

Programa de computadora para un estudio ambiental en Guanacaste, Costa Rica

Jorge Chacón S.* Bernardo Chacón S.* Alfonso Mata J.*

RESUMEN

Se describe un programa de computadora confeccionado para procesar los datos relacionados con el análisis físico-químico del agua subterránea de la Cuenca Superior del Río Cañas, Guanacaste.

INTRODUCCION

Desde hace tan sólo unos pocos años, el desarrollo del campo de manejo de recursos acuáticos se ha visto muy influido por la preocupación de las sociedades modernas en la protección y la calidad del ambiente humano. Esto ha repercutido en las decisiones políticas que se han tomado presionadas por la conciencia del público, así como en la complejidad de los estudios ambientales que se han emprendido y la comprensión de la urgencia de realizarlos. Podemos buscar las razones de estas nuevas tendencias en una crisis ambiental producida por la contaminación y el uso creciente de recursos fundamentales al hombre, en un mundo cuya población crece rápidamente y demanda más del ambiente. También es evidente que otra razón para este desarrollo y estudio de los recursos, es el mejoramiento del estándar de vida y de la educación que termina en una demanda por una calidad de vida mejor y una percepción más técnica de los pro-

blemas de la contaminación en general.

Los estudios del ambiente son cada vez más complejos y requieren el uso de computadoras; primero porque estas máquinas pueden acumular en su memoria una cantidad de información superior a la que puede retener la mente humana (1), y segundo porque pueden manejar los números a altas velocidades, ejecutando millones de cálculos con gran precisión.

Nuestro país no escapa a esta tendencia y los estudios del ambiente se van detallando cada vez más en nuestro patio. La cantidad de datos será cada vez mayor para poder cubrir un mayor número de variables y el empleo de computadoras para manejar los datos se hará cada vez más necesario.

PLANTEAMIENTO

Con la finalidad de realizar estudios completos de potabili-

dad y calidad para irrigación de aguas subterráneas de la Cuenca Superior del Río Cañas, Guanacaste, se obtuvo máxima información primaria posible a base de determinación de campo y se estableció un método para el monitoreo bianual en el área. Este tipo de estudio demanda la realización de una serie de análisis físico-químicos del agua en muchos puntos de la cuenca (2). En vista del problema de horas-hombre que se plantea con la recolección, mantenimiento y trasiego de una gran cantidad de datos (5, 6), se diseñó un modelo de procesamiento de datos con un computador digital para ser utilizado como rutina en labores que van desde el listado de indicadores de la calidad del agua hasta el análisis gráfico y estadístico de una gran masa de información.

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

En el cuadro N°1 aparece el listado del programa realizado, está escrito en FORTRAN IV

*Profesores de la Escuela de Química.
Universidad de Costa Rica.

(3, 4, 7). Todas las pruebas de los programas y el procesamiento de los datos fueron realizados en el Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica, utilizando un computador IBM-360 y bajo el sistema operativo FORTRAN IV D.O.S.

El programa propone una entrada de datos por medio de tarjetas, dos para cada punto geográfico analizado, la primera de ellas contiene la información básica de ese punto como son: número del pozo (XD1, XD2), coordenadas (C1, C2, C3), fecha de recolección (FECH1, FECH2) nivel estático del agua (DEPTH), tipo de construcción (TP1, TP2), recolector de la muestra (COL), lugar donde se realizó el análisis (AN1, AN2), formación geológica del lugar, donde está ubicado el pozo (FG1, FG2, FG3). La segunda tarjeta contiene toda la información obtenida del análisis físico químico del agua: dureza total (RCAMG), calcio (RCA), potasio (RK), sodio (RNA) alcalinidad (RALC), cloruro (RCL), sulfato (RSO4), nitrato (RN03), todos los anteriores en meq/L, hierro (HIERRO), boro (BORO), sílice (SILICE), estos últimos en mg/L, pH (PH), pH de saturación (PHSAT) conductividad específica en Us/cm (KOND), temperatura de análisis (TK), turbiedad en NTU (TURB), temperatura del pozo (TPOZO) y temperatura ambiente en el momento de la recolección (TAMB).

El programa lógicamente comienza indicando los registros de memoria que serán usados en el transcurso del mismo (línea 1 y 2). Luego lee los símbolos que serán usados para realizar las fi-

guras del diagrama de Stiff (líneas 3 a 6), después lee el número de pozos que serán procesados y la información de cada pozo. Inicia los contadores para calcular el número de pozos con agua del tipo bicarbonato de magnesio (TMG), bicarbonato de calcio y magnesio (TCAMG) y bicarbonato de calcio (TCA) (líneas 7 a 17). Calcula la dureza carbonatada (RCARB) y no carbonatada (ZOCARB), luego guarda en el registro T (2 dimensiones) los datos de cada pozo, ya sea como entraron originalmente o transformados para obtener información adicional (por ejemplo el cálculo de los mg/L de magnesio, línea 38).

En las líneas 61, 62 y 63 se calculan los parámetros indicativos para efectos de irrigación, como son el porcentaje de sodio (PERCNA) razón de absorción de sodio (SAR) y sólidos totales disueltos (ISOL). El registro R (2 dimensiones) guarda información de los iones que serán utilizados para calcular el diagrama de Stiff. El registro P (2 dimensiones) guarda los cálculos de los porcentajes de los miliequivalentes de los diferentes iones que fueron analizados. A partir de la línea 83 se incia el cálculo para realizar la figura del diagrama de Stiff, el que termina en la línea 128. Hay que hacer notar que la escala usada para la figura fue de 0,25 meq/L (línea 111), esta podría cambiarse a una escala mayor o menor con el consiguiente cambio en el tamaño y forma del registro de la figura MFIG (2 dimensiones). Una vez calculada la figura del diagrama de Stiff, se procede a escribir el formato de salida del mismo, que incluye

toda la información necesaria para dar una idea clara y precisa de la calidad química del agua de cada pozo (líneas 129 a 198). El Cuadro No. 1 da un ejemplo del formato de salida mencionado.

En la línea 149 se comienzan los cálculos para proceder a clasificar el agua analizada para efectos de irrigación, de acuerdo con Wilcox (8), dicho cálculo termina en la línea 222. Esta parte del programa guarda en el registro MK (una dimensión) la clasificación de cada pozo para posteriormente dar un listado comprensivo de todos los pozos analizados en cuanto a irrigación se refiere. La línea 204 hará que la parte del programa anteriormente señalado vuelva a realizar los mismos cálculos para otro pozo analizado o prosiga con la segunda parte del procesamiento.

A partir de la línea 207 se prepara el formato de salida para dar un listado general de todos los pozos con sus respectivos parámetros analizados (información guardada en el registro T). Dicha salida continúa hasta la línea 223, al final de dicho formato se da una distribución porcentual de todos los pozos analizados en cuanto a tipo de agua se refiere. El cuadro No. 3 muestra una parte del listado procesado.

De la línea 234 a la 248 se prepara el formato y se da la salida para un listado de todos los pozos en lo referente a la composición porcentual de los miliequivalentes de los principales componentes analizados en el agua (información guardada en el registro P). Esto servirá para facili-

tar la preparación de los diagramas de Piper y Durov. El cuadro No. 4 presenta un ejemplo de este listado. Finalmente (a partir de la línea 249 se da el formato de salida para dar un listado general de todos los pozos en lo referente a la calidad del agua para riego de acuerdo con Wilcox

y calcula su distribución porcentual. En el cuadro No. 5 se presenta una parte del formato mencionado.

CONCLUSIONES

El programa prueba ser de

gran utilidad en el manejo de una gran cantidad de información proporcionada por los análisis físico químicos del agua y se presta además en sus diferentes secciones para ser acoplado a cualquier otro tipo de estudio que sobre el agua se quiera hacer.

CUADRO 1

continuación CUADRO 1

POZO N. BE-150

COORDENADAS 260.4-349.4

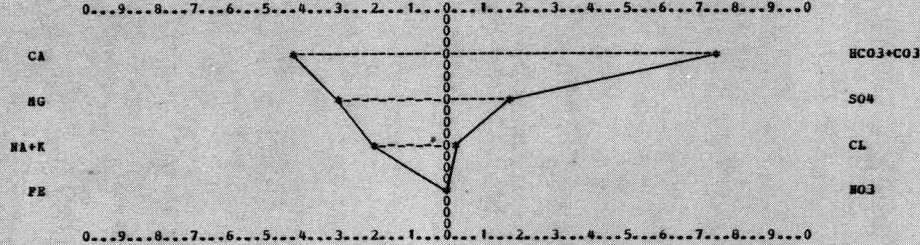
FECHA DE RECOLECCION 15-03-79

ESCALA TOTAL = 10 MILIEQUIV

Journal of Health Politics, Policy and Law, Vol. 35, No. 4, December 2010
DOI 10.1215/03616878-35-4 © 2010 by The University of Chicago

CADA PUNTO = 0.25 MEQ/L

MIL EQUIVALENTES POR LITRO



CUADRO 2

TIPO DE AGUA BICARBONATO DE CALCIO

FORMACION GEOLOGICA = ALUVION

CONSTITUYENTES EN MILIEQUIVALENTES POR LITRO

HCO₃= 7.600 CO₃= 0.000 SO₄= 1.725 CL= 0.389 NO₃= 0.0 TOTAL DE ANIONES= 9.714

PH=7.12 INDICE DE SATURACION=-.10

VALOR DEL R.A.S.= 1.091

VALOR DEL PORCENTAJE DE SODIO= 22.0

CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA= 630 (MICR)

BORO= 0.11 MILIGRAMOS POR LITRO

SOLIDOS TOTALES DISUELtos = 403 MILIGRAMOS POR LITRO

FIGURA NO. 1 DIAGRAMA DE STIFF PRODUCIDO POR LA IBM-360. (LAS LINEAS SOLIDAS QUE UNEN LOS ASTERISCOS SON HECHAS A MANO)

ANALISIS DE AGUAS DE POZO EN LA CUENCA DE LAS CAÑAS GUANACASTE
CONSTITUYENTES DISUELVTOS EN PARTES POR MILLON
TABLA N. 4

CUADRO 3

POZO NO.	COORDENADA	FORMACION GEOLOGICA	FECHA DE RECOLECCION	AMBIENTE (-C)	TEMPERATURA TERA-TURA (C)	NIVEL ESTA-TICO	TEMPERATURA TERA-TURA (C)	DUREZA COMO CACO3 NO POZO	CARBO-NATADA		MAG-NO	POTA-SIO	SODIO HIERRO BORO	
									TOTAL	NATADA	CALCIO	MESIO		
DI-142	249.6-348.9	ALUVION	30-05-79	26.9	28.0	134.1	125.1	9.0	30.1	14.3	0.0	9.4	0.0	0.13
DI-007	257.2-354.4	C. NICOCIA	30-05-79	26.9	29.0	286.3	286.3	0.0	67.1	28.8	0.0	21.6	0.0	0.14
DI-001	257.0-347.8	C. NICOCIA	30-05-79	26.9	28.0	240.2	240.2	0.0	63.1	20.1	0.0	15.9	0.0	0.14
DI-119	251.4-349.4	ALUVION	30-05-79	26.9	29.0	175.2	145.1	30.0	48.1	13.4	0.0	14.0	0.0	0.10
DI-009	250.8-352.7	ALUVION	30-05-79	26.9	29.0	172.7	165.2	7.5	43.1	15.8	0.0	10.1	0.0	0.14
DI-141	250.1-349.3	P. RIVAS	30-05-79	26.9	29.0	125.1	113.6	11.5	29.1	12.8	0.0	10.1	0.0	0.16
DI-086	253.6-348.6	ALUVION	30-05-79	26.9	29.0	135.1	135.1	0.0	33.1	12.8	0.0	9.2	0.0	0.11
DI-002	256.2-348.6	ALUVION	30-05-79	26.9	29.0	190.2	190.2	0.0	46.1	19.5	0.0	13.1	0.0	0.14

CONTINUACION TABLA N. 4

POZO NO.	BICAR-BONO	CLO-BUBO	NI-TRATO	SUL-PATO	SILICE	PH	SATU-RACION	INDICE DE CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA (MICROHOS)	TURBLE-DAD	COLECO-ANALISTA (**)		
										D.C.	U.C.R.	
DI-142	152.5	7.1	5.2	4.2	106.8	7.00	0.0	300. (22--C)	0.70	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-007	367.3	12.8	3.3	9.7	108.7	7.05	-0.05	600. (22--C)	1.20	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-001	305.0	9.9	2.4	5.2	110.6	7.05	-0.05	500. (22--C)	1.70	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-119	176.9	9.9	19.8	8.2	91.8	7.10	0.0	400. (22--C)	0.50	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-009	201.3	7.1	3.9	4.2	120.6	7.05	-0.05	350. (22--C)	0.60	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-141	138.5	5.7	2.8	4.0	99.7	7.00	0.0	275. (22--C)	1.50	CONST.	D.C.	U.C.R.
DI-086	164.7	5.7	2.8	4.0	95.5	7.00	0.0	300. (22--C)	0.35	PERP.	D.C.	U.C.R.
DI-002	244.0	5.0	2.7	3.6	112.6	7.05	-0.05	400. (22--C)	0.30	CONST.	D.C.	U.C.R.

(*) = D.C. DONALD CABALCETA (SENAS), J.H. JORGE HERRERA (SENAS), JCHS JORGE CHACON (J.C.H.)

(**) ANALISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL, ESCUELA DE QUIMICA, DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TIPOS DE AGUAS

TOTAL DE POZOS= 116

BICARBONATO DE MAGNESIO= 1.72

BICARBONATO DE CALCIO Y MAGNESIO= 0.0

BICARBONATO DE CALCIO= 98.28

CUADRO 4

PORCENTAJES DE LOS MILIEQUIVALENTES DE LOS DIFERENTES IONES

POZO N.	CATIONES						ANIONES					
	NA	K	CA	MG	NA+K	CA+MG	HCO3+C03	CL	NO3	SO4	CL+NO3+SO4	
DI-142	13.27	0.0	48.54	38.19	13.27	86.73	87.05	6.96	2.92	3.06	12.95	
DI-007	14.24	0.0	50.22	35.53	14.24	85.76	90.72	5.42	0.81	3.04	9.28	
DI-001	12.57	0.0	57.38	30.05	12.57	87.43	92.13	5.16	0.72	1.99	7.87	
DI-119	14.84	0.0	58.39	26.76	14.84	85.16	79.02	7.63	8.69	4.66	20.98	
DI-009	11.31	0.0	55.27	33.42	11.31	88.69	90.39	5.48	1.73	2.41	9.61	
DI-141	14.97	0.0	49.32	35.71	14.97	85.03	88.74	6.25	1.76	3.24	11.26	
DI-086	12.90	0.0	53.23	33.87	12.90	87.10	90.36	5.35	1.51	2.78	9.64	
DI-002	13.04	0.0	50.34	36.61	13.04	86.96	93.94	3.29	1.01	1.76	6.06	
DI-139	13.63	0.0	57.18	29.20	13.63	86.37	81.94	5.65	8.28	4.13	18.06	
DI-097	14.41	0.0	44.89	40.71	14.41	85.59	88.25	3.71	6.76	1.28	11.75	
DI-106	12.99	0.0	53.92	33.09	12.99	87.01	93.52	3.13	1.83	1.52	6.48	
DI-177	11.31	0.0	51.41	37.28	11.31	88.69	89.08	5.60	3.00	2.32	10.92	
DI-133	11.53	0.0	50.94	37.53	11.53	88.47	89.56	5.60	2.99	1.85	10.44	
DI-002	13.25	0.0	57.83	28.92	13.25	86.75	90.32	3.71	3.94	2.04	9.68	
DI-025	12.79	0.0	48.84	38.37	12.79	87.21	88.61	6.14	3.88	1.37	11.39	
BE-157	10.67	0.0	49.63	39.70	10.67	89.33	88.08	4.89	4.87	2.15	11.92	
DI-021	12.47	0.0	50.33	37.20	12.47	87.53	90.99	4.88	2.84	1.29	9.01	
DI-121	11.88	0.0	56.07	32.04	11.88	88.12	90.14	4.64	3.09	2.14	9.86	
DI-070	10.49	0.0	54.99	34.53	10.49	89.51	91.31	4.12	3.50	1.08	8.69	
DI-019	10.98	0.0	68.29	20.73	10.98	89.02	91.65	3.47	3.44	1.44	8.35	

CLASIFICACION DE AGUAS DE IRRIGACION, DE ACUERDO A WILCOX											
CLASES			PORCENTAJE CONDUCTIVIDAD								
POZO N.	DE SODIO ESPECIFICA (MICROBOS)	CLASE	POZO N.	DE SODIO ESPECIFICA (MICROBOS)	CLASE	POZO N.	DE SODIO ESPECIFICA (MICROBOS)	CLASE	POZO N.	DE SODIO ESPECIFICA (MICROBOS)	CLASE
DI-096	8.15	400	1	DI-137	9.65	450	1	DI-027	13.15	400	1
BE-142	15.26	300	1	DI-013	11.43	400	1	DI-179	10.13	650	1
BE-014	11.25	600	1	DI-023	9.30	375	1	DI-185	11.54	425	1
DI-187	11.04	600	1	DI-014	6.59	375	1	DI-182	14.00	375	1
DI-010	17.04	425	1	DI-101	14.77	425	1	DI-104	11.04	425	1
DI-099	17.40	425	1	DI-074	18.15	475	1	DI-100	16.19	400	1
DI-111	21.70	350	1	DI-184	10.55	550	1	DI-108	11.20	350	1
DI-097	18.44	425	1	BE-115	9.60	750	2	BE-147	9.95	450	1
BE-134	13.67	325	1	BE-156	12.85	550	1	BE-149	9.47	775	2
BE-141	11.80	375	1	BE-008	11.38	375	1	BE-150	10.99	650	1
BE-017	12.47	425	1	BE-140	11.17	325	1	DI-154	13.29	325	1
DI-142	13.27	300	1	DI-007	14.24	600	1	DI-001	12.57	500	1
DI-119	14.84	400	1	DI-009	11.31	350	1	DI-141	14.97	275	1
DI-086	12.90	300	1	DI-002	13.04	400	1	DI-139	13.63	400	1
DI-097	14.41	425	1	DI-106	12.99	375	1	DI-177	11.31	350	1
DI-133	11.53	350	1	DI-002	13.25	400	1	DI-025	12.79	400	1
BE-157	10.67	375	1	DI-021	12.47	425	1	DI-121	11.88	350	1
DI-070	10.49	350	1	DI-019	10.98	375	1				
TIPO= 1	PORCENTAJE=	98.28									
TIPO= 2	PORCENTAJE=	1.72									
TIPO= 3	PORCENTAJE=	0.0									
TIPO= 4	PORCENTAJE=	0.0									
TIPO= 5	PORCENTAJE=	0.0									

CUADRO 5

LITERATURA CONSULTADA

1. Biswas, A.K. "Systems Approach to Water Management". **Bull, Int. Comm. Drain.** New Delhi. Jan 1975. pp 12-19.
2. Chacón, S. J.; Chacón S.B. y Rodríguez A., " Evaluación Química del Agua Subterránea en la Cuenca Superior del Río Cañas, Guanacaste", **Ingeniería y Ciencia Química**, 1 (5) 8, 1981.
3. Beedr, G. **Fortran IV Chemistry**. Londres: John Wiley, 1975.
4. Boguslavsky, B.W. **Elementary computer programming in Fortran IV**. Virginia: Reston Publishing, 1974.
5. Morgan, C.O., Dingman, R.J. y Mc. Nellis, J.M., "Digital computer methods for water-quality data", **Groundwater** 4, (3). 1966.
6. Unesco. **Ground water studies**. Paris: Unesco, 1977.
7. Stuart, F. **Watfor, Watfiv, Fortran Programming**. New York: John Wiley, 1971.
8. Heras, R. **Hidrología y recursos hidráulicos**. Tomo II. Madrid: Dir. General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos, 1976.