

GB1072
C6

MODELACION DE LA RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUIFERO DE VALLE DE
SICARIGUA

Por
Leonardo A. Colmenarez L.

Bdigital.ula.ve

Tesis para Optar al Grado de Magister Scientiae en
Planificación y Desarrollo de Recursos Hidráulicos

S E R B I U L A
Tulio Febres Cordero

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL**
CIDIAT
Universidad de Los Andes (ULA)
Mérida, Venezuela
2001

DONACION

C.C.Reconocimiento

AGRADECIMIENTO

Al Doctor Hervé Jégat por su asesoría, sin ella no hubiese sido posible este trabajo. A los profesores Luis Mora y Luis Ramos, miembros del Comité, por su apoyo oportuno.

A la C.A. Central La Pastora, por la cooperación y apoyo en la información básica.

A la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado por haberme permitido culminar este trabajo.

A José Javier Rodríguez por su valiosa ayuda.

Y a todas las personas que de una manera directa o indirecta colaboraron para la culminación del presente trabajo.

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

INDICE

AGRADECIMIENTO	iii
LISTA TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
Capítulo	
I. INTRODUCCION	1
II. SOBRE EL AREA DE ESTUDIO.....	3
El Clima.....	4
Hidrografía.....	5
Recursos edafologicos.....	5
Geología.....	7
III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
Geoestadística.....	10
Funciones aleatorias.....	12
Ergocidad.....	17
Semivariogramas.....	18
Partes del semivariograma.....	20
Modelos de semivariogramas.....	23
Estimación de los semivariogramas.....	31
Recarga Artificial de Acuíferos	34
IV. EVALUACION DE LA INFORMACION.....	39
Recarga del acuífero.....	39
Descripción del modelo de simulación a nivel mensual.....	41
Calibración del modelo de simulación.....	43
Determinación de la recarga natural.....	43
Red de pozos.....	47
V. SIMULACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DE SICARIGUA.....	55
Definición de modelo de acuífero.....	55
Proceso de modelación.....	56
Información de entrada al modelo y calibración.....	57
VI. SIMULACION DEL ACUIFERO CONSIDERANDO RECARGA ARTIFICIAL.....	67
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Ríos con registros históricos de escorrentía considerados en la recarga.....	40
2	Cronocódigo de las estaciones de medición	40
3	Resultados de la calibración del modelo de simulación.....	43
4	Flujo subterráneo efluente.....	45
5	Percolación.....	46
6	Unidades utilizadas para calibrar y modelar	58
7	Parámetros utilizados para la Calibración	58

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ubicación relativa del área de estudio.....	4
2	Comportamiento de la permeabilidad como variable aleatoria.....	12
3	Parámetros el semivariograma.....	19
4	Tipos de comportamiento en el origen	22
5	Modelos de semivariograma.....	26
6	Variable con Semivariograma esférico.....	27
7	Variable con semivariograma exponencial.....	28
8	Variable con semivariograma gaussiano.....	30
9	Variable con semivariograma monómico.....	30
10	Sistema de recarga artificial	36
11	Sistema de infiltración a través de estanques y canales	36
12	Diagrama esquemático de un pozo de absorción	38
13	Delimitación de la cuenca del río Morere en puente Bolívar.....	41
14	Conceptualización del sistema hidrológico regional usado en el modelo.....	42
15	Estaciones de precipitación, evaporación y escurrimiento.....	44
16	Resultados del ajuste del variowin/model.....	48
17	Nivel estático año 1996.....	49
18	Nivel estático año 1998.....	50
19	Caudal específico año 1998	51
20	Trasmisividad año 1988.....	52
21	Ajuste (correlación) Caudal específico Vs. Trasmisividad	53

22	Conductividad (K)	53
23	Entrada de datos para pozos de bombeo.....	59
24	Entrada de datos para pozos de observación.....	59
25	Sectores con diferentes valores de conductividad	60
26	Malla de la zona	61
27	Errores obtenidos en la calibración.....	63
28	Niveles estáticos de la calibración.....	64
29	Corte transversal del acuífero.....	65
30	Evolución del nivel estático en el tiempo	66
31	Niveles estáticos alternativa “ A “	68
32	Niveles estáticos alternativa “ B “	69
33	Niveles estáticos alternativa “ C “	70
34	Niveles estáticos alternativa “ D “	71
35	Comparacion de las simulaciones (Cortes)	72
36	Evolucion nivel estático alternativa “ A “	74
37	Evolucion nivel estático alternativa “ B “	74
38	Evolucion nivel estático alternativa “ C “	75
39	Evolucion nivel estático alternativa “ D “	75
40	Evolucion nivel estático alternativa “ E “	76

RESUMEN

En el presente proyecto se trata de analizar la potencialidad de recargar artificialmente al acuífero del Valle de Sicarigua, para ello se revisaron los estudios anteriores y se procesó y analizó la información levantada por la C.A. Central la Pastora. Se obtuvo, mediante una simulación paramétrica a nivel mensual, la recarga natural del acuífero así como los rendimientos de cada subcuenca; luego se realizó un análisis geoestadístico de la información disponible y se obtuvo el semivariograma que se aplicó en el trazado de la grilla. Seguidamente se calibró el modelo visual /modflow para el período 1996-1998; utilizando parte de los datos de entrada al visual/modflow, se procedió a confeccionar los archivos para las simulaciones, considerándose cuatro alternativas:

Alternativa A: al archivo utilizado en la calibración se le incluyó un valor de recarga artificial

Alternativa B: se simula considerando 7 años 1996 - 2002 de recarga natural y sin bombeo

Alternativa C: se simula un período de 7 años 1996 - 2002 de bombeo sin recarga

Alternativa D: se simula un período de 7 años 1996 - 2002 de medio bombeo con recarga

Luego de simular las alternativas anteriores se realiza un análisis de los resultados y seguidamente se presentan las conclusiones y recomendaciones al respecto.

Bdigital.ula.ve

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

El Estado Lara pertenece a una región árida en la cual el recurso hídrico superficial es limitado. Esta falta de agua se acentúa dada las características del suelo, buenas para el desarrollo de cultivos como caña de azúcar y pastos.

En el Municipio Torres del Estado Lara, específicamente en el Valle de Sicarigua, se encuentra el área de influencia de la C.A., Central La Pastora; la actividad agrícola desarrollada por esta empresa demanda una gran cantidad de agua que es extraída del subsuelo, ya que el sistema hídrico superficial no cubre las necesidades en cantidad, ni en constancia de aportes. De ahí la importancia de cuantificar el recurso del agua subterránea, sus reservas, su recarga natural y su posibilidad de recarga artificial así como de determinar su respuesta a las actividades que tienen influencia sobre su comportamiento, para explotarlo racionalmente y evitar situaciones críticas en su funcionamiento.

Objetivos

General

- Estudiar la posibilidad de recarga artificial del acuífero del valle de Sicarigua.

Específicos

- Levantar la información básica del acuífero en cuanto a niveles estáticos de bombeo y cota de terreno de los pozos existentes.
- Realizar una modelación del acuífero con datos actualizados (calibración).
- Formular y evaluar políticas de explotación y de recarga.

Planteamiento del Problema

La explotación del recurso hídrico subterráneo en el municipio Torres del estado Lara se ha incrementado en los últimos años de forma considerable sin ninguna planificación, debido a la necesidad de incorporar mayor área a la actividad agrícola. La escasez de fuentes confiables de agua superficial ha llevado a incrementar el número de perforaciones de pozos profundos, lo cual ha provocado un deterioro de las fuentes subterráneas.

En los años anteriores, se han llevado a cabo otros estudios sobre esta problemática, dada la importancia del recurso agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

El valle de Sicarigua no escapa a la realidad anterior, esto ha motivado a la elaboración de este trabajo a objeto de poder establecer una estrategia de explotación del acuífero a través de un uso racional de este recurso no renovable y la posibilidad de realizar una recarga artificial del mismo.

Bdigital.ula.ve

CAPITULO II

SOBRE EL AREA DE ESTUDIO

Descripción Del Area De Estudio

El Municipio Torres, Estado Lara, dentro de cuyos límites se desarrolla el trabajo Figura 1, conforma la zona Centro Occidental de estado Lara y está integrada políticamente por las parroquias: Manuel Morillo, Montes de Oca, Trinidad Samuel, Chiquinquirá, Lara, Torres, Espinoza de los Monteros, Camacaro, Castañeda, Antonio Díaz, Montañó Verde y El Blanco. Las dos últimas fueron creadas a partir de 1975.

El Municipio Torres está situado geográficamente entre los 9°44' y 10°29' de latitud Norte y los 69°38' y 70°43' de longitud Oeste. Limita por el Norte con el estado Falcón y el municipio Urdaneta del estado Lara, al Sur con el estado Trujillo y el municipio Morán del estado Lara, al Este con los municipios Iribarren y Jiménez el estado Lara y al Oeste con los estados Zulia, Falcón y Trujillo.

Con una superficie total de 6518 km² comprende el 35,9% del estado Lara y el 9,3% de la Región Centro Occidental. Es el Municipio más grande del estado Lara y de la Región. A pesar de que un porcentaje mayor al 50% de su superficie lo constituyen áreas desnudas con serias limitaciones para su explotación, dadas las condiciones del clima, deficiencias hídricas y la clase de suelo, ha sido intervenido por el hombre sin ningún tipo de restricción.

La economía del Municipio se deriva principalmente de la actividad agropecuaria, siendo su cultivo más importante la caña de azúcar. En cuanto a la ganadería de leche es una de las más florecientes en el país, debido a la selección y mejoramiento del ganado.

El Municipio Torres se encuentra ubicado en un punto estratégico, al constituir zona de paso hacia las regiones Andina y Zuliana, de primordial importancia y con características propias, con relación a las regiones: capital, central y de los llanos.

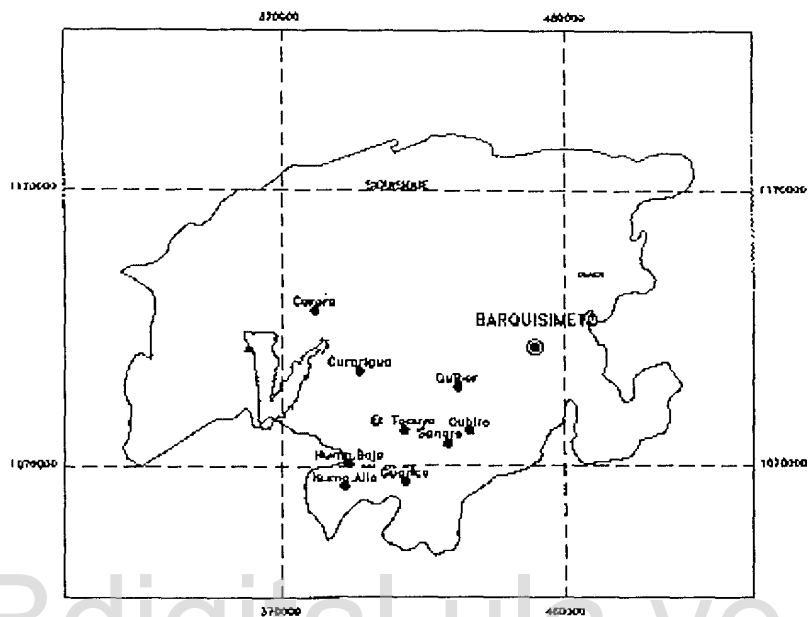


Figura 1 Ubicación relativa del área de estudio

Clima

La mayor parte del territorio del municipio presenta características de semi-aridez, con acentuada irregularidad en la temporada de lluvias. El período de lluvias cubre la mayor parte del año, desde Abril hasta Noviembre-Diciembre, con máximas en los meses de Mayo y Octubre.

La precipitación media es muy variable, siendo la más baja al Noreste de Carora con valores alrededor de 560 mm; este valor aumenta hasta los 1100 mm hacia el Sureste del municipio. La temperatura media anual está entre 24°C y 26°C.

Hacia el Sur del municipio, zona limítrofe con el estado Trujillo, se presenta un clima más favorable con dos marcados períodos de lluvias, uno de Abril a Junio con máximas en Mayo y otro de Agosto a Diciembre con máximas en Octubre. La precipitación media anual es de 1340 mm y la temperatura media anual de 21°C.

En lo que se refiere a la evaporación, alcanza en promedio a 2800 mm/año.

En general las características resaltantes son propias de un clima semiárido.

Hidrografía

El municipio Torres dispone de una alta potencialidad de aguas superficiales, al considerar la gran cantidad de ríos que conforman su sistema hidrográfico. Algunos de estos ríos tienen posibilidades de aumentar su disponibilidad hídrica por medio de embalses de regulación anual o plurianual.

El río Tocuyo rige el sistema hidrográfico del municipio Torres, siendo su afluente principal el río Morere. La cuenca del Morere con una superficie de 5000 km², cuenta entre sus afluentes principales con los ríos Bucares, Quediche, Camoruro, Ermitaño, Placer y Diquiva. Es de resaltar que el área objeto de este trabajo corresponde a la cuenca del río Morere.

El régimen de los ríos es muy irregular, pudiéndose observar frecuentemente crecidas en épocas de lluvias y durante el resto del año, a excepción de los ríos Quediche y Bucares, los cuales secan completamente sus cauces.

Los tramos superiores de estos ríos, son susceptibles de erosión en las márgenes y transportan materiales arcillosos, debido principalmente a la fuerte pendiente de sus terrazas.

Las posibilidades físicas de aprovechamiento de estos ríos han sido objeto de estudios frecuentes.

Recursos Edafológicos

Debido a la gran variabilidad del recurso del suelo, tanto desde el punto de vista de sus propiedades físicas y químicas, como del relieve y de las características climáticas, se necesitará hacer una descripción por sectores.

La zona de estribaciones andinas, que cuenta con una superficie de 2150 km², aproximadamente el 33,0% del municipio, carece casi toda de buenos suelos. La topografía es accidentada o quebrada, presentándose afloramientos rocosos y suelos líticos, de poco uso, salvo en pequeñas áreas donde por su altitud y condiciones de clima más benigno, se ha desarrollado una actividad agrícola conservacionista como es la del cultivo del café y hortalizas de

altura en terrazas, tal como se lleva en las localidades de Jabón y San Pedro. Dentro de este bloque se presenta un pequeño valle aluvial, el del Curarigua, con suelos de alta capacidad productiva, donde se lleva a cabo una agricultura intensiva, de cultivos tales como la caña de azúcar y las hortalizas.

La zona de la Sierra de Baragua, con una extensión de 2330 km², aproximadamente el 35,7% del municipio, es pobre en cuanto a recursos. Los suelos con predominio de afloramientos rocosos son inapropiados para el desarrollo agrícola, con topografía quebrada, salvo pequeños valles en el sector Norte de Quebrada Arriba y Los Quemaditos. Sólo 500 km² pueden cultivarse pero con limitaciones. El resto de los suelos están ocupados por tierras misceláneas de relieve accidentado sin posibilidades para cultivos comerciales.

Los valles de Sicaragua y Bucares, con una extensión de 398 km² aproximadamente el 6,1% del municipio, son depresiones tectónicas rellenas por sedimentos predominantemente recientes. Son suelos profundos de drenaje moderado, no presentan síntomas de erosión, son de reacción alcalina y presentan salinidad moderada, lo cual no se considera factor limitante para su uso agrícola.

La parte central del Municipio, que corresponde a la depresión de Quediche y Diquiva, cubre una extensión de 770 km² aproximadamente el 11,8% de la superficie total del Municipio. Formado por las deposiciones recientes del río Quediche, se presentan suelos de buena calidad y texturas medias, en general casi planos profundos y de buen desarrollo estructural; algunas áreas se presentan con texturas gruesas y de pH ácido.

Algo más de la mitad de la superficie de los valles formados por los ríos Diquiva y Ermitaño, a una altitud de 400 metros sobre el nivel del mar, está integrada por suelos clasificados de tercera, derivados de depósitos aluviales de abundante material fino, especialmente limo.

En el sector correspondiente a las playas de Carora, con una extensión de 870 km², aproximadamente el 13,4% del Municipio, predominan las áreas planas. Gran parte de esos suelos presentan una fase de erosión que va de moderado a severo. En esta zona predominan los suelos clasificados dentro del cuarto y quinto grupo. El uso agrícola se encuentra limitado por la salinidad presente en todo el perfil, la textura fina del suelo, las severas condiciones climáticas y el estado actual de la erosión.

Geología

La región es una planicie de los valles de los ríos Diquiva, Quediche y Bucares que incluye también las sabanas de Carora. Ocupa principalmente la zona central del municipio Torres, está limitada al Norte y Este por el sistema Coriano de Cordilleras, hacia el Sureste y Suroeste se encuentra limitada por las estribaciones andinas.

El drenaje de toda la zona confluye hacia el río Morere, el cual drena sus aguas hacia el río Tocuyo.

Las mayores contribuciones de agua provienen de la Sierra de Barbacoas y de la cuenca del río Quediche.

Estratigrafía

La información geológica de superficie con que se cuenta, permite establecer el afloramiento de rocas de diversas edades, que corresponden a los períodos cretáceo y terciario. Del período cretáceo se encuentran las formaciones Río Negro-La Luna y Colón, y el grupo Cogollo compuesto de las formaciones: Apón, Aguardiente y Capacho. Del período terciario, las formaciones Trujillo, Misoa, Paují, Castillo y Quebrada Arriba.

Bajo los valles se encuentran también estas formaciones, que constituyen el basamento de la depresión, pero cubiertas por el aluvión de edad reciente, período cuaternario, que forma la planicie de la zona de estudio.

Las características de cada formación se dan para los períodos cretáceo y terciario.

Período Cretáceo

- La formación Río Negro está constituida por una secuencia de conglomerados y areniscas bien cementadas.
- La formación La Luna está compuesta de una interestratificación de lutitas y calizas delgadas.
- La formación Colón está compuesta principalmente de lutitas.
- La formación Apón está compuesta de gruesas capas de calizas.
- La formación Aguardiente está constituida principalmente por Areniscas
- La formación Capacho está constituida principalmente de calizas y areniscas.

Período Terciario

- La formación Trujillo consiste predominantemente de lutitas homogéneas, puras a arenosas y frecuentemente micáceas.
- La formación Misoa está constituida por areniscas, limonitas y lutitas intercaladas, con algunas capas de calizas en la parte inferior.
- La formación Paují esencialmente es una espesa secuencia de lutitas.
- La formación Castillo se caracteriza por espesas capas de areniscas y conglomerados.
- La formación Quebrada Arriba se caracteriza por el predominio de rocas ferruginosas chamosíticas en paquetes delgadamente estratificados.

Geohidrología

En la zona de estudio existen dos tipos de acuíferos: los desarrollados en las arenas y gravas de la planicie aluvial, y los acuíferos de rocas, probablemente desarrollados en las calizas cavernosas y en las areniscas fracturadas de las formaciones correspondientes al período cretáceo.

Estos tipos de acuíferos están a diversas profundidades: el aluvial está próximo a la superficie del terreno y por tanto de inmediato alcance por perforaciones de poca profundidad, mientras que los acuíferos de roca están más profundos y en el centro de la estructura sinclinal.

Los acuíferos aluviales son los actualmente explotados, con pozos a profundidades que oscilan entre 50 y 100 metros en el Valle de Sicarigua. Los acuíferos de roca no se estudian en el presente trabajo, puesto que requieren de investigaciones muy especiales.

La región cuenta con una gran cuenca colectora de drenaje y suficiente precipitación en las zonas altas, para alimentar los acuíferos de roca, así como también a los ríos que llegan a la parte permeable de la planicie y alimentan los acuíferos aluviales.

C A P I T U L O I I I

FUNDAMENTOS TEORICOS

Las aguas subterráneas en el Valle de Sicarigua

El basamento rocoso del Valle de Sicarigua está cubierto por material aluvial de edad reciente, compuesto por arcilla, limo, arena, grava y piedras. El espesor saturado (Ochoa, 1963) estimado para la parte alta del Valle de Sicarigua, es de 60 m, de los cuales un promedio de 37,7 m es arena y grava; la parte baja del Valle tiene en promedio un espesor de 55 m de los cuales 33,5 m son arena y grava.

La principal fuente de recarga natural en el Valle lo constituye la precipitación en la Sierra de San Pedro y Barbacoas, la cual se percola al llegar al abanico aluvial. La precipitación anual en las montañas es del orden de 2000 mm, el doble de la precipitación dentro del valle.

La cantidad de agua subterránea almacenada en el valle es sustancial. Ochoa (1963) indica que la cantidad almacenada en el Valle de Sicarigua está sobre los 200 millones de metros cúbicos. Halpenny y Greene (citados por González, 1980) consideran que las cifras anteriores están del lado conservador, puesto que no incluyen el agua almacenada en los materiales de grano fino que se encuentra en el aluvión.

En cuanto a la explotación del recurso González (1980) presenta que para el mes de mayor extracción un valor de 2,65 m³/, que representa 6,7 millones de metros cúbicos mensuales y para todo el año obtuvo la cantidad de 62,1 millones de metros cúbicos. En este trabajo se concluyó que el mayor número de puntos de explotación, y por lo tanto de volúmenes extraídos, son destinados a suplir las demandas consuntivas del cultivo de la caña de azúcar; el régimen de explotación duplica los volúmenes extraídos, lo cual requerirá incrementar los volúmenes de regulación e interconectar los aprovechamientos.

Analizando la recarga del acuífero se ratificó que el mismo es totalmente confinado, ya que ésta se lleva a cabo exclusivamente por el flujo subterráneo que ingresa al acuífero por los límites, dado que la percolación profunda resulta nula. La situación descrita podría traer como consecuencia la urgente necesidad de buscar fuentes alternativas para cubrir las demandas consuntivas e implementarlas en un futuro cercano, a fin de no detener el desarrollo económico del municipio Torres.

En el año 1995 Palmaven realiza un estudio para evaluar la disponibilidad de aguas subterráneas en el Valle de Sicarigua. En este trabajo se reporta que para la fecha la recarga natural estaba en el orden de 11 millones de metros cúbicos por año y la extracción promedio anual en el orden de 68 millones de metros cúbicos, lo que representa una sobre explotación de 57 millones de metros cúbicos por año (1.8 metros cúbicos por segundo) y un descenso anual del acuífero del orden de 1 metro por año.

Geoestadística

Tradicionalmente las variables que intervienen en un fenómeno natural se han tratado como funciones determinísticas del tiempo y/o del espacio, Hoy en día muchos reconocen que hay variables que exhiben fluctuaciones aleatorias tanto en el tiempo como en el espacio, y que las mismas no pueden ser representadas adecuadamente mediante funciones suaves, p.e.: cota del terreno, nivel piezométrico de un acuífero, conductividad hidráulica, entre otros.

Gran parte de la teoría y práctica geoestadística se dedica al estudio de campos aleatorios con incrementos homogéneos en sentido amplio-estacionarios en el espacio, cuyo desarrollo se remonta a los años sesenta y principios de los setenta, en la Escuela de Minas de París, bajo el liderazgo de G. Matheron, con aplicaciones en la estimación de reservas mineras y en el comportamiento de variables hidrogeológicas como permeabilidad y transmisividad. Luego se extendió el campo de aplicación a otras ramas de la ciencia.

A partir de la década del 80 los métodos geoestadísticos han adquirido un crecimiento considerable en su aplicación entre los hidrólogos, geólogos y edafólogos. Esto produjo el desarrollo de nuevas metodologías numéricas asociadas a la geoestadística, para abordar temas como el flujo subterráneo en régimen estacionario, no estacionario, cálculo de la deriva espacial y de la estructura estocástica, etc. Con ello se lograba evaluar con mayor precisión las variables intervinientes, así como también, diseñar de manera eficiente las redes de observación y de muestreo espacio-temporales. Otro desarrollo importante fue el de los métodos geoestadísticos multivariados, entre ellos el krigeado, en la estimación de la distribución espacial de variables hidrogeológicas a partir de otras variables físicas.

Geoestadística: Definición y Alcance

Matheron (1962), citado por Samper y Cabrera (1990), el padre de la Geoestadística en su forma actual, la definió como "la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales". También puede, definirse como la rama de la estadística dedicada al análisis de procesos distribuidos espacialmente (Journel, 1986, citado por Samper y Cabrera, 1990).

El proceso estocástico espacial asociado al campo aleatorio, puede describirse probabilísticamente o de manera más limitada, por momentos estadísticos de orden bajo, tales como la función de covarianza o el semivariograma.

La Geoestadística contempla herramientas que permiten inferir tal descripción a partir de las medidas de un conjunto suficientemente numeroso de puntos y mediante el método del Krigeado estimar la variable de interés en otros o sus valores medios sobre subdominios seleccionados.

Típicamente, la estimación varía en el espacio más rápidamente que la deriva, pero menos que la realidad. Mediante el método geoestadístico de simulación condicionada, se puede generar un número arbitrario de realizaciones que son estadísticamente indistinguibles del campo aleatorio real subyacente y constituyen, por lo tanto, representaciones "igualmente verosímiles" de la variable estudiada.

La Geoestadística se ha empleado en la mayoría de las ciencias de la Tierra Geología, Geotecnia, Minería, Edafología, Hidrología, Meteorología.

El fin de la Geoestadística es la caracterización del fenómeno natural lo que conduce a varios tipos de aplicaciones:

Realizar estimaciones entre ellas: métodos de cartografía automática, cálculo de valores promedio a partir de un conjunto de medidas. La estimación suele producir mapas que son mucho más suaves que la realidad.

Proporcionar medidas sobre la incertidumbre de la estimación. La geoestadística constituye un marco ideal para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo de forma que se minimice la incertidumbre de estimación.

Cuando la variabilidad espacial sea de interés, se puede obtener realizaciones plausibles de la variable estudiada por medio de técnicas geoestadísticas de simulación.

La metodología geoestadística está pensada para datos distribuidos de forma arbitraria en el espacio, por lo que sus técnicas son más generales, pero menos potentes que las del Análisis de Series Temporales, más orientado a procesos unidimensionales con datos equidistribuidos.

Funciones Aleatorias: Variables Regionalizadas

El término de variable regionalizada fue propuesto por Matheron para calificar un fenómeno que se desarrolla tanto en el espacio y/o en el tiempo y manifiesta una cierta estructura. Desde el punto de vista matemático, una variable regionalizada es simplemente una función $Z(x)$ que adopta un valor para cada punto de x en el espacio. Ejemplos de estas variables pueden ser la conductividad hidráulica, la porosidad y el nivel piezométrico a lo largo de un acuífero. Es muy común observar en una variable regionalizada dos aspectos complementarios y aparentemente contradictorios:

- a)- Un aspecto aleatorio asociado con las variaciones erráticas e impredecibles de la variable.
- b)- Un aspecto general estructurado que refleja en cierta forma las características globales de variación del fenómeno regionalizado.

En la Figura 2 se puede observar estos dos aspectos. Por ello, para el tratamiento o descripción de la variable, es necesario que la formulación sea consistente desde el punto de vista teórico, y operativo desde un punto de vista práctico.

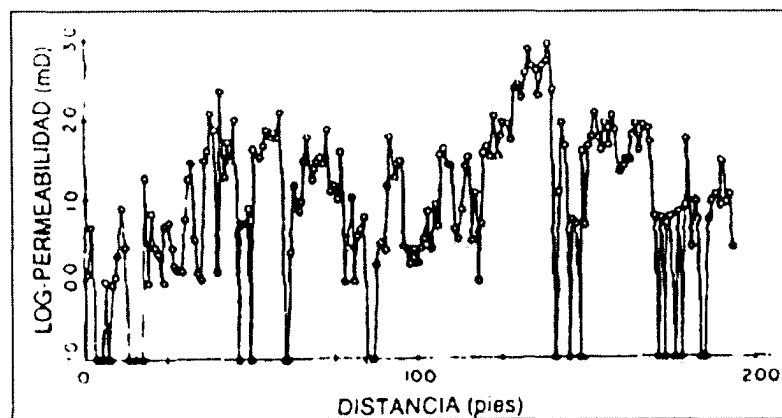


Figura 2 Comportamiento de la permeabilidad como variable aleatoria.

Matheron (1971), citado por Samper y Cabrera (1990), propone dos métodos: el método transitivo y el método de las funciones aleatorias.

Método transitivo

Se basa en consideraciones determinísticas y es totalmente general. Las hipótesis que se hacen se basan implícitamente en una interpretación probabilística.

Método de las Funciones Aleatorias

Introduce una interpretación probabilística de la variable y requiere de una serie de hipótesis a cerca de la función aleatoria.

Desde el punto de vista práctico, es más conveniente porque permite tener en cuenta las fluctuaciones erráticas de la variable regionalizada.

La tendencia es usar el segundo método, ya que por más que un fenómeno natural sea único y por ende asuma un único valor en cada punto, también es cierto que repetidas mediciones del fenómeno en un mismo punto suelen conducir a valores diferentes. Debido a esta inevitable limitación para acceder al sistema real, a los errores de medida e interpretación y a la inherente variabilidad espacial del sistema real, un fenómeno determinístico por naturaleza se convierte en incierto.

Funciones Aleatorias

En la teoría de la probabilidad una serie de k variables aleatorias dependientes Z_1, Z_2, \dots, Z_k define un vector aleatorio $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$ con k componentes. Análogamente, cuando el valor de una función $Z(x)$ es una variable aleatoria, al variar x en el espacio R de n dimensiones, $Z(x)$ define una familia de variables aleatorias. A cada punto de x_0 del espacio le corresponde una variable aleatorio $Z(x_0)$. Nótese que en general las variables aleatorias correspondientes a dos puntos $Z(x_1)$ y $Z(x_2)$ no tienen por qué ser independientes.

La interpretación probabilística de una variable regionalizada, como realización de una función aleatoria $Z(x)$ tiene sentido operativo solo si es posible inferir, al menos en parte, la función de distribución o ley de probabilidad de $Z(x)$, Para ello es necesario introducir hipótesis adicionales acerca de $Z(x)$ para poder reducir el número de parámetros de los que depende la función de distribución, donde aquellas tienen que ver con la homogeneidad espacial de la función aleatoria.

Función de Distribución y Momentos de una Función Aleatoria

Si se tiene una función aleatoria $Z(x)$ definida en R^n , la función de distribución del vector aleatorio para k puntos será:

$$F_{X_1, X_2, \dots, X_k}(Z_1, Z_2, \dots, Z_k) = \text{Prob.}[Z(x_1) \leq Z_1, Z(x_2) \leq Z_2, \dots, Z(x_k) \leq Z_k]$$

El conjunto de todas estas distribuciones para todo valor de k y para cualquier selección de puntos en R^n constituye la "ley espacial de probabilidad" de la función aleatoria $Z(X)$.

Por otro lado, en Geoestadística lineal, en la mayoría de las aplicaciones prácticas, la información disponible permite inferir los dos primeros momentos de la distribución, lo cual es suficiente. El momento de primer orden es la esperanza matemática definida como

$$E[Z(x)] = m \quad \text{para todo } x$$

En el caso de que m dependa de la posición x , se dice que existe presencia de deriva o tendencia.

Los tres momentos de segundo orden considerados en geoestadística son:

a) La varianza o momento de segundo orden de $Z(x)$ respecto a $m(x)$:

$$\sigma^2 = \text{Var}[Z(x)] = E[(Z(x) - m(x))^2]$$

en donde en general, $\text{Var.}[Z(x)]$ es una función de x .

b) La covarianza de dos variables aleatorias $Z(x_i)$ y $Z(x_j)$, $C(x_i, x_j)$, definida como:

$$C(x_i, x_j) = E[(Z(x_i) - m(x_i))(Z(x_j) - m(x_j))]$$

en general es una función de x_i y x_j . Esta función se llama a veces función de autocovarianza.

c) El semivariograma $g(x_i, x_j)$ que se define como:

$$\gamma(x_i, x_j) = 1/2 E[(Z(x_i) - Z(x_j))^2]$$

Nótese que tanto la varianza, como el semivariograma son siempre positivos, mientras que la covarianza puede adoptar valores negativos.

Tipos de Funciones Aleatorias

Funciones Aleatorias Estacionarias (F.A.E): Se dice que una función aleatoria $Z(x)$ es estacionaria de orden 2 o de segundo orden si:

a) $E[Z(x)]$ existe y no depende de x , es decir:

$$E[Z(x)] = m, \quad \text{para todo } x$$

b) Para toda pareja de variables aleatorias $[Z(x+h), Z(x)]$ su covarianza existe y sólo depende del vector separación h , es decir:

$$C(x+h, x) = E[Z(x+h), Z(x)] - m^2 = C(h)$$

La estacionariedad de la covarianza implica que la varianza existe, es finita y no depende de x , es decir:

$$\text{Var}[Z(x)] = C(0)$$

A partir de esta hipótesis, el semivariograma también es estacionario y se cumple que:

$$\gamma(x+h, x) = \gamma(h) = 1/2 E[(Z(x+h) - Z(x))^2]$$

Como hay estacionariedad, el semivariograma se relaciona directamente con la covarianza por:

$$\gamma(h) = \text{Var}(Z) - C(h)$$

En el caso de funciones cuya media varía lentamente, el semivariograma es un estadístico más conveniente que la covarianza.

Funciones Aleatorias No Estacionarias

Es una función aleatoria que presenta deriva, en la cual la esperanza matemática no es constante. Además en este tipo de funciones no acotadas, la varianza es infinita y la covarianza no está definida en el origen. El semivariograma sin embargo es siempre idénticamente nulo en el origen, es decir el semivariograma por el contrario toma valores pequeños y presenta mejor comportamiento para los mismos datos.

Por ello, es más frecuente trabajar con esta variable estadística, que con la autocovarianza. A pesar de ello, las ecuaciones de Krigado están definidas en función de dos funciones estadísticas.

Funciones Aleatorias Intrínsecas

Hay funciones aleatorias sobre fenómenos físicos en las cuales no están definidas ni la varianza ni la covarianza, debido a su ilimitada variación. Este tipo de funciones se denominan intrínsecas y para su tratamiento se basa en la existencia de la esperanza matemática y varianza a partir de sus incrementos, definidas por:

$$E[Z(x+h) - Z(x)] = m(h) = 0$$

$$\text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = g(h)$$

$$\gamma(h) = 1/2 E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\}$$

La función $m(h)$ es la función deriva que es necesariamente lineal en h . Es habitual suponerla igual a cero o definir la función aleatoria $[Z(x) - m(x)]$ de manera que su esperanza sea igualada a cero. De acuerdo a lo visto, un F.A.E de 2º orden es siempre intrínseca, lo recíproco no siempre es cierto.

Funciones Aleatorias No Intrínsecas

Si una función aleatoria es no estacionaria y además sus incrementos de primer orden $[Z(x+h) - Z(x)]$ tampoco son estacionarios, se dice que dicha función no es intrínseca. Este tipo de funciones se caracteriza por:

$$E[Z(x)] = m(x)$$

En el caso en que $Z(x)$ puede expresarse como la suma de una componente determinística $m(x)$ y de un residuo $R(x)$ estacionario con media nula y semivariograma $\gamma_R(h)$, (donde $m_1 \cdot x$ representa el producto escalar de los vectores m_1 y x), el semivariograma de $Z(x)$ depende de x ya que:

$$\gamma(h+h, x) = 1/2 E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} = \gamma_R(h) + 1/2 [m(x+h) - m(x)]^2$$

El análisis del semivariograma, en cuanto a su variación con respecto a x o en su defecto a h , permite inferir la existencia de h .

Ergodicidad

Un proceso es ergódico si se pueden determinar todos sus estadísticos a partir de una sola de sus realizaciones (Papoulis 1965), citado por Samper y Cabrera (1990), el cual puede ser relajado a "ergodicidad en la media, en la varianza, etc.

Este concepto es utilizado a fin de facilitar la inferencia estadística de una variable aleatoria.

Variabilidad espacial e incertidumbre

La primera depende del fenómeno en cuestión y la segunda depende de la densidad de los datos. Supóngase el caso de una variable regionalizada cuyos valores fuesen conocidos en todos los puntos del dominio, entonces su incertidumbre sería nula y la variabilidad espacial sería la misma.

Análisis Estructural - Estimación del Semivariograma

En la metodología geoestadística existen varios puntos de encuentro entre las descripciones cuantitativa y cualitativa de la realidad pero, sin lugar a dudas, el más importante es el análisis estructural.

El Análisis Estructural es el proceso de definición del modelo geoestadístico, en el marco de los conceptos definidos anteriormente. Así, éste implica especificar el tipo de hipótesis que se va a hacer sobre la variabilidad del fenómeno en estudio.

En concreto, el análisis estructural hace referencia a:

- Definición del tipo de función aleatoria que representa el fenómeno.
- Estimación del semivariograma.

El primer punto implica definir si la variable se puede considerar estacionaria o no, si requiere o no la definición de una tendencia o deriva y qué forma tendrá la misma, si es suficiente suponer que la variable es intrínseca, etc.

En cuanto a la estimación del semivariograma, que es en general la tarea ligada al análisis estructural, se la abordará a continuación.

Semivariograma

Normalmente el semivariograma, definido anteriormente, es una función monótona no decreciente, ya que al aumentar h , también aumenta, al menos en sentido cuadrático, la diferencia entre $Z(x+h)$ y $Z(x)$. Si Z es estacionaria se puede encontrar los siguientes parámetros en el mismo, tal cual se muestra en la Figura 3.

- Meseta: es un valor límite constante que alcanza γ , que coincide con la varianza de Z .
- Rango o alcance : Es la distancia a la que alcanza la meseta y marca la zona de influencia en torno a un punto, más allá de la cual la autocorrelación es nula.
- Efecto Pepita: aunque $\gamma(0)=0$, con frecuencia el semivariograma presenta esta discontinuidad en el origen con un salto finito, llamado efecto pepita.
- Distancia o alcance integral: es el valor de h en el que las áreas rayadas en la figura son iguales. Por lo tanto es la distancia tal que su producto por la meseta es igual al área existente por encima del semivariograma. Esta distancia integral suele utilizarse para medir el grado de correlación espacial de la variable.

Propiedades del Semivariograma: Las propiedades de los semivariogramas o variogramas que son relevantes de acuerdo al análisis estructural son:

Escalas de heterogeneidad y superposición de semivariogramas : la variabilidad espacial de los fenómenos puede suponerse como la superposición de distintas escalas de variabilidad. En términos de semivariogramas, suele suponerse que la estructura global puede representarse convenientemente mediante una suma de semivariogramas, es decir:

$$\gamma(h) = \gamma_1(h) + \gamma_2(h) + \dots + \gamma_n(h)$$

La superposición de semivariogramas es muy útil en la aplicación práctica del método de Krigado por dos motivos. En primer lugar, aumenta los grados de libertad para ajustar los modelos teóricos. Por otro lado, la mayoría de los operadores geoestadísticos son lineales en el semivariograma, por lo que los mismos actúan idénticamente sobre cada una de las componentes γ_i de $\gamma(h)$.

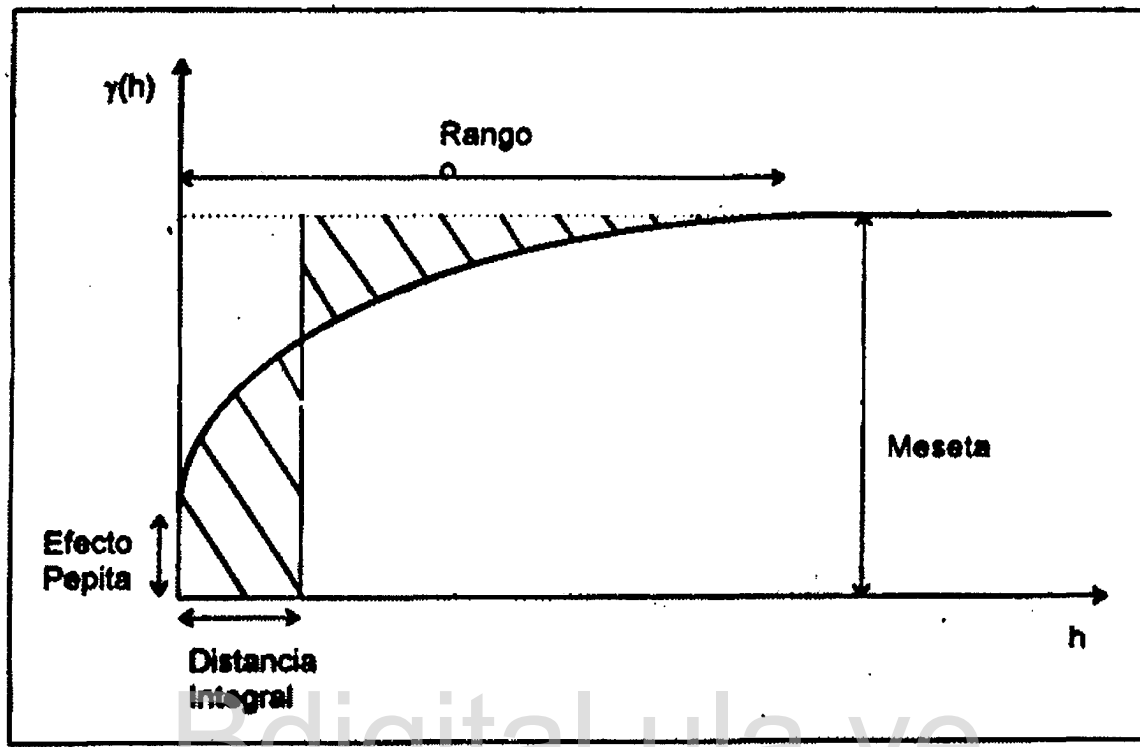


Figura 3. Parámetros del Semivariograma.

Cuasi-estacionariedad y Efecto Proporcional

La hipótesis de cuasi-estacionariedad es aplicable cuando tanto la media y el semivariograma dependen del punto x de una forma lo suficientemente débil, como para que sea ignorada en la estimación local, de manera que la estimación se hace por subregiones. Luego al ser de distintos tamaños, pero de igual forma, multiplicándolos por una constante se los puede hacer coincidir, lo que se llama efecto proporcional.

Anisotropía

Para estudiar la Anisotropía es necesario tener los datos suficientes para evaluar el semivariograma en distintas direcciones, lo cual es muy poco frecuente. Es importante acotar que la Anisotropía puede ser consecuencia de que Z no sea estacionaria o ni siquiera intrínseca y la misma puede ser de tipo elíptica o zonal.

Partes del Semivariograma

La validez de método de Krigeado se fundamenta en que el semivariograma sea correcto, Para ello se requiere de un conocimiento del semivariograma y sus partes, de manera que la información subjetiva de la variable a estudiar ayude, o por lo menos establezca cotas, durante el proceso de estimación del semivariograma.

Comportamiento en el origen: En la Figura 4, se muestra las posibles formas del semivariograma en el origen. Como se puede apreciar, cabe clasificarlas en cuatro grupos:

Tangente horizontal con semivariograma nulo (a): en este caso la variable es altamente regular en el sentido de que varía espacialmente con suavidad. Es decir, en estos casos la variable es continua en todos los puntos, y derivable en la mayoría la gráfica no presenta quiebres. Para clasificar la suavidad se usa el concepto de orden en el origen como el número real α , tal que:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h)/h^\alpha = c$$

donde c es un número real

En este caso α es mayor que 1. Ejemplo modelo gaussiano y monómico con $\theta > 1$.

Semivariograma nulo en el origen pero de pendiente no nula (b)

En este caso el orden del semivariograma es menor o igual a 1. Ejemplos modelo exponencial y esférico.

Discontinuidad en el origen (c)

Es el llamado efecto pepita; suele ser indicativo de un comportamiento irregular, tal vez discontinuo y en el que parte de la estructura espacial se concentra a distancias inferiores a las observadas.

Discontinuidad en el origen con pendiente nula (d)

Este fenómeno es indicativo de un fenómeno puramente aleatorio sin ninguna correlación espacial y por lo tanto no tiene sentido la aplicación del método de Krigeado.

Comportamiento a grandes distancias

Desde el punto de vista de la estimación, esta parte es más fácil de determinar que en el origen. Esto es debido a que las variables están menos correlacionadas.

En el caso estacionario, bastaría tomar la media de diferencias de los valores medidos de $Z(x)$ en puntos "suficientemente alejados". Debe tenerse en cuenta que este valor será superior al de la varianza muestral, ya que en ésta intervienen sumandos artificialmente pequeños por la autocorrelación entre valores de Z a distancias pequeñas.

Bdigital.ula.ve

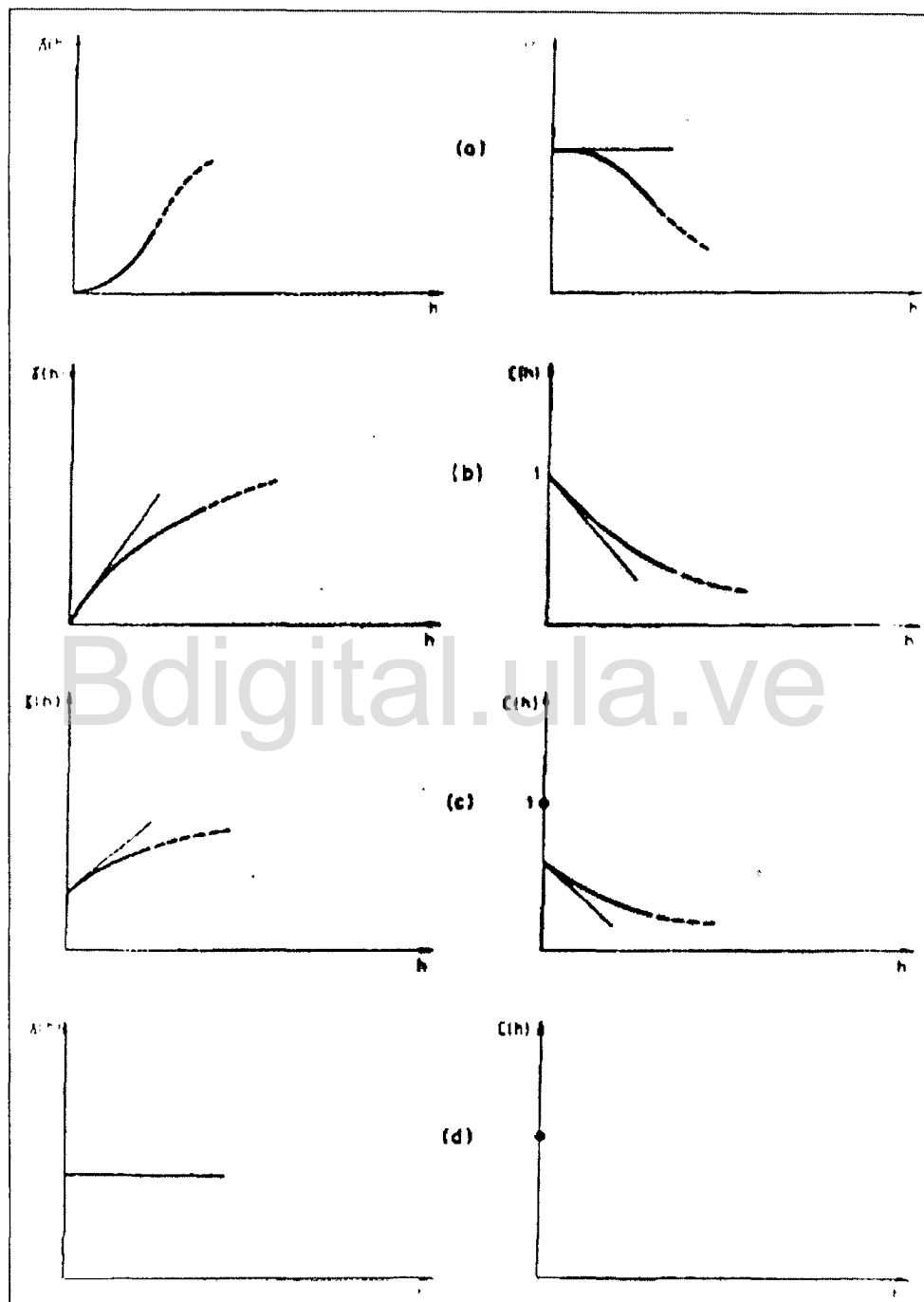


Figura 4 Tipos de comportamiento en el origen.

En la práctica, si la variable es estacionaria, el valor de la misma debe fluctuar en torno a la media y presenta heterogeneidades con una escala máxima finita.

En el caso de variables no estacionarias, el semivariograma no se estabiliza y crece al aumentar h . El crecimiento puede ser logarítmico o potencial, logrado mediante la combinación de modelos teóricos.

Siempre se debe tener en cuenta que el semivariograma no puede crecer más rápidamente que h^2 .

En cuanto a las variables intrínsecas, es muy probable que presenten fluctuaciones aleatorias no predecibles y de escalas aparentemente no acotadas.

Por último, en las no intrínsecas, la variabilidad espacial no tiene lugar según fluctuaciones, sino de acuerdo con una tendencia que se puede predecir a nivel conceptual, por ejemplo la variable disminuye de norte a sur.

Modelos de Semivariogramas

Quando se va a ajustar un semivariograma en base a los datos y estructura del fenómeno, lo primero que se hace es determinar el semivariograma experimental, el cual se estima en base solamente a los datos a partir de su definición:

$$\gamma^*(h) \cong \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i+h) - Z(x_i)]^2$$

donde γ es el semivariograma experimental, $Z(x_i)$ son los valores experimentales en los puntos x_i en los que se dispone de datos tanto en x_i como en x_i+h ; $N(h)$ es el número de pares de puntos separados por una distancia h .

La definición del semivariograma muestral se hace en base a una adecuada selección de h o Δh , de manera que tenga pocas fluctuaciones y se pueda inferir el modelo a ajustar. Cuando se trabaja con variables estacionarias y a lo sumo intrínsecas, tanto el semivariograma muestral como el modelo, deben cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) De la definición de semivariograma se deduce que $\gamma(h)$ ha de ser idénticamente nulo en el origen, es decir $\gamma(0) = 0$. Esto no tiene graves implicaciones prácticas, ya que, como se permiten

discontinuidades, esta condición se obvia fácilmente imponiendo condiciones analíticas para $h>0$. Sin embargo hay que tener en cuenta que será de importancia en algunos desarrollos.

2) $\gamma(h)$ es una función "condicionalmente negativa definida" o bien $-\gamma(h)$ es "condicionalmente positiva definida". Es decir, para todo conjunto x_1, \dots, x_n , de puntos arbitrarios y para todo conjunto $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ de coeficientes que satisfacen:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0 \quad \text{ha de cumplirse que:}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \leq 0$$

3) El semivariograma debe tener un ritmo de crecimiento inferior a h^2 (Journel y Huijbregts, 1978, citado por Samper y Cabrera, 1990), es decir:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h) / (h)^2 = 0$$

Cuando se habla de modelos de semivariograma, uno se está refiriendo a una serie de funciones de las que se sabe satisfacen las condiciones anteriores y es más cómodo de trabajar. En la Figura 5 se puede apreciar la forma de los más comunes, los cuales se describen a continuación.

Efecto Pepita Puro

Este modelo es indicativo de un fenómeno sin ninguna autocorrelación espacial. No es común emplearlo solo, sino en combinación con algún otro por las propiedades que se verán más adelante. La ecuación es:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & \rightarrow h=0 \\ s & \rightarrow h>0 \end{cases}$$

La importancia conceptual de este efecto hace necesario analizar algunos aspectos del mismo, ya que discontinuidades de este tipo, no pueden justificar por sí solas que el semivariograma no pase por el origen.

Intervalo de medida y superposición de Semivariogramas

Sea h_1 la distancia media entre puntos de observación próximos. El valor experimental de $\gamma(h_1)$ puede ser moderadamente grande y su pendiente relativamente pequeña, de forma que su prolongación interceptará por encima del origen. Lograr que $\gamma(h)$ tienda a cero con una pendiente pronunciada, es posible solamente con la superposición de semivariogramas, ya que la mayoría tiene una pendiente en el origen suave. Al respecto Delhomme (1978), citado por Samper (1990), propone sustituir el efecto pepita puro por un semivariograma esférico con meseta igual a dicha pepita y alcance inferior a h_1 .

Efecto de la disposición de los puntos de medida

Cuando se quiere determinar los contornos de la región de estudio, es frecuente que la mayoría de los puntos de observación caigan en las cercanías de los mismos. La consecuencia de esta disposición es que al calcular el semivariograma experimental (S.E.), puntos próximos pueden experimentar cambios notables en los valores de Z , que dan lugar a un efecto pepita aparente. Una posibilidad de tratamiento es ponderar cada sumando de la expresión del S.E. por un coeficiente inversamente proporcional a la densidad de puntos de observación. Otra sería desprestigiar los valores que caen fuera del contorno, para que sea válida la hipótesis de tratamiento intrínseco, lo cual sería un lujo.

Efecto de los errores de medida

En la aplicación del Kriging se supone que las medidas son exactas, lo cual no es cierto. En este caso se podría abordar de la siguiente manera:

$$Z_1(x) = Z(x) + \varepsilon(x)$$

donde $Z(x)$ es el campo real y $Z_1(x)$ el campo medido que tiene asociado un error aleatorio $\varepsilon(x)$. Si se supone independiente, puede llegarse a:

$$\gamma_{Z_1}(h) = \gamma_Z(h) + \gamma_\varepsilon(h)$$

Además, suponiendo que los errores carecen de correlación espacial y tienen una varianza constante, se obtiene:

$$\gamma_{Z_1}(h) = \gamma_Z(h) + \sigma_\varepsilon^2$$

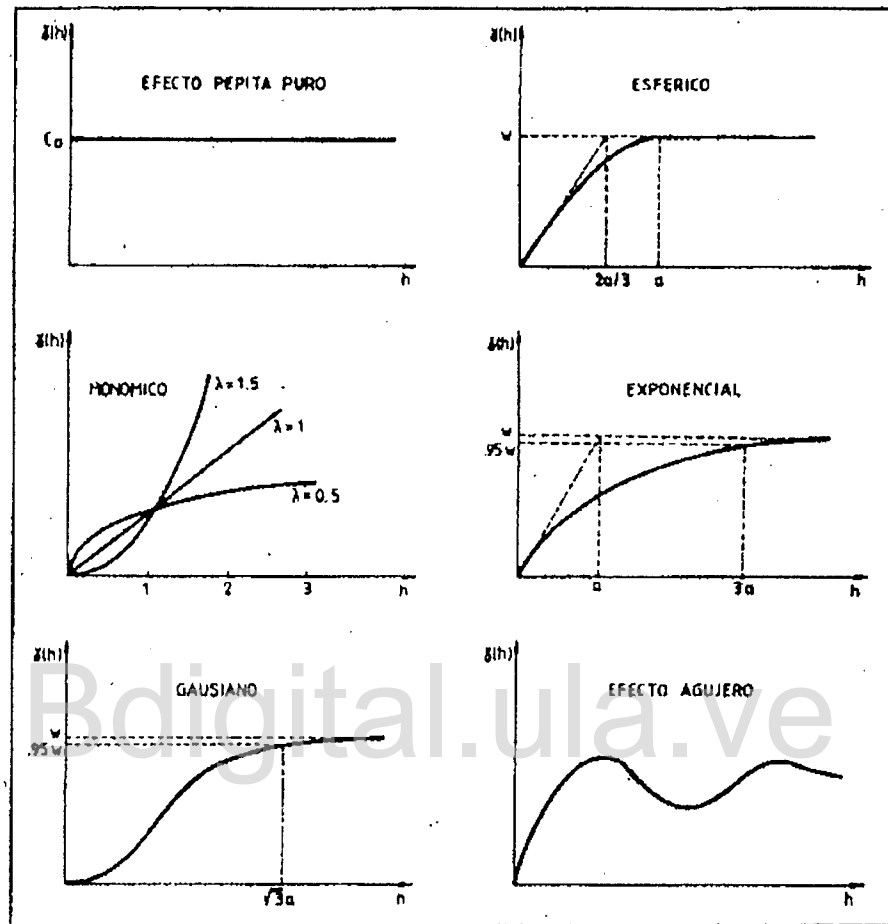


Figura 5 Modelos de Semivariograma

Es decir, los datos Z_i tienen un efecto pepita puro de valor σ_e^2 , además del que pueda presentar Z .

Modelo Esférico

La ecuación esta dada por:

$$\gamma(h) = \left\{ \begin{aligned} &S/2[3(h/a) - (h/a)^3] \rightarrow h \leq a \\ &S \rightarrow h > a \end{aligned} \right.$$

Sus características son el alcance "a" y la meseta "S" mientras que la pendiente en el origen es igual a $1,5S/a$ y la distancia integral λ viene dada por:

$$\lambda = (5/12)a$$

Es uno de los más aplicados y se caracteriza porque alcanza la meseta para una distancia finita ($h=a$). Es un indicativo de fenómenos continuos y a lo sumo con una cantidad numerable de discontinuidades en las cuales no es derivable. Es un fenómeno que puede presentar quiebres y un ejemplo de ello se puede apreciar en la Figura 6. En ella se observan fluctuaciones de pequeña amplitud y de gran frecuencia, como también de gran amplitud y baja frecuencia. El valor máximo de las amplitudes están relacionadas con la raíz cuadrada de la meseta. Análogamente el período máximo será tanto mayor cuanto mayor sea el alcance.

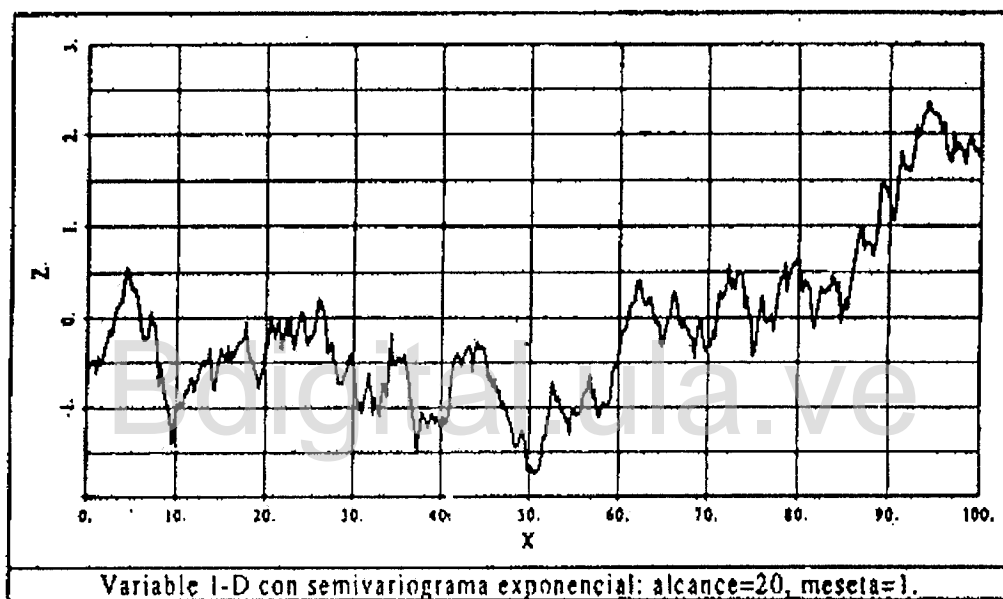


Figura 6 Variable con semivariograma esférico.

Modelo Exponencial

Viene dado por:

$$\gamma(h) = S(1 - e^{-h/a})$$

Por lo tanto el valor asintótico de la meseta será:

$$\text{Meseta} = \lim_{h \rightarrow \infty} S(1 - e^{-h/a}) = S$$

A fines prácticos suele tomarse el alcance efectivo como la distancia a la cual $\lambda(h) \approx 0,95 S$, es decir $a' = 3a$. La pendiente en el origen, S/a , es menor que la de un semivariograma esférico cuando

"a" es el mismo, pero es mayor a igualdad de alcance efectivo a'. La distancia integral es igual a:

$$\lambda = a = a' / 3$$

que es inferior a la igualdad de alcance a' al del esférico. Una variable con semivariograma de este tipo se puede apreciar en la Figura 7. Lo dicho anteriormente para el esférico es válido para este caso. La diferencia fundamental entre las dos variables es que las fluctuaciones de pequeño período tienen menos amplitud, lo que es consecuencia de la menor pendiente en el origen.

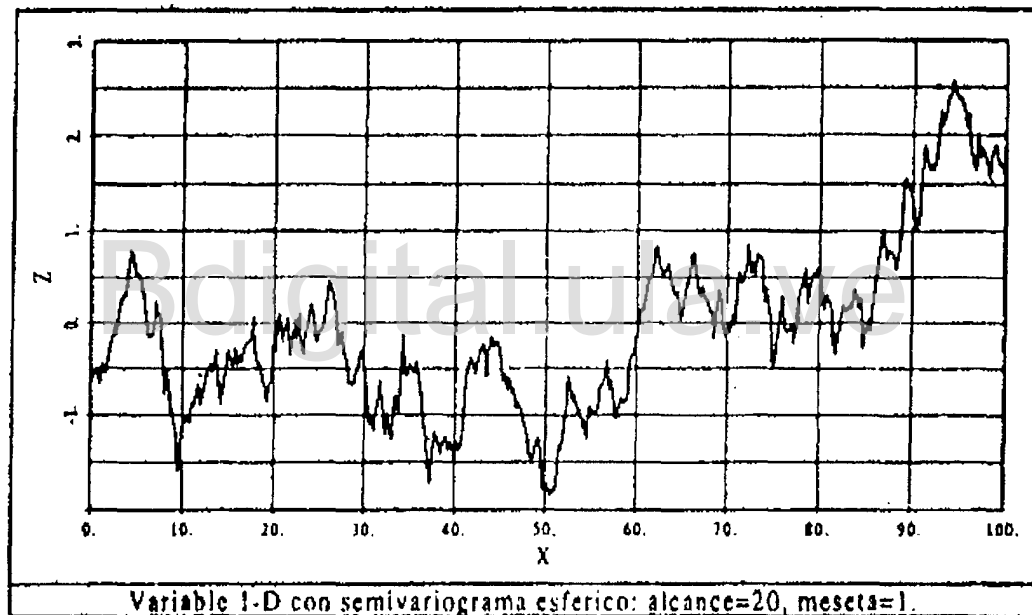


Figura 7 Variable con semivariograma exponencial.

Modelo Gaussiano

Su ecuación es:

$$\gamma(h) = S[1 - \exp(-h^2/a^2)]$$

Al igual que el caso anterior, alcanza la meseta asintóticamente. Estrictamente, no tiene alcance sino que a efectos prácticos $a' = (a)^{1/3}$ valor para el cual $\gamma(h) = 0,95 S$.

Su comportamiento en el origen, de tipo parabólico con pendiente nula, es indicativo de gran regularidad, Su distancia integral es:

$$\lambda = (a/2) \sqrt{\pi}$$

Esta distancia es indicativa de una mayor estructura espacial, y como ya se dijo, es representativa de fenómenos suaves continuos en todos los puntos y derivable en la mayoría.

En la Figura 8 se observa una variable con semivariograma Gaussiano, en el cual, dentro de la suavidad, pueden observarse fluctuaciones de gran escala en torno a su media. La amplitud de las mismas es del orden de la meseta y su período es proporcional al alcance. Este modelo suele conducir a errores numéricos, por lo que se usa combinado con el efecto pepita. Por ello su empleo en la práctica es poco usual.

Modelos Monómicos en h^θ

Son de la forma: $\gamma(h) = k \cdot h^\theta$; donde θ ha de pertenecer al intervalo $(0,2)$. Nótese que $\theta = 0$ corresponde a efecto pepita puro y no puede ser igual o mayor a 2 porque no cumplirá con la condición.

Este tipo de modelo se utilizan para representar variables no estacionarias. En la Figura 9 se da un ejemplo de una variable con $\theta > 1$, por lo que la pendiente en el origen es nula y la variable tiene una representación suave. Esta suavidad a pequeñas distancias crece con el exponente θ . Inversamente, al reducir θ se producen fluctuaciones. De forma que para $\theta=1$ el comportamiento es similar al de las figuras de los modelos esférico y exponencial.

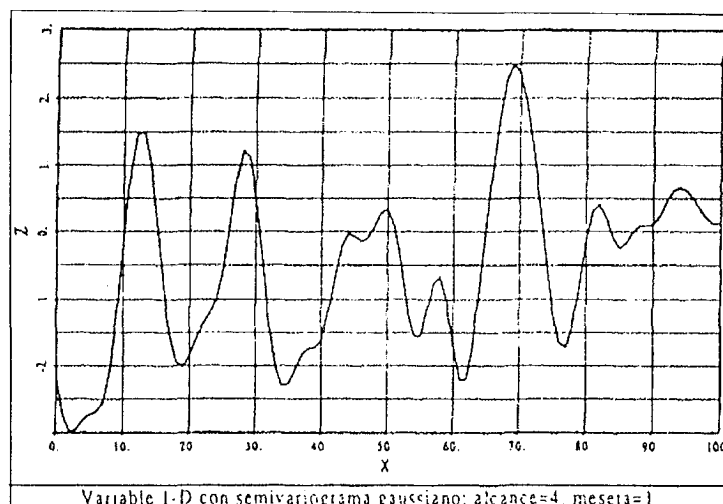


Figura 8 Variable con semivariograma Gaussiano.

Para valores más pequeños de θ las fluctuaciones de pequeño período son mucho más acentuadas y su amplitud apenas reduce el período, a diferencia de los modelos esféricos y exponencial.

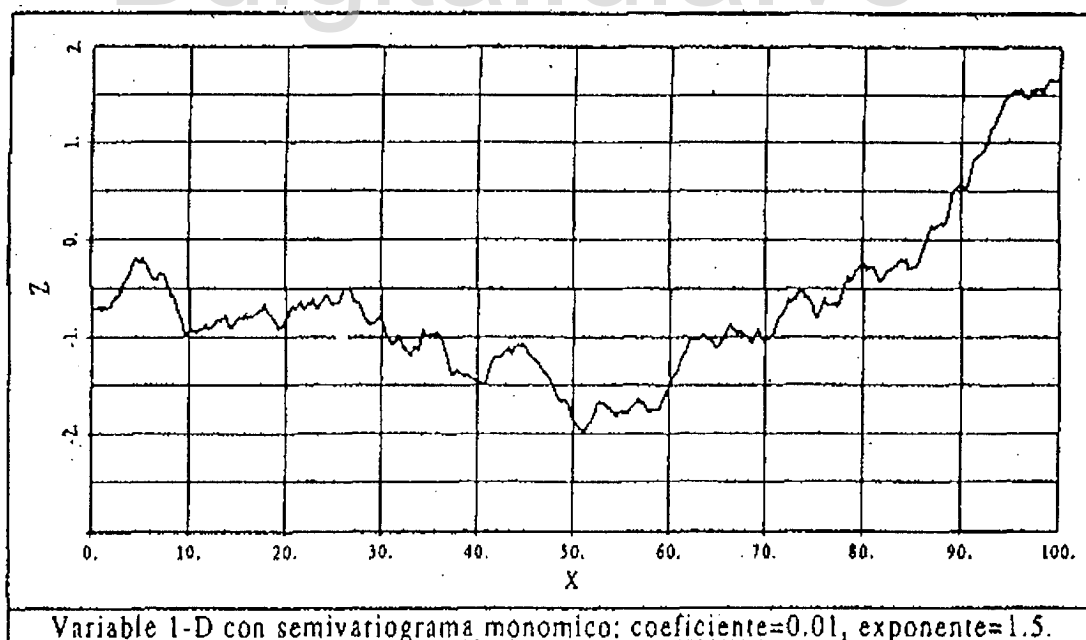


Figura 9 Variable con semivariograma monómico.

Estimación de los Semivariogramas

Como se vio anteriormente, la función semivariograma de una función intrínseca $Z(x)$, cuantifica su estructura de correlación espacial. Se sabe que el semivariograma muestral tiene asociados una serie de problemas muestrales, por lo que han sido propuestos otros estimadores con mejores propiedades estadísticas. La estimación del semivariograma plantea serias dificultades, ya que requiere estimar momentos de segundo orden a partir de una sola de sus posibles realizaciones. Dentro de los métodos más comunes se tiene: Método de los Momentos, usado para el semivariograma experimental y los usados con el modelo teórico, como el de Mínimos Cuadrados, Jackknife, Máxima Verosimilitud y Validación Cruzada. A continuación se describe brevemente el Método de los Momentos por corresponder con el semivariograma experimental y uno de los usados con el teórico que es el de Mínimos Cuadrados.

Método de los Momentos

γ se puede obtener a partir de N observaciones independientes, lo mismo que un estimador insesgado de 2° orden de cualquier variable aleatoria, como:

$$[E(Y^2)]^* = 1/N \sum_i Y_i^2$$

se puede adoptar un estimador del semivariograma como:

$$\gamma^*(h) = 1/2M(h) \sum_i [Z(y_i) - Z(x_i)]^2$$

donde $M(h)$ es el número total de parejas tales que $y_i = x_i + h$ y el estimador es llamado experimental o muestral.

Para determinar este semivariograma es necesario que el valor de M sea el adecuado, Para lo cual se definen una serie de intervalos de distancia y se consideran todos aquellos pares de puntos que se encuentran en el mismo, definido por $h_{j+1} - h_j = L_j$.

Normalmente los intervalos tienen la misma longitud, Para cada intervalo se obtiene un solo valor de $\gamma^*(h_i^*)$, La distancia h_j^* puede tomarse como la media de las distancias de todas las parejas de puntos que se emplearon. En el caso de trabajar en dos o tres dimensiones, los puntos generalmente no están alineados. En este caso es necesario definir también un ángulo de tolerancia alrededor de la dirección definida por el vector h , por lo general $\theta = 0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$, etc.-. En estos casos el semivariograma será función

de la distancia h y de la dirección θ , por lo que conviene calcular el mismo en varias direcciones para comprobar si es isótropo o no. De acuerdo a esto quedará definido un cuadrilátero de influencia en coordenadas polares (L, θ). En cuanto al tamaño de L y θ , no existe un criterio general, aunque se podría decir que deben ser tales que aseguren un número de, por lo menos, 30 pares. A mayor valor de L y θ , más suavidad y mayor error de discretización.

El semivariograma muestral tiene un comportamiento estadístico pobre y es muy sensible respecto a los valores extremos de la variable. Son numerosos los ejemplos en Minería (Krige y Magri 1982, citado por Samper y Cabrera, 1990) y en Hidrología Subterránea (Samper y Cabrera, 1990) que muestran como el semivariograma de variables con funciones sesgadas (como la logarítmico normal) suelen presentar un comportamiento errático con fuertes fluctuaciones, a menos que se haga una transformación de los datos, lo que produce un semivariograma muestral más estable y se disminuye el efecto de los valores extremos.

Para soslayar los problemas inherentes al semivariograma muestral algunos autores proponen utilizar estimadores robustos que son menos sensibles a los valores extremos (valores grandes de h), tales como los de Cressie y Hawkins, los cuantiles de Armstrong y Delfiner (1980), los no paramétricos de Henley 1981, y Omre 1984 y el de Dowd 1984, citados por Samper y Cabrera, 1990.

Estas metodologías son útiles para estimar el valor del semivariograma a una distancia h dada. En la mayoría de las aplicaciones prácticas se requiere conocer todos los valores de la función $\gamma(h)$ y es por ello que se utilizan los modelos anteriormente vistos para ajustar a la variable en cuestión, mediante los métodos restantes.

Método de los Mínimos Cuadrados

El problema que se plantea es el de estimar los parámetros del semivariograma que mejor se ajusta, en términos de error cuadrático medio al semivariograma muestral. De acuerdo a la formulación de Tough y Leyshon (1985), citado por Samper y Cabrera (1990), el problema consiste en minimizar la suma ponderada de los errores cuadráticos

$$\sum_{i=1}^{N_c} w_i [\gamma(h_i) - \hat{\gamma}(h_i)]^2$$

donde N_c es el número de clases en los que se calcula el semivariograma muestral y w_i son los pesos asignados a cada valor de

$\gamma^*(h_i)$, que suelen tomarse inversamente proporcionales a su varianza.

Los autores adoptaron la siguiente expresión para el peso del i ésimo intervalo:

$$w_i = M(h_i) / \sum M(h_i)$$

La crítica que se le hace a esta metodología es que no tiene en cuenta la posible correlación de los valores del semivariograma muestral, lo cual puede conducir a situaciones en que el aumento del número de datos empeora el valor de los parámetros.

Este problema puede ser resuelto utilizando mínimos cuadrados generalizados. A pesar de haber sido bastante aplicado, este difiere considerablemente del semivariograma verdadero, sobre todo cuando el número de datos es reducido.

Krigeado

Etimológicamente la palabra Krigeado procede del geólogo sudafricano D.G.Krige, cuyo trabajo sobre la estimación de reservas de oro de los depósitos de Witwatersrand en 1951, suele considerarse como el precursor del método. También es común oír la palabra kriging o krigeage.

Este método se usa para determinar el valor de la variable o función aleatoria en estudio, ya sea en un punto x , o en un bloque de superficie para obtener su promedio. La función puede ser de tipo estacionaria o intrínseca, en cuyo caso el Krigeado suele denominarse ordinario y cuando se trata de no intrínsecas se puede usar los denominados universal y residual.

Para tener una mayor comprensión del método, se muestran las condiciones generales a partir de las cuales se llega a las ecuaciones del Krigeado. En este caso la variable es estacionaria y el krigeado puntual. El estimador, por ser lineal, tiene la siguiente forma:

$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i$$

donde:

Z_i : valores medidos de la variable en los punto x_i

λ_i : son los coeficientes de ponderación o de krigeado.

Las condiciones impuestas, para obtener las ecuaciones de Krigeado, son:

- a) Sesgo nulo : es decir $E(Z^*-Z) = 0$
- b) La varianza del error de estimación debe ser mínima, la cual está definida por:

$$\begin{aligned} \text{Var}(Z^*-Z) &= E[(Z^*-Z)^2] = E[(\sum \lambda_i Z_i)(\sum \lambda_j Z_j)] - 2E[\sum \lambda_i Z_i Z] + E[Z]^2 \\ &= \sum_{i,j} \lambda_i \lambda_j E(Z_i Z_j) - 2 \sum \lambda_i E(Z_i Z) + E[Z]^2 \end{aligned}$$

De esta última expresión se puede conocer $E(Z_i Z_j)$, $E(Z_i Z)$ y $E(Z)^2$ a partir del semivariograma o de la función de covarianza. A esta ecuación se le aplican métodos matemáticos para minimización de funciones tales como la derivada primera, multiplicadores de Lagrange, etc., según corresponda, de manera de obtener el sistema de ecuaciones lineales de krigeado, mediante el cual se obtendrán los coeficiente de ponderación que permitirán definir Z^*_i y su varianza.

La aplicación del método se realizará sobre la variable de estudio cuando corresponda, debido a los distintos comportamientos estadísticos de las variables y por ende distintas soluciones, cuya explicación escapa del alcance de esta revisión.

Recarga Artificial de Acuíferos

La recarga artificial podría definirse como el conjunto de técnicas cuyo objetivo principal es permitir una mejor explotación de los acuíferos por aumento de sus recursos y creación de reservas, mediante una intervención directa o indirecta en el ciclo natural del agua.

Los métodos son tan variados como la procedencia del agua y su mayor o menor éxito depende de una buena adaptación al terreno, subsuelo, tipo de agua, necesidades y condiciones socioeconómicas de la zona en la que se plantea o realiza la recarga artificial.

Recarga Artificial en el Valle de Sicarigua

La construcción de un sistema de recarga artificial en el Valle de Sicarigua requiere de una planificación adecuada, la cual se debe iniciar reconociendo las condiciones que debe cumplir un sitio para que la recarga sea factible. Los principales criterios

para la selección de un sitio de recarga con métodos superficiales son:

- Superficie del terreno permeable que permita una adecuada velocidad de infiltración.
- Capacidad de almacenamiento entre la superficie del terreno y la profundidad del nivel piezométrico para el almacenamiento del agua de recarga.
- La zona no saturada no debe presentar capas que limiten el flujo vertical
- El acuífero debe ser de tipo libre.

Si las capas permeables se localizan a profundidades superiores a los 10 metros, la recarga quedará fuera del alcance de las obras de tipo superficial ya que no es factible remover la capa superficial. Como alternativa se aprovecharían los pozos abandonados como pozos de absorción que alcancen los materiales permeables. En ambos casos, tanto los pozos de absorción como las zanjas se rellenarán con arena y grava para disminuir la velocidad de entrada del agua de recarga y con ello evitar la erosión, socavación y derrumbe de las paredes así como reducir la colmatación. La Figura 10 presenta diferentes sistemas de recarga artificial a nivel superficial y mediante pozos.

Existe un sistema de recarga de tipo superficial que se puede construir sobre el cauce de las quebradas o paralelas a éstas. Las obras en el interior de los cauces consisten en "bordos" o pequeñas represas para detener el flujo, incrementar el tirante de agua y aumentar el volumen de infiltración. Las dimensiones de estas represas se construyen acorde con las características hidrológicas de cada sitio. En general, éstas deberán ser pequeñas y espaciadas a corta distancia en áreas de pendiente pronunciada. En cauces amplios y de pendiente suave(1%-3%) los bordos estarán más espaciados. Ver Figura 11

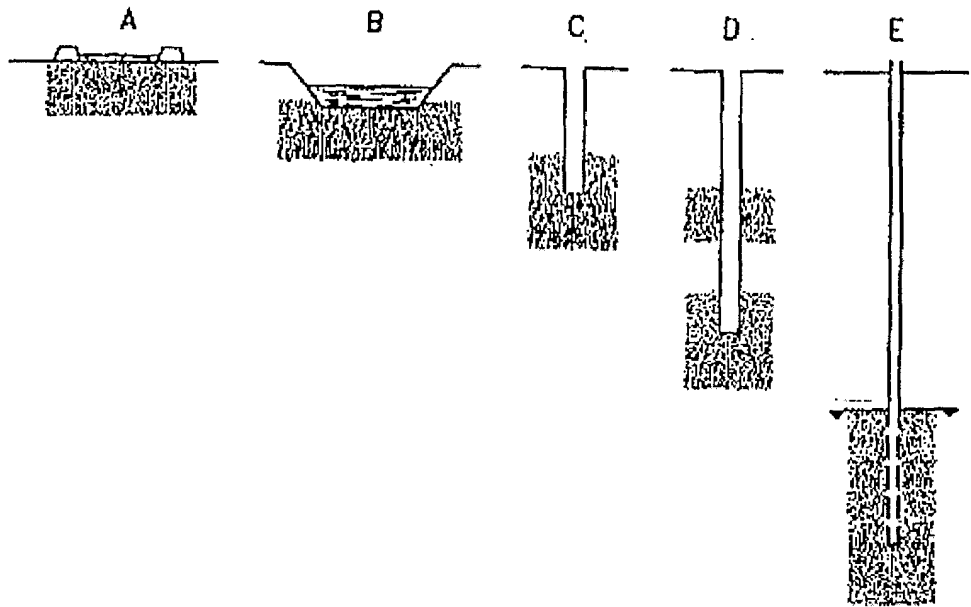


Figura 10 Sistemas de recarga para alcanzar los materiales permeables: a) embalses, b) excavación somera, c) zanjas, d) pozos de absorción, e) pozos de inyección

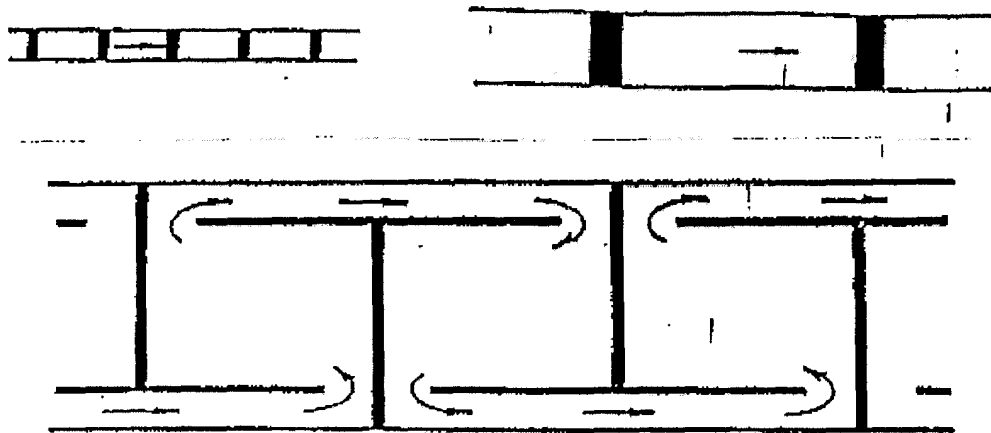


Figura 11 Sistema de infiltración a través de estanques y canales

En áreas con pendientes suaves (1%-3%) las represas se pueden construir formando diques en forma de "L" o "T", de tal manera que se aumenta la superficie y tiempo de contacto contribuyendo con ello al incremento de la tasa de infiltración. Las avenidas extraordinarias pueden destruir las estructuras, pero al mismo tiempo permiten la limpieza del fondo de los embalses y evitan la

colmatación. Los sistemas de recarga a través de canales permiten hacer circular el agua a una velocidad lo suficientemente alta para evitar el depósito de materiales finos. Los sistemas cercanos a las quebradas pueden formar canales en forma cuadrada, rectangular o irregular con un ancho que puede fluctuar entre los 0.3 a 1.8 metros y siguiendo las curvas de nivel del terreno.

Las zanjias permiten alcanzar profundidades someras hasta la cima de las capas permeables y se rellenan con arena y grava para disminuir la velocidad de entrada del agua y evitar la erosión, socavación o derrumbe de las paredes, así como para filtrar y retener un porcentaje de sedimentos en suspensión. Dependiendo de sus dimensiones se podrán cubrir superficialmente para evitar la evaporación, acumulación de partículas o desechos sólidos en la superficie.

Otro sistema de recarga artificial consiste en utilizar los pozos de bombeo abandonados como pozos de absorción. En el Valle de Sicarigua existen alrededor de 40 pozos abandonados que de ser factible pueden ser utilizados como pozos de absorción para infiltrar agua al subsuelo. Los pozos de absorción tendrán como objetivo permitir la infiltración de agua de superficie hacia las formaciones permeables del acuífero tal como se ve en la Figura 12.

La principal limitación para la operación de los pozos de absorción es la colmatación de sus paredes. Cuando este fenómeno ocurre es prácticamente imposible restaurar el pozo a su condición original mediante técnicas tradicionales de bombeo o desarrollo, debido a que el pozo se ubica en la zona no saturada y no existe flujo subterráneo que circule por las paredes de éste. Por ello, se recomienda en forma paralela a la construcción de los pozos un sistema de prevención y control de la colmatación mediante estanques de filtración natural a base de arena graduada.

El cálculo del volumen de recarga en pozos de absorción perforados en materiales uniformes se puede estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = (2KLw^2) / (\ln(2Lw/rw) - 1)$$

En donde Q es el volumen de recarga, K es la conductividad hidráulica en el entorno del pozo, Lw es el tirante de agua y rw es el radio en el pozo.

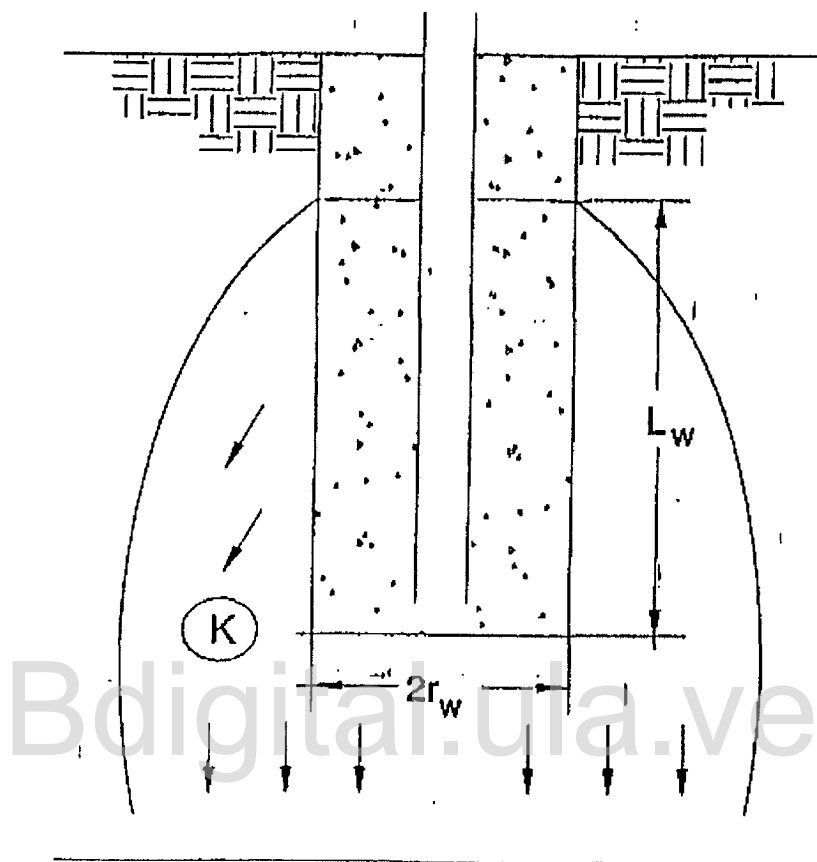


Figura 12 Diagrama esquemático de un pozo de absorción.

Otra alternativa para la recarga artificial serían los pozos de inyección los cuales tienen un diseño similar a los de producción y se perforan con equipo convencional. Su terminación deberá estar a unos metros por abajo del nivel freático a fin de evitar que la caída libre del agua introduzca aire a los poros y con ello se obstruya el flujo subterráneo. Los pozos deben suministrar un flujo continuo de acuerdo con el diámetro de la tubería establecida. En el caso de que se presenten variaciones en el caudal de recarga éste se puede canalizar a través de tuberías de diversos diámetros. El diseño de los pozos de inyección debe considerar la adaptación de un equipo de bombeo de tal forma que en un período funcionen como pozos de inyección y en otro como pozos de producción con objeto de evitar la colmatación en las paredes.

C A P I T U L O I V

EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Recarga del Acuífero

La explotación racional de los recursos subterráneos se basa en el establecimiento del balance hídrico general de la capa acuífera considerada. Este balance no es más que la aplicación del principio de conservación de masa a una cierta región, la cual está definida por unas determinadas condiciones de contorno.

Para la realización de este balance se considera que la diferencia entre el total de las entradas y de las salidas debe ser igual al cambio en el almacenamiento durante el período de tiempo seleccionado.

Una de las entradas fundamentales al acuífero lo constituye la recarga natural al mismo, la cual es indispensable determinar para poder realizar una explotación racional del recurso agua.

Con el uso de las microcomputadoras de gran velocidad se han podido desarrollar modelos matemáticos, que permiten simular el comportamiento del sistema con ciertos datos de entrada.

Dado que el valle de Sicarigua se encuentra dentro de la cuenca del río Morere, para determinar la recarga del acuífero del valle se procedió de la siguiente manera:

En la Figura 13 se presenta la delimitación de la cuenca del río Morere hasta la estación fluviométrica de Puente Bolívar y la respectiva división en las subcuencas consideradas. Se calibró un modelo de simulación paramétrica, a escala mensual, en cada una de las cuencas con información hidrométrica.

En la Tabla 1 se presentan los cursos de agua con registros históricos de esorrentía que se consideraron, con sus respectivas áreas de drenaje y el período de registro disponible el cual existe de acuerdo a información suministrada por el MARNR hasta el año 1977.

Tabla 1 Ríos con registros históricos de Escorrentía, considerados en la recarga.

Río	Estación Hidrométrica	Area (Km2)	Período de Registro
Bucares	Los Caños	588	1967 - 1977
Quediches	La Fortaleza	103	1968 - 1977
Morere	Puente Bolivar	3440	1966 - 1977

En la Tabla 2 se presenta el cronocódigo de las estaciones de medición, tanto de precipitación como de evaporación y de escorrentía, existentes en la cuenca del río Morere; a partir de estos datos se procedió a seleccionar el período de registro y las estaciones a usar en el modelo.

Tabla 2 Cronocódigo de las estaciones de medición sistema hidrológico Río Morere

			PERIODO DE REGISTRO									AÑOS
Serial	Nombre de la Estación		1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	
1170	El Burro	PR					*****					20
1174	Quebrada Arriba	PR					*****					42
1175	Puricaure	PR					*****					43
1176	San Francisco	PR					*****					43
1186	Burere	PR						*****				32
1187	Carora Granja	PR	*****									72
1198	Sabana Grande	PR					*****					43
1199	Los Arangues	PR					*****					52
2106	El Jabón	PR					*****					52
2108	Sicarigua	PR					*****					48
2109	San Pedro	PR						*****				32
2110	Prieto los Lopez	PR					*****					43
2118	El Empedrado	PR					*****					52
2119	Trentino La Pastora	PR					*****					48
2126	Valle Hondo	PR					*****					52
2127	Puente Villegas	PR					*****					52
2128	Agua de Obispos	PR					*****					43
2136	Carache	PR					*****					52
2201	Curarigua	PR					*****					43
1187	Carora Granja	EV					*****					42
1199	Los Arangues	EV						*****				27
31	Bucare-Los Caños	HD						*****				9
265	Morere-Pte Bolivar	HD					*****					34
351	Quediche-La Fortaleza	HD						*****				10

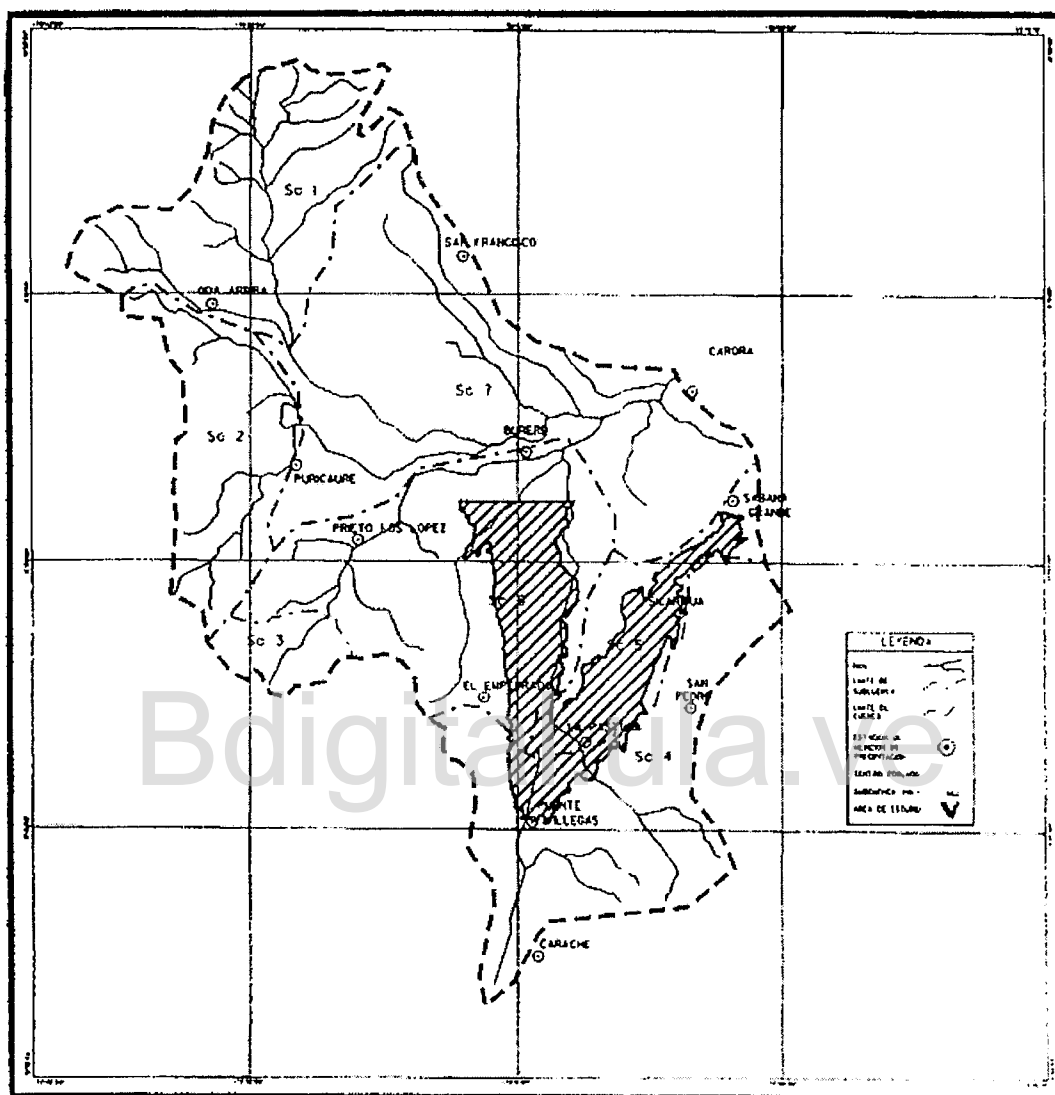


Figura 13 Delimitación de la cuenca del río Morere en Pte. Bolívar

Descripción del modelo de simulación a nivel mensual

A continuación se presenta una breve descripción del modelo de simulación usado para determinar la recarga natural al acuífero del valle de sicarigua.

El modelo utilizado fue desarrollado por Duque y Barrios en 1988, en él se consideran grandes intervalos de tiempo, es decir, intervalos mensuales, además no se toma en cuenta la presencia de embalses, de lagos, ni de pantanos.

Para la aplicación de este modelo, se visualiza la cuenca dividida en subcuencas en las cuales se supone homogeneidad tanto en los procesos hidrológicos como en las condiciones que los afectan.

En la figura 14 se presenta de manera esquemática la conceptualización del sistema hidrológico regional usada en el modelo, considerándose procesos de transferencia y procesos de almacenamiento.

Los procesos de transferencia son: la precipitación, la evaporación, la infiltración, la percolación, el escurrimiento y el caudal base. Mientras que los de almacenamiento son: el almacenamiento superficial, el almacenamiento de humedad del suelo y el almacenamiento del agua subterránea. Todos estos procesos están interrelacionados entre sí para generar la escorrentía en un punto dado de la cuenca.

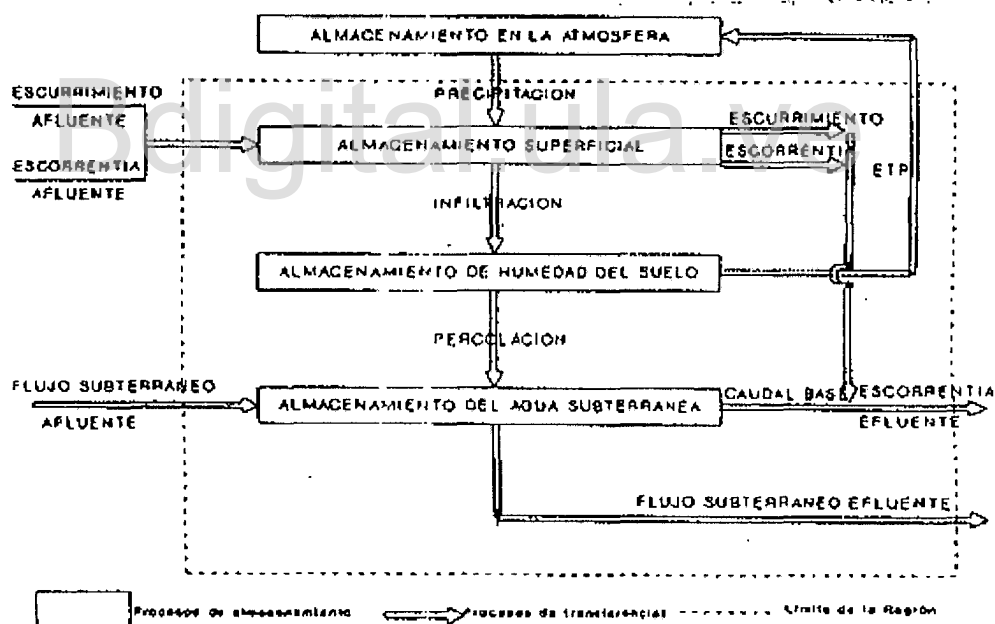


Figura 14 Conceptualización del sistema hidrológico regional usado en el modelo.

Calibración del modelo de simulación

La calibración del modelo de simulación se logra al obtener que la salida del modelo se ajuste a la del sistema real, con lo cual se determinan los valores de los parámetros que manejan los procesos de transferencia y de almacenamiento.

Fue necesario calibrar el modelo de simulación paramétrica en los ríos con registros históricos, es decir, en los ríos Bucares, Quediches y Morere. En la Figura 15 se presentan las estaciones de medición de precipitación, evaporación y escorrentía utilizadas.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la calibración.

Tabla 3 Resultados de la calibración del modelo de simulación paramétrica a nivel mensual.

	Río Burere	Río Quediche	Río Morere
Escor. Obs (mm)	604,50	2.704,90	931,80
Escor. Sim (mm)	605,50	2.724,40	943,70
Diferencia (%)	0,16	1,09	1,128
Coef. De Correlación	0,807	0,793	0,828

Como se puede observar los caudales observados y los simulados no presentan una diferencia considerable, a partir de estos valores de la calibración se establece la base de datos para proceder a la generación de la escorrentía de la cuenca y de la recarga simulada del acuífero

Determinación de la recarga natural del acuífero

Una vez calibrado el modelo en la cuenca del río Morere, se procedió a determinar la recarga del acuífero. El área en consideración en este trabajo corresponde al sector Sicarigua-Bucares; la recarga natural promedio para dicho sector se estima en 14,86 millones de metros cúbicos por año, cifra esta que corresponde al flujo subterráneo efluente de las subcuencas N°4 y N°5, el cual pasa a las capas profundas de la subcuenca N°6. En las Tablas 4 Y 5 Se presentan el flujo subterráneo efluente y la percolación, para cada subcuenca considerada en la Figura 15. De acuerdo a estos resultados parece que se esta en presencia de un acuífero confinado tal como lo define González (1980), pero en estos momentos los datos actualizados de la zona, en lo que respecta a niveles estáticos, dinámicos y pruebas de bombeo indican que el acuífero ha cambiado de confinado a libre. En el anexo A se presentan las calibraciones de los ríos utilizados así como las simulaciones de la escorrentía y de la recarga del acuífero.

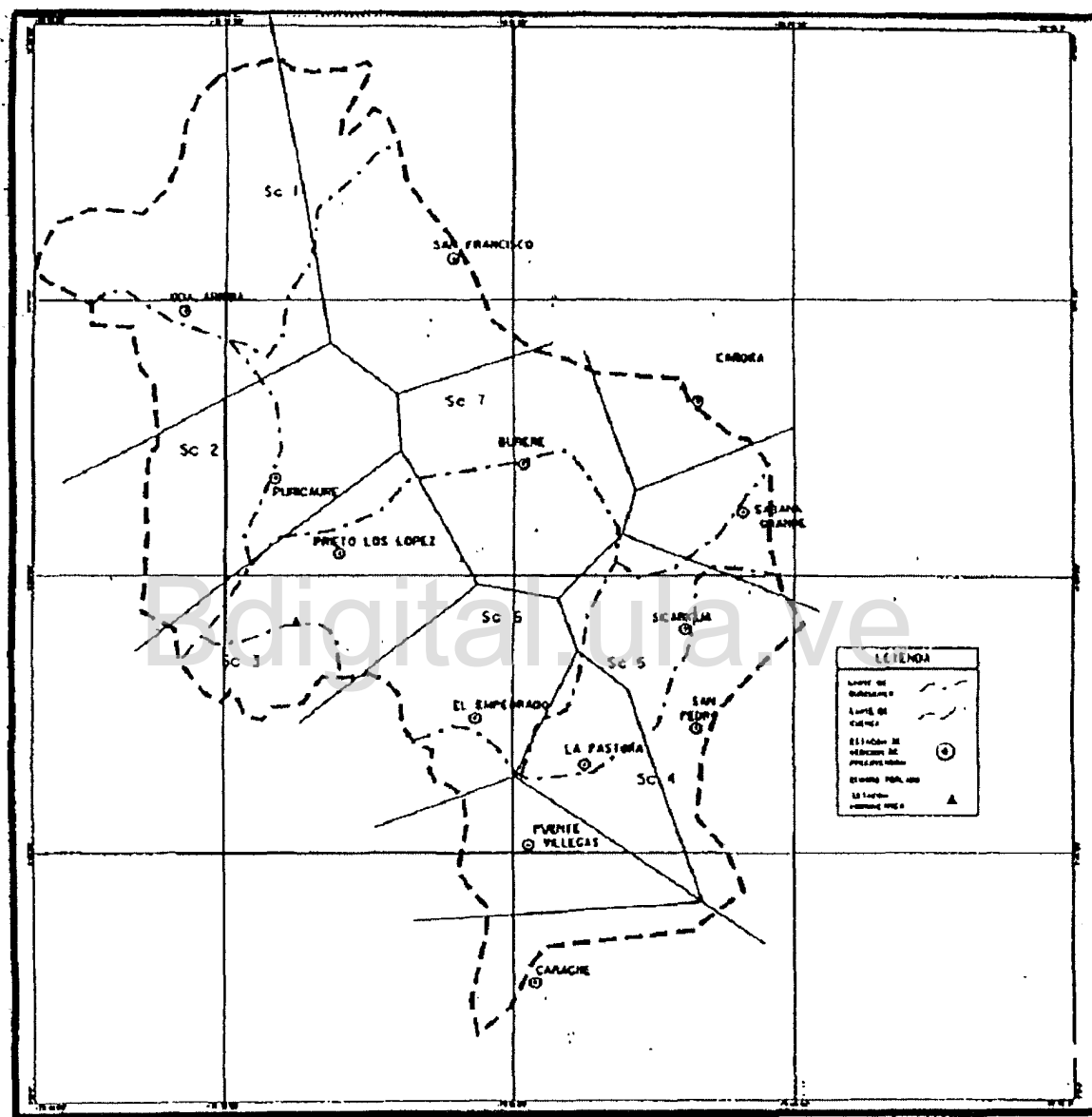


Figura 15 Estaciones de precipitación, evaporación y escorrentia

Tabla 4 Flujo subterráneo efluente, en millones de metros cúbicos, para las subcuencas consideradas en la Figura 13

AÑO	1	2	3	4	5	6	7
1965	1,75	1,93	0,60	7,17	9,67	3,03	0,00
1966	3,72	3,02	1,03	11,37	7,36	1,34	0,11
1967	4,20	3,15	1,43	19,21	18,15	2,49	0,24
1968	4,11	2,58	1,11	13,34	1,46	0,99	0,01
1969	4,51	3,39	1,33	16,23	7,70	1,01	0,05
1970	6,38	4,93	1,58	20,08	14,09	1,32	0,08
1971	6,00	3,99	1,13	17,96	3,05	1,03	0,01
1972	3,18	2,99	0,90	15,85	0,91	0,80	0,00
1973	2,26	2,49	0,62	7,95	5,73	0,50	0,02
1974	4,30	3,54	1,29	14,40	10,37	0,97	0,03
1975	4,29	3,31	1,20	11,13	1,64	0,99	0,01
1976	3,76	3,21	1,27	9,90	2,05	1,04	0,01
1977	1,90	2,16	0,70	4,44	0,12	0,71	0,00
1978	1,72	1,42	0,31	6,36	0,83	0,33	0,00
1979	3,19	2,48	0,52	10,93	1,70	0,29	0,01
1980	3,29	3,52	1,14	13,98	3,87	0,84	0,02
1981	3,40	4,03	1,28	15,06	4,81	0,94	0,01
1982	4,36	4,00	1,21	12,89	0,99	1,07	0,00
1983	3,43	2,56	0,67	3,76	0,05	0,65	0,00
1984	1,63	1,58	0,41	3,33	0,01	0,39	0,00
1985	2,28	2,76	0,68	8,02	1,77	0,42	0,01
1986	4,19	3,48	1,21	10,76	3,93	0,91	0,01
1987	3,58	2,84	1,13	7,41	0,84	0,91	0,00
1988	5,01	3,05	1,41	10,45	2,81	1,05	0,00
1989	5,59	3,46	1,23	14,48	3,23	1,10	0,00
1990	4,98	3,60	1,05	9,25	0,78	0,88	0,00
1991	3,26	2,76	0,94	7,45	0,86	0,82	0,00
1992	2,21	1,53	0,77	3,99	0,11	0,64	0,00
TOTAL	102,50	83,76	28,15	307,15	108,82	27,46	0,63

Tabla 5 Percolación. En millones de metros cúbicos, para las subcuencas consideradas en la Figura 13

AÑO	1	2	3	4	5	6	7
1965	34,56	28,94	10,75	45,80	4,17	0,07	0,01
1966	50,83	34,49	12,58	59,10	29,47	2,39	0,44
1967	16,15	12,68	9,68	58,89	0,27	0,00	0,00
1968	46,56	25,85	10,20	52,73	0,82	0,00	0,00
1969	63,44	53,92	17,49	97,24	26,74	0,12	0,16
1970	65,57	40,16	10,74	75,37	3,88	0,00	0,00
1971	22,15	26,59	7,94	59,03	1,03	0,00	0,00
1972	8,13	18,43	2,68	41,12	0,42	0,00	0,00
1973	48,64	31,94	13,03	54,42	20,37	0,07	0,06
1974	40,30	32,92	12,79	54,91	0,66	0,02	0,01
1975	39,94	32,44	11,13	43,94	3,65	0,02	0,02
1976	8,91	14,86	6,77	16,85	0,02	0,00	0,00
1977	6,57	8,96	0,76	12,28	0,07	0,00	0,00
1978	22,98	10,75	1,16	21,29	1,14	0,00	0,00
1979	49,77	51,24	14,74	91,80	6,90	0,03	0,04
1980	8,80	18,99	8,00	15,35	0,28	0,00	0,00
1981	49,71	49,93	15,34	91,58	6,94	0,01	0,01
1982	35,45	20,80	4,12	17,03	0,01	0,00	0,00
1983	13,29	10,80	3,62	8,21	0,00	0,00	0,00
1984	9,80	18,87	2,85	23,28	0,03	0,00	0,00
1985	52,40	46,18	15,19	54,62	7,02	0,02	0,02
1986	28,99	18,91	9,71	26,78	1,01	0,01	0,00
1987	39,09	26,58	11,30	28,67	0,44	0,00	0,01
1988	64,51	33,63	14,73	72,85	7,34	0,04	0,00
1989	45,43	35,84	6,84	39,02	0,26	0,01	0,00
1990	24,87	28,03	10,55	34,88	1,70	0,02	0,01
1991	19,56	4,32	5,33	13,05	0,12	0,00	0,00
1992	4,39	14,00	7,76	11,04	0,03	0,00	0,00
TOTAL	920,79	751,05	257,96	1.221,13	124,79	2,83	0,79

Red de Pozos

Del total de pozos existentes en el área de estudio, unos 160 han sido objeto de alguna medición en cierto momento. Sin embargo no todos esos pozos han sido medidos en forma simultánea y continua. En este trabajo se toma en consideración las mediciones del nivel estático realizadas en los pozos durante el periodo 1996-1998. Se observa que los pozos medidos cada año no necesariamente fueron los mismos. Se construyó el variograma experimental y se ajustó el modelo teórico correspondiente. Del análisis resulta un variograma con las siguientes características: dirección omnidireccional, ancho del intervalo de crecimiento 700, longitud 20.000. A este variograma experimental luego se le ajusta un modelo gauss cuyos parámetros son: pepita 100,4 meseta 1500 alcance 10461,33. De acuerdo a las características del variograma, se puede decir que el error promedio entre los niveles reportados de los diferentes pozos está alrededor de los 10 metros, este valor se obtiene al tomar el valor de la pepita que en este caso es 100.4 y sacarle la raíz cuadrada, lo cual da como resultado 10.02. Otra afirmación es que la correlación entre pozos se logra hasta un máximo de 10461 metros de separación entre pozos, este valor corresponde al alcance del variograma, lo cual puede usarse como un indicativo al momento de ubicar nuevos pozos o piezómetros. El gráfico resultante del ajuste se presenta en la Figura 16, el cual fue obtenido aplicando el programa Variowin/Model. En el anexo B se presenta el archivo de entrada al modelo Variowin/Model.

Para poder trazar la grilla y definir la zona en estudio se utilizaron los siguientes planos: fondo de roca, nivel de terreno y techo confinante realizados por González (1980), estos planos se digitalizaron y con la ayuda del programa Surfer/Grid se logró obtener un plano base inicial de la zona a estudiar, ya que el Surfer/Grid tiene la particularidad de generar información más detallada a partir de los datos iniciales.

Luego de definir el modelo de semivariograma teórico que mejor se ajusta a la variable (nivel estático), se procede al trazado de la grilla con los valores observados, para ello se utilizó el programa Surfer/Grid y se usó como método de interpolación el Krigado imponiendo el variograma ajustado.

Variables: Nivel 98 - Nivel 98 | IGF: 5.3083e-01
Gamma(h): 100.4 + 1500 Gauss.10461 (h)
Dir.(1): 0 | anis.(1): 1

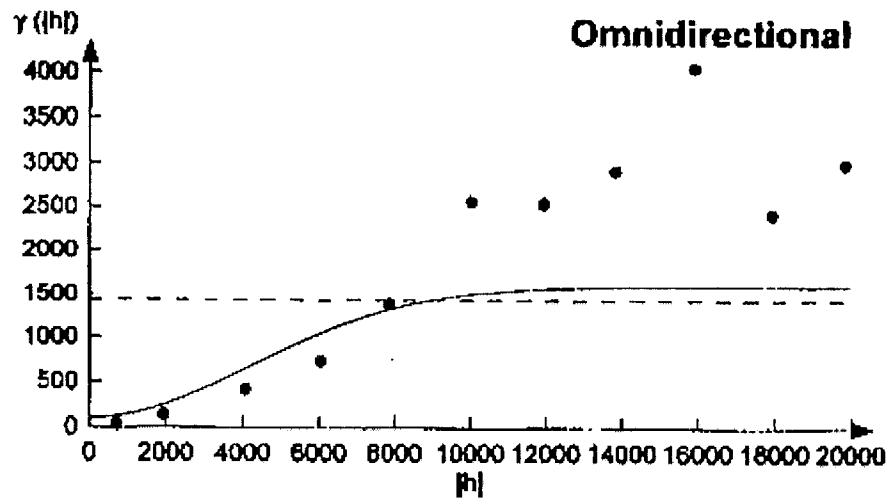


Figura 16 Resultado del ajuste del Variowin/Model

Seguidamente se elaboraron planos para los niveles estáticos del año 1996 y del año 1998 (figuras 17 y 18). Siempre utilizando el mismo variograma obtenido del Variowin/Model.

La información del bombeo de los pozos de la zona se utilizó para construir el plano de caudal específico, el procedimiento es muy sencillo y consiste en dividir los valores del caudal de bombeo por la diferencia entre el nivel estático menos el nivel dinámico. De esa forma se determinaron para cada pozo su correspondiente valor de caudal específico y de allí se construyó el plano correspondiente tal como se muestra en la Figura 19.

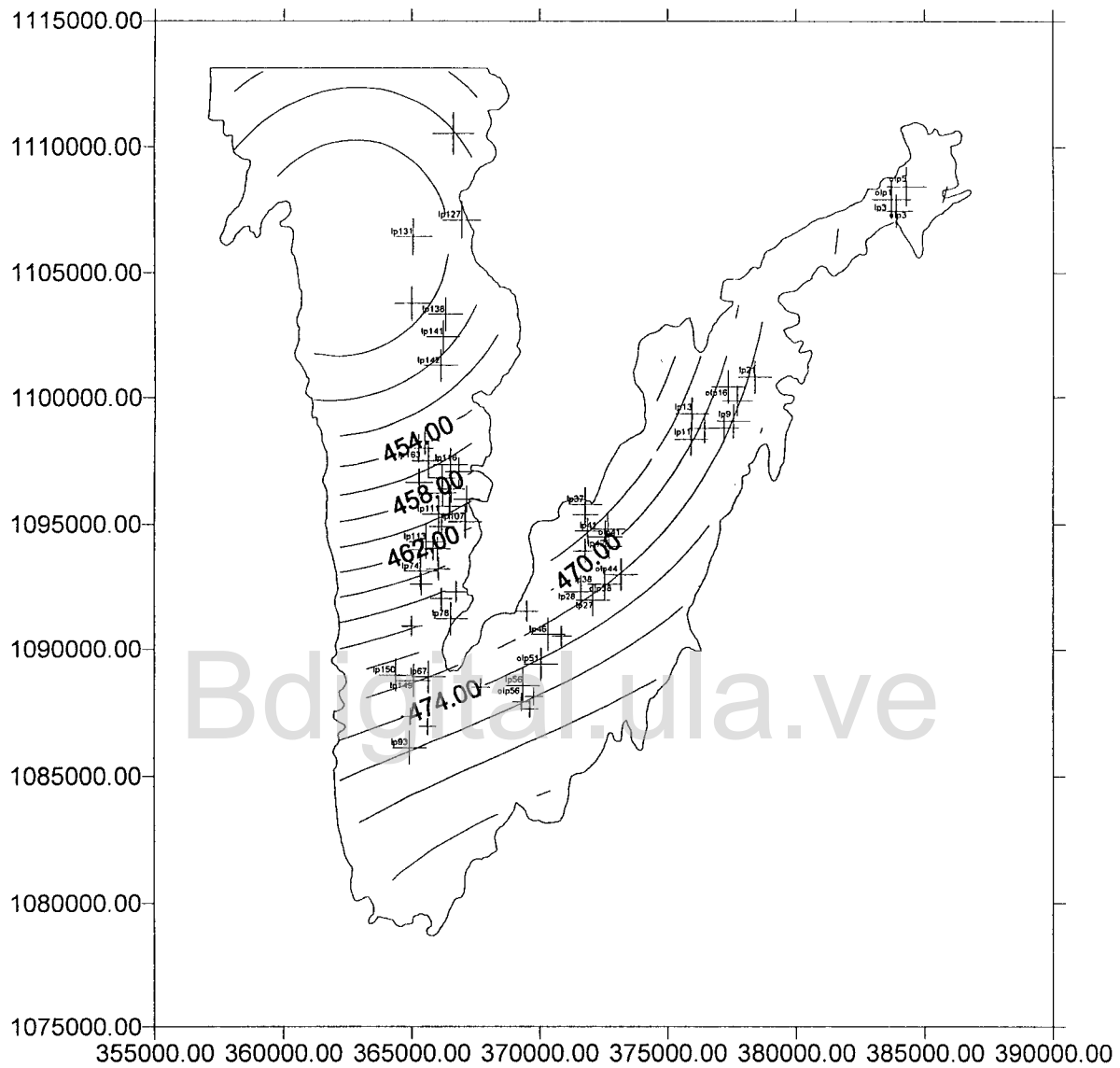


Figura 17 Nivel Estático (planta) año 1996

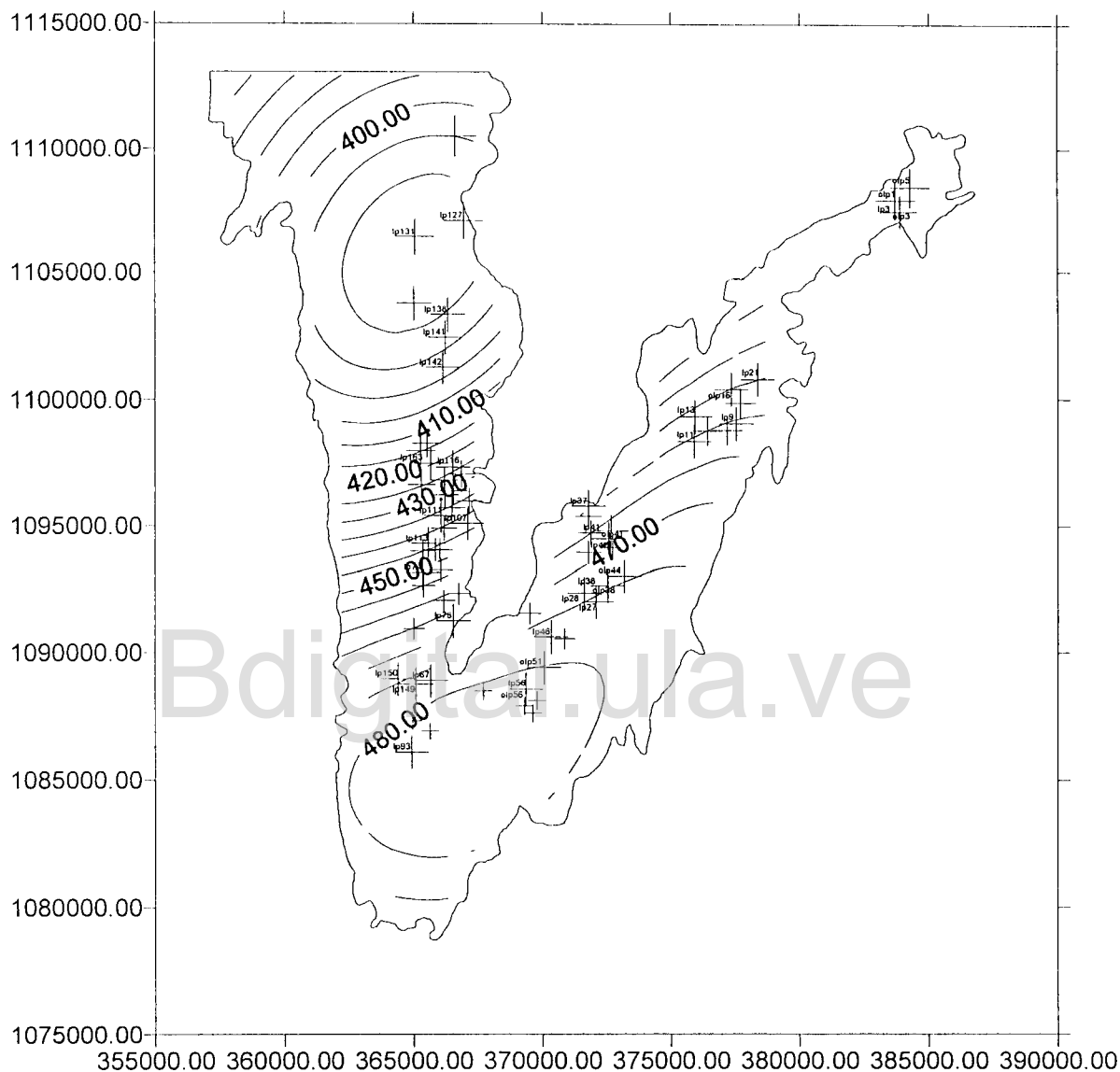


Figura 18 Nivel Estático (Planta) año 1998

Se tomaron los datos de transmisividad obtenidos de las pruebas de bombeo realizadas por González (1980) y Palmaven (1995) y se correlacionaron con los valores de caudal específico. La ecuación resultante se utilizó para generar y elaborar un plano de transmisividad de la zona en estudio tal como se presenta en la Figura 20, y en la Figura 21 el resultado de la correlación.

El propósito de realizar el plano de trasmisividad fue el de poder construir el plano de conductividad de la zona en estudio.



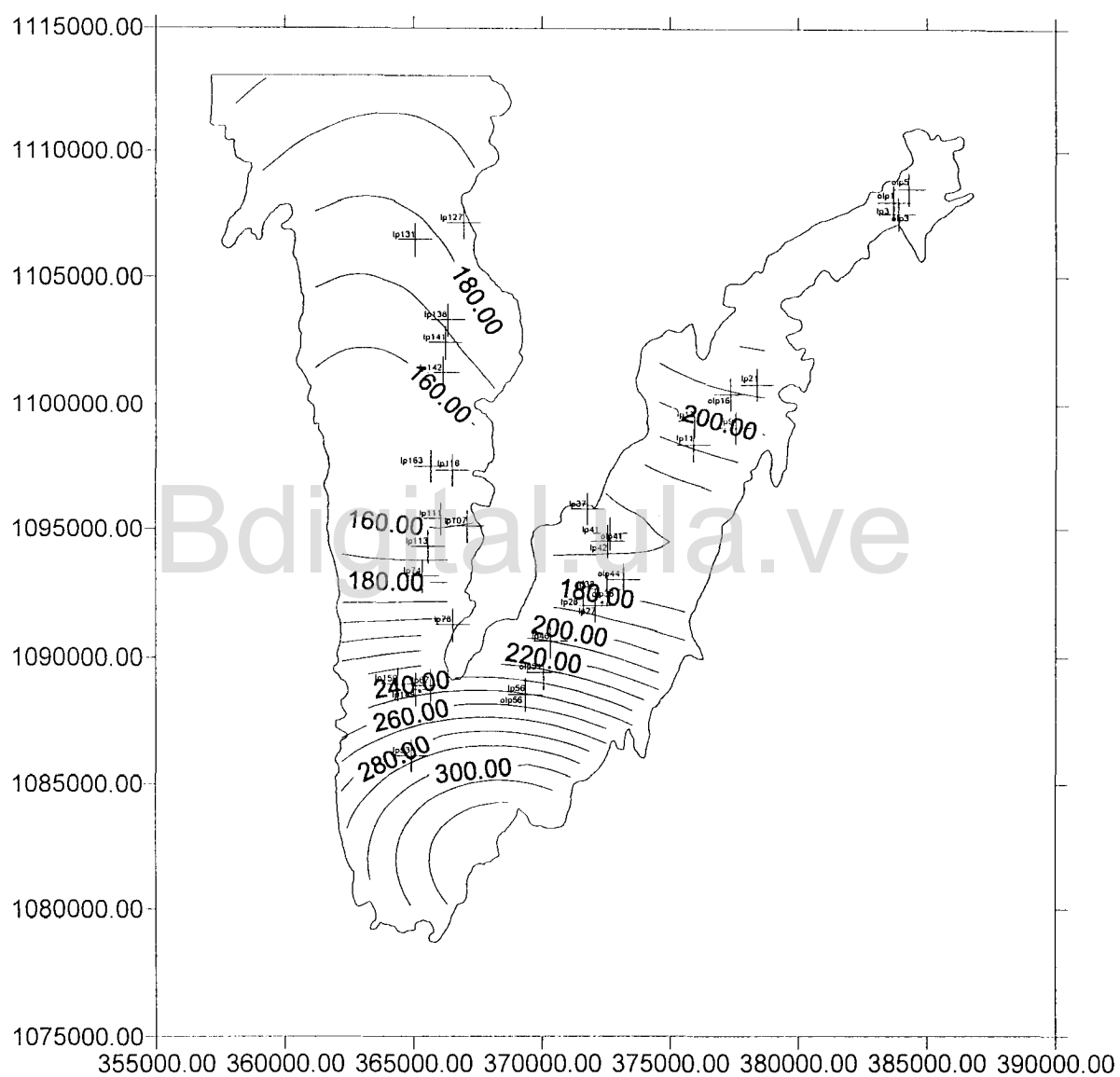


Figura 20 Transmisividad año 1998

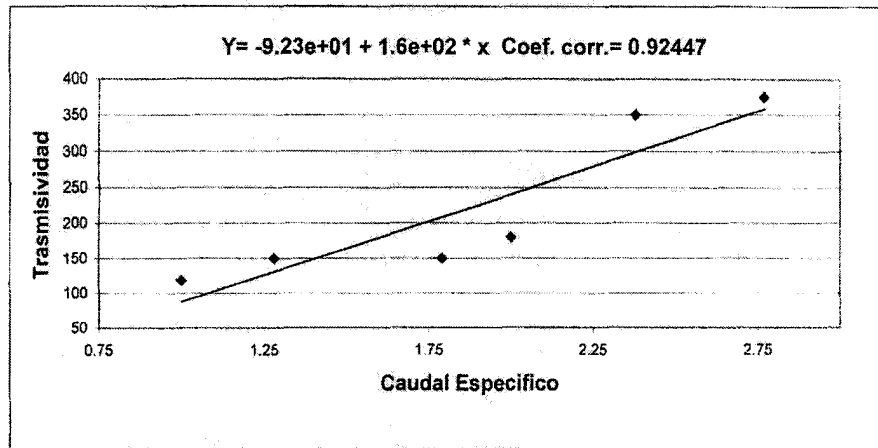


Figura 21 Ajuste del Caudal Especifico VS Transmisividad

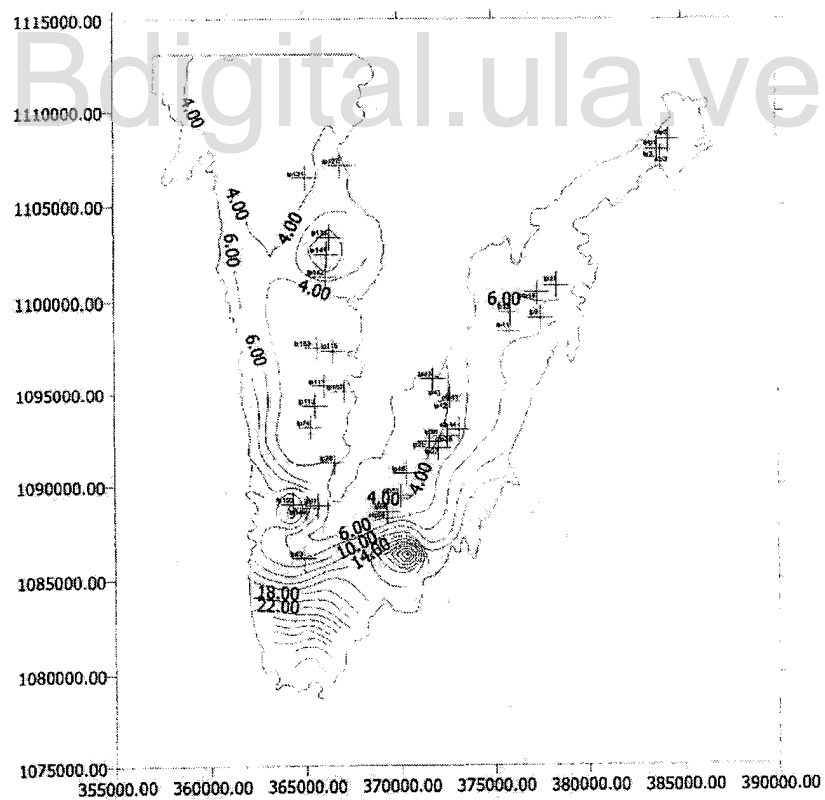


Figura 22 Conductividad (K) Año 1998

C A P I T U L O V

Simulación de las Aguas Subterráneas del Valle de Sicarigua

Uno de los problemas en aguas subterráneas es el determinar el comportamiento de un acuífero durante su fase de explotación, así como la predicción de las consecuencias de una política de explotación en la evolución futura del acuífero. La solución a tales problemas se basa en la predicción de los niveles de agua en el acuífero y en informaciones sobre extensión y espesor del acuífero.

Para la determinación de estas variables se dispone de modelos, siendo una potente herramienta de trabajo que permite manejar eficazmente situaciones complejas y tratar el sistema acuífero como un todo, solución lograda a través de métodos analíticos y métodos numéricos basados en el uso de computadoras.

Definición de Modelo de un Acuífero

Se entiende por modelo de un acuífero, el proceso de evolución y producción en el cual está integrada toda la información relacionada con el sistema de agua subterránea de la zona o área de estudio, en la cual se investiga o se chequea las proposiciones postuladas a través de la explotación, cuantifica varios parámetros y procesos futuros, modificando las condiciones iniciales de recarga y descarga.

Teniendo en cuenta que el modelaje de agua subterránea es una metodología para el análisis de ciertos mecanismos y controles del sistema de agua subterránea y para la evaluación, acción y diseños que pueden afectar el sistema como tal.

Pre-requisitos para construir un modelo de un acuífero

- Poseer un conocimiento básico de la hidrología del área.
- Determinar los parámetros básicos hidrogeológicos, tales como la porosidad efectiva, transmisividad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica.
- Conocer la evolución histórica de los niveles de agua.
- Ubicar los pozos y sus volúmenes de bombeo.
- Conocer las condiciones de frontera, parámetros de entradas de hidrología, como meteorología, como lluvia diaria, flujo en ríos, fronteras hidráulicas.
- Aplicar las leyes que rigen el movimiento de agua.

Existen varias técnicas para encontrar una solución al problema del movimiento del agua dentro del acuífero.

Los modelos existentes difieren, básicamente en la forma de describir el sistema y en la forma de resolver la ecuación diferencial que representa el sistema (Custodio y Llamas.1996).

Proceso de Modelación

Los modelos son la simplificación de una realidad que solo se conoce puntualmente a través de un número limitado de datos.

La validez de la simplificación depende del objetivo que se pretenda conseguir con el modelo.

La primera fase consiste en compilar toda la información geológica e hidrológica existente en la zona que se va a estudiar (capítulo IV). Si los datos no existen o son escasos es necesario realizar trabajos de campo. Ya que toda esa información compilada es usada para desarrollar el modelo conceptual del sistema real con todos sus componentes de entrada y salida

Si al final los resultados son coherentes, se pasa a la etapa de comparar los resultados con los datos históricos, hasta lograr una aproximación razonable.

A continuación se realiza una breve descripción del Modelo Visual Modflow, el cual se utilizará en la modelación de las aguas subterráneas del Valle de Sicarigua.

Visual Modflow es una modelación tridimensional del flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes. Permite al usuario asignar gráficamente parámetros de entrada, ejecutar la evaluación, calibrar el modelo y visualizar los resultados tanto en vistas de planta como en cortes transversales.

Características especiales

- Mejora automáticamente la malla optimizando el espaciamiento.
- Permite importar elevaciones de capas variables, respetando las propiedades heterogéneas del suelo y las condiciones de borde complejas
- Delineación a colores de los resultados de calibración y de modelación.
- Visualización personalizada de los resultados de contornos, líneas de trayectorias y sobreposiciones.
- Posee herramientas y estadísticas de calibración completas.
- Realiza una integración total (asigna los parámetros de entrada, ejecuta la simulación).

Información de entrada al Modelo (datos necesarios)

En primer lugar se deben definir las unidades a utilizar en las variables. El sistema de unidades adoptado fue el internacional por lo que cada uno de los datos introducidos y los resultados obtenidos, se presentan bajo este sistema (Tabla 6).

Seguidamente se importa el mapa base (archivo DXF de Autocad). A este mapa base se le definen los límites referentes al área de estudio se define la malla, esta información consiste en: número de columnas (X), número de filas (Y), número de capas (Z), para de esa manera tener las celdas activas, al llegar a este punto se procede a importar la superficie del terreno, para ello se tomo la información levantada por González en 1980 y por Palmaven en 1995, luego se consignan los siguientes datos:

- Pozos de bombeo (coordenadas, datos de caudal de bombeo, niveles estáticos)
- Pozos de observación (coordenadas, datos de niveles estáticos)
- Propiedades del acuífero
- Condiciones de borde (en este punto se definen las condiciones de borde con las cuales se modelara el acuífero)

En cuanto a la información referente a los pozos de bombeo y de observación, el modelo permite ingresar por pantalla tal como se muestra en las figuras 22 y 23. Se puede ver que para cada pozo -sea de bombeo o de observación- se ingresan los valores de las coordenadas, los niveles, caudales de bombeo etc.

En el anexo C se presenta un listado de datos de entrada al modelo en lo que a pozos respecta

Con relación a las propiedades del Acuífero el modelo requiere de información de Conductividad Hidráulica y de Almacenamiento. En este aspecto se considero lo presentado por González 1980 y Palmaven 1995 y al plano de conductividad de la Figura 22. Durante el proceso de montar el modelo y calibrarlo se dividió la zona de estudio en cuatro sectores con valores distintos de Conductividad Hidráulica, los cuales están entre 16 y 4 (m/día), Figura 25.

En lo que respecta al coeficiente de Almacenamiento Especifico se tomó como $S_s = 0.0001$ y al Rendimiento Especifico $S_y = 0.1$, a la Porosidad efectiva $P_e = 0.01$ y a la Porosidad total $P_t = 0.30$

En el anexo D se presenta algunas tablas y gráficos consultados para obtener la información referente a los parámetros hidrogeológicos.

En la Tabla 7 se presenta de manera resumida todos los parámetros utilizados en el modelo.

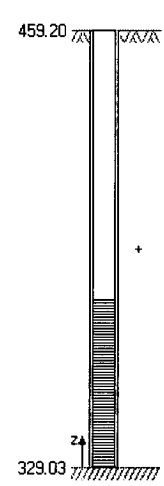
Tabla 6. Unidades utilizadas para la Calibración y Modelación

Propiedades	Unidades
Longitudes	Ml
Cotas	M.S.N.M
Caudales	M ³ / día
Recarga	M ³ / día
Conductividad	M / día
Tiempo	Días
Coeficiente de Almacenamiento	Adimensional
Porosidad	Porcentual
Evapotranspiracion	M / día

Tabla 7. Parámetros utilizados para la Calibración del Modelo

Parametro	Unidad	Valor
Coeficiente de Almacenamiento (S_s)	-	1.01×10^{-5}
Rendimiento Especifico (S_y)	-	0.01
Conductividad Sector A (Blanco) ($K_x = K_y = K_z$)	M/d	16
Conductividad Sector B (Azul) ($K_x = K_y = K_z$)	M/d	4
Conductividad Sector C (Verde) ($K_x = K_y = K_z$)	M/d	6
Conductividad Sector D (Gris) ($K_x = K_y = K_z$)	M/d	5
Porosidad Efectiva (P_e)	%	0.01
Porosidad Total (P_t)	%	0.3

Well Edit Window



Well name:

X Location: [m]

Y Location: [m]

Buttons: Add Screen, Clear Screen, Clear all, Screen all

Screen #:

Screen from: [m]

To: [m]

Buttons: Apply Screen Changes Now, Reset

Well casing display as:

☐ Deactivate Well

Pumping Schedule

Start [day]	Stop [day]	Rate [m³/d]
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1095.00"/>	<input type="text" value="1843.00"/>

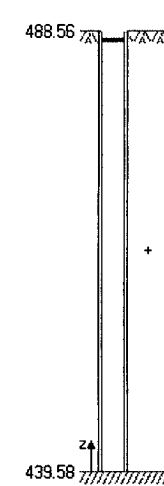
Buttons: Use As Obs, Well Radius:

Buttons: OK, Cancel, Help

Select pumping times and rates

Figura 23 Entrada de datos para los pozos de bombeo

Edit Observation Point



Observation name:

X Location: [m]

Y Location: [m]

Z location of observation point:

Buttons: Set obs. point

Z-axis displayed as:

Observed

Time [day]	Head Elevation [m]
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="478.5"/>
<input type="text" value="1095.00"/>	<input type="text" value="476.00"/>

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 24 Entrada de datos para los pozos de observación

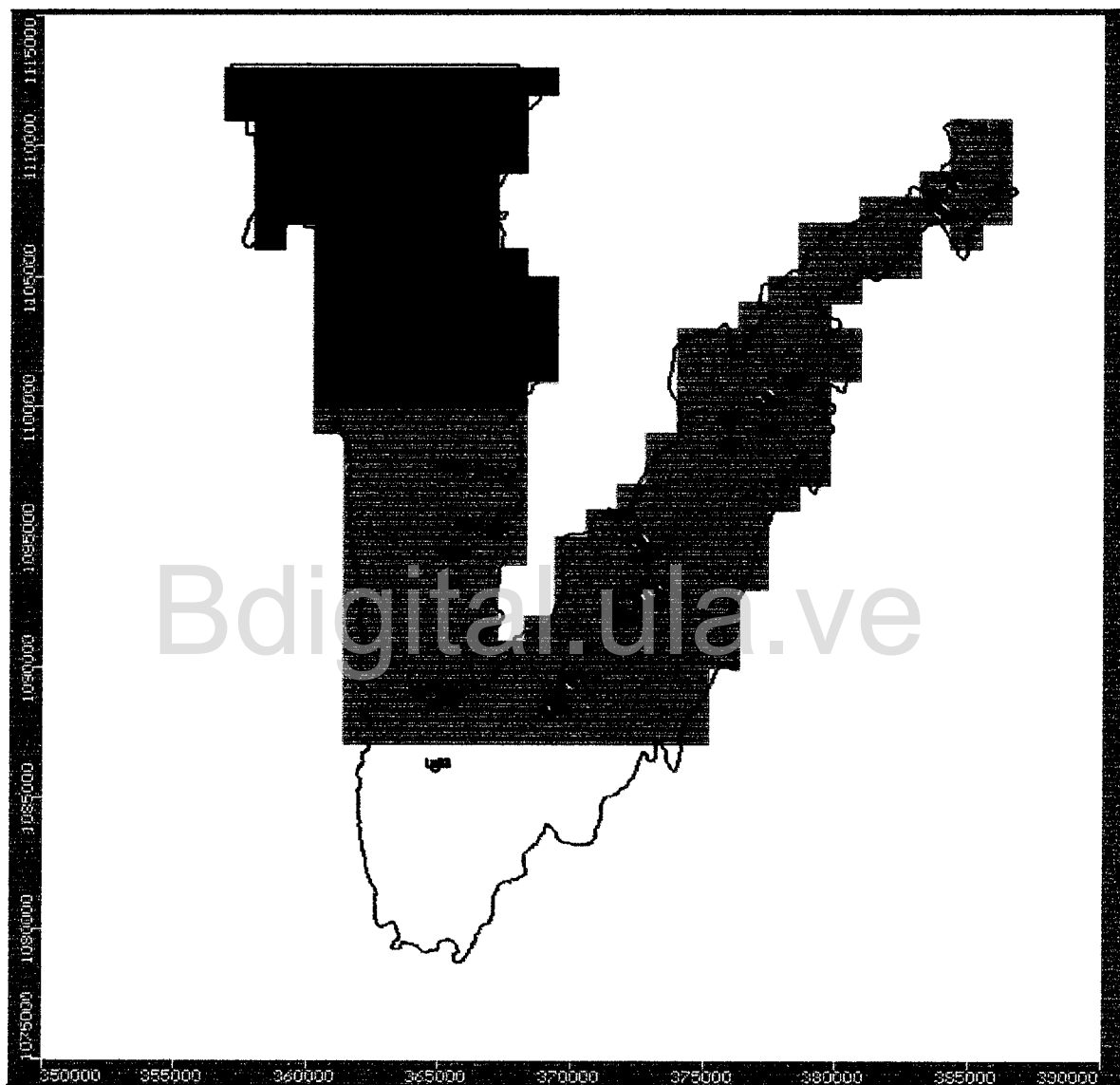


Figura 25 Sectores con diferentes valores de conductividad Hidráulica

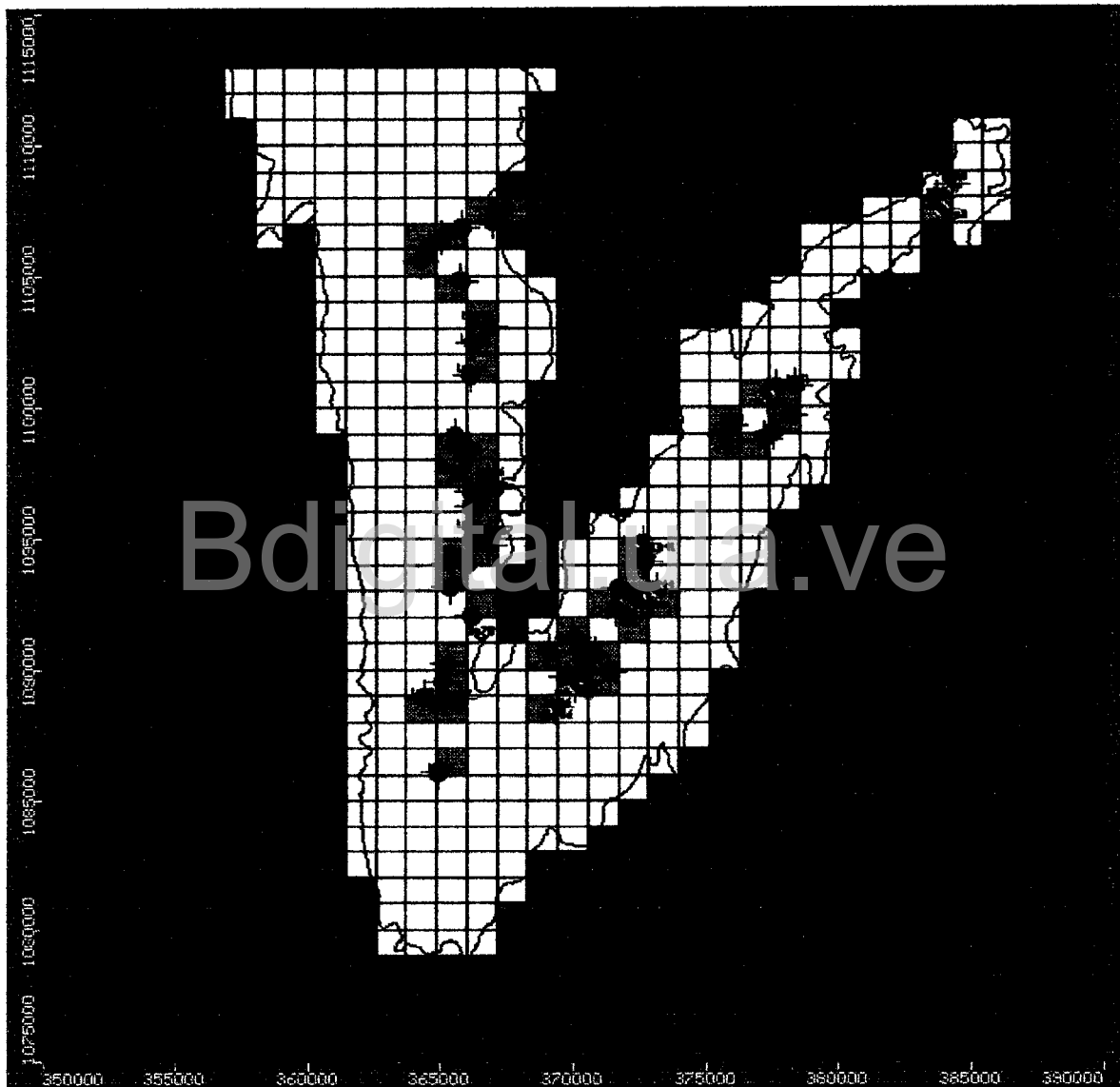


Figura 26 Malla confeccionada para el Valle de Sicarigua, se observa el área del acuífero, los Pozos de bombeo y de observación

Calibración del Visual Modflow

Luego de tener toda la información consignada en el modelo se procede a la opción calibración para entrar al proceso de interpretación y análisis.

En el caso del acuífero del Valle de Sicarigua se definió el área y se confecciono una malla compuesta por 35 columnas, 40 filas y una sola capa. Tal como se presenta en la Figura 26.

Al correr la opción calibración se considero el periodo 1996-1998 en principio los resultados arrojaban un error considerable (40%). Es bueno definir en que consiste este error, el modelo tiene la propiedad de presentar un gráfico en el cual se refleja una comparación entre los niveles calculados por el modelo contra los niveles observados. Es decir indica de acuerdo a esa comparación lo bien que el modelo ha calculado condiciones de campo que han sido observadas. Con suerte o lo ideal es que todas las observaciones se ajusten exactamente a lo largo de una línea de 45° que presenta el modelo al comparar los valores calculados contra los valores observados.

En caso de no suceder esta condición ideal el modelo calcula El Error Medio: consiste en la suma de las diferencias entre los niveles calculados y los observados para cada pozo de observación, dividido por el número total de pozos de observación. Error Medio Absoluto: es igual al anterior excepto en valor absoluto de las diferencias entre las calculadas y las observadas y por ultimo calcula El Error Cuadrático: el cual consiste en determinar la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de las diferencias entre los niveles calculados y los observados, divididos por el número de pozos de observación.

En la medida de que las diferencias entre los datos observados y los calculados se reduzcan, se disminuirán los errores y nos estaremos acercando a la condición ideal de estar exactamente sobre la línea de 45°.

Al calibrar nuevamente los resultados obtenidos están alrededor del 3% en cuanto a los errores entre los niveles calculados y los observados Figura 27. En la Figura 28 se observan los niveles estáticos para el periodo 1996-1998. Las curvas indicativas de los niveles estáticos presentadas por el modelo mantienen la tendencia que se observan en el plano de la figura N° 18. Se puede observar también que el modelo ajusta los valores de entrada y salida al acuífero al momento de realizar el balance, la diferencia es prácticamente nula de allí que no existe discrepancia, esto es producto de que la calibración responde favorablemente a los valores

de campo suministrados. En la Figura 29 se presenta un corte transversal en donde se puede observar el nivel del acuífero durante el tiempo de la calibración. En el anexo E se presenta la salida del modelo visual modflow para el caso de la calibración.

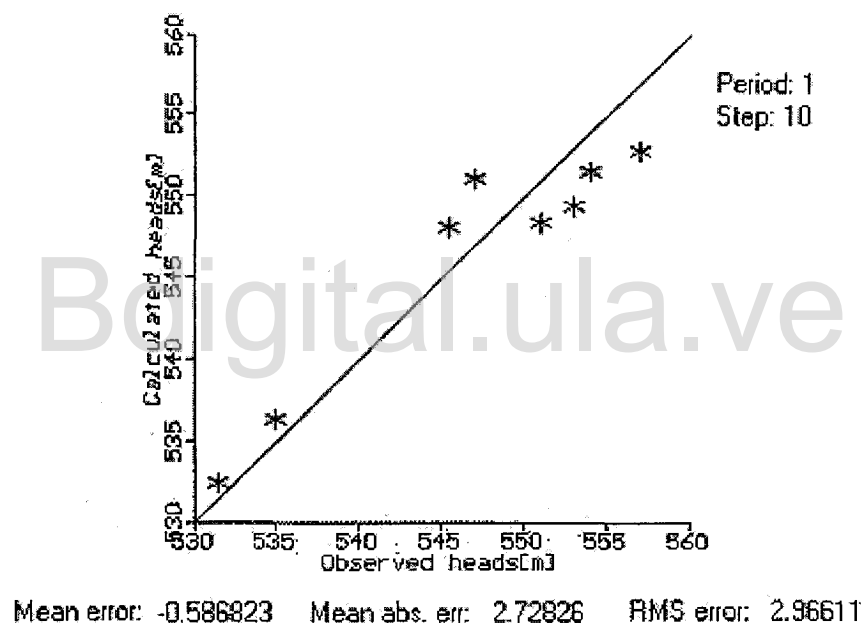


Figura 27 Errores obtenidos en la Calibración

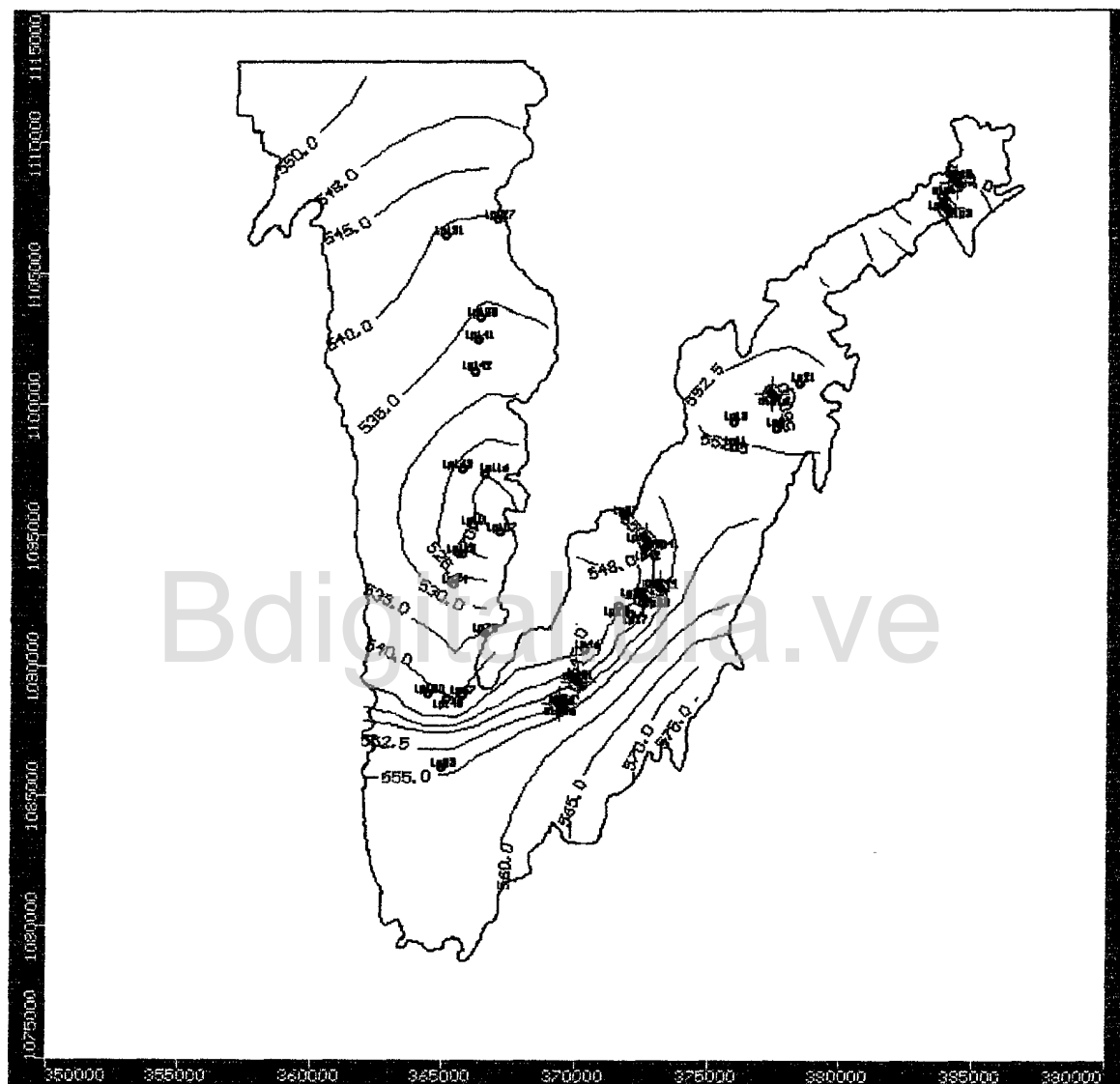


Figura 28 Niveles Estáticos de la Calibración



Figura 29 Corte Transversal del Acuífero

El Visual modflow tiene la particularidad de que realiza para cada pozo de observación que se le indique una gráfica que se puede observar en la Figura 30. Esta consiste en representar como va evolucionando el nivel estático del pozo en el tiempo, en este caso se puede observar una disminución considerable en los niveles de los pozos, se podría establecer que la causa de este descenso es producto de las extracciones de las que es objeto el acuífero.

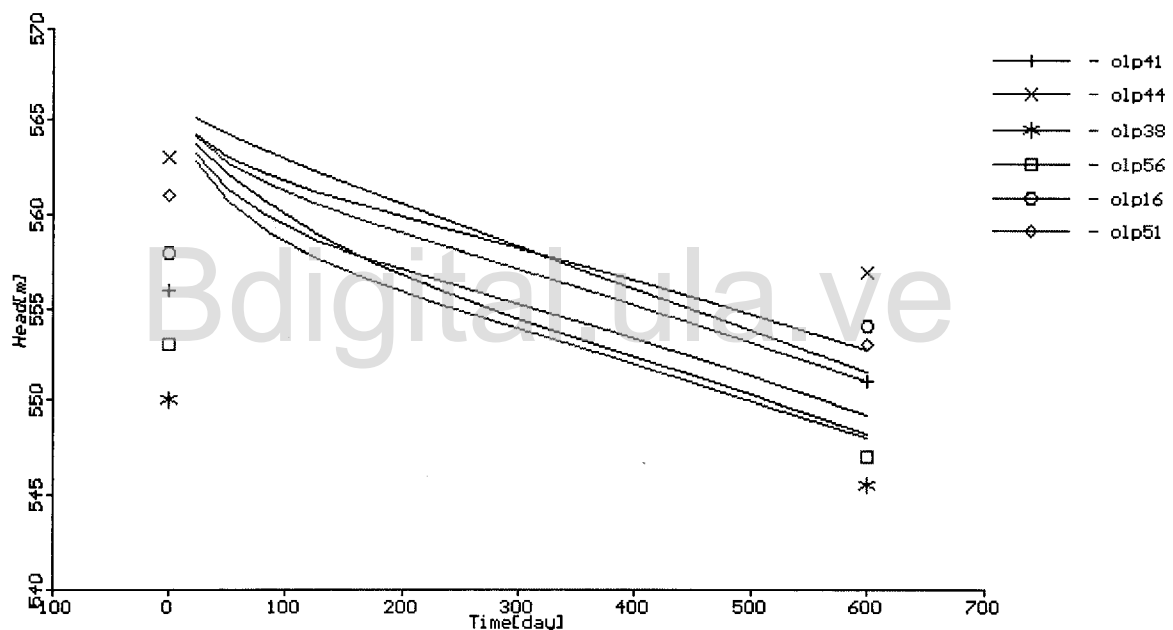


Figura 30 Evolución del nivel Estático en el Tiempo para el caso de la calibración

CAPITULO VI

SIMULACIÓN DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE SICARIGUA, CONSIDERANDO RECARGA ARTIFICIAL

En este capítulo se desarrolla lo referente a las simulaciones del acuífero, tomando en cuenta recarga artificial. Para ello se supondrán varias alternativas posibles y se evaluarán aplicando el Visual Modflow.

Luego de calibrar el modelo se procedió a simular alternativas para recargar el acuífero artificialmente, utilizando las zonas por donde se presentan las mayores posibilidades en lo que a drenaje superficial respecta, como es la zona del río Villegas y la zona de Montañas Verdes ya que por allí drenan las aguas provenientes del Río San Pedro.

Para estimar el valor de la recarga artificial se consideraron los resultados de la hidrología superficial de la zona y se estimó de acuerdo a lo que drenan las subcuencas 4 y 5 (Figura 10) y pensando que se pueda inyectar al acuífero de forma artificial la mitad de lo que recarga de manera natural, es decir 7 millones de metros cúbicos por año. El resto de los datos utilizados en la calibración no se modificaron.

Se simularon las alternativas siguientes:

- a) Considerando un periodo igual al de la calibración 1996-1998 tomando en cuenta una recarga de forma artificial durante 60 días cada año y los pozos de bombeo operando normalmente.
- b) Considerando un periodo de 7 años 1996-2002 pero sin bombeo y sin recarga artificial.
- c) Considerando un periodo de 7 años 1996-2002 de bombeo sin recarga
- d) Considerando un periodo de 7 años 1996-2002 disminuyendo el bombeo a la mitad y la recarga natural

Se obtuvo como resultado para la alternativa "a" que en la zona de Sicarigua y Los Arangues los niveles aumentan, lo que parece lógico ya que las aguas subterráneas normalmente bajan de las zonas antes mencionadas hasta llegar al límite norte en donde se encuentra la Hacienda la Madriguera, pero al recargar el acuífero la velocidad de flujo debe disminuir y esto se traduce en un aumento de los niveles en las regiones más altas o de mayor rendimiento, esto se puede observar en las figuras 31,32,33 y 34 en donde se presentan los niveles para cada simulación, en el caso de la alternativa "b" es donde los niveles muestran una mayor recuperación. Para ilustrar mejor la situación se realizó en la misma zona un corte transversal (en las mismas coordenadas) y en la Figura 35 se puede comparar los

tres cortes y se observa claramente cómo el nivel del acuífero se recupera con las condiciones que se simularon.

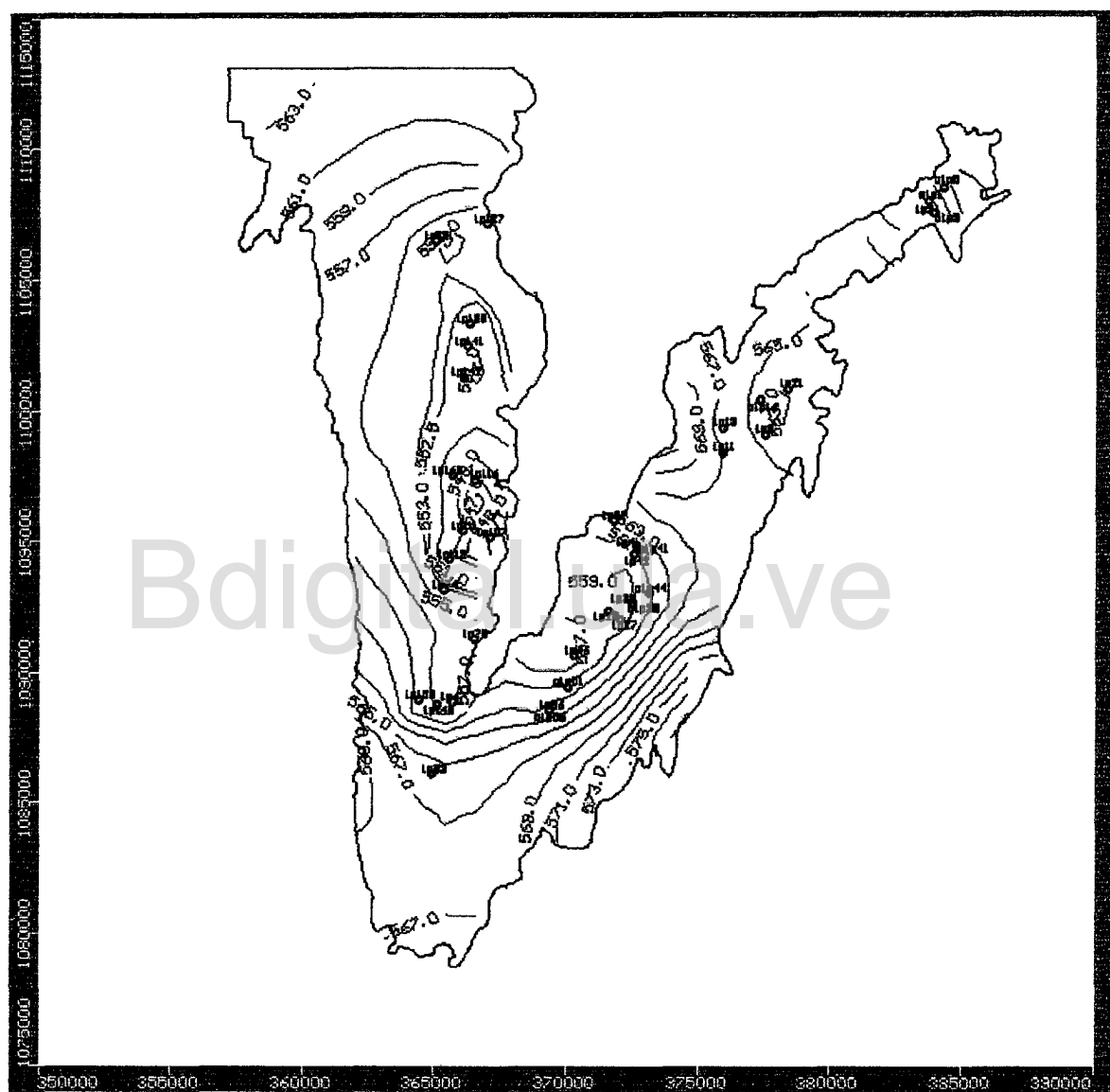


Figura 31 Niveles estáticos alternativa "A" Simulación

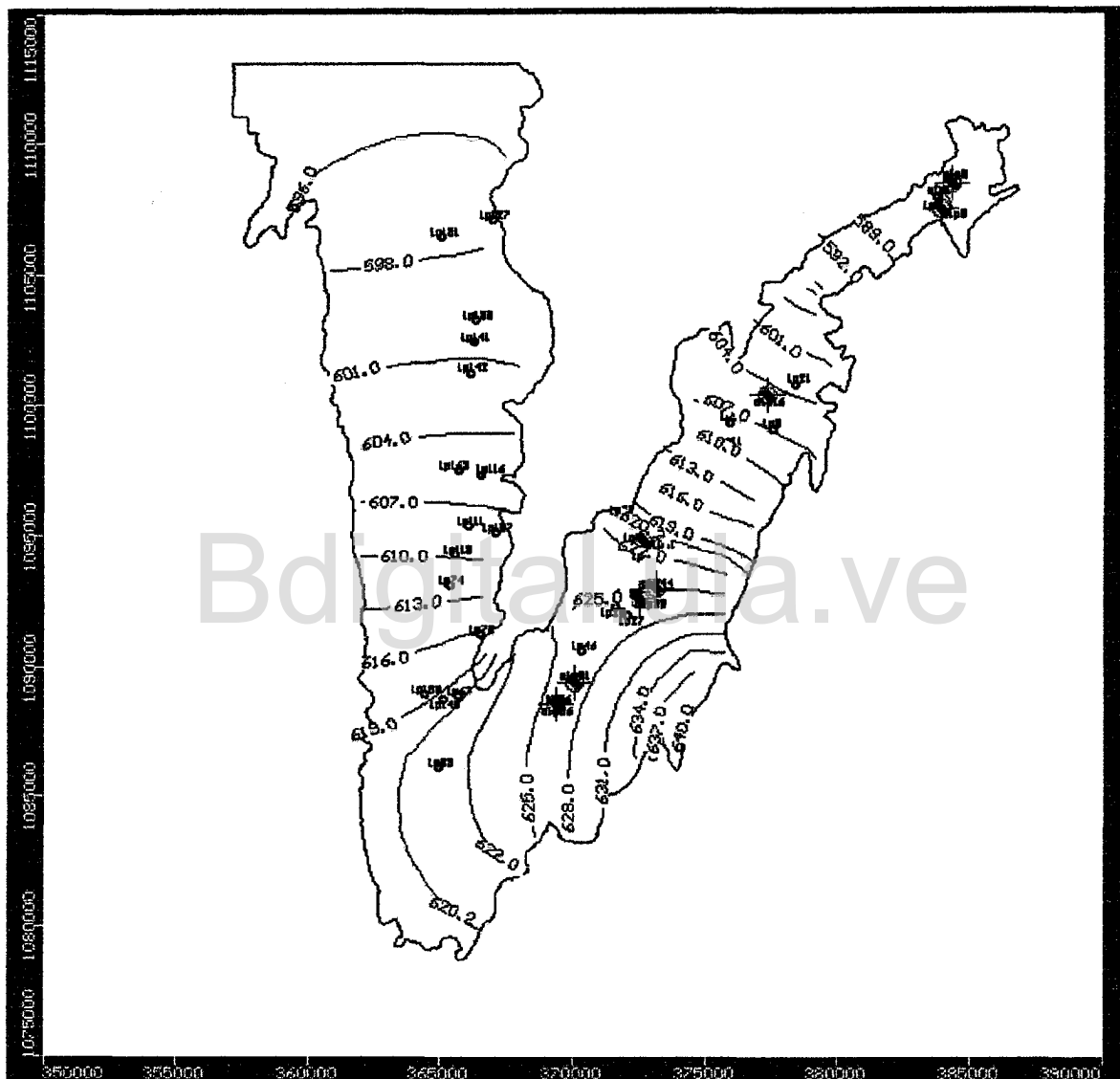
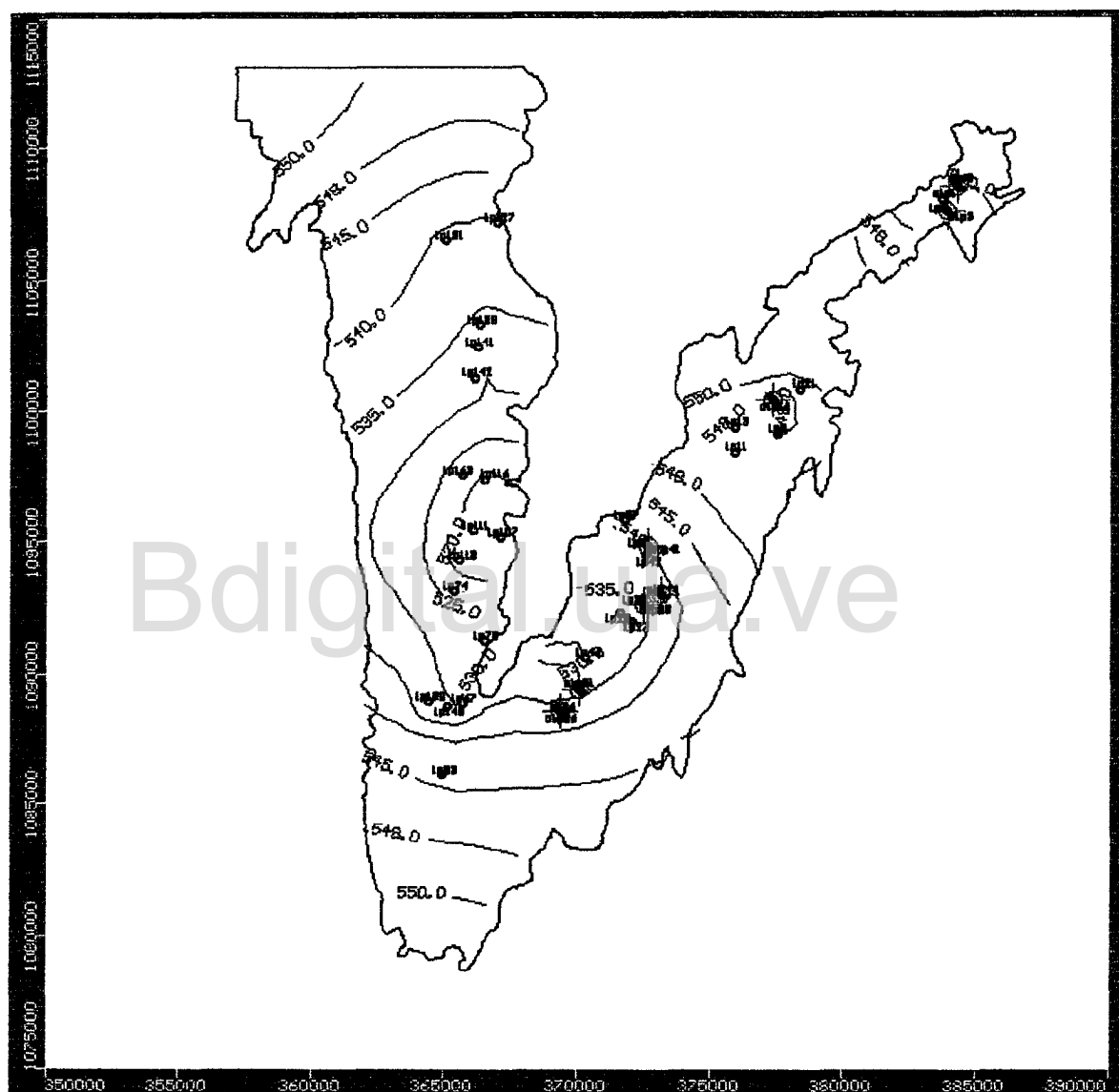


Figura 32 Niveles estáticos alternativa "B" Simulación



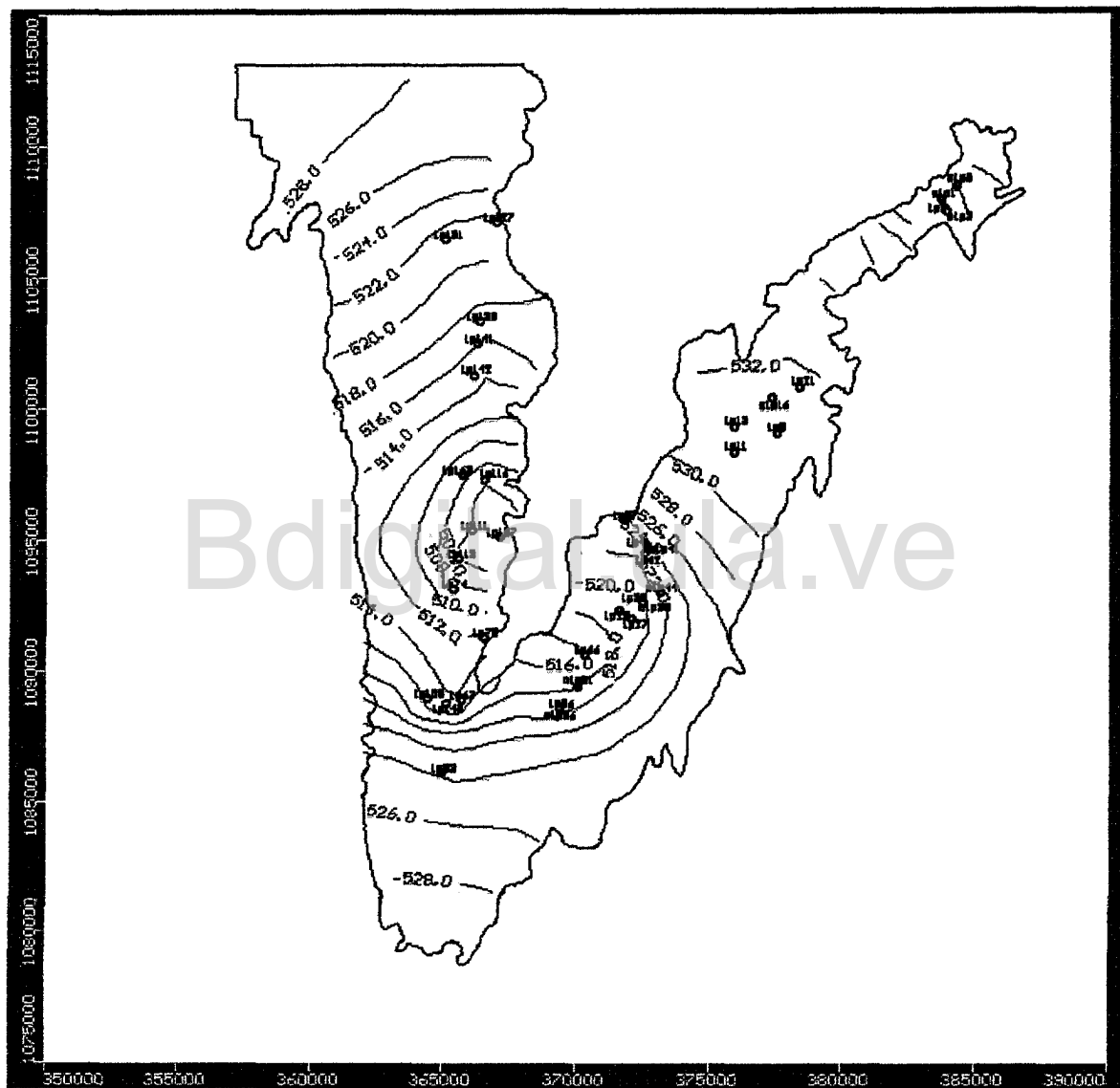
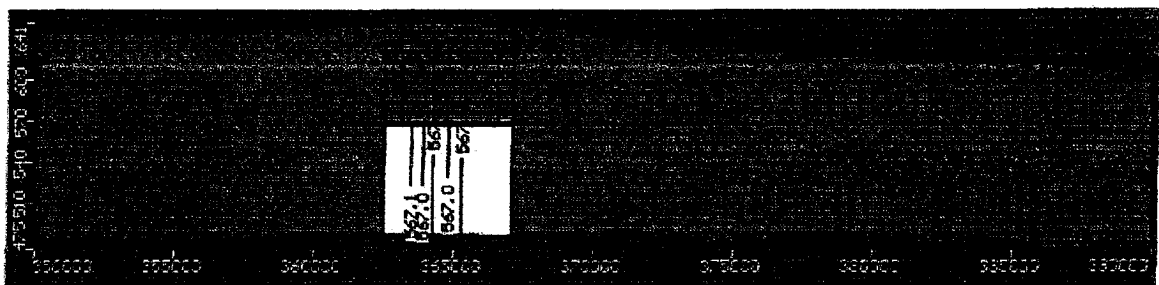
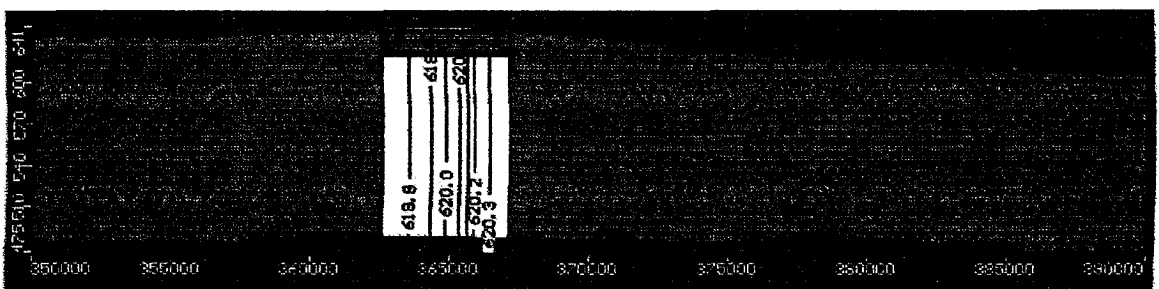


Figura 34 Niveles estático alternativa "D" Simulación



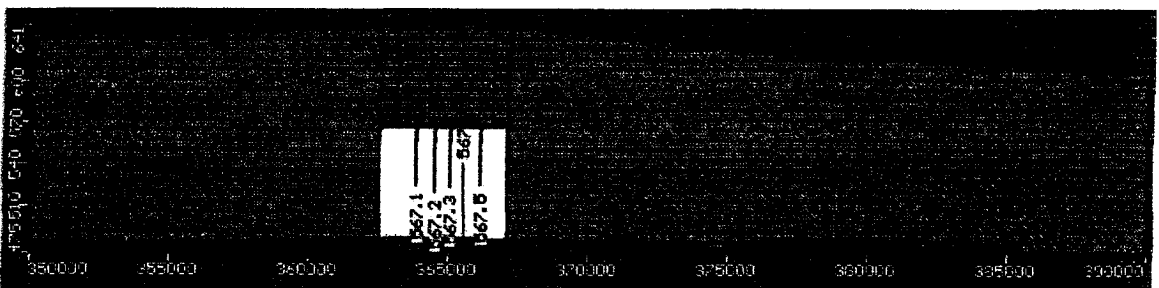
Simulación Alternativa a



Simulación Alternativa b



Simulación Alternativa c



Simulación Alternativa d

Figura 35 Comparación de las simulaciones (cortes)

Interpretación de Resultados

Luego de simular las cuatro alternativas propuestas, los resultados obtenidos indican que de no tomarse algunas medidas en torno al programa de uso a que esta siendo objeto el acuífero del Valle de Sicarigua, el mismo podría agotarse en algunas zonas. Al interpretar los resultados obtenidos, de la alternativa "A" se observa que los niveles tienden a disminuir alrededor de 5 metros por año tal como se observa en la Figura 36.

Pero cuando se analiza la alternativa "B" sucede todo lo contrario y es lógico pues al apagar el bombeo se eliminaron las salidas, el acuífero se recupera y esto se puede observar en la Figura 37 en donde los niveles durante los 7 años de la simulación aumentan vertiginosamente, al punto de que se podría esperar la total recuperación del acuífero, pero lógicamente esto es un supuesto ya que de acuerdo a la dinámica de la zona, esperar que se paralice totalmente el bombeo es imposible.

La tercera alternativa abre otra posibilidad y al interpretarla se tiene que si se supone que no hay recarga al acuífero, este se agotaría rápidamente, tal como se ve en la Figura 38. Durante los 7 años de la simulación los niveles descienden alrededor de 100 metros (cerca de 15 metros por año) lo que indica que de tener un periodo muy seco en la zona se deben tomar acciones de manera de minimizar este problema.

La alternativa "D" la cual plantea la posibilidad de reducir el bombeo a la mitad, al simular esta alternativa se observa cómo continúan los descensos en los niveles pero en menor escala. Durante los 7 años de simulación, se presenta una disminución de 45 metros aproximadamente Figura 39 esto sería 6,43 metros por año, lo que indica 1,43 metros más que la alternativa "A". Esta alternativa es muy factible en la zona ya que en los últimos años algunos productores han cambiado el método de riego tradicional (gravedad y/o aspersión) a riego por goteo, de acuerdo a esta consideración se realizó una simulación que a pesar de no estar programada en este trabajo ilustra o indica cual debería ser el camino a seguir en la explotación del mismo.

La simulación adicional (alternativa "E") que se realizó, se hizo disminuyendo los caudales a la mitad, considerando la recarga natural y adicionando una recarga artificial como en la alternativa "A", los resultados obtenidos indican que los niveles durante los 7 años considerados se reducen cerca de 40 metros, lo que sería 5,71 metros por año Figura 40, casi lo mismo que la alternativa "A"; esto indica que si se implementa un programa que impulse el uso de nuevas técnicas, en lo que respecta al riego en la zona, y otro programa

que contemple la recarga artificial, la disminución en los niveles del acuífero del Valle de Sicarigua se reduciría al punto de que se podría recuperar el mismo en el largo plazo.

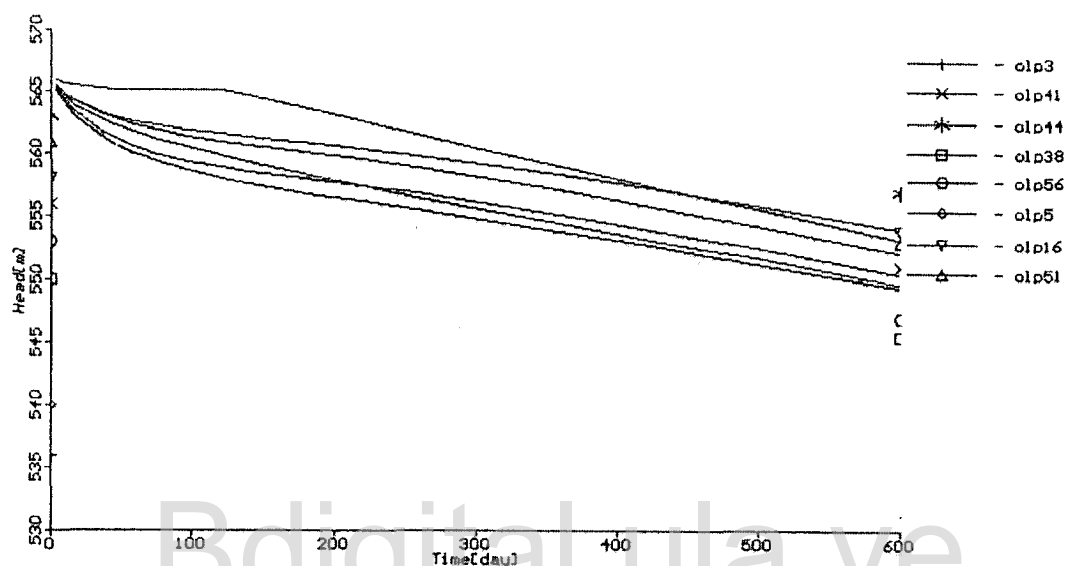


Figura 36 Evolución del nivel estático alternativa "A"

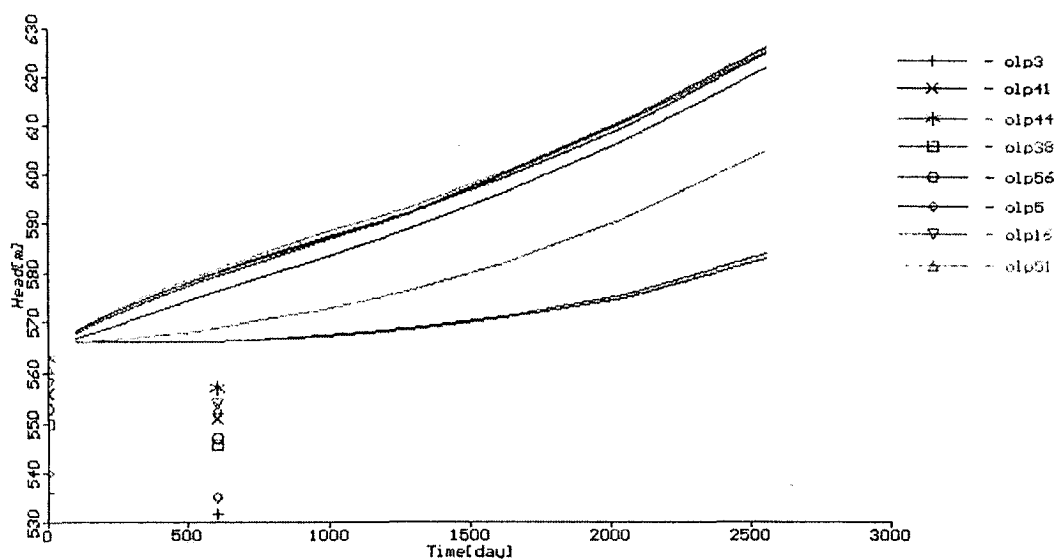
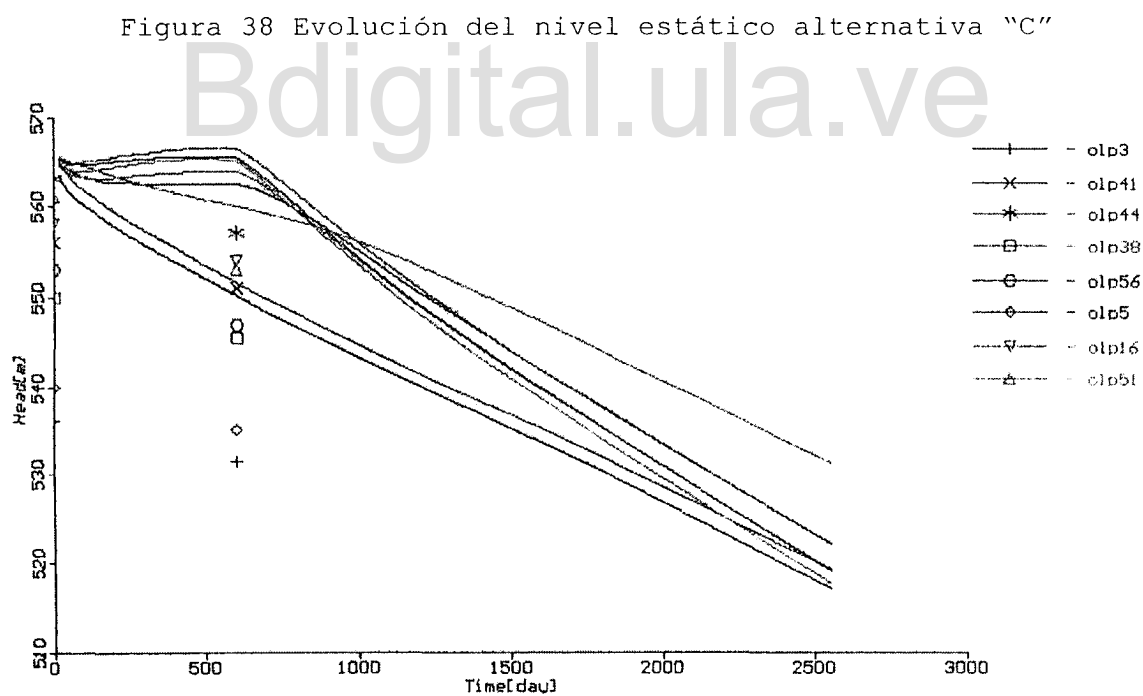
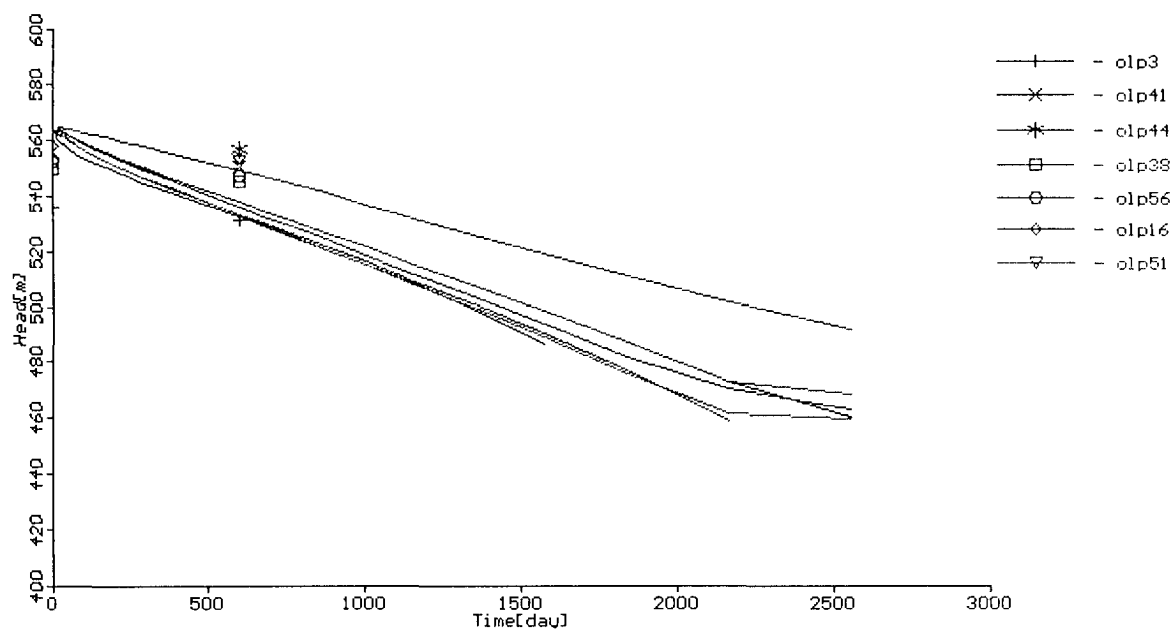


Figura 37 Evolución del nivel estático alternativa "B"



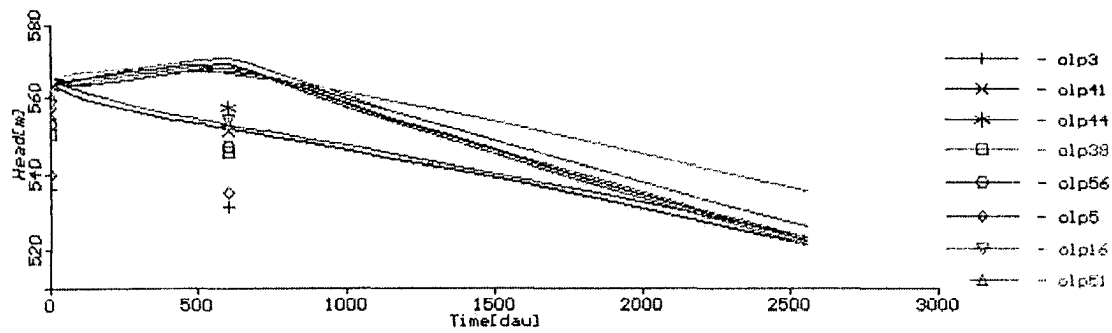


Figura 40 Evolución del nivel estático alternativa "E"

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos, si la C.A. Central La Pastora no toma medidas, en lo que a explotación del acuífero respecta, se podrían presentar en el corto tiempo problemas de rendimiento del mismo en zonas como La Hacienda Boraure, Hacienda La Madriguera que son las zonas en donde se observan los mayores conos de depresión.

Los resultados obtenidos están sujetos a la calidad de la información suministrada por la C.A. Central La Pastora y al levantamiento de los niveles (cotas terreno) de los pozos usados en este trabajo, de allí los errores reportados tanto en la Calibración como en la Simulación del Modelo.

En estudios anteriores realizados en la zona se considero el acuífero como confinado pero a raíz de la explotación indiscriminada del mismo, este acuífero en la actualidad se comporta como un acuífero libre.

Es importante continuar motivando a los productores del Valle a utilizar nuevas técnicas de riego que permitan reducir los caudales de bombeo.

De acuerdo a los resultados y como se observa en los cortes transversales la opción de recargar el acuífero artificialmente puede ser una solución al problema de la sobre explotación del mismo. Para ello se recomienda realizar un experimento de recarga a nivel piloto. El tiempo y costo se justifica en la medida que éste será la base para evitar fallas en el diseño, operación y mantenimiento de un sistema a mayor escala.

Actualizar el censo de pozos abandonados en el valle de Sicarigua incluyendo datos de su ubicación, acceso, características físicas y constructivas y propiedades hidráulicas del pozo (incluir las causas que motivaron el abandono del pozo).

Realizar pruebas de infiltración en los pozos abandonados para estimar la conductividad hidráulica del subsuelo y el volumen total de infiltración bajo la modalidad de pozos de absorción.

De ser posible se podrían seleccionar sitios de recarga en el lecho de quebradas que presenten los valores más altos de conductividad hidráulica. Previa prueba para diseñar las posibles obras de recarga artificial superficial tales como canales y bordos.

Es necesario disponer de una base de datos continua pero de una red constante de monitoreo es decir que se midan siempre los mismos pozos todos los años se podrían anexar pozos pero medirlos continuamente.

Es importante comenzar a levantar información de calidad ya que esta sería de gran utilidad en futuros trabajos.

Bdigital.ula.ve

B I B L I O G R A F I A

Amisial, Roger y Jegat, Hervé, (1976). Aprovechamiento y Modelos de Aguas Subterráneas. CIDIAT. Mérida. Venezuela

Custodio, Emilio y Llamas, Manuel. (1996). Hidrología Subterránea. Editorial Omega. Barcelona. España.

Duque, Roberto y Barrios, Alex. (1988). Modelo de Simulación Hidrológica a Escala Mensual. SIDITA. Mérida. Venezuela

González, Vicente. (1980). Estimación y Explotación del Recurso Hídrico Subterráneo del Distrito Torres. Estado Lara. CIDIAT. Mérida. Venezuela

Lara, Fernando. (1999). Alternativas para la recarga artificial del acuífero del valle de Quibor, Estado Lara, Venezuela.

Mora, Luis. (1996). Aplicación de métodos geoestadísticos para el análisis de parámetros de calidad de agua en acuíferos. CIDIAT. Mérida. Venezuela.

Ochoa, Jose María. (1963). Estudio Hidrológico de la región integrada por los Valles de la Vereda (Sicarigua) y Boraure (Valle del río Bucares o de Pie de Cuesta). Carora.

Olmos, Luis. (1998). Erosión y producción de sedimentos en cuencas y su relación con la calidad de las aguas. Aplicación a la cuenca del río Grande. CIDIAT. Mérida. Venezuela

Palmaven S.A. (1995). Evaluación de la disponibilidad de aguas subterráneas en la zona de influencia de la C.A. Central la Pastora.

Samper, J y Cabrera J. (1990). "Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología Subterránea" - Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. - Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España

Anexo A
Salida del modelo de simulación mensual

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

CUENCA DEL RIO BUCARE - ESTACION LOS CANOS

CALIBRACION

INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1969 FINAL DIC DE 1977

NUMERO DE SUBCUENCAS = 1

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 7

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 1

PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSN (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	80.00	100.00	.50	.20	.09	.26

ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS (mm)	AIAS (mm)	AISUP (mm)	FSUPA (mm)	FSUBA (mm)	AREA PARC. (Km**2)	AREA ACUM. (Km**2)	SUBCUENCAS TRIBUTARIAS											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	45.0	10.0	2.0	.0	.0	588.00	588.00	0											

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION	SUBCUENCA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SABANA GRANDE TS	.011									
EL EMPEDRADO	.073									
SICARIGUA	.140									
TRENTINO - LA PASTOR	.143									
SAN PEDRO	.164									
PUENTE VILLEGAS	.292									
CARACHE - 2136	.177									

FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PACPRB	.700									

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LOS ARANGUES EV	1.000									

FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACEVA	1.100									

SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1969 - 1977

CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	PSUPA	PSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	PSUBE	BALANCE
1	5581.43	26233.36	13116.68	4875.25	.00	.00	605.47	366.56	238.90	107.51	.000

ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC ALMAC HUM SUELO ALMAC AGUA SUBT ALMAC EN SUPERF

1	44.78	3.45	1.98
---	-------	------	------

ESCORRENTIA TOTAL OBSERVADA EN "mm" = 604.496

ESCORRENTIA TOTAL SIMULADA EN "mm" = 605.465

DIFERENCIA = .16 %

COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL = .807

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

RESUMEN A NIVEL MENSUAL DE LA VARIABLES HIDROCLIMATICAS

ESCORRENTIA EN m³/seg

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q-OBS	1.03	.62	.50	1.14	1.34	.68	.33	.33	.50	2.48	3.88	2.17
Q-SIM	1.05	.79	.63	.82	1.15	.53	.33	.52	1.00	3.00	3.31	1.89
DIF(%)	1.73	27.04	25.41	28.04	13.83	22.06	1.39	54.07	99.00	21.15	14.58	13.04

LAMINAS EN "mm"

PREC.	24.41	20.13	30.89	62.89	69.10	25.73	20.34	56.82	72.04	117.43	80.06	40.32
EVAP.	229.85	226.54	267.78	231.48	231.32	287.28	341.54	293.76	244.15	199.09	173.63	188.41
ETP	114.93	113.27	133.89	115.74	115.66	143.64	170.77	146.88	122.08	99.54	86.81	94.20
ETR	47.88	34.22	28.51	37.64	50.34	47.40	33.81	35.60	48.83	59.28	61.65	56.54

CUENCA DEL RIO BUCARE - ESTACION LOS CANOS

PERIODO 1969- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	1.8	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2	+OBS	*SIM
ENE	.	+95	.95
FEB	.	*+84	.70
MAR	.	+37	.39
ABR	.	.	*	+	2.09	1.25
MAY	.	.	+	2.01	2.01
JUN	.	.	+	1.05	.99
JUL	.	.	*	+68	.54
AGO	.	.	+	*98	1.75
SEP	.	.	+	*	1.57	2.72
OCT	*	9.64	5.72
NOV	*	.	.	.	+	15.00	7.12

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	1.8	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2	+OBS	*SIM
DIC	.	.	*	+	6.42	4.35
ENE	.	* +	2.84	2.29
FEB	.	+*	1.53	1.57
MAR	.	+*73	1.01
ABR	.	+73	.81
MAY	.	+*	1.08	1.19
JUN	.	+78	.68
JUL	.	+*43	.71
AGO	.	+*58	.77
SEP	.	+	*	1.11	1.54
OCT	.	+	*	2.52	3.21
NOV	.	.	+	*	3.82	4.55
DIC	.	.	.	+	6.52	2.77
ENE	.	+	1.66	1.61
FEB	.	+	1.07	1.11
MAR	.	+*50	.74
ABR	.	+*	1.42	.93
MAY	.	.	+	3.64	2.13
JUN	.	.	+	1.65	.67
JUL80	.41
AGO61	.60
SEP67	1.01
OCT	1.70	2.80
NOV	2.86	2.38
DIC	1.30	1.53
ENE84	.82
FEB68	.62
MAR	1.35	1.25
ABR	3.77	2.11
MAY	4.15	2.51
JUN	1.30	1.03
JUL69	.60
AGO49	.46
SEP43	.36
OCT49	.64
NOV	1.15	.54
DIC51	.22
ENE11	.14
FEB08	.10
MAR07	.07
ABR30	.12
MAY07	.13
JUN16	.31
JUL01	.03
AGO00	.33
SEP19	1.36
OCT	3.74	5.83
NOV	6.23	5.83
DIC	1.80	2.97

CUENCA DEL RIO BUCARE - ESTACION LOS CANOS

PERIODO 1969- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	1.8	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2	+OBS	*SIN
ENE	. +60	1.41
FEB	. +40	1.26
MAR	. +50	1.00
ABR	. +	1.04	.94
MAY	. +37	1.34
JUN	. +70	.51
JUL	. +04	.31
AGO	. +04	.27
SEP	. +13	.92
OCT	. +22	2.93
NOV	. +93	5.13
DIC	. +15	1.56
ENE	. +50	.90
FEB	. +40	.72
MAR	. +50	.49
ABR	. +40	.40
MAY	. +20	.40
JUN	. +20	.22
JUL	. +20	.19
AGO	. +10	.18
SEP	. +20	.73
OCT	. +	2.00	3.28
NOV	. +	3.60	2.44
DIC	. +45	2.88
ENE	. +	1.70	1.13
FEB	. +50	.85
MAR	. +40	.60
ABR	. +40	.65
MAY	. +40	.44
JUN	. +20	.27
JUL	. +10	.19
AGO	. +20	.15
SEP	. +20	.29
OCT	. +	1.90	2.05
NOV	. +90	.69
DIC	. +20	.38
ENE	. +10	.21
FEB	. +10	.17
MAR	. +10	.12
ABR	. +10	.15
MAY	. +10	.20
JUN	. +04	.06
JUL	. +02	.04
AGO	. +01	.12
SEP	. +04	.10
OCT	. +10	.56
NOV	. +40	1.14
DIC	. +	2.17	.32

CUENCA DEL RIO BUCARE - ESTACION LOS CANOS

1 1 1 1 0 1 1

7 1 1 1969 1977 1 12 108 1 18.0 0.001 20

588.0

80.0 100.00 0.50 0.20 0.09 0.26 45.00 10.00 2.00 0.00 0.00

0

0 ESTACION

0.011 --- 7

0.073 --- 8

0.140 --- 9

0.143 --- 10

0.164 --- 11

0.292 --- 12

0.177 --- 13

0.70

1.0

1.10

SABANA GRANDE TS

69 37.60 52.70 77.60 40.20 84.80 20.20 3.30161.70110.60230.20250.80 45.40

70 35.10 13.60 4.70 37.00 71.60 25.40129.80 37.60 74.40113.60175.40 80.80

71 75.00 12.80 55.30 71.80 76.80 26.10 14.30 83.10 54.80162.10147.70 21.50

72 43.10 9.90129.60121.20 3.50 10.60 2.60 12.70 .50169.30 86.60 .90

73 9.50 34.00 42.50 36.00 22.50 28.40 1.30 32.60152.70297.80102.00 68.40

74 3.50 62.90105.20 36.40 96.30 15.80 3.10 61.90103.50111.20144.80 6.10

75 3.50 5.50 .20 62.10 41.60 3.40 21.50 77.70 56.90143.80 71.30108.10

76 6.30 8.50 30.00144.30 28.40 3.50 3.20 58.30 24.10103.20 89.30 65.80

77 20.20 .00 14.90 44.40 28.10 13.70 7.80 32.00 42.10 32.40180.70 .00

BL EMPEDRADO

69 72.00 64.90 49.00 94.20143.70 24.60 57.00134.60206.12220.38189.70 82.80

70 79.40 33.30 10.00123.66146.14 72.30 50.94 97.06 90.50214.80152.40 55.00

71 30.50 15.50 52.62117.18167.00 30.40 13.70 84.70 83.10186.40 89.60 36.10

72 39.90 19.20165.40168.60 27.80 85.20 16.60 92.80 42.90105.10119.40 15.50

73 2.10 13.30 32.80 39.90 63.50125.60 13.60 98.00195.70197.40139.50 21.10

74 19.70115.40 67.80 64.90 67.90 60.90 10.50 89.00129.80145.70209.80 9.80

75 25.10 15.90 13.90 52.60108.90 46.60 38.70 40.90131.90214.40 92.90123.80

76 1.20 38.60 53.90 95.80 44.90 22.00 19.80 44.30 71.60181.20 31.50 54.00

77 20.60 .00 27.00 38.90 85.80 19.60 26.30 80.00 89.00176.00185.20 2.90

SICARIGUA

69 137.40 37.40 57.40150.00 52.50 22.90 65.20145.50179.20345.80146.30 67.10

70 44.20 26.70 8.60 17.30125.80 71.20 41.50 62.30 70.80173.30150.80 45.70

71 97.90 7.80 19.00117.10148.10 11.20 .00108.10 67.80202.60 93.70 71.70

72 16.50 33.10220.70131.20 70.90 24.10 1.60 .40 66.00131.80 51.20 19.50

73 10.10 5.70 .00 63.30 31.10 44.60 15.40112.60123.10434.60148.10 28.60

74 23.00 67.80125.80 75.00115.90 27.90 .80 32.80118.00 71.50189.00 .50

75 20.30 16.70 18.20 59.70 75.40 17.70 41.20 53.80159.30193.10120.00199.60

76 1.00 41.70 31.60102.70 33.40 22.40 3.30 30.20 31.20106.80 79.10 67.80

77 .40 .00 70.70 92.30 43.30 31.90 27.70 58.50 15.50122.00150.10 11.00

TRENTINO - LA PASTORA

69 141.60114.00 37.80167.20127.40 73.60 36.70214.90139.90287.30237.80103.40

70 37.50 39.60 15.20 36.10173.60 45.30101.20157.60147.40214.90163.30124.90

71 38.40 42.80 39.90 96.90175.70 36.10 13.10 90.50135.10168.90 99.90 30.40

72 20.20 43.60131.00105.79126.21 29.50 13.30 39.90 14.90 99.80115.00 30.00

73 23.40 3.40 16.20 64.00 60.90112.90 4.70 97.20134.60254.30159.80 67.20

74 32.10 76.10 97.20102.10112.40 36.20 35.70 44.40135.90177.60151.40 1.20

75 22.60 3.60 43.30 74.50 57.30 31.40 78.90103.70108.20259.90 54.00 85.10

76	.40	14.50	32.50	92.20	29.90	30.70	4.40	57.20	57.00	155.40	68.20	9.90
77	6.00	1.00	20.20	64.00	71.90	4.70	46.80	104.60	35.90	146.70	129.90	46.10

SAN PEDRO

69	88.33	86.46	154.55	138.98	135.82	47.79	37.95	68.59	142.17	270.20	201.13	106.47
70	68.10	59.00	7.90	80.27	78.43	57.46	45.64	77.90	66.50	195.90	240.30	83.50
71	77.40	27.50	46.40	196.90	175.40	25.10	27.60	131.20	69.00	162.90	153.00	86.80
72	87.20	38.90	232.60	171.05	167.15	30.50	.80	7.40	3.40	137.70	113.60	33.10
73	20.70	15.10	10.80	98.60	39.60	93.90	4.40	150.60	148.40	298.90	156.50	114.10
74	17.50	44.60	156.30	105.70	126.20	26.90	7.30	23.80	96.10	171.00	267.30	8.40
75	19.00	22.10	11.90	90.70	102.30	23.20	76.00	22.60	149.00	252.40	162.20	188.40
76	19.30	29.70	34.90	102.60	36.10	28.10	10.60	19.80	115.30	280.70	70.30	52.10
77	.30	.00	46.60	141.00	90.00	32.40	31.00	63.20	51.80	161.70	120.90	42.20

PUEBLO VILLEGAS

69	92.50	83.90	30.60	188.30	174.00	102.50	65.70	227.60	142.98	172.12	212.00	93.80
70	39.90	31.90	8.60	66.30	177.30	71.30	178.60	76.70	198.40	189.70	188.10	67.50
71	26.50	30.00	18.00	140.20	119.30	16.40	17.80	139.00	142.50	238.70	116.90	76.10
72	18.20	62.80	132.80	127.70	38.70	32.30	10.00	30.70	80.60	167.10	64.10	24.00
73	25.50	12.80	18.60	125.90	51.50	128.70	31.10	123.60	175.10	239.40	181.80	20.60
74	28.90	108.40	55.10	96.50	133.60	35.20	24.60	106.60	216.80	316.80	219.40	.70
75	23.30	2.70	14.00	58.50	63.90	22.70	60.60	79.90	140.80	213.00	93.50	91.60
76	5.40	5.20	61.90	105.10	90.70	30.90	12.40	42.90	158.30	245.20	15.70	22.90
77	6.20	.00	12.10	74.40	62.70	27.70	29.50	93.60	85.40	119.60	128.40	39.00

CARACHE - 2136

69	105.5	14.4	26.0	99.9	68.3	95.0	39.3	132.2	106.0	120.6	118.7	33.9
70	23.5	19.7	28.2	47.3	129.9	87.4	98.5	149.0	151.4	126.8	130.5	53.9
71	36.2	35.0	104.1	129.8	105.8	64.0	96.4	76.9	90.3	238.9	84.9	40.0
72	34.2	10.0	77.3	305.6	279.1	74.0	.0	46.3	76.3	72.6	127.4	12.3
73	78.7	6.3	27.4	99.7	68.7	45.0	27.3	119.9	89.4	88.6	133.8	25.4
74	11.0	75.6	134.3	86.3	37.7	26.3	25.2	42.9	129.9	151.5	64.8	20.3
75	1.7	4.7	10.9	59.7	75.0	19.2	32.4	42.9	71.2	113.5	74.4	99.7
76	1.9	24.1	35.2	48.1	33.7	64.0	34.6	31.3	82.8	97.7	37.6	8.9
77	.0	.0	7.2	70.5	78.2	48.5	24.5	62.5	52.2	81.9	50.2	9.0

LOS ARANGUES BV

69	182.60	181.20	226.30	169.30	215.00	239.50	298.10	215.60	206.40	160.70	146.00	151.10
70	193.50	199.50	254.00	230.00	203.50	243.30	249.40	216.50	195.90	153.60	153.70	129.20
71	176.70	178.30	217.00	184.50	155.90	277.70	303.00	239.00	194.00	186.80	142.10	172.80
72	190.50	197.70	204.00	160.10	209.70	258.60	345.40	312.60	266.50	212.90	193.50	201.00
73	265.70	239.90	290.00	254.20	293.10	225.20	319.30	227.70	186.20	177.90	146.70	150.50
74	234.10	182.00	218.90	204.10	152.00	233.00	300.80	306.50	198.80	178.60	145.30	205.00
75	242.40	232.20	263.20	257.60	206.60	291.80	281.40	284.50	183.10	170.80	136.30	116.10
76	178.60	188.40	227.80	196.40	251.20	290.80	339.60	320.60	284.20	171.90	178.80	182.80
77	216.50	254.30	289.70	237.70	205.60	290.60	357.40	280.50	282.50	215.70	178.20	233.00
69	.95	.84	.37	2.09	2.01	1.05	.68	.98	1.57	9.64	15.00	6.42
70	2.84	1.53	.73	.73	1.08	.78	.43	.58	1.11	2.52	3.82	6.52
71	1.66	1.07	.50	1.42	3.64	1.65	.80	.61	.67	1.70	2.86	1.30
72	.84	.68	1.35	3.77	4.15	1.30	.69	.49	.43	.49	1.15	.51
73	.11	.08	.07	.30	.07	.16	.01	.00	.19	3.74	6.23	1.80
74	.60	.40	.50	1.04	.37	.70	.04	.04	.13	.22	.93	.15
75	.50	.40	.50	.40	.20	.20	.20	.10	.20	2.00	3.60	.45
76	1.70	.50	.40	.40	.40	.20	.10	.20	.20	1.90	.90	.20
77	.10	.10	.10	.10	.10	.04	.02	.01	.04	.10	.40	2.17

0

110.00 5.0 20.0 110.0 220.0

140.00 5.0 20.0 140.0 220.0

0.85 0.01 0.1 0.4 0.90

0.05	0.01	0.1	0.05	0.20
0.01	0.01	0.1	0.01	0.10
0.31	0.01	0.1	0.20	0.75

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

CUENCA DEL RIO QUEDICHE - ESTACION LA FORTALEZA

CALIBRACION

INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1968 FINAL DIC DE 1977

NUMERO DE SUBCUENCAS = 1

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 1

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 1

PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSH (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	100.00	120.00	.65	.08	.01	.30

ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS (mm)	AIAS (mm)	AISUP (mm)	FSUPA (mm)	FSUBA (mm)	AREA PARC. (Km**2)	AREA ACUM. (Km**2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.0	55.0	1.0	.0	.0	103.44	103.44	0									

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION

SUBCUENCA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PRIETO - LOS LOPEZ	1.000									

FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PACPRE	1.070									

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LOS ARANGUES EV	1.000									

FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACEVA	1.050									

SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1968 - 1977

CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	FSUPA	FSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	FSUBE	BALANCE
1	10820.05	27682.93	17993.91	7967.88	.00	.00	2734.42	1755.68	978.74	122.34	-.001

ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC	ALMAC HUM SUELO	ALMAC AGUA SUBT	ALMAC EN SUPERF
1	49.36	50.76	1.30

ESCORRENTIA TOTAL OBSERVADA EN "mm" = 2704.896

ESCORRENTIA TOTAL SIMULADA EN "mm" = 2734.420

DIFERENCIA = 1.09 %

COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL = .793

MODELO DE SIMULACION MENSUAL
RESUMEN A NIVEL MENSUAL DE LA VARIABLES HIDROCLIMATICAS

ESCORRENTIA EN m³/seg

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q-OBS	.58	.48	.40	.69	1.01	.70	.43	.58	.78	1.67	2.22	1.10
Q-SIM	.64	.50	.37	.81	.77	.51	.40	.71	.99	1.79	2.06	1.20
DIP(%)	9.87	2.74	5.98	17.50	23.46	27.23	5.84	21.58	27.21	6.97	7.04	9.48

LAMINAS EN "mm"

PREC.	35.35	39.56	51.52	125.67	99.56	45.59	50.44	125.58	122.31	183.86	154.79	47.78
EVAP.	220.50	215.67	254.39	217.13	217.93	268.75	323.38	278.14	231.35	190.02	168.16	182.88
ETP	143.32	140.19	165.36	141.13	141.65	174.69	210.20	180.79	150.38	123.51	109.30	118.87
ETR	65.39	54.76	50.93	61.51	72.14	66.89	56.41	65.04	76.47	76.42	77.27	73.57

CUENCA DEL RIO QUEDICHE - ESTACION LA FORTALEZA

PERIODO 1968- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	*OBS	*SIM
ENE	.	+49	.19
FEB	.	+77	.18
MAR	.	+34	.17
ABR	.	.	+	1.41	1.17
MAY	.	.	.	+	2.13	.96
JUN	+	2.41	.53
JUL	1.14	.48
AGO	.	+66	.30
SEP	.	+74	1.27
OCT	.	.	+	1.60	2.10

PLOTIO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	+OBS	*SIM
NOV	.	+68	1.06
DIC	+39	.44
ENE	+48	.37
FEB	+34	.38
MAR	+19	.41
ABR	+56	.97
MAY	.	+	1.22	1.37
JUN	+61	1.22
JUL	+42	.45
AGO	.	+	1.33	1.91
SEP	.	.	+	1.55	1.64
OCT	3.65	2.72
NOV	+	2.62	2.83
DIC	+	2.64	1.35
ENE	+58	.77
FEB	+48	.55
MAR	+40	.44
ABR	.	+69	1.90
MAY	.	+	1.01	.88
JUN	.	+70	.81
JUL	+43	.98
AGO	+58	1.10
SEP	.	+78	1.23
OCT	1.67	.91
NOV	2.22	1.54
DIC	1.10	.64
ENE95	.74
FEB73	.72
MAR70	.46
ABR98	.69
MAY	1.59	1.08
JUN90	.48
JUL55	.46
AGO84	.53
SEP95	.71
OCT	1.69	.99
NOV	1.43	2.00
DIC81	.96
ENE56	.44
FEB58	.39
MAR58	.36
ABR	1.37	1.19
MAY85	.79
JUN60	.41
JUL43	.32
AGO47	.34
SEP53	.37
OCT60	.31
NOV80	.65

CUENCA DEL RIO QUEDICHE - ESTACION LA FORTALEZA

PERIODO 1968- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	+OBS	*SIM
DIC	*	+45	.24
ENE	+26	.20
FEB	+32	.21
MAR	+36	.18
ABR	+27	.18
MAY	+26	.17
JUN	+47	.20
JUL	+23	.17
AGO	+36	1.11
SEP	.	+	1.01	1.79
OCT	.	.	+	.	+	1.59	2.65
NOV	+	+	.	3.93	4.91
DIC	.	+	.	.	+97	2.72
ENE	.	.	+50	1.53
FEB50	1.04
MAR40	.48
ABR50	.41
MAY	.	.	.	+	1.90	.97
JUN60	.51
JUL40	.34
AGO50	.50
SEP70	.76
OCT	1.00	2.87
NOV	4.70	3.80
DIC90	1.95
ENE50	.65
FEB30	.48
MAR30	.47
ABR20	.35
MAY50	.36
JUN20	.29
JUL20	.31
AGO30	.49
SEP70	1.37
OCT	3.40	3.48
NOV	2.30	2.15
DIC	2.90	3.07
ENE	1.20	1.18
FEB60	.67
MAR50	.49
ABR70	.95
MAY40	.72
JUN30	.41
JUL30	.35
AGO30	.56
SEP60	.48
OCT90	1.48
NOV	1.30	1.09
DIC50	.44

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

		.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	+OBS	*SIM
ENE	. + ⁺30	.33
FEB	. + ⁺20	.33
MAR	. + ⁺20	.27
ABR	. + ⁺20	.27
MAY	. + ⁺20	.40
JUN	. + ⁺20	.22
JUL	. + ⁺20	.19
AGO	. + ⁺50	.27
SEP	. + ⁺20	.25
OCT	. + ⁺60	.35
NOV	. + ⁺	2.20	.58
DIC	. + ⁺30	.18

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

CUENCA DEL RIO QUEDICHE - ESTACION LA FORTALEZA

1 1 1 1 0 1 1

1 1 1 1968 1977 1 12 120 1 6.0 0.001 20

103.44

100.00 120.00 0.65 0.08 0.01 0.30 50.00 55.00 1.00 0.00 0.00

0

0

1.00

1.07

1.0

1.05

PRIETO - LOS LOPEZ

68	48.1	37.3	55.8	194.7	94.5	59.1	80.6	43.9	187.6	183.7	49.5	28.1
69	52.0	59.8	82.9	144.1	144.0	104.5	18.5	229.7	102.6	216.6	149.2	35.7
70	48.7	23.7	29.7	247.5	33.3	88.1	114.9	115.5	116.0	78.6	153.8	14.8
71	93.9	72.0	33.9	111.2	132.4	17.4	67.6	87.2	103.1	125.7	185.9	45.1
72	13.9	4.7	61.0	181.9	69.4	27.0	4.5	76.2	68.2	53.6	124.2	8.1
73	2.2	31.1	40.6	46.8	53.8	64.5	54.3	189.1	161.6	207.9	318.5	37.1
74	55.5	67.5	29.7	40.1	158.4	37.4	19.2	107.6	111.6	279.5	219.1	35.2
75	2.9	32.6	76.3	17.6	69.9	6.1	78.2	102.5	171.8	292.4	56.4	211.4
76	2.1	41.0	49.9	138.3	74.4	10.3	18.8	125.9	63.2	191.1	81.4	20.8
77	11.1	.0	21.7	52.3	100.4	11.7	14.8	96.0	57.4	89.2	108.6	10.2

LOS ARANGUES EV

68	215.4	199.4	229.4	174.0	182.9	209.0	297.1	256.8	210.0	180.7	181.0	196.4
69	182.6	181.2	226.3	169.3	215.0	239.5	298.1	215.6	206.4	160.7	146.0	151.1
70	193.5	199.5	254.0	230.0	203.5	243.3	237.0	216.5	195.9	153.6	153.7	129.2
71	176.7	178.3	217.0	184.5	155.9	277.7	303.0	239.0	194.0	186.8	142.1	175.8
72	190.5	196.8	204.0	160.2	209.7	258.6	345.4	312.6	266.5	212.9	193.5	201.0
73	269.6	239.9	289.4	254.2	293.1	225.2	319.3	227.7	186.2	178.0	146.7	150.5
74	234.1	182.0	218.9	204.1	152.0	233.0	300.8	296.5	198.8	178.6	145.3	205.0
75	242.4	232.2	263.2	257.1	206.6	291.8	282.1	284.5	179.8	170.8	136.3	116.1
76	178.6	188.4	227.8	196.8	251.2	290.8	339.6	318.5	283.2	171.9	178.8	183.6
77	216.6	256.3	292.8	237.7	205.6	290.6	357.4	281.3	282.5	215.7	178.1	233.0
68	.49	.77	.34	1.41	2.13	2.41	1.14	.66	.74	1.60	.68	.39
69	.48	.34	.19	.56	1.22	.61	.42	1.33	1.55	3.65	2.62	2.64
70	.58	.48	.40	.69	1.01	.70	.43	.58	.78	1.67	2.22	1.10
71	.95	.73	.70	.98	1.59	.90	.55	.84	.95	1.69	1.43	.81
72	.56	.58	.58	1.37	.85	.60	.43	.47	.53	.60	.80	.45
73	.26	.32	.36	.27	.26	.47	.23	.36	1.01	1.59	3.93	.97
74	.50	.50	.40	.50	1.90	.60	.40	.50	.70	1.00	4.70	.90
75	.50	.30	.30	.20	.50	.20	.20	.30	.70	3.40	2.30	2.90
76	1.20	.60	.50	.70	.40	.30	.30	.30	.60	.90	1.30	.50
77	.30	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.50	.20	.60	2.20	.30

0

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

CUENCA DEL RIO MORERE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

CALIBRACION

INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1966 FINAL DIC DE 1977

NUMERO DE SUBCUENCAS = 7

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 13

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 2

PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSN (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	100.00	120.00	.65	.08	.01	.30
2	100.00	120.00	.65	.08	.01	.30
3	110.00	120.00	.85	.08	.01	.30
4	110.00	120.00	.85	.12	.04	.26
5	220.00	220.00	.85	.05	.20	.31
6	220.00	220.00	.85	.05	.20	.31
7	220.00	220.00	.85	.05	.20	.85

ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS (mm)	AIAS (mm)	AISUP (mm)	FSUPA (mm)	FSUBA (mm)	AREA PARC. (Km**2)	AREA ACUM. (Km**2)	SUBCUENCAS TRIBUTARIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40.0	30.0	.3	.0	.0	521.56	521.56	0	0	0	0	0	0	0			
2	42.0	54.0	.3	.0	.0	346.75	346.75	0	0	0	0	0	0	0			
3	50.0	45.0	1.0	.0	.0	103.44	103.44	0	0	0	0	0	0	0			
4	60.0	30.0	.0	.0	.0	552.06	552.06	0	0	0	0	0	0	0			
5	60.0	45.0	.3	.0	.0	250.75	802.81	4	0	0	0	0	0	0			
6	24.0	5.0	.3	.0	.0	714.31	1620.56	3	5	0	0	0	0	0			
7	20.0	.0	4.0	.0	.0	950.88	3439.75	1	2	6	0	0	0	0			

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QUEBRADA ARRIBA	.813	.288	.000	.000	.000	.000	.033			
SAN FRANCISCO	.187	.000	.000	.000	.000	.000	.304			
PURICAURE	.000	.648	.000	.000	.000	.000	.185			
BURERE	.000	.000	.000	.000	.000	.264	.224			
CARORA-GRANJA	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.099			
PRIETO-LOS LOPEZ	.000	.064	1.000	.000	.000	.370	.041			
SABANA GRANDE-T.S.	.000	.000	.000	.011	.178	.000	.097			
EL EMPEDRADO	.000	.000	.000	.073	.000	.311	.000			
SICARIGUA	.000	.000	.000	.140	.445	.035	.017			
TRENTINO-LA PASTORA	.000	.000	.000	.143	.341	.020	.000			
SAN PEDRO	.000	.000	.000	.164	.036	.000	.000			
PUEBLO VILLEGAS	.000	.000	.000	.292	.000	.000	.000			
CARACHE	.000	.000	.000	.177	.000	.000	.000			

FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PACPRE	.950	1.000	.950	.950	.950	.500	.500			

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CARORA GRANJA - EVAP	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.600	.900			
LOS ARANGUES - EVAP	.000	.000	.000	1.000	1.000	.400	.100			

FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PACPEVA	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200			

SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1966 - 1977

CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	FSUPA	FSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	FSUBE	BALANCE
1	10242.39	49416.13	32120.48	8293.77	.00	.00	1865.97	1152.11	713.87	89.23	-.004
2	11562.74	49416.13	32120.48	9131.48	.00	.00	2337.90	1473.89	864.00	108.00	.000
3	11755.02	49416.13	42003.70	9205.33	.00	.00	2441.37	1441.87	999.50	124.94	-.001
4	11420.09	37596.84	31957.31	9199.52	.00	.00	1941.26	1085.02	856.24	285.41	-.001
5	10514.12	37596.84	31957.31	9875.94	4273.94	.00	4617.10	4538.44	78.66	314.65	.006
6	5609.17	44688.41	37985.15	5584.84	1974.32	18.09	1992.71	1987.41	5.30	21.21	-.003
7	4812.45	48234.18	40999.07	4775.05	3372.98	.00	3413.85	3413.70	.15	.59	-.001

ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC ALMAC HUM SUELO ALMAC AGUA SUBT ALMAC EN SUPERF

1	36.87	26.60	.24
2	38.79	42.54	.34
3	42.10	36.79	.49
4	58.77	21.86	3.27
5	58.44	.23	26.99
6	21.52	.28	10.32
7	18.69	.00	1.25

ESCORRENTIA TOTAL OBSERVADA EN "mm" = 931.776

ESCORRENTIA TOTAL SIMULADA EN "mm" = 943.720

DIFERENCIA = 1.28 %

COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL = .828

MODELO DE SIMULACION MENSUAL
RESUMEN A NIVEL MENSUAL DE LA VARIABLES HIDROCLIMATICAS

ESCORRENTIA EN m³/seg

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q-OBS	2.55	1.92	1.46	4.89	8.13	4.30	1.40	3.87	7.51	25.44	26.40	13.40
Q-SIM	7.71	7.11	5.83	6.88	7.25	6.39	5.15	6.53	8.96	13.88	16.03	11.15
DIF(%)	202.34	271.22	300.06	40.68	10.90	48.70	267.73	68.84	19.32	45.45	39.29	16.81

LAMINAS EN "mm"

PREC.	19.22	21.07	31.10	68.77	66.47	37.60	26.96	61.18	86.23	125.27	97.62	39.07
EVAP.	307.52	310.95	350.87	305.79	297.70	352.68	419.79	386.98	317.08	254.04	221.28	254.41
ETP	244.34	246.97	278.96	242.84	236.60	280.54	334.04	307.68	252.06	202.06	176.08	202.15
ETR	47.07	32.51	28.51	39.36	52.29	49.60	38.68	39.64	54.23	70.50	76.25	65.60

CUENCA DEL RIO MORERE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

PERIODO 1966- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0	63.0	+OBS	*SIM
ENE	.*	1.10	1.03
FEB	+	*20	1.35
MAR	+	*10	1.25
ABR	.	+	1.30	1.29
MAY	.	*	+	7.40	3.31
JUN	.	*	11.10	5.58
JUL	.	+	*	1.50	3.64
AGO	.	+	*	2.40	3.51
SEP	.	*	+	7.00	4.82
OCT	.	.	*	.	+	30.90	14.49
NOV	*	64.90	29.95
DIC	.	.	.	*	+	65.00	22.36

PLOTIO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0	63.0	*OBS	*SIM
ENE	.	†	5.70	14.10
FEB	.	†	2.10	12.80
MAR	.	†80	10.26
ABR	.	†	4.40	10.30
MAY	9.60	9.53
JUN	.	†	4.80	8.79
JUL	.	†	1.90	7.24
AGO	.	†	4.80	6.29
SEP	9.50	7.64
OCT	20.70	8.81
NOV	21.20	8.91
DIC	8.90	6.14
ENE	.	†70	4.96
FEB	.	†	6.30	4.73
MAR	.	†	2.00	3.89
ABR	9.80	11.92
MAY	10.80	11.86
JUN	14.20	8.57
JUL	2.20	6.10
AGO	2.00	5.49
SEP	10.80	8.20
OCT	14.80	12.60
NOV	3.00	8.46
DIC	1.30	6.07
ENE	2.90	5.43
FEB	2.20	5.40
MAR	6.10	5.44
ABR	9.40	6.95
MAY	10.90	7.14
JUN	7.00	7.16
JUL	1.20	6.50
AGO	11.30	12.79
SEP	18.60	16.60
OCT	63.00	23.29
NOV	44.40	26.95
DIC	22.40	19.80
ENE	6.00	13.52
FEB	2.50	12.13
MAR	1.80	9.60
ABR	9.20	10.52
MAY	7.70	11.53
JUN	6.90	9.84
JUL	6.30	8.67
AGO	12.60	18.60
SEP	7.20	15.07
OCT	20.80	14.22
NOV	24.90	16.87
DIC	19.60	13.11

CUENCA DEL RIO MORRE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

PERIODO 1966- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m**3/seg

	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0	63.0	*OBS	*SIM
ENE	.	+	4.70	10.67
FEB	.	+	1.60	10.00
MAR	.	+	1.20	7.87
ABR	.	+	5.20	8.60
MAY	14.70	9.82
JUN	.	+	3.10	7.98
JUL	.	+	1.30	6.35
AGO	.	+	4.60	7.63
SEP	.	+	5.50	8.79
OCT	13.30	8.49
NOV	14.50	10.71
DIC	.	+	2.20	8.31
ENE	.	+	1.90	6.80
FEB	.	+	4.20	6.54
MAR	.	+	2.30	5.78
ABR	11.50	8.50
MAY	7.70	7.05
JUN	.	+	1.20	6.14
JUL	.	+50	5.39
AGO	.	+60	4.94
SEP	.	+	3.00	6.90
OCT	.	+	4.30	8.35
NOV	10.80	6.64
DIC	.	+	1.50	4.83
ENE	.	+00	3.78
FEB	.	+00	3.64
MAR	.	+00	2.91
ABR	.	+90	2.78
MAY	.	+40	2.89
JUN	.	+	3.10	3.46
JUL	.	+00	2.19
AGO	5.30	3.72
SEP	11.70	12.31
OCT	48.30	24.62
NOV	46.70	33.09
DIC	14.70	20.94
ENE	.	+	3.10	11.90
FEB	.	+	3.60	9.75
MAR	.	+	2.70	7.64
ABR	.	+	4.50	7.30
MAY	20.00	8.26
JUN00	7.24
JUL00	5.39
AGO10	4.75
SEP	12.40	9.79
OCT	26.20	19.47
NOV	43.40	23.27
DIC	1.70	12.25

CUENCA DEL RIO MORRE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

PERIODO 1966- 1977

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m³/seg

		7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	49.0	56.0	63.0	*OBS	*SIM
ENE	. +	1.80	8.19
FEB	+00	7.63
MAR	. +50	6.35
ABR	+00	5.75
MAY	. +	2.20	5.58
JUN	+20	4.63
JUL	. +	1.90	3.98
AGO	. +40	4.92
SEP	. +	2.10	11.47
OCT	35.20	19.47
NOV	16.10	16.05
DIC	16.80	12.71
ENE	. +80	8.13
FEB	+30	7.78
MAR	+00	6.13
ABR	. +	2.50	5.87
MAY	+00	4.94
JUN	+00	4.52
JUL	+00	3.87
AGO	+10	3.59
SEP	. +70	3.86
OCT	18.20	9.04
NOV	12.00	6.68
DIC	. +	2.60	4.72
ENE	. +	1.90	4.00
FEB	+00	3.62
MAR	+00	2.89
ABR	+00	2.80
MAY	6.20	5.04
JUN	+00	2.84
JUL	+00	2.43
AGO	. +	2.20	2.10
SEP	. +	1.60	2.06
OCT	9.60	3.68
NOV	14.90	4.75
DIC	. +	4.10	2.52

CUENCA DEL RIO MORERE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

1 1 1 1 0 1 1

13 2 7 1966 1977 1 12 144 7 70.0 0.001 20

521.56 346.75 103.44 552.06 250.75 714.31 950.88

100.0 120.0 0.65 0.08 0.01 0.30 40.0 30.0 0.30 0.00 0.00 sc1-

100.0 120.0 0.65 0.08 0.01 0.30 42.0 54.0 0.30 0.00 0.00 sc2-

110.0 120.0 0.85 0.08 0.01 0.30 50.0 45.0 1.00 0.00 0.00 sc3-

110.0 120.0 0.85 0.10 0.04 0.26 60.0 30.0 0.00 0.00 0.00 sc4

220.0 220.0 0.85 0.05 0.20 0.31 60.0 45.0 0.30 0.00 0.00 sc5

220.0 220.0 0.85 0.05 0.20 0.31 24.0 5.0 0.30 0.00 0.00 sc6

220.0 220.0 0.85 0.05 0.20 0.85 20.0 0.0 4.0 0.00 0.00 sc7

0 0 0 0 1 2 3

0 0 0 0 0 0 0 sc-1

0 0 0 0 0 0 0 sc-2

0 0 0 0 0 0 0 sc-3

0 0 0 0 0 0 0 sc-4

4 0 0 0 0 0 0 sc-5

3 5 0 0 0 0 0 sc-6

1 2 6 0 0 0 0 sc-7

0.813 0.288 0.000 0.000 0.000 0.00 0.033 est-1

0.187 0.000 0.000 0.000 0.000 0.00 0.304 est-2

0.000 0.648 0.000 0.000 0.000 0.00 0.185 est-3

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.264 0.224 est-4

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.00 0.099 est-5

0.000 0.064 1.000 0.000 0.000 0.370 0.041 est-6

0.000 0.000 0.000 0.011 0.178 0.00 0.097 est-7

0.000 0.000 0.000 0.073 0.000 0.311 0.00 est-8

0.000 0.000 0.000 0.140 0.445 0.035 0.017 est-9

0.000 0.000 0.000 0.143 0.341 0.020 0.00 est-10

0.000 0.000 0.000 0.164 0.036 0.00 0.00 est-11

0.000 0.000 0.000 0.292 0.000 0.00 0.00 est-12

0.000 0.000 0.000 0.177 0.000 0.00 0.00 est-13

0.95 1.00 0.95 0.95 0.95 0.50 0.50 FACPRE

1.00 1.00 1.00 0.00 0.00 0.60 0.90 est-1

0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 0.40 0.10 est-2

1.20 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20 1.20 FACEVA

QUEBRADA ARRIBA

1966 0.7 1.7 0.4 30.6 168.6 130.9 47.2 83.4 128.8 201.8 190.8 61.5

1967 0.2 24.9 12.3 92.7 91.3 58.1 30.4 27.9 175.0 101.5 73.1 55.9

1968 15.9 50.8 25.6 310.1 137.4 70.2 47.4 83.8 134.5 175.8 43.9 45.2

1969 34.8 6.3 137.0 95.4 104.0 75.7 76.6 191.3 146.0 183.3 154.9 81.8

1970 18.4 13.9 34.6 92.1 159.1 76.2 89.1 326.3 85.1 115.1 128.3 91.4

1971 65.5 31.6 13.7 136.1 110.6 63.3 16.2 136.5 82.0 73.6 137.2 35.5

1972 48.1 46.6 52.7 156.0 52.3 16.7 0.1 14.9 155.1 84.8 38.3 74.3

1973 4.0 12.2 16.8 41.1 108.3 113.2 10.2 140.3 163.1 241.5 245.7 33.2

1974 15.0 21.3 47.2 59.9 115.3 78.1 11.4 19.2 229.6 210.0 154.6 1.0

1975 2.3 16.3 19.7 32.1 58.8 30.0 42.8 140.2 157.2 190.0 89.3 72.3

1976 5.7 103.0 31.5 72.1 4.4 29.6 0.2 9.9 66.7 197.4 43.3 16.6

1977 8.8 0.6 29.4 37.3 131.6 9.3 105.1 44.0 62.1 115.4 94.2 0.0

SAN FRANCISCO

1966 0.3 0.9 0.7 7.9 119.0 98.7 40.9 18.8 52.8 231.5 264.3 91.8

1967 0.4 11.5 34.0 108.5 51.6 6.6 50.6 1.0 85.2 158.3 85.7 5.8

1968 2.4 92.4 8.7 44.1 43.3 61.9 25.7 17.2 110.6 98.0 38.1 21.0

1969 38.8 17.5 65.2 109.1 47.3 67.0 1.5 118.2 194.3 247.8 156.7 49.1

1970 30.2 7.4 44.9 47.6 64.0 66.9 53.4 81.7 57.7 233.5 165.3 51.8

1971	37.0	15.3	2.5	47.3	143.7	14.6	0.0	165.7	22.2	117.9	143.3	33.0
1972	27.2	103.4	77.1	86.2	55.1	4.1	0.4	3.4	1.7	103.3	136.7	20.4
1973	0.0	2.3	1.9	27.7	32.1	53.8	5.4	93.3	258.4	162.1	122.0	62.9
1974	2.3	23.2	21.3	56.9	88.6	4.4	1.0	2.3	194.9	192.9	183.9	6.3
1975	2.8	0.8	28.7	9.1	50.6	2.1	59.2	42.9	190.1	235.4	114.2	61.7
1976	4.4	4.4	17.6	20.1	6.4	3.6	0.5	33.6	13.8	165.2	68.2	32.0
1977	2.0	0.0	4.0	16.9	88.4	4.8	2.5	73.2	60.8	143.4	112.1	0.0

PURICAURE

1966	8.1	32.2	12.9	16.6	151.2	77.9	70.1	86.1	82.6	195.0	306.7	50.1
1967	0.0	13.2	24.4	96.7	60.6	77.8	13.3	12.0	64.7	124.1	142.3	18.9
1968	31.6	28.0	34.6	169.6	53.8	35.9	45.9	30.2	156.4	149.5	32.2	25.2
1969	73.5	37.2	90.4	121.1	83.7	110.6	122.3	218.9	140.3	155.7	174.1	72.9
1970	43.8	54.5	16.9	173.8	95.7	45.8	79.1	152.2	48.0	80.7	154.0	44.3
1971	53.9	76.5	33.4	107.2	108.7	23.8	46.8	125.4	178.0	96.5	74.8	102.0
1972	19.2	44.7	48.3	112.1	49.4	25.1	1.5	57.2	205.7	183.7	68.4	27.0
1973	11.9	2.2	17.3	92.4	63.9	44.1	26.2	107.1	260.9	295.6	193.7	19.9
1974	17.3	40.1	47.8	80.7	133.6	58.9	12.7	73.2	158.4	224.4	159.8	2.3
1975	22.7	5.7	135.6	53.6	139.3	25.1	64.9	97.2	243.0	184.6	95.1	106.0
1976	12.1	62.1	38.3	40.9	20.8	13.6	8.1	125.4	115.8	169.4	64.7	96.9
1977	100.2	2.2	7.8	99.9	196.7	1.7	17.0	45.6	54.1	127.5	93.3	1.1

BURERE

1966	6.9	0.7	0.0	43.6	91.2	113.1	45.1	132.0	105.1	332.3	212.1	147.7
1967	1.2	13.3	55.8	106.0	23.5	6.7	45.1	7.0	144.6	141.1	88.3	13.6
1968	30.5	41.5	47.0	91.3	94.7	50.2	16.6	29.8	118.0	162.3	37.2	45.2
1969	81.5	19.3	26.9	118.9	107.1	41.1	15.8	104.1	197.6	260.6	127.3	87.3
1970	15.7	26.9	65.5	40.0	90.1	90.0	85.0	99.3	146.3	130.8	113.8	79.0
1971	12.8	19.2	44.0	55.9	70.9	31.8	6.6	67.5	55.4	167.2	89.0	14.6
1972	23.1	46.6	44.2	84.4	34.6	29.1	0.8	23.5	30.1	85.8	126.3	13.5
1973	0.0	1.2	17.0	47.2	18.2	17.8	1.7	130.7	138.7	123.3	112.2	91.5
1974	0.2	66.2	34.9	29.1	98.0	18.7	7.1	32.1	114.6	152.8	107.4	11.7
1975	12.1	0.0	35.0	15.0	42.1	2.5	33.9	22.1	129.6	231.7	80.3	69.9
1976	1.8	39.0	16.8	49.9	13.1	10.5	0.9	18.0	50.5	116.9	73.2	10.8
1977	42.5	0.0	0.5	58.6	122.2	16.0	2.1	43.6	90.5	87.5	50.8	1.4

CARORA-GRANJA

1966	0.0	0.7	1.3	18.9	63.8	53.6	45.7	93.6	63.1	227.4	333.4	68.4
1967	10.4	2.3	35.1	61.4	107.1	1.7	7.4	1.0	117.6	94.3	206.3	28.4
1968	0.6	33.1	23.5	95.1	79.9	210.6	0.8	33.2	80.3	95.5	12.6	33.0
1969	29.9	137.8	62.8	43.6	99.1	14.1	2.1	58.7	124.4	332.2	226.5	30.6
1970	27.0	15.5	1.9	123.7	71.3	40.0	113.7	40.0	55.7	126.7	174.1	52.0
1971	44.3	0.0	21.8	63.5	108.7	4.0	0.0	85.5	92.1	99.5	188.6	11.8
1972	14.8	8.5	43.4	40.5	57.2	19.1	3.6	16.0	2.1	89.5	164.7	33.8
1973	13.2	9.2	18.2	23.1	28.7	109.2	0.0	55.4	155.0	229.6	80.5	35.5
1974	1.5	54.7	135.8	22.6	90.0	8.2	3.1	10.9	86.6	74.7	75.5	0.7
1975	1.9	8.2	27.1	19.3	52.9	4.5	12.2	14.4	99.5	222.3	109.0	139.8
1976	0.7	9.8	24.9	53.4	8.1	4.9	1.9	31.5	42.2	91.2	194.2	149.9
1977	12.7	0.0	14.6	11.7	17.6	5.0	6.0	26.4	43.1	96.3	265.4	1.2

PRIETO-LOS LOPEZ

1966	47.4	4.8	5.5	14.7	105.6	152.3	71.6	83.2	106.6	326.9	248.4	200.5
1967	7.1	35.3	24.6	152.9	62.5	91.6	83.5	40.1	136.6	121.7	105.0	33.1
1968	48.1	37.3	55.8	194.7	94.5	59.1	80.6	43.9	187.6	183.7	49.5	28.1
1969	52.0	59.8	82.9	144.1	144.0	104.5	18.5	229.7	102.6	216.6	149.2	35.7
1970	48.7	23.7	29.7	247.5	33.3	88.1	114.9	115.5	116.0	78.6	153.8	14.8
1971	93.9	72.0	33.9	111.2	132.4	17.4	67.6	87.2	103.1	125.7	185.9	45.1
1972	13.9	4.7	61.0	181.9	69.4	27.0	4.5	76.2	68.2	53.6	124.2	8.1
1973	2.2	31.1	40.6	46.8	53.8	64.5	54.3	189.1	161.6	207.9	318.5	37.1

1974	55.5	67.5	29.7	40.1	158.4	37.4	19.2	107.6	111.6	279.5	219.1	35.2
1975	2.9	32.6	76.3	17.6	69.9	6.1	78.2	102.5	171.8	292.4	56.4	211.4
1976	2.1	41.0	49.9	138.3	74.4	10.3	18.8	125.9	63.2	191.1	81.4	20.8
1977	11.1	0.0	21.7	52.3	100.4	11.7	14.8	96.0	57.4	89.2	108.6	10.2

SABANA GRANDE-T.S.

1966	0.0	8.2	14.3	10.9	176.8	53.9	25.3	70.0	71.2	147.3	292.0	119.9
1967	7.2	28.6	87.4	42.1	43.6	55.8	30.6	17.4	67.9	150.9	204.6	26.3
1968	10.1	36.8	33.1	314.1	30.1	81.0	7.1	40.6	95.7	147.7	51.7	71.7
1969	37.6	52.7	77.6	40.2	84.8	20.2	3.3	161.7	110.6	230.2	250.8	45.4
1970	35.1	13.6	4.7	37.0	71.6	25.4	129.8	37.6	74.4	113.6	175.4	80.8
1971	75.0	12.8	55.3	71.8	76.8	26.1	14.3	83.1	54.8	162.1	147.7	21.5
1972	43.1	9.9	129.6	121.2	3.5	10.6	2.6	12.7	0.5	169.3	86.6	0.9
1973	9.5	34.0	42.5	36.0	22.5	28.4	1.3	32.6	152.7	297.8	102.0	68.4
1974	3.5	62.9	105.2	36.4	96.3	15.8	3.1	61.9	103.5	111.2	144.8	6.1
1975	3.5	5.5	0.2	62.1	41.6	3.4	21.5	77.7	56.9	143.8	71.3	108.1
1976	6.3	8.5	30.0	144.3	28.4	3.5	3.2	58.3	24.1	103.2	89.3	65.8
1977	20.2	0.0	14.9	44.4	28.1	13.7	7.8	32.0	42.1	32.4	180.7	0.0

EL EMPEDRADO

1966	11.3	0.3	26.3	81.3	72.9	150.1	61.7	83.3	61.6	291.8	321.1	191.2
1967	25.2	26.5	41.0	185.4	51.0	24.0	52.3	42.4	171.9	101.8	131.5	15.7
1968	49.1	21.6	71.8	178.7	82.5	144.5	60.2	48.3	128.5	82.7	70.8	60.0
1969	72.0	64.9	49.0	94.2	143.7	24.6	57.0	134.6	207.3	219.2	189.7	82.8
1970	79.4	33.3	10.0	124.7	145.1	72.3	52.8	95.2	98.5	214.8	152.4	55.0
1971	30.5	15.5	53.7	116.1	167.0	30.4	13.7	84.7	83.1	186.4	89.6	36.1
1972	39.9	19.2	165.4	168.6	27.8	85.2	16.6	92.8	42.9	105.1	119.4	15.5
1973	2.1	13.3	32.8	39.9	63.5	125.6	13.6	98.0	195.7	197.4	139.5	21.1
1974	19.7	115.4	67.8	64.9	67.9	60.9	10.5	89.0	129.8	145.7	209.8	9.8
1975	25.1	15.9	13.9	52.6	108.9	46.6	38.7	40.9	131.9	214.4	92.9	123.8
1976	1.2	38.6	53.9	95.8	44.9	22.0	19.8	44.3	71.6	181.2	31.5	54.0
1977	20.6	0.0	27.0	38.9	85.8	19.6	26.3	80.0	89.0	176.0	185.2	2.9

SICARIGUA

1966	0.2	3.2	14.4	57.3	146.7	109.8	49.9	107.0	102.5	226.6	410.4	154.9
1967	6.2	19.9	121.7	78.2	34.1	21.4	17.6	1.8	178.0	73.8	52.5	23.5
1968	40.5	26.0	59.2	275.0	63.9	122.4	39.7	39.9	92.1	98.0	42.8	86.6
1969	137.4	37.4	57.4	150.0	52.5	22.9	65.2	145.5	179.2	345.8	147.4	66.0
1970	44.2	26.7	8.6	17.3	125.8	71.2	41.5	62.3	70.8	173.3	150.8	45.7
1971	97.9	7.8	19.0	117.1	148.1	11.2	0.0	108.1	67.8	202.6	93.7	71.7
1972	16.5	33.1	220.7	131.2	70.9	24.1	1.6	0.4	66.0	131.8	51.2	19.5
1973	10.1	5.7	0.0	63.3	31.1	44.6	15.4	112.6	123.1	434.6	148.1	28.6
1974	23.0	67.8	125.8	75.0	115.9	27.9	0.8	32.8	118.0	71.5	189.0	0.5
1975	20.3	16.7	18.2	59.7	75.4	17.7	41.2	53.8	159.3	193.1	120.0	199.6
1976	1.0	41.7	31.6	102.7	33.4	22.4	3.3	30.2	31.2	106.8	79.1	67.8
1977	0.4	0.0	70.7	92.3	43.3	31.9	27.7	58.5	15.5	122.0	150.1	11.0

TRENTINO-LA PASTORA

1966	2.6	2.0	0.7	41.8	42.3	131.0	59.2	120.8	88.3	118.1	300.4	156.8
1967	23.5	32.1	61.7	120.6	143.8	88.3	34.0	16.6	110.5	147.8	118.8	30.9
1968	80.3	74.5	48.7	138.5	92.8	75.3	65.9	84.0	171.5	184.4	54.3	94.4
1969	141.6	114.0	37.8	167.2	127.4	73.6	36.7	214.9	139.9	287.3	237.8	103.4
1970	37.5	39.6	15.2	36.1	173.6	45.3	101.2	157.6	147.4	214.9	163.3	124.9
1971	38.4	42.8	39.9	96.9	175.7	36.1	13.1	90.5	135.1	168.9	99.9	30.4
1972	20.2	43.6	131.0	105.8	126.2	29.5	13.3	39.9	14.9	99.8	115.0	30.0
1973	23.4	3.4	16.2	64.0	60.9	112.9	4.7	97.2	134.6	254.3	159.8	67.2
1974	32.1	76.1	97.2	102.1	112.4	36.2	35.7	44.4	135.9	177.6	151.4	1.2
1975	22.6	3.6	43.3	74.5	57.3	31.4	78.9	103.7	108.2	259.9	54.0	85.1
1976	0.4	14.5	32.5	92.2	29.9	30.7	4.4	57.2	57.0	155.4	68.2	9.9

1977	6.0	1.0	20.2	64.0	71.9	4.7	46.8	104.6	35.9	146.7	129.9	46.1
SAN PEDRO												
1966	7.4	6.7	1.8	155.7	157.8	42.5	23.2	41.6	91.1	279.4	406.6	184.8
1967	7.5	13.3	214.5	149.0	151.0	51.0	14.1	3.9	156.8	107.6	144.8	48.0
1968	23.3	24.1	85.8	202.1	151.7	40.8	30.2	30.0	54.1	139.4	72.4	180.4
1969	87.4	90.6	158.6	136.5	138.3	47.9	37.0	66.3	145.3	270.2	211.5	96.1
1970	68.1	59.0	7.9	78.8	79.9	58.1	45.0	77.9	66.5	195.9	240.3	83.5
1971	77.4	27.5	46.4	196.9	175.4	25.1	27.6	131.2	69.0	162.9	153.0	86.8
1972	87.2	38.9	232.6	168.0	170.2	30.5	0.8	7.4	3.4	137.7	113.6	33.1
1973	20.7	15.1	10.8	98.6	39.6	93.9	4.4	150.6	148.4	298.9	156.5	114.1
1974	17.5	44.6	156.3	105.7	126.2	26.9	7.3	23.8	96.1	171.0	267.3	8.4
1975	19.0	22.1	11.9	90.7	102.3	23.2	76.0	22.6	149.0	252.4	162.2	188.4
1976	19.3	29.7	34.9	102.6	36.1	28.1	10.6	19.8	115.3	280.7	70.3	52.1
1977	0.3	0.0	46.6	141.0	90.0	32.4	31.0	63.2	51.8	161.7	120.9	42.2
PUENTE VILLEGAS												
1966	31.4	21.3	0.4	80.9	89.9	121.9	91.5	111.3	133.9	163.3	465.7	186.0
1967	2.0	25.8	53.3	167.7	186.4	107.8	71.4	21.0	178.0	80.7	157.9	53.6
1968	110.9	15.4	60.7	199.0	146.1	85.7	55.8	183.0	95.6	141.5	32.0	87.4
1969	92.5	83.9	30.6	188.3	174.0	102.5	65.7	227.6	142.0	173.1	212.0	93.8
1970	39.9	31.9	8.6	66.3	177.3	71.3	178.6	76.7	198.4	189.7	188.1	67.5
1971	26.5	30.0	18.0	140.2	119.3	16.4	17.8	139.0	142.5	238.7	116.9	76.1
1972	18.2	62.8	132.8	127.7	38.7	32.3	10.0	30.7	80.6	167.1	64.1	24.0
1973	25.5	12.8	18.6	125.9	51.5	128.7	31.1	123.6	175.1	239.4	181.8	20.6
1974	28.9	108.4	55.1	96.5	133.6	35.2	24.6	106.6	216.8	316.8	219.4	0.7
1975	23.3	2.7	14.0	58.5	63.9	22.7	60.6	79.9	140.8	213.0	93.5	91.6
1976	5.4	5.2	61.9	105.1	90.7	30.9	12.4	42.9	158.3	245.2	15.7	22.9
1977	6.2	0.0	12.1	74.4	62.7	27.7	29.5	93.6	85.4	119.6	128.4	39.0
CARACHE												
1966	8.6	11.2	5.1	81.9	74.2	134.3	132.8	59.0	66.0	101.3	132.7	95.6
1967	0.0	16.2	29.9	108.9	35.5	37.9	56.0	9.0	93.3	97.4	55.5	37.4
1968	22.3	18.9	0.0	196.1	124.3	84.2	87.9	86.3	110.4	143.7	60.6	39.5
1969	105.5	14.4	26.0	99.9	68.3	95.0	39.3	132.2	106.0	120.6	118.7	33.9
1970	23.5	19.7	28.2	47.3	129.9	87.4	98.5	149.0	151.4	126.8	130.5	53.9
1971	36.2	35.0	104.1	129.8	105.8	64.0	96.4	76.9	90.3	238.9	84.9	40.0
1972	34.2	10.0	77.3	305.6	279.1	74.0	0.0	46.3	76.3	72.6	127.4	12.3
1973	78.7	6.3	27.4	99.7	68.7	45.0	27.3	119.9	89.4	88.6	133.8	25.4
1974	11.0	75.6	134.3	86.3	37.7	26.3	25.2	42.9	129.9	151.5	64.8	20.3
1975	1.7	4.7	10.9	59.7	75.0	19.2	32.4	42.9	71.2	113.5	74.4	99.7
1976	1.9	24.1	35.2	48.1	33.7	64.0	34.6	31.3	82.8	97.7	37.6	8.9
1977	0.0	0.0	7.2	70.5	78.2	48.5	24.5	62.5	52.2	81.9	50.2	9.0
CARORA GRANJA - EVAP												
1966	293.3	331.6	361.9	309.6	245.5	243.6	333.1	355.7	288.0	249.3	157.2	165.4
1967	233.2	291.2	301.7	223.8	267.0	340.5	372.0	409.0	280.7	229.0	199.6	229.0
1968	287.8	252.3	312.9	214.5	248.3	249.0	354.8	326.4	267.0	219.0	220.9	255.6
1969	269.0	243.6	273.4	222.0	245.1	311.7	419.7	262.9	286.0	176.7	147.1	187.5
1970	262.3	268.0	320.4	308.1	258.0	277.2	287.1	279.9	267.8	187.1	182.8	180.4
1971	244.5	277.7	305.9	268.5	199.6	323.4	378.8	281.8	222.2	215.9	191.7	240.5
1972	233.0	248.8	263.4	200.3	261.1	314.8	382.0	365.8	349.7	259.9	257.6	274.5
1973	336.1	316.0	349.0	311.5	355.2	271.4	374.3	327.8	223.3	216.3	201.2	222.4
1974	291.7	258.5	294.8	327.4	279.5	361.7	438.1	423.3	264.0	231.7	199.2	292.8
1975	325.0	307.1	341.5	339.6	282.9	350.6	371.8	367.2	274.6	237.8	185.5	173.6
1976	267.5	282.2	313.6	291.4	355.1	371.6	441.5	425.1	397.2	239.0	253.2	262.9
1977	334.0	357.5	380.6	365.1	260.0	394.3	358.9	384.9	338.1	285.7	182.2	309.5
LOS ARANGUES - EVAP												
1966	221.3	251.0	277.3	233.5	189.1	187.9	252.2	271.7	209.0	163.0	127.0	134.0

1967	178.0	185.0	217.0	139.0	178.0	240.0	267.0	301.0	210.0	173.0	169.0	192.0
1968	215.4	199.4	229.4	174.0	182.9	209.0	297.1	256.8	210.0	180.7	181.0	196.4
1969	182.6	181.2	226.3	169.3	215.0	239.5	298.1	215.6	206.4	160.7	146.0	151.1
1970	193.5	199.5	254.0	230.0	203.5	243.3	237.0	216.5	195.9	153.6	153.7	129.2
1971	176.7	178.3	217.0	184.5	155.9	277.7	303.0	239.0	194.0	186.8	142.1	175.8
1972	190.5	196.8	204.0	160.2	209.7	258.6	345.4	312.6	266.5	212.9	193.5	201.0
1973	269.6	239.9	289.4	254.2	293.1	225.2	319.3	227.7	186.2	178.0	146.7	150.5
1974	234.1	182.0	218.9	204.1	152.0	233.0	300.8	296.5	198.8	178.6	145.3	205.0
1975	242.4	232.2	263.2	257.1	206.6	291.8	282.1	284.5	179.8	170.8	136.3	116.1
1976	178.6	188.4	227.8	196.8	251.2	290.8	339.6	318.5	283.2	171.9	178.8	183.6
1977	216.6	256.3	292.8	237.7	205.6	290.6	357.4	281.3	282.5	215.7	178.1	233.0
66	1.1	.2	.1	1.3	7.4	11.1	1.5	2.4	7.0	30.9	64.9	65.0
67	5.7	2.1	.8	4.4	9.6	4.8	1.9	4.8	9.5	20.7	21.2	8.9
68	.7	6.3	2.0	9.8	10.8	14.2	2.2	2.0	10.8	14.8	3.0	1.3
69	2.9	2.2	6.1	9.4	10.9	7.0	1.2	11.3	18.6	63.0	44.4	22.4
70	6.0	2.5	1.8	9.2	7.7	6.9	6.3	12.6	7.2	20.8	24.9	19.6
71	4.7	1.6	1.2	5.2	14.7	3.1	1.3	4.6	5.5	13.3	14.5	2.2
72	1.9	4.2	2.3	11.5	7.7	1.2	.5	.6	3.0	4.3	10.8	1.5
73	.0	.0	.0	.9	.4	3.1	.0	5.3	11.7	48.3	46.7	14.7
74	3.1	3.6	2.7	4.5	20.0	.0	.0	.1	12.4	26.2	43.4	1.7
75	1.8	.0	.5	.0	2.2	.2	1.9	.4	2.1	35.2	16.1	16.8
76	.8	.3	.0	2.5	.0	.0	.0	.1	.7	18.2	12.0	2.6
77	1.9	.0	.0	.0	6.2	.0	.0	2.2	1.6	9.6	14.9	4.1
1	1	0	1	0	0	0						

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

CUENCA DEL RIO MORERE - ESTACION PUENTE BOLIVAR

SIMULACION

INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1965 FINAL DIC DE 1992

NUMERO DE SUBCUENCAS = 7

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 13

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 2

PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSN (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	100.00	120.00	.65	.08	.01	.30
2	100.00	120.00	.65	.08	.01	.30
3	110.00	120.00	.85	.08	.01	.30
4	110.00	120.00	.85	.12	.04	.26
5	220.00	220.00	.85	.05	.20	.31
6	220.00	220.00	.85	.05	.20	.31
7	220.00	220.00	.85	.05	.20	.85

ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS	AIAS	AISUP	PSUPA	PSUBA	AREA PARC.	AREA ACUM.	SUBCUENCAS TRIBUTARIAS									
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(Km**2)	(Km**2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40.0	30.0	.3	.0	.0	521.56	521.56	0	0	0	0	0	0	0			
2	42.0	54.0	.3	.0	.0	346.75	346.75	0	0	0	0	0	0	0			
3	50.0	45.0	1.0	.0	.0	103.44	103.44	0	0	0	0	0	0	0			
4	60.0	30.0	.0	.0	.0	552.06	552.06	0	0	0	0	0	0	0			
5	60.0	45.0	.3	.0	.0	250.75	802.81	4	0	0	0	0	0	0			
6	24.0	5.0	.3	.0	.0	714.31	1620.56	3	5	0	0	0	0	0			
7	20.0	.0	4.0	.0	.0	950.88	3439.75	1	2	6	0	0	0	0			

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QUEBRADA ARRIBA	.813	.288	.000	.000	.000	.000	.033			
SAN FRANCISCO	.187	.000	.000	.000	.000	.000	.304			
PURICAUREE	.000	.648	.000	.000	.000	.000	.185			
BURERE	.000	.000	.000	.000	.000	.264	.224			
CARORA GRANJA	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.099			
PRIETO LOS LOPEZ	.000	.064	1.000	.000	.000	.370	.041			
SABANA GRANDE-T.S.	.000	.000	.000	.011	.178	.000	.097			
EL EMPEDRADO	.000	.000	.000	.073	.000	.311	.000			
SICARIGUA	.000	.000	.000	.140	.445	.035	.017			
TRENTINO-LA PASTORA	.000	.000	.000	.143	.341	.020	.000			
SAN PEDRO	.000	.000	.000	.164	.036	.000	.000			
PUENTE VILLEGAS	.000	.000	.000	.292	.000	.000	.000			
CARACHE	.000	.000	.000	.177	.000	.000	.000			

FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PACPRE	.950	1.000	.950	.950	.950	.500	.500			

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CARORA GRANJA - EVAP	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.600	.900			
LOS ARANGUES - EVAP	.000	.000	.000	1.000	1.000	.400	.100			

FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACEVA	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200			

SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1965 - 1992

CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	FSUPA	FSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	FSUBE	BALA
1	23510.34	117861.90	76610.30	19275.55	.00	.00	4028.10	2455.59	1572.50	196.56	.00
2	26086.86	117861.90	76610.30	20801.98	.00	.00	5014.25	3082.00	1932.24	241.53	.00
3	26605.60	117861.90	100182.60	21027.44	.00	.00	5197.30	3020.64	2176.66	272.08	.00
4	25111.70	91145.06	77473.27	20817.44	.00	.00	3746.78	2077.55	1669.23	556.41	.00
5	23068.64	91145.06	77473.27	22058.47	8249.04	.00	8840.78	8732.28	108.50	433.99	.00
6	12799.10	107175.20	91098.91	12739.31	3856.07	39.40	3893.24	3883.63	9.61	38.44	-.00
7	10820.03	115190.30	97911.74	10737.15	6962.57	.00	7037.52	7037.35	.17	.68	.00

ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC	ALMAC HUM SUELO	ALMAC AGUA SUBT	ALMAC EN SUPERF
1	52.28	26.36	1.79
2	68.77	46.22	10.42
3	79.17	90.00	35.61
4	60.63	15.31	4.14
5	63.16	.10	26.47
6	35.72	.36	16.81
7	29.12	.00	2.13

Bdigital.ula.ve

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 1

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	1.58	1.10	1.00	.92	2.63	.78	.70	.95	9.51	17.92	15.79	6.41
1966	2.69	2.41	2.20	2.02	5.56	9.09	4.00	3.64	5.99	19.20	29.10	15.84
1967	4.79	3.77	3.38	3.93	4.53	3.24	2.57	2.24	6.41	8.25	5.56	3.30
1968	2.33	2.35	1.96	17.40	16.87	8.54	4.41	4.18	7.75	14.48	6.15	3.87
1969	3.20	2.78	4.30	5.67	5.78	4.58	3.52	12.02	16.93	25.71	26.67	15.74
1970	6.24	4.55	4.19	4.55	9.08	6.62	5.93	29.49	18.21	18.40	18.69	12.60
1971	7.99	5.46	4.74	6.09	8.76	5.52	3.80	7.03	5.58	5.31	9.67	4.31
1972	3.36	3.17	2.97	7.36	3.98	2.28	2.03	1.85	3.27	4.16	2.68	2.41
1973	1.41	1.28	1.17	1.10	1.94	3.71	1.01	4.01	14.05	28.21	37.76	17.32
1974	5.33	3.55	3.28	3.22	5.09	3.90	2.34	2.12	11.74	25.75	25.79	7.43
1975	3.75	3.38	3.10	2.84	2.76	2.40	2.28	4.55	12.14	22.86	15.32	8.89
1976	3.95	4.51	3.34	3.34	2.66	2.44	2.22	2.03	1.96	10.15	4.48	2.19
1977	1.87	1.71	1.57	1.45	3.39	1.25	2.02	1.48	1.52	4.36	4.97	1.21
1978	1.08	1.59	1.56	3.58	3.19	3.11	6.16	2.92	3.44	4.55	6.94	3.66
1979	1.65	1.50	1.69	7.82	5.87	8.53	7.66	3.65	5.26	16.10	9.66	7.37
1980	3.40	2.97	2.72	2.50	2.35	2.19	2.02	2.36	3.62	7.27	4.16	2.25
1981	2.00	1.92	3.58	15.61	9.35	3.10	3.12	4.17	15.16	15.70	8.95	4.08
1982	3.69	4.66	3.33	11.59	12.26	3.68	3.00	2.74	6.07	16.36	5.84	3.39
1983	2.94	2.58	2.36	9.56	6.59	3.30	2.79	2.32	2.24	2.48	1.94	1.68
1984	1.75	1.42	1.23	1.87	1.49	.97	2.31	1.42	5.15	4.63	3.83	1.34
1985	1.11	1.01	.95	2.94	6.70	1.42	1.61	5.14	14.90	34.98	29.14	11.46
1986	4.49	3.43	3.08	3.95	9.28	3.01	2.45	2.99	6.30	18.43	10.30	3.52
1987	2.88	2.64	2.48	2.52	7.88	2.44	1.85	3.09	12.37	22.82	17.33	6.93
1988	3.44	3.15	2.92	4.97	9.72	5.73	5.04	10.67	20.65	29.91	27.02	12.85
1989	5.97	4.60	4.17	3.80	3.75	3.29	2.93	5.49	23.11	22.94	14.68	13.58
1990	5.20	4.20	3.99	9.89	4.19	3.35	2.93	4.78	5.47	20.69	8.09	3.96
1991	2.99	2.74	2.58	3.84	3.88	2.08	1.83	1.68	4.88	8.34	7.83	4.17
1992	2.25	2.05	1.87	1.73	3.12	1.53	1.39	1.23	2.21	2.24	6.63	1.53

VOLUMEN ESCURRIDO = 2100.8930 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 2

PERIODO 1965-19992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	1.62	1.31	1.20	1.14	1.55	.92	.84	2.35	10.22	17.02	16.46	6.11
1966	2.49	2.16	1.95	1.78	4.23	5.05	3.27	3.49	4.21	13.71	27.97	16.35
1967	4.81	2.94	2.61	3.24	3.15	3.06	1.97	1.73	2.44	4.68	6.41	2.52
1968	1.78	1.61	1.46	8.93	6.37	3.05	2.26	1.92	5.77	10.92	4.16	2.34
1969	2.31	1.81	2.85	4.87	4.70	5.02	5.42	15.46	15.57	18.53	20.82	12.70
1970	5.87	4.05	3.34	6.59	7.64	4.68	4.69	13.43	7.58	6.51	10.17	5.83
1971	4.41	3.89	2.98	4.46	6.02	3.12	2.53	4.69	8.75	6.84	6.52	5.16
1972	2.92	2.59	2.43	4.78	2.95	1.93	1.68	1.59	6.79	10.80	5.52	2.85
1973	2.01	1.82	1.67	1.78	2.16	2.02	1.26	3.08	15.23	29.19	33.02	15.86
1974	5.50	3.24	2.81	2.95	5.68	3.80	2.15	2.17	7.81	19.34	20.21	6.42
1975	3.04	2.58	3.12	2.50	4.09	2.09	2.08	3.63	14.21	20.17	13.68	10.79
1976	3.77	3.72	2.82	2.69	2.20	1.99	1.81	2.08	3.31	10.23	5.21	3.69
1977	3.08	1.83	1.67	1.85	7.52	1.89	1.59	1.48	1.47	3.61	4.02	1.28
1978	1.13	1.19	1.06	2.12	2.56	2.81	2.76	1.19	1.38	4.32	3.44	1.43
1979	.98	.89	1.08	3.14	4.49	11.55	8.18	4.44	7.38	14.43	17.60	11.43
1980	3.96	3.00	2.73	2.50	2.40	2.11	2.05	3.48	7.00	8.56	6.40	3.12
1981	2.78	2.83	3.62	12.02	14.13	5.49	5.40	7.95	15.20	11.12	8.06	4.67
1982	3.78	3.60	3.30	7.82	9.59	3.59	2.76	2.48	5.27	7.44	2.88	2.50
1983	2.13	1.92	1.76	5.33	5.52	2.70	2.05	1.81	1.96	3.94	1.85	1.32
1984	1.59	1.08	.98	1.13	1.38	.90	3.40	2.91	5.21	7.23	3.75	3.40
1985	1.73	1.40	1.40	3.79	8.84	2.54	3.42	7.18	15.45	20.59	22.26	10.24
1986	3.92	2.99	2.74	2.98	4.54	2.49	2.01	2.16	5.35	12.85	7.79	3.03
1987	2.21	2.03	1.94	2.82	6.49	2.94	2.06	3.62	5.10	15.14	10.05	3.41
1988	2.29	2.09	1.93	2.53	4.23	2.58	2.56	7.88	10.75	14.14	10.73	4.80
1989	2.82	2.55	2.37	2.24	4.26	2.31	3.36	8.31	18.58	18.07	9.67	8.23
1990	3.62	2.95	2.68	3.09	2.99	2.30	2.01	7.00	6.38	13.60	10.52	5.38
1991	2.88	2.55	2.57	2.68	2.49	1.84	1.63	1.49	2.50	3.89	2.69	1.53
1992	1.21	1.21	1.01	.93	8.46	2.10	1.26	1.07	1.38	1.76	11.57	2.75

VOLUMEN ESCURRIDO = 1738.6900 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 3

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	.37	.33	.30	.76	1.61	.47	.37	.35	.97	4.60	4.77	2.25
1966	1.13	.74	.68	.62	.73	1.85	1.19	1.06	1.31	7.22	9.31	9.33
1967	3.75	1.69	1.15	2.00	1.40	1.42	1.33	.93	1.62	2.01	1.88	1.00
1968	.86	.75	.72	2.43	1.93	1.14	1.08	.78	2.43	4.15	1.83	.98
1969	.88	.83	.91	1.81	2.55	2.12	.94	3.61	2.83	5.14	5.05	2.20
1970	1.46	1.16	1.05	3.62	1.63	1.50	1.84	2.05	2.18	1.65	2.68	1.17
1971	1.32	1.18	.88	1.19	1.89	.83	.82	.93	1.18	1.71	3.48	1.51
1972	.82	.73	.69	2.07	1.33	.74	.62	.64	.66	.57	1.10	.43
1973	.38	.35	.33	.32	.31	.34	.30	2.00	3.13	5.03	9.84	4.85
1974	2.36	1.57	1.05	.94	1.84	.99	.76	.99	1.38	5.89	7.52	3.31
1975	1.19	.99	1.02	.81	.82	.67	.70	.98	2.50	7.26	3.65	5.73
1976	1.84	1.21	1.06	1.73	1.37	.85	.77	1.08	.90	2.77	1.83	.86
1977	.71	.65	.60	.56	.76	.46	.42	.53	.47	.63	.98	.34
1978	.29	.27	.31	.51	.30	.23	.27	.32	.37	.98	.44	.20
1979	.18	.16	.54	.18	.82	1.79	.59	.92	3.27	3.99	3.39	4.11
1980	1.57	.95	.85	.79	.82	.65	.63	1.14	3.82	2.26	1.93	.94
1981	.80	.87	.65	1.64	2.53	3.05	1.71	1.72	2.84	2.12	2.59	1.77
1982	1.10	.98	.95	1.82	2.27	.99	.93	.80	1.04	1.59	.67	.59
1983	.55	.50	.46	1.14	1.19	.98	.57	.58	.51	1.95	.56	.41
1984	.49	.33	.30	.44	.63	.38	.67	.49	.58	.94	.94	.59
1985	.30	.27	.25	.82	2.59	.81	.49	1.00	5.24	7.56	6.47	3.17
1986	1.22	.93	.87	1.16	1.88	1.36	.76	.70	1.37	6.67	4.35	1.40
1987	.90	.85	.80	1.06	1.62	1.15	.85	1.18	1.97	3.48	3.59	1.97
1988	.99	.91	.86	1.38	2.52	1.83	1.34	2.00	3.78	6.67	3.36	1.47
1989	1.13	1.03	.95	.88	.84	.74	.67	.71	5.94	3.37	1.95	1.03
1990	.93	.78	.75	1.41	1.77	1.15	.84	1.10	1.03	5.61	2.93	2.00
1991	1.01	1.08	.93	.70	.73	.79	.54	.49	.59	1.52	4.50	1.32
1992	.66	.65	.54	.50	2.22	.70	.57	.45	1.02	1.08	6.85	2.25

VOLUMEN ESCURRIDO = 537.6091 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUECA NUMERO 4

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	2.13	1.60	1.34	1.76	6.35	2.06	1.25	1.88	5.86	13.84	15.73	6.52
1966	3.84	3.19	2.72	2.62	3.72	5.52	4.18	4.32	4.97	13.48	44.29	40.83
1967	17.83	8.01	7.50	10.55	11.12	7.58	5.37	4.15	6.70	7.25	8.54	4.62
1968	3.92	2.89	2.59	10.93	11.60	8.44	5.40	5.84	6.68	10.10	5.64	5.86
1969	6.77	5.03	3.79	8.02	9.80	6.50	4.34	9.96	13.75	26.44	31.74	20.71
1970	11.00	7.16	5.67	5.01	7.83	5.81	6.58	6.93	10.03	17.95	23.33	14.44
1971	8.52	5.94	5.05	7.39	11.44	5.46	4.03	5.14	6.26	17.54	14.71	8.63
1972	5.33	4.31	8.04	14.86	13.77	7.15	4.71	4.03	3.55	5.51	5.74	2.95
1973	2.40	1.98	1.69	1.97	1.63	2.49	1.02	2.88	7.69	25.04	25.97	12.55
1974	5.80	5.62	6.49	6.28	7.04	3.85	2.92	2.70	6.51	17.03	23.55	8.11
1975	4.74	3.89	3.31	3.01	3.11	2.13	1.98	1.89	4.47	16.21	12.21	12.92
1976	5.07	3.95	3.43	3.81	2.91	2.21	1.78	1.55	2.26	10.98	4.78	2.61
1977	1.95	1.66	1.42	1.62	1.78	1.00	.81	1.17	1.02	3.86	6.38	2.16
1978	1.42	1.73	2.29	10.20	6.60	3.64	3.10	2.28	2.27	1.81	1.49	1.11
1979	.91	.75	2.40	3.13	9.88	11.03	6.97	4.55	13.43	13.08	22.92	20.52
1980	9.98	6.12	5.10	4.38	4.12	3.21	2.82	2.80	6.72	3.53	3.23	4.29
1981	2.39	1.99	1.36	14.49	32.66	17.57	10.19	9.18	9.16	11.76	13.79	7.89
1982	5.66	5.32	4.20	7.58	10.20	4.56	3.39	2.86	3.03	3.77	2.15	1.67
1983	1.37	1.17	1.01	2.45	4.47	1.50	1.09	.92	1.07	3.09	1.90	.94
1984	1.01	.66	.45	1.74	2.89	.81	.92	1.33	5.03	7.68	4.61	2.23
1985	1.71	1.46	1.33	1.87	8.93	3.30	2.03	3.54	6.75	11.97	15.35	8.00
1986	4.33	3.79	4.05	3.44	7.11	4.53	2.46	2.15	3.92	7.86	7.20	3.27
1987	2.40	2.05	2.40	2.34	6.17	3.38	1.98	1.82	3.69	10.01	6.70	2.87
1988	2.30	1.96	1.72	1.87	4.48	3.29	2.19	11.07	17.31	32.09	25.76	12.47
1989	6.23	4.96	5.90	5.42	6.11	3.52	2.84	3.32	10.00	8.79	9.61	6.31
1990	3.79	3.15	2.67	3.27	3.75	2.35	1.91	1.58	2.39	19.59	12.28	6.48
1991	3.49	2.95	3.48	3.24	2.86	2.37	1.44	1.34	2.63	3.12	7.25	2.61
1992	1.69	1.34	1.16	1.64	4.51	2.20	1.12	.89	1.36	.97	8.09	1.79

VOLUMEN ESCURRIDO = 2068.4470 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUECA NUMERO 5

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	1.20	1.34	1.38	1.82	3.50	2.76	2.30	2.20	3.43	8.31	11.55	8.78
1966	7.20	5.97	4.97	4.26	4.25	4.84	4.48	4.59	4.79	8.65	29.42	31.66
1967	24.43	19.33	15.85	14.35	13.41	11.59	9.66	7.97	7.77	7.91	8.25	6.87
1968	5.97	5.02	4.28	8.10	8.40	8.47	7.34	6.88	7.05	8.53	7.25	6.92
1969	7.17	6.37	5.53	6.71	7.63	7.13	6.26	8.04	10.64	22.04	26.50	22.20
1970	18.20	14.80	12.01	9.88	9.47	8.29	7.83	7.66	8.53	12.66	17.07	15.52
1971	13.23	10.85	9.06	8.67	10.13	8.24	6.93	6.45	6.49	11.09	12.12	10.64
1972	8.93	7.50	8.26	10.66	11.41	9.90	8.29	6.97	5.91	5.97	5.94	4.91
1973	4.12	3.46	2.91	2.63	2.32	2.40	1.95	2.30	4.37	18.59	19.84	15.59
1974	12.36	10.36	9.42	8.47	8.28	6.71	5.54	4.68	5.43	9.34	14.96	11.83
1975	9.64	7.86	6.45	5.40	4.72	3.90	3.31	2.91	3.68	9.64	9.68	11.51
1976	8.67	7.22	6.05	5.48	4.62	3.87	3.22	2.71	2.58	5.41	5.21	4.34
1977	3.57	2.98	2.50	2.26	2.11	1.75	1.46	1.40	1.27	2.23	4.16	3.04
1978	2.53	2.41	2.52	7.04	5.69	4.90	4.32	3.68	3.29	2.82	2.41	2.00
1979	1.66	1.38	1.76	2.24	5.83	7.22	6.82	6.19	9.70	10.68	16.18	17.95
1980	14.54	11.79	9.73	8.09	6.87	5.74	4.84	4.22	5.36	4.77	4.24	5.47
1981	3.76	3.19	2.60	7.23	18.31	16.10	14.08	12.76	11.81	12.51	12.73	11.05
1982	9.33	8.11	6.88	7.19	8.31	6.99	5.87	4.94	4.37	4.22	3.56	2.96
1983	2.47	2.07	1.74	2.02	2.80	2.36	1.96	1.64	1.46	2.06	1.98	1.64
1984	1.46	1.20	.97	1.24	1.76	1.44	1.29	1.31	2.76	4.35	4.36	3.62
1985	3.02	2.54	2.16	2.12	4.59	3.93	3.34	3.49	4.90	8.58	12.47	9.53
1986	7.76	6.57	5.90	5.12	5.87	5.39	4.46	3.75	3.95	5.96	7.01	5.06
1987	4.21	3.54	3.23	2.97	4.67	3.88	3.22	2.80	3.15	6.02	6.38	4.85
1988	4.04	3.40	2.88	2.58	3.40	3.25	2.89	5.65	11.19	19.46	20.66	17.42
1989	13.92	11.16	9.60	8.45	7.87	6.35	5.27	4.72	7.02	7.35	8.60	7.64
1990	6.28	5.32	4.50	4.20	4.05	3.50	3.01	2.57	2.63	10.49	9.64	8.60
1991	6.89	5.68	5.05	4.49	4.06	3.50	2.84	2.38	2.51	2.97	4.77	3.72
1992	3.03	2.51	2.09	1.96	3.05	2.59	2.13	1.74	1.63	1.43	4.52	2.98

VOLUMEN ESCURRIDO = 2216.8250 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 6

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	.65	.98	1.21	1.68	2.80	2.90	2.83	2.75	3.36	7.05	10.22	9.93
1966	9.42	8.59	7.68	6.82	6.27	6.51	6.20	6.06	6.09	10.71	21.29	26.89
1967	26.31	24.68	22.32	20.57	18.75	16.98	15.14	13.21	12.12	11.51	11.10	10.04
1968	9.05	8.04	7.11	8.31	8.92	9.13	8.90	8.52	8.91	10.23	9.75	9.18
1969	8.84	8.34	7.76	8.05	8.81	8.88	8.35	9.51	10.98	16.94	21.36	21.92
1970	21.19	19.57	17.56	16.38	14.76	13.23	12.14	11.43	11.27	12.35	14.77	15.22
1971	15.02	14.09	12.81	11.93	12.05	11.06	10.04	9.23	8.77	10.19	11.93	11.88
1972	11.22	10.30	9.90	10.92	11.40	11.17	10.47	9.59	8.66	8.02	7.78	6.98
1973	6.21	5.47	4.78	4.22	3.73	3.44	3.07	3.52	4.98	11.19	17.41	17.77
1974	16.81	15.32	13.82	12.46	11.78	10.50	9.20	8.12	7.77	10.48	14.57	14.30
1975	13.23	11.88	10.52	9.19	8.08	6.99	6.07	5.41	5.75	10.14	10.56	12.80
1976	11.93	10.86	9.70	8.96	8.04	7.01	6.08	5.38	4.80	6.01	6.26	5.91
1977	5.41	4.87	4.32	3.86	3.58	3.15	2.76	2.51	2.29	2.52	3.40	3.32
1978	3.17	3.02	2.97	4.46	4.91	4.97	4.85	4.59	4.32	4.19	3.76	3.27
1979	2.83	2.43	2.42	2.41	3.87	5.75	6.02	6.40	8.77	10.82	13.67	16.10
1980	16.02	15.01	13.64	12.17	10.79	9.43	8.21	7.34	8.11	7.69	7.36	7.04
1981	6.23	5.57	4.85	6.28	11.26	13.42	14.12	14.26	14.48	14.58	14.85	14.17
1982	13.00	11.80	10.57	10.17	10.35	9.56	8.71	7.79	7.07	6.74	5.92	5.19
1983	4.53	3.92	3.39	3.34	3.56	3.49	3.19	2.89	2.61	3.09	2.89	2.64
1984	2.43	2.15	1.88	1.83	2.01	1.95	1.96	1.92	2.43	3.33	3.98	4.02
1985	3.79	3.49	3.16	3.13	4.46	4.49	4.28	4.38	6.41	10.01	12.47	12.41
1986	11.35	10.16	9.12	8.26	8.16	7.70	6.93	6.17	6.00	8.66	9.20	8.25
1987	7.28	6.39	5.67	5.20	5.67	5.40	4.98	4.69	4.92	6.50	7.62	7.26
1988	6.57	5.88	5.22	4.86	5.28	5.18	4.90	5.85	9.05	14.94	17.33	17.71
1989	16.89	15.44	13.93	12.52	11.35	10.03	8.77	7.75	10.07	9.89	10.12	9.63
1990	8.88	8.02	7.17	6.71	6.46	5.89	5.27	4.80	4.47	9.11	9.64	9.87
1991	9.23	8.48	7.71	6.94	6.28	5.67	4.96	4.32	3.98	4.16	5.93	5.52
1992	4.95	4.40	3.86	3.43	4.12	3.79	3.46	3.07	2.96	2.83	5.82	5.41

VOLUMEN ESCURRIDO = 2780.9820 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 7

PERIODO 1965-1992

ESCORRENTIA SIMULADA

millones de metros cubicos

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	3.28	3.37	3.40	3.70	6.55	4.88	4.45	5.84	20.91	39.88	43.54	25.39
1966	16.21	13.61	12.10	10.84	15.37	20.00	14.46	13.43	15.93	41.77	80.20	62.11
1967	39.71	32.65	28.98	28.00	26.69	23.80	20.31	17.65	20.53	24.25	23.66	16.96
1968	13.74	12.27	10.79	31.23	32.06	22.48	16.60	14.92	21.44	33.94	22.10	16.40
1969	14.67	13.19	14.67	18.13	19.22	18.63	17.50	34.33	43.08	62.43	69.90	53.09
1970	36.26	29.39	25.74	27.30	30.92	25.52	23.25	49.85	39.08	38.11	43.73	35.13
1971	28.58	24.21	21.09	22.29	26.31	20.68	17.02	20.46	22.78	22.75	27.76	22.27
1972	18.21	16.40	15.49	22.03	18.90	15.91	14.44	13.24	17.90	22.37	17.22	12.94
1973	10.12	8.81	7.80	7.21	7.74	8.97	5.88	9.95	31.92	65.95	85.78	56.08
1974	31.88	23.59	20.47	18.92	22.12	18.78	14.45	12.72	25.37	52.16	60.30	32.81
1975	21.94	18.46	17.00	14.91	14.94	12.00	10.67	13.17	29.72	52.15	41.59	34.04
1976	21.78	19.50	16.41	15.21	13.24	11.72	10.36	9.63	10.01	24.22	17.32	12.64
1977	10.71	8.75	7.74	7.26	13.49	7.36	6.52	5.64	5.35	9.86	12.31	6.75
1978	5.58	5.77	5.62	9.67	10.68	10.85	13.33	9.40	9.21	12.59	14.00	9.21
1979	6.02	5.00	5.18	12.20	14.31	24.86	22.31	15.76	21.02	40.50	42.24	36.07
1980	25.24	21.62	19.46	17.52	15.84	14.04	12.56	13.09	18.09	22.87	19.07	13.54
1981	11.37	10.48	11.88	31.55	35.57	23.84	22.84	25.97	42.68	42.34	33.54	24.52
1982	21.09	20.21	17.65	27.84	31.74	19.03	15.14	13.33	17.75	28.91	16.76	11.94
1983	9.95	8.66	7.69	16.72	15.84	10.44	8.38	7.23	6.88	9.22	7.06	5.85
1984	5.79	4.83	4.20	4.75	4.89	3.97	7.13	6.39	12.00	14.82	12.15	9.28
1985	7.03	6.06	5.59	9.26	18.58	9.94	9.41	15.64	33.81	63.19	64.66	38.54
1986	22.57	17.48	15.32	15.22	21.03	14.37	11.84	11.40	16.81	37.17	28.82	16.89
1987	13.04	11.36	10.28	10.52	19.35	11.99	9.36	11.11	20.84	42.10	36.90	20.39
1988	13.50	11.48	10.29	12.08	18.36	14.23	12.79	23.18	38.16	56.35	55.48	38.33
1989	27.57	23.34	20.91	18.91	19.32	16.19	15.23	20.63	47.63	50.74	37.08	32.29
1990	19.89	15.88	14.15	18.87	14.44	11.98	10.47	15.68	16.31	41.73	30.18	20.89
1991	15.97	14.10	13.05	13.40	12.77	10.07	8.67	7.67	10.85	15.68	16.56	11.99
1992	8.95	7.86	6.91	6.22	14.48	8.45	6.45	5.54	6.44	6.78	21.84	11.47

VOLUMEN ESCURRIDO = 6691.8360 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 1

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIPERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.01	.00	.00	.00	.02	.01	.00	.00	3.03	15.35	10.12	6.02	34.56
	FSUBB	.15	.14	.13	.11	.10	.10	.09	.08	.09	.17	.28	.33	1.75
1966	PERC	.02	.00	.00	.00	.12	11.49	1.38	.57	2.28	10.78	12.71	11.48	50.83
	FSUBB	.33	.30	.28	.25	.23	.27	.30	.29	.28	.32	.40	.48	3.72
1967	PERC	.93	.01	.00	.01	.68	.21	.01	.00	.31	10.48	3.00	.51	16.15
	FSUBB	.50	.46	.42	.39	.36	.33	.30	.28	.25	.28	.32	.31	4.20
1968	PERC	.00	.00	.00	1.83	20.61	4.24	1.46	.37	2.89	11.13	3.77	.25	46.56
	FSUBB	.29	.26	.24	.23	.32	.41	.40	.37	.36	.39	.43	.41	4.11
1969	PERC	.01	.00	.03	3.54	3.21	1.96	.61	5.25	13.92	10.91	13.00	11.01	63.44
	FSUBB	.38	.35	.32	.31	.31	.31	.30	.30	.36	.45	.53	.60	4.51
1970	PERC	1.78	.01	.00	.02	2.84	4.98	1.94	8.87	13.28	10.92	12.16	8.78	65.57
	FSUBB	.61	.56	.51	.47	.44	.44	.44	.45	.52	.59	.65	.69	6.38
1971	PERC	3.11	.09	.00	.04	4.90	1.57	.01	.32	3.86	1.34	5.39	1.52	22.15
	FSUBB	.69	.65	.59	.54	.52	.50	.47	.43	.41	.40	.40	.40	6.00
1972	PERC	.06	.03	.03	1.64	2.85	.01	.00	.00	.01	2.69	.60	.21	8.13
	FSUBB	.37	.34	.31	.29	.29	.28	.25	.23	.21	.21	.20	.19	3.18
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.02	1.46	.03	.33	11.44	11.76	11.93	11.67	48.64
	FSUBB	.18	.16	.15	.13	.12	.12	.12	.11	.15	.25	.34	.43	2.26
1974	PERC	2.26	.02	.00	.01	.44	1.25	.00	.00	.75	20.28	8.50	6.78	40.30
	FSUBB	.46	.43	.39	.36	.33	.31	.29	.26	.24	.32	.43	.47	4.30
1975	PERC	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.23	9.44	11.92	11.30	7.03	39.94
	FSUBB	.46	.42	.39	.35	.32	.29	.27	.25	.27	.35	.43	.48	4.29
1976	PERC	.08	.06	.02	.01	.00	.00	.00	.00	.00	1.54	7.16	.03	8.91
	FSUBB	.47	.43	.40	.36	.33	.30	.28	.25	.23	.22	.24	.26	3.78
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.07	.03	.03	.09	.05	1.12	5.15	.02	6.57
	FSUBB	.23	.21	.20	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11	.13	.15	1.90
1978	PERC	.00	.00	.11	.85	2.34	1.52	4.21	2.06	1.18	2.70	5.60	2.39	22.98
	FSUBB	.13	.12	.11	.11	.11	.12	.14	.16	.16	.16	.19	.21	1.72
1979	PERC	.00	.00	.00	2.04	8.17	5.92	7.18	1.10	1.45	9.68	9.47	4.76	49.77
	FSUBB	.20	.19	.17	.17	.20	.25	.29	.31	.29	.32	.38	.42	3.19
1980	PERC	.07	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.54	4.87	3.15	.16	8.80
	FSUBB	.41	.37	.34	.31	.28	.26	.24	.22	.20	.21	.23	.23	3.29
1981	PERC	.02	.02	.39	9.13	10.15	.51	.13	.69	8.33	13.00	6.76	.59	49.71
	FSUBB	.21	.19	.17	.21	.28	.31	.28	.26	.28	.36	.42	.42	3.40
1982	PERC	.07	.38	.29	3.81	13.22	.26	.00	.00	.11	14.15	3.03	.11	35.45
	FSUBB	.39	.36	.33	.32	.38	.41	.37	.34	.31	.35	.41	.39	4.36
1983	PERC	.00	.00	.00	.36	12.72	.16	.02	.00	.00	.01	.01	.00	13.29

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 1 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	FSUBE	.35	.32	.30	.27	.31	.35	.32	.29	.26	.24	.22	.20	3.43
1984	PERC	.00	.00	.00	.00	.09	.00	.04	.27	1.58	5.39	2.38	.05	9.80
	FSUBE	.18	.17	.15	.14	.13	.12	.11	.10	.10	.13	.15	.15	1.63
1985	PERC	.00	.00	.00	.08	6.24	.18	.03	1.33	11.69	11.62	11.83	9.39	52.40
	FSUBE	.14	.13	.12	.11	.13	.15	.13	.13	.18	.28	.37	.44	2.28
1986	PERC	.94	.01	.00	.03	4.64	.39	.00	.01	2.22	11.32	9.13	.30	28.99
	FSUBE	.45	.41	.38	.35	.34	.33	.31	.28	.27	.31	.38	.39	4.19
1987	PERC	.00	.00	.00	.00	1.58	.81	.00	.03	7.54	13.03	11.01	5.10	39.09
	FSUBE	.36	.33	.30	.27	.26	.25	.23	.21	.23	.31	.40	.44	3.58
1988	PERC	.01	.00	.00	.14	7.61	3.81	1.72	6.14	12.45	11.42	11.93	9.28	64.51
	FSUBE	.43	.39	.36	.33	.33	.36	.36	.36	.42	.50	.57	.62	5.01
1989	PERC	1.10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.14	11.94	11.68	10.81	9.76	45.43
	FSUBE	.62	.57	.52	.47	.43	.40	.36	.33	.36	.44	.51	.57	5.59
1990	PERC	.67	.00	.00	1.25	1.94	.02	.00	.10	3.27	9.18	7.97	.46	24.87
	FSUBE	.57	.52	.48	.44	.42	.39	.36	.33	.32	.35	.40	.41	4.98
1991	PERC	.00	.00	.00	.07	1.17	.02	.00	.00	.12	10.05	5.98	2.14	19.56
	FSUBE	.37	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.22	.28	.30	3.26
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.03	.03	.00	.00	.02	.52	3.33	.45	4.39
	FSUBE	.28	.26	.23	.21	.20	.18	.16	.15	.14	.13	.14	.14	2.21

PERCOLACION TOTAL = 920.7769 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 102.5194 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 2

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.02	8.18	7.63	8.07	5.02	28.94
	FSUBB	.18	.16	.15	.14	.13	.11	.10	.10	.13	.19	.25	.29	1.93
1966	PERC	.10	.00	.00	.00	.09	6.40	1.18	1.21	2.21	6.73	8.70	7.87	34.49
	FSUBB	.29	.27	.24	.22	.20	.22	.23	.23	.22	.25	.30	.35	3.02
1967	PERC	2.76	.03	.00	.02	.54	.46	.02	.00	.02	2.55	5.51	.78	12.68
	FSUBB	.37	.35	.32	.30	.27	.25	.23	.21	.20	.19	.21	.23	3.15
1968	PERC	.01	.00	.00	1.15	10.58	.71	.15	.02	1.26	9.39	2.43	.14	25.85
	FSUBB	.21	.19	.18	.17	.21	.24	.23	.21	.20	.23	.27	.26	2.58
1969	PERC	.04	.01	.10	3.17	3.77	3.52	4.01	7.08	8.21	7.78	8.36	7.89	53.92
	FSUBB	.24	.22	.20	.20	.21	.23	.24	.28	.33	.37	.42	.46	3.39
1970	PERC	2.98	.25	.00	.46	7.77	1.45	1.28	5.99	6.49	3.58	6.36	3.55	40.16
	FSUBB	.47	.45	.41	.38	.38	.40	.37	.38	.40	.42	.43	.44	4.93
1971	PERC	.80	.30	.01	.22	4.19	.52	.02	.52	7.16	5.23	4.62	2.98	26.59
	FSUBB	.42	.39	.36	.33	.32	.32	.29	.27	.28	.32	.34	.35	3.99
1972	PERC	.15	.01	.01	.62	1.51	.01	.00	.00	.79	11.31	3.30	.71	18.43
	FSUBB	.33	.30	.28	.26	.24	.23	.21	.19	.18	.22	.27	.27	2.99
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.11	.24	.01	.21	7.63	7.99	7.85	7.91	31.94
	FSUBB	.25	.23	.21	.19	.17	.16	.15	.14	.16	.22	.28	.33	2.49
1974	PERC	3.73	.30	.03	.06	1.84	2.51	.01	.01	1.96	10.31	6.80	5.38	32.92
	FSUBB	.36	.35	.32	.29	.28	.27	.26	.24	.23	.27	.33	.36	3.54
1975	PERC	.13	.00	.01	.11	.58	.17	.03	.61	7.07	8.23	7.75	7.74	32.44
	FSUBB	.35	.32	.29	.27	.25	.23	.21	.20	.22	.27	.32	.37	3.31
1976	PERC	.89	.28	.05	.02	.00	.00	.00	.00	.78	6.13	5.08	1.63	14.86
	FSUBB	.38	.35	.32	.30	.27	.25	.23	.21	.19	.21	.24	.26	3.21
1977	PERC	.78	.00	.00	.00	2.52	.85	.02	.01	.01	.70	4.04	.02	8.96
	FSUBB	.25	.23	.21	.19	.19	.19	.17	.16	.15	.14	.15	.15	2.16
1978	PERC	.00	.00	.00	.11	1.48	1.64	1.67	.11	.05	1.61	3.88	.20	10.75
	FSUBB	.14	.13	.12	.11	.11	.11	.12	.12	.11	.11	.12	.13	1.42
1979	PERC	.00	.00	.00	.72	4.58	6.98	7.35	3.20	4.85	7.99	7.90	7.66	51.24
	FSUBB	.12	.11	.10	.10	.11	.16	.21	.25	.26	.30	.35	.40	2.48
1980	PERC	.89	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.24	5.29	6.80	5.06	.70	18.99
	FSUBB	.40	.37	.34	.31	.28	.26	.24	.22	.23	.26	.30	.30	3.52
1981	PERC	.13	.18	.84	6.22	8.73	3.67	2.88	5.14	7.78	7.45	5.57	1.33	49.93
	FSUBB	.28	.26	.24	.25	.30	.34	.34	.35	.38	.42	.45	.44	4.03

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 2 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.18	.11	.11	2.49	8.57	.62	.01	.00	.18	8.30	.23	.01	20.80
	FSUBB	.41	.38	.34	.33	.35	.37	.34	.31	.28	.30	.31	.29	4.00
1983	PERC	.00	.00	.00	.13	8.89	.37	.03	.00	.01	.89	.48	.00	10.80
	FSUBB	.26	.24	.22	.20	.23	.25	.23	.21	.19	.18	.17	.16	2.56
1984	PERC	.01	.00	.00	.00	.07	.01	.48	3.45	3.67	6.65	2.90	1.63	18.87
	FSUBB	.15	.13	.12	.11	.10	.09	.09	.10	.12	.16	.20	.20	1.58
1985	PERC	.08	.00	.00	.44	7.80	1.08	.98	5.04	8.01	7.73	7.87	7.15	46.18
	FSUBB	.19	.17	.16	.15	.17	.20	.19	.21	.25	.31	.35	.39	2.76
1986	PERC	.86	.00	.00	.01	1.01	.26	.00	.01	1.42	8.66	5.96	.72	18.91
	FSUBB	.40	.37	.34	.31	.29	.27	.25	.22	.21	.24	.29	.30	3.48
1987	PERC	.00	.00	.00	.08	3.98	1.74	.11	.59	4.06	7.07	7.79	1.16	26.58
	FSUBB	.28	.25	.23	.21	.21	.22	.21	.20	.20	.24	.29	.31	2.84
1988	PERC	.00	.00	.00	.02	1.79	.99	.43	4.04	8.77	7.27	7.75	2.56	33.63
	FSUBB	.29	.26	.24	.22	.21	.20	.19	.20	.24	.30	.34	.36	3.05
1989	PERC	.02	.00	.00	.00	.34	.61	.55	5.45	8.26	7.61	7.15	5.84	35.84
	FSUBB	.34	.32	.29	.26	.24	.23	.21	.22	.27	.32	.36	.40	3.46
1990	PERC	.48	.00	.00	.02	.28	.05	.01	1.22	8.28	6.22	8.32	3.15	28.03
	FSUBB	.39	.36	.33	.30	.28	.25	.23	.22	.25	.29	.34	.36	3.60
1991	PERC	.04	.00	.00	.05	.11	.00	.00	.00	.02	2.76	1.27	.06	4.32
	FSUBB	.35	.32	.29	.27	.24	.22	.20	.19	.17	.17	.17	.17	2.76
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.70	4.97	.02	.00	.01	.21	4.82	3.28	14.00
	FSUBB	.15	.14	.13	.12	.11	.13	.14	.13	.12	.11	.12	.15	1.53

PERCOLACION TOTAL = 751.0558 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 83.7505 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 3

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIPERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.00	.00	.00	.01	2.34	.05	.00	.00	.06	3.17	2.81	2.30	10.75
	FSUBE	.04	.04	.04	.03	.04	.05	.05	.04	.04	.05	.08	.09	.60
1966	PERC	.49	.00	.00	.00	.00	1.11	1.19	.44	.77	2.57	3.15	2.85	12.58
	FSUBE	.10	.09	.08	.08	.07	.07	.07	.08	.08	.08	.10	.12	1.03
1967	PERC	2.89	.88	.02	.28	.99	.36	.46	.04	.33	2.05	1.40	.15	9.86
	FSUBE	.14	.15	.14	.13	.12	.12	.11	.11	.10	.10	.11	.11	1.43
1968	PERC	.01	.00	.00	.66	2.94	.34	.27	.04	.84	3.74	1.26	.10	10.20
	FSUBE	.10	.09	.08	.08	.09	.10	.09	.09	.08	.10	.11	.11	1.11
1969	PERC	.01	.01	.04	.95	2.62	1.83	.11	1.20	3.60	2.39	3.29	1.45	17.49
	FSUBE	.10	.09	.08	.08	.09	.11	.11	.10	.12	.14	.15	.16	1.33
1970	PERC	.25	.00	.00	.47	2.67	.30	1.01	1.51	1.63	.93	1.74	.21	10.74
	FSUBE	.15	.14	.13	.12	.13	.13	.12	.13	.13	.13	.13	.13	1.58
1971	PERC	.12	.22	.01	.07	1.45	.09	.02	.09	.50	1.40	2.70	1.28	7.94
	FSUBE	.12	.11	.10	.10	.09	.09	.09	.08	.07	.08	.09	.10	1.13
1972	PERC	.01	.00	.00	.42	1.95	.02	.00	.00	.02	.01	.23	.02	2.68
	FSUBE	.10	.09	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.06	.06	.06	.05	.90
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.77	3.75	2.51	3.18	2.81	13.03
	FSUBE	.05	.04	.04	.04	.03	.03	.03	.03	.05	.07	.09	.12	.62
1974	PERC	2.13	.76	.03	.00	.23	.50	.00	.02	.79	2.60	3.12	2.61	12.79
	FSUBE	.13	.13	.12	.11	.10	.10	.09	.09	.08	.09	.11	.13	1.29
1975	PERC	.21	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.12	1.92	3.12	2.76	2.98	11.13
	FSUBE	.13	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.07	.09	.11	.13	1.20
1976	PERC	1.27	.10	.01	.29	.97	.00	.00	.01	.30	1.46	2.31	.05	6.77
	FSUBE	.14	.13	.12	.11	.11	.11	.10	.09	.08	.08	.09	.10	1.27
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.00	.00	.03	.08	.61	.01	.76
	FSUBE	.09	.08	.07	.07	.06	.06	.05	.05	.04	.04	.04	.04	.70
1978	PERC	.00	.00	.00	.05	.03	.00	.00	.02	.06	.59	.39	.00	1.16
	FSUBE	.04	.03	.03	.03	.03	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.31
1979	PERC	.00	.00	.01	.05	.18	2.33	.41	.46	2.51	3.11	2.74	2.95	14.74
	FSUBE	.02	.02	.02	.02	.02	.03	.04	.04	.05	.07	.09	.11	.52
1980	PERC	1.04	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.09	2.88	2.24	1.62	.11	8.00
	FSUBE	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.07	.07	.08	.09	.11	.10	1.14
1981	PERC	.00	.01	.00	.13	3.43	2.17	1.57	.98	2.18	1.83	1.89	1.16	15.34
	FSUBE	.10	.09	.08	.07	.08	.10	.11	.12	.12	.13	.14	.14	1.28

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 3 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.02	.00	.00	.35	2.54	.09	.01	.00	.05	1.04	.02	.00	4.12
	FSUBB	.13	.12	.11	.10	.11	.11	.10	.09	.09	.08	.08	.07	1.21
1983	PERC	.00	.00	.00	.03	1.87	.47	.05	.02	.02	.77	.40	.00	3.62
	FSUBB	.07	.06	.06	.05	.06	.06	.06	.06	.05	.05	.05	.05	.67
1984	PERC	.00	.00	.00	.00	.26	.07	.16	.24	.20	.68	.94	.29	2.85
	FSUBB	.04	.04	.04	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.04	.04	.41
1985	PERC	.00	.00	.00	.03	3.01	.56	.03	.18	2.78	3.01	2.89	2.71	15.19
	FSUBB	.04	.03	.03	.03	.04	.05	.05	.05	.06	.08	.10	.12	.68
1986	PERC	.33	.00	.00	.04	1.38	.96	.00	.00	.08	3.31	2.74	.87	9.71
	FSUBB	.12	.12	.11	.10	.09	.10	.09	.09	.08	.09	.11	.12	1.21
1987	PERC	.00	.00	.00	.06	1.10	.72	.13	.32	1.69	2.78	2.86	1.62	11.30
	FSUBB	.11	.10	.09	.09	.08	.09	.08	.08	.08	.09	.11	.13	1.13
1988	PERC	.01	.00	.00	.14	2.37	1.54	.64	1.21	2.85	2.93	2.65	.38	14.73
	FSUBB	.12	.11	.10	.09	.10	.11	.11	.11	.12	.14	.15	.15	1.41
1989	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.42	3.90	1.31	.20	6.84
	FSUBB	.14	.13	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.08	.09	.11	.11	1.23
1990	PERC	.03	.00	.00	.26	1.95	.60	.11	.24	.51	2.19	3.10	1.55	10.55
	FSUBB	.10	.09	.08	.08	.08	.09	.08	.08	.07	.08	.10	.11	1.05
1991	PERC	.13	.06	.08	.00	.00	.04	.00	.00	.00	.81	3.08	1.12	5.33
	FSUBB	.11	.10	.09	.09	.08	.07	.07	.06	.06	.05	.07	.08	.94
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.23	1.19	.02	.00	.05	1.32	2.29	2.67	7.76
	FSUBB	.08	.07	.07	.06	.06	.06	.06	.06	.05	.05	.07	.08	.77

PERCOLACION TOTAL = 257.9525 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 28.1442 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 4

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIPERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.05	.00	.00	.00	4.53	1.37	.00	.01	4.37	15.40	14.93	5.14	45.80
	FSUBE	.61	.52	.45	.38	.41	.46	.41	.35	.38	.69	1.15	1.35	7.17
1966	PERC	.04	.00	.00	.00	.53	4.51	3.32	2.35	3.64	12.03	17.16	15.52	59.10
	FSUBE	1.25	1.06	.91	.77	.67	.66	.71	.71	.71	.90	1.31	1.72	11.37
1967	PERC	15.36	3.39	1.68	6.69	10.58	3.63	.35	.00	.30	9.10	6.43	1.38	58.89
	FSUBE	2.04	2.08	1.87	1.75	1.81	1.80	1.61	1.38	1.18	1.18	1.29	1.24	19.21
1968	PERC	.20	.01	.00	3.32	19.50	5.94	2.40	1.87	4.48	9.35	3.49	2.17	52.73
	FSUBE	1.09	.93	.79	.74	1.05	1.37	1.32	1.20	1.14	1.23	1.28	1.20	13.34
1969	PERC	4.58	2.51	.49	3.90	12.80	4.46	.76	5.08	16.48	14.26	16.69	15.22	97.24
	FSUBE	1.15	1.11	1.00	.93	1.10	1.26	1.17	1.10	1.34	1.71	2.03	2.32	16.23
1970	PERC	7.82	.50	.00	.00	1.02	4.69	2.93	5.22	8.88	15.23	15.91	13.16	75.37
	FSUBE	2.40	2.20	1.88	1.61	1.39	1.29	1.24	1.20	1.29	1.54	1.89	2.15	20.08
1971	PERC	3.96	.10	.01	.73	12.74	1.46	.02	.25	4.56	13.17	15.71	6.32	59.03
	FSUBE	2.15	1.91	1.62	1.40	1.44	1.49	1.30	1.11	1.03	1.21	1.56	1.74	17.96
1972	PERC	.44	.02	1.28	17.36	11.89	3.95	.01	.00	.00	.47	5.56	.14	41.12
	FSUBE	1.61	1.38	1.20	1.37	1.71	1.75	1.56	1.33	1.13	.97	.94	.91	15.85
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.08	.33	.03	.25	9.68	15.31	16.04	12.69	54.42
	FSUBE	.78	.66	.56	.48	.41	.36	.31	.27	.41	.82	1.28	1.62	7.95
1974	PERC	1.37	.59	2.50	3.98	4.89	.52	.00	.00	1.54	17.58	14.81	7.12	54.91
	FSUBE	1.64	1.43	1.28	1.21	1.19	1.12	.96	.82	.73	.97	1.43	1.62	14.40
1975	PERC	.11	.00	.00	.00	.06	.01	.00	.02	1.26	15.23	13.93	13.32	43.94
	FSUBE	1.52	1.29	1.10	.94	.80	.68	.58	.50	.45	.69	1.12	1.46	11.13
1976	PERC	.85	.00	.00	.06	.18	.01	.00	.00	.03	8.45	7.10	.16	16.85
	FSUBE	1.51	1.30	1.11	.94	.81	.69	.59	.50	.43	.52	.73	.76	9.90
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.15	.01	.00	.01	.08	1.51	9.75	.76	12.28
	FSUBE	.65	.55	.47	.40	.34	.30	.25	.22	.19	.19	.37	.51	4.44
1978	PERC	.01	.02	.45	8.40	10.59	1.21	.37	.07	.07	.06	.02	.00	21.29
	FSUBE	.45	.38	.33	.45	.73	.84	.75	.65	.55	.47	.40	.34	6.36
1979	PERC	.00	.00	.04	4.29	9.41	14.56	6.40	1.61	8.42	16.44	13.97	16.67	91.80
	FSUBE	.29	.25	.21	.26	.48	.85	1.11	1.10	1.12	1.41	1.77	2.07	10.93
1980	PERC	6.49	.09	.00	.00	.01	.00	.00	.02	2.69	3.37	.69	1.98	15.35
	FSUBE	2.19	1.99	1.70	1.45	1.23	1.05	.89	.76	.70	.71	.68	.63	13.98
1981	PERC	.61	.08	.00	3.03	25.82	11.01	12.07	5.87	6.72	9.69	12.72	3.97	91.58
	FSUBE	.58	.51	.44	.43	.90	1.45	1.66	1.75	1.72	1.77	1.92	1.95	15.06

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 4 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.25	.16	.09	1.93	12.81	.78	.00	.00	.00	.86	.13	.00	17.03
	FSUBE	1.74	1.49	1.27	1.12	1.23	1.30	1.12	.95	.81	.71	.62	.53	12.89
1983	PERC	.00	.00	.00	.06	5.39	.26	.00	.00	.00	.76	1.67	.06	8.21
	FSUBE	.45	.39	.33	.28	.34	.39	.34	.29	.25	.23	.24	.23	3.76
1984	PERC	.02	.01	.00	.04	3.10	.12	.02	.15	3.61	11.62	4.46	.13	23.28
	FSUBE	.20	.17	.15	.13	.17	.20	.17	.15	.20	.45	.68	.67	3.33
1985	PERC	.00	.00	.00	.05	6.24	4.63	.12	.58	7.38	13.05	15.29	7.29	54.62
	FSUBE	.57	.49	.41	.35	.42	.56	.56	.49	.57	.86	1.26	1.49	8.02
1986	PERC	.07	.00	.09	.36	3.45	4.54	.01	.00	.23	9.38	8.13	.51	26.78
	FSUBE	1.41	1.20	1.02	.88	.82	.85	.81	.69	.59	.68	.90	.93	10.76
1987	PERC	.00	.00	.00	.34	3.58	3.79	.12	.03	.85	11.40	8.43	.13	28.67
	FSUBE	.80	.68	.58	.50	.50	.56	.55	.47	.42	.58	.86	.89	7.41
1988	PERC	.00	.00	.00	.01	1.53	3.59	.49	6.63	19.27	13.83	16.65	10.83	72.85
	FSUBE	.76	.65	.55	.47	.43	.46	.47	.53	.93	1.41	1.76	2.01	10.45
1989	PERC	.56	.00	.07	2.42	2.67	.33	.01	.09	7.12	12.47	8.66	4.61	39.02
	FSUBE	1.92	1.65	1.41	1.24	1.15	1.04	.89	.76	.78	1.03	1.27	1.33	14.48
1990	PERC	.06	.00	.00	.02	1.49	.32	.04	.02	.17	10.94	17.21	4.60	34.88
	FSUBE	1.22	1.04	.88	.75	.67	.60	.52	.44	.38	.53	.97	1.23	9.25
1991	PERC	.04	.00	.03	.68	.46	.26	.00	.00	.17	2.51	7.23	1.67	13.05
	FSUBE	1.14	.97	.83	.72	.63	.55	.47	.40	.35	.35	.47	.57	7.45
1992	PERC	.02	.00	.00	.01	2.58	1.93	.02	.00	.01	.07	3.51	2.89	11.04
	FSUBE	.52	.44	.38	.32	.32	.36	.34	.29	.25	.21	.25	.33	3.99

PERCOLACION TOTAL = 1221.1310 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 307.1726 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 5

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.00	.00	.00	.00	.08	.00	.00	.00	.00	.22	3.81	.05	4.17
	FSUBE	2.01	1.56	1.21	.94	.74	.58	.45	.35	.28	.23	.54	.76	9.67
1966	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.01	.22	13.32	15.91	29.47
	FSUBE	.60	.47	.36	.28	.22	.17	.13	.11	.08	.08	1.27	3.59	7.36
1967	PERC	.17	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.06	.00	.27
	FSUBE	4.22	3.30	2.56	1.99	1.55	1.21	.94	.73	.57	.44	.35	.28	18.15
1968	PERC	.00	.00	.00	.08	.58	.04	.00	.00	.00	.09	.01	.00	.82
	FSUBE	.22	.17	.13	.11	.15	.17	.14	.11	.08	.07	.06	.05	1.46
1969	PERC	.02	.01	.00	.01	.03	.00	.00	.01	.68	8.71	15.12	2.13	26.74
	FSUBE	.04	.04	.03	.02	.02	.02	.02	.01	.07	.89	2.81	3.72	7.70
1970	PERC	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.27	2.87	.70	3.88
	FSUBE	3.09	2.40	1.87	1.45	1.13	.88	.68	.53	.41	.35	.55	.74	14.09
1971	PERC	.04	.00	.00	.00	.05	.00	.00	.00	.00	.15	.76	.02	1.03
	FSUBE	.64	.50	.39	.31	.24	.19	.15	.12	.09	.08	.15	.18	3.05
1972	PERC	.00	.00	.01	.33	.07	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.42
	FSUBE	.14	.11	.09	.10	.11	.09	.07	.06	.04	.03	.03	.02	.91
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	5.63	14.31	.41	20.37
	FSUBE	.02	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.50	2.17	2.99	5.73
1974	PERC	.00	.00	.00	.01	.02	.00	.00	.00	.00	.03	.60	.01	.66
	FSUBE	2.37	1.84	1.43	1.11	.87	.68	.53	.41	.32	.25	.25	.25	10.30
1975	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.88	1.53	1.23	3.65
	FSUBE	.19	.15	.12	.09	.07	.06	.04	.03	.03	.10	.29	.47	1.64
1976	PERC	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.02
	FSUBE	.48	.37	.29	.22	.17	.14	.11	.08	.06	.05	.04	.03	2.05
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.00	.07
	FSUBE	.02	.02	.01	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.01	.01	.12
1978	PERC	.00	.00	.01	.67	.45	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.14
	FSUBE	.01	.01	.01	.07	.15	.16	.12	.10	.07	.06	.05	.04	.83
1979	PERC	.00	.00	.00	.00	.11	.53	.01	.00	.17	.81	1.93	3.33	6.90
	FSUBE	.03	.02	.02	.01	.02	.07	.10	.08	.08	.15	.36	.75	1.70
1980	PERC	.13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.12	.28
	FSUBE	.89	.70	.55	.43	.33	.26	.20	.16	.12	.10	.08	.07	3.87
1981	PERC	.06	.00	.00	.02	5.59	.85	.01	.00	.02	.17	.21	.01	6.94
	FSUBE	.07	.06	.05	.04	.53	.98	.84	.65	.51	.41	.36	.30	4.81

MODELO DE SIMULACION MENSUAL
SUBCUENCA NUMERO 5 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIPERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
	FSUBB	.23	.18	.14	.11	.09	.07	.05	.04	.03	.02	.02	.01	.99
1983	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.05
1984	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.01	.00	.03
	FSUBB	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1985	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.02	.71	5.84	.45	7.02
	FSUBB	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.63	1.05	1.77
1986	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.09	.90	.02	1.01
	FSUBB	.86	.67	.52	.40	.31	.24	.19	.15	.12	.10	.16	.21	3.93
1987	PERC	.00	.00	.00	.00	.02	.02	.00	.00	.00	.05	.35	.00	.44
	FSUBB	.16	.13	.10	.08	.06	.05	.04	.03	.03	.02	.05	.07	.84
1988	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.54	5.15	1.63	.02	7.34
	FSUBB	.06	.04	.03	.03	.02	.02	.01	.01	.06	.55	1.03	.95	2.81
1989	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.02	.06	.10	.06	.26
	FSUBB	.74	.57	.45	.35	.27	.21	.16	.13	.10	.09	.08	.08	3.23
1990	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.64	1.03	.03	1.70
	FSUBB	.07	.05	.04	.03	.02	.02	.01	.01	.01	.06	.20	.25	.78
1991	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.10	.01	.12
	FSUBB	.20	.15	.12	.09	.07	.06	.04	.03	.03	.02	.03	.03	.86
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.03
	FSUBB	.02	.02	.01	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.11

PERCOLACION TOTAL = 124.7705 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 108.8231 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 6

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.06	.00	.07
	FSUBE	.64	.50	.40	.32	.25	.21	.17	.14	.12	.10	.09	.09	3.03
1966	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	1.47	.90	2.39
	FSUBE	.09	.09	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.20	.39	1.34
1967	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.40	.34	.29	.25	.22	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.11	2.49
1968	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.10	.10	.09	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.08	.08	.99
1969	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.08	.00	.12
	FSUBE	.08	.08	.08	.07	.07	.07	.08	.08	.08	.09	.11	.12	1.01
1970	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.12	.12	.12	.11	.11	.11	.11	.11	.10	.10	.11	.11	1.32
1971	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.10	.10	.10	.09	.09	.09	.08	.08	.08	.07	.07	.07	1.03
1972	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.06	.06	.06	.05	.80
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.05	.00	.07
	FSUBE	.05	.05	.04	.04	.04	.04	.03	.03	.03	.04	.05	.06	.50
1974	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.02
	FSUBE	.07	.08	.08	.09	.09	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.97
1975	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.02
	FSUBE	.09	.09	.09	.09	.09	.08	.08	.07	.07	.07	.08	.08	.99
1976	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.08	.08	.08	.08	1.04
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.08	.07	.07	.07	.06	.06	.06	.05	.05	.05	.04	.04	.71
1978	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.04	.04	.03	.03	.03	.03	.03	.02	.02	.02	.02	.02	.33
1979	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.03
	FSUBE	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.03	.04	.05	.29
1980	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.06	.07	.07	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.84
1981	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
	FSUBE	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.08	.08	.08	.09	.09	.10	.94

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 6 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.10	.10	.10	.09	.09	.09	.09	.09	.08	.08	.08	.07	1.07
1983	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.07	.07	.06	.06	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.04	.65
1984	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.04	.04	.04	.04	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.39
1985	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.01	.00	.02
	FSUBB	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.03	.04	.04	.05	.06	.42
1986	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.01
	FSUBB	.07	.07	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.08	.08	.91
1987	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.08	.91
1988	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.01	.00	.04
	FSUBB	.08	.09	.09	.08	.08	.08	.08	.08	.09	.09	.10	.11	1.05
1989	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
	FSUBB	.11	.11	.11	.10	.10	.09	.09	.08	.08	.08	.08	.08	1.10
1990	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.02
	FSUBB	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.88
1991	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.08	.08	.08	.08	.08	.07	.07	.06	.06	.06	.06	.06	.82
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBB	.06	.06	.06	.06	.06	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.64

PERCOLACION TOTAL = 2.8668 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = 27.4577 millones de metros cubicos

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 7

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1966	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.37	.07	.44
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.07	.11
1967	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.06	.04	.03	.03	.02	.02	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.24
1968	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1969	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.05	.11	.00	.16
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.02	.05
1970	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.02	.01	.01	.01	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.08
1971	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1972	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1973	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.02	.00	.06
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.02
1974	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01
	FSUBE	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03
1975	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.02
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1976	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1977	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1978	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1979	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.02	.00	.04
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.01
1980	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02
1981	PERC	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 7 (CONTINUACION)

PERIODO 1965-1992

RECARGA SIMULADA DEL ACUIFERO

millones de metros cubicos

ANO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1982	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1983	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1984	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1985	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.02	.00	.02
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1986	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
1987	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	.01
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1988	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1989	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1990	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.01
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1991	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1992	PERC	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	FSUBE	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

PERCOLACION TOTAL = .8126 millones de metros cubicos

P. SUBT. EPL. TOTAL = .6500 millones de metros cubicos

Anexo B
Datos de Entrada al Modelo
Variowin/Model

Este

Norte

Cota

NivelII-96

365138.5038	1093850.4578	470.000	444.70
365352.2962	1094002.2666	470.000	440.60
365566.6517	1094309.6711	469.000	439.30
367092.5850	1095102.7886	467.000	448.35
366213.4140	1096242.6134	464.000	422.10
366549.0232	1096394.9805	466.000	424.50
383703.5888	1107947.5391	537.000	498.58
383884.7906	1107485.1888	537.000	499.60
384283.7636	1108467.8756	544.000	502.01
377344.8819	1100410.8836	492.000	478.20
377708.4727	1099857.7299	496.000	476.20
378135.8688	1100163.4766	484.000	468.13
376425.7193	1098786.9257	484.000	476.00
373177.2183	1092991.2865	494.000	494.00
371621.3392	1092321.9013	485.000	485.00
372536.2552	1092625.8906	490.000	490.00
372665.697	1094806.4616	488.000	488.00
369778.6997	1088119.9272	506.000	480.80
364927.243	1086109.9624	521.000	505.65
364910.7134	1081593.2941	550.000	541.90
367038.3782	1096945.1395	455.000	431.00
365520.4549	1098302.3619	449.000	395.80
365275.6606	1097996.0724	449.000	402.88
365757.6288	1104783.2915	448.000	383.85
365023.0071	1103772.2779	448.000	383.27
366847.5653	1103059.9796	448.000	377.19
366312.5744	1106624.4053	445.000	375.27
366953.8369	1107114.5488	444.000	377.07
370849.1941	1089313.1798	493.000	493.00
369516.6372	1091529.6508	484.000	484.00
370057.4511	1089408.1299	495.000	495.00
369353.7141	1088550.4994	502.000	502.00

pastora.dat - Geostatistical Environmental Assessment Software

4

Este

Norte

Cota

NivelI-97

365138.5038	1093850.4578	470.000	470.00
365352.2962	1094002.2666	470.000	470.00
365566.6517	1094309.6711	469.000	469.00
367092.5850	1095102.7886	467.000	467.00
366213.4140	1096242.6134	464.000	464.00
366549.0232	1096394.9805	466.000	421.30
383703.5888	1107947.5391	537.000	492.45
383884.7906	1107485.1888	537.000	494.84
384283.7636	1108467.8756	544.000	494.65
377344.8819	1100410.8836	492.000	492.00
377708.4727	1099857.7299	496.000	496.00
378135.8688	1100163.4766	484.000	484.00
376425.7193	1098786.9257	484.000	475.88
373177.2183	1092991.2865	494.000	494.00
371621.3392	1092321.9013	485.000	475.00
372536.2552	1092625.8906	490.000	490.00
372665.697	1094806.4616	488.000	488.00
369778.6997	1088119.9272	506.000	506.00
364927.243	1086109.9624	521.000	521.00
364910.7134	1081593.2941	550.000	550.00
367038.3782	1096945.1395	455.000	455.00
365520.4549	1098302.3619	449.000	383.44
365275.6606	1097996.0724	449.000	408.85
365757.6288	1104783.2915	448.000	372.07
365023.0071	1103772.2779	448.000	448.00
366847.5653	1103059.9796	448.000	373.90
366312.5744	1106624.4053	445.000	445.00
366953.8369	1107114.5488	444.000	378.38
370849.1941	1089313.1798	493	481.60
369516.6372	1091529.6508	484	475.50
370057.4511	1089408.1299	495	495.00
369353.7141	1088550.4994	502	502.00

Este

Norte

Cota

Nivel 98

383703.59	1107946.54	491	440.7
384283.76	1108466.88	491	435.15
377187.22	1098814.07	489	467.63
376425.72	1098785.93	484	474.42
375906.51	1098357.64	481	472.62
375940.31	1099340.51	482	473.16
377708.47	1099856.73	496	475.48
371621.34	1092320.9	485	470.54
371779.35	1093948.44	481	470.5
371784.42	1095392.2	481	472.8
371873.53	1094746.79	482	470.83
371785.82	1095791.54	481	473.28
372665.7	1094805.46	488	471.4
372573.25	1094498.6	489	470.3
372724.26	1094129.45	489	468.7
370853.52	1090541.91	493	479.6
369516.64	1091529.65	484	475.5
369353.71	1088550.5	502	474.6
365668.67	1088901.7	500	483
365005.9	1090931.61	489	471.44
366167.55	1092033.24	476	460.2
365377.67	1092619.8	472	451.43
365349.13	1093142.14	472	451.3
366050.08	1093231.72	474	452.7
366022.55	1094030.52	468	442.1
365839.89	1094061.91	470	443
366747.34	1092307.6	473	455.38
369624.63	1087627.97	510	485
369290.49	1087905.63	505	483.78
369778.7	1088118.93	506	484.5
367708.38	1088494.95	492	473.86
365631.02	1086935.81	516	495.2
364962.22	1087337.61	515	494.7
366213.41	1096241.61	464	428.4
366185.1	1096825.38	464	424.8
366549.02	1096393.98	466	429.5
367156.74	1095992.41	465	433.9
367092.58	1095101.79	467	437.9
366485.63	1095718.39	467	435.7
366178.11	1094920.81	467	436.1
365352.3	1094002.27	470	440.1
366856.08	1097068.68	454	413.04
365275.66	1097996.07	449	403.4
365520.45	1098302.36	449	387.89
366953.84	1107113.55	444	378.35
365063.43	1106444.73	449	379.98
365023.01	1103772.28	448	372.28
366330.88	1103337.36	448	348
366236.24	1102446.84	448	373.3
366140.57	1101279.86	449	349
366631.5	1110524.6	436	382.4
365301.12	1096644.32	465	437.55

Anexo C
Datos de Entrada (pozos de Bombeo y
Observación) al Modelo Visual Modflow

	ESTE	NORTE	COTA	N - ESTA	N - ES real
1	383703.59	1107946.54	491	50.3	440.7
2	382452.44	1107090.49	484		484
3	383884.79	1107485.19	491		491
4	383397.13	1107333.17			0
5	384283.76	1108466.88	491	55.85	435.15
6	382087.57	1107245.27	480		480
7	382146.56	1106661.44	481		481
8	377187.22	1098814.07	489	21.37	467.63
9	377553.51	1099058.58	492		492
10	376425.72	1098785.93	484	9.58	474.42
11	375906.51	1098357.64	481	8.38	472.62
12	375756.11	1098911.08	482		482
13	375940.31	1099340.51	482	8.84	473.16
14	377067.57	1099459.55	489		489
15	377191.05	1099950.63	491		491
16	377344.88	1100410.88	492		492
17	377650.56	1100747.75	496		496
18	377588.31	1100348.63	496		496
19	377708.47	1099856.73	496	20.52	475.48
20	378135.87	1100162.48			0
21	378381.66	1100806.73	508		508
22	378195.13	1099670.79	499		499
23	379294.36	1100527.23	510		510
24	371902.06	1094193.76	488		488
25	372256.96	1091151.37	488		488
26	371648.89	1091491.4	485		485
27	372077.08	1091981.4	488		488
28	371621.34	1092320.9	485	14.46	470.54
29	371715.31	1093057.82	482		482
30	371990.42	1093333.32	486		486
31	371443.1	1093611.71	483		483
32	371779.35	1093948.44	481	10.5	470.5
33	371784.42	1095392.2	481	8.2	472.8
34	372027.23	1095145.6	482		482
35	371873.53	1094746.79	482	11.17	470.83
36	372930.65	1092162.74	494		494
37	371785.82	1095791.54	481	7.72	473.28
38	372536.26	1092624.89	490		490
39	372566.93	1092686.22	489		489
40	372294.17	1093086.51	489		489
41	372665.7	1094805.46	488	16.6	471.4
42	372573.25	1094498.6	489	18.7	470.3
43	372724.26	1094129.45	489	20.3	468.7
44	373177.22	1092991.29	494		494
45	370853.52	1090541.91	493	13.4	479.6
46	370335.86	1090605.18	491		491
47	370002.95	1091220.73	485		485
48	369516.64	1091529.65	484	8.5	475.5
49	369549.51	1092205.35	483		483
50	370394.08	1089837	497		497
51	370057.45	1089408.13	495		495
52	370574.91	1089283.43	503		503
53	371400.13	1090048.49	498		498
54	371338.77	1089925.83	511		511
55	370268.1	1088670.13	499		499
56	369353.71	1088550.5	502	27.4	474.6
57	369081.72	1089165.85	496		496

58	367709.16	1088709.98	494		494
59	368291.52	1089690.89	489		489
60	368598.25	1090273.45	491		491
61	368809.74	1089781.19	490		490
62	369753.9	1089716.39	486		486
63	369087.09	1090671.05	486		486
64	369115.91	1090210.17			0
65	365277.47	1090224.06	494		494
66	365122.67	1089548.81	498		498
67	365668.67	1088901.7	500	17	483
68	365825.04	1090007.02	492		492
69	365005.9	1090931.61	489	17.56	471.44
70	366073.69	1091357.76	476		476
71	366167.55	1092033.24	476	15.8	460.2
72	366198.34	1092125.28			0
73	365377.67	1092619.8	472	20.57	451.43
74	365349.13	1093142.14	472	20.7	451.3
75	366050.08	1093231.72	474	21.3	452.7
76	366022.55	1094030.52	468	25.9	442.1
77	365839.89	1094061.91	470	27	443
78	366530.18	1091233.22	481		481
79	366871.75	1093013.69			0
80	366747.34	1092307.6	473	17.62	455.38
81	369624.63	1087627.97	510	25	485
82	369290.49	1087905.63	505	21.22	483.78
83	370202.72	1087410.9	513		513
84	369778.7	1088118.93	506	21.5	484.5
85	368558.44	1087662.49	504		504
86	368313.94	1087448.33	509		509
87	368222.55	1087448.66	510		510
88	367950.67	1088094.73	497		497
89	368743.65	1088337.64	503		503
90	367039.48	1088865.99	489		489
91	367708.38	1088494.95	492	18.14	473.86
92	367703.08	1087020.46	509		509
93	364927.24	1086108.96	521		521
94	365631.02	1086935.81	516	20.8	495.2
95	364962.22	1087337.61	515	20.3	494.7
96	364751.21	1087952.77	505		505
97	364417.34	1088291.91			0
98	363522.78	1085315.44	526		526
99	364696.4	1081317.6	555		555
100	364910.71	1081593.29	550		550
101	365037.31	1082883.04	536		536
102	366213.41	1096241.61	464	35.6	428.4
103	366185.1	1096825.38	464	39.2	424.8
104	366549.02	1096393.98	466	36.5	429.5
105	367156.74	1095992.41	465	31.1	433.9
106	367307.36	1095531.08	467		467
107	367092.58	1095101.79	467	29.1	437.9
108	366757.75	1095164.45	467		467
109	366817.1	1094734.16	467		467
110	366485.63	1095718.39	467	31.3	435.7
111	366058.08	1095412.76	465		465
112	366178.11	1094920.81	467	30.9	436.1
113	365566.65	1094308.67	469		469
114	365352.3	1094002.27	470	29.9	440.1
115	365138.5	1093849.46	470		470
116	366522.05	1097346.38	453		453

117	366856.08	1097068.68	454	40.96	413.04
118	367038.38	1096945.14	455		455
119	366311.1	1097961.54	452		452
120	365701.95	1097963.78	459		459
121	365275.66	1097996.07	449	45.6	403.4
122	365520.45	1098302.36	449	61.11	387.89
123	365460.68	1098609.78	452		452
124	365492.27	1098916.85	451		451
125	366099.59	1098423.1	453		453
126	367412.16	1107541.93	448		448
127	366953.84	1107113.55	444	65.65	378.35
128	366312.57	1106624.41	445		445
129	365795.83	1106872.08	450		450
130	366618.89	1107114.78	443		443
131	365063.43	1106444.73	449	69.02	379.98
132	364544.39	1106078.04	453		453
133	364298.82	1105556.72	454		454
134	363542.3	1106819.08	461		461
135	365757.63	1104783.29	448		448
136	365023.01	1103772.28	448	75.72	372.28
137	365963.29	1102755.04	450		450
138	366330.88	1103337.36	448	100	348
139	367088.83	1102412.99	448		448
140	366847.57	1103058.98	448		448
141	366236.24	1102446.84	448	74.7	373.3
142	366140.57	1101279.86	449	100	349
143	366627.84	1101278.06	448		448
144	367206.7	1101337.38			0
145	364678.29	1101162.4			0
146	365010.66	1100454.61	448		448
147	365463.29	1099316.31	454		454
148	365832.17	1100236.53	454		454
149	365150.2	1088750	481		481
150	364389.36	1088967.84	481		481
151	368536.85	1115340.53	436		436
152	369148.06	1115983.4	435		435
153	369787.12	1115919.63	435		435
154	367764.25	1112209.99			0
155	366014.34	1108315.08	440		440
156	366631.5	1110524.6	436	53.6	382.4
157	366754.66	1110892.78	435		435
158	366410.97	1108528.65	441		441
159	365133.97	1109024.92	446		446
160	365411.22	1109884.03	442		442
161	366750.34	1109725.45			0
162	364453.58	1089858.47	497		497
163	365669.8	1097503.11	466		466
164	365301.12	1096644.32	465	27.45	437.55
165	364526.67	1093145.17			
166	372008.01	1089647.03			
167	372185.77	1088202.63			
168	368386.33	1115801.88			
169	368171.54	1115341.87			
170	372591.83	1091088.77			
171	373077.96	1090718.46			
172	367097.97	1113164.75			
173	368982.99	1087108.03			
174	369255	1086492.69			
175	369195.27	1086830.81			
176	369013.02	1086985.05			

pozo	este	norte	nivel
lp1	383703.59	1107946.54	498
lp3	383884.79	1107485.19	499
lp5	384283.76	1108466.88	502.01
lp10	376425.72	1098785.93	476
lp16	377344.88	1100410.88	478
lp19	377708.47	1099856.73	480
lp20	378135.87	1100163.48	468.13
lp28	371621.34	1092320.9	476.22
lp38	372536.26	1092625.89	468.9
lp44	373177.22	1092991.29	470.6
lp41	372665.7	1094805.46	465.8
lp56	369353.71	1088550.5	484.9
lp84	369778.7	1088118.93	485
lp93	364927.24	1086109.96	505.65
lp100	364910.71	1081593.29	539.49
lp102	366213.41	1096241.61	422.1
lp104	366549.02	1096393.98	424.5
lp107	367092.58	1095101.79	450.3
lp113	365566.65	1094309.67	449.25
lp115	365138.5	1093850.46	453.25
lp118	367038.38	1096945.14	431
lp121	365275.66	1097996.07	408.85
lp122	365520.45	1098302.36	395.8
lp135	365757.63	1104783.29	383.85
lp136	365023.01	1103772.28	383.27
lp144	365352.3	1094002.27	450.5

pozo	este	norte	nivel
lp1	383703.59	1107946.54	498
lp3	383884.79	1107485.19	499
lp5	384283.76	1108466.88	502.01
lp10	376425.72	1098785.93	476
lp16	377344.88	1100410.88	478
lp19	377708.47	1099856.73	480
lp20	378135.87	1100163.48	468.13
lp28	371621.34	1092320.9	476.22
lp38	372536.26	1092625.89	468.9
lp44	373177.22	1092991.29	470.6
lp41	372665.7	1094805.46	465.8
lp56	369353.71	1088550.5	484.9
lp84	369778.7	1088118.93	485
lp93	364927.24	1086109.96	505.65
lp100	364910.71	1081593.29	539.49
lp102	366213.41	1096241.61	422.1
lp104	366549.02	1096393.98	424.5
lp107	367092.58	1095101.79	450.3
lp113	365566.65	1094309.67	449.25
lp115	365138.5	1093850.46	453.25
lp118	367038.38	1096945.14	431
lp121	365275.66	1097996.07	408.85
lp122	365520.45	1098302.36	395.8
lp135	365757.63	1104783.29	383.85
lp136	365023.01	1103772.28	383.27
lp144	365352.3	1094002.27	450.5

Anexo D

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

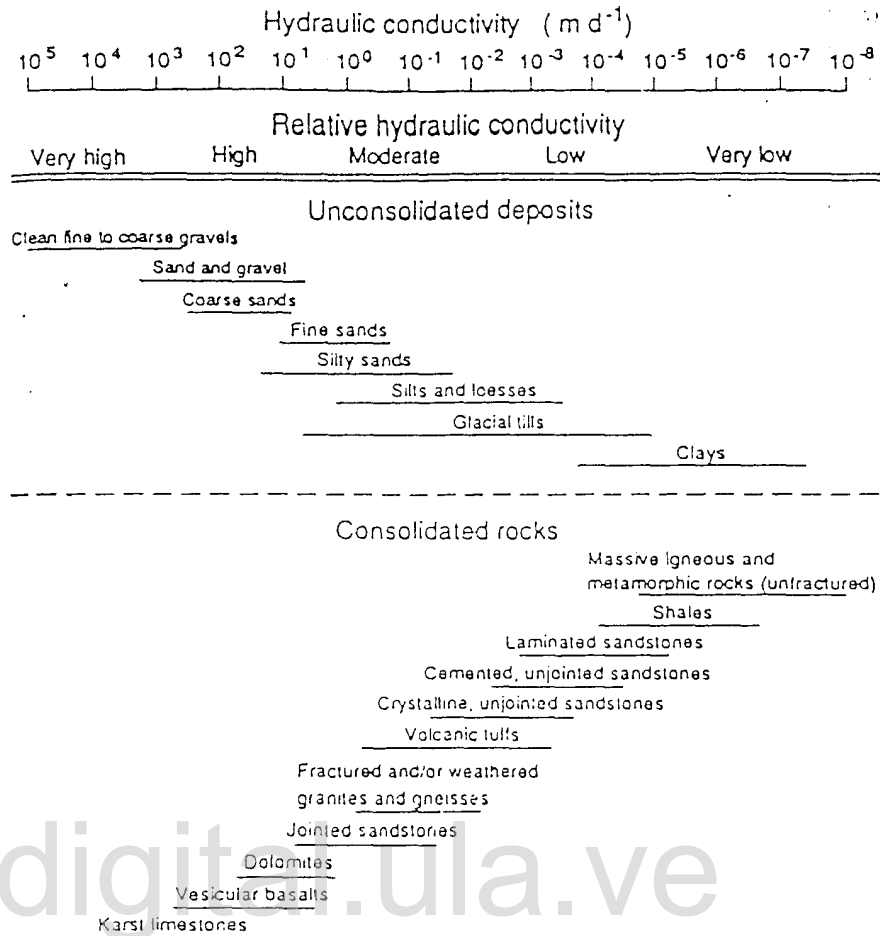


Figure 8.5 Range of hydraulic conductivity values for geological materials (Based on Driscoll, 1986 and Todd, 1980)

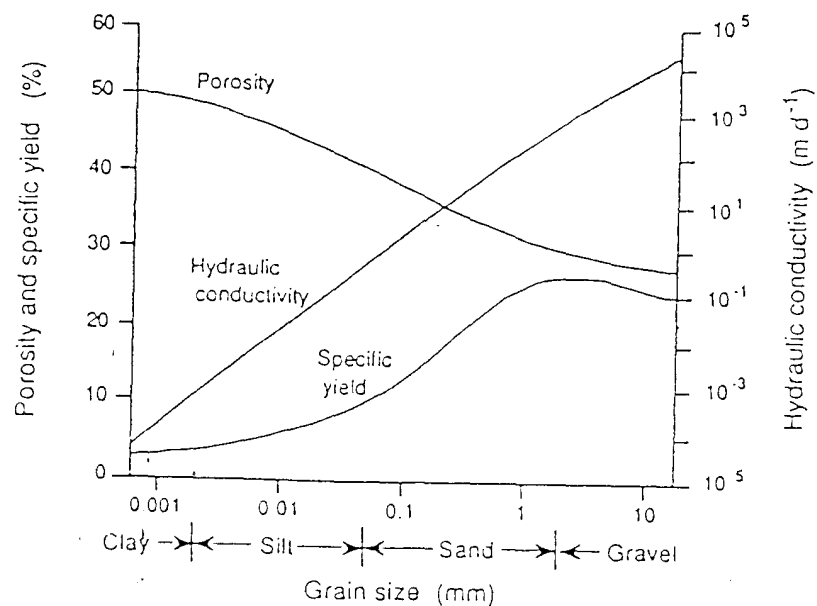


Figure 8.4 Porosity, specific yield and hydraulic conductivity of granular materials (Modified from Davis and De Wiest, 1966)

Material	k en cm/seg	k en m/día (aproxim.) ²⁵
Grava limpia	> 1	> 1000
Arena gruesa limpia	1 a 10^{-2}	1000 a 10^1
Mezcla de arena	10^{-2} a $5 \cdot 10^{-3}$	10 a 5
Arena fina	$5 \cdot 10^{-3}$ a 10^{-3}	5 a 1
Arena limosa	$2 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-4}	2 a 0,1
Limo	$5 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-5}	0,5 a 0,001
Arcilla	$< 10^{-6}$	$< 0,001$

El grado de compactación puede afectar notablemente

²⁵ El factor de conversión es 864 pero se ha redondeado a 1000.

Permeabilidad m/día	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^1	10^2	10^3
Calificación	Impermeables		Poca permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
Calificación del acuífero	Acuicluda		Acuítardo		Acuífero pobre		Acuífero de regu- lar a buena		Acuífero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta		Limo arenoso		Arena fina		Arena limpia		Grava y arena		
	Pizarra		Limo		Arena limosa		Grava y arena		Grava limpia		
	Granito		Arcilla limosa		Caliza fractura- da		Arena fina				

FIGURA 8.16 B
Clasificación de terrenos por la permeabilidad.

TABLA 8.1 Tabla de conversiones de unidades de permeabilidad, permeabilidad intrínseca y transmisividad. Las cifras entre paréntesis son equivalencia entre k y k_w . Ejemplo: $12 \text{ m/día} = 12 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ cm/seg}$; $0,01 \text{ cm/seg} = 10,40 \text{ darcys a } 20^\circ\text{C}$

A											
k						k_w		T			
		cm/seg	m/día	gpd/ft ²	meizner	cm ²	darcy ⁽¹⁾	cm ² /seg	m ² /día	gpd/ft	
D	k	cm/seg	1	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$4,64 \cdot 10^{-3}$	$4,72 \cdot 10^{-3}$	$(0,98 \cdot 10^{-3})^*$	$(0,96 \cdot 10^{-3})^*$	—	—	—
		m/día	864	1	0,04	0,041	$(0,95 \cdot 10^{-3})^*$	$(0,93)^{**}$	—	—	—
		gpd/ft ²	21 600	25	1	1,02	$(2,12 \cdot 10^{-3})^*$	$(20,9)^{**}$	—	—	—
	k_w	cm ²	$(1,02 \cdot 10^{-3})^*$	$(1,13 \cdot 10^{-3})^*$	$(4,72 \cdot 10^{-3})^*$	$(4,8 \cdot 10^{-3})^{**}$	1	$0,987 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
		darcy	$(1040)^*$	$(1,20)^*$	$(0,048)^*$	$(4,7 \cdot 10^{-3})^{**}$	$1,013 \cdot 10^3$	1	—	—	—
T	T	cm ² /seg	—	—	—	—	—	1	0,116	0,00142	
		m ² /día	—	—	—	—	—	8,64	1	0,0124	
		gpd/ft	—	—	—	—	—	704	81	1	

Para pasar de A a B multiplicar por el factor del casillero correspondiente.

* Para agua a 20°C .

** Para agua a 60°F o $15,6^\circ\text{C}$.

1 darcy = 10^{-8} cm² (en Francia).

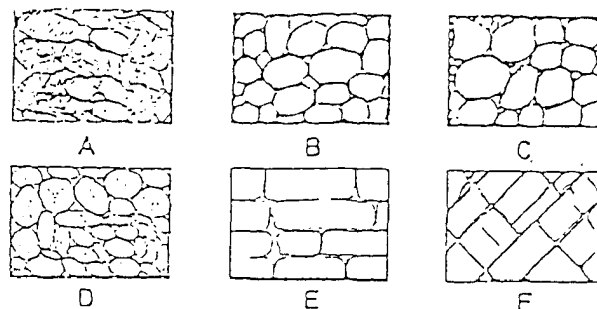


FIGURA 8.13

Representación esquemática de distintos tipos de rocas indicando la relación entre su textura y porosidad.

(Según Meinzer, 1923).

A) Depósito sedimentario de granulometría homogénea y gran porosidad.

B) Depósito sedimentario de granulometría homogénea cuya porosidad ha disminuido por cementación de sus intersticios con materias minerales.

C) Depósito sedimentario de granulometría heterogénea y escasa porosidad.

D) Depósito sedimentario de granulometría homogénea, formado por elementos que a su vez son porosos; por lo tanto, porosidad muy elevada.

E) Roca porosa por disolución.

F) Roca porosa por fragmentación.

TABLA 8.2 Tabla de porosidades totales y eficaces de diversos materiales. Datos tomados de Johnson (1967), Davis (1969), Schoeller (1962), Muskat (1957), Meinzer (1923 b), Ward (1967), etc., y del propio autor. Algunos datos, en especial los referentes a m., deben tomarse con precauciones y según las circunstancias locales.

Material		Porosidad total % m					Porosidad eficaz % m		
Tipo	Descripción	Media	Normal Max.	Min.	Extraordinaria Max.	Min.	Media	Máx.	Mín.
Rocas masivas	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0
	Caliza masiva	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0
	Dolomía	5	10	2			<0,5	1	0,0
Rocas metamórficas		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0
Rocas volcánicas	Piroclastos y tobas	50	50	10	60	5	<5	20	0,0
	Escorias	25	80	10			20	50	1
	Pumitas	85	90	50			<5	20	0,0
	Basaltos densos, fonolitas	2	5	0,1			<1	2	0,1
	Basaltos vacuolares	12	30	5			5	10	1
Rocas sedimentarias consolidadas (ver rocas masivas)	Pizarras sedimentarias	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0
	Areniscas	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0
	Creta blanda	20	30	10			1	5	0,2
	Caliza detritica	10	30	1,5			3	20	0,5
Rocas sedimentarias sueltas	Aluviones	25	40	20	45	15	15	35	5
	Dunas	35	40	30			20	30	10
	Gravas	30	40	25	40	20	25	35	15
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1
	Arenas	35	45	20			25	35	10
	Depósitos glaciares	25	35	15			15	30	5
	Limos	40	50	35			10	20	2
	Arcillas sin compactar	45	60	40	85	30	2	10	0,0
	Suelos superiores	50	60	30			10	20	1

Anexo E
Salida del Modelo Visual Modflow

Bdigital.ula.ve

The listing file output unit is 6
The Basic Package input unit is 1
1 U.S. GEOLOGICAL SURVEY MODULAR FINITE-DIFFERENCE GROUND-WATER MODEL
0Basic Package translator - (c) 1994 Waterloo Hydrogeologic Software PRUEBA.BAS Sat Sep 30
17:38:56 2000

1 LAYERS 40 ROWS 35 COLUMNS
1 STRESS PERIOD(S) IN SIMULATION
MODEL TIME UNIT IS DAYS
0I/O UNITS:
ELEMENT OF IUNIT: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
I/O UNIT: 11 12 0 0 15 0 0 18 0 0 0 22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 24 23 0 0
0BAS1 -- BASIC MODEL PACKAGE, VERSION 1, 9/1/87 INPUT READ FROM UNIT 1
ARRAYS RHS AND BUFF WILL SHARE MEMORY.
START HEAD WILL BE SAVED
12679 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BAS
12679 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0BCF2 -- BLOCK-CENTERED FLOW PACKAGE, VERSION 2, 7/1/91 INPUT READ FROM UNIT 11
TRANSIENT SIMULATION
CELL-BY-CELL FLOWS WILL BE RECORDED ON UNIT 50
HEAD AT CELLS THAT CONVERT TO DRY= -0.10000E+31
WETTING CAPABILITY IS NOT ACTIVE
LAYER AQUIFER TYPE

1 3
8400 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BCF
21079 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0WEL1 -- WELL PACKAGE, VERSION 1, 9/1/87 INPUT READ FROM 12
MAXIMUM OF 51 WELLS
CELL-BY-CELL FLOWS WILL BE RECORDED ON UNIT 50
204 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED FOR WELLS
21283 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0RCH1 -- RECHARGE PACKAGE, VERSION 1, 9/1/87 INPUT READ FROM UNIT 18
OPTION 3 -- RECHARGE TO HIGHEST ACTIVE NODE IN EACH VERTICAL COLUMN
CELL-BY-CELL FLOW TERMS WILL BE RECORDED ON UNIT 50
1400 ELEMENTS OF X ARRAY USED FOR RECHARGE
22683 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0EVT1 -- EVAPOTRANSPIRATION PACKAGE, VERSION 1, 9/1/87 INPUT READ FROM UNIT 15
OPTION 1 -- EVAPOTRANSPIRATION FROM TOP LAYER
CELL-BY-CELL FLOW TERMS WILL BE SAVED ON UNIT 50
4200 ELEMENTS OF X ARRAY USED FOR EVAPOTRANSPIRATION
26883 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0WHS1 - CGSTAB-P PROCEDURE SOLUTION PACKAGE, VERSION 1, 8/4/95 INPUT READ FROM UNIT 24

```

MAXIMUM OF 500 OUTER ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE
** MAXIMUM OF
58800 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY CGSTAB-P
85683 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
0CAL1 -- W.H.S. CALIBRATION PACKAGE INPUT READ FROM UNIT 23
# OF CAL POINTS :      8

24 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED FOR CALIBRATION POINTS
85707 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 1999999999
1Basic Package translator - (c) 1994 Waterloo Hydrogeologic Software
17:38:56 2000
BOUNDARY ARRAY FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 1 USING FORMAT: (40I2)
-----
0AQUIFER HEAD WILL BE SET TO 1.00000E+30 AT ALL NO-FLOW NODES (IBOUND=0).
INITIAL HEAD = 566.0000 FOR LAYER 1
0HEAD PRINT FORMAT IS FORMAT NUMBER
DRAWDOWN PRINT FORMAT IS FORMAT NUMBER
HEADS WILL BE SAVED ON UNIT 30 DRAWDOWNS WILL BE SAVED ON UNIT 31
OUTPUT CONTROL IS SPECIFIED EVERY TIME STEP

COLUMN TO ROW ANISOTROPY FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----

DELR WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----

DELC = 1000.000
PRIMARY STORAGE COEF FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----
HYD. COND. ALONG ROWS FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----
BOTTOM FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----
SECONDARY STORAGE COEF = 0.100000E-01 FOR LAYER 1
TOP FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 11 USING FORMAT: (10G11.4)
-----
SOLUTION BY CGSTAB-P
-----
MAXIMUM ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE = 50
MAXIMUM INNER ITERATIONS ALLOWED = 500
DAMPING FACTOR = 1.0000
HEAD CHANGE CRITERION FOR CLOSURE = 0.10000E-01

```

MAXIMUM RESIDUAL FOR LINEAR ITERATION 0.10000E-02
MAXIMUM RELATIVE RESIDUAL FOR LINEAR ITERATION 0.00000E+001
STRESS PERIOD NO. 1, LENGTH = 600.0000

NUMBER OF TIME STEPS = 10
MULTIPLIER FOR DELT = 1.200
INITIAL TIME STEP SIZE = 23.11365
39 WELLS

LAYER	ROW	COL	STRESS RATE	WELL NO.
1	18	14	-2102.4	1
1	22	14	-3686.4	2
1	21	14	-6768.4	3
1	27	13	-5054.4	4
1	27	14	-6984.0	5
1	29	14	-2613.6	6
1	25	18	-5644.8	7
1	24	20	-3542.4	8
1	23	19	-1670.4	9
1	23	20	-3110.4	10
1	21	20	-3283.2	11
1	16	23	-3736.8	12
1	16	25	-2807.8	13
1	15	25	-4032.4	14
1	27	17	-2995.2	15
1	9	14	-6523.6	16
1	8	15	-2678.4	17
1	13	15	-2764.8	18
1	14	15	-3888.0	19
1	8	30	-9418.0	20
1	22	20	-3370.0	21
1	23	21	-2074.0	22
1	25	19	-3888.0	23
1	24	18	-2851.0	24
1	26	18	-2909.0	25
1	25	17	-4709.0	26
1	25	14	-3571.0	27
1	26	14	-5400.0	28
1	23	15	-1498.0	29
1	21	15	-8482.0	30
1	19	15	-9374.0	31

```

1      20      15      -2808.0      32
1      18      15      -4925.0      33
1      17      14      -1296.0      34
1      17      15      -3168.0      35
1      9       13      -1469.0      36
1      10      13      -994.00      37
1      11      14      -1944.0      38
1      12      15      -2549.0      39
0

```

RECHARGE WILL BE READ ON UNIT 18 USING FORMAT: (15G11.4)

ET SURFACE WILL BE READ ON UNIT 15 USING FORMAT: (15G11.4)

```

0      EVAPOTRANSPIRATION RATE = 0.1000000E-05
0      EXTINCTION DEPTH = 10.00000

```

CALIBRATION POINTS

```

-----
1      30      8
1      20      21
1      21      23
1      20      23
1      17      27
1      30      7
1      24      15
1      18      26

Outer iteration 1 Inner iteration 1 Max. residual 1.347E+02
Outer iteration 1 Inner iteration 2 Max. residual -1.429E+01
Outer iteration 1 Inner iteration 3 Max. residual -2.933E-01
Outer iteration 1 Inner iteration 4 Max. residual -2.502E-02
Outer iteration 1 Inner iteration 5 Max. residual -1.033E-03
Outer iteration 1 Inner iteration 6 Max. residual -2.238E-05
Outer iteration 2 Inner iteration 1 Max. residual 1.833E+01
Outer iteration 2 Inner iteration 2 Max. residual 4.762E-01
Outer iteration 2 Inner iteration 3 Max. residual -3.960E-02
Outer iteration 2 Inner iteration 4 Max. residual -2.716E-03

```

Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	9.210E-04
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	-7.135E-01
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	1.803E-03
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	8.865E-04
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1					
TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0					
OOUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:					
HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN		
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE		

0	0	0	0		
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT					
CALIBRATION OUTPUT POINTS					

1	30	8		0.560292E+03	
1	20	21		0.563701E+03	
1	21	23		0.564177E+03	
1	20	23		0.562844E+03	
1	17	27		0.564063E+03	
1	30	7		0.563351E+03	
1	24	15		0.565084E+03	
1	18	26		0.563168E+03	
Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	9.915E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	-1.011E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	3.732E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	-2.032E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	1.237E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	4.715E-05
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	1.451E+01
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	6.852E-01
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	-4.164E-02
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	-2.395E-03
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	-2.144E-04
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.027E+00
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	1.636E-02
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	-1.340E-03
Outer iteration	3	Inner iteration	4	Max. residual	3.133E-05
Outer iteration	4	Inner iteration	1	Max. residual	2.000E-03
Outer iteration	4	Inner iteration	2	Max. residual	8.793E-05
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1					
TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0					
OOUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:					
HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN		
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE		

0	0	0	0		
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT					
CALIBRATION OUTPUT POINTS					

1	30	8		0.570807E+01	
1	20	21		0.229932E+01	
1	21	23		0.182300E+01	
1	20	23		0.315570E+01	
1	17	27		0.193744E+01	
1	30	7		0.264935E+01	
1	24	15		0.915588E+00	
1	18	26		0.283228E+01	
Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	9.915E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	-1.011E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	3.732E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	-2.032E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	1.237E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	4.715E-05
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	1.451E+01
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	6.852E-01
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	-4.164E-02
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	-2.395E-03
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	-2.144E-04
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.027E+00
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	1.636E-02
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	-1.340E-03
Outer iteration	3	Inner iteration	4	Max. residual	3.133E-05
Outer iteration	4	Inner iteration	1	Max. residual	2.000E-03
Outer iteration	4	Inner iteration	2	Max. residual	8.793E-05
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1					
TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0					
OOUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:					
HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN		
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE		

0	0	0	0		
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT					
CALIBRATION OUTPUT POINTS					

1	30	8		0.570807E+01	
1	20	21		0.229932E+01	
1	21	23		0.182300E+01	
1	20	23		0.315570E+01	
1	17	27		0.193744E+01	
1	30	7		0.264935E+01	
1	24	15		0.915588E+00	
1	18	26		0.283228E+01	
Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	9.915E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	-1.011E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	3.732E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	-2.032E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	1.237E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	4.715E-05
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	1.451E+

```

-----
0      0      0      0
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT
CALIBRATION OUTPUT POINTS
-----
1      30      8      0.557254E+03      0.303821E+01
1      20      21      0.562064E+03      0.163647E+01
1      21      23      0.562972E+03      0.120483E+01
1      20      23      0.560729E+03      0.211523E+01
1      17      27      0.562715E+03      0.134729E+01
1      30      7      0.560806E+03      0.254504E+01
1      24      15      0.564171E+03      0.913025E+00
1      18      26      0.561249E+03      0.191907E+01

Outer iteration      1 Inner iteration      1 Max. residual      1.007E+02
Outer iteration      1 Inner iteration      2 Max. residual      1.187E+01
Outer iteration      1 Inner iteration      3 Max. residual      8.694E-01
Outer iteration      1 Inner iteration      4 Max. residual      3.563E-02
Outer iteration      1 Inner iteration      5 Max. residual      4.183E-03
Outer iteration      1 Inner iteration      6 Max. residual      5.912E-05
Outer iteration      2 Inner iteration      1 Max. residual      3.031E+01
Outer iteration      2 Inner iteration      2 Max. residual      9.475E-01
Outer iteration      2 Inner iteration      3 Max. residual      4.171E-02
Outer iteration      2 Inner iteration      4 Max. residual      -2.464E-03
Outer iteration      2 Inner iteration      5 Max. residual      -1.619E-04
Outer iteration      3 Inner iteration      1 Max. residual      2.284E-01
Outer iteration      3 Inner iteration      2 Max. residual      1.017E-02
Outer iteration      3 Inner iteration      3 Max. residual      2.077E-04
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1      TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0
OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:
HEAD      DRAWDOWN      HEAD      DRAWDOWN
PRINTOUT      PRINTOUT      SAVE      SAVE
-----
0      0      0      0
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT
CALIBRATION OUTPUT POINTS
-----
1      30      8      0.554950E+03      0.230414E+01
1      20      21      0.560544E+03      0.151990E+01
1      21      23      0.562054E+03      0.918518E+00
1      20      23      0.559117E+03      0.161200E+01
1      17      27      0.561601E+03      0.111444E+01
1      30      7      0.558553E+03      0.225250E+01

```

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

1	24	15		0.563282E+03	0.889587E+00
1	18	26		0.559836E+03	0.141266E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	1.071E+02
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	1.435E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	1.230E+00
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	6.089E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	5.565E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	8.514E-05
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	2.581E+01
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	1.091E+00
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	-8.047E-02
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	-6.867E-03
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	-1.421E-04
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.463E+00
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	4.672E-02
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	1.449E-03
Outer iteration	3	Inner iteration	4	Max. residual	-7.945E-05
Outer iteration	4	Inner iteration	1	Max. residual	-5.426E-03
Outer iteration	4	Inner iteration	2	Max. residual	-5.871E-05
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0					
OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:					
HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN		
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE		

0	0	0	0		
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT					
CALIBRATION OUTPUT POINTS					

1	30	8		0.552774E+03	0.217523E+01
1	20	21		0.559049E+03	0.149561E+01
1	21	23		0.561236E+03	0.818054E+00
1	20	23		0.557761E+03	0.135565E+01
1	17	27		0.560603E+03	0.997681E+00
1	30	7		0.556373E+03	0.218030E+01
1	24	15		0.562326E+03	0.955872E+00
1	18	26		0.558698E+03	0.113806E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	1.104E+02
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	1.865E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	1.852E+00
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	1.213E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	1.141E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	2.452E-04

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	2.323E+01	
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	8.365E-01	
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	2.808E-02	
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	-1.353E-03	
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	1.378E-04	
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.940E+00	
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	5.771E-02	
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	4.304E-03	
Outer iteration	3	Inner iteration	4	Max. residual	-1.105E-04	
Outer iteration	4	Inner iteration	1	Max. residual	-7.786E-03	
Outer iteration	4	Inner iteration	2	Max. residual	2.530E-04	

OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0
 OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:

HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE

0	0	0	0

CALIBRATION PACKAGE OUTPUT

CALIBRATION OUTPUT POINTS

1	30	8	0.550469E+03	0.230566E+01
1	20	21	0.557564E+03	0.148480E+01
1	21	23	0.560391E+03	0.844177E+00
1	20	23	0.556516E+03	0.124536E+01
1	17	27	0.559612E+03	0.990723E+00
1	30	7	0.554060E+03	0.231250E+01
1	24	15	0.561227E+03	0.109912E+01
1	18	26	0.557658E+03	0.103961E+01

Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	1.065E+02
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	1.697E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	1.805E+00
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	1.878E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	8.970E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	5.865E-04
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	-1.813E+01
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	-9.025E-01
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	4.110E-02
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	1.995E-03
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	-6.189E-05
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.617E+00
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	-2.390E-02
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	-4.507E-03

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

Outer iteration 3 Inner iteration 4 Max. residual -3.459E-05
Outer iteration 4 Inner iteration 1 Max. residual 1.144E-02
Outer iteration 4 Inner iteration 2 Max. residual 1.048E-04
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0
OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME: CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

HEAD DRAWDOWN HEAD DRAWDOWN

PRINTOUT PRINTOUT SAVE SAVE

0 0 0 0

CALIBRATION PACKAGE OUTPUT

CALIBRATION OUTPUT POINTS

1	30	8	0.547878E+03	0.259039E+01
1	20	21	0.556062E+03	0.150189E+01
1	21	23	0.559426E+03	0.964966E+00
1	20	23	0.555264E+03	0.125177E+01
1	17	27	0.558515E+03	0.109735E+01
1	30	7	0.551469E+03	0.259094E+01
1	24	15	0.559923E+03	0.130341E+01
1	18	26	0.556566E+03	0.109253E+01

Outer iteration 1 Inner iteration 1 Max. residual -9.633E+01
Outer iteration 1 Inner iteration 2 Max. residual -9.704E+00
Outer iteration 1 Inner iteration 3 Max. residual 8.078E-01
Outer iteration 1 Inner iteration 4 Max. residual 8.214E-02
Outer iteration 1 Inner iteration 5 Max. residual 6.044E-03
Outer iteration 1 Inner iteration 6 Max. residual 6.267E-04
Outer iteration 2 Inner iteration 1 Max. residual 2.159E+01
Outer iteration 2 Inner iteration 2 Max. residual 5.074E-01
Outer iteration 2 Inner iteration 3 Max. residual 2.026E-02
Outer iteration 2 Inner iteration 4 Max. residual 4.730E-03
Outer iteration 2 Inner iteration 5 Max. residual -6.468E-05
Outer iteration 3 Inner iteration 1 Max. residual 2.439E+00
Outer iteration 3 Inner iteration 2 Max. residual -2.892E-02
Outer iteration 3 Inner iteration 3 Max. residual -1.834E-03
Outer iteration 3 Inner iteration 4 Max. residual 2.594E-05
Outer iteration 4 Inner iteration 1 Max. residual 1.798E-02
Outer iteration 4 Inner iteration 2 Max. residual -3.909E-04
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0

OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:

HEAD DRAWDOWN HEAD DRAWDOWN
PRINTOUT PRINTOUT SAVE SAVE

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

0	0	0	0	0
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT				
CALIBRATION OUTPUT POINTS				

1	30	8	0.544886E+03	0.299249E+01
1	20	21	0.554481E+03	0.158105E+01
1	21	23	0.558261E+03	0.116589E+01
1	20	23	0.553896E+03	0.136847E+01
1	17	27	0.557202E+03	0.131268E+01
1	30	7	0.548489E+03	0.297998E+01
1	24	15	0.558361E+03	0.156250E+01
1	18	26	0.555289E+03	0.127716E+01
Outer iteration	1 Inner iteration		1 Max. residual -1.167E+02	
Outer iteration	1 Inner iteration		2 Max. residual -1.182E+01	
Outer iteration	1 Inner iteration		3 Max. residual 8.344E-01	
Outer iteration	1 Inner iteration		4 Max. residual 1.642E-01	
Outer iteration	1 Inner iteration		5 Max. residual 7.485E-03	
Outer iteration	1 Inner iteration		6 Max. residual 7.153E-04	
Outer iteration	2 Inner iteration		1 Max. residual 1.809E+01	
Outer iteration	2 Inner iteration		2 Max. residual -1.066E+00	
Outer iteration	2 Inner iteration		3 Max. residual 4.973E-01	
Outer iteration	2 Inner iteration		4 Max. residual 5.435E-03	
Outer iteration	2 Inner iteration		5 Max. residual 2.081E-04	
Outer iteration	3 Inner iteration		1 Max. residual 9.411E-01	
Outer iteration	3 Inner iteration		2 Max. residual -7.550E-03	
Outer iteration	3 Inner iteration		3 Max. residual 3.358E-03	
Outer iteration	3 Inner iteration		4 Max. residual 1.093E-03	
Outer iteration	3 Inner iteration		5 Max. residual 1.790E-05	
Outer iteration	4 Inner iteration		1 Max. residual 2.953E-02	
Outer iteration	4 Inner iteration		2 Max. residual -7.095E-04	
OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1			TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0	
OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:				
HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN	
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE	

0	0	0	0	0
CALIBRATION PACKAGE OUTPUT				
CALIBRATION OUTPUT POINTS				

1	30	8	0.541384E+03	0.350171E+01
1	20	21	0.552728E+03	0.175293E+01
1	21	23	0.556816E+03	0.144495E+01

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

1	20	23	0.552299E+03	0.159631E+01
1	17	27	0.555575E+03	0.162738E+01
1	30	7	0.545022E+03	0.346698E+01
1	24	15	0.556483E+03	0.187799E+01
1	18	26	0.553712E+03	0.157623E+01

Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	-1.429E+02
Outer iteration	1	Inner iteration	2	Max. residual	1.747E+01
Outer iteration	1	Inner iteration	3	Max. residual	1.601E+00
Outer iteration	1	Inner iteration	4	Max. residual	2.593E-01
Outer iteration	1	Inner iteration	5	Max. residual	1.342E-02
Outer iteration	1	Inner iteration	6	Max. residual	1.364E-03
Outer iteration	1	Inner iteration	7	Max. residual	3.968E-05
Outer iteration	2	Inner iteration	1	Max. residual	2.131E+01
Outer iteration	2	Inner iteration	2	Max. residual	7.359E+00
Outer iteration	2	Inner iteration	3	Max. residual	2.328E-02
Outer iteration	2	Inner iteration	4	Max. residual	-1.190E-03
Outer iteration	2	Inner iteration	5	Max. residual	3.183E-04
Outer iteration	3	Inner iteration	1	Max. residual	1.378E+00
Outer iteration	3	Inner iteration	2	Max. residual	-2.947E-02
Outer iteration	3	Inner iteration	3	Max. residual	-3.980E-03
Outer iteration	3	Inner iteration	4	Max. residual	1.965E-04
Outer iteration	4	Inner iteration	1	Max. residual	5.016E-02
Outer iteration	4	Inner iteration	2	Max. residual	-1.517E-03
Outer iteration	4	Inner iteration	3	Max. residual	9.408E-04

OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0

00OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:

HEAD	DRAWDOWN	HEAD	DRAWDOWN
PRINTOUT	PRINTOUT	SAVE	SAVE

0	0	0	0
---	---	---	---

CALIBRATION PACKAGE OUTPUT

CALIBRATION OUTPUT POINTS

1	30	8	0.537261E+03	0.412335E+01
1	20	21	0.550689E+03	0.203931E+01
1	21	23	0.555008E+03	0.180804E+01
1	20	23	0.550362E+03	0.193787E+01
1	17	27	0.553540E+03	0.203479E+01
1	30	7	0.540968E+03	0.405432E+01
1	24	15	0.554225E+03	0.225775E+01
1	18	26	0.551734E+03	0.197839E+01

Outer iteration	1	Inner iteration	1	Max. residual	-1.913E+02
-----------------	---	-----------------	---	---------------	------------

CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 0

Outer iteration 1 Inner iteration 2 Max. residual 2.660E+01 1
 Outer iteration 1 Inner iteration 3 Max. residual 2.866E+00 1
 Outer iteration 1 Inner iteration 4 Max. residual 5.736E-01 1
 Outer iteration 1 Inner iteration 5 Max. residual 3.886E-02 1
 Outer iteration 1 Inner iteration 6 Max. residual 5.280E-03 1
 Outer iteration 1 Inner iteration 7 Max. residual 1.860E-04 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 1 Max. residual 2.854E+01 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 2 Max. residual 1.129E+01 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 3 Max. residual -5.073E-02 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 4 Max. residual -1.073E-02 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 5 Max. residual 1.935E-03 1
 Outer iteration 2 Inner iteration 6 Max. residual 8.205E-05 1
 Outer iteration 3 Inner iteration 1 Max. residual 2.079E+00 1
 Outer iteration 3 Inner iteration 2 Max. residual -6.781E-02 1
 Outer iteration 3 Inner iteration 3 Max. residual -1.237E-02 1
 Outer iteration 3 Inner iteration 4 Max. residual 1.020E-03 1
 Outer iteration 3 Inner iteration 5 Max. residual 8.232E-06 1
 Outer iteration 4 Inner iteration 1 Max. residual 8.858E-02 1
 Outer iteration 4 Inner iteration 2 Max. residual -3.444E-03 1
 Outer iteration 4 Inner iteration 3 Max. residual 2.905E-03 1
 Outer iteration 4 Inner iteration 4 Max. residual 2.050E-05 1
 OHEAD/DRAWDOWN PRINTOUT FLAG = 1 TOTAL BUDGET PRINTOUT FLAG = 0 CELL-BY-CELL FLOW TERM FLAG = 1
 OUTPUT FLAGS FOR ALL LAYERS ARE THE SAME:
 HEAD DRAWDOWN HEAD DRAWDOWN
 PRINTOUT PRINTOUT SAVE SAVE

 0 0 1 1
 " STORAGE" BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 " CONSTANT HEAD" BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 "FLOW RIGHT FACE " BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 "FLOW FRONT FACE " BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 " WELLS" BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 " RECHARGE" BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 " ET" BUDGET VALUES WILL BE SAVED ON UNIT 50 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 CALIBRATION PACKAGE OUTPUT
 CALIBRATION OUTPUT POINTS

 1 30 8 0.532385E+03 0.487585E+01
 1 20 21 0.548235E+03 0.245374E+01
 1 21 23 0.552741E+03 0.226624E+01
 1 20 23 0.547964E+03 0.239813E+01
 1 17 27 0.551005E+03 0.253479E+01

1	30	7	0.536212E+03	0.475616E+01
1	24	15	0.551510E+03	0.271539E+01
1	18	26	0.549254E+03	0.248041E+01

OHEAD WILL BE SAVED ON UNIT 30 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 ODRAWDOWN WILL BE SAVED ON UNIT 31 AT END OF TIME STEP 10, STRESS PERIOD 1
 0

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 10 IN STRESS PERIOD 1

STEP	L**3/T	CUMULATIVE VOLUMES	L**3	RATES FOR THIS TIME
------	--------	--------------------	------	---------------------

IN:

STORAGE = 0.68007E+08
 CONSTANT HEAD = 0.00000E+00
 WELLS = 0.00000E+00
 RECHARGE = 0.24428E+08
 ET = 0.00000E+00
 TOTAL IN = 0.92436E+08
 OUT:

STORAGE = 0.20403E+07
 CONSTANT HEAD = 0.00000E+00
 WELLS = 0.90351E+08
 RECHARGE = 0.00000E+00
 ET = 44689.
 TOTAL OUT = 0.92436E+08
 IN - OUT = -48.000
 PERCENT DISCREPANCY = 0.00

IN:

STORAGE = 0.10989E+06
 CONSTANT HEAD = 0.00000E+00
 WELLS = 0.00000E+00
 RECHARGE = 40714.
 ET = 0.00000E+00
 TOTAL IN = 0.15060E+06
 OUT:

STORAGE = 0.00000E+00
 CONSTANT HEAD = 0.00000E+00
 WELLS = 0.15058E+06
 RECHARGE = 0.00000E+00
 ET = 15.238
 TOTAL OUT = 0.15060E+06
 IN - OUT = 0.00000E+00
 PERCENT DISCREPANCY = 0.00

digital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 10 IN STRESS PERIOD 1

	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	0.103042E+08	171736.	2862.27	119.261	0.326520
STRESS PERIOD TIME	0.518400E+08	864000.	14400.0	600.000	1.64271
TOTAL SIMULATION TIME	0.518400E+08	864000.	14400.0	600.000	1.64271

Bdigital.ula.ve