

DETERMINACION DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO SOBRE LA BASE DE LOS GASTOS MINIMOS

DR. HUBERT KRÍŽ

RESUMEN

En el trabajo se describen los métodos que se utilizan en Checoslovaquia y en algunos otros países europeos para calcular la magnitud del escurrimiento medio del agua subterránea. Se trata del modo de la determinación del escurrimiento subterráneo (básico) del agua de la cuenca sobre la base de los gastos mensuales mínimos de una serie por lo menos de 10 años (método de K. Kille), de acuerdo a los gastos mensuales medios inferiores o del valor medio calculado de los gastos diarios medios durante 30 días siguientes, uno tras otro, con los gastos inferiores en el año (método de G. Castany), también en el período de 10 años. Además, se trata de los métodos que han aplicado para la determinación del escurrimiento medio del agua subterránea en las cuencas de algunos ríos en las provincias orientales de Cuba.

INTRODUCCION:

Un componente importante del escurrimiento total del agua de la cuenca es el escurrimiento del agua subterránea que se califica también como el escurrimiento básico. Se trata de la salida de las aguas subterráneas desde los estratos acuíferos de las rocas, eventualmente desde el suelo, y su entrada en las corrientes de agua y embalses. En este proceso de escurrimiento participa parte de las aguas en la alimentación de los ríos y así en la circulación del agua en la región. La entrada de las aguas subterráneas en las corrientes y embalses se produce ya sea en forma de manantiales, o con mayor frecuencia por afluencia de estas aguas directamente a los cauces de las corrientes de agua o a los embalses naturales o artificiales.

El requisito básico para la afluencia de las aguas subterráneas desde el medio de rocas acuíferas a las corrientes o a los embalses es la existencia del contacto hidráulico entre dichas formaciones de agua.

El escurrimiento total del agua desde la cuenca respecto a un perfil fijado de la corriente está conformado por los siguientes componentes naturales:

1. El escurrimiento superficial, es decir, la parte del agua que escurre sobre la superficie terrestre;
2. el escurrimiento hipodérmico que es el agua que escurre en el estrato del suelo o de las rocas yacentes inmediatamente debajo de la superficie terrestre, sin alcanzar el nivel del agua subterránea;

3. el escurrimiento básico, lo que es la afluencia del agua subterránea desde los estratos acuíferos de las rocas y del suelo a las corrientes de agua y embalses.

Generalmente se distinguen sólo componentes básicos del escurrimiento total del agua, es decir, el escurrimiento directo que abarca tanto el escurrimiento superficial como el hipodérmico y, también, el escurrimiento básico. Es así que el discernimiento de dos componentes independientes: el escurrimiento superficial y el hipodérmico, es por regla general bastante difícil.

La participación de los componentes individuales en el escurrimiento total es muy variable, tanto desde el punto de vista del espacio, como del tiempo.

Esto se debe a que el escurrimiento del agua está sometido a la influencia de diferentes factores. Además de las propiedades de los recursos de los cuales proviene el agua que escurre, son decisivas también las condiciones en las cuales se desarrolla el proceso de escurrimiento. Aquí se hacen valer tanto las influencias de las circunstancias naturales relativamente poco variables, por ejemplo, la estructura geológica, el relieve de la superficie terrestre y la cobertura de suelo, como la situación cambiante climática, de la vegetación, etc. En creciente medida se impone la influencia de la actividad humana, sobre todo, sus intervenciones en el estado de suelo y de vegetación y, la construcción de las explotaciones hidráulicas en las corrientes. La magnitud del escurrimiento básico del agua puede fijarse de formas diferentes.

Uno de los métodos más utilizados es la descomposición de los hidrogramas, es decir, la división de la

línea cronológica de los gastos en los componentes básicos mencionados. Los métodos basados en el principio de una descomposición simple del hidrograma o, por el contrario, una separación relativamente complicada del escurrimiento básico en atención al contacto hidráulico entre el agua superficial y el agua subterránea de cuenca, presentan deficiencias que pueden causar una determinación inexacta de la magnitud del escurrimiento subterráneo. Por esta razón, se han buscado otras formas para detectar el escurrimiento básico, cuyos resultados no sean afectados tanto por el factor subjetivo, como al descomponer el hidrograma. Uno de ellos es método de la determinación del escurrimiento subterráneo sobre la base de los gastos mínimos del agua en las corrientes, el que ya se utiliza comúnmente en algunos países europeos. Este método se implantó

también al componer el mapa del escurrimiento subterráneo en el territorio de la Europa Central y Oriental (Daňková et al, 1977).

PRINCIPIOS DEL METODO DE LA DETERMINACION DEL ESCURRIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA SOBRE LA BASE DE LOS GASTOS MINIMOS

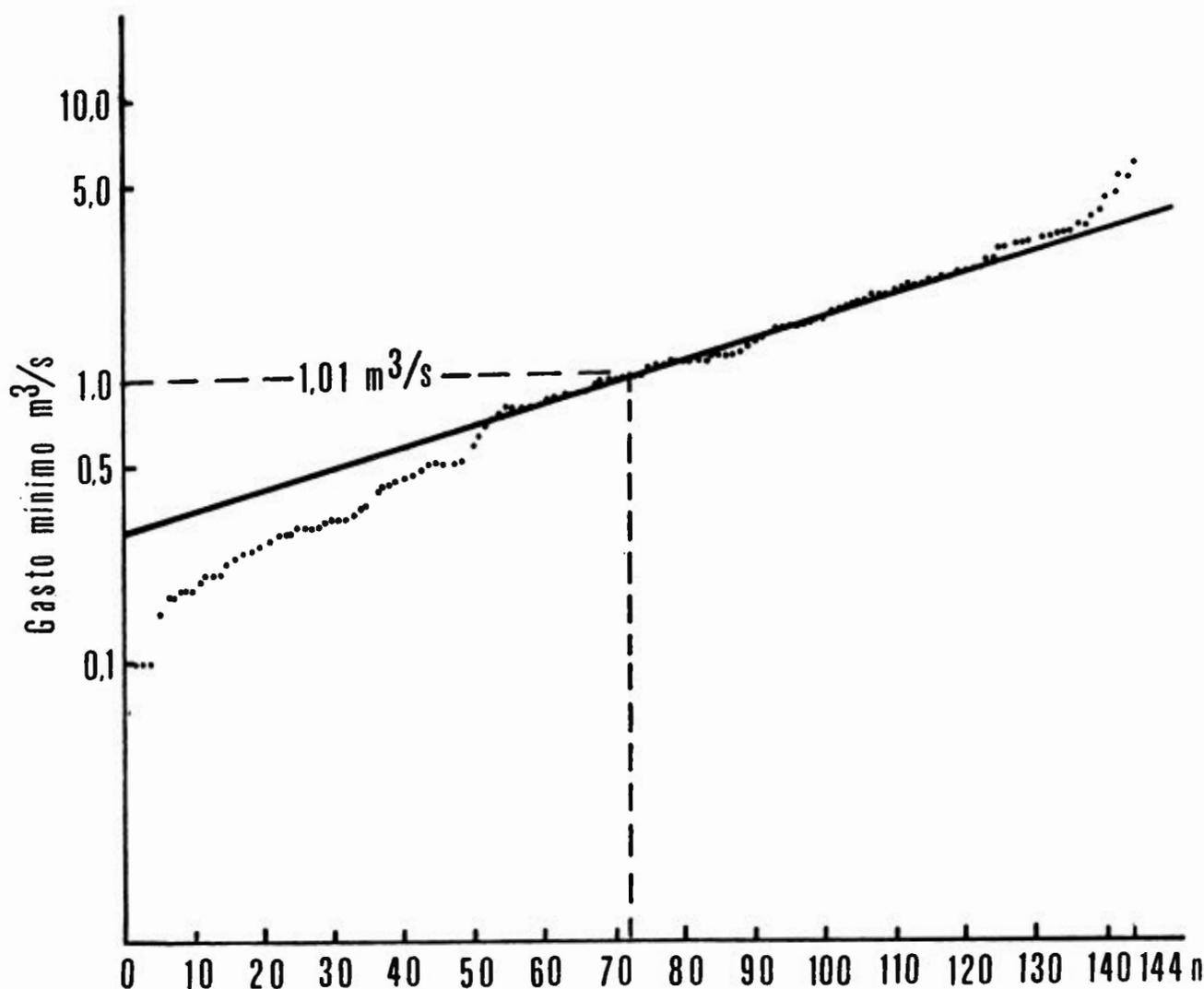
A diferencia del método de la descomposición del hidrograma en los componentes superficial y subterráneo del escurrimiento total, la determinación del escurrimiento básico (subterráneo) del agua sobre la base de los gastos mínimos en las corrientes, representa un método más simple, que parte de la hipótesis de que durante el período de la existencia de los gastos reducidos, las

corrientes de agua son alimentadas principalmente sólo por aguas subterráneas.

Existen dos procedimientos diferentes para determinar la magnitud del escurrimiento básico según los gastos mínimos en los ríos. El primero se funda en la determinación del escurrimiento del agua subterránea como la media aritmética de los gastos diarios medios durante 30 días continuos, uno tras otro, con los gastos inferiores durante el año. En vez de estos valores medios de gasto puede utilizarse el gasto mínimo mensual medio en el año. En ambos casos, sin embargo, hay que basarse —según los autores de este método (Castany, et al., 1970)— en los valores de gasto obtenidos en un período por lo menos de 10 años.

El otro modo propuesto por K. Kille (1970) difiere un tanto del pro-

1. Ejemplo de la determinación del escurrimiento medio del agua subterránea durante el período de 1964-1975 de la cuenca del río de Sagua de Tánamo hasta la estación El Infierno por el método de gastos mensuales mínimos.



VALORES MEDIOS DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO PARA ALGUNAS CUENCAS DE LOS RIOS EN LAS PROVINCIAS ORIENTALES

Río	Estación hidrométrica	Periodo	Esgurrimiento subterraneo			
			Resultados por método K. Kille		Resultados por método G. Castany	
			m ³ /s	l/s • km ²	m ³ /s	l/s • km ²
Cauto	Las Coloradas	1969-1975	0,140	2,19	0,167	2,61
Cauto	Salto Travesía	1966-1975	0,820	0,36	0,718	0,32
Camazán	Limoncito	1964-1975	0,050	0,93	0,026	0,48
Cauto	Cauto-Cristo	1967-1975	1,358	0,29	3,103	0,66
Cautillo	La Fuente	1964-1975	0,250	2,72	0,242	2,63
Bayamo	La Bayamesa	1965-1975	0,750	1,39	1,440	2,67
La Rioja	Los Moscones	1964-1975	0,060	0,33	0,036	0,20
Salado	San Carlos	1965-1975	0,435	0,20	0,238	0,11
Aguas Blancas	Limones	1964-1975	0,051	0,41	0,035	0,28
Buey	San Miguel	1964-1975	0,490	6,71	0,488	6,68
Jibacoa	Praga	1968-1975	0,280	6,66	0,350	8,33
Baconao	Trucucú	1964-1975	0,200	1,20	0,158	0,95
Guantánamo	Santa Soffa	1964-1975	0,410	0,82	0,185	0,37
Jaibo	Marianal	1966-1975	0,210	1,29	0,100	0,61
Guaso	Los Caguairanes	1967-1975	0,110	1,73	0,138	2,17
Bano	Santa Rosa	1966-1975	0,330	2,56	0,291	2,25
Yateras	Palenquito	1964-1975	0,460	3,19	0,486	3,88
Yateras	Yaraquana	1964-1975	1,420	2,97	1,340	2,80
Toa	El Toro II	1964-1975	1,830	5,61	1,860	5,70
Jaquaní	A. Prieto	1966-1975	2,900	14,99	3,03	15,66
Toa	El Aguacate	1965-1975	10,350	13,73	10,280	13,63
Moa	El Cañón II	1969-1975	2,740	15,54	2,650	15,03
Sagua de Tánamo	El Infierno	1964-1975	1,010	3,22	0,686	2,18
Mayarí	Emejagua	1964-1975	3,050	2,88	1,473	1,39
Gibara	El Jobo	1964-1975	0,090	1,08	0,054	0,65
Chaparra	El Roble	1964-1975	0,408	1,01	0,263	0,66

cedimiento anteriormente explicado. La diferencia estriba, en que la magnitud del escurrimiento del agua subterránea se determina sobre la base de los gastos mínimos en los meses individuales de todo el período seleccionado, calificando por eso este método como el de los gastos mensuales mínimos. En forma análoga con el primer caso, hay que usar los valores de gasto por lo menos de un período de diez años. Los gastos mensuales mínimos se disponen en el orden ascendente y se marcan en la red rectangular de las ordenadas. La serie de los puntos obtenida se interpola por una recta. Es ventajosa la representación en la red semilogarítmica en la cual se hace más fácil alinear por una recta la serie de puntos obtenida, sobre todo, en su parte central que es la más importante desde el punto de vista de la determinación de la magnitud del escurrimiento medio del agua subterránea (fig. 1). La ordenada central de la recta determina el escurrimiento medio del agua de la cuenca para el período seleccionado. El escurrimiento básico del agua puede determinarse también aritméticamente, calculando la mediana que se define generalmente como el valor del elemento central del conjunto estadístico ordenado según su magnitud, y corresponde al valor medio del escurrimiento del agua subterránea.

DETERMINACION DEL ESCURRIMIENTO MEDIO DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS CUENCAS DE ALGUNOS RIOS EN LA PARTE ORIENTAL DE CUBA SOBRE LA BASE DE LOS GASTOS MINIMOS

Aplicando el método de los gastos mensuales mínimos (método de K. Kille) y de los gastos mensuales medios inferiores (método de G. Castany), se determinó la magnitud del escurrimiento medio del agua subterránea en las cuencas de algunos ríos en las provincias orientales de Cuba. Se trata de una de las características hidrológicas que se van a incluir en el Mapa Carsológico de Cuba a escala de 1:250 000 que se está elaborando actualmente en el marco de la cooperación de las Academias de Ciencias de Cuba y Checoslovaquia, respectivamente.

Sirve de ejemplo el gráfico de la determinación de la magnitud del escurrimiento medio del agua subterránea aplicando el método de los gastos mensuales mínimos, según el diagrama de la fig. 1. En el mismo están reflejados los gastos mensuales mínimos de la estación hidrométrica El Infierno, en el río de Sagua de Tánamo, durante los años 1964-1975, ordenados según su magnitud.

En este diagrama (fig. 1) puede leerse la magnitud del escurrimiento subterráneo medio de la cuenca, del río de Sagua de Tánamo igual a 1,01 m³/s, lo que es el valor correspondiente a la ordenada central de la recta.

Del mismo modo de procesamiento utilizado en la estación El Infierno, se comprobaron los valores medios del escurrimiento básico en otras estaciones hidrométricas en las corrientes de la parte oriental de Cuba y que están reflejados en la tabla 1. Los valores resultantes del escurrimiento subterráneo de las estaciones con series de observación más cortas han sido convertidos al período único 1964-1975, pudiendo comparar aproximadamente los valores medios mencionados.

En la tabla 1 se ve que el escurrimiento medio del agua subterránea calculado de los gastos mensuales mínimos (método de K. Kille) para la cuenca de los ríos seleccionados difiere mayormente de los valores que habían sido fijados como la media aritmética de los gastos mensuales medios inferiores (método de G. Castany) para el mínimo período. En la mayoría de los casos, los valores medios del escurrimiento básico determinados por el primer

modo son superiores al escurrimiento subterráneo fijado por el otro método. Las diferencias se encuentran principalmente dentro de los límites aceptables; sin embargo, en algunos casos, por ejemplo, Cauto-Cauto Cristo, Bayamo-La Bayamesa, Guantánamo-Santa Sofía y Jabo Nariánal difiere el escurrimiento calculado por uno y otro método, en un 100 % y más. Es causa de estas diferencias, sobre todo, el hecho de que el llamado método rápido de la determinación de los gastos mensuales medios inferiores, se califica como evaluación aproximada, caracterizándose así por una menor precisión de los resultados obtenidos.

Además de eso, la precisión del cálculo del escurrimiento del agua subterránea por ambos métodos es afectada por la autenticidad de los datos básicos utilizados en ese cálculo, es decir, de los valores de gasto. Es importante también la precisión de la observación hidrológica, la selección de un perfil hidrométrico apropiado, etc.

CONCLUSIONES:

La determinación de la magnitud del escurrimiento del agua subterránea representa una tarea relativamente difícil. Uno de los modos más utilizados en la determinación del componente subterráneo del escurrimiento total del agua es el llamado método de la descomposición del hidrograma. Este método tiene, sin embargo, graves deficiencias que pueden causar una determinación incorrecta del escurrimiento del agua subterránea. La deficiencia más frecuente suele ser una influencia subjetiva ejercida sobre el trazado de la línea de división por la cual se divide el escurrimiento total en dos componentes básicos, es decir, el escurrimiento directo (superficial e hipodérmico) y el básico (subterráneo). Eso se debe a que existen diferentes posibilidades para trazar la línea de división en el hidrograma, sobre todo, en la parte que representa el transcurso de los gastos durante el caudal máximo del río.

Las insuficiencias mencionadas están excluidas del método que utiliza los gastos mínimos del agua en los ríos para la determinación de agua subterránea. Se trata de una determinación aproximada de la magnitud del escurrimiento del agua subterránea sobre la base de la media aritmética de los gastos diarios

medios durante 30 días siguientes, uno tras otro, con los gastos inferiores en el año, que se puede sustituir también por el gasto mensual medio inferior (G. Castany, et al, 1970). El escurrimiento medio del agua subterránea se calcula para un período de diez años como mínimo. El otro método se basa en la determinación del escurrimiento medio del agua subterránea partiendo de los gastos mínimos de todos los meses en un período de diez años como mínimo. El valor medio del escurrimiento se busca ya sea gráficamente, marcando los gastos mínimos en el orden ascendente en la red rectangular de ordenadas y leyendo de la recta interpolada el valor requerido del escurrimiento correspondiente a la ordenada central, lo que se calcula como mediana.

Por ambos métodos se ha determinado el escurrimiento del agua subterránea en las cuencas seleccionadas de los ríos de la parte oriental de Cuba. En la tabla 1 se encuentran los valores resultantes del escurrimiento subterráneo (básico) medio durante el período de 1964-1975, o convertidos a este período.

BIBLIOGRAFIA

- 1— Daňková H., Hanzel V., Krčžek M., Krásny J., Matuška M., Škvarka L., Šuba J.: *Ground-water run-off in Czechoslovakia*. Journal of Hydrological Sciences Vol. 4, No. 2, pp. 103-116. Warszawa, 1977.
- 2— Castany G., Margat J., Albinet M. Dellarozière-Bouillin O.: *Evaluation rapi de resources en eaux d' une région*. Acti, Convegno internazionale sulle acque sotterranee, pp. 462-482, Palermo, 1970.
- 3— Kille K.: *Das Verfahren MoMNO, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserab flüsse*. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Sonderheft Hydrogeologie - Hydrochemie, Hannover, 1970.