

**DESARROLLO DE PROGRAMAS PARA EL TRATAMIENTO
DE SERIES HIDROLÓGICAS Y EVALUACIÓN DE
APORTACIONES HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS
(HIDROBAS v. 3.0)**

**ORTIZ LÓPEZ J.I.¹, IGLESIAS DELGADO DE T. E. ¹, HERNANDEZ MAN-
CHADO R. ², DE MERA MERINO A. ², GÓMEZ SÁNCHEZ M. ², LÓPEZ BRAVO
J. ² y BALLESTER RODRÍGUEZ A. ²**

¹ E.T.S.I. de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

² Instituto Geológico y Minero de España.

PALABRAS CLAVE: Programas informáticos, series hidrológicas, aportaciones, ETP, ETR, balance de agua.

RESUMEN

Dentro de los convenios de investigación entre el Instituto Geológico y Minero de España y la E.T.S. de Ingenieros de Minas de la U.P.M. se han venido desarrollando a lo largo de los últimos años una serie de programas y aplicaciones informáticas de apoyo a la investigación y gestión de las aguas subterráneas, englobados en el denominado Paquete de Apoyo Informático (PAI). En el actual convenio de colaboración, se está llevando a cabo la actualización de dichos programas a las nuevas tecnologías informáticas.

En esta comunicación se presenta HIDROBAS v. 3.0 que corresponde a un conjunto de programas integrados para el tratamiento de series hidrológicas y evaluación de aportaciones hídricas subterráneas.

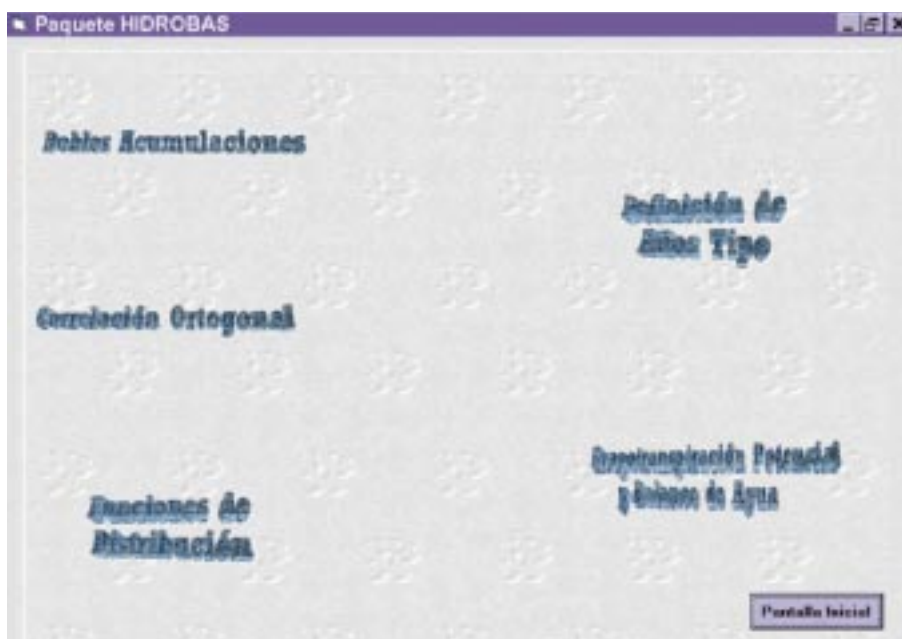
Si bien estos programas ya fueron presentados en el Congreso de Hidrogeología de 1992, en Alicante, aquellos estaban programados para su funcionamiento en entorno MS-DOS. Hoy se presentan en su actual formato de aplicación en Visual Basic bajo Windows.

Los programas que integran el HIDROBAS v. 3.0, han sido realizados en Visual Basic V.6 y están preparados para funcionar en ordenadores personales compatibles.

INTRODUCCIÓN AL HIDROBAS V. 3.0

HIDROBAS permite, mediante la utilización de técnicas fundamentalmente estadísticas, el contraste, corrección, completado y restitución de datos de precipitación, temperatura y caudales; ajuste de funciones de distribución y definición de años tipo así como los cálculos de ETP y balance de agua en el suelo.

Consta de los programas que a continuación se detallan, que están preparados para funcionar de forma autónoma ó para interactuar unos a partir de los resultados obtenidos por otros:



Todos los programas permiten manejar ficheros previamente creados en formato ASCII, con los datos temporales de las variables climáticas, desde cualquier directorio y su visualización inmediata. Los datos deberán siempre estar separados por comas.

A partir de aquí, entrando en los diferentes programas, se pueden comparar los datos de dos ó más estaciones entre sí con los programas DOBLESMAS y CORTREST. Este último además permite restituir valores de una estación a partir de los datos de otra en el caso de que la primera no estuviese completa.

El siguiente programa, FUNDIST, actúa sobre estaciones ya completadas y realiza un ajuste según las leyes de distribución de Goodrich, Gumbel ó logarítmico normal. A partir de los valores aquí obtenidos se toman los valores límite para, con el programa TIPO, definir los años tipo secos, medios y húmedos.

El programa ETP permite el cálculo de la evapotranspiración potencial, el cálculo del

balance de agua en el suelo y la estimación de la evapotranspiración real. Una opción para realizar balances hídricos es utilizar directamente los datos obtenidos con el programa TIPO.

Todos los programas tienen la posibilidad de crear, abrir o guardar los cálculos como proyecto, así como visualizar el informe de resultados.

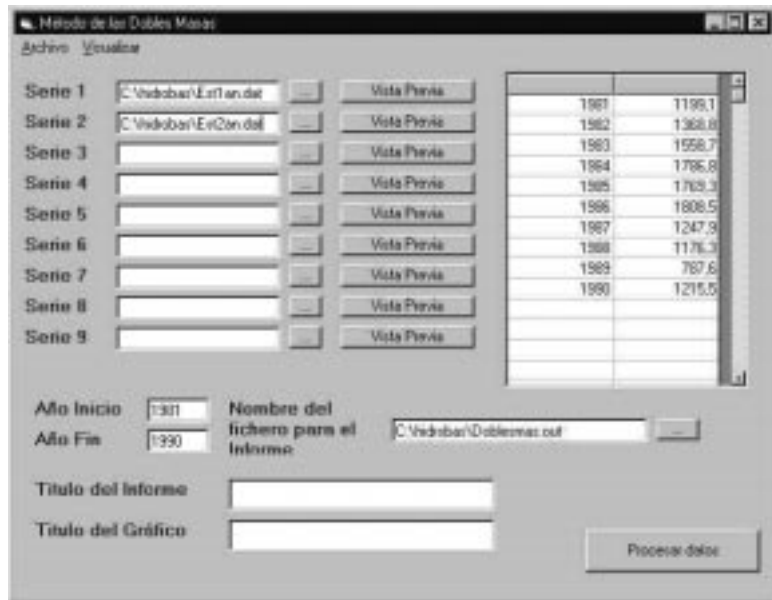
Básicamente estas son las directrices de utilización de los programas que componen esta aplicación, a continuación se explican las distintas opciones existentes dentro de cada programa.



PROGRAMA DOBLESMAS

El programa DOBLESMAS permite aplicar el método de las dobles masas para contrastar datos entre dos ó más estaciones pluviométricas entre sí. El número máximo de estaciones a analizar de forma simultánea es nueve, haciendo las comparaciones de las estaciones introducidas dos a dos.

Este método se basa en la representación en ejes coordenados de parejas de puntos definidos por las acumulaciones sucesivas de dos series de valores (correspondientes a dos estaciones) en un mismo período temporal. La curva resultante es una línea recta si los valores de las dos series corresponden a estaciones homogéneas. La pendiente de la recta representa la proporcionalidad entre las dos series de valores.



Esta pendiente puede permanecer sensiblemente constante o variar. En estas variaciones se pueden analizar errores absolutos de tipo sistemático. Estas series tendrán carácter anual.

Cuando se pueden encajar dos rectas de diferente pendiente es un caso típico de error sistemático. Para detectar la serie errónea se establece un proceso iterativo de comparación con otras series y por la coincidencia o no de cambio de pendiente, se detecta la serie errónea. Para detectar el período erróneo, se sigue también un proceso iterativo y se establecen comparaciones en valor medio, suponiendo uno u otro período como bueno, y comparando la serie estudiada con otras homólogas.

Para la ejecución del programa es necesario, además de cargar las series a contrastar, indicar el primer y último año de las mismas así como el nombre del fichero de resultados. Una vez que todos los campos han sido completados se pueden procesar los datos. En caso de que alguno de estos sea erróneo aparecerá un mensaje de error haciendo referencia al dato en cuestión.

Una vez procesados los datos se obtiene la gráfica correspondiente entre las dos series contrastadas.

PROGRAMA CORTREST

El programa CORTREST realiza la correlación ortogonal entre estaciones (hasta un máximo de 9) y restituye valores de una estación incompleta a partir de una estación base. La restitución se hace atendiendo a una serie de normas a partir de los resultados de la correlación.

El algoritmo de correlación se basa en considerar dos variables aleatorias, x e y , de las que se dispone de muestras iguales de extensión n , que corresponden a las pluviometrías de dos estaciones para un mismo período de tiempo.

La función es de la forma:

$$\Phi = \sum |(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2| - \sum |s(x_i - x_c) + m(y_i - y_c)|^2$$

El ajuste por mínimos cuadrados se basará en obtener la recta que cumpla la condición de que Φ sea mínimo.

La segunda parte del programa se refiere a la restitución de valores. En función de los parámetros de correlación ortogonal, se inicia una labor de búsqueda a través de los valores de las series. Donde encuentra un valor -1 (lo que significa que la estación a restituir no tiene dicho valor registrado) lo sustituye por otro calculado por correlación a partir de una estación completa (estación base).

Este programa, al igual que el resto, tiene la misma estructura que el DOBLESMAS visto anteriormente.

Las series a introducir se seleccionan directamente desde el directorio en el que se encuentran, pudiendo visualizarse las mismas. Estas tienen carácter mensual y la estructura de los datos, separados por comas, responde al siguiente formato.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1981	37.7	100.5	48.4	136.3	45.7	50.9	53.5	10	47.6	103.1	113.9	209.6
1982	48	88.4	98.5	0.4	50.1	45.4	57.1	55.5	52.1	957.2	123.9	187.6
1983	27.2	100.6	143.2	172.4	29.5	20.4	101.7	181.6	28.2	71	34.6	46.5
1984	203.4	154.2	59	75.4	180.5	53.4	53.8	25.7	95.9	118.3	112.9	121.5
1985	117	51	172.6	136.6	148	30	25.3	34.5	27.9	25.9	282.1	194.2
1986	298.3	100.5	35.5	113.7	46.7	41	68	71.8	30	178.2	47.6	130.9
1987	118.3	114.3	117.9	-	30.8	110.4	102	24.5	115.7	112.3	288.4	41
1988	138.9	127.4	150.8	156.7	64.4	56.9	144.3	110.1	112.7	44.7	35.9	35.5
1989	5.2	142.1	107.1	334.6	43.7	28.0	29.3	31.2	4.4	36.2	89.4	63.7
1990	73.2	27.9	125	236.6	56.6	107.3	68.9	35.4	56.2	171.4	-	179

Es necesario introducir el año inicio, el año fin, el coeficiente de correlación que se desea admitir y el nombre del fichero de resultados.

Según sea el valor del coeficiente de correlación el programa realizará más o menos iteraciones hasta encontrar la recta de correlación, suprimiendo los puntos anómalos que se salen de las bandas de garantía (2 veces la desviación típica).

Una vez procesados los datos, el programa abre una pantalla en la que se representan las gráficas de las estaciones dos a dos y se da la opción de restituir las series, para lo cual se dispone de la capacidad de elección de la estación a restituir y de la estación base a partir de la cual se va a completar la anterior.

En el proceso de restitución la estación base no se modifica, únicamente sus valores son utilizados para completar los huecos de la otra. Hay que recordar que los huecos o

Restituir Estacion	
Estacion Base	C:\vidobas\Est1\ven.dat
Estacion a Restituir	C:\vidobas\Est2\ven.dat
Estacion Restituída	C:\vidobas\Est2\ven.res
<input type="button" value="Restituir"/> <input type="button" value="Salir"/>	

valores inexistentes de una estación van representados por el valor -1. Estos valores son los que serán restituidos en función de los correspondientes en la estación base.

PROGRAMA FUNDIST

Este programa ajusta a una serie de pluviometrías anuales las leyes de distribución Lognormal, Goodrich o Gumbel, según la más conveniente de acuerdo a los datos de que se disponga. Así pues habrá las tres opciones dentro del programa principal, cada una de las cuales desarrolla un algoritmo diferente:

Con la opción de cargar serie se llama al fichero con los datos anuales de la estación pluviométrica cuyos valores se quieren ajustar.

Automáticamente se rellenan los campos referentes a primer año de la serie y el número de años que contempla. Hay que especificar el primero y el número de ellos a ajustar, así como el nombre del fichero de salida de resultados.

En el caso de que el ajuste se realice por Gumbel, habrá que especificar los periodos de retorno.

Al fijar los periodos de retorno que se consideren más interesantes, se obtendrán las probabilidades de que se produzcan los mismos.

Cualquiera de los tres métodos de ajuste dará lugar a su correspondiente gráfica Probabilidad – Precipitación.

Año	Pluviometría
1981	1155.1
1982	1355.8
1983	1552.7
1984	1766.8
1985	1769.3
1986	1805.5
1987	1347.9
1988	1175.3
1989	707.6
1990	1215.5

PROGRAMA TIPO

El programa define los años tipo secos, medios y húmedos, dando los valores mensuales de precipitación u otro parámetro climático característico de cada uno de ellos. Este programa utiliza los valores de la función de distribución obtenida con el programa FUNDIST para fijar el límite inferior y el límite superior y a partir de estos, definir los años secos, medios o húmedos.

El año tipo seco será resultado de la media de todos los secos (precipitaciones inferiores al límite inferior fijado); el tipo húmedo será resultado de la

media de todos los húmedos (precipitaciones superiores al límite superior fijado) y el año tipo medio será resultado de la media de todos los años de la serie considerada.

Tras la ejecución del programa se obtienen dos ficheros de salida. El primero de ellos será el de resultados con los datos mensuales para cada uno de los años tipo y el segundo será un fichero, con los mismos datos, preparado para realizar con el programa ETP el balance hídrico de años tipo.

Estación		Nº Años	Límite Inferior	Límite Superior
Estación 1	Andros (El Bar)		40	100
Estación 2				
Estación 3				
Estación 4				
Estación 5				
Estación 6				
Estación 7				
Estación 8				
Estación 9				

PROGRAMA ETP

Permite el cálculo de la evapotranspiración potencial, el balance de agua en el suelo y la evapotranspiración real. El programa está compuesto por cuatro módulos:

Modulo THORWAIT

Realiza el cálculo de la evapotranspiración potencial mensual, en función de las temperaturas medias mensuales y la latitud según el método de Thorntwaite.

Modulo ETPBLANE

Realiza el cálculo de la evapotranspiración potencial por el método de Blaney-Criddle, a partir de las temperaturas medias mensuales, la latitud, los cultivos y la zona climática.

En ambos casos la latitud deberá estar comprendida entre los 27° y los 44° de latitud.

Así mismo, los dos módulos generan, además del fichero de resultados con las ETP mensuales y sus correspondientes gráficas, un fichero con los mismos valores de ETP de entrada al módulo BALANCE para poder realizar el balance de agua en el suelo

Modulo TURCOUTA

Realiza el cálculo de la evapotranspiración real anual en función de la temperatura y la pluviometría según las fórmulas de Turc y Coutagne. Los datos utilizados tendrán carácter anual.



AÑO: 1991 ETP ANUAL: 1356,9

Modulo BALANCE

Realiza el cálculo del balance de agua en el suelo para diversas hipótesis de reserva de agua utilizable por las plantas. Como datos de entrada utiliza los datos de ETP mensual, obtenidos bien por el método de Thorwait o por el de Blaney-Criddle y la pluviometría mensual en el caso de que se realice para una serie de años. Si el balance se realiza para años tipo, como fichero de pluviometrías se utilizará el generado por el programa TIPO.

ORIGEN DE LOS DATOS

La presente versión del HIDROBAS es la 3.0 y está basada en las anteriores versiones del mismo (1.0 y 2.0), desarrolladas en los convenios de investigación entre el Instituto Geológico y Minero de España y la E.T.S. de Ingenieros de Minas de la U.P.M. Algunos de los participantes en las anteriores versiones fueron: J. L. Francés, A. Arenillas, A. Castrillo, F. J. Elorza, L. Garrido, E. Izaguirre, R. Medina, M. P. Pérez, J. C. del Río, A. Martín Roldán, A. Iglesias López. M. Hervás Maldonado, J. Arjona García-Borreguero.

BIBLIOGRAFÍA

- Custodio, E. / Llamas, M. R. (1983). Hidrología Subterránea. Volumen I y II. Editorial Omega, S.A., Barcelona.
- Heras, R. (1976). Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos.
- Francés, J. L. (1983). Proyecto para el desarrollo de métodos numéricos aplicados a la hidrogeología. Tomos I y II. Instituto Geológico y Minero de España.
- Varios autores (1990). Paquete de Apoyo Informático a la Hidrogeología. Tomos I y II. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Iglesias, A. (1988). Diseño, logro y objetivos de un paquete de programas de Apoyo Informático a la Hidrogeología. VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. 16-22 Octubre de 1988.