

ESTIMACIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO EFLUENTE DE LA CUENCA DEL RÍO MOTATÁN EN EL PUNTO DE CONTROL AGUA VIVA, ESTADO TRUJILLO

Assessment of the outgoing flow from the Motatan River watershed at Agua Viva Trujillo state, gauging station

Recibido: 22/09/09
Aprobado: 20/11/09

Jesús Mejías¹; Luis Mora; Roberto Duque; Hervé Jegat; Oswaldo Peña
Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial
Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes
Código Postal 5101 Mérida, Venezuela
e-mail ¹: jmejias@ula.ve

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estimar el flujo subterráneo efluente de la cuenca del río Motatán, justo a la entrada del embalse “Agua Viva”, lugar donde se miden periódicamente evaporación y la escorrentía superficial que entra al mencionado embalse. Estimación que resulta de gran relevancia debido a que es el flujo más importante en cantidad que podría estar alimentando el acuífero de la zona baja del estado Trujillo, sector donde se desarrollan grandes superficies con sistemas de producción agrícola vegetal y animal, así como agroindustriales y en los últimos años el desarrollo petrolero ubicado en el Distrito Tomoporo; todos con el uso del recurso hídrico subterráneo. El flujo subterráneo efluente de la cuenca del río Motatán, a la entrada del embalse “Agua Viva”, se ha determinado a través de la calibración del programa SIHIM, creado por Duque (1991), para un período de calibración de 16 años (1955-1970), con registros de dieciocho estaciones climatológicas medidoras de precipitación y una de evaporación, se determinó que es de 1562,91 Mm^3 , que equivale a 3,08 m^3/s , con una diferencia entre escorrentía observada y simulada del 0,22 % y un coeficiente de correlación lineal de 0,94. La simulación de la escorrentía se hizo para un período de 26 años (1971-1996), obteniéndose un flujo subterráneo efluente promedio de 3,31 m^3/s .

Palabras clave: estimación, flujo subterráneo, cuenca, modelo mensual

Abstract

The aim of the present work is to assess the outgoing groundwater flow in the Motatan River watershed, at the entrance of the Agua Viva reservoir where precipitation, evaporation and discharge are periodically measured. This groundwater flow is the main recharge of the lowlands aquifer of the Trujillo state, where large areas are being developed for agricultural production. During the last years, the development of the oil industry in the Tomopoa district has been also based on groundwater resources. This outgoing groundwater flow is assessed through the use of the SIHIM simulation program at monthly scale, developed by R.

Duque in 1991. The model has been calibrated with data of 18 rainfall and 1 discharge gauging station for a 16 years period (1957-1970). During the calibration process, the correlation coefficient was 0,94 with a difference of 0,22 % between observed and computed flow. For the simulation period of 26 years (1971-1996), the mean outgoing groundwater flow was 3,31 m^3/s .

Key words: Estimation, Groundwater flow, Watershed, Simulation model

Introducción

El concepto de continuidad requiere de la existencia del balance entre la cantidad total de agua que entra en la cuenca y la que sale de la misma. Custodio y Llamas (1976) expresan la relación del balance hídrico de la siguiente manera: Entradas = Salidas \pm Variación del almacenamiento.

El acuífero que alimenta la cuenca del río Motatán, cuenca en estudio, es de tipo confinado; por tanto, dentro de los aportes, el más importante lo constituye el porcentaje de agua, proveniente de las aguas que escurren y que al infiltrarse, recarga el acuífero como flujo subterráneo afluente al mismo.

Debido a la escasez de información sobre el recurso agua en la cuenca, ha sido necesario recurrir al uso de modelos de simulación paramétricos, que permitan generar el caudal que a través del subsuelo recarga al acuífero, partiendo de datos históricos de precipitación y evaporación. En estos modelos el sistema hidrológico está representado por una serie de formulaciones matemáticas que describen la respuesta del sistema a los datos de entrada (precipitación y evaporación) obteniéndose como resultado la cantidad de flujo buscado para un determinado período. Estos modelos

pueden considerarse del tipo causa-efecto. (Rodríguez, 1986)

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca del río Motatán se encuentra ubicada en la parte occidental de Venezuela, formando parte de la Cordillera Andina Venezolana. Geográficamente, se ubica entre los 08° 48' 5" y 10° 03' 21" de latitud norte y entre los 70° 05' 00" y 70° 52' 45" de longitud oeste. Políticamente, forma parte de los municipios: Urdaneta, Trujillo, Carache, Valera, Motatán, Escuque, La Ceiba, Sucre, Bolívar; parte de los municipios: Rafael Rangel, Miranda, Andrés Bello y Monte Carmelo del estado Trujillo y Miranda del estado Mérida.

La superficie total es de aproximadamente 5919 km^2 . Tiene una topografía muy variable con elevaciones que van desde los 3900 $msnm$ en la estación Páramo de Mucuchies hasta los 0 $msnm$ en la desembocadura del río en el Lago de Maracaibo.

Para los fines de este estudio, que consiste en estimar el flujo subterráneo efluente de la cuenca de río Motatán, a través de la calibración del Modelo de Simulación Hidrológica a escala Mensual (SIHIM), elaborado

por Duque y Barrios en 1985 y corregido por Duque en 1991; y hacer la simulación del flujo con el modelo calibrado; la cuenca se dividió en dos subcuencas: La superior, aguas arriba del Embalse, drenando un área de 4454 km^2 , la cual cuenta con registros de escorrentía en la antigua estación hidrométrica de Agua Viva, conformada en más de un 80 % por sistemas de relieve montañoso de gran desarrollo vertical y topografía quebrada. Sus principales afluentes son el río Momboy y quebrada Seca por su margen izquierda; quebradas de Dury y Cuevas, ríos Jiménez, Monaicito, Carache, Botey, Bonilla y Jirajara por su margen derecha. La inferior, aguas debajo de Embalse, con una extensión aproximada de 1462 km^2 , conocida como la planicie aluvial del río Motatán, en la cual este río se convierte en el principal drenaje del área.

METODOLOGÍA

Las etapas necesarias para cumplir con la calibración del modelo y la simulación del flujo de salida de la cuenca, para un determinado período de tiempo, el cual lo definen la consistencia de la información básica recabada, se detallan a continuación:

Recopilación de la información existente

Se recopiló toda la información básica sobre el área de estudio, referida especialmente a los aspectos cartografía, clima e hidrología de la cuenca.

La información recopilada se procesa en la secuencia siguiente:

- Delimitación de la cuenca del río Motatán en carta, a escala 1:100000.

- Ubicación de las estaciones medidoras de precipitación y evaporación.
- Ubicación de las estaciones hidrométricas.
- Verificación cualitativa de la presencia de períodos secos y lluviosos en los años de registro las estaciones medidoras de precipitación, evaporación y escorrentía que se usarán en el estudio para la calibración del modelo.
- Seleccionar las estaciones medidoras de precipitación, evaporación y escorrentía que se usarán en el estudio.
- Estimación de los registros faltantes y/o englobados.
- Selección de los períodos de registro para efectuar la calibración del modelo y simulación, respectivamente.
- Calibración del SIHIM.
- Simulación del flujo subterráneo efluente para el período considerado.

Delimitación de la cuenca del río Motatán

Durante la fase de recopilación de información básica se encontró un plano de la cuenca del río Motatán a escala 1:100000, el mismo se digitalizó en el laboratorio de computación del CIDIAT con el fin de facilitar los cálculos en el programa Surfer 8 y la delimitación de los planos de isoyetas y polígonos de Thiessen. En la Figura 1 se muestra la delimitación de la cuenca del río Motatán hasta el sitio donde se ubica la única estación hidrométrica con información confiable en la cuenca, conocido como Agua Viva, justo a la entrada del Embalse del mismo nombre.

Determinación de la precipitación media de la cuenca

En cuanto a la cantidad de estaciones con registros de precipitación y evaporación, en la base de datos del MARN ubicada en el CIDIAT, se encontraron una cantidad importante de estaciones meteorológicas con registros de precipitación ubicadas dentro y en los alrededores de la cuenca y una (1) con registros de evaporación. Con el objeto de aprovechar la máxima cantidad de información posible, en dicha selección se tomó en cuenta los siguientes factores: períodos de registro, cercanía entre una estación y otra, similitud de promedios anuales, cantidad de datos faltantes y englobados, vigencia de la estación. Una vez revisados y analizados los factores para cada una de las estaciones, se hizo una primera selección de estaciones de precipitación, quedando solamente treinta y siete (37) del total posible.

Destacando que la cantidad de estaciones mencionada posee un período importante de registro de datos, hecho que resulta de vital importancia para el éxito del estudio. La ubicación de las mismas se puede observar en la Figura 1, en la que se identifican por el serial que el MARN le asigna a cada estación.

La precipitación media de la cuenca se obtuvo promediando los valores obtenidos por los métodos de isoyetas y polígonos de Thiessen, los cuales se desarrollan a continuación:

- **Método de las Isoyetas**

Con los promedios anuales de precipitación de las estaciones seleccionadas y sus coordenadas UTM se procedió a elaborar el variograma experimental para analizar la estructura de la variable precipitación media anual registrada en las mismas. A éste se le ajustó un

variograma teórico de tipo Gaussiano, cuya meseta y alcance resultaron ser de 90000 y 13000, respectivamente. Partiendo del variograma teórico se procedió a elaborar el mapa de krigeado de isoyetas de la cuenca, cuyo archivo de trabajo en Surfer 8, resultó ser de 160465 líneas, dicho mapa se muestra en la Figura 2. La cuadrícula usada para su elaboración se define en la Tabla 1.

El mapa señalado en la Figura 2 fue blanqueado utilizando el mapa digital de la cuenca (Figura 1), quedando en definitiva las isoyetas de la cuenca como se muestran en la Figura 3, generada por un archivo de blanqueo en Surfer 8 de 72499 líneas.

- **Método de Polígonos de Thiessen**

Este método consiste en determinar el área de influencia de cada una de las estaciones en la cuenca, luego éstas se multiplican por la precipitación media anual que la misma registre, dividiéndose dicha sumatoria entre el área total de la cuenca (4454 km²).

Para elaborar los polígonos y calcular su área se utilizó el programa Surfer 8, utilizando la misma malla señalada en la Tabla 1. Esta Grid se blanqueó con la perimetral de la cuenca digitalizada, obteniéndose los mapas de polígonos de Thiessen que se muestran en las Figuras 4 (con los seriales de cada estación) y 5 (con la precipitación media de cada estación), respectivamente.

Selección de estaciones medidoras de precipitación, evaporación y escorrentía que se usaron en el estudio

Observando los registros disponibles de precipitación y evaporación de las estaciones meteorológicas, se comprobó la existencia de períodos secos y de lluvia, lo cual es muy importante en la

calibración del modelo. Por otro lado, al observar los polígonos de Thiessen presentados en las Figuras 4 y 5, se hace el primer descarte de estaciones, ya que solo treinta (30) tienen influencia sobre la cuenca. El paso siguiente fue evaluar el período de registro, tratando en aprovechar al máximo el número de estaciones influyentes en la cuenca, acorde con lo mencionado anteriormente, el número de años de registros y la cantidad de datos faltantes y englobados.

El programa a utilizar en la simulación del flujo subterráneo efluente (SIHIM) requiere en el proceso de calibración, además de los datos de evaporación y precipitación, el área de influencia de las estaciones meteorológicas; la misma se cálculo por el método Polígonos de Thiessen, siguiendo un procedimiento similar al explicado en el aparte anterior, cuyos resultados aparecen en la Tabla 2, expresados en porcentaje respecto al área total de la cuenca (4454 km^2) con un factor de ajuste de la precipitación (FACPRE) de 1,046. De la misma manera se obtuvo el de ajuste de la evaporación (FACEVA), obteniéndose un valor de 0,993.

Selección de los períodos de registro para efectuar la calibración y simulación del modelo

Una vez que se calcularon los datos faltantes por diferentes métodos y se desenglobaron los registros acumulados para las diferentes estaciones previamente seleccionadas, se procede a determinar el período de registro de datos, que sea suficiente y representativo de las condiciones climáticas presentes en la cuenca. Motivado a la importancia que tienen por su ubicación y área de influencia, las estaciones Pampán y Páramo Pico El Águila, 7,1 y 3,3 %,

respectivamente, se escoge como período de registro para los procesos de calibración y simulación del modelo, el que va desde el año 1955 hasta el año 1996, es decir cuarenta y dos (42) años; no se inicia en 1954, ya que la estación Páramo Pico El Águila solo tiene registros del último trimestre de dicho año.

Del mencionado período se tomó un subperíodo de dieciséis (16) años (1955-1970) para calibrar el modelo SIHIM, debido a que los registros de escorrentía en la estación hidrométrica Agua Viva van de 1942 a 1970 y esta es una variable esencial en la fase calibración; y el restante, de veintiséis (26) años (1971-1996) se uso para la simulación del flujo subterráneo efluente.

Con este período de registro (42 años) y el número de estaciones (18) se mejora en cantidad la información usada por Rodríguez (1986), cuando calibró dicho modelo en la misma cuenca, usando nueve (9) estaciones con registro de precipitación en un período de diez (10) años (1961-1970) para la calibración y un período común para la simulación de veinte (20) años (1961-1980), respectivamente.

Al observar la Tabla 2 se tiene que la estación Agua Viva posee registros de evaporación hasta el año 1983; los trece (13) años restantes, necesarios para el proceso de simulación, se tomaron de trazas sintéticas representativas de dicha variable, generadas por CIDIAT en el proyecto: Plan de Uso y Evaluación del Embalse Agua Viva, elaborado para el MARNR (1992).

Destacando que el SIHIM en su versión inicial, trabajaba con un máximo de diez (10) estaciones de precipitación, esto motivó a que se hicieran modificaciones al programa para que permitiera un mayor número de estaciones medidoras de dicho parámetro, creándose así la versión

CARORA2 del modelo de simulación hidrológica mensual.

Calibración del modelo

Para los fines de calibración del modelo se considera la porción de la cuenca situada aguas arriba de Agua Viva, tomando la estación hidrométrica de Agua Viva como punto de control. El proceso de calibración consiste en tratar de realizar el ajuste de la escorrentía generada por el modelo y la observada para el período considerado, combinando los parámetros que afectan el movimiento del agua durante las fases del ciclo hidrológico.

- **Entradas del modelo**

Estas son las que le proporcionan al modelo la información referente a las características físicas de la cuenca, de la distribución temporal y espacial tanto de la precipitación como de la evaporación, y el valor de los diferentes parámetros que se consideran en la formulación matemática del modelo

El modelo considera los parámetros mostrados en la Tabla 3, los cuales son ajustados durante el proceso de calibración, hasta lograr un buen ajuste entre los valores observados en campo de la escorrentía y los generados por el modelo.

- **Estimación inicial de los parámetros**

La estimación de los valores iniciales de los diferentes parámetros se realizó tomando en cuenta las recomendaciones y tablas presentadas en el manual del usuario del modelo corregido por Duque (1991); así como los valores finales obtenidos por Rodríguez cuando calibró el modelo en 1986. Estos valores corresponden a lineamientos generales que son una estimación

para la primera corrida del modelo, según los resultados que se obtengan en ésta, los mismos se varían hasta que se logren los resultados deseados. En la Tabla 4 se presentan los valores iniciales de los mencionados parámetros. Sumados a estos valores se introducen datos que representan la distribución espacial de las variables precipitación, evaporación y escorrentía para el período seleccionado (1955-1970). Se trabajó con una sola subcuenca, porque lo que interesa obtener es el flujo subterráneo efluente a la salida del punto de control en Agua Viva.

El archivo de entrada al modelo se preparó tomando en cuenta la opción de ejecución conocida autocalibración, ya que la misma facilita el proceso de calibración con una rutina que encuentra el valor óptimo del parámetro dentro de los intervalos que el usuario define al final del archivo. Evaluada la salida de la corrida, se evalúa el grado de correlación lineal o eficiencia de la estimación, de no satisfacer las expectativas, se cambian los valores de los parámetros de entrada y de los intervalos en los que se debe evaluar cada parámetro; así hasta obtener la solución deseada.

Simulación del flujo subterráneo efluente para el período considerado

Para efectuar la simulación de la recarga del acuífero se consideraron años comunes de precipitación y evaporación (período: 1971-1996).

- **Entradas al modelo**

Las entradas al modelo calibrado en la fase de simulación corresponden a los parámetros concernientes con el equilibrio hidrológico de la cuenca (ver Tabla 4), registros de lluvia y

evaporación de la cuenca, que permiten al modelo generar y reproducir registros de escorrentía, infiltración, entre otros, para la zona en estudio.

RESULTADOS

La precipitación media obtenida para la cuenca por el método de las isoyetas es de 1046,5 mm y por el método de Polígonos de Thiessen de 1026,4 mm. Una vez determinada dicha precipitación por ambos métodos, cuyo factor de ajuste es de 1,02, se tiene que la precipitación promedio en la cuenca del río Motatán es de 1036,5 mm.

Del análisis de consistencia mencionado para efectuar la selección de las estaciones medidoras de precipitación, evaporación y escorrentía que se usaron en el estudio, quedaron en definitiva dieciocho (18) estaciones con información confiable para la calibración y simulación del flujo subterráneo efluente de la porción de cuenca en estudio, las cuales se mencionan en la Tabla 2, con sus datos de ubicación geográfica, serial tipo y período de registro; su ubicación se puede observar en la Figura 1 con el serial de la misma. La única estación climatológica con registros de evaporación dentro y en los alrededores de la cuenca en estudio hasta la entrada del embalse "Agua Viva", así como donde se llevan registros de escorrentía, resultó ser la de Agua Viva.

La **calibración del modelo** se logro con los valores finales de los parámetros mostrados en la Tabla 4. Los demás resultados de la calibración se pueden resumir en lo siguiente:

Escorrentía total:

- Observada = 3772,97

mm

- Simulada = 3764,74

mm

Diferencia = 0,22 %

Coefficiente de

correlación lineal = 0,94

Flujo simulado total de la cuenca, período: 1955 – 1970:

- Percolación =

11706,11 millones de m^3 (Mm^3)

- Flujo subterráneo

efluente = 1562,91 millones de m^3 (Mm^3)

Analizando los resultados obtenidos de la calibración del modelo paramétrico de simulación hidrológica mensual, empleando registros mensuales de los parámetros precipitación, evaporación y escorrentía para el período señalado (1955-1970), se observa una diferencia porcentual muy baja (0,22 %) entre la escorrentía observada en campo y la simulada por el modelo, lo que se traduce en una muy buena correlación del mismo, es decir el modelo explica en un 94,3 % la escorrentía producida aguas arriba de Agua Viva por la cuenca del río Motatán. En cuanto al flujo subterráneo efluente, para el período completo es de 1562,911 Mm^3 , lo que significa un valor de recarga de 3,08 m^3/s , que representa el 8,2 % del promedio anual de escorrentía del río, el cual es de 38 m^3/s .

Los valores del flujo subterráneo efluente **simulados** a través del modelo calibrado, usando el programa SIHIM, para cada año durante el período comprendido entre 1971-1996, fueron promediados para este periodo de veintiséis años, resultando que el flujo promedio diario es de 286171,23 m^3/d , lo que equivale a 3,31 m^3/s .

CONCLUSIONES

- La precipitación promedio en la cuenca del río Motatán obtenida a partir del valor medio calculado por los métodos de isoyetas (1046,5 mm) y polígonos de Thiessen (1026,4 mm) es de 1036,5 mm.
- La recarga generada como flujo subterráneo efluente de la cuenca del río Motatán, a la entrada del embalse “Agua Viva”, determinada a través de la calibración del programa SIHIM, para un período de calibración de 16 años (1955-1970), con registros de 18 estaciones climatológicas medidoras de precipitación y 1 de evaporación, se determinó que es de 1562,91 Mm³, que equivale a 3,08 m³/s, con una diferencia entre escorrentía observada y simulada del 0,22 % y un coeficiente de correlación lineal de 0,94.
- La simulación de la escorrentía se hizo para un período de 26 años (1971-1996), obteniéndose un flujo subterráneo efluente promedio de la cuenca del río Motatán de 3,31 m³/s.
- El estudio efectuado permite afirmar que quién alimenta el acuífero de la zona baja del estado Trujillo es, en un altísimo porcentaje, el flujo subterráneo efluente de la cuenca del río Motatán, estimándose la misma en 286171,23 m³/d.
- La herramienta SIHIM fue importante en la estimación

flujo subterráneo efluente, por tanto es válido su uso para estudios de objetivos similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DUQUE R. Modelo de simulación hidrológica para la estimación de la escorrentía a nivel mensual. Serie: Hidrología (H6), CIDIAT-ULA. Mérida (Venezuela), 1991.
2. CUSTODIO E. y LLAMAS M. *Hidrología subterránea*. Ediciones Omega. S.A. Casanova. Barcelona (España), Pp. 220, 1976.
3. RODRÍGUEZ, R. Simulación del comportamiento del acuífero de la cuenca baja del río Motatán, bajo diferentes políticas de explotación. (MSc. Theses). CIDIAT-ULA, Mérida (Venezuela), Pp. 92, 1986.
4. MARN. Plan de uso y evaluación del embalse Agua Viva, estado Trujillo. Serie de Informes Técnicos-DGI /IT/450. CIDIAT, Mérida (Venezuela), Pp. 364 + anexos, 1992.

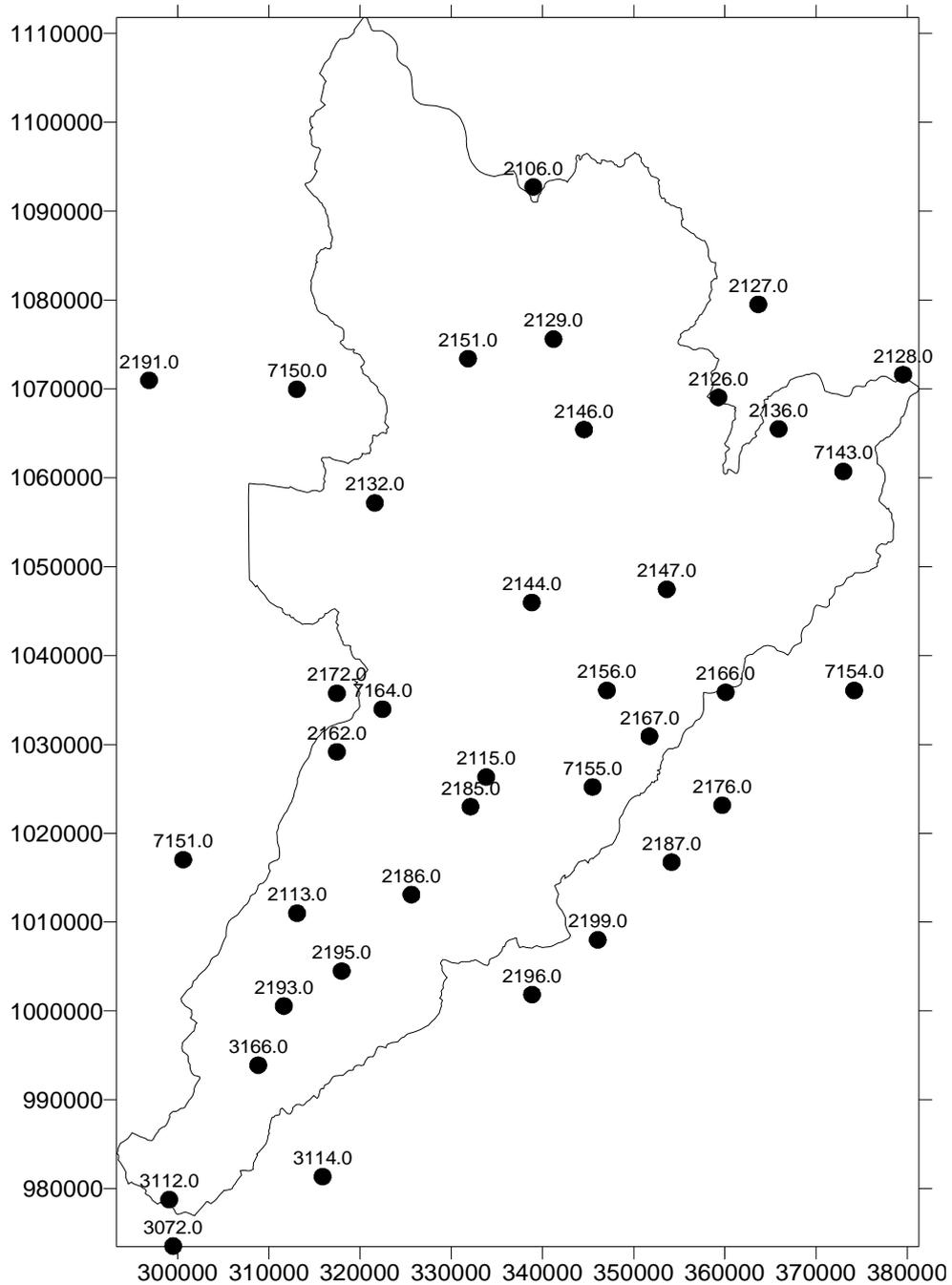


Figura 1. Delimitación de la cuenca del río Motatán hasta la entrada del embalse “Agua Viva” y ubicación de las estaciones climatológicas con registros de precipitación y evaporación

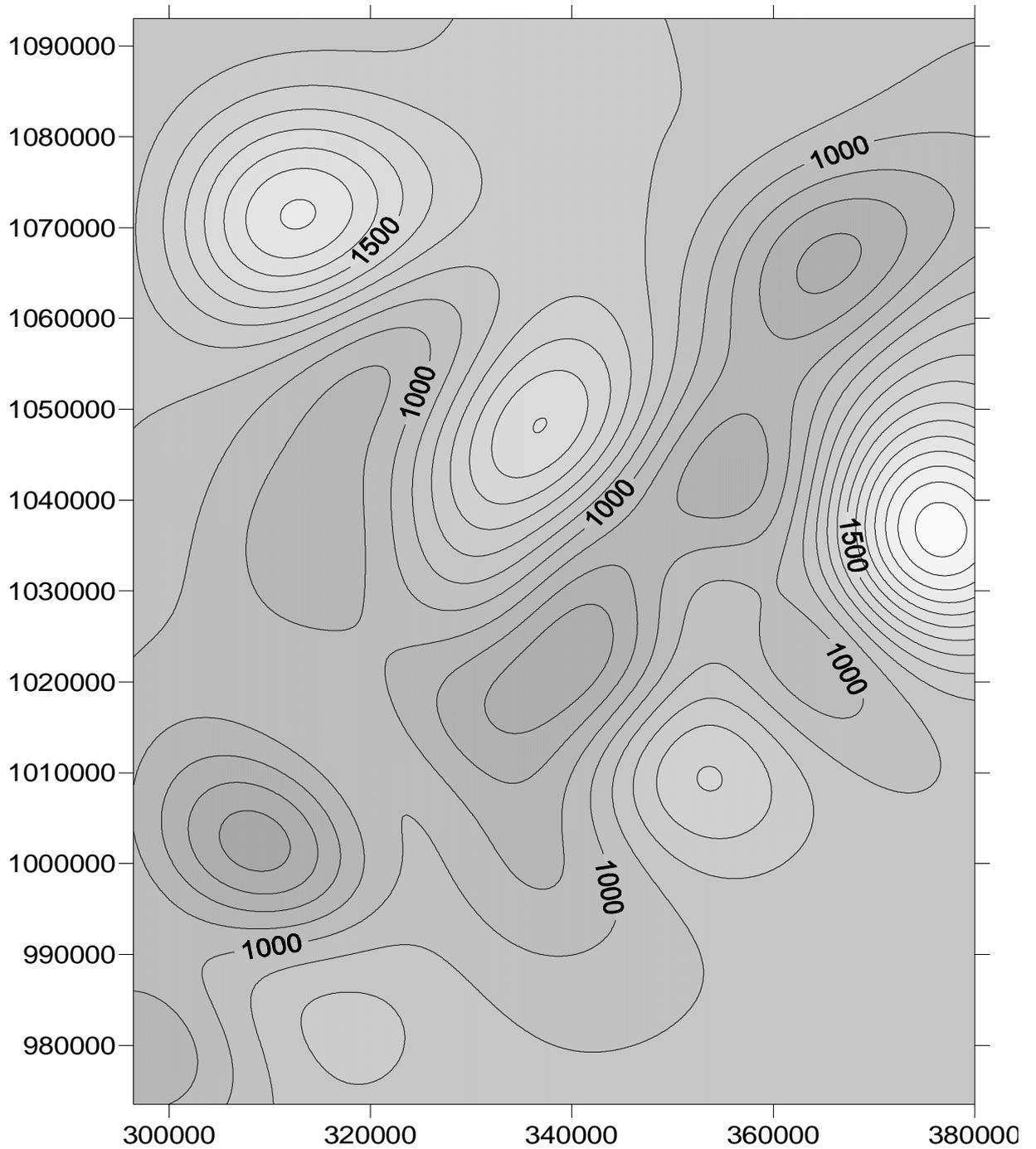


Figura 2. Mapa de kriging de las isoyetas

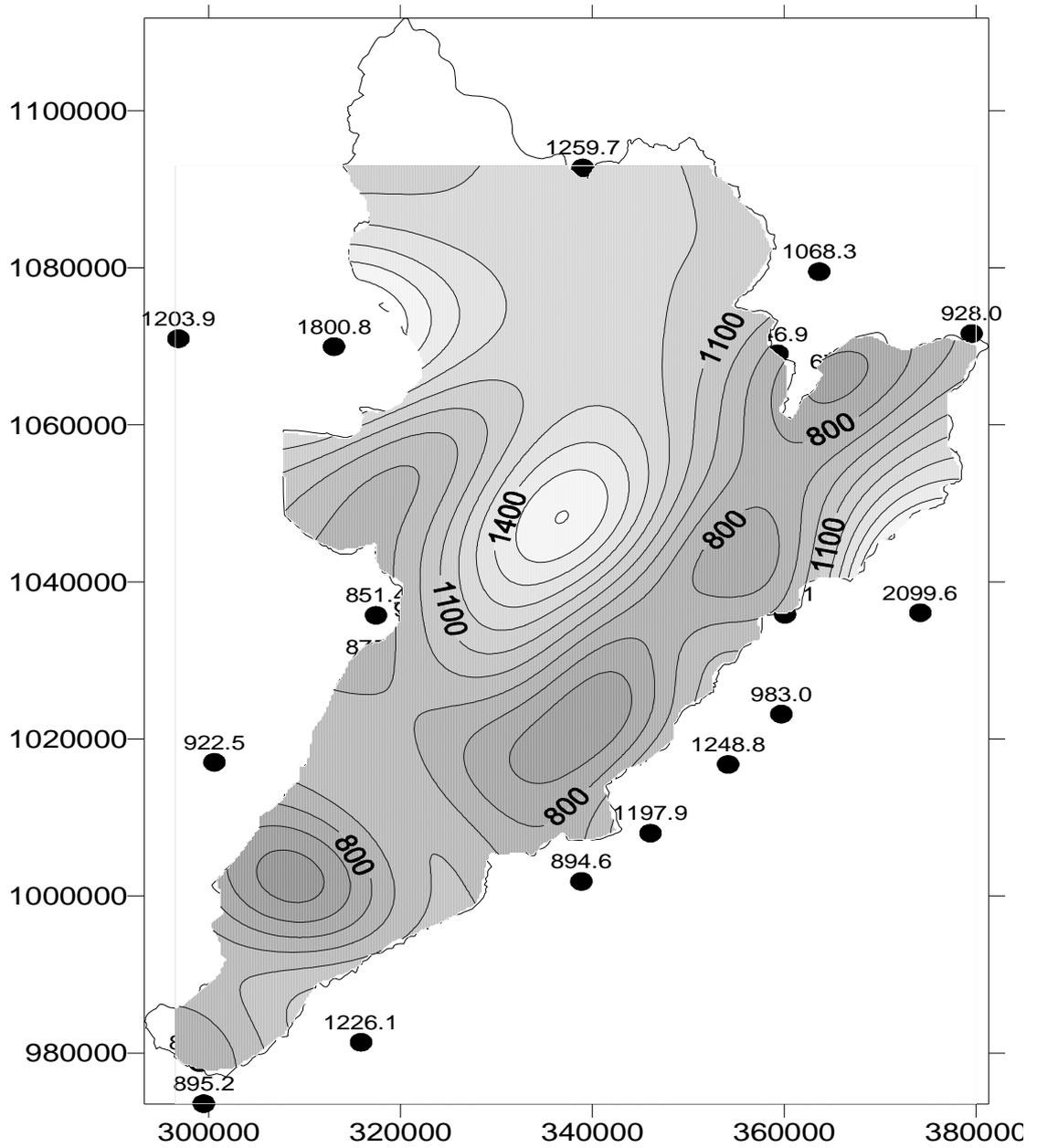


Figura 3. Mapa de isoyetas de la cuenca

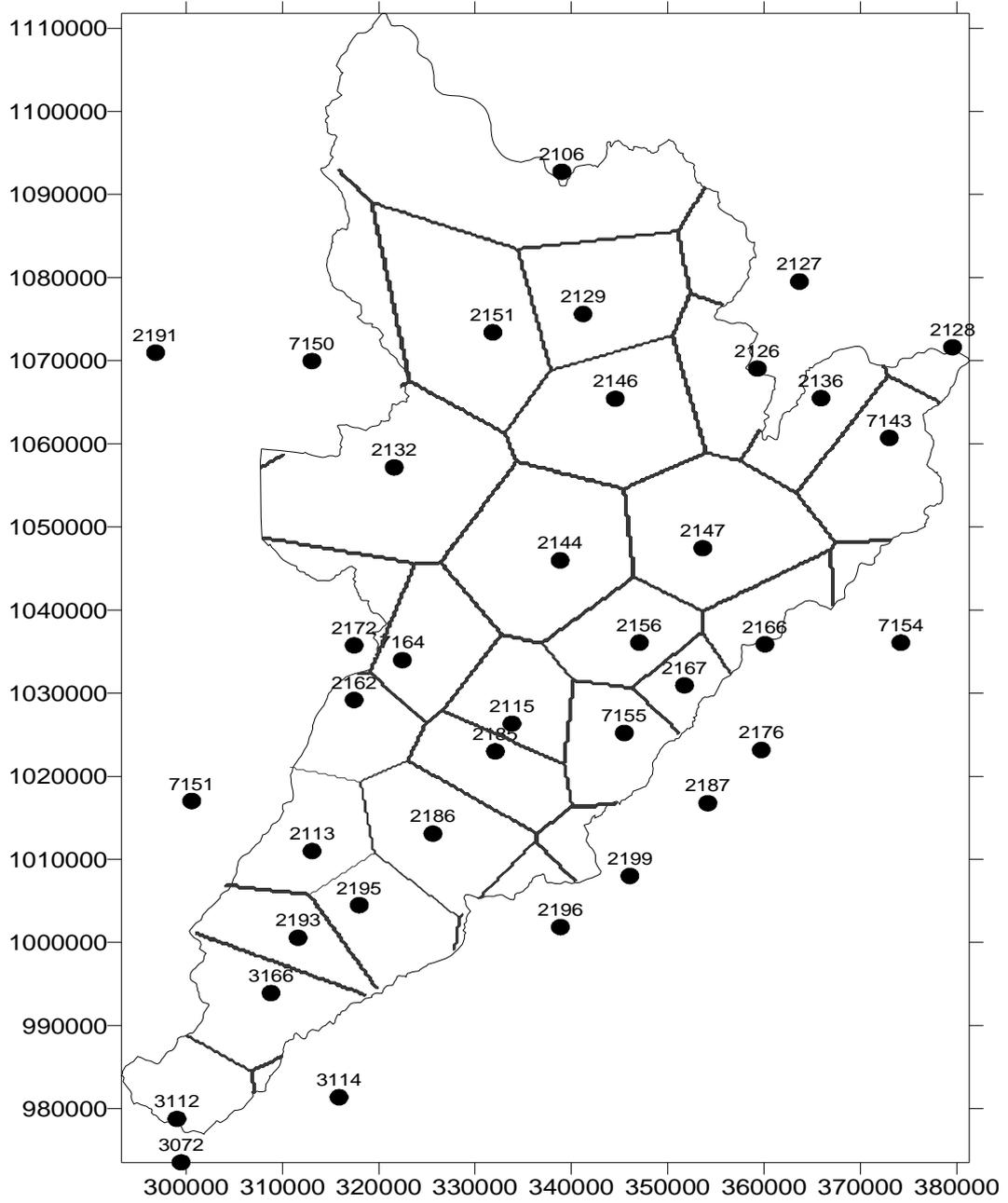


Figura 4. Polígonos de Thiessen con el serial de cada estación

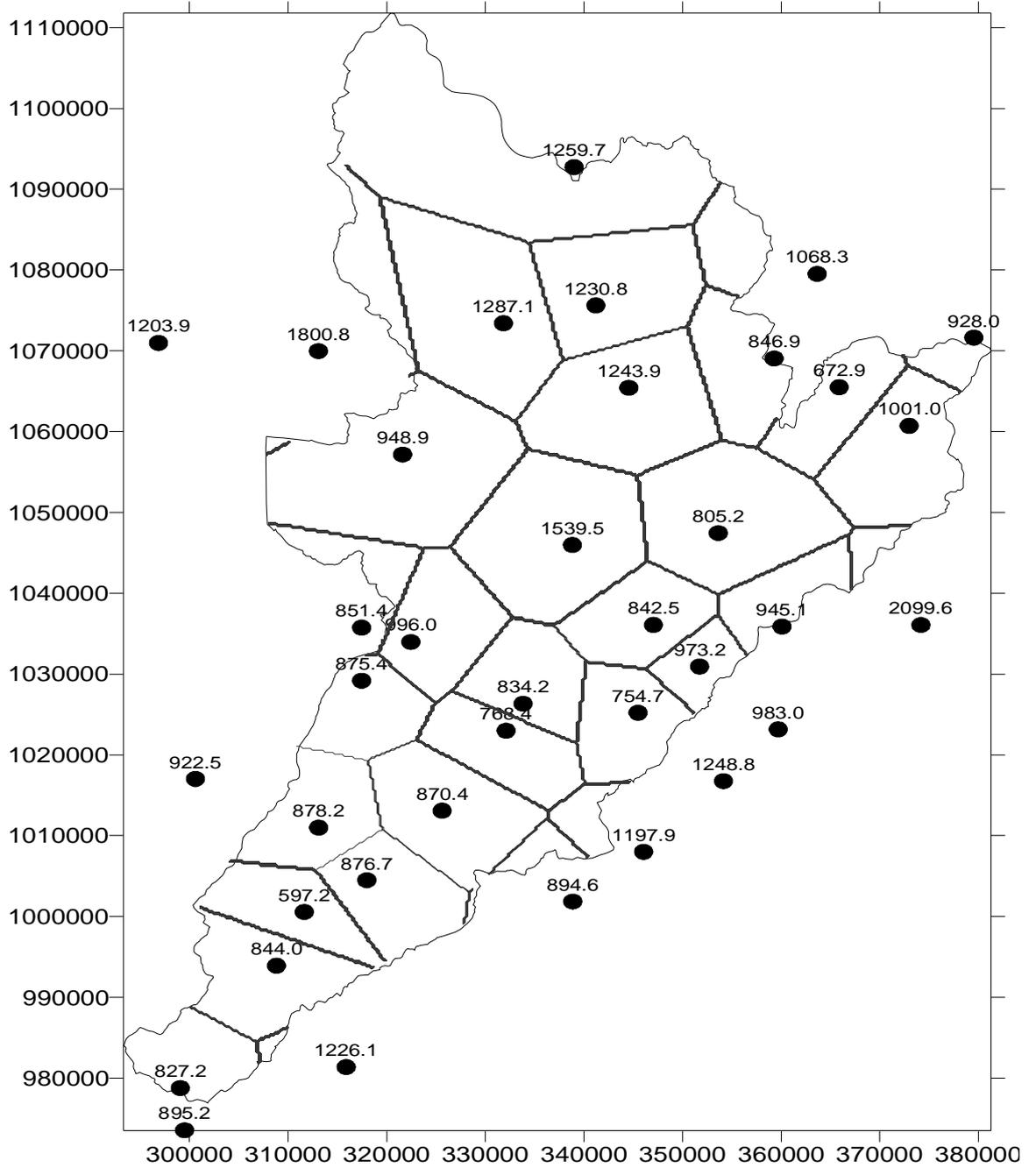


Figura 5. Polígonos de Thiessen con el valor de la precipitación media de cada estación

Tabla 1. Coordenadas UTM que definen los límites de la malla utilizada

Coordenada	Inferior	Superior	Nº de líneas	Espaciamiento (<i>m</i>)
Este	296500	380000	335	250
Norte	973500	1093000	479	250

Nº: número

m: metros

Tabla 2. Estaciones con registros de precipitación, evaporación y escorrentía que se utilizarán en la calibración y simulación de la recarga

Variable	Estación	Serial	Latitud (° ' ``)	Longitud (° ' ``)	Altitud (msnm)	Período (años)	Área de influencia (%)
P R E C I P I T A C I Ó N	El Jabón	2106	09 52 55	70 28 06	1499	42-96	12,3
	Valle Hondo	2126	09 40 07	70 16 57	800	42-96	3,6
	Puente Villegas	2127	09 45 48	70 14 35	621	42-96	2,2
	Agua Viva	2132	09 33 35	70 37 31	110	42-96	4,0
	Carache	2136	09 38 12	70 13 20	1157	42-96	7,1
	Pampán	2144	09 27 33	70 28 05	480	51-96	7,1
	Guamas de Monay	2146	09 38 07	70 25 00	272	42-96	6,9
	Santa Ana	2147	09 28 23	70 20 00	1601	46-96	7,4
	Sabana Grande	2151	09 42 25	70 31 58	200	42-96	10,0
	Trujillo-Liceo	2156	09 22 12	70 25 34	790	20-96	3,4
	Escuque	2162	09 18 23	70 39 43	1001	42-96	3,1
	Páramo Cristalina	La 2167	09 19 25	70 21 00	2070	42-96	3,4
	Las Cruces	2172	09 21 57	70 39 44	756	42-96	2,9
	Santiago de Trujillo	2185	09 15 04	70 31 42	1180	46-96	6,9
	La Quebrada	2186	09 09 41	70 35 13	1360	46-96	5,3
	La Mesa de Esnujaque	2193	09 02 51	70 42 29	1747	42-96	6,4
	Jajo	2195	09 05 00	70 39 22	1693	48-96	4,7
Páramo Pico Águila	El 3112	08 51 00	70 49 37	4126	54-96	3,3	
Evaporación	Agua Viva	2132	09 33 35	70 37 31	110	42-83	100,0
Escorrentía	Agua Viva	2132	09 33 35	70 37 31	110	42-70	100,0

(° ' ``): grados, minutos, segundos

mns: metros sobre el nivel del mar

%: porcentaje

Tabla 3. Algunos parámetros de entrada al modelo de simulación mensual

Parámetro	Descripción
CINF:	Capacidad de infiltración.
HSN:	Capacidad nominal de almacenamiento de humedad del suelo.
CT:	Factor para convertir la evaporación de tina a evapotranspiración potencial.
PQB:	Fracción del almacenamiento de agua subterránea que sale como flujo base.
PFSE:	Fracción del almacenamiento de agua subterránea que sale como flujo como subterráneo efluente.
PESC:	Fracción del almacenamiento en superficie que sale de la subcuenca, como escurrimiento, durante el mes.
AIHS:	Almacenamiento inicial de la humedad del suelo.
AIAS:	Almacenamiento inicial del agua subterránea.
AISUP:	Almacenamiento inicial en la superficie.
FSUPA:	Flujo superficial afluente.
FSUBA:	Flujo subterráneo afluente.

Tabla 4. Valores iniciales y finales de los parámetros del modelo

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor final
CINF	<i>mm</i>	50,0	133,75
HSN	<i>mm</i>	80,0	18,00
CT	-	0,34	0,43
PQB	-	0,10	0,06
PFSE	-	0,10	0,10
PESC	-	0,80	0,32
AIHS	<i>mm</i>	20,0	128,32
AIAS	<i>mm</i>	50,0	284,20
AISUP	<i>mm</i>	25,0	18,16
FSUPA	<i>mm</i>	0,0	0,0
FSUBA	<i>mm</i>	0,0	0,0

mm : milímetros

- : parámetro sin dimensión