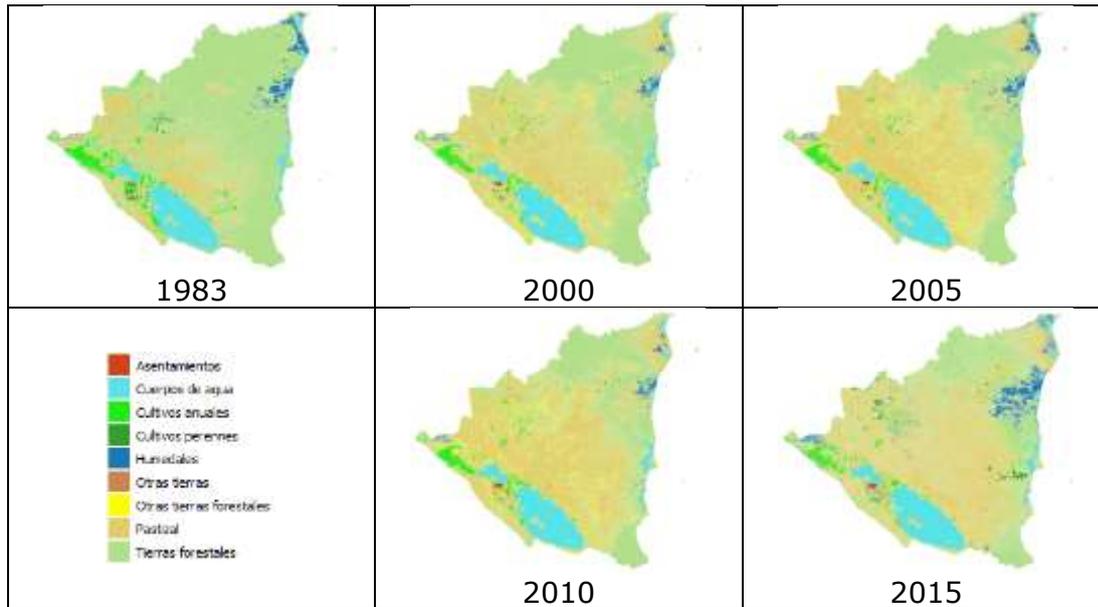


Figura 20-3.- Evolución de los usos del suelo

### 20.5 Resultados

Los resultados principales son: escorrentías, infiltraciones, evapotranspiraciones reales y balances. Tanto como series temporales de todas las variables con que trabaja en formato de mallas SIG o como valores areales (agregados en subcuencas).

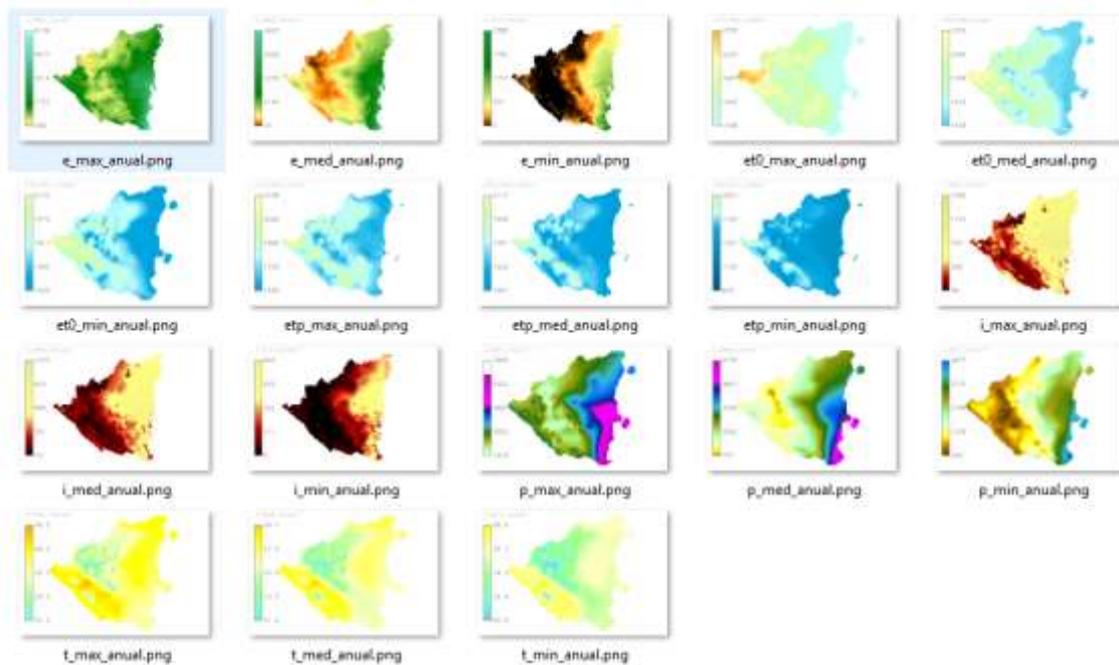
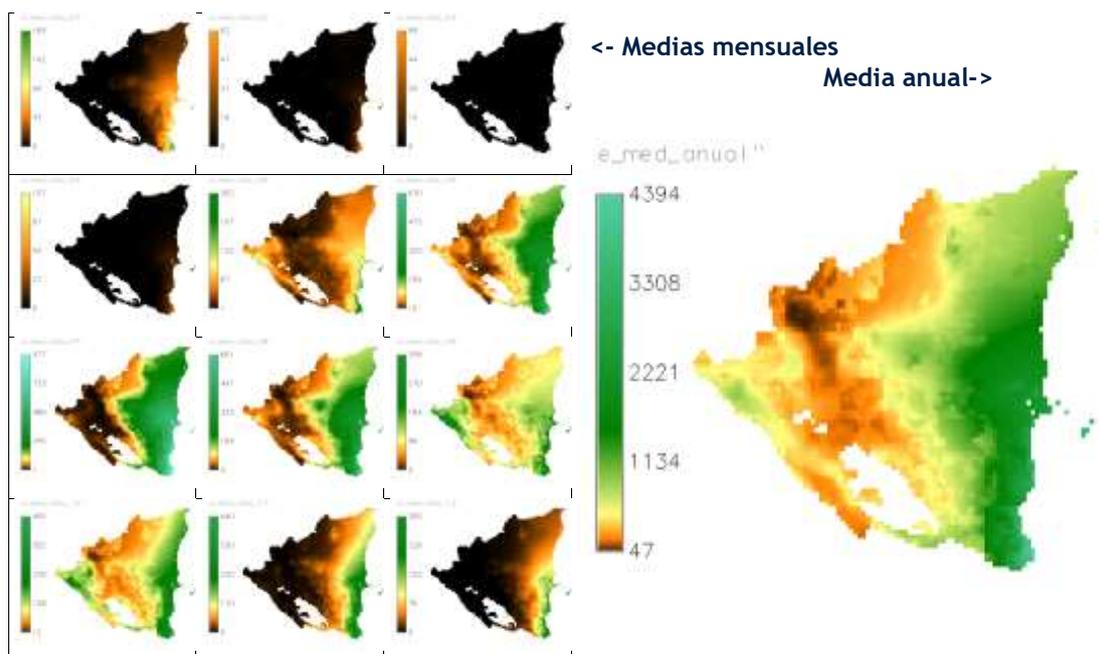


Figura 20-4.- Resultados de síntesis. Estadísticos anuales.



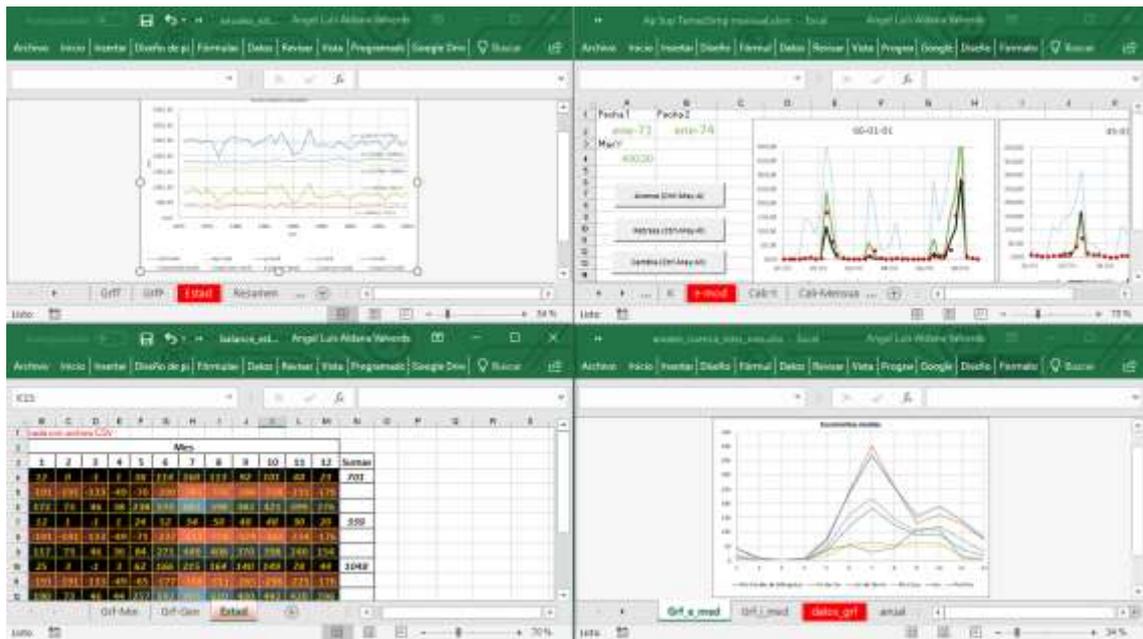
**Figura 20-5.- Valores medios mensuales**

Genera resúmenes con agregaciones temporales, espaciales y estadísticas, tanto en forma de gráficos como de tablas.

La estructura de archivos de resultados de la evaluación de recursos responde a (para las variables escorrentía, infiltración, evapotranspiración de referencia y potencial, temperatura y precipitación):

- *res\CapasResMod.*- Capas de síntesis en formato GeoTif. Promedios mensuales (mes 1 a 12) y anuales, para las variables.
- *res\Csv.*- Valores areales mes a mes
- *res\Grf\Anuales.*- Valores anuales, año por año. Una subcarpeta por variable.
- *res\Grf\Inter\_Anual.*- Estadísticos (promedio, mínimo y máximo) anuales, para cada variable resultado
- *res\Grf\Inter\_Mes.*- Estadísticos (promedio, mínimo y máximo) mensuales (mes 1 a 12) para cada variable.
- *Res\Balance.*- Resultados de balance en valores medios. Archivos CSV y PNG.

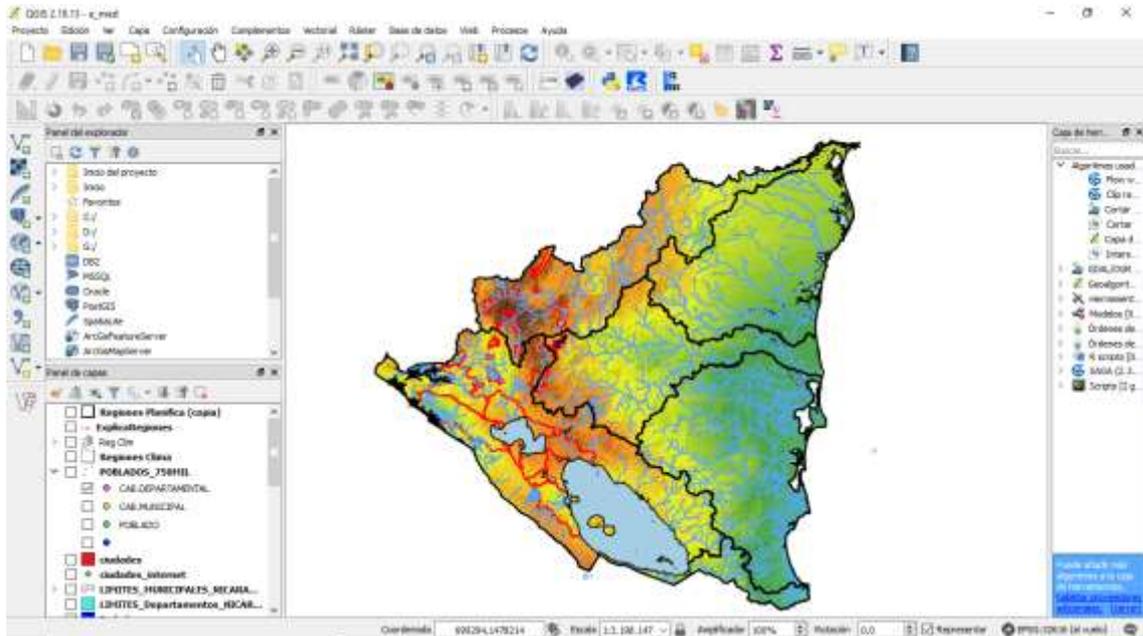
Los resultados anteriores se complementan con unas utilidades para la consulta de resultados CSV preparadas con archivos MS-Excel, incluyendo programas en VBA. EL mismo tipo de archivos y lenguaje se emplea para utilidades de ajustes de parámetros de cálculo. EN total hay 59 archivos CSV con todos los detalles de los cálculos en subcuencas y 6 archivos XLSX con gráficos y tablas.



**Figura 20-6.- Archivos de MS-Excel con vínculos a CSV, programas VBA para consultas y cálculos.**

Además, en la base de datos Grass (carpeta *Grass*) se mantienen los valores mensuales (mes a mes para cada año) de cada variable.

Los resultados pueden ser consultados desde otro SIG



**Figura 20-7.- Consulta de resultados en otro SIG (caso QSIG)**

Los balances se realizan en valores mensuales medios. Los resultados son análogos a los anteriores, con gráficos y archivos CSV.

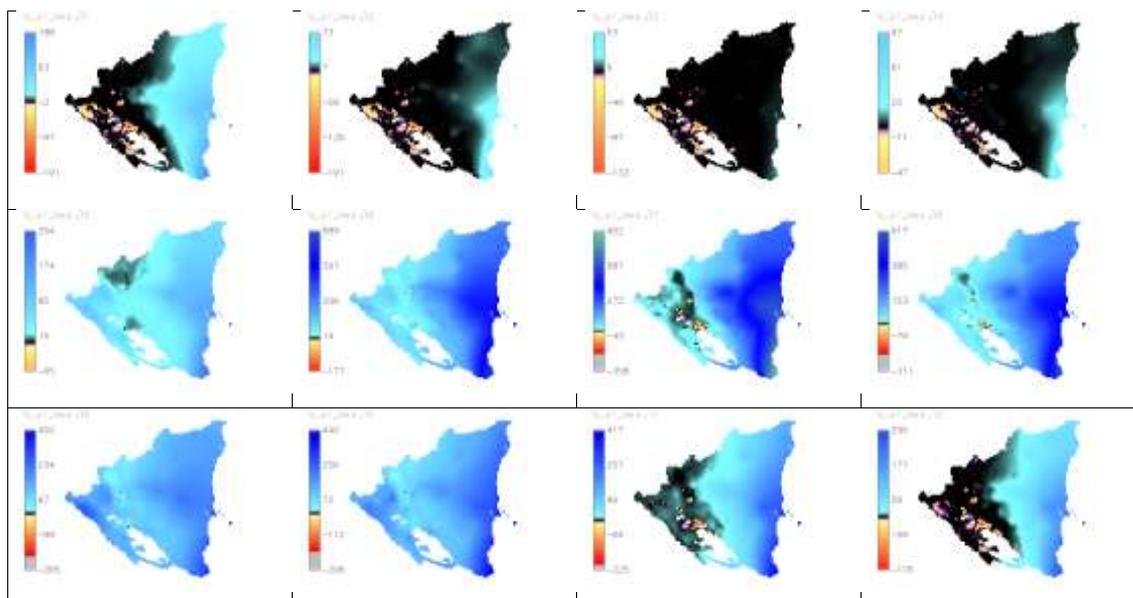


Figura 20-8.- Mallas con resultados de balances

## 20.6 Comandos

Los comandos con que cuenta esta aplicación son:

Comando	Descripción
ayuda	Ayuda
bal_calcula	Cálculo del balance
bal_datos_bas	Cálculo del balance
borra_fechas	Borra mallas en la BD de Grass, correspondiente a un intervalo de fechas
cd_caso	Cambia al directorio de caso
crea_caso	Crea las subcarpetas de caso a partir de la carpeta principal
crea_loc	Crea el "LOCATION" de Grass en el directorio Grass de caso a partir de las características de un Tif
dir_caso	Muestra o asigna el directorio del caso
edita_cod	Editar el código lanzando PyCharm
ejecuta_grass	Ejecutar un comando Grass
ejecuta_py	Ejecuta el módulo py que se indique como argumento
eval_calcula	Raliza los cálculos de evaluación de recursos hídricos
eval_datos_bas	Carga las mallas dato Tif (p, et0, k, kv) y cuencas
limpia_res	Elimina resultados de cálculo tipo mapset, PNG y Tif. Deja los CSV
mtg_completo	Realiza todas las operaciones de manera secuencial

Tabla 20-1.- Comandos del módulo MTG

## 20.7 Instalación

Este módulo se instala como uno estándar que emplea GIS-Grass (ver apartado 7)

## 21 EDAPHI-ADDA. Análisis de datos diarios para la calibración del parámetro "a"

---

### 21.1 Introducción

Los parámetros de transformación de lluvia-escorrentía son una de las mayores fuentes de incertidumbre de los modelos de pronóstico hidrológico. Es pues recomendable realizar estudios con datos históricos para evaluar su variación por cuencas y establecer relaciones con la precipitación en días anteriores.

Para calibrar estos parámetros se recurre a una formulación específica que dependerá, a su vez, de otros parámetros a calibrar. La calibración se basará en cuencas sin regulación con datos históricos de caudal.

### 21.2 Funcionalidad de la aplicación

Por ello se ha desarrollado ADDA, con el objetivo general de realizar estudios históricos para establecer relaciones entre parámetros de escorrentía y precipitación antecedente.

La finalidad última (todo ello en función de la precipitación antecedente) será:

- Precalibración de los parámetros de escorrentía y definición de sus rangos de variación, lo que implica una mejora significativa del enfoque de autocalibración de parámetros (ver 4.6 y 0), pues requiere de rangos lo más estrecho que sea posible y con fundamento en estudios.
- Definición de escenario basado en parámetros precalibrados. Aún sin los ajustes en tiempo real, los cálculos basados en la precalibración pueden ya ofrecer resultados con precisión suficiente en muchos casos.

### 21.3 Datos

Requiere para cada subcuenca a analizar datos históricos de caudal y lluvia areal media. Estos pueden almacenarse en archivos XLSX.

Las lluvias pueden calcularse con Prec a partir de datos históricos en pluviómetros.

La caracterización de subcuencas puede realizarse con GCuencas

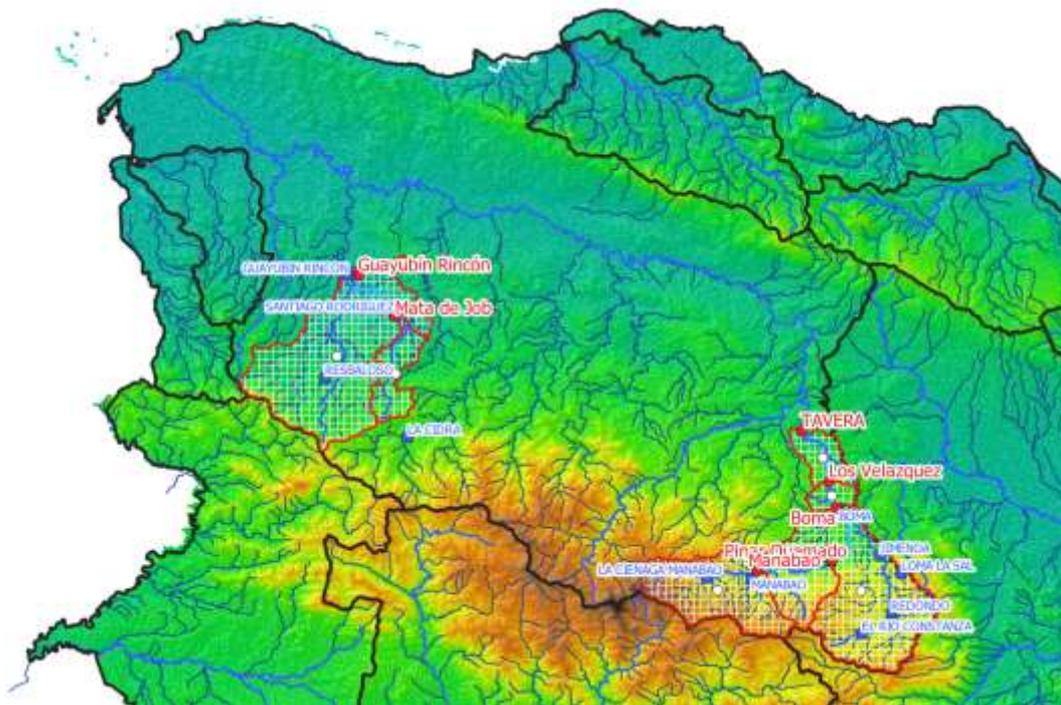


Figura 21-1.- Base SIG para un caso de aplicación (Yaque del Norte en República Dominicana) definida con GCuencas

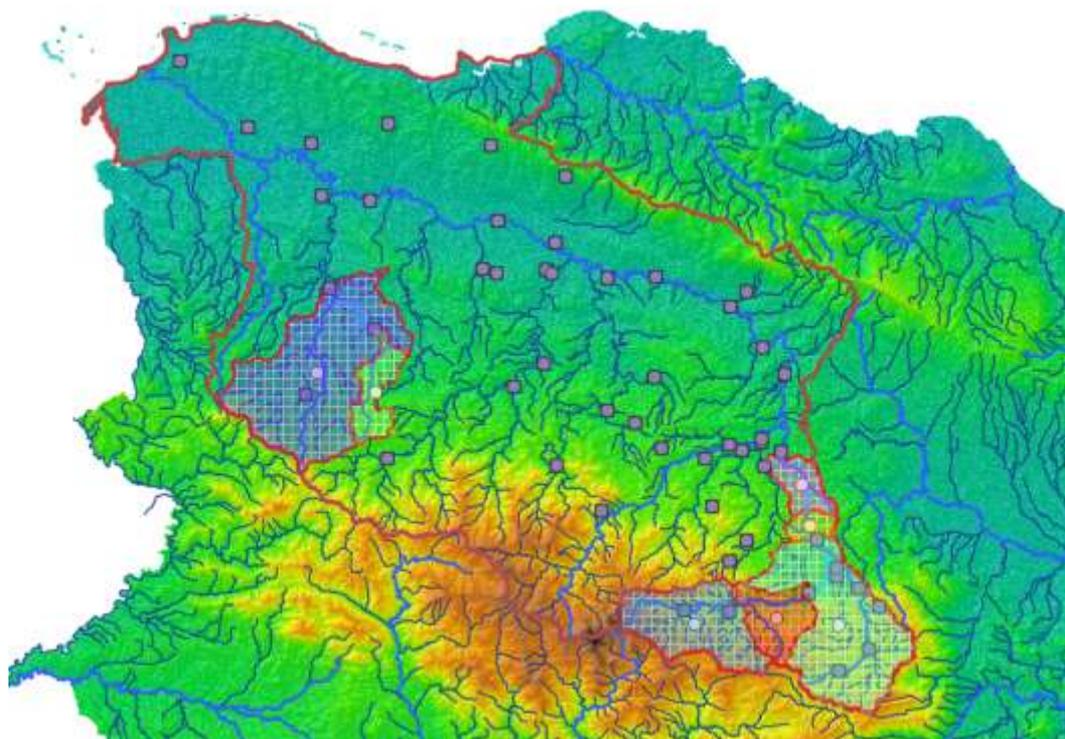


Figura 21-2.- Base SIG de Prec para el mismo caso de aplicación

## 21.4 Modelización

Lo relacionado al parámetro  $a$  y su relación con la precipitación en días anteriores está descrito en el apartado 14.3.2.

### 21.4.1 Adaptación del hidrograma unitario

Los cálculos de pronóstico, para subcuencas que se simulan con hidrogramas unitarios, se realizan con discretizaciones de 60, 30 o 15 minutos. Este análisis se basa en datos diarios. Para lograr la máxima compatibilidad de análisis basados en datos diarios aplicados a discretizaciones menores se recurre al uso de hidrograma unitario con dato diario de precipitación, realizando un cálculo suponiendo que la lluvia se reparte en 24 horas conforme a una distribución SCS-I (elegida arbitrariamente, aunque la elección de otra hipótesis similar apenas altera el resultado).

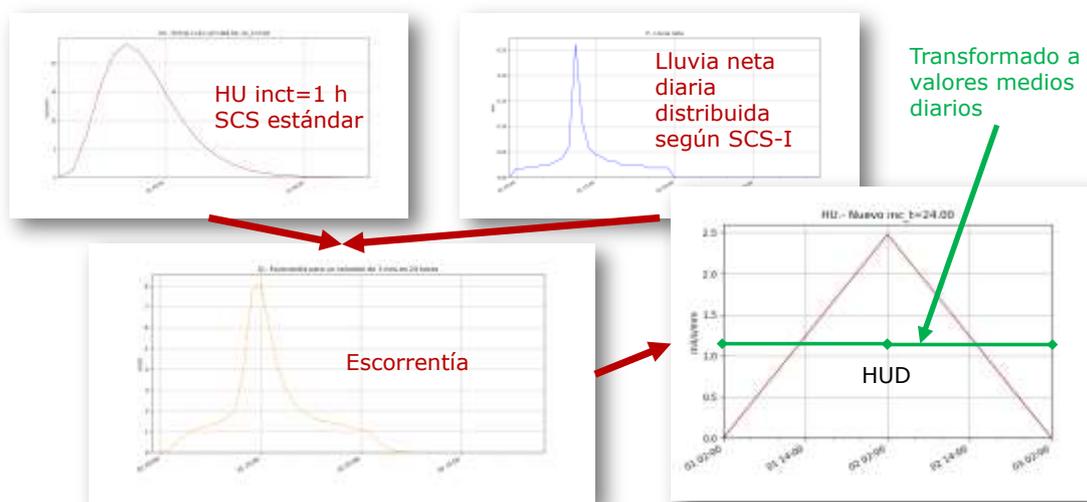


Figura 21-3.- Esquema de adaptación del hidrograma unitario para intervalos de tiempo diarios

### 21.4.2 Caudal base

El caudal base consiste en la suma de dos componentes: una parte supuesta constante y otra según la ecuación que se incorpora al hidrograma unitario:

$$Q_{bt} = q_{ratio} * q_p * e^{-kt}$$

$q_p$  es el caudal punta del hidrograma unitario, y  $kt$  y  $q_{ratio}$  son parámetros a calibrar, todo ello a escala inferior a la diaria.

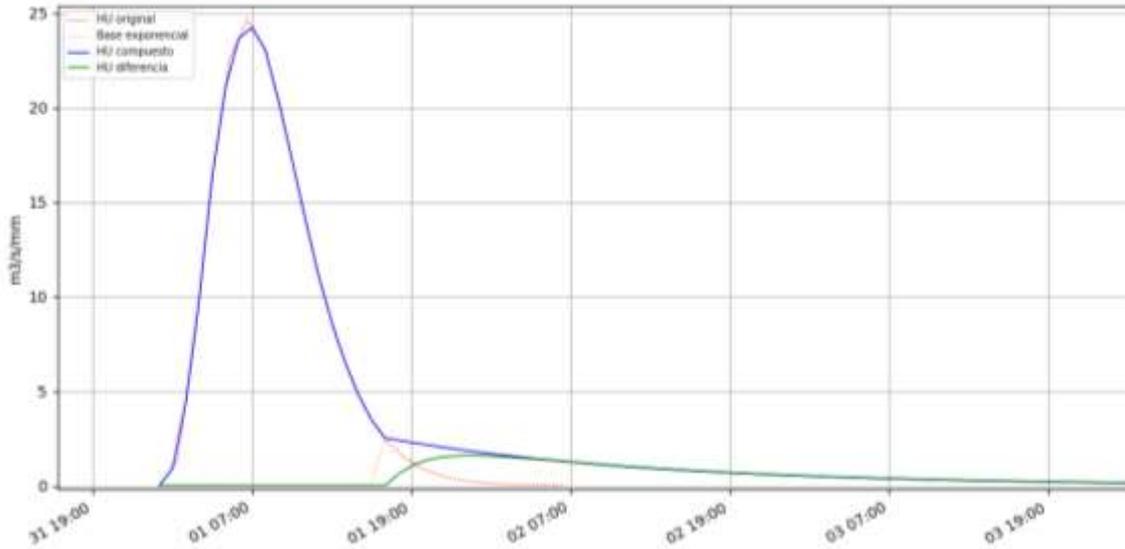


Figura 21-4.- Caudal base representado en el hidrograma unitario

### 21.5 Cálculo de errores de simulación

Para valorar los resultados se emplean las siguientes fórmulas de error:

$$ABS\_POND\_MAX = \frac{\sum_{i=1}^n |v\_mod_i - v\_obs_i| * |v\_obs_i|}{\sum_{i=1}^n |v\_obs_i|}$$

$$BIAS(sesgo) = \frac{\sum_{i=1}^n v\_mod_i - v\_obs_i}{n}$$

$$ABS(Error\ absoluto\ medio, MAE) = \frac{\sum_{i=1}^n |v\_mod_i - v\_obs_i|}{n}$$

$$BIAS\_POND\_MAX = \frac{\sum_{i=1}^n (v\_mod_i - v\_obs_i) * |v\_obs_i|}{\sum_{i=1}^n |v\_obs_i|}$$

$$CUAD (RECM, RMSE, error\ cuadrático\ medio) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v\_mod_i - v\_obs_i)^2}{n}}$$

$$C\_POND\_MAX = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v\_mod_i - v\_obs_i)^2 * |v\_obs_i|}{\sum_{i=1}^n |v\_obs_i|}}$$

Siendo  $v\_mod$ : valor de modelo,  $v\_obs$ : valor observado,  $i$ : intervalo de tiempo

También se calculan el índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe (*NSE*) y las variantes normalizadas (*NNSE1* y *NNSE2*):

$$NNSE1 = \frac{1}{2 - NSE1}; NSE1 = \frac{\sum_{i=1}^n |v_{mod_i} - v_{obs_i}|}{\sum_{i=1}^n |v_{mod_i} - v_{obs_{med}}|}$$

$$v_{obs_{med}} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{obs_i}}{n}$$

$$NNSE2 = \frac{1}{2 - NSE2}; NSE2 = \frac{\sum_{i=1}^n (v_{mod_i} - v_{obs_i})^2}{\sum_{i=1}^n (v_{mod_i} - v_{obs_{med}})^2}$$

*Nota: Estas fórmulas aplicadas a series temporales están disponibles para todos los módulos por programación*

## 21.6 Configuración

Este módulo se configura de modo análogo a MHH, por lo que no se van a repetir los apartados uno por uno. Tan solo se indica a continuación las singularidades de ADDA con respecto a MHH:

- No recurre a las aplicaciones Hec
- Sólo tiene nodos tipo S
- Sólo funciona con escenarios de tipo simulación (SIM) y de un tipo determinado distinto a los de MHH.

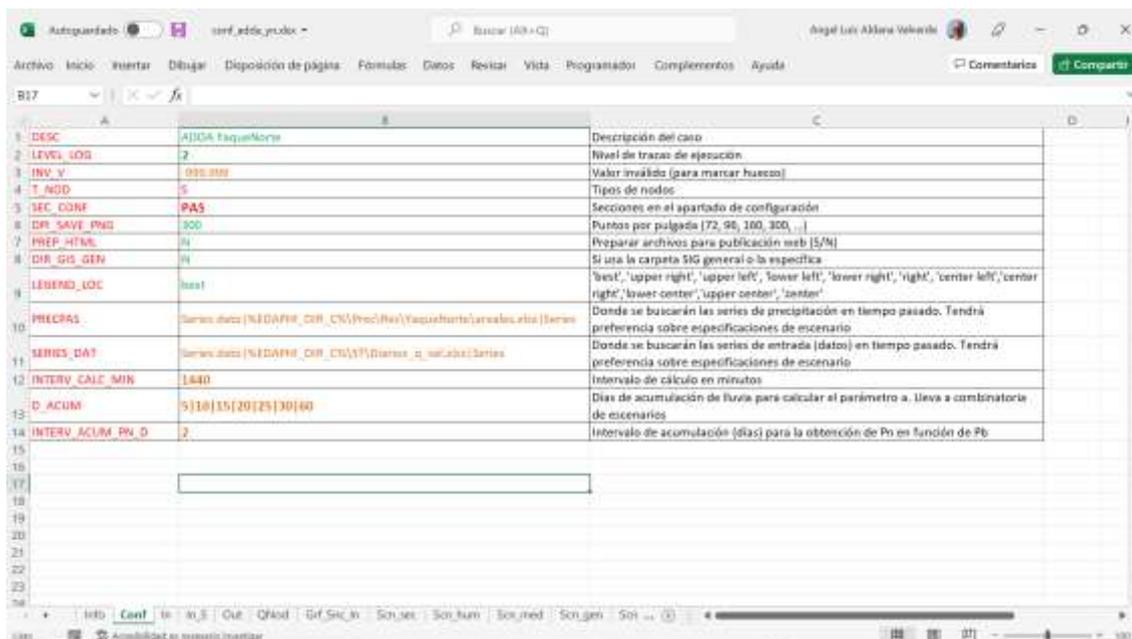


Figura 21-5.-Hoja principal de configuración de ADDA

### 21.6.1 Definición de escenarios

Los escenarios se definirán de forma idéntica a como se hace en MHH, salvo que limitada y en función de una colección de parámetros (sección PARAM\_TAB) específica (PQ\_NC\_APL\_QBC).

Cada escenario estará asociado a una curva de "a" en función de la precipitación antecedente.

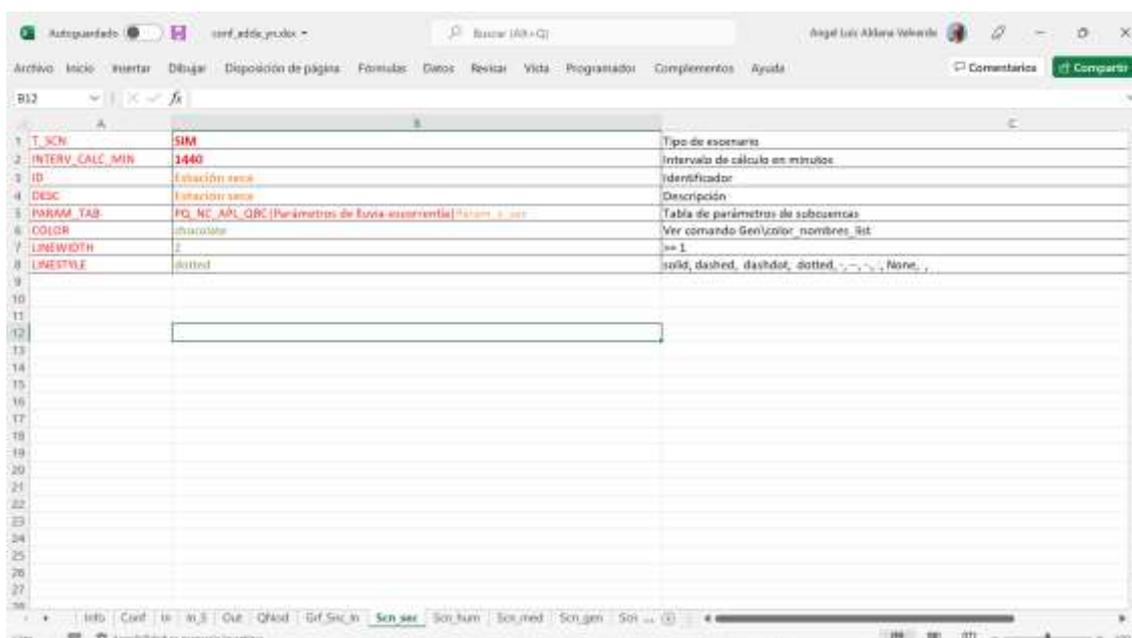


Figura 21-6.- Definición de un escenario de cálculo

La tabla de parámetro será similar a la de la siguiente figura:

Subcuencas completas (agregan parciales)	CN	Area km2	L km	Qbas_cde	Qmin_cem	A	A MAX	A MIN	AA	P	MED	AA POT	AA	DAYS	E	DAYS	QBAS	G	RATIO	QBAS
Estación Ito	15.03	76.64	0.0233	29.05	0.37	7.07	2.58	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Guacamán Resaca	77.40	385.29	0.0334	47.70	0.80	6.30	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Marañón	71.38	354.91	0.0330	35.47	3.00	8.00	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Pinar Guacamán	71.27	318.86	0.0331	41.75	4.00	12.88	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Barba	74.20	495.90	0.0332	34.86	4.00	15.88	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Laja Melitopoli	15.20	775.13	0.0334	55.10	11.00	19.38	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Tawana	15.88	785.10	0.0334	41.82	9.00	20.38	2.10	0.22	8.88	13.00	15.00	8.004	8.004	15.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004

Figura 21-7.- Establecimiento de parámetros PQ\_NC\_APL\_QBC en una hoja

Este módulo está preparado para operar con diferentes periodos de cálculo de precipitaciones medias, pues es uno de los parámetros a estudiar.

### 21.7 Resultados

Genera resultados en archivos XLSX y PNG con gráficos. También cuenta con utilidades interactivas para visualizar los gráficos en detalle

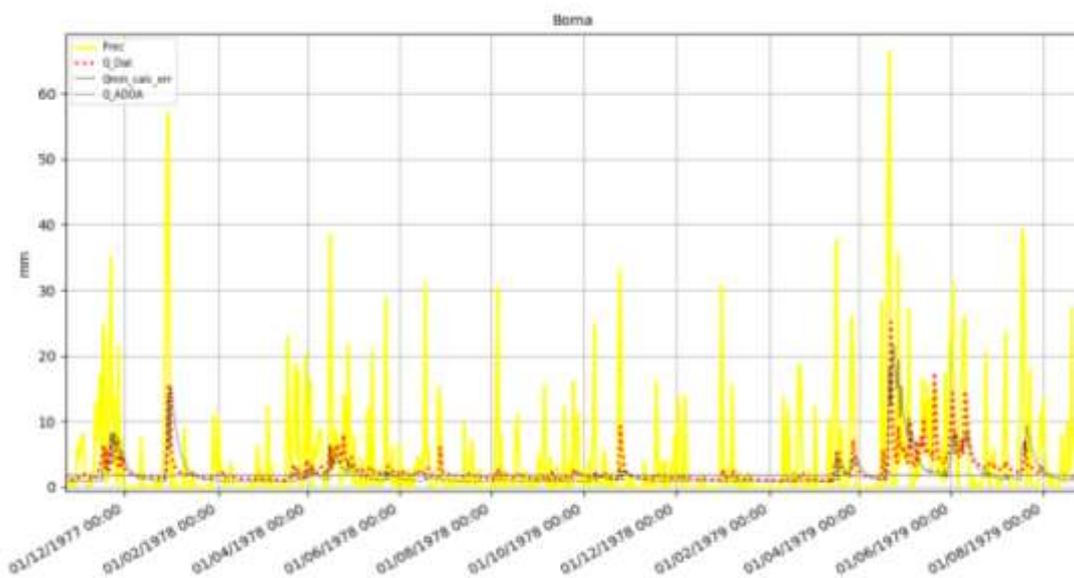
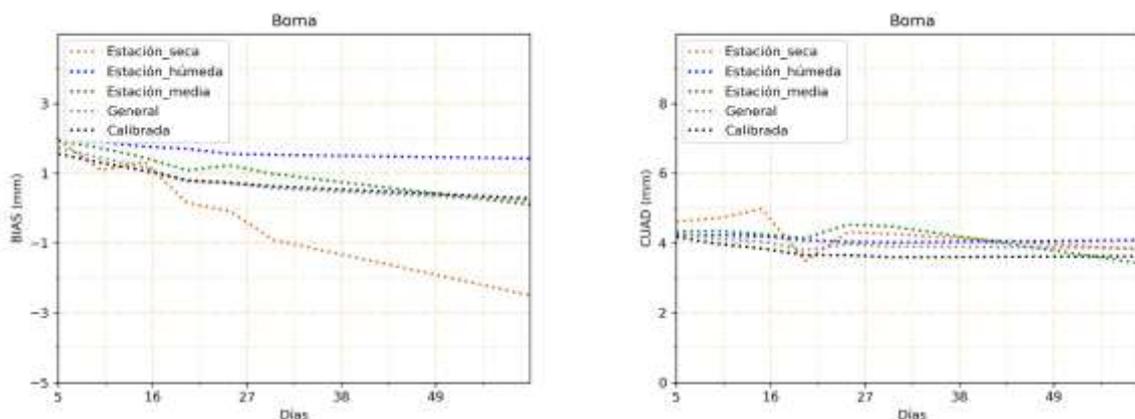


Figura 21-8.- Ejemplo de gráfico de resultados que incluyen precipitación (amarillo), caudal calculado (negro) y caudal dato (rojo)



**Figura 21-9.- Ejemplo de gráficos de resultados de cálculo de errores en función del periodo de cálculo de precipitación antecedente**

## 21.8 Comandos

El comando es *adda*, y sus opciones son:

```
Argumento obligatorio:
  xlsx_conf=- Nombre del archivo de configuración
Comandos
  -read_conf.- Lee la configuración y muestra las lecturas
  -list_subc.- Presenta un lista de las subcuencas
  -list_scn.- Presenta una lista de los escenarios (considerando la
combinatoria)
  -list_ferr.- Presenta una lista de las fórmulas de error
  -grf_hud.- Muestra ventanas gráficas de HU diario
  -calc_sim.- Cálculo de simulación
  -calc_err.- Cálculo de errores de la simulación
  -calc_sub.- Cálculo interactivo de una subcuenca
    isubc=- índice de subcuenca
  -grf_subc_vt.- Ventana de gráfico por subcuenca de caudales
    isubc=- índice de subcuenca
    iscn=- índice de escenario
    txt_scn=- Alternativa a iscn mediante se seleccionan
escenarios cuyo id contenga el texto
    /mm.- Para mostrar series en mm
    /mm_pb.- Para mostrar series en mm e incluyendo precipitación
  -grf_subc_err.- Ventana de gráfico de errores de simulación por
subcuenca
    isubc=- índice de subcuenca
    ifml=- índice de fórmula
    /mm.- Para mostrar resultados en mm
    y_min=- (Opcional) Valor mínimo de la escala de ordenadas
    y_max=- (Opcional) Valor máximo de la escala de ordenadas
  -grf_all_err.- Genera archivos de gráfico errores de simulación en
todas las subcuencas
    ifml=- índice de fórmula
```

```

/mm.- Para mostrar resultados en mm
y_min=-. (Opcional) Valor mínimo de la escala de ordenadas
y_max=-. (Opcional) Valor máximo de la escala de ordenadas

```

Ejemplos:

```

xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -list_subc
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_hud isubc=0
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -calc_subc isubc=0
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -calc_sim
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_subc_vt isubc=6 txt_scn=Calibrada
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_subc_vt isubc=6 txt_scn=_30 /mm
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_subc_vt isubc=6 txt_scn=solo_datos
/mm_pb
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_subc_vt isubc=6 iscn=0 /mm_pb
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_subc_err isubc=2 ifml=4 /mm y_min=0
xlsx_conf=conf_adda_yn.xlsx -grf_all_err ifml=0 /mm y_min=-15 y_max=15

```

## 21.9 Instalación

No tiene necesidades especiales de instalación.

## 22 EDAPHI-WOF. Utilidades de acceso a datos a través de un servicio web WaterOneFlow

---

### 22.1 Introducción

Actualmente se extiende el uso de servicios web para poner a disposición datos hidrológicos. Uno de ellos es WaterOneFlow (ver <https://his.cuahsi.org/wofws.html>) que es compatible con WaterML (<https://www.ogc.org/standards/waterml>), un estándar de archivo de intercambio de información hidrológica.

El equipo de "BYU Hydroinformatics Laboratory", de la "Brigham Young University", ha desarrollado el paquete PyWaterML (<https://pywaterml.readthedocs.io/en/latest/>), que resulta especialmente útil para el acceso a datos a través de un servicio web WaterOneFlow.

### 22.2 Funcionalidad de la aplicación

El principal objetivo de WOF es integrar PyWaterML dentro de EDAPHI y añadir algunas funcionalidades complementarias.

Como es habitual en las aplicaciones de EDAPHI, este módulo puede ser usado en modo comandos y por programación en Python.

Provee comandos de acceso a datos con posibilidades de generar mapas, archivos XLSX y CSV, además de presentar información en pantalla

El uso del módulo por programación, en Python, facilita el uso de pywaterml y convierte sus resultados en forma de diccionario a resultados en forma de listas compatibles con las formas de almacenamiento dentro de EDAPHI

### 22.3 Resultados

Los resultados al ser usado en modo comando, se almacenan en archivos XLSX, aunque también puede generar mapas interactivos.

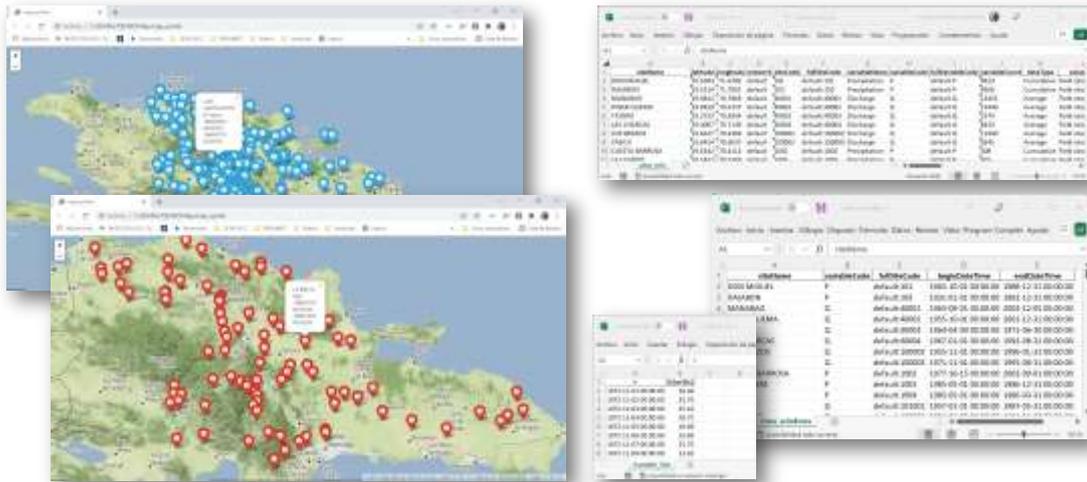


Figura 22-1.- Ejemplos de resultados de mapas y hojas de cálculo

## 22.4 Comandos

Al escribir *wof* en la línea de comandos aparece lo siguiente, que explica las múltiples opciones y argumentos a emplear en cada caso:

```
* Argumentos obligatorios para todos los comandos
url=: Dirección del WaterOneFlow Web Service
inc_minutes=: Intervalo en minutos de los datos del servidor

No serán necesarios si se almacena en la carpeta de caso un archivo
url.txt con los datos necesarios
Ejemplo de contenido:
http://128.187.106.131/app/index.php/dr/services/cuahsi_1_1.asmx?WSDL,1440

* Comandos:
-h: Muestra estas líneas
-vars: Obtiene las variables
-sites: Obtiene la información de los sitios
    n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
    n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
    /print: Imprime la información
-s_name: Obtiene información de sitios según el nombre
    sitename=: Nombre del sitio
-site_info: Obtiene la información detallada del sitio
    fullSiteCode=: Identificador del sitio (si no se indica buscará
en todos los sitios)
    n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
    n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
    /print: Imprime la información
-var_site: Obtiene la información completa de la variable de un sitio
    fullSiteCode=: Identificador del sitio
```

```
start_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma
el más antiguo
end_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma el
más reciente
n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
-tv_var: Obtiene pares instante valor de la variable de un sitio
fullSiteCode=: Identificador del sitio
start_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma
el más antiguo
end_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma el
más reciente
n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
type_v=: una de las opciones
values|mean_interpolation|backward_interpolation|forward_interpolation.
Por defecto "values"
/print: Imprime la información
/grf: Muestra un gráfico
-month_av_site: Obtiene la información completa de la variable de un
sitio
fullSiteCode=: Identificador del sitio
start_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma
el más antiguo
end_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00. Si no se indica toma el
más reciente
n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
/print: Imprime la información
-time_win: Obtiene la ventana de tiempos general de todos los sitios
fullSiteCode=: Identificador del sitio (si no se indica buscará
en todos los sitios)
n_csv=: Genera un archivo CSV, si se indica
n_xlsx=: Genera un archivo XLSX, si se indica
/print: Imprime la información
-down_all_d: Descarga todos los datos diarios
n_xlsx_out=: Nombre del archivo XLSX resultado (obligatorio)
n_xlsx_in=: Nombre del archivo XLSX de sitios (opcional), con
fila de cabeceras: siteName, variableCode, fullSiteCode y unitAbbreviation
n_sheet=: Nombre de la hoja de n_xlsx_in con los datos de
sitios
start_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00
end_date=: Formato 1985-05-01 11:00:00
type_v=: una de las opciones
values|mean_interpolation|backward_interpolation|forward_interpolation.
Por defecto "values"
-map_s: Genera un archivo de mapa Leaflet almacenado en un archivo HTML
n_arch_html=: Nombre del archivo HTML
fullSiteCode=: Identificador del sitio (si no se indica
seleccionará todos los sitios)
```

```

        v_code=: Tipo de variable [P, Q, ...] (si no se indica
seleccionará todas las variables)

* Ejemplos:
  -sites n_csv="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\sites.csv"
n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\sites.xlsx" /print
  -s_name sitename="TAVERA"
  -vars n_csv="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\vars.csv"
n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\vars.xlsx" /print
  -site_info n_csv="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\site_info.csv"
n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\site_info.xlsx"
  -site_info fullSiteCode=default:402 /print
  -var_site fullSiteCode=default:402
n_csv="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\var_site.csv"
n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\var_site.xlsx" start_date="1985-05-01
00:00:00" end_date="1985-05-30 23:00:00"
  -var_site fullSiteCode=default:402 n_xlsx="var_site.xlsx"
type_v=mean_interpolation start_date="1985-05-01 00:00:00" end_date="1985-
05-30 23:00:00"
  -tv_var fullSiteCode=default:402 n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\tv.xlsx"
start_date="1985-05-01 00:00:00" end_date="1985-05-30 23:00:00"
  -tv_var fullSiteCode=default:402 n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\tv.xlsx"
type_v=mean_interpolation start_date="1985-05-01 00:00:00" end_date="1985-
05-30 23:00:00"
  -tv_var fullSiteCode=default:402 /grf url="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\tv"
  -down_all_d n_xlsx_out="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\tv_all.xlsx"
start_date="1931-01-01 00:00:00" end_date="2016-08-31 00:00:00"
n_xlsx_in="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\site_info_sel.xlsx" n_sheet=sites_info
  -month_av_site fullSiteCode=default:402
n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\m_var_site.xlsx"
  -time_win n_xlsx="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\time_win.xlsx"
  -time_win /print fullSiteCode=default:402
  -map_s n_html="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\map.html"
  -map_s n_html="C:\EDAPHI\RD\WOF\Res\map_q.html" v_code=Q

```

## 22.5 Configuración

Este módulo no tiene opciones de configuración, a excepción de lo indicado en el apartado anterior respecto al archivo opcional *url.txt*, cuyo contenido puede ser algo como lo siguiente:

```
http://128.187.106.131/app/index.php/dr/services/cuahsi_1_1.asmx?WSDL,1440
```

## 22.6 Instalación

No tiene necesidades especiales de instalación.

## 23 Anexo. Uso de módulos PY comunes a través de la línea de comandos

Al escribir *comandos* en la línea de comandos de una ventana, se muestran listas de comandos generales y comandos propios de la aplicación de la ventana y del caso de aplicación.

Si se escribe *comandos -list /d* muestra un listado de comandos específicos para desarrollo. Uno de los módulos a los que se tiene acceso es *util\_dev*, cuyas instrucciones de uso se muestran a continuación:

```
Argumentos:
-h:      Muestra estas líneas
-m_a_g:  Añade m_agua_gen.txt a todos los módulos
-cmn_py3: Analiza las dependencias entre módulos PY. Almacena el
resultado en Cmn\Py3\Cod\Util\depend.xlsx en el primer caso y en
Mod\Cod\Util\depend.xlsx si se especifica mod
        mod=: Nombre del módulo (opcional) cuyos PY se desean añadir al
análisis
-l_cmn_py3: Imprime un listado de los módulos CMN de los que depende mod
        mod=: Nombre del módulo
-dist_p mod= Prepara la carpeta de distribución de programas del módulo
mod a la carpeta de programas dir_prog_d
        dir_prog_d=: Carpeta de programas
        /d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
        /interact: Interactivo. Si no se indica, no borra carpetas ni
PY/PYC anteriores
        /sources: Si no se indica se preparan archivos compilados PYC,
no lo fuentes PY
-dist_c: Prepara la carpeta de distribución de comandos CMD del módulo
mod en la carpeta de programas dir_prog_d
        mod=: Nombre del módulo
        dir_prog_d=: Carpeta de programas destino
        /d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
        /interact: Interactivo. Si no se indica, no borra carpetas ni
PY/PYC anteriores
-dist_v mod= dir_prog_d=: Prepara las carpetas varias de distribución
del módulo mod en la carpeta de programas dir_prog_d
        mod=: Nombre del módulo
        dir_prog_d=: Carpeta de programas destino
        /d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
-gen_doc: Genera la documentación HTML de los módulos PY/PYC de dir_py
y la almacena en dir_html
        dir_py=: Carpeta con archivos PY
        dir_html=: Carpeta donde se almacenará un html por cada PY
-gen_p_doc: Genera la documentación completa HTML de todos los módulos
y la almacena en la carpera Htmldoc
```

```

    dir_prog=: Carpeta de programas
    -txt_hm: Genera el texto uniendo txt_help_main de todos los módulos.
Puede ser recomendable redirigir          a un archivo de texto
    /edaphi_ap: Opción para buscar módulos PY CMN y los de la
aplicación específica (según entorno)
    /no_list: Opción si se desea omitir la lista de archivos
examinados
Ejemplos:
    -cmn_py3
    -l_cmn_py3 mod=CGS
    -dist_p mod=CFFGS dir_prog_d=E:\EDAPHI_RD\Prog /d_cmn
    -dist_c mod=CFFGS dir_prog_d=E:\EDAPHI_RD\Prog /d_cmn
    -gen_doc dir_py=E:\EDAPHI_RD\Prog\cmn\py3\Cod\Py
dir_html=E:\EDAPHI_RD\Prog\Htmldoc
    -gen_p_doc dir_prog=%EDAPHI_DIR_PROG%

```

En concreto, si se emplea el siguiente comando:

```
util_dev -txt_hm /no_list > txt_help.txt
```

se genera un archivo cuyo contenido referido a los módulos comunes se muestran a continuación.

Pueden llamarse a través del comando *py\_c*, ejemplo:

```
py_c s_cna_hu.py
```

```

*****
Módulos CMN

anim - Cmn\Py3\Cod\Py\anim.py
bezier - Cmn\Py3\Cod\Py\bezier.py
chm - Cmn\Py3\Cod\Py\chm.py
comandos - Cmn\Py3\Cod\Py\comandos.py
compress - Cmn\Py3\Cod\Py\compress.py
conf_edaphi - Cmn\Py3\Cod\Py\conf_edaphi.py
console - Cmn\Py3\Cod\Py\console.py
control_mod - Cmn\Py3\Cod\Py\control_mod.py
csv_to_dss - Cmn\Py3\Cod\Py\csv_to_dss.py
curve_fitting - Cmn\Py3\Cod\Py\curve_fitting.py
dss_to_xls - Cmn\Py3\Cod\Py\dss_to_xls.py
edit_csv - Cmn\Py3\Cod\Py\edit_csv.py
encrypt - Cmn\Py3\Cod\Py\encrypt.py
evol_comp - Cmn\Py3\Cod\Py\evol_comp.py
file_csv - Cmn\Py3\Cod\Py\file_csv.py
file_xls - Cmn\Py3\Cod\Py\file_xls.py
ftp_ed - Cmn\Py3\Cod\Py\ftp_ed.py
geoprj - Cmn\Py3\Cod\Py\geoprj.py
graf_xy - Cmn\Py3\Cod\Py\graf_xy.py
h_node - Cmn\Py3\Cod\Py\h_node.py

```

```
http_ed - Cmn\Py3\Cod\Py\http_ed.py
i_egrass - Cmn\Py3\Cod\Py\i_egrass.py
info_log - Cmn\Py3\Cod\Py\info_log.py
map - Cmn\Py3\Cod\Py\map.py
map_cts - Cmn\Py3\Cod\Py\map_cts.py
map_par - Cmn\Py3\Cod\Py\map_par.py
mod_raster - Cmn\Py3\Cod\Py\mod_raster.py
mod_raster_ts - Cmn\Py3\Cod\Py\mod_raster_ts.py
model - Cmn\Py3\Cod\Py\model.py
rast_vect - Cmn\Py3\Cod\Py\rast_vect.py
raster - Cmn\Py3\Cod\Py\raster.py
root - Cmn\Py3\Cod\Py\root.py
s_cna_hu - Cmn\Py3\Cod\Py\s_cna_hu.py
scenario - Cmn\Py3\Cod\Py\scenario.py
sound - Cmn\Py3\Cod\Py\sound.py
tasks_e - Cmn\Py3\Cod\Py\tasks_e.py
topo - Cmn\Py3\Cod\Py\topo.py
trz_ts - Cmn\Py3\Cod\Py\trz_ts.py
ts_calc - Cmn\Py3\Cod\Py\ts_calc.py
ts_gen - Cmn\Py3\Cod\Py\ts_gen.py
ts_stats - Cmn\Py3\Cod\Py\ts_stats.py
ts_util - Cmn\Py3\Cod\Py\ts_util.py
ts_util_points_saih_seg - Cmn\Py3\Cod\Py\ts_util_points_saih_seg.py
tv_s_dss - Cmn\Py3\Cod\Py\tv_s_dss.py
tv_serie - Cmn\Py3\Cod\Py\tv_serie.py
util - Cmn\Py3\Cod\Py\util.py
util_chardet - Cmn\Py3\Cod\Py\util_chardet.py
util_dev - Cmn\Py3\Cod\Py\util_dev.py
util_mathplotlib - Cmn\Py3\Cod\Py\util_mathplotlib.py
vectorial - Cmn\Py3\Cod\Py\vectorial.py
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: anim
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\anim.py
```

Animaciones de imágenes

Argumentos:

```
pat=: patrón de selección de archivos PNG (imágenes)
dir_img=: Carpeta donde se buscarán los archivos
arch_anim=: Nombre del archivo GIF con la animación resultante
inc_t=: segundos de duración de cada "frame" (imagen)
```

Ejemplo: anim pat=\*.Lluv.png dir\_img=C:\EDAPHI\GMeteo\Res\Grf\Lluv  
arch\_anim=C:\EDAPHI\GMeteo\Res\Anim\Lluv.gif inc\_t=0.5

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: bezier
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\bezier.py
```

Define una curva interpolada a partir de puntos, según curvas de Bezier  
Presentará los resultados gráficos y en un archivo .bezier.xlsx

Argumentos:

-test.- No requiere más argumentos y muestra unas ventanas con ejemplos

-xlsx.- Partirá de datos en un archivo xlsx y generará otro .bezier.xlsx  
n\_xlsx= nombre completo del archivo xlsx con los datos (x, y, tan), incluyendo cabecera  
n\_sheet= nombre de la hoja con los datos  
inc\_x= Incremento de x en la interpolación  
tension= valor (0, 1)  
/graf.- Presenta el gráfico  
/xlsx.- Genera el archivo .bezier.xlsx

Ejemplos

n\_xlsx=%EDAPHI\_DIR\_PROG%\Util\cmdbezier-sec\_circ.xlsx n\_sheet=Sec  
inc\_x=0.01 tension=0.5 /graf

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: chm  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\chm.py

Superclase para construcción de subclases de conectores con otros sistemas como FFGS Sispri  
Módulo que se usa por código  
No se usa en modo comando

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: comandos  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\comandos.py

Ofrece varias alternativas de gestión de archivos de comandos

Argumentos:

-list: Listado de comandos  
cod=: condificación de archivos de comandos (cp850 / IBM850 por defecto)  
mark=: Marca de línea de descripción (@A por defecto)  
/d: Comandos de desarrollador

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: compress  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\compress.py

Utilidades de compresión de archivos

Argumentos:

-formats: Muestra los formatos admitidos y sus extensiones de archivo correspondientes  
-comp: Comprime un directorio / carpeta  
n\_arch=: Nombre del archivo comprimido a generar. Si n\_arch incluye extensión se asociará un formato  
format=: Formato (zip, por defecto). No se considera si n\_arch lleva extensión

```
dir_o=: Carpeta a comprimir
/path_comp: Si se almacena las direcciones completas
-desc: Descomprime un directorio /carpeta
n_arch=: Nombre del archivo comprimido a descomprimir (con
extensión)
dir_d=: Carpeta a crear
```

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: conf_edaphi
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\conf_edaphi.py
```

Configuración de EDAPHI

Argumentos:

```
-desc: Descripción de las variables principales de EDAPHI
-a_py_mod: Añade el acceso al código de un módulo
mod= Nombre del módulo
```

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: console
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\console.py
```

Utilidades relacionadas con ventanas de comandos

Argumentos:

```
-test
l_enc=.- Lista de códigos Por defecto será "utf-8|cp1252|cp850"
```

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: control_mod
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\control_mod.py
```

Módulo control de ejecución de aplicaciones que se usa desde otros módulos-aplicaciones

No se usa en modo comando

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: curve_fitting
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\curve_fitting.py
```

Módulo para ajustes de curvas

Se usa por programación, aunque cuenta con demostración

Argumento:

```
-test
```

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: edit_csv
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\edit_csv.py
```

Editor simple de archivos CSV de configuración

Argumentos:

n\_arch\_csv=: nombre del archivo CSV

t\_arch=

COL0\_KEY: Es interpretado con la columna cero como clave identificadora

HEADER\_COL\_INFO: Se interpreta que hay una fila de títulos. En este caso se usa el argumento i\_col\_info

i\_col\_info=: Número de columna (base 0) que sirve para identificar la fila

n\_arch\_csv=: nombre del archivo CSV

Ejemplo de uso:

n\_arch\_csv=%EDAPHI\_DIR%\Gen\conf\_prog.csv t\_arch=HEADER\_COL\_INFO

i\_col\_info=0

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN

Módulo PY: encrypt

Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\encrypt.py

Encriptado

Argumentos:

-h: Muestra estas líneas

-enc: Encripta el texto

-des: Desencripta el texto

-test: Ejemplo de uso del código

Ejemplo:

-enc

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN

Módulo PY: evol\_comp

Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\evol\_comp.py

Computación evolutiva para optimización paramétrica

Argumento obligado:

-test

Opciones

-sin\_rc: Bidimensional sinusoidal con máximo en (0,0)

-hspher: Semi Hiperesfera

dim=: Dimensión del problema (>=2)

-hcono: Semi Hipercono

dim=: Dimensión del problema (>=2)

-sincos: 'Caja de huevos' deformada para lograr un mínimo

-4max: Bidimensional con 4 máximos

-linmax: Bidimensional línea de máximos

percent\_reprod\_tot=: Porcentaje que participa en la reproducción con respecto al total

percent\_mutat\_news=: Porcentaje de mutaciones respecto de los nuevos

max\_pop=: población máxima (depués de kill)

type\_mut=: tipo de mutación {0: 'uniform', 1: 'triang', 2:

'triang\_inv', 3: 'char\_link'}

percent\_amp\_mut=: Amplitud de la mutación en porcentaje respecto al rango posible

max\_iter=: máximo número de iteraciones

Ejemplos:

```
-evol -sin_rc percent_reprod_tot=80 percent_mutat_news=50 max_pop=15
type_mut=1 max_iter=20 percent_sel_reprod=50 percent_amp_mut=50
-evol -sincos percent_reprod_tot=80 percent_mutat_news=50 max_pop=15
type_mut=1 max_iter=20 percent_sel_reprod=50 percent_amp_mut=50
-evol -4max percent_reprod_tot=80 percent_mutat_news=50 max_pop=15
type_mut=2 max_iter=20 percent_sel_reprod=50 percent_amp_mut=100
-evol -linmax percent_reprod_tot=100 percent_mutat_news=50 max_pop=15
type_mut=1 max_iter=20 percent_sel_reprod=50 percent_amp_mut=100
-evol -hspher percent_reprod_tot=80 percent_mutat_news=100 max_pop=10
type_mut=0 max_iter=10 percent_sel_reprod=80 percent_amp_mut=2 dim=40
-evol -hcon percent_reprod_tot=80 percent_mutat_news=100 max_pop=10
type_mut=0 max_iter=10 percent_sel_reprod=80 percent_amp_mut=2 dim=20
```

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN

Módulo PY: file\_csv

Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\file\_csv.py

Manejo de archivos CSV

Argumentos:

```
-h: Muestra estas líneas
-csv_to_html: Transforma un archivo CSV (tabla) en un HTML
              n_csv= Archivo CSV
              n_html=Archivo HTML
              n_css=Archivo CSS de estilos ('/EDAPHI.css' por defecto)
-test
```

Ejemplo:

```
-csv_to_html n_csv=E:\EDAPHI\Gen\Res\nod_Q.csv n_html=nod_Q.html
```

El módulo file\_xls también incluye utilidades para archivos csv

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN

Módulo PY: file\_xls

Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\file\_xls.py

Manejo de archivos XLSX

Argumentos:

```
-h: Muestra estas líneas
-xlsx_to_csv: Transforma un archivo XLSX a otro CSV. Se generará un
archivo por hoja. El nombre de la hoja se añadira, antes de la extensión
y precedido por _, al nombre del archivo CSV, enel caso de que se omita
el argumento n_sheet
              xlsx=Nombre del archivo XLSX
              csv=Nombre del archivo CSV
              sep=Separador en CSV (, por defecto)
              n_sheet=(opcional)
-csv_to_xlsx: Transforma un archivo CSV a XLSX
              csv=Nombre del archivo CSV
              xlsx=Nombre del archivo XLSX
```

```

        n_sheet=Nombre de hoja (Datos, por defecto)
        sep=Separador en CSV (, por defecto)
    -xlsx_to_html: Transforma una hoja de un archivo XSLX en otro HTML
        xlsx= Archivo CSV
        n_sheet=Nombre de la hoja
        n_html=Archivo HTML
        n_css=Archivo CSS de estilos ('/EDAPHI.css' por defecto)
    -test
Ejemplos:
    -xlsx_to_csv xlsx="C:\Aforos\2019-09-11 La Dehesa\La Dehesa
19_09_11.xlsx" csv=prueba.csv
    -csv_to_xlsx csv=E:\EDAPHI\ST\st_gen_60min.csv xlsx=st_gen_60min.xlsx
    -xlsx_to_html xlsx=E:\EDAPHI\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx n_sheet=Series
html=MHH_01A02A1.html n_css=/EDAPHI.css

```

```

*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: ftp_ed
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\ftp_ed.py

```

Utilidad FTP

Argumentos:

```

    -up: Carga archivos en servidor FTP
        /no_exc: No usa la lista de archivos excluidos

```

```

*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: geoprj
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\geoprj.py

```

Gestión básica de sistemas de referencia espaciales (geográficos)

Argumentos:

```

    -info_e_w: Obtiene información de Internet acerca de un código EPSG
        ecode=: el código EPSG
    -list_xlsx: Lista códigos y descripciones del archivo WKT.xlsx
        t_wkt=: el tipo de WKT (ogcwkt, esriwkt)
    -set_xlsx: Actualiza el archivo WKT.xlsx
        ecode=: el código EPSG
        t_wkt=: el tipo de WKT (ogcwkt, esriwkt)
    -ecode_prj: Indica el código EPSG de un archivo PRJ
        n_prj=: el nombre del archivo completo
    -s_prj: Genera el archivo PRJ de un SHP
        n_shp=: el nombre del archivo SHP completo
        ecode=: el código EPSG

```

Ejemplos:

```

    -info_e_w ecode=4326
    -set_xlsx ecode=23030 t_wkt=ogcwkt
    -list_xlsx t_wkt=esriwkt
    -ecode_prj n_prj=E:\EDAPHI\Prog\Util\GeoPrj\4326.prj
    -s_prj n_shp=E:\EDAPHI\SIG\prueba.shp ecode=4326

```

```

*****

```

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: graf\_xy  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\graf\_xy.py

#### Gráficos XY

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:

-test

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: h\_node  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\h\_node.py

#### Nodos de representación del sistema hidrológico

En modo comando:

-test

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: http\_ed  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\http\_ed.py

#### Acceso a direcciones http

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:

-test

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: info\_log  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\info\_log.py

#### Manejo de trazas de ejecución y archivos log

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:

-test

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: map  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\map.py

#### Presentación de mapas

Argumentos:

- plot: Muestra un mapa  
    nf\_map=: Archivo de definición del mapa
- png: genera un archivo PNG con el mapa  
    nf\_map=: Archivo de definición del mapa  
    nf\_png=: Archivo PNG resultado

Ejemplos:

```
mapa -plot nf_map=%EDAPHI_DIR%\Prec\conf_mapa_plot.xlsx
mapa -png nf_map=%EDAPHI_DIR%\Prec\conf_mapa_plot.xlsx nf_png=mapa.png
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: map_cts
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\map_cts.py
```

Operaciones con colecciones de series y mapas

Argumentos de acción:

- w\_it: Muestra una ventana con valores en un instante determinado
- w\_anim: Muestra una ventana animada
- w\_max: Muestra una ventana con los máximos
- w\_min: Muestra una ventana con los mínimos
- w\_med: Muestra una ventana con los promedios
- w\_acum: Muestra una ventana con los acumulados
- g\_\*: Comandos equivalentes a los anteriores pero almacenando los resultados en archivos

-----  
-----

Argumentos obligatorios:

- it=: Número de intervalo (para comando -w\_it o -g\_it)
- dir\_res=: Carpeta de resultados (para comandos g\_
- arch\_res=: Nombre completo de archivo gráfico, alternativa a dir\_res para comandos g\_, excepto para g\_anim que sólo usa nombre predefinidos. Tiene preferencia respecto a dir\_res
- Opción 1
  - arch\_ct=: Nombre completo del archivo de series temporales
  - n\_sheet=: Nombre de la hoja con las series. Por defecto, n\_sheet=Series
  - arch\_vec=: Nombre completo del archivo vectorial
  - Con los siguientes argumentos complementarios:
    - id\_vec=: Campo de la capa vectorial para relacionar con ID de series. Por defecto: ID
    - scn\_excl=: Escenarios que se excluyen (-stats\_t). Por defecto: Min\_Scns\_Fut|Max\_Scns\_Fut"
    - scn=: Si se indica, sólo se calculan los valores del escenario scn
    - attrib=: Atributo con el que opera. Con todos si no se especifica
    - nt\_color=: Nombre de la tabla de colores (ver comando color\_tablas)
    - nf\_paltxt=: nombre del archivo texto con la tabla de colores formato GRASS
    - dpi=: Puntos por pulgada para archivos gráficos (Por defecto, dpi=300)
    - title=: Título. Puede usar la variable @t\_0@ que será sustituida por la cadena de instante actual
  - Opción 2
    - arch\_conf=: Nombre completo del archivo de configuración XLSX
    - Si se indica origen de series tendrá preferencia sobre lo indicado en la configuración
    - arch\_ct=: Nombre completo del archivo de series temporales
    - n\_sheet=: Nombre de la hoja con las series. Por defecto, n\_sheet=Series
- Argumentos complementarios:

inter\_s=: Intervalo de pausa, en segundos, para animaciones  
pref=: Prefijo para resultados estadísticos

Ejemplos:

```
-w_max arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
-w_it it=5 arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
-g_it it=47 arch_vec=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Sig\nod_s_areas_yn.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\asm\Nod_S_Areas_YN_ASM.xlsx
title="Valor actual de FFGS-ASM" n_tcolor=rainbow
arch_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\Grf\FFGS-ASM_t0.png
-w_max arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\nod_p.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\St\st_gen_60min.xlsx n_sheet=Datos id_vec=id size=10
attrib=P
-w_anim arch_vec=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\areaales.xlsx n_sheet=Series
n_tcolor=plasma inter_s=0.5
-w_max arch_conf=conf_mapa_s_max.xlsx
-g_acum arch_conf=conf_mapa_s_acum.xlsx
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min
-w_max arch_conf=conf_mapa_s_max.xlsx
arch_ct=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\30min\areaales.xlsx n_sheet=Series
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: map_par
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\map_par.py
```

Mapas de tablas de parámetros

Argumentos de acción:

```
-w_mp: Muestra una ventana con mapa de valores de un parámetro
-g_mp: Genera un archivo gráfico con mapa de valores de un parámetro
```

Argumentos obligatorios:

```
dir_res=: Carpeta de resultados (para comando g_
arch_res=: Nombre completo de archivo gráfico, alternativa a dir_res
para comandos g_. Tiene preferencia respecto a dir_res
Opción 1
  arch_p=: Nombre completo del archivo de parámetros (CSV o XLSX)
  n_sheet=: Nombre de la hoja con los parámetros (no necesaria si sólo
hay una hoja)
  arch_vec=: Nombre completo del archivo vectorial
  - Con los siguientes argumentos complementarios:
    id_vec=: Campo de la capa vectorial para relacionar con ID de
series. Por defecto: ID
    attrib=: Atributo con el que opera. Con todos si no se especifica
    nt_color=: Nombre de la tabla de colores (ver comando
color_tablas)
    nf_paltxt=: nombre del archivo texto con la tabla de colores
formato GRASS
    dpi=: Puntos por pulgada para archivos gráficos (Por defecto,
dpi=300)
Opción 2
```

arch\_conf=: Nombre completo del archivo de configuración XLSX  
- Si se indica origen de parámetros tendrá preferencia sobre lo  
indicado en la configuración  
arch\_ct=: Nombre completo del archivo de series temporales  
n\_sheet=: Nombre de la hoja con las series. Por defecto,  
n\_sheet=Series

Ejemplos:

```
-g_mp arch_vec=%EDAPHI_DIR_C%\Sig\Nod_S_Areas.shp  
arch_rel_id=%EDAPHI_DIR_C%\rel_id_s.xlsx arch_p=%EDAPHI_DIR_C%\Res\FFGS-  
MAP_EHA-ASM_hms_param_subbasins.xlsx param=a title="Valor actual de a"  
n_tcolor=rainbow  
arch_res=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Html\Grf\CSispi_Smcrel70cm_t0.png
```

```
*****  
Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: mod_raster  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\mod_raster.py
```

Modelos raster

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:  
-test

```
*****  
Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: mod_raster_ts  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\mod_raster_ts.py
```

Series temporales de mallas (raster)

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:  
-test

```
*****  
Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: model  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\model.py
```

Bases genéricas de modelos EDAPHI

Argumentos:

```
-desc: Descripción básica de un modelo según su archivo de  
configuración  
xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración  
-l_nods: Muestra una tabla de nodos  
xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración  
-d_io: Describe entradas y salidas del modelo  
xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración  
-xlsx_nods: Escribe un XLSX con una tabla de nodos en la hoja Nod  
xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración  
xlsx_res=: Nombre del archivo de resultados  
-plt_nod: Muestra una ventana con las series de un nodo
```

```
xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
id_nod=: Identificador del nodo
t=: P para pasado o simulación y F para futuro (pronóstico)
attr=: Atributo (opcional). Ejemplo attr=Q
-shp_res: Genera SHP de puntos relacionados con resultados PNG
  xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  attr=: Atributo (opcional). Ejemplo attr=Q
  /in: Resultados relacionados con entradas. Si no se indica, se
buscan salidas
  /fut: Resultados relacionados con futuro. Si no se indica, se
buscan resultados PAS/SIM
-kml_res: Genera KML de puntos para publicación de resultados
  xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  root_web=: Dirección de Ineternet donde se publicarán los
archivos. Ej: https://39700065.servicio-
online.net/EDAPHI/RD/MHH/YaqueNorte
  dir_res=: Carpeta donde se almacenan los archivos generados
  main_g=: nombre del archivo principañ
-gen_ts_s: Genera un archivo de series temporales de salidas de
embalse con valor constante
  xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  n_a_ref=: Nombre del archivo de series temporales de referencia
(CSV o XLSX)
  n_sh_ref=: Nombre de la hoja con datos (caso anterior tipo XLSX).
Valor Series por defecto
  n_xlsx_res=: Nombre del archivo XLSX resultado
  qs=: valor a asignar a los caudales de salida
-gen_tsnr_s: Genera un archivo de series temporales de salidas de
embalse a partir de un archivo no regular
  xlsx_conf=: Nombre del archivo de configuración
  n_a_ref=: Nombre del archivo de series temporales de referencia
(CSV o XLSX)
  n_sh_ref=: Nombre de la hoja con datos (caso anterior tipo XLSX).
Valor Series por defecto
  n_xlsx_res=: Nombre del archivo XLSX resultado
  n_a_nr=: Nombre del archivo XLSX con series no regulares
  n_sh_nr=: Nombre de la hoja con datos (caso anterior tipo XLSX).
Valor Series por defecto
Ejemplos:
-l_nods xlsx_conf=conf_mhh_Albujon_Umbrales.xlsx
-plt_nod t=P attr=Q id_nod=06A06
xlsx_conf=conf_mhh_Albujon_Umbrales.xlsx
-gen_ts_s xlsx_conf=conf_mhh_yn_op.xlsx
n_a_ref=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
n_xlsx_res=%EDAPHI_DIR_AREA%\ST\st_gen_s.xlsx
-gen_tsnr_s xlsx_conf=conf_mhh_yn_op.xlsx
n_a_ref=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
n_a_nr=G:\.shortcut-targets-by-id\1daiuZW5ejiGLoER-nEYIhw3ld9W7c-
8m\EDAPHI_Opera_RD\S_Emb_YN_NR.xlsx
n_xlsx_res=%EDAPHI_DIR_AREA%\ST\st_gen_s.xlsx
-gen_tsnr_s xlsx_conf=conf_mhh_yn_op.xlsx
n_a_ref=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
n_a_nr=G:\.shortcut-targets-by-id\1daiuZW5ejiGLoER-nEYIhw3ld9W7c-
8m\EDAPHI_Opera_RD\S_Emb_YN_NR.xlsx
n_xlsx_res=%EDAPHI_DIR_AREA%\ST\st_gen_s_pasfut.xlsx /pasfut
```

```
-kml_res root_web=https://39700065.servicio-  
online.net/EDAPHI/RD/MHH/YaqueNorte dir_res=res\Kml  
xlsx_conf=conf_mhh_yn_op.xlsx
```

También los comandos de escenarios cuentan con utilidades complementarias relacionadas

```
*****  
Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: rast_vect  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\rast_vect.py
```

Operaciones combinadas de capas raster y vectoriales

```
-test: Realiza un test de funcionamiento con datos aleatorios  
-poly_rast: Genera una capa raster, a partir de una vectorial de polígonos,  
cuyos valores tendrán el índice de cada polígono cuando la celda correspondiente sea interior a dicho polígono, o -1 cuando la celda no sea interior a ningún polígono
```

Pueden resultar útiles los comandos 'vectorial -recs' y 'raster -ini'

```
    n_vec=: Nombre de la capa vectorial de polígonos  
    n_asc_ref=: Raster de referencia de geometría  
    n_asc=: Nombre de la capa raster resultante.
```

```
-poly_rast_ient: Genera una capa raster, a partir de una vectorial de polígonos, cuyos valores serán 1 cuando la celda correspondiente sea interior a un polígono concreto (índice ient) y -1 cuando sea exterior
```

Pueden resultar útiles los comandos 'vectorial -recs' y 'raster -ini'

```
    n_vec=: Nombre de la capa vectorial de polígonos  
    n_asc_ref=: Raster de referencia de geometría  
    n_asc=: Nombre de la capa raster resultante  
    ient=: Índice del polígono (base 0)
```

Ejemplos

```
-poly_rast n_vect=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp  
n_asc_ref=ini.asc n_asc=masc_subc.asc  
-poly_rast_ient ient=5 n_vect=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp  
n_asc_ref=ini.asc n_asc=masc_subc_i05.asc
```

Los comandos crea\_masc del módulo Prec también pueden resultar útiles

```
*****  
Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: raster  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\raster.py
```

Operaciones con capas matriciales o ráster

Argumentos:

```
-test  
-info: Muestra información básica del raster  
    n_asc=: nombre de archivo ASC  
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para archivos sin ella  
-s_grass: Guarda un raster en formato texto Grass  
    n_asc=: nombre de archivo ASC
```

```
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
    n_asc_res=: nombre de archivo resultante
-s_esri: Guarda un raster en formato texto ESRI
    n_asc=: nombre de archivo ASC
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
    n_asc_res=: nombre de archivo resultante
-cats: Imprime categorías (valores interpretados como enteros)
    n_asc=: nombre de archivo ASC
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
-plot: Muestra una ventana con el raster
    n_asc=: nombre de archivo ASC
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
    n_tcolor=: nombre de tabla de colores (comando color_tablas)
    nf_paltxt=: nombre del archivo texto con la tabla de colores
formato GRASS
-plot_cat: Muestra una ventana con parte del raster con categoría
determinada
    n_asc=: nombre de archivo ASC
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
    n_tcolor=: nombre de tabla de colores (comando color_tablas)
    nf_paltxt=: nombre del archivo texto con la tabla de colores
formato GRASS
    cat=: Número entero (categoría)
-stats: Estadísticas de una malla
    n_asc=: nombre de archivo ASC
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
-stats_areas: Estadísticas de una malla por categorías de otra
    n_asc=: nombre de archivo ASC de la malla de valores
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
    n_asc_areas=: nombre de archivo ASC de la malla de categorías
-sum: Suma una lista de mallas
    dir_asc=: Carpeta en la que se encuentran los archivos ASC
    pattern=: Patrón de búsqueda o selección de archivos
    n_res=: Nombre del archivo con resultados en formato ASC-GRASS
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
-max: Máximos de una lista de mallas
    dir_asc=: Carpeta en la que se encuentran los archivos ASC
    pattern=: Patrón de búsqueda o selección de archivos
    n_res=: Nombre del archivo con resultados en formato ASC-GRASS
    n_asc_ref=: nombre de archivo de cabecera tipo Grass para
archivos sin ella
-ini: Genera una malla a partir de los datos xmin, xmax, ymin, ymax,
nx, ny, val
    n_asc=: Nombre del archivo resultante (formato ASC-GRASS)
    xmin=
    xmax=
    ymin=
    ymax=
```

nx=: número de celdas según x  
ny=: número de celdas según y  
val=: valor constante en toda la malla

Ejemplos:

```
raster -stats n_asc=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\asc\20190913-1300.asc
raster -plot n_asc=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\asc\20190913-1300.asc
n_tcolor=rainbow
raster -plot n_asc=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\5min\acum.asc
nf_paltxt=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Pal\LluvAcum.txt
raster -sum dir_asc=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\asc pattern=20190913-
*.asc n_asc=sum.asc
raster -max dir_asc=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\asc pattern=20190913-
*.asc n_asc=max.asc
raster -ini n_asc=ini.asc xmin=520000 xmax=710000 ymax=4319000
ymin=4115000 nx=190 ny=204 val=0
raster -s_grass n_asc=SIG\Rast_Sispi\smcrel_70cm_ejemplo.txt
n_asc_def=SIG\Rast_Sispi\rast_def.asc
n_asc_res=SIG\Rast_Sispi\smcrel_70cm_ejemplo.grass.asc
raster -stats_areas n_asc=SIG\Rast_Sispi\smcrel_70cm_ejemplo.txt
n_asc_def=SIG\Rast_Sispi\rast_def.asc
n_asc_areas=SIG\Rast_Sispi\mac_cuencas.grass.asc
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: root
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\root.py
```

Obtención de raíces de funciones

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación

En modo comando:

```
-test
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: s_cna_hu
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\s_cna_hu.py
```

Hidrogramas unitarios

-----

Comandos y argumentos:

```
-test_p.- Demostración de funciones de pérdidas
-test_h.- Demostración de hidrogramas unitarios
-test_b.- Demostración de flujo base unitario
-test_c.- Demostración de convolución
-test_t.- Demostración de transformación lluvia escorrentía
-t_con.- Tiempos de concentración según distintas formulaciones
a=.- Área de la cuenca en km2
l=.- Longitud del tramo principal de la cuenca en km
p=.- Pendiente en tantos por uno
-t_temez.- HU triangular según Témez
a=.- Área de la cuenca en km2
l=.- Longitud del tramo principal de la cuenca en km
p=.- Pendiente en tantos por uno
```

```
    inct=-. Opcional. Duración de lluvia en horas
-t_scs.- HU triangular SCS
    a=-. Área de la cuenca en km2
    l=-. Longitud del tramo principal de la cuenca en km
    p=-. Pendiente en tantos por uno
    inct=-. Opcional. Duración de lluvia en horas
-scs_prf.- Tipo gamma SCS en función de prf (peak ratio factor)
    a=-. Área de la cuenca en km2
    tp=-. tiempo de punta
    prf=-. factor de punta
    inct=-. Opcional. Duración de lluvia en horas
```

Ejemplos:

```
a=315 p=0.005 l=20 -t_scs
a=315 tp=3.4 prf=485 -scs_prf
a=315 tp=3.4 prf=485 -scs_prf inct=1.0
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: escenario
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\escenario.py
```

Gestión de escenarios usados por modelos

Comandos:

```
-desc: Descripción de cada escenario
-list_s: Listado de escenarios de salida
-list_e: Listado de escenarios de entrada
```

Argumento obligatorio:

```
xlsx_conf=: Archivo de configuración del modelo
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: sound
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\sound.py
```

Utilidades para sonido

Argumentos:

```
-warn: Aviso
-mute: Activa / desactiva el silencio
-vol: Establece el valor de volumen
    v=: [entero 0-100]
-interact: Cambios interactivos
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: tasks_e
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\tasks_e.py
```

Subprocesos EDAPHI

Argumentos:

```
-p_e: Ventanas EDAPHI
-p_p: Ventanas cuyo título empiece por un texto
    ini_tit=: Texto inicial
-k_p: Cierra ventanas cuyo título empiecen por un texto
```

```

    ini_tit=: Texto inicial
    -w_p: Espera a que se cierren las ventanas cuyos títulos empiezen por
un texto
    ini_tit=: Texto inicial
    t_max_min=: Tiempo máximo de espera en minutos. Indefinido si no
se especifica
    /kill: Cierra las ventanas si se supera el tiempo máximo (si
procede)

```

\*\*\*\*\*

```

Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: topo
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\topo.py

```

Análisis de topologías de nodos conectados por arcos  
Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:  
 -test

\*\*\*\*\*

```

Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: trz_ts
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\trz_ts.py

```

Generación de archivo de series a partir de series de referencia e intervalos de la principal util para evaluar pronósticos de modelos. Si el archivo se había creado previamente, lo rellena con los datos disponibles. Si no se encuentra lo crea y después lo rellena  
Argumentos:

```

    -fill: rellena la traza
        arch_ref=: Nombre del archivo de series de referencia (medidas u
observaciones)
        arch_p=: Nombre del archivo principal (pronósticos)
        arch_res=: Nombre del archivo resultado
        type_val=: Tipo de valor de comparación: (INST|ACUM_TRZ_INT)
        ints=: lista de intervalos separados por | y entre comillas
(ejemplo: "2|4")
        si ints="0" no se usan arch_p ni type_val
        num_int=: Número de intervalos de traza (240 por defecto)
    -res_stats_g: Muestra un gráfico resumen de la traza
        arch_res=: Nombre del archivo resultado de traza

```

Ejemplo:

```

    -fill arch_ref=%EDAPHI_DIR_C%\Res\FFGS-MAP_EHA-ASM_in.xlsx
arch_res=pru.xlsx ints="0" num_int=720
    -fill
arch_ref=%EDAPHI_DIR_AREA%\CFFGS\Res\MAP\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
arch_p=%EDAPHI_DIR_AREA%\CSispi\Res\Rain\Nod_S_Areas_YN_rain.xlsx
arch_res=trz_sispi.xlsx ints="2|4|6" type_val=ACUM_TRZ_INT
    -res_stats_g arch_res=Res\trz_ARW_Nod_S_Areas_YN_12h.xlsx
    -res_stats_s arch_res=Res\trz_ARW_Nod_S_Areas_YN_12h.xlsx
arch_grf=Res\Html\Grf\trz_ARW_Nod_S_Areas_YN_12h.png

```

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: ts\_calc  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\ts\_calc.py

Operaciones de cálculo con temporales

Comandos:

-calc: Genera un archivo de series a partir de dos colecciones (pueden ser del mismo archivo), resultado de operaciones básicas

opera=: "+", "-", "\*", "/"

a\_csv=/a\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la primera colección

a\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió a\_xlsx

b\_csv=/b\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la segunda colección

b\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió b\_xlsx

a\_scn=: Nombre del escenario de las series de la colección a

b\_scn=: Nombre del escenario de las series de la colección b

r\_csv=/r\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contenga el

resultado

r\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió r\_xlsx

r\_scn=: (Opcional) Nombre del escenario de las series resultantes

-diff: Imprime el resultado de comparar series con igual id y atributo (tipo) de dos colecciones

(La serie a será la observada en algunas fórmulas de error)

formula=:

BIAS, BIAS\_POND\_MAX, CUAD, C\_POND\_MAX, ABS, ABS\_POND\_MAX, NNSE1, NNSE2

a\_csv=/a\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la primera colección

a\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió a\_xlsx

b\_csv=/b\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la segunda colección

b\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió b\_xlsx

a\_scn=: Nombre del escenario de las series de la colección a

b\_scn=: Nombre del escenario de las series de la colección b

-acum\_tot: Genera un archivo de series acumuladas a partir de otra colección

a\_csv=/a\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la primera colección

a\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió a\_xlsx

a\_scn=: (Opcional) Si sólo se acumulan de un escenario / modelo

a\_attr=: (Opcional) Si sólo se acumulan series de un tipo / con un

atributo determinado

r\_csv=/r\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contenga el

resultado

r\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió r\_xlsx

r\_scn=: (Opcional) Nombre del escenario de las series resultantes

/jump\_inv: salta los inválidos y sigue acumulando. En otro caso, marcará como valores inválidos a posiciones posteriores al primer valor inválido en la colección origen

-d\_acum: Genera un archivo de series deshaciendo acumulaciones a partir de otra colección

a\_csv=/a\_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la primera colección

a\_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió a\_xlsx

a\_scn=: (Opcional) Si sólo se acumulan de un escenario / modelo

```

    a_attr=: (Opcional) Si sólo se acumulan series de un tipo / con un
atributo determinado
    r_csv=/r_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contenga el
resultado
    r_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió r_xlsx
    r_scn=: (Opcional) Nombre del escenario de las series resultantes
    v_min=: valor mínimo admisible (ante posibles imprecisiones de coma
flotante, por ejemplo)
    /v0_0: Impone valor 0 al primer intervalo
    -acum_parc: Genera un archivo de series con valores acumulados en un
número de intervalos, a partir de otra colección
    n_int=: número de intervalos para acumulación
    a_csv=/a_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contiene la primera
colección
    a_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió a_xlsx
    a_scn=: (Opcional) Si sólo se acumulan de un escenario / modelo
    a_attr=: (Opcional) Si sólo se acumulan series de un tipo / con un
atributo determinado
    r_csv=/r_xlsx=: nombre del archivo CSV/XLSX que contenga el
resultado
    r_nsheets=: nombre de la hoja si se eligió r_xlsx
    r_scn=: (Opcional) Nombre del escenario de las series resultantes
    /jump_inv: salta los inválidos y sigue acumulando. En otro caso,
marcará como valores inválidos a posiciones posteriores al primer valor
inválido en la colección origen
    /if_any_n: Acumula aunque no tenga intervalos suficientes
-----
-----

```

Ejemplos:

```

-calc opera="+ " a_xlsx=trz_sispi.xlsx b_xlsx=trz_sispi.xlsx a_scn=FFGS-
MAP#(2.0H) " "b_scn=SISPI-RAIN#(2.0H)
r_xlsx=Cmp-Rain-2h.xlsx
-acum_tot a_xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-ARW_in.xlsx
a_attr=P r_xlsx=FFGS-ARW-PAcum.xlsx
-d_acum a_xlsx=FFGS-ARW-PAcum.xlsx a_attr=P r_xlsx=FFGS-ARW-PInt.xlsx
v_min=0.0 /v0_0
-acum_parc n_int=4 a_xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-
ARW_in.xlsx a_attr=P r_xlsx=FFGS-ARW-PAcum.xlsx
-dif formula=BIAS a_xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\MHH\YaqueNorte\Res\FFGS-
ARW.xlsx b_xlsx=%EDAPHI_DIR_AREA%\MHH\YaqueNorte\Res\Sispi-RAIN.xlsx

```

```

*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: ts_gen
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\ts_gen.py

```

Generación de series temporales sintéticasMódulo con múltiples funcionalidades para uso por programación

En modo comando:

```
-test
```

```

*****
Módulo EDAPHI: CMN

```

Módulo PY: ts\_stats  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\ts\_stats.py

Utilidades para manejo de series temporales

Comandos:

-stats: Genera un libro (nombre con .stats. en dir\_res) con estadísticas de series temporales  
-stats\_t: Genera un libro (nombre con .stats\_t. en dir\_res) con estadísticas por instante  
-stats\_h: Estadísticas de series temporales (ver dir\_res=)  
-stats\_t\_h: Estadísticas por instante (ver dir\_res=)  
-stats\_t\_g: Muestra estadísticas por instante en un gráfico XY  
-stats\_t\_s: Genera un gráfico XY de estadísticas por instante

Argumentos complementarios (excepto para -calc):

xlsx=nombre\_archivo.XLSX  
nsheet=Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto: Series)  
csv=nombre\_archivo.CSV  
dir\_res=Directorio de resultados. Si se indica en los comandos \_h, se genera el archivo html. En otro caso se muestra el resultado en el navegador  
scn\_excl=: Escenarios que se excluyen (comandos -stats\_t y stats). Por defecto es Min\_Scns\_Fut|Max\_Scns\_Fut  
scn=: Si se indica, sólo se calculan los valores del escenario scn (comandos -stats\_t y stats)  
attrib=: Obligatorio para stats\_t y opcional para stats (no necesario si sólo hay un tipo en el archivo)

Argumentos de tiempo para cálculos -stats

t\_ini=: Fecha inicial (Ejemplo t\_ini='27/04/2018 14:23'  
t\_fin=: Fecha final (Ejemplo t\_fin='27/04/2018 14:23'  
t\_ini o t\_fin pueden adoptar el valor 't\_0\_gen', en cuyo caso adoptan el valor correspondiente a t\_0 de las series generales  
int\_ini=: Intervalo inicial (tiene preferencia respecto a t\_ini)  
int\_fin=: Intervalo final (tiene preferencia respecto a t\_fin)  
num\_int=: Número de intervalos, combinado con instante o intervalo inicial o final  
-t\_act: t\_ini es el instante actual

Ejemplos:

-stats\_h xlsx=Res\60min\areales.xlsx nsheet=Series attrib=P  
-stats xlsx=%EDAPHI\_DIR%\ST\GHR\_201904201600.xlsx nsheet=Datos  
t\_ini="19/04/2019 22:00" t\_fin="20/04/2019 12:00"  
-stats\_t xlsx=%EDAPHI\_DIR%\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx  
dir\_res=%EDAPHI\_DIR%\MHH\CG\Res\Nod attrib=C  
-stats\_t\_h xlsx=%EDAPHI\_DIR%\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx attrib=C

\*\*\*\*\*

Módulo EDAPHI: CMN  
Módulo PY: ts\_util  
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\ts\_util.py

Utilidades para manejo de series temporales

Comandos de información::

-info: Información básica del archivo  
 xlsx=: nombre de archivo XLSX  
 nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:

Series)

csv=: nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet  
 /ids: incluirá el listado de ID / nombre de las series  
 /ats: incluirá el listado de atributos / attrib / tipo de las

series

/scns: incluirá el listado de escenarios / modeos de las series

Comandos de selección:

-sel\_s: Selecciona las series  
 id=: Identificadores (nombre) de series separados por | y

entrecomillados

scn=: Escenarios separados por | y entrecomillados

at=: Atributos / tipos de series separados por | y

entrecomillados

xlsx=: nombre de archivo XLSX

nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:

Series)

csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet

arch\_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir\_res.

Si no se indica se genera uno automáticamente

dir\_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del

archivo de entrada)

-sub\_int: Genera un archivo que contiene un subintervalo del archivo  
 dato

xlsx=: nombre de archivo XLSX

nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:

Series)

csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet

arch\_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir\_res.

Si no se indica se genera uno automáticamente

dir\_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del

archivo de entrada)

t\_ini=: Fecha inicial (Ejemplo t\_ini='27/04/2018 14:23')

t\_fin=: Fecha final (Ejemplo t\_fin='27/04/2018 14:23')

t\_ini o t\_fin pueden adoptar el valor 't\_0\_gen', en cuyo caso  
 adoptan el valor correspondiente a t\_0 de las series generales

int\_ini=: Intervalo inicial (tiene preferencia respecto a t\_ini)

int\_fin=: Intervalo final (tiene preferencia respecto a t\_fin)

num\_int=: Número de intervalos, combinado con instante o intervalo  
 inicial o final

Comandos para gráficos t-v

-w\_tv: Muestra un gráfico t-v con todas las variables o con una si se  
 indica valor i\_s

xlsx=: nombre de archivo XLSX

nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:

Series)

csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet

i\_s=: Índice en base cero de la serie a representar (Opcional)

title=: título que muestra el gráfico

-w\_tv\_s: Almacena un gráfico t-v con todas las variables o con una si  
 se indica valor i\_s

```
xlsx=: nombre de archivo XLSX
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet
i_s=: Índice en base cero de la serie a representar (Opcional)
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
title=: título que muestra el gráfico
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
title=: título que muestra el gráfico
Comandos para gráficos matriciales (intervalo - serie)
-w_grd: Muestra un gráfico matricial
xlsx=: nombre de archivo XLSX
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
csv=: nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet
title=: título que muestra el gráfico
-w_grd_s: Guarda una matriz de datos en un archivo PNG. Admite
parámetro dir_res
xlsx=: nombre de archivo XLSX
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet
title=: título que muestra el gráfico
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
-w_grd_epi: Lee el archivo referido en Gen\Res\last.csv y genera los
gráficos matriciales de series temporales en Gen\Res
Comandos de conversión
-csv_to_xls: Transforma un archivo CSV en otro XLS
csv=nombre de archivo CSV dato
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
-csv_to_xlsx: Transforma un archivo CSV en otro XLSX
csv=nombre de archivo CSV dato
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
-csv_to_html: Transforma un archivo CSV en HTML
csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet
arch_css= Archivo de estilos CSS
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
-xlsx_to_html: Transforma un archivo CSV en HTML
```

```

xlsx=: nombre de archivo XLSX
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
arch_css= Archivo de estilos CSS
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)
-html_table_vars: Genera una archivo HTML con el resumen de las
variables que contiene
xlsx=: nombre de archivo XLSX
nsheet=: Nombre de la hoja de cálculo con datos (por defecto:
Series)
csv=nombre de archivo CSV como alternativa a xlsx y nsheet
arch_css= Archivo de estilos CSS
arch_res=: Archivo de resultados. Tendrá prioridad sobre dir_res.
Si no se indica se genera uno automáticamente
dir_res=: Directorio de resultados (por defecto será el del
archivo de entrada)

```

Ejemplos:

```

-info xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201904201600.xlsx nsheet=Datos
-info /scns xlsx=Res\Map\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx
-sub_int int_ini=0 int_fin=12 xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_05min.xlsx
nsheet=Series attrib=S dir_res=%EDAPHI_DIR%\st
-sel_s xlsx=Res\Map\Nod_S_Areas_YN_MAP.xlsx id="S-EH. PEÑA
RANCHADERO|S-R. YAQUE - CANA" arch_res=p2s.xlsx
-sel_s n_xlsx_in=%EDAPHI_DIR%\MHH\CG\Res\Nod\01A02A1.xlsx
n_sheet=Series scn="Max_Scns_Fut|Min_Scns_Fut" at=Q
-csv_to_xlsx csv=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_060min.csv dir_res=E:\EDAPHI
-w_grd xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\GHR_201904201600.xlsx nsheet=Datos attrib=P
-w_grd_s xlsx=%EDAPHI_DIR%\ST\st_gen_05min.xlsx nsheet=Series attrib=S
dir_res=%EDAPHI_DIR%\Html
-w_tv xlsx=%EDAPHI_DIR%\st\st_gen_05min.Stats_t.xlsx

```

\*\*\*\*\*

```

Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: tv_s_dss
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\tv_s_dss.py

```

Manejo de series temporales con escrituras y lecturas de bases de datos DSS de HEC

Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación

En modo comando:

```

-info.- Información de algunas reglas de conversión
-to_hec_xlsx.- Convierte un archivo de episodio EDAPHI a formato Hec-
DSS XLSX
part_a=Parte A del Path DSS
part_f=Parte F del Path DSS
xlsx_hec= Nombre del archivo Hec
ns_h=Nombre de la hoja de cálculo con datos en xlsx_hec
(por defecto: Sheet1)
xlsx= Nombre del archivo EDAPHI

```

```
        ns=Nombre de la hoja de cálculo con datos en xlsx (por
defecto: Series)
    -from_hec_xlsx.- Convierte un archivo de episodio formato Hec-DSS
XLSX a formato EDAPHI
        xlsx_hec= Nombre del archivo Hec
        ns_h=Nombre de la hoja de cálculo con datos en xlsx_hec
(por defecto: Sheet1)
        xlsx= Nombre del archivo EDAPHI
        ns=Nombre de la hoja de cálculo con datos en xlsx (por
defecto: Series)
        nsheet= Nombre de la hoja de cálculo con datos (por
defecto: Sheet1)
Ejemplos:
    -to_hec_xlsx xlsx="%EDAPHI_DIR_C%\Res\Nod\E. Bao.xlsx"
xlsx_hec=dss.xlsx part_a=YN part_f=Prev
```

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: tv_serie
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\tv_serie.py
```

Manejo de series temporales  
Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación. Otros módulos incluyen ejemplos de uso  
En modo comando:  
-test

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: util
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\util.py
```

Utilidades genéricas básicas  
Módulo con múltiples funcionalidades para uso por programación  
En modo comando:  
-test  
-t: Indica la fecha-hora actual y los formatos relacionados  
-ua: Une archivos  
    /s: Sobreescribe fr si existe  
    f1=: Nombre del primer archivo  
    f2=: Nombre del segundo archivo cuyo contenido se concatena al  
del anterior  
    fr=: Nombre del archivo resultado

```
*****
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: util_chardet
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\util_chardet.py
```

Codificación de caracteres de archivos  
Argumentos:  
-h: Presenta esta ayuda

```
-chcp_cmd: Cambio de codificación de archivos de comandos de
C:\EDAPHI\V\Prog\Gen\Cod\Cmd
    cod_o=: condificación de archivos original. Puede omitirse y
tratará de detectarse
    cod_r=: condificación de archivos resultante. Ejemplo cod_r=cp850
/cmn: Los archivos de comandos generales
/app: Los archivos de comandos de módulo EDAPHI
/case: Los archivos de comandos de caso
-cod: Trata de averiguar la codificación de un archivo
    n_arch=: Nombre del archivo
-chcp_a: Cambio de condificación de un archivo
    n_arch=: Nombre del archivo
    cod_o=: condificación de archivos original. Puede omitirse y
tratará de detectarse
    cod_r=: condificación de archivos resultante. Ejemplo cod_r=cp850
    n_a_res=: Nombre del archivo resultante. Si se omite se usará
n_arch
Ejemplo:
    -cod n_arch=puntos_YN.txt
    -chcp_a n_arch=puntos_YN.txt n_a_res=puntos_YN_c.txt cod_o=utf-8
cod_r=cp1252
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: util_dev
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\util_dev.py
```

Utilidades varias de desarrollador

Argumentos:

```
-h: Muestra estas líneas
-m_a_g: Añade m_agua_gen.txt a todos los módulos
-cmn_py3: Analiza las dependencias entre módulos PY. Almacena el
resultado en Cmn\Py3\Cod\Util\depend.xlsx en el primer caso y en
Mod\Cod\Util\depend.xlsx si se especifica mod
    mod=: Nombre del módulo (opcional) cuyos PY se desean añadir al
análisis
-l_cmn_py3: Imprime un listado de los módulos CMN de los que depende
mod
    mod=: Nombre del módulo
-dist_p mod= Prepara la carpeta de distribución de programas del módulo
mod a la carpeta de programas dir_prog_d
    dir_prog_d=: Carpeta de programas
    /d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
    /interact: Interactivo. Si no se indica, no borra carpetas ni
PY/PYC anteriores
    /sources: Si no se indica se preparan archivos compilados PYC,
no lo fuentes PY
-dist_c: Prepara la carpeta de distribución de comandos CMD del módulo
mod en la carpeta de programas dir_prog_d
    mod=: Nombre del módulo
    dir_prog_d=: Carpeta de programas destino
    /d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
```

```
/interact: Interactivo. Si no se indica, no borra carpetas ni
PY/PYC anteriores
-dist_v mod= dir_prog_d=: Prepara las carpetas varias de distribución
del módulo mod en la carpeta de programas dir_prog_d
mod=: Nombre del módulo
dir_prog_d=: Carpeta de programas destino
/d_cmn: Buscará la dependencias de CMN y preparará los archivos
necesarios
-gen_doc: Genera la documentación HTML de los módulos PY/PYC de dir_py
y la almacena en dir_html
dir_py=: Carpeta con archivos PY
dir_html=: Carpeta donde se almacenará un html por cada PY
-gen_p_doc: Genera la documentación completa HTML de todos los módulos
y la almacena en la carpeta Htmldoc
dir_prog=: Carpeta de programas
-txt_hm: Genera el texto uniendo txt_help_main de todos los módulos.
Puede ser recomendable redirigir a un archivo de texto
/edaphi_ap: Opción para buscar módulos PY CMN y los de la
aplicación específica (según entorno)
/no_list: Opción si se desea omitir la lista de archivos
examinados
Ejemplos:
-cmn_py3
-l_cmn_py3 mod=CGS
-dist_p mod=CFFGS dir_prog_d=E:\EDAPHI_RD\Prog /d_cmn
-dist_c mod=CFFGS dir_prog_d=E:\EDAPHI_RD\Prog /d_cmn
-gen_doc dir_py=E:\EDAPHI_RD\Prog\cmn\py3\Cod\Py
dir_html=E:\EDAPHI_RD\Prog\Htmldoc
-gen_p_doc dir_prog=%EDAPHI_DIR_PROG%
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: util_mathplotlib
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\util_mathplotlib.py
```

Utilidades para gráficos generados con matplotlib

Argumentos:

```
-nombres: Muestra una ventana con los nombres de los colores
-nombres_list: Muestra una lista con los nombres de los colores
-tablas: Muestra varias ventanas con los nombres de tablas de colores
-lineas: Muestra una lista de los tipos de líneas
-leyendas: Muestra una lista opciones de posiciones de leyenda
```

\*\*\*\*\*

```
Módulo EDAPHI: CMN
Módulo PY: vectorial
Archivo: C:\EDAPHI\V\Prog\Cmn\Py3\Cod\Py\vectorial.py
```

Manejo de capas SIG vectoriales

Argumentos:

```
-recs: Imprime o guarda los registros de las entidades
n_shp=: Nombre completo del archivo
n_html=: Nombre del HTML a generar (no imprime
n_csv=: Nombre del CSV a generar (no imprime
```

```

    sep=: Separador en el CSV o en impresión
-info: Imprime Información básica de la capa
    n_shp=: Nombre completo del archivo
-shp_to_gs: Convierte un SHP a formato Texto Grass Standar
    n_shp=: Nombre completo del archivo de entrada
    n_txt=: Nombre completo del archivo a generar
-shp_to_gp: Convierte un SHP a formato Texto Grass de puntos
    n_shp=: Nombre completo del archivo de entrada
    n_txt=: Nombre completo del archivo a generar
    sep=: Separador en el CSV o en impresión
-plot: Imprime los registros de las entidades
    n_shp=: Nombre completo del archivo
    size=: Tamaño (ancho de línea, diámetro de símbolo / punto
    color=: color del borde (ver color_nombres
    color_in=: color del interior (ayuda en comando color_nombres
    color_in=: color del interior (ayuda en comando color_nombres
    nf_paltxt=: nombre del archivo text (formato GRASS con la tabla
de colores para el interior
        i_rec=: índice (base 0 del campo con valor numérico. -1
para usar el número de registro
    cmap=: tabla de colores para el interior (ayuda en comando
color_tablas
        i_rec=: índice (base 0 del campo con valor numérico. -1
para usar el número de registro
    vmax=: máximo para la escala
    vmin=: mínimo para la escala

```

Ejemplos:

```

-recs n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
-recs n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp sep="|"
n_csv=subc_rec.csv
-shp_to_gs n_shp=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Shp\tramos_principales.shp
n_txt=%EDAPHI_DIR_C%\tramos_principales.txt
-shp_to_gp n_shp=%EDAPHI_DIR_C%\Res\Shp\puntos_cuencas_xy.shp
n_txt=%EDAPHI_DIR_C%\puntos_cuencas_xy.txt
-info n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp
-plot n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\Cuenca_prec.shp color=blue color_in=grey
size=2
-plot n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp color=black
cmap=terrain i_rec=-1
-plot n_shp=%EDAPHI_DIR%\Sig\subcuencas_prec.shp color=black
cmap=terrain i_rec=2 vmin=0 vmax=1200
-plot n_shp=%EDAPHI_DIR%\Prec\Res\60min\shp\20190913-1900.shp
color=black nf_paltxt=%EDAPHI_DIR%\GMeteo\Pal\Lluv.txt i_rec=1

```