

# Aqualis



## Aqualis

Aplicación sobre el SIG *ArcView* para  
el cálculo de precipitaciones máximas  
diarias en cuencas con *MAXPLU*

José Luis Muñoz Martínez

**Aqualis** es el resultado del trabajo fin de carrera realizado por José Luis Muñoz Martínez en la Cátedra de Hidrología de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid.

Este documento está dividido en cuatro partes.

En la primera, **Introducción**, se describen los antecedentes y el objeto del trabajo.

La segunda, **Uso de Aqualis**, describe cómo utilizar Aqualis. En primer lugar se indica cómo realizar la instalación haciendo previamente una descripción de los requisitos de software. A continuación se hace una descripción general que incluye: la descripción del proceso para la obtención de la precipitación máxima diaria en cuencas, los requisitos de datos, la descripción de la implementación, que será útil para los usuarios que quieran realizar modificaciones a Aqualis y finalmente unas reflexiones acerca de cómo puede evolucionar Aqualis en el futuro. Por último, se describen de forma detallada cada uno de los asistentes que componen Aqualis.

La tercera parte es un **Tutorial**, en el que se muestra un ejemplo del proceso completo para la obtención de las precipitaciones máximas diarias en cuencas. En cada paso se detallan los datos de entrada, los parámetros utilizados y los resultados obtenidos.

La última parte contiene las **Referencias** de la documentación utilizada en el trabajo.

Mis agradecimientos a todas aquellas personas que han hecho posible que este trabajo se haya llevado a cabo.

# ÍNDICE

Introducción	3
Antecedentes	3
Objeto	5
Uso de Aqualis	8
Instalación	8
Requisitos de software	8
Instalación	8
Descripción general	13
Descripción	13
Requisitos de datos	18
Personalización	18
Futuro	21
Configuración	24
Generación de la malla de puntos de precipitación	28
Generación del Modelo Digital de Precipitación	34
Generación de isoyetas	44
Cálculo de la precipitación máxima diaria en cuencas	48
Tutorial	52
Referencias	65



## Introducción



Como consecuencia del Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo Ministerio, se realizó un trabajo cuyo resultado fue la publicación en 1999 del documento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

Su objetivo fue el de presentar un método operativo que de una manera breve y fiable proporcionase un valor de las máximas lluvias diarias en la España peninsular, que sirviese de punto de partida para el cálculo de los caudales a desaguar mediante modelos hidrometeorológicos en cuencas en las que no se dispone de registros de aforos.

Dicho trabajo contiene una aplicación (MAXPLU) que a partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, permite obtener las estimas de la precipitación máxima diaria correspondiente a diferentes periodos de retorno.

La aplicación MAXPLU se ejecuta en entorno MS-DOS a nivel de comandos o en entorno Windows mediante un interfaz de usuario. La entrada del programa está constituida por las coordenadas (geográficas o UTM) de los puntos para los que se quiere calcular el valor de la precipitación diaria máxima y el periodo de retorno. La salida está formada por los valores de la precipitación máxima diaria media, el coeficiente de variación y la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno. MAXPLU, proporciona por tanto, valores de precipitación diaria máxima para unos puntos determinados.

Una vez que se conocen dichos valores de precipitación, el usuario de MAXPLU tiene que obtener los valores de las precipitaciones máximas diarias correspondientes a las cuencas objeto del estudio. Si no se cuenta con las herramientas adecuadas, este proceso puede resultar largo y complicado.

Objeto

Para poder aplicar de una manera más sencilla los cálculos hidrometeorológicos que proporcionan el caudal máximo a desaguar por cuencas hidrográficas, es necesario un mecanismo que calcule el valor de la precipitación máxima diaria en dichas cuencas. Para cubrir esta necesidad se ha llevado a cabo el desarrollo de la aplicación **Aqualis**.

Aqualis es por tanto la herramienta que permite obtener de una manera fácil el valor de la precipitación máxima diaria en cuencas (subcuencas) hidrográficas a partir de la precipitación máxima diaria en puntos proporcionada por MAXPLU. Aqualis integra el programa MAXPLU en el SIG (Sistema de Información Geográfica) ArcView, para proporcionar un mecanismo que mediante la utilización de asistentes, guía al usuario en el cálculo de la precipitación máxima diaria en las cuencas.

Se ha elegido ArcView como SIG de base sobre el cual implementar Aqualis por su gran difusión dentro de los usuarios de los Sistemas de Información Geográfica.

Aqualis está disponible en Internet en la dirección <http://www.geocities.com/infoaqualis>, (y a lo largo del presente año lo estará en la página web de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid). Aqualis puede utilizarse sin coste alguno. Se proporciona además el código fuente con el objetivo de que la aplicación pueda ser utilizada ampliamente y modificada por aquellos usuarios que necesiten añadir nuevas funcionalidades o cambiar las existentes.





Uso de Aqualis

Instalación

## Requisitos de software

Para utilizar Aqualis es necesario tener instalado el siguiente software:

- **ArcView 3.2.** Para ver información de ArcView se puede consultar la página web <http://www.esri.com/software/arcview/index.html>. En esa misma página existe información acerca de los sistemas operativos sobre los que está soportado ArcView. Se puede utilizar la versión en inglés o la versión en español de ArcView.
- Extensión de Arcview **Spatial Analyst**. Para ver información de la extensión Spatial Analyst se puede consultar la página web <http://www.esri.com/software/arcview/extensions/spatext.html>.
- **MAXPLU**. El programa MAXPLU forma parte del trabajo "*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*" perteneciente a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

## Instalación

Mediante el proceso de instalación se copian los archivos de Aqualis en la carpeta que se indique. Además se genera un grupo de programas en el menú *Inicio*.

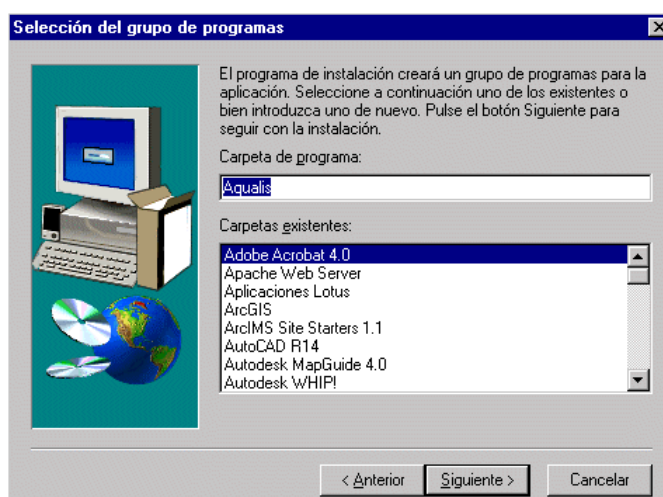
Para iniciar la instalación hay que ejecutar el programa **setup.exe**. Se muestra una pantalla de presentación y después la de bienvenida.



Una vez que se ha pulsado el botón *Siguiente*, se muestra la pantalla donde se ha de indicar la carpeta de destino. Si se quiere instalar Aqualis en una carpeta diferente de la que aparece por defecto, pulsar el botón *Examinar...* e indicar la carpeta deseada.



Una vez especificada la carpeta de destino, y tras pulsar el botón *Siguiente*, se muestra la pantalla para indicar el nombre de la carpeta de programa del menú *Inicio*. Por defecto es *Aqualis*.



Después de pulsar el botón *Siguiente*, comienza el proceso de instalación.

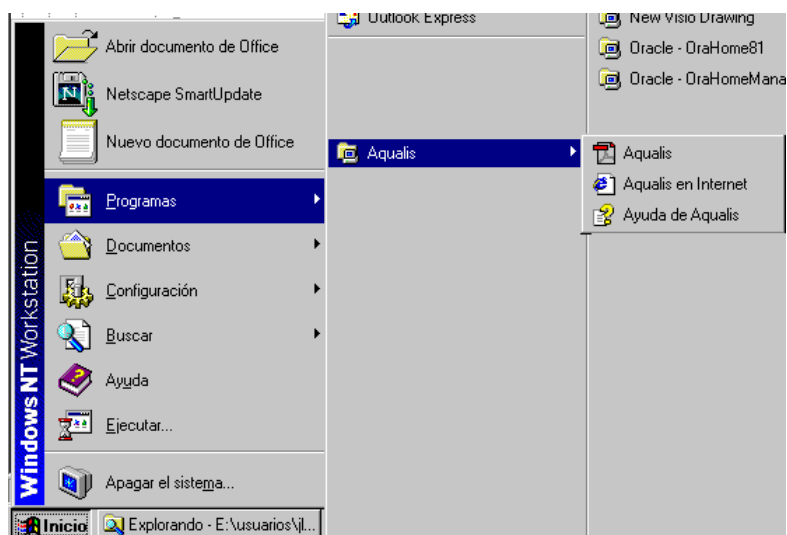
Finalmente se muestra una pantalla donde se ofrece la posibilidad de reiniciar el ordenador. Aunque no es obligatorio reiniciar en este momento, sí es necesario reiniciar antes de utilizar Aqualis.



La instalación termina una vez que se pulsa el botón *Finalizar*.

Una vez concluida la instalación, la carpeta destino contiene los archivos **Aqualis.avx** (aplicación Aqualis), **Aqualis.doc** (documento con la descripción de Aqualis), **AqualisAyuda.chm** (ayuda de Aqualis) y **Aqualis.apr** (código fuente de Aqualis).

En el menú *Inicio* se ha añadido un grupo de programas conteniendo los elementos que se muestran en la siguiente figura: *Aqualis* (acceso al documento con la descripción de Aqualis), *Aqualis en Internet* (acceso a la página web de Aqualis en Internet) y *Ayuda de Aqualis* (acceso a la ayuda de Aqualis).



Por último, y como requisito imprescindible para poder utilizar Aqualis, es necesario copiar el archivo **Aqualis.avx** en la carpeta **ext32** de ArcView.

Descripción general

## Descripción

Aqualis se ha construido como una extensión de ArcView. Para utilizar Aqualis es necesario cargar dicha extensión en ArcView. Puesto que además es necesario que la extensión Spatial Analyst también se encuentre cargada, al cargar la extensión Aqualis, se cargará también la extensión *Spatial Analyst* en caso de que no lo estuviese ya.

Al cargar la extensión, se añade la opción *Aqualis* al menú de los documentos de tipo *View* (o *Vista* en la versión en español), después de la opción *Theme* (o *Tema*). Si no existe dicha opción en el menú, se añade al final. Por tanto, para usar Aqualis es necesario que el documento activo en ArcView sea de tipo *View* (o *Vista*).

Aqualis está compuesto de una serie de asistentes que guían al usuario a lo largo de los procesos necesarios para realizar el cálculo de la precipitación máxima diaria en cuencas hidrográficas.

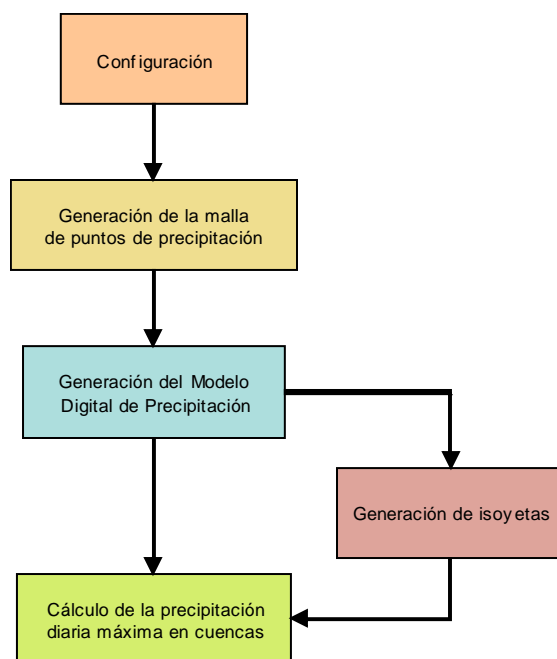
Los asistentes de Aqualis (excepto el de configuración) están compuestos por dos pantallas. Existen una serie de botones comunes a todos los asistentes que sirven para navegar de una pantalla a otra y para controlar su ejecución. Son los siguientes:

- *Ayuda*: Muestra la ayuda de Aqualis.
- *Cancelar*: Cierra el asistente sin realizar ninguna operación.
- *Siguiente*: Muestra la siguiente pantalla del asistente.
- *Anterior*: Muestra la pantalla anterior del asistente.
- *Calcular*: Realiza la operación y cierra el asistente.

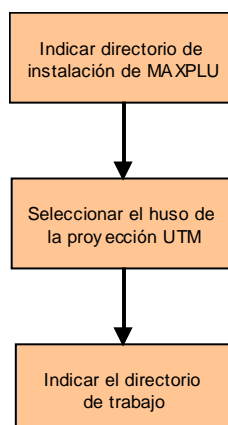
A continuación se muestra el diagrama de flujo general del proceso de obtención de la precipitación máxima diaria en cuencas hidrográficas y los distintos diagramas de flujo en los que se descompone el diagrama de flujo general.



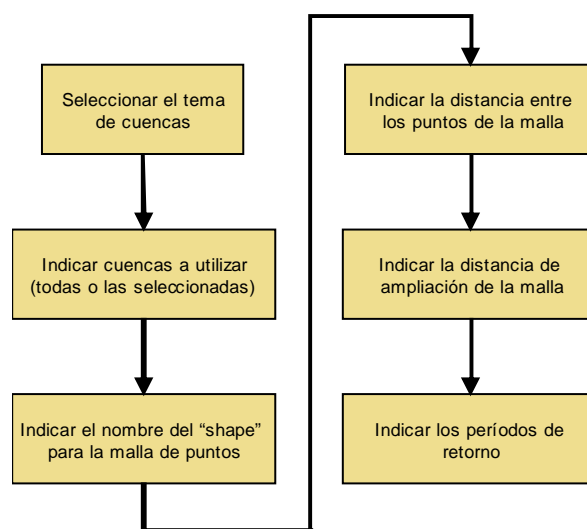
## Diagrama de flujo general

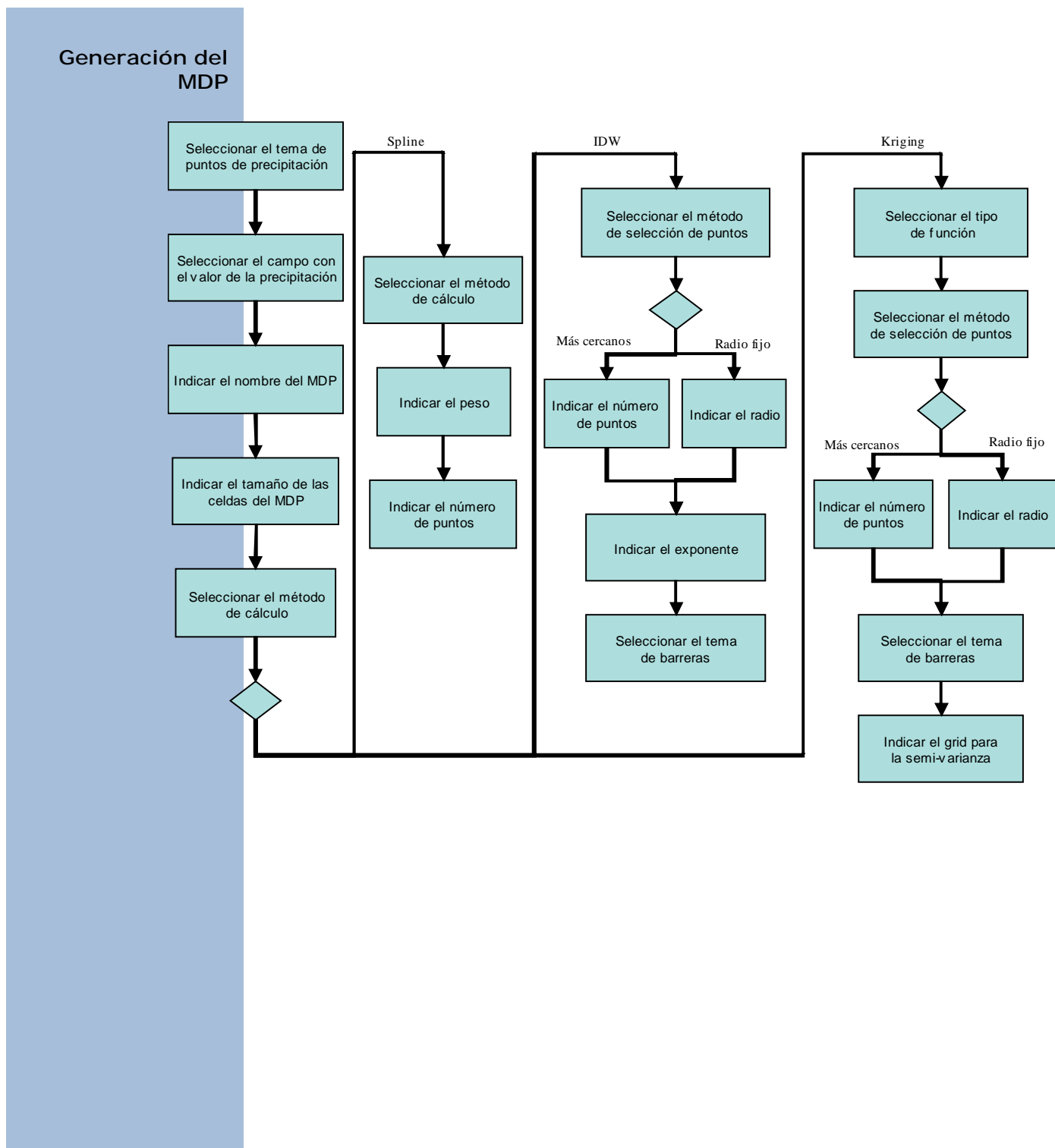


## Configuración

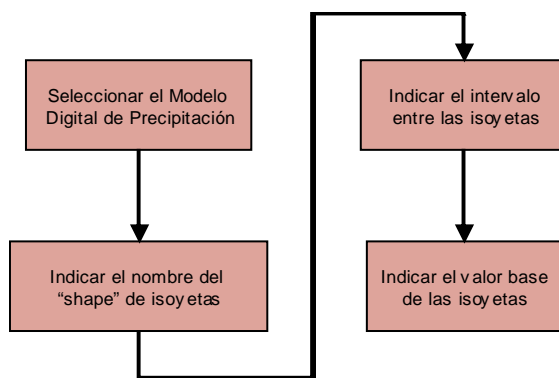


## Generación de la malla de puntos

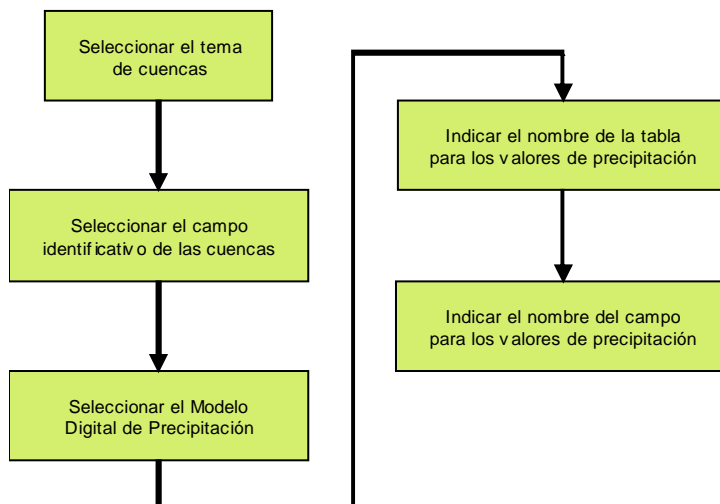




## Generación de isoyetas



## Cálculo de la precipitación



## Requisitos de datos

Los únicos datos requeridos para la utilización de Aqualis son las cuencas (subcuencas) sobre la cuales se quiere realizar el cálculo de la precipitación máxima diaria. Puede utilizarse cualquiera de los formatos vectoriales compatibles con ArcView: "shapefiles", coberturas de ArcInfo, "layers" de librerías ArcInfo o bases de datos de ArcStorm, layers almacenados en ArcSDE o ficheros CAD.

Para obtener más información acerca de los formatos de datos soportados por ArcView, consultar la ayuda de ArcView (en el apartado *Types of data you can use with ArcView* si se tiene instalada la versión en inglés o *Tipos de datos que se pueden utilizar en ArcView* si se tiene instalada la versión en español).

Es necesario que cada una de las cuencas (subcuencas) quede identificada por una clave, ya que dicha clave se utilizará como identificador de la cuenca en la tabla en la que se almacene la precipitación calculada. El campo que contenga la clave podrá ser de tipo numérico o carácter.

Es conveniente, aunque no necesario, contar con otras capas de información que sirvan de referencia visual para situarse geográficamente, por ejemplo la red hidrográfica, los núcleos de población, las vías de comunicación, o un Modelo Digital de Terreno.

## Personalización

Con la instalación de Aqualis se pone a disposición de los usuarios el código fuente de la aplicación. Éste es un proyecto de Arcview (**Aqualis.apr**) y contiene los diálogos y "scripts" que constituyen la implementación de Aqualis. De esta manera aquellos usuarios que tengan conocimientos de programación con Avenue pueden hacer las modificaciones que consideren oportunas. Todos aquellos usuarios que quieran compartir sus modificaciones o mejoras con otros usuarios, podrán hacerlo a través de la página web de Aqualis.

Aqualis contiene cinco asistentes que se han implementado mediante diálogos utilizando la extensión de ArcView *Dialog Designer*. Son los siguientes:

- *dlgConfig*: Asistente de Configuración.
- *dlgMalla*: Asistente para la generación de la malla de puntos.
- *dlgMDP*: Asistente para la generación del Modelo Digital de Precipitación.

- *dlgIsoyetas*: Asistente para la generación de isoyetas.
- *dlgPreCue*: Asistente para el cálculo de la precipitación máxima diaria en cuencas.

Cada asistente tiene un script de inicialización (*Aqualis.xxx.Inicio*) que se encarga de inicializar los parámetros del asistente y de mostrar la primera pantalla.

Excepto el primero, todos los asistentes están constituidos por dos pantallas. Los controles de cada una de las pantallas se han incluido en un único diálogo. El paso de una pantalla a otra del asistente se ha implementado manejando la posición y la visibilidad de los controles. Los scripts que gestionan el paso de una pantalla a otra del asistente se llaman *Aqualis.xxx.GestorPantallas*.

Para cada acción que resulta de la utilización de los controles de los diálogos (pulsar un botón, elegir un elemento de una lista, etc.) se ha implementado un script que contiene la funcionalidad necesaria.

Los scripts de Aqualis pueden agruparse en tres categorías: scripts asociados a los diálogos, scripts generales y scripts relacionados con la creación de la extensión (*Aqualis.avx*).

Para nombrar los scripts se ha seguido la siguiente norma:

- Scripts que se ejecutan como consecuencia de alguna acción de los controles de los diálogos:

*Aqualis.<diálogo>.<control>.<acción>*

*<diálogo>* es el nombre del diálogo al cual está asociado el script. Los valores son *dlgConfig*, *dlgMalla*, *dlgMDP*, *dlgIsoyetas*, *dlgPreCue*.

*<control>* es el nombre del control al cual está asociado el script.

*<acción>* es la acción asociada al control que provoca la ejecución del script.

- Scripts asociados a los diálogos, pero no se ejecutan como consecuencia de alguna acción de los controles:

*Aqualis.<diálogo>.<funcionalidad>*

*<diálogo>* es el nombre del diálogo al cual está asociado el script. Los valores son *dlgConfig*, *dlgMalla*, *dlgMDP*, *dlgIsoyetas*, *dlgPreCue*.

*<funcionalidad>* es la funcionalidad que implementa el script.

- Scripts de carácter general:

`Aqualis.General.<funcionalidad>`

`<funcionalidad>` es la funcionalidad que implementa el script.

- Scripts relacionados con la creación de la extensión:

`Aqualis.<funcionalidad>`

`<funcionalidad>` es la funcionalidad que implementa el script.

En caso de que se realicen modificaciones a Aqualis incluyendo nuevos scripts, se aconseja utilizar esta nomenclatura ya que es bastante útil a la hora de saber qué hace cada script y desde dónde es utilizado.

A continuación se muestran los scripts que componen Aqualis, agrupándolos según su categoría.

#### *Scripts asociados a la extensión*

Aqualis.Install  
Aqualis.Make  
Aqualis.ProjectSave  
Aqualis.Uninstall

#### *Scripts de carácter general*

Aqualis.General.GraDec2GraMinSec  
Aqualis.General.GraMinSec2GradDec

#### *Scripts asociados a dlgConfig*

Aqualis.dlgConfig.Inicio  
Aqualis.dlgConfig.GestorPantallas  
  
Aqualis.dlgConfig.btnIndicarDirMaxplu.Click  
Aqualis.dlgConfig.btnIndicarDirTrabajo.Click  
Aqualis.dlgConfig.lbtAceptar.Click  
Aqualis.dlgConfig.lbtCancelar.Click  
Aqualis.dlgConfig.lbtAyuda.Click

#### *Scripts asociados a dlgMalla*

Aqualis.dlgMalla.Inicio  
Aqualis.dlgMalla.GestorPantallas  
Aqualis.dlgMalla.GenerarMalla  
  
Aqualis.dlgMalla.btnIndicarShape.Click  
Aqualis.dlgMalla.radRetDef.Click  
Aqualis.dlgMalla.radRetUsu.Click  
Aqualis.dlgMalla.lbtSiguiente.Click  
Aqualis.dlgMalla.lbtAnterior.Click  
Aqualis.dlgMalla.lbtCalcular.Click  
Aqualis.dlgMalla.lbtCancelar.Click  
Aqualis.dlgMalla.lbtAyuda.Click

## Futuro

Al proporcionar el código fuente de Aqualis, se deja la puerta abierta para todos aquellos que deseen realizar modificaciones o añadir nuevas funcionalidades.

Como ejemplo, se citan las siguientes mejoras que podrían realizarse para su incorporación a Aqualis:

- En el cálculo de la malla de puntos de precipitación, que existiese la posibilidad de indicar a la vez varios periodos de retorno distintos de los que existen por defecto.
- En la generación de Modelos Digitales de Precipitación, generación de Isoyetas y cálculo de la Precipitación en las Cuencas, que se pudiesen realizar varios cálculos a la vez para distintos periodos de retorno.

### *Scripts asociados a dlgMDP*

Aqualis.dlgMDP.Inicio  
 Aqualis.dlgMDP.GestorPantallas  
 Aqualis.dlgMDP.IDW  
 Aqualis.dlgMDP.Kriging  
 Aqualis.dlgMDP.Spline

Aqualis.dlgMDP.btnIndicarGridSemi.Click  
 Aqualis.dlgMDP.btnIndicarMDP.Click  
 Aqualis.dlgMDP.cbxDatosPuntos.Select  
 Aqualis.dlgMDP.chkGridSemi.Click  
 Aqualis.dlgMDP.radMasCercanosIDW.Click  
 Aqualis.dlgMDP.radMasCercanosKri.Click  
 Aqualis.dlgMDP.radRadioFijolDW.Click  
 Aqualis.dlgMDP.radRadioFijoKri.Click  
 Aqualis.dlgMDP.lbtSiguiente.Click  
 Aqualis.dlgMDP.lbtAnterior.Click  
 Aqualis.dlgMDP.lbtCalcular.Click  
 Aqualis.dlgMDP.lbtCancelar.Click  
 Aqualis.dlgMDP.lbtAyuda.Click

### *Scripts asociados a dlgIsoyetas*

Aqualis.dlgIsoyetas.Inicio  
 Aqualis.dlgIsoyetas.GestorPantallas

Aqualis.dlgIsoyetas.btnIndicarShape.Click  
 Aqualis.dlgIsoyetas.lbtSiguiente.Click  
 Aqualis.dlgIsoyetas.lbtAnterior.Click  
 Aqualis.dlgIsoyetas.lbtCalcular.Click  
 Aqualis.dlgIsoyetas.lbtCancelar.Click  
 Aqualis.dlgIsoyetas.lbtAyuda.Click

### *Scripts asociados a dlgPreCue*

Aqualis.dlgPreCue.Inicio  
 Aqualis.dlgPreCue.GestorPantallas

Aqualis.dlgPreCue.btnIndicarTabla.Click  
 Aqualis.dlgPreCue.cbxDatosCuencas.Select  
 Aqualis.dlgPreCue.lbtSiguiente.Click  
 Aqualis.dlgPreCue.lbtAnterior.Click  
 Aqualis.dlgPreCue.lbtCalcular.Click  
 Aqualis.dlgPreCue.lbtCancelar.Click  
 Aqualis.dlgPreCue.lbtAyuda.Click



- En el cálculo de la Precipitación en las Cuencas, que existiese la posibilidad de elegir almacenar la precipitación en el mismo tema de cuencas o bien en una tabla independiente (como se hace ahora).

En la actualidad, existe en el mercado una nueva versión de ArcView (ArcView 8), que forma parte de una nueva tecnología de productos denominada ArcGIS. La personalización de los productos de ArcGIS (incluido ArcView) se puede realizar mediante programación utilizando lenguajes basados en tecnología COM (por ejemplo, Visual Basic y Visual C++). El próximo paso a dar con Aqualis sería su implementación sobre ArcView 8, de manera que aquellos usuarios que ya dispusieran de éste, pudiesen utilizar Aqualis.

Configuración

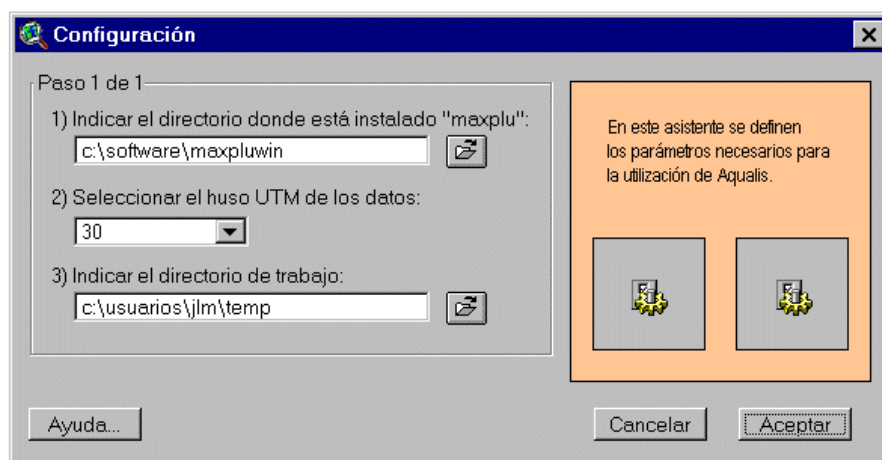
## Introducción

En este asistente se definen los parámetros necesarios para la utilización de Aqualis. Después de definir dichos parámetros, las opciones del menú de Aqualis para acceder al resto de los asistentes, quedan activadas. Se puede usar este asistente en cualquier momento durante la utilización de Aqualis para cambiar alguno de los valores de los parámetros definidos previamente.

## Descripción

Mediante el asistente se indican los siguientes parámetros: directorio en el cual está instalado el programa MAXPLU, huso de la proyección UTM en el que están los datos con los cuales se va a trabajar y directorio de trabajo.

### Paso 1



1) Indicar el directorio en el cual está instalado el programa MAXPLU.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre del directorio en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una

vez seleccionado el directorio en el que está instalado MAXPLU, en la lista de archivos aparecerá el archivo *maxplu.exe*. Hay que seleccionarlo y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).

2) Seleccionar el huso de la proyección UTM en el cual se encuentran los datos con los cuales se va a trabajar.

Los valores posibles son los husos 29, 30 y 31, que son los husos UTM correspondientes a la España peninsular.

3) Indicar el directorio de trabajo.

Es el directorio que aparecerá por defecto en los asistentes cada vez que haya que indicar unos datos destino.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre del directorio en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Hay que seleccionar el directorio deseado de la lista de directorios y luego pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español). No hay que indicar ningún nombre en el campo de entrada del nombre del archivo.

## Notas

A continuación se muestra un mapa con los husos UTM correspondientes a la España peninsular.



Generación de la malla de puntos  
de precipitación

## Introducción

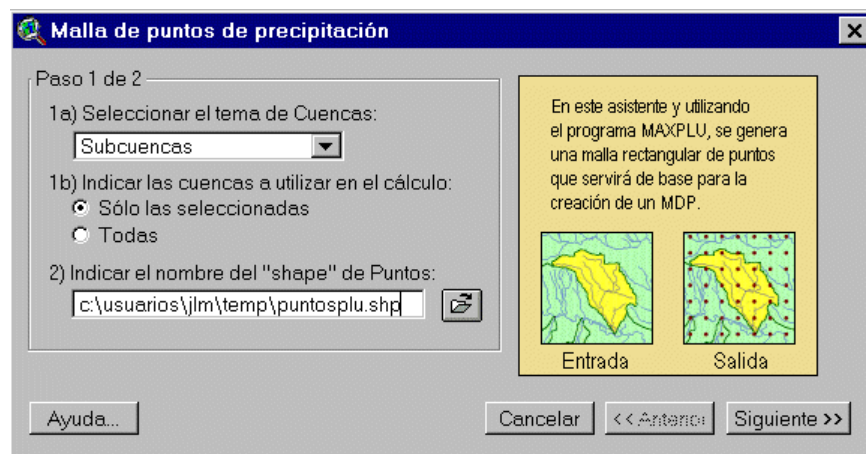
A través de este asistente se genera una malla rectangular de puntos de precipitación que sirve como base para la creación del Modelo Digital de Precipitación a partir del cual se realiza el cálculo de la precipitación máxima diaria en las cuencas hidrográficas.

## Descripción

Para la generación de la malla de puntos de precipitación se ha de seleccionar un tema de cuencas, indicando cuáles se van a utilizar para realizar el cálculo. Se indicará también el nombre del "shape" de puntos para la malla.

Por último se han de introducir los siguientes valores: distancia entre los puntos de la malla, distancia de ampliación de la malla y el (los) período(s) de retorno para el (los) cual(es) se va(n) a obtener los valores de precipitación máxima diaria.

### Paso 1



1a) Seleccionar el tema que contiene las cuencas para las que se va a calcular la precipitación máxima diaria.

En la lista aparecen los temas de la vista que son de tipo polígono.

1b) Indicar qué cuencas se van a utilizar para realizar el cálculo.

Las cuencas utilizadas delimitan la extensión geográfica de la malla de puntos que se genera. La malla tendrá una forma rectangular siendo los vértices del rectángulo las coordenadas mínimas y máximas de la extensión de las cuencas utilizadas.

Hay dos opciones:

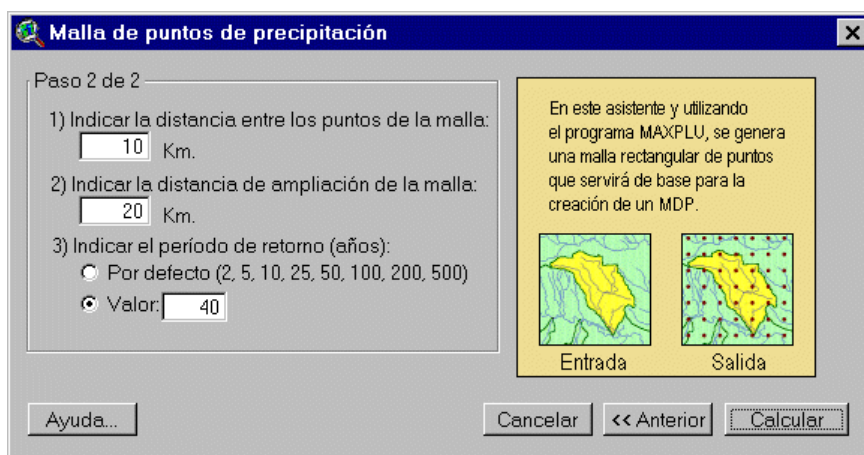
- Sólo las seleccionadas. Es necesario que exista alguna cuenca seleccionada; en caso contrario, aparecerá un mensaje indicando que no hay cuencas seleccionadas.
- Todas. Se utilizan todas las cuencas del tema, sin tener en cuenta si existe alguna seleccionada.

2) Indicar el nombre del "shape" que se va a generar y que contendrá la malla de puntos.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una vez seleccionado el directorio deseado, escribir el nombre del "shape" de puntos en el campo de entrada y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).

## Paso 2





### 1) Indicar la distancia entre los puntos de la malla.

Se expresa en kilómetros. Puesto que el "grid" definido en el programa MAXPLU tiene como máxima resolución 2.500 metros (2,5 Km.) no se permiten introducir valores inferiores a ese valor. Los valores decimales se introducen utilizando como separador el punto decimal (".").

### 2) Indicar la distancia de ampliación de la malla.

Se expresa en kilómetros. Este valor se utiliza para ampliar la extensión de la malla, con el objetivo de que en las zonas de las cuencas que coincidan con los bordes de la malla, los valores obtenidos no se vean influenciados por el "efecto borde" al obtener el modelo digital de precipitación, lo que implicaría unos datos erróneos en esas zonas. Es recomendable que esta distancia duplique al menos la distancia entre puntos de la malla.

### 3) Indicar el (los) período(s) de retorno para el (los) cual(es) se va(n) a obtener los valores de precipitación máxima diaria.

Hay dos opciones:

- Valores por defecto. Se calculan todos los períodos de retorno posibles en el programa MAXPLU. Los períodos de retorno son: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500.
- Indicar un valor. Ha de estar comprendido entre los valores 2 y 5000 (ambos incluidos). El límite inferior 2 viene predeterminado por el programa MAXPLU, mientras que el valor 5000 se ha establecido arbitrariamente, ya que MAXPLU admite valores más altos (se han hecho pruebas hasta llegar al valor 1000000).

Al ejecutarse el programa MAXPLU se abre una ventana de comandos de MS-DOS en la que se ejecuta dicho programa. Durante la ejecución de MAXPLU, en la parte inferior de la ventana de MS-DOS se muestra el mensaje "Procesando .....". Una vez finalizada la ejecución de MAXPLU, en función del sistema operativo sobre el cual se esté trabajando, la ventana de MS-DOS se cierra automáticamente (en WindowsNT o Windows2000) o hay que cerrarla manualmente (Windows95). En el segundo caso, aparece el mensaje "Finalizado" en el marco de la ventana de MS-DOS. Cuando esto suceda, hay que cerrar la ventana de MS-DOS para que el proceso de generación de la malla de puntos continúe.

## Notas

Para la generación de la malla de puntos, se utiliza el programa MAXPLU. De las opciones disponibles para la ejecución de dicho programa, se utiliza la que toma como entrada un fichero de texto y proporciona como salida otro fichero de texto: MAXPLU <fichero\_de\_entrada> <fichero\_de\_salida> (ver documento Maximas\_Lluvias.pdf proporcionado con MAXPLU para obtener más información). Para ejecutar MAXPLU se genera un fichero "batch" en tiempo de ejecución en el directorio en el cual está instalado MAXPLU, y que contiene una línea para lanzar la ejecución de MAXPLU.

El fichero de entrada contiene las coordenadas de la malla de puntos generada a partir de los valores indicados por el usuario en el asistente y el período de retorno para el cual se quiere calcular el valor de la precipitación máxima diaria anual. El período de retorno se indica con un número precedido de una T. No se pone nada en el caso de que se quieran calcular todos los períodos de retorno establecidos por defecto (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años). Las coordenadas están expresadas en coordenadas geográficas (longitud, latitud) y se han obtenido transformado (proyectando) las coordenadas UTM en el huso correspondiente. El fichero de entrada se llama *xx\_coor.txt* y se genera en el directorio en el cual está instalado MAXPLU.

El fichero de salida contiene los valores producidos por MAXPLU: coordenadas geográficas (longitud y latitud), valor medio de la precipitación máxima diaria anual, valor del coeficiente de variación, y cuantiles para los distintos períodos de retorno indicados en el fichero de entrada. El fichero de salida se llama *xx\_plu.txt* y se genera en el directorio en el cual está instalado MAXPLU.

Los ficheros de entrada y salida no se borran después de la ejecución de MAXPLU. Son reescritos en las sucesivas ejecuciones de Aqualis.

En algunas ejecuciones de MAXPLU el fichero de salida contiene menos líneas que el fichero de entrada, lo que implica que la malla no tenga una forma rectangular, pareciendo que faltan puntos. Esto es debido a que a pesar de que los puntos están dentro de los límites mínimos y máximos de coordenadas establecidos por MAXPLU, éste los ignora al estar situados fuera de la España peninsular, no devolviendo ningún valor. Esta situación se produce cuando se trabaja con cuencas situadas en la costa o con cuencas que lindan con Portugal o Francia. En consecuencia, cuando se presenta alguna de estas situaciones (cuencas situadas en la costa o con cuencas que lindan con Portugal o Francia) el "shape" de la malla de puntos generado no será un rectángulo. En estos casos convendrá definir una separación entre los puntos de la malla que sea lo

suficientemente pequeña para que la malla recubra toda la superficie de las cuencas elegidas.

El "shape" de puntos creado contiene los siguientes campos:

- *Shape*: Campo propio de ArcView.
- *Longitud*: Longitud geográfica del punto.
- *Latitud*: Latitud geográfica del punto.
- *Premedia*: Valor medio de la precipitación máxima diaria.
- *Cvar*: Coeficiente de variación.
- *PreT<A>*: Valor de la precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno <A>. Si se eligió la opción de calcular los períodos de retorno por defecto, existirán los campos: PreT2, PreT5, PreT10, PreT25, PreT50, PreT100, PreT200 y PreT500. Si se indicó un único período de retorno, existirá sólo un campo siendo <A> el período de retorno indicado.

Generación del Modelo Digital de  
Precipitación

## Introducción

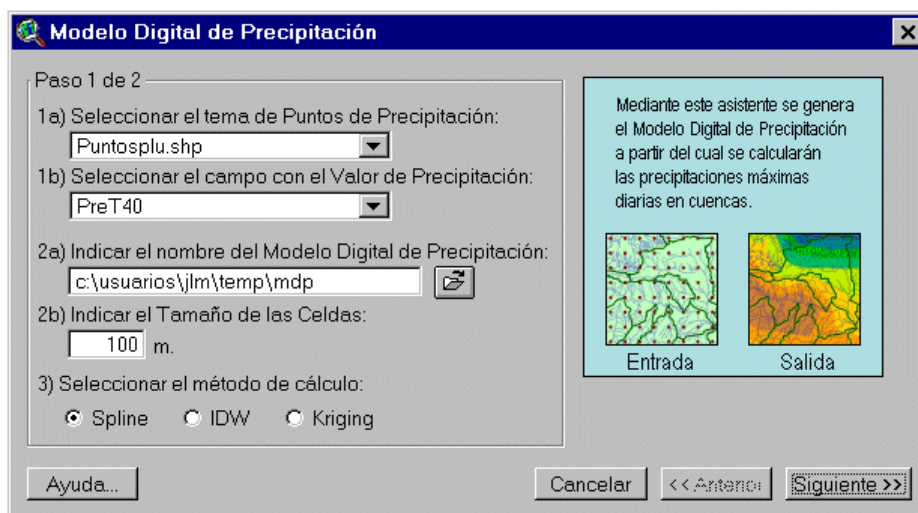
A través de este asistente se genera un Modelo Digital de Precipitación (MDP) que sirve como base para calcular la precipitación máxima diaria en las cuencas hidrográficas. El cálculo del MDP se puede realizar mediante tres métodos diferentes (Spline, IDW y Kriging).

## Descripción

Para la generación del Modelo Digital de Precipitación se ha de seleccionar el tema de puntos de precipitación que se ha generado a partir de la ejecución de MAXPLU. Puesto que se pueden haber elegido varios períodos de retorno, se ha de elegir el campo que contiene los valores de la precipitación. Posteriormente se indicará el nombre del Modelo Digital de Precipitación (MDP), así como el tamaño de las celdas del MDP y el método de cálculo para su generación. Los métodos existentes son: Spline, IDW y Kriging.

Finalmente se indicarán los parámetros correspondientes al método de cálculo seleccionado. Así, para la opción Spline se ha de elegir el método a utilizar, el peso y el número de puntos. Para el método IDW se ha de seleccionar el método de selección de los puntos (los más cercanos o por radio fijo); después se ha de indicar el número de puntos (si se ha elegido la opción de más cercanos) o el radio (si se ha elegido la opción de radio fijo), el exponente y opcionalmente, se puede seleccionar un tema de líneas que se utilizará como tema de barreras. Para el método Kriging se ha de seleccionar el tipo de función para la semi-varianza; al igual que en el método IDW, se ha de seleccionar el método de selección de los puntos y opcionalmente se puede indicar un tema de barreras; por último, y también de manera opcional, se puede indicar un grid para la semi-varianza.

## Paso 1



1a) Seleccionar el tema de puntos de precipitación que se ha generado a partir de la ejecución del programa MAXPLU.

En la lista aparecen los temas de puntos que existen en la vista.

1b) Seleccionar el campo que contiene el valor de la precipitación.

Si al generar la malla de puntos se calcularon los valores correspondientes a los períodos de retorno por defecto, existirán varios campos con el valor de la precipitación. Si por el contrario sólo se indicó un período de retorno, existirá un único campo con el valor de la precipitación. En la lista aparecen además los otros campos del tema de puntos que son de tipo numérico.

2a) Indicar el nombre del Modelo Digital de Precipitación (MDP) que se va a generar.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una vez seleccionado el directorio deseado, escribir el nombre del

MDP en el campo de entrada y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).

2b) Indicar el tamaño de las celdas del MDP.

El valor se expresa en metros y no puede contener decimales. El valor introducido ha de estar comprendido entre los valores 10 y 10000, ambos incluidos (valores elegidos arbitrariamente).

3) Seleccionar el método de cálculo para la generación del MDP.

El Modelo Digital de Precipitación se genera realizando una interpolación a partir de los puntos que contienen los valores de precipitación. Se utilizan los métodos MakeSpline, MakeIDW y MakeKriging proporcionados por ArcView. Para obtener más información, se pueden introducir dichos términos en la pestaña *Índice* de la ayuda de ArcView.

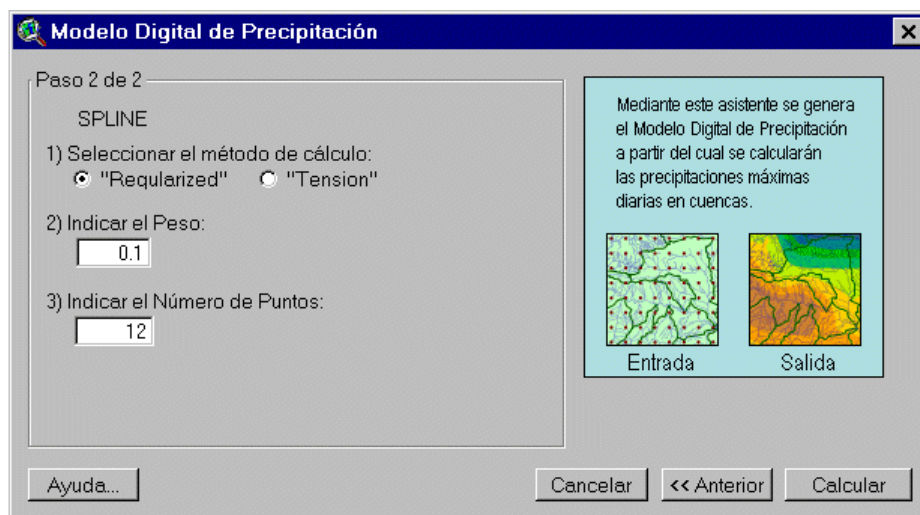
Hay tres opciones:

- Spline. Método que realiza la interpolación por el método de "splines".
- IDW. Método que realiza la interpolación por el método del inverso del cuadrado de la distancia.
- Kriging. Método que realiza la interpolación por el método Kriging.

## Paso 2

Dependiendo del método de cálculo seleccionado en la primera pantalla, la segunda pantalla en la que se definen los parámetros correspondientes a cada método de interpolación, será diferente.

## Método Spline



1) Seleccionar el método de cálculo.

Hay dos opciones:

- "Regularized".
- "Tension".

2) Indicar el peso.

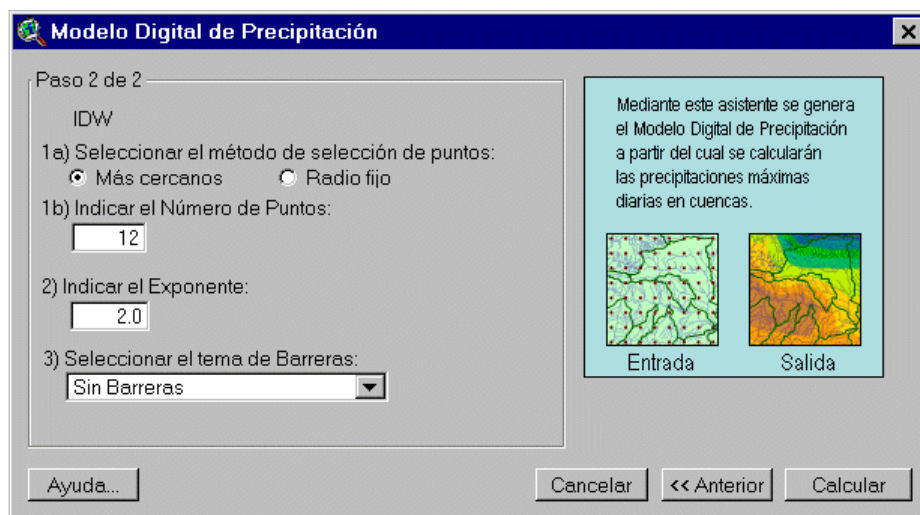
El peso define el carácter de la interpolación. El valor introducido ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales. El valor por defecto utilizado por ArcView es 0.1.

3) Indicar el número de puntos.

Indica el número de puntos por región que se utilizan para la aproximación local. El valor introducido ha de ser mayor que 0 y no puede contener decimales. El valor por defecto utilizado por ArcView es 12.



## Método IDW



### 1a) Seleccionar el método de selección de puntos.

Indica la manera de seleccionar los puntos para realizar la interpolación.

Hay dos opciones:

- Más cercanos. Para la interpolación se utilizará el número de puntos que se indique. Se irá ampliando el radio de búsqueda hasta alcanzar el número de puntos especificado.
- Radio fijo. Para la interpolación se utilizarán los puntos que caigan dentro del círculo determinado por el radio indicado.

### 1b) En función del método de selección de puntos elegido, se ha de indicar:

Si se ha elegido la opción "Más cercanos", se ha de indicar el número de puntos.

El valor introducido ha de ser mayor que 0 y no puede contener decimales. El valor por defecto utilizado por ArcView es 12.

Si se ha elegido la opción "Radio fijo", se ha de indicar el radio.

El valor se expresa en Kilómetros. Ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales.

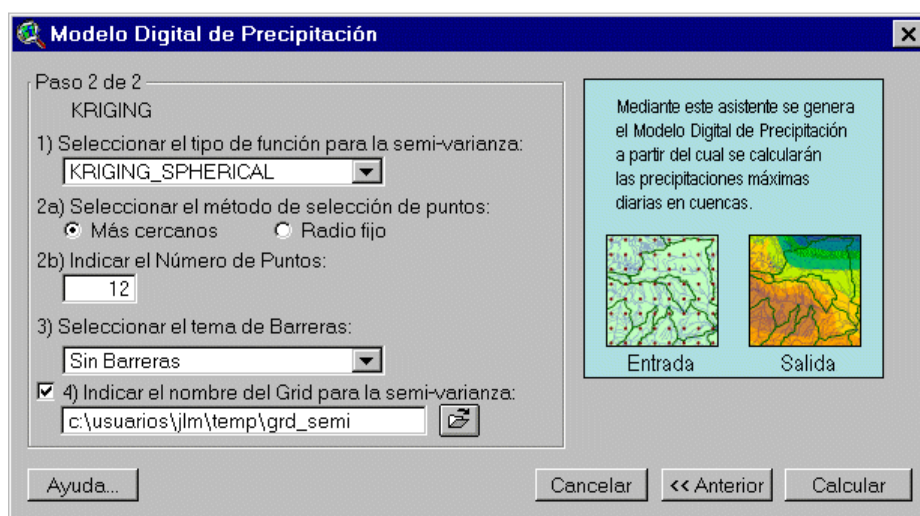
## Método Kriging

### 2) Indicar el exponente.

Define la influencia de los puntos cercanos a la posición del valor que se quiere interpolar. Un valor elevado indica menos influencia de los puntos más lejanos. El valor introducido ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales. El valor por defecto utilizado por ArcView es 2. Se aconseja usar valores comprendidos entre 0.5 y 3.

### 3) Seleccionar el tema de barreras.

El tema de barreras es un tema de líneas que se utiliza como límite o frontera en la obtención de puntos que se utilizan para la interpolación. Si no se quiere utilizar un tema de barreras, seleccionar la opción "Sin barreras" que aparece por defecto. En la lista aparecen los temas de la vista que son de tipo lineal.



### 1) Seleccionar el tipo de función para la semi-varianza.

Existen las siguientes opciones:

- KRIGING\_SPHERICAL
- KRIGING\_CIRCULAR
- KRIGING\_EXPONENTIAL
- KRIGING\_GAUSSIAN
- KRIGING\_LINEAR
- KRIGING\_UNIVERSAL1

- KRIGING\_UNIVERSAL2

2a) Seleccionar el método de selección de puntos.

Indica la manera de seleccionar los puntos para realizar la interpolación.

Hay dos opciones:

- Más cercanos. Para la interpolación se utilizará el número de puntos que se indique. Se irá ampliando el radio de búsqueda hasta alcanzar el número de puntos especificado.
- Radio fijo. Para la interpolación se utilizarán los puntos que caigan dentro del círculo determinado por el radio indicado.

2b) En función del método de selección de puntos elegido, se ha de indicar:

Si se ha elegido la opción "Más cercanos", se ha de indicar el número de puntos.

El valor introducido ha de ser mayor que 0 y no puede contener decimales. El valor por defecto utilizado por ArcView es 12.

Si se ha elegido la opción "Radio fijo", se ha de indicar el radio.

El valor se expresa en Kilómetros. Ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales.

3) Seleccionar el tema de barreras.

El tema de barreras es un tema de líneas que se utiliza como límite o frontera en la obtención de puntos que se utilizan para la interpolación. Si no se quiere utilizar un tema de barreras, seleccionar la opción "Sin barreras" que aparece por defecto. En la lista aparecen los temas de la vista que son de tipo lineal.

4) Indicar el nombre del grid para la semi-varianza.

Este valor es opcional. Si no se desea que se genere, desactivar la casilla de verificación.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.

## Notas

- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una vez seleccionado el directorio deseado, escribir el nombre del MDP en el campo de entrada y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).

El Modelo Digital de Precipitación (MDP) se almacena físicamente en forma de grid.

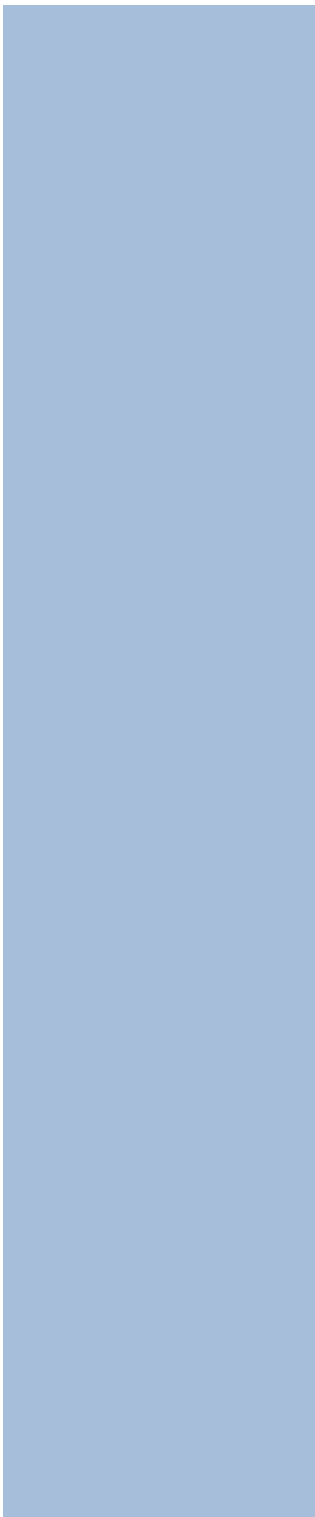
Cada celda del grid contiene el valor de la precipitación máxima diaria en la zona determinada por la celda. El valor está expresado en l/m<sup>2</sup> ó mm.

El tamaño de celda definirá la mayor o menor precisión del MDP, teniendo en cuenta que valores pequeños del tamaño de celda producen MDPs de mayor definición aunque el tiempo para su generación es mayor, mientras que valores grandes del tamaño de celda generan MDPs de menor definición, siendo también menor el tiempo de generación. Sirva como orientación, un valor para el tamaño de celda de un 1 por mil respecto al mayor valor de altura o anchura del rectángulo que contiene la extensión de las cuencas; por ejemplo si la extensión de las cuencas queda dentro de un rectángulo de 100 km x 80 km, un valor adecuado para el tamaño de celda sería 100 m (1 por mil de 100 km = 100000 m).

A continuación se describen brevemente los tres métodos de interpolación disponibles. Para obtener más información acerca de estos métodos se puede consultar la ayuda de ArcView (hay que introducir las palabras *MakeSpline*, *MakeIDW* y *MakeKriging* en la pestaña *Índice* de la ventana de ayuda).

**Método Spline.** Los "splines" son funciones que se ajustan exactamente a un número pequeño de datos puntuales asegurando que la unión entre una parte de la curva y otra sea continua. Una condición para la aplicación de este método es que la superficie de estudio ha de tener una mínima curvatura, ya que emplea en sus cálculos la suma acumulada de los cuadrados de la segunda derivada relativa a la superficie.

**Método IDW.** Este método determina el valor de cada celda usando una combinación lineal de pesos del conjunto de los puntos de entrada, siendo el peso una función inversa a la distancia.



Método Kriging. El método Kriging realiza en primer lugar un estudio de los datos de entrada y después modela los aspectos estocásticos de la variable a representar. El éxito de la aplicación de Kriging como método de interpolación reside en considerar importantes supuestos sobre la naturaleza estadística de la variación. Estos supuestos, que son la base para Kriging, están contenidos en la "Teoría de la variable regionalizada", que asume que la variación espacial representada por el valor  $z$  es estadísticamente homogéneo a través de la superficie, es decir, el mismo esquema de varianza puede ser observado en todas las localizaciones de la superficie representada.

Generación de isoyetas

## Introducción

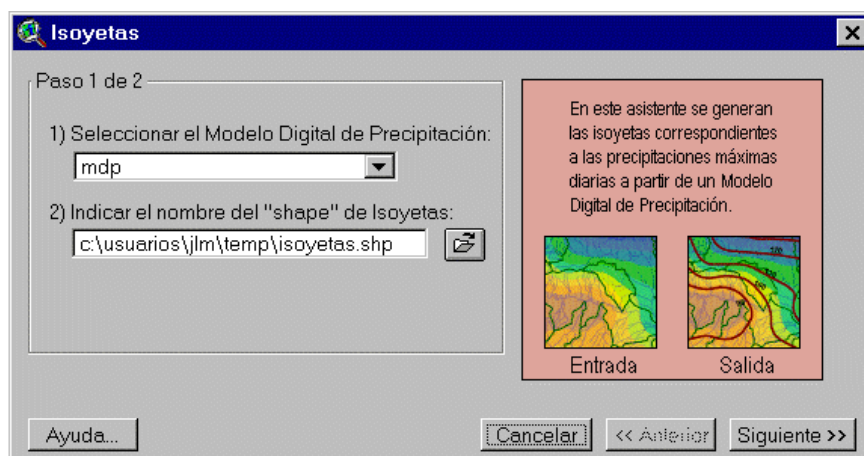
A través de este asistente se genera el tema de isoyetas correspondientes a las precipitaciones máximas diarias partir de un Modelo Digital de Precipitación (MDP). Este proceso no es necesario para calcular las precipitaciones máximas diarias en cuencas, pero las isoyetas generadas pueden visualizarse sobre las cuencas y utilizarse como referencia.

## Descripción

Para la generación de las isoyetas se seleccionará un Modelo Digital de Precipitación. Se indicará también el nombre del "shape" de isoyetas.

Después se ha de indicar el intervalo entre las isoyetas y el valor base para la generación de las mismas.

### Paso 1



1) Seleccionar el Modelo Digital de Precipitación a partir del cual se va a generar el tema de isoyetas.

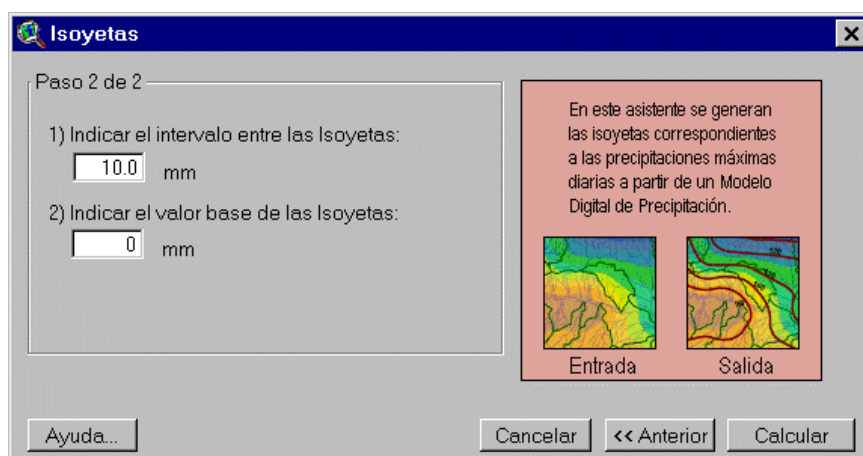
En la lista aparecen los temas de tipo grid que existen en la vista.

2) Indicar el nombre del "shape" que se va a generar y que contendrá las isoyetas.

## Paso 2

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una vez seleccionado el directorio deseado, escribir el nombre del "shape" de isoyetas en el campo de entrada y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).



### 1) Indicar el intervalo entre las isoyetas.

Se expresa en mm de precipitación. Este valor indica el intervalo que existirá entre cada una de las isoyetas generadas.

El valor introducido ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales. Los valores decimales se introducen utilizando como separador el punto decimal (".").

### 2) Indicar el valor base de las isoyetas.

Se expresa en mm de precipitación. Este valor indica el valor base a partir del cual se generarán las isoyetas. Puede ser un valor inferior al mínimo o superior al máximo del MDP.



## Notas

El valor introducido ha de ser mayor que 0 y puede contener decimales. Los valores decimales se introducen utilizando como separador el punto decimal (".").

Las isoyetas se calculan comenzando en el valor base indicado, y a partir de él se aumenta y/o disminuye utilizando el valor correspondiente al intervalo definido, generándose únicamente las que estén comprendidas entre los valores mínimo y máximo del MDP. Por ejemplo, si el valor mínimo del MDP es 87.4 mm y el valor máximo es 120.3 mm, y se indica un intervalo de 5.0 mm y un valor base de 80 mm, se generarán las siguientes isoyetas: 90 – 95 – 100 – 105 – 110 – 115 – 120. Otro ejemplo: si el valor mínimo es 57.0 mm y el valor máximo es 64.8 mm, y se indica un intervalo de 2.5 mm y un valor base 65.5 mm, se generarán las siguientes isoyetas 58.0 – 60.5 – 63.0.

Una vez generadas las isoyetas, pueden etiquetarse utilizando el campo *Contour*, que es el que contiene los valores de la precipitación máxima diaria.

Cálculo de la precipitación máxima  
diaria en cuencas

## Introducción

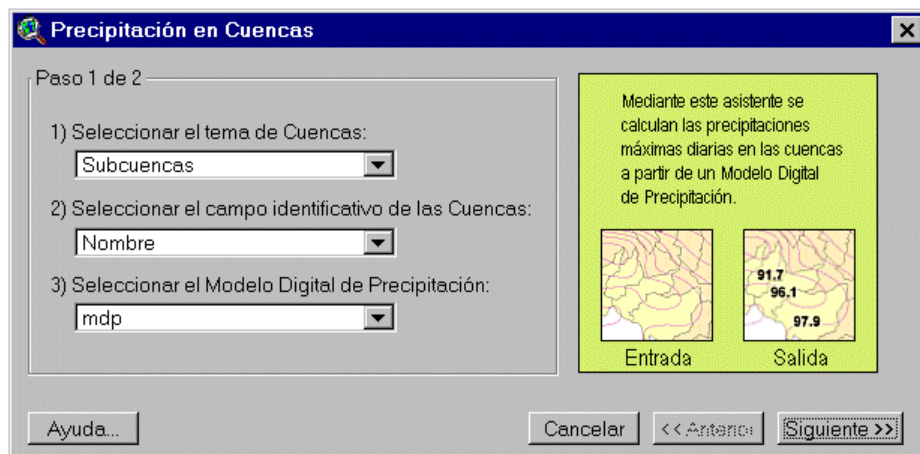
A través de este asistente se genera una tabla que contiene el valor de la precipitación máxima diaria para cada cuenca (subcuenca). El cálculo se realiza a partir de un Modelo Digital de Precipitación (MDP). La precipitación en cada cuenca se obtiene calculando el valor medio de las celdas del MDP (suma de los valores de las celdas dividido por el número de celdas) que están contenidas dentro de dicha cuenca.

## Descripción

Para el cálculo de la precipitación máxima diaria se ha de seleccionar un tema de cuencas y un campo del mismo que identifique de manera única a cada cuenca. Se ha de seleccionar también un Modelo Digital de Precipitación.

Después se indicará el nombre de la tabla y el nombre del campo en el que se van a almacenar los valores de la precipitación.

### Paso 1



1) Seleccionar el tema de cuencas para las que se va a calcular el valor de la precipitación máxima diaria.

En la lista aparecen los temas de polígonos que existen en la vista.

2) Seleccionar el campo identificativo de las cuencas.

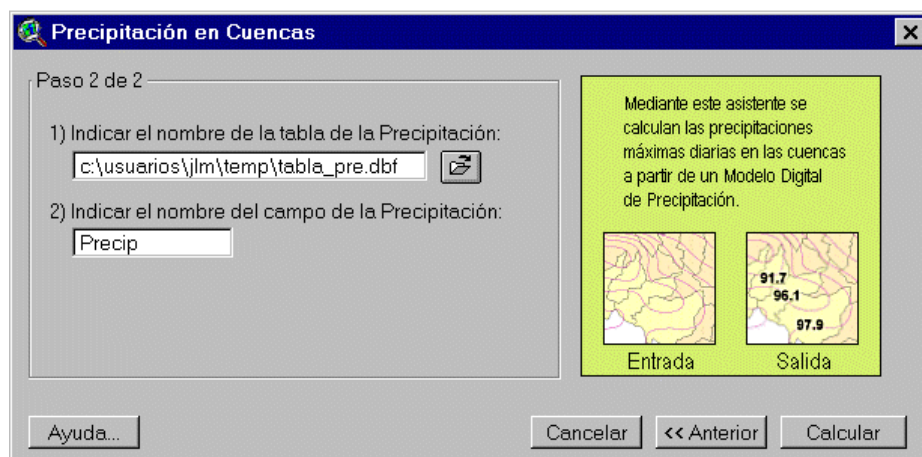
## Paso 2

En la lista se muestran los campos que son de tipo carácter o numérico sin decimales.

El valor de este campo ha de ser único para cada cuenca. En caso contrario, se calcularía un único valor para la superficie correspondiente a todas las cuencas que tuviesen dicho valor.

3) Seleccionar el Modelo Digital de Precipitación a partir del cual se va a calcular la precipitación en las cuencas.

En la lista aparecen los temas de tipo grid que existen en la vista.



1) Indicar el nombre de la tabla que contendrá los valores de la precipitación máxima diaria en las cuencas.

Se puede indicar de dos maneras:

- Tecleando el nombre en el campo de entrada. Se ha de indicar la ruta completa.
- Pulsando el botón situado a la derecha. Se muestra un menú (en inglés, o en español si está instalada la versión de ArcView en español) en el que se puede navegar por directorios. Una vez seleccionado el directorio deseado, escribir el nombre de la tabla en el campo de entrada y a continuación pulsar el botón *OK* en la versión en inglés (o *Aceptar* en la versión en español).

## Notas

2) Indicar el nombre del campo en el que se almacenarán los valores de la precipitación máxima diaria en las cuencas.

El cálculo se realiza sobre las cuencas seleccionadas del tema de cuencas. En caso de que no haya ninguna, se realizará sobre todas las cuencas que intersequen con la extensión del MDP, teniendo en cuenta que para aquellas cuencas cuya superficie no esté cubierta completamente por el MDP, el valor obtenido puede ser erróneo. Por ello, se aconseja utilizar las mismas cuencas que las que se hayan utilizado para calcular la malla de puntos de precipitación a partir de la cual se haya generado el MDP.

Si la intersección entre la extensión de las cuencas seleccionadas y la extensión del MDP es nula, se producirá un error al realizar el cálculo, mostrándose el mensaje *"Attempt to access record out of range 0"* (si está instalada la versión de ArcView en español, el mensaje será *"Intento de acceder al registro fuera de ámbito 0"*). En este caso no se generará ninguna tabla con los valores de la precipitación máxima diaria.

La tabla generada puede unirse a la tabla de atributos del tema de cuencas utilizando el campo identificativo. Una vez unidas, puede etiquetarse el tema de cuencas utilizando el campo en el que se ha almacenado el valor de la precipitación máxima diaria.



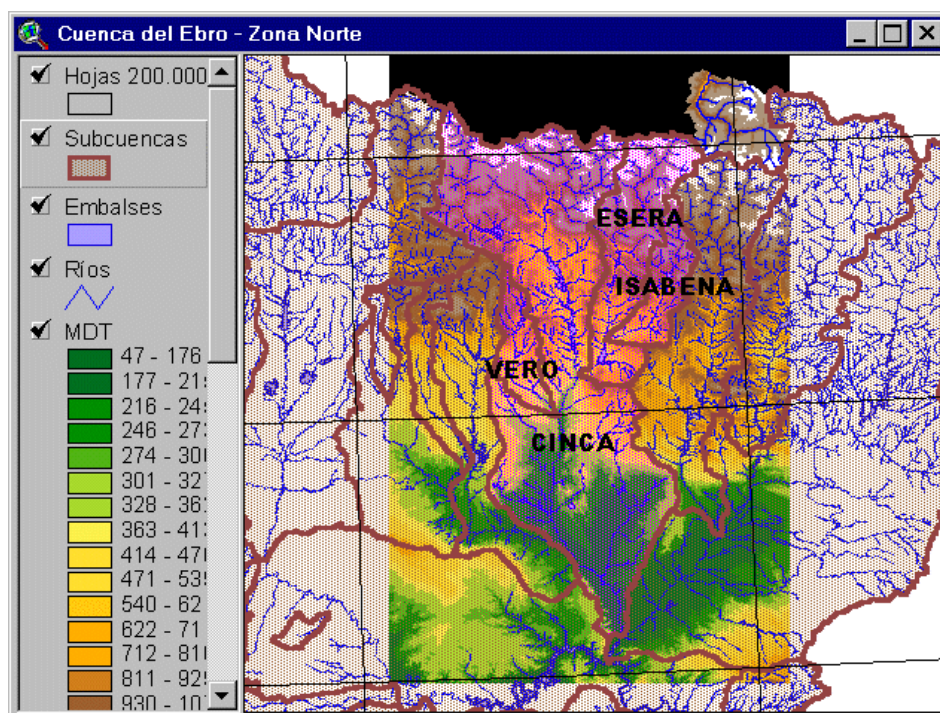
Tutorial

## Inicio

Este tutorial es una guía para la utilización de Aqualis. Se describe el procedimiento para obtener la precipitación máxima diaria en unas cuencas (subcuencas) hidrográficas, haciendo un recorrido por los asistentes que forman Aqualis. Para cada uno de ellos se indica la entrada de datos y la salida producida, mostrando gráficamente mediante vistas de ArcView los resultados obtenidos.

Para la elaboración del tutorial se han utilizado datos pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro obtenidos de la página web <http://oph.chebro.es> de la Oficina de Planificación Hidrológica.

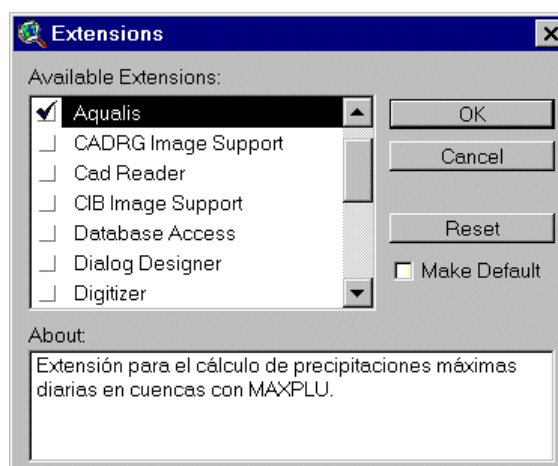
Se quiere obtener la precipitación máxima diaria de las subcuencas *Esera*, *Isabena*, *Vero* y *Cinca* pertenecientes a la Cuenca del Ebro. Los datos de los que se dispone son: subcuencas (polígonos), embalses, ríos, hojas 200.000 y un Modelo Digital de Terreno. Aunque para la utilización de Aqualis sólo es necesaria la capa de subcuencas, se han añadido las demás para aportar más información a los mapas.



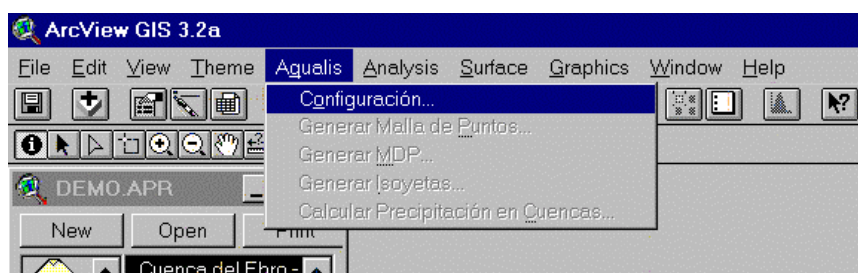


## Carga de la extensión

Puesto que Aqualis es una extensión de ArcView es necesario cargarla. Para ello se utiliza el cuadro de diálogo de extensiones de ArcView.



Para utilizar Aqualis es necesaria la extensión de ArcView *Spatial Analyst*. En caso de que no esté cargada, se carga automáticamente. Una vez realizada la carga, en el menú asociado a la vista (View) de ArcView queda añadida la opción *Aqualis*.

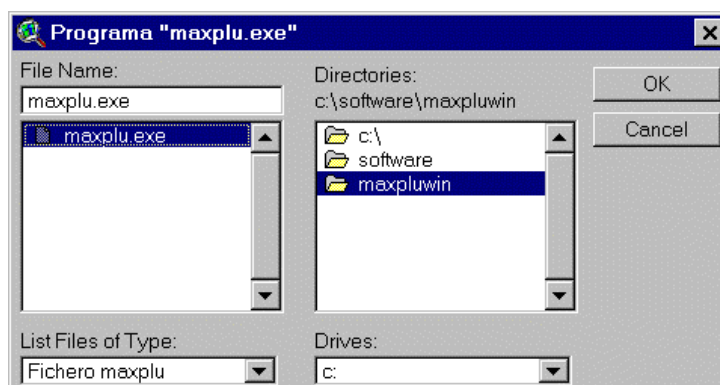




## Configuración

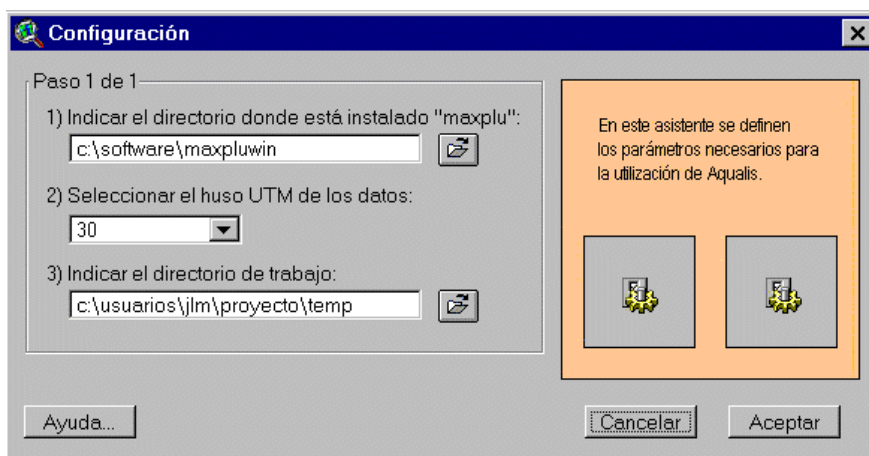
El primer paso consiste en definir los parámetros que se van a utilizar a lo largo del proceso. Se pulsa la opción *Configuración...* del menú *Aqualis*.

Se indica el directorio donde está instalado el programa MAXPLU. En este caso *c:\software\maxpluwin*.



Se selecciona el huso UTM en el que se encuentran los datos. En este caso los datos con los que se está trabajando están en el huso 30.

Se indica el directorio de trabajo, que es el directorio que utilizará Aqualis por defecto para almacenar los datos que se vayan generando. El directorio que se indica es *c:\usuarios\jlm\proyecto\temp*.



## Generación de la malla de puntos

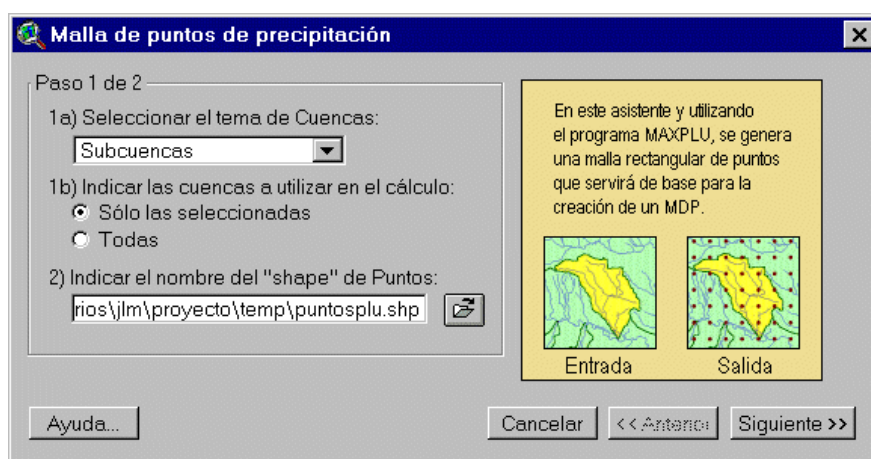
El paso siguiente es crear la malla de puntos de precipitación. Es en este paso donde se utiliza el programa MAXPLU. Se le proporcionará un conjunto de puntos para los que MAXPLU devolverá los valores de precipitación máxima diaria para el (los) período(s) de retorno indicado.

Antes de utilizar el asistente, se han seleccionado las subcuencas *Esera, Isabena, Vero y Cinca*.

Se selecciona el tema *Subcuencas*.

Se indica que en el cálculo se utilicen *sólo las seleccionadas*.

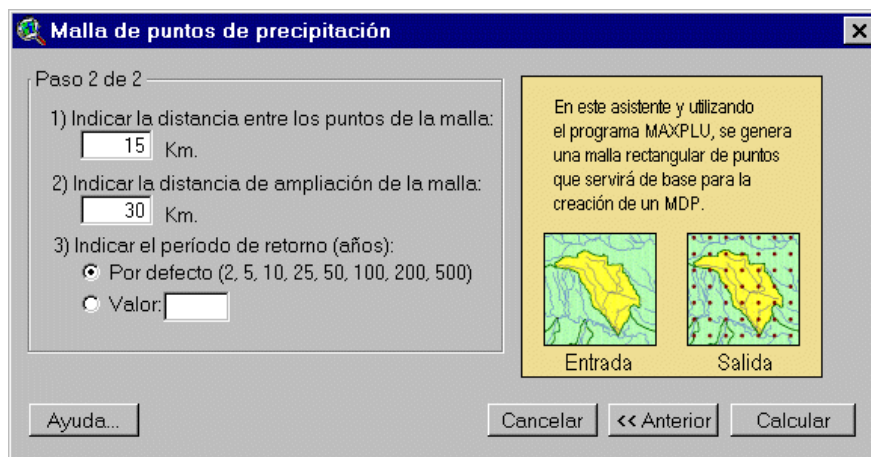
El "shape" que va a almacenar los puntos de la malla de precipitación es *c:\usuarios\jlm\proyecto\temp\puntosplu.shp*.



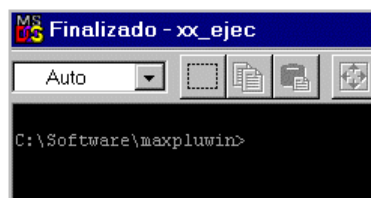
A continuación se indica la distancia entre los puntos de la malla. Teniendo en cuenta la extensión de las subcuencas seleccionadas, se indica un valor de 15 Km.

Como distancia de ampliación de la malla, se indica un valor de 30 Km. (el doble de la distancia entre los puntos).

Se elige la opción *por defecto* para que calcule los períodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500.

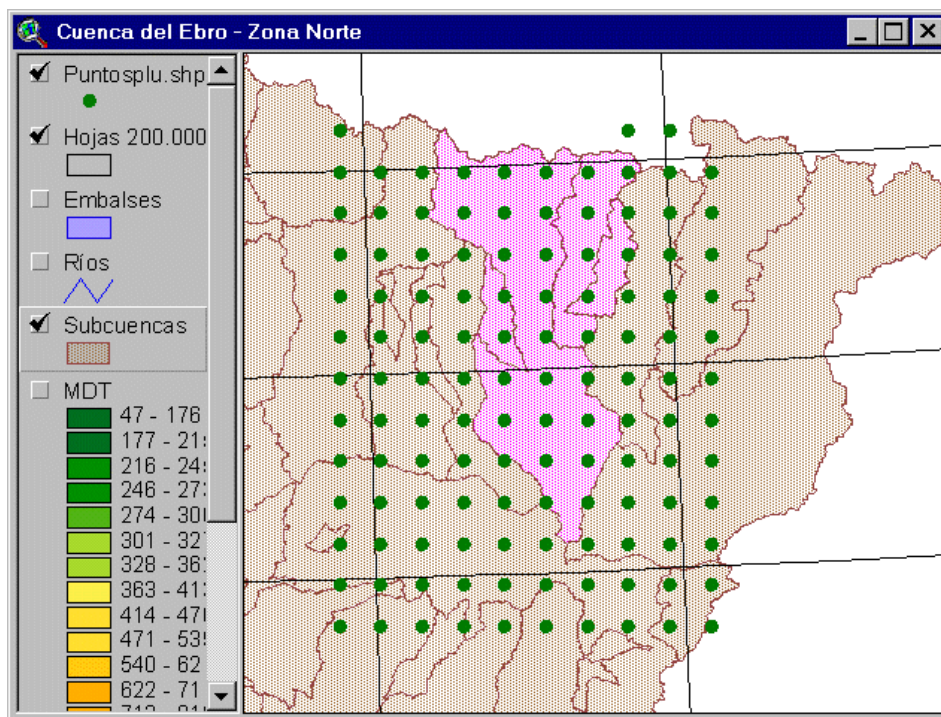


Después de pulsar el botón *Calcular*, comienza el proceso, abriéndose una ventana de MS-DOS. Si se trabaja en Windows NT o Windows 2000 la ventana se cerrará automáticamente. Si se trabaja en Windows 95 hay que cerrar la ventana una vez que se muestre el mensaje "Finalizado".



El "shape" de puntos generado se añade automáticamente a la vista con el nombre indicado (*Puntosplu.shp*).

En este caso, la malla de puntos no tiene una forma rectangular. Es debido a que para la distancia que se ha definido, algunos puntos se sitúan fuera de la España peninsular, y MAXPLU no devuelve ningún valor de precipitación para esos puntos.



La información que se ha generado para cada punto es: longitud geográfica, latitud geográfica, valor medio de la precipitación máxima diaria, coeficiente de variación y los valores de la precipitación máxima diaria correspondientes a los periodos de retorno elegidos.

Shape	Longitud	Latitud	Premedia	Cvar	PreT2	PreT5	PreT10	PreT25	PreT50	PreT100	PreT200	PreT500
Point	-4108	411046	46.0	0.4050	42.0	57.0	69.0	85.0	98.0	111.0	125.0	146.0
Point	-3025	411033	43.0	0.4060	39.0	54.0	65.0	79.0	92.0	104.0	118.0	136.0
Point	-1942	411018	45.0	0.4060	41.0	56.0	68.0	83.0	96.0	109.0	123.0	143.0
Point	-859	411003	46.0	0.4050	42.0	57.0	69.0	85.0	98.0	111.0	125.0	146.0
Point	144	410946	48.0	0.4050	44.0	60.0	72.0	89.0	102.0	116.0	131.0	152.0
Point	1227	410929	51.0	0.4090	46.0	64.0	77.0	94.0	109.0	125.0	140.0	163.0
Point	2309	410910	57.0	0.4230	52.0	72.0	87.0	108.0	125.0	142.0	161.0	187.0
Point	3352	410851	60.0	0.4420	54.0	76.0	93.0	116.0	134.0	154.0	174.0	204.0
Point	4434	410830	64.0	0.4590	57.0	82.0	100.0	125.0	146.0	167.0	191.0	224.0
Point	5516	410809	71.0	0.4670	63.0	91.0	112.0	140.0	164.0	188.0	214.0	251.0
Point	-4051	411852	45.0	0.4060	41.0	56.0	68.0	83.0	96.0	109.0	123.0	143.0
Point	-3006	411839	44.0	0.4060	40.0	55.0	66.0	81.0	94.0	107.0	121.0	139.0
Point	-1922	411824	44.0	0.4060	40.0	55.0	66.0	81.0	94.0	107.0	121.0	139.0
Point	-837	411809	45.0	0.4050	41.0	56.0	68.0	83.0	95.0	109.0	123.0	142.0
Point	207	411752	47.0	0.4040	43.0	59.0	71.0	87.0	100.0	114.0	128.0	149.0
Point	1251	411734	50.0	0.4060	46.0	63.0	75.0	93.0	106.0	122.0	136.0	159.0
Point	2335	411716	52.0	0.4160	47.0	65.0	79.0	97.0	112.0	128.0	145.0	168.0

## Generación del MDP

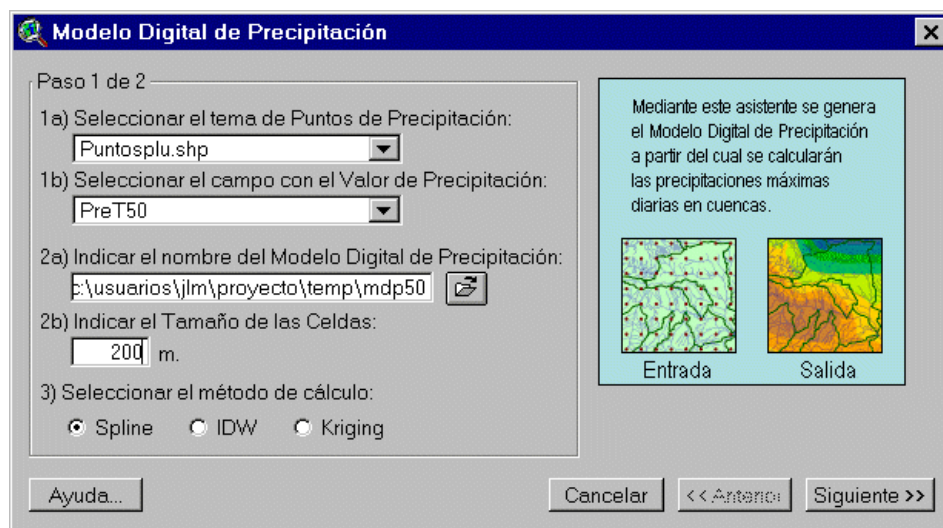
Utilizando la malla de puntos generada en el paso anterior, se genera el Modelo Digital de Precipitación.

Se selecciona el tema de puntos de precipitación, *Puntosplu.shp*, y el campo que contiene los valores para generar el Modelo Digital de Precipitación, *PreT50*; es decir, el que contiene los valores de la precipitación para un período de retorno de 50 años.

Se indica el nombre del Modelo Digital de Precipitación: *c:\usuarios\jlm\proyecto\temp\mdp50*.

Teniendo en cuenta la extensión de las subcuencas seleccionadas y la distancia entre los puntos de la malla, se fija un tamaño de celda de 200 m.

El método elegido para calcular el MDP es *Spline*.



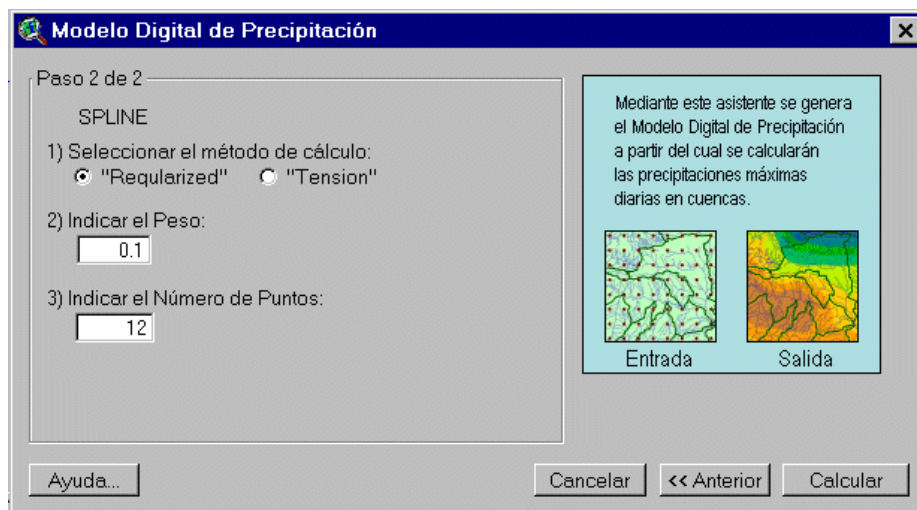
En la siguiente pantalla se definen los parámetros correspondientes al método Spline.

Se selecciona el método de cálculo *Regularized*.

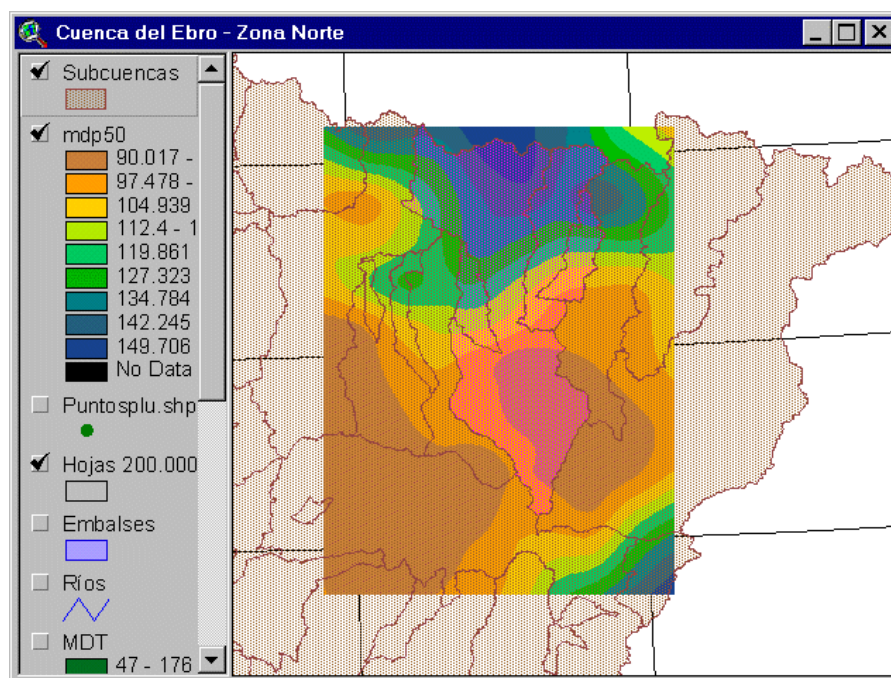
Se indica un valor igual a 0.1 para el peso.

El número de puntos se fija igual a 12.





El Modelo Digital de Precipitación generado se añade a la vista automáticamente con el nombre indicado (*mdp50*). Se cambia su simbología utilizando una rampa de colores de precipitación, donde los valores más altos se representan en color azul y los valores más bajos se representan en color marrón.

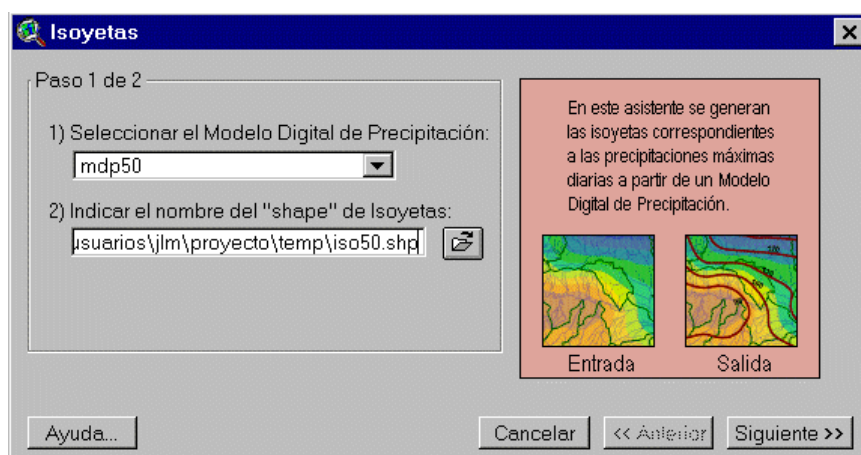


## Generación de isoyetas

Utilizando el Modelo Digital de Precipitación generado en el paso anterior se generan las isoyetas para obtener una referencia gráfica de la precipitación en las subcuencas.

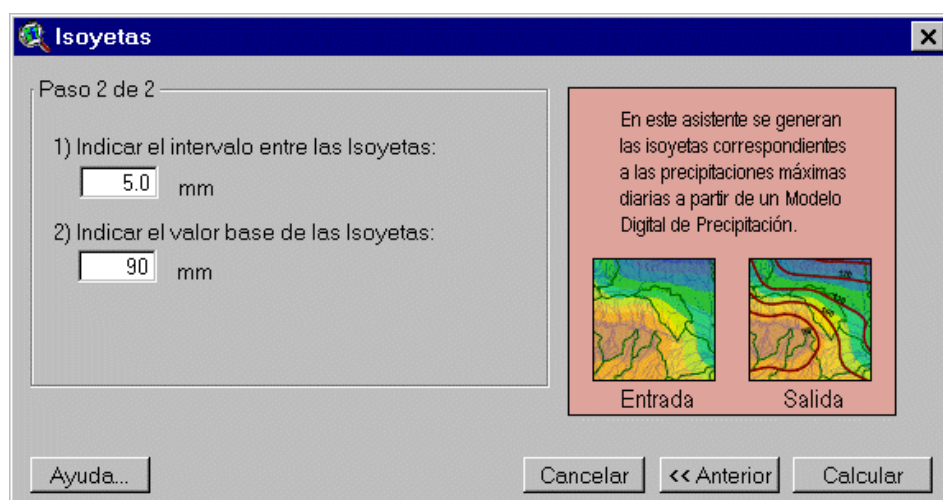
Se selecciona el Modelo Digital de Precipitación, *mdp50*.

Se indica el nombre del "shape" que va a contener las isoyetas:  
*c:\usuarios\jlm\proyecto\temp\iso50.shp*.



Se fija el intervalo entre las isoyetas a 5 mm.

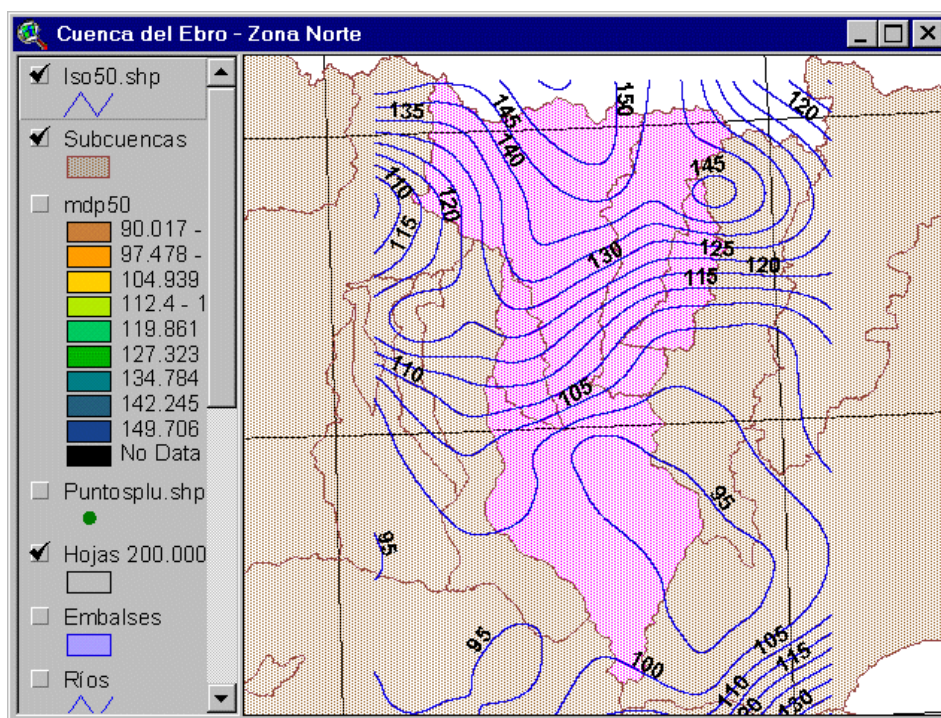
Se indica como valor base 90 mm.



## Cálculo de la precipitación

Con los valores indicados y teniendo en cuenta que los valores del Modelo Digital de Precipitación están comprendidos entre 90.017 y 157.167, se generarán las isoyetas de valores 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150 y 155.

El "shape" de isoyetas se añade a la vista automáticamente con el nombre que se había indicado. Se etiquetan las isoyetas utilizando el campo *Contour* (que es el que contiene el valor de la precipitación). El resultado obtenido se muestra a continuación.



El último paso consiste en calcular la precipitación en las subcuencas usando el Modelo Digital de Precipitación.

Se selecciona el tema de subcuencas, *Subcuencas*.

Se selecciona el campo identificativo de las subcuencas, *Nombre*. Este es un campo con valores únicos para cada subcuenca. Se utiliza como identificador en la tabla que contiene la precipitación calculada.

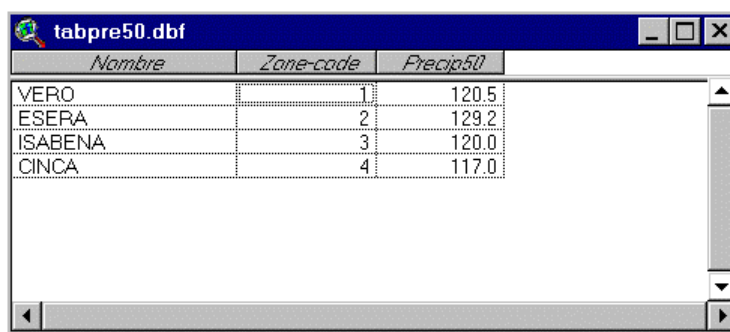


Se selecciona el Modelo Digital de Precipitación, *mdp50*.

En la segunda pantalla se introduce el nombre de la tabla en la que se va a almacenar el valor de la precipitación para cada subcuenca, *c:\usuarios\jlm\temp\tabla\_pre.dbf*.

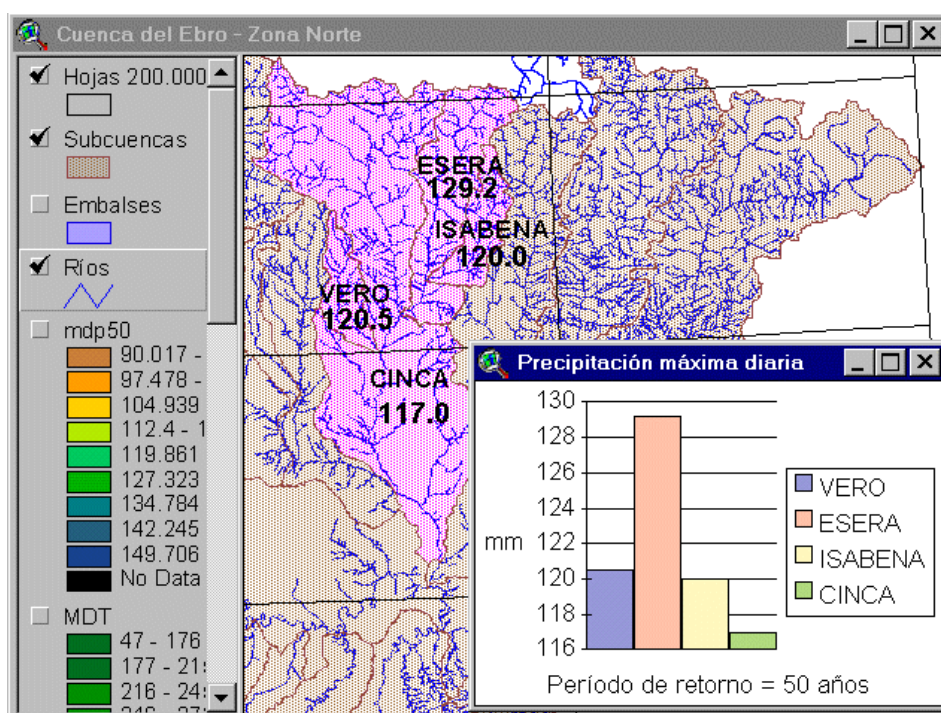
Se indica el nombre del campo que va a contener el valor de la precipitación, *Precip*.

Una vez calculados los valores de la precipitación máxima diaria en las subcuencas, automáticamente se abre la tabla donde se han almacenado. Se muestra a continuación.



Nombre	Zone-code	Precip50
VERO	1	120.5
ESERA	2	129.2
ISABENA	3	120.0
CINCA	4	117.0

Uniendo la tabla obtenida con la tabla de atributos del tema de subcuencas mediante el campo *Nombre*, se pueden etiquetar las subcuencas con su valor correspondiente (campo *Precip50*). Además es posible generar un gráfico para comparar los valores obtenidos.





Referencias

- Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. 1999. *Máximas luvias diarias en la España peninsular*. Ministerio de Fomento. Madrid. 21 pág.
- ESRI, Inc. 1996. *Using ArcView GIS*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 350 pág.
- ESRI, Inc. 1996. *Using Avenue*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 260 pág.
- ESRI, Inc. 1997. *Using the ArcView Dialog Designer*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 74 pág.
- ESRI, Inc. 1996. *Using the ArcView Spatial Analyst*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 144 pág.
- ESRI, Inc. 1996. *Using the ArcView 3D Analyst*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 107 pág.
- ESRI, Inc. <http://www.esri.com/software/arcview/index.html>.
- M<sup>a</sup> Isabel Alcantarilla Puerto. 1996. *Método de Kriging sobre la contaminación atmosférica en el medio ambiente urbano. Estanque grande del parque del Retiro*. Trabajo Fin de Carrera. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 143 pág.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. <http://www.chebro.es>.
- National Weather Service Training Center. <http://www.nwstc.noaa.gov/d.train/HYDRO.HTML>.
- US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. <http://www.hec.usace.army.mil>.
- Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. [http://hercules.cedex.es/informat\\_ceh/gisplu.htm](http://hercules.cedex.es/informat_ceh/gisplu.htm).
- ESRI, Inc. 2001. *Modeling Our World*. ESRI, Inc. Redlands, CA, USA. 216 pág.
- ESRI, Inc. *ArcInfo Help*.

