

4. HIDROLOGIA SUBTERRANEA

4.1.- Censo de Pozos.

Con el fin de investigar el movimiento del agua subterránea en espacio y tiempo, se procedió a consultar la información existente en cuanto al número de aprovechamientos, su localización y los datos de profundidad al nivel estático del Acuífero de Caborca. Se procesó una gran cantidad de datos por computadora, mediante el programa "GEOUS", desarrollado por el Centro de Investigaciones y Servicios en Ingeniería de la Universidad de Sonora (CISIUS); dichos datos, son calificados de acuerdo a la tabla 4.1, en donde se puede observar que la mitad de los pozos tienen mas de 10 años de información de niveles de agua.

Tabla 4.1 Pozos con años de observación a partir de 1966

No. DE AÑOS CON INFORMACION	No. DE POZOS CON ESOS AÑOS DE INFORMACION	(%) NATURAL	(%) ACUMULADO
1	20	2.8	2.8
2	36	5.0	7.8
3	35	4.9	12.7
4	26	3.6	16.3
5	34	4.7	21.0
6	28	3.9	24.9
7	48	6.7	31.6
8	43	6.0	37.6
9	54	7.5	45.1
10	45	6.3	51.4
11	27	3.8	55.2
12	46	6.4	61.6
13	16	2.2	63.8
14	14	1.9	65.7
15	26	3.6	69.4
16	51	7.1	76.5
17	11	1.5	78.0
18	16	2.2	80.2
19	21	2.9	83.1
20	32	4.5	87.6
21	47	6.5	94.2
22	28	3.9	98.1
23	13	1.8	99.9
24	0	0.0	99.9
25	1	0.1	100.0
total:	718		

Por otro lado, se sabe que el 46% de los pozos tienen cota de brocal referido al nivel medio del mar. En el Plano No.2 anexo, se muestra la localización de los pozos dentro de la zona de estudio, en éste; cada pozo tiene una clave de acuerdo al número de retícula donde está situado y al orden progresivo de aparición en

el recuadro; por ejemplo, si un pozo tiene la clave 35-05, significa que está localizado en la retícula No.35, ocupando el orden No.5, así mismo en el Anexo "A" se muestran los datos de nivel estático recopilados para cada pozo. En cuanto a la profundidad de niveles estáticos, en la Tabla 4.2 se aprecia el número de pozos que han sido sondeados cada año con respecto del total (718 pozos), mientras que en la fig. 4.1 se muestra su representación gráfica.

Tabla 4.2 cantidad de pozos que han sido sondeados a partir del año de 1966 al 89.

AÑO	NUMERO DE POZOS	AÑO	NUMERO DE POZOS
66	60	78	433
67	0	79	367
68	3	80	364
69	121	81	422
70	247	82	419
71	257	83	414
72	278	84	443
73	322	85	418
74	309	86	435
75	372	87	419
76	411	88	415
77	424	89	448

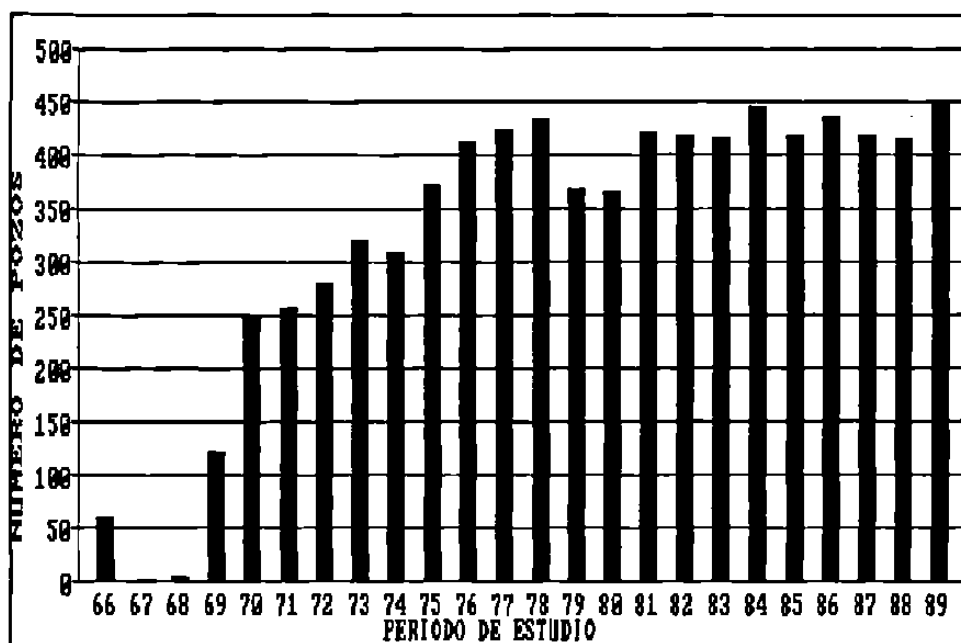


Fig 4.1 Pozos que fueron sondeados para medir el nivel estático en cada año dentro del período de estudio. Desde 1970 se da seguimiento a los sondeos.

4.2.- Modelo Geométrico del Acuífero.

A partir del plano de localización de los pozos (No.2), se estudió con detalle la cantidad de datos existentes para integrar una serie de pozos que pudiesen representar en su totalidad al acuífero; ello con el fin de estudiar la evolución espacial y temporal de los niveles estáticos. Los resultados de este estudio sirvieron para conformar un Modelo Geométrico (Plano No.3), como el que aparece en la fig.4.2 y que en este caso permitió dividir la región en tres zonas:

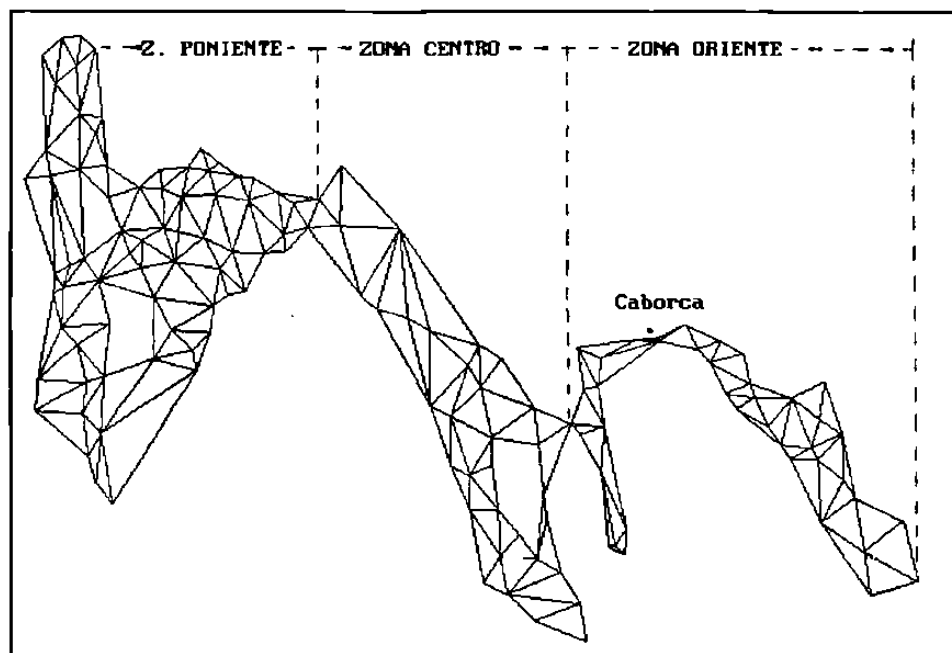


Fig. 4.2 Planta del Modelo Geométrico del Acuífero del Valle de Caborca Sonora. Los vértices de cada triángulo están representados por pozos de bombeo que fueron seleccionados estratégicamente y que disponen de información de niveles.

Los elementos triangulares del Modelo Geométrico, fueron organizados considerando a los pozos como vértices, los cuales contenían una cantidad suficiente de datos permitiendo así, aplicar el Modelo con las profundidades a los niveles estáticos desde el año 1975 hasta 1989. La región de estudio fué dividida en tres zonas; Zona Poniente, Centro y Oriente; ésta división obedece al hecho de que se aprecia cierta independencia entre ellas. Los elementos con sus respectivos vértices aparecen en las Tablas 4.3a, 4.3b y 4.3c, mientras que las superficies que cubren cada una de las zonas del total (1430 Km²), son las siguientes:

TIPO DE ZONA	DEL ELEMENTO	AL ELEMENTO	SUPERFICIE (KM2)	% DE AREA QUE ABARCA
Poniente	1	103	710.92	49.7
Centro	201	242	441.85	30.9
Oriente	301	347	276.95	19.4

TABLA 4.3a Número de Pozo y Clave Anterior de Cada vértice considerado para los elementos triangulares del Modelo Geométrico del Acuífero del Valle de Caborca. Los datos de esta tabla corresponden a la zona poniente.

Z O N A P O N I E N T E

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
1	181	- 1608	183	- 1708	710	- 1737
2	183	- 1708	184	- 1711	191	- 1730
3	184	- 1711	191	- 1730	186	- 1724
4	710	- 1737	183	- 1708	191	- 1730
5	200	- 3201	679	- 3202	681	- 3208
6	199	- 3107	713	- 3102	715	- 3109
7	713	- 3102	715	- 3109	203	- 3212
8	203	- 3212	685	- 3214	205	- 3222
9	685	- 3214	205	- 3222	215	- 3313
10	205	- 3222	215	- 3313	235	- 4702
11	215	- 3313	225	- 3333	240	- 4812
12	215	- 3313	240	- 4812	239	- 4809
13	215	- 3313	239	- 4809	235	- 4702
14	300	- 4601	303	- 4717	304	- 4720
15	303	- 4717	304	- 4720	302	- 4716
16	302	- 4716	304	- 4720	301	- 4709
17	304	- 4720	301	- 4709	369	- 4727
18	301	- 4709	369	- 4727	235	- 4702
19	369	- 4727	235	- 4702	248	- 4819
20	369	- 4727	248	- 4819	307	- 4826
21	369	- 4727	307	- 4826	308	- 4828
22	235	- 4702	248	- 4819	243	- 4815
23	248	- 4819	243	- 4815	307	- 4826
24	235	- 4702	239	- 4809	243	- 4815
25	243	- 4815	239	- 4809	247	- 4825
26	307	- 4826	243	- 4815	247	- 4825
27	307	- 4826	247	- 4825	308	- 4828
28	321	- 6103	329	- 6205	331	- 6207
29	329	- 6205	331	- 6207	328	- 6202
30	321	- 6103	331	- 6207	335	- 6218
31	331	- 6207	328	- 6202	334	- 6216
32	331	- 6207	334	- 6216	335	- 6218
33	321	- 6103	335	- 6218	323	- 6106
34	323	- 6106	335	- 6218	337	- 6228
35	323	- 6106	337	- 6228	287	- 7711
36	292	- 7723	291	- 7717	298	- 7707
37	291	- 7717	298	- 7707	287	- 7711
38	287	- 7711	298	- 7707	337	- 6228
39	298	- 7707	337	- 6228	334	- 6216
40	335	- 6218	337	- 6228	334	- 6216
41	334	- 6216	298	- 7707	266	- 6310
42	298	- 7707	266	- 6310	269	- 6314
43	266	- 6310	269	- 6314	264	- 6308
44	264	- 6308	269	- 6314	283	- 6405
45	308	- 4828	266	- 6310	265	- 6301

... Tabla 4.3a (CONTINUACION...)

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
46	265	- 6301	283	- 6405	264	- 6308
47	265	- 6301	283	- 6405	390	- 4918
48	308	- 4828	390	- 4918	265	- 6301
49	308	- 4828	247	- 4825	390	- 4918
50	247	- 4825	390	- 4918	314	- 4911
51	314	- 4911	390	- 4918	315	- 4916
52	314	- 4911	315	- 4916	316	- 4919
53	266	- 6310	265	- 6301	264	- 6308
54	239	- 4809	247	- 4825	241	- 4813
55	241	- 4813	247	- 4825	319	- 4929
56	247	- 4825	319	- 4929	314	- 4911
57	319	- 4929	314	- 4911	313	- 4907
58	314	- 4911	313	- 4907	316	- 4919
59	313	- 4907	316	- 4919	388	- 4910
60	239	- 4809	240	- 4812	218	- 3316
61	239	- 4809	218	- 3316	241	- 4813
62	218	- 3316	241	- 4813	319	- 4929
63	218	- 3316	319	- 4929	233	- 3422
64	225	- 3333	240	- 4812	210	- 3306
65	240	- 4812	210	- 3306	218	- 3316
66	210	- 3306	218	- 3316	230	- 3407
67	218	- 3316	230	- 3407	233	- 3422
68	233	- 3422	319	- 4929	313	- 4907
69	210	- 3306	230	- 3407	226	- 3402
70	226	- 3402	230	- 3407	229	- 3406
71	230	- 3407	229	- 3406	232	- 3414
72	230	- 3407	232	- 3414	233	- 3422
73	233	- 3422	232	- 3414	109	- 3423
74	233	- 3422	109	- 3423	313	- 4907
75	109	- 3423	313	- 4907	388	- 4910
76	232	- 3414	109	- 3423	107	- 3413
77	107	- 3413	109	- 3423	348	- 3526
78	109	- 3423	348	- 3526	122	- 5007
79	109	- 3423	122	- 5007	388	- 4910
80	122	- 5007	388	- 4910	126	- 5015
81	348	- 3526	114	- 3506	118	- 3518
82	348	- 3526	122	- 5007	114	- 3506
83	114	- 3506	122	- 5007	400	- 5010
84	122	- 5007	400	- 5010	126	- 5015
85	118	- 3518	114	- 3506	400	- 5010
86	710	- 1737	191	- 1730	200	- 3201
87	191	- 1730	200	- 3201	186	- 1724
88	186	- 1724	200	- 3201	679	- 3202
89	710	- 1737	713	- 3102	200	- 3201
90	713	- 3102	200	- 3201	203	- 3212
91	200	- 3201	203	- 3212	681	- 3208

... Tabla 4.3a (CONTINUACION...)

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
92	681	- 3208	203	- 3212	685	- 3214
93	199	- 3107	303	- 4717	715	- 3109
94	715	- 3109	301	- 4709	203	- 3212
95	715	- 3109	303	- 4717	302	- 4716
96	715	- 3109	302	- 4716	301	- 4709
97	300	- 4601	304	- 4720	329	- 6205
98	304	- 4720	329	- 6205	369	- 4727
99	329	- 6205	369	- 4727	328	- 6202
100	298	- 7707	292	- 7723	269	- 6314
101	300	- 4601	321	- 6103	329	- 6205
102	681	- 3208	679	- 3202	685	- 3214
103	181	- 1608	710	- 1737	713	- 3102

En base al plano No.3, se elaboró un esquema que muestra la Discretización estructurada para los elementos triangulares con sus respectivos vértices para la zona Poniente y la zona Central del acuífero del Valle de Caborca, misma que se ilustra en la página que sigue.

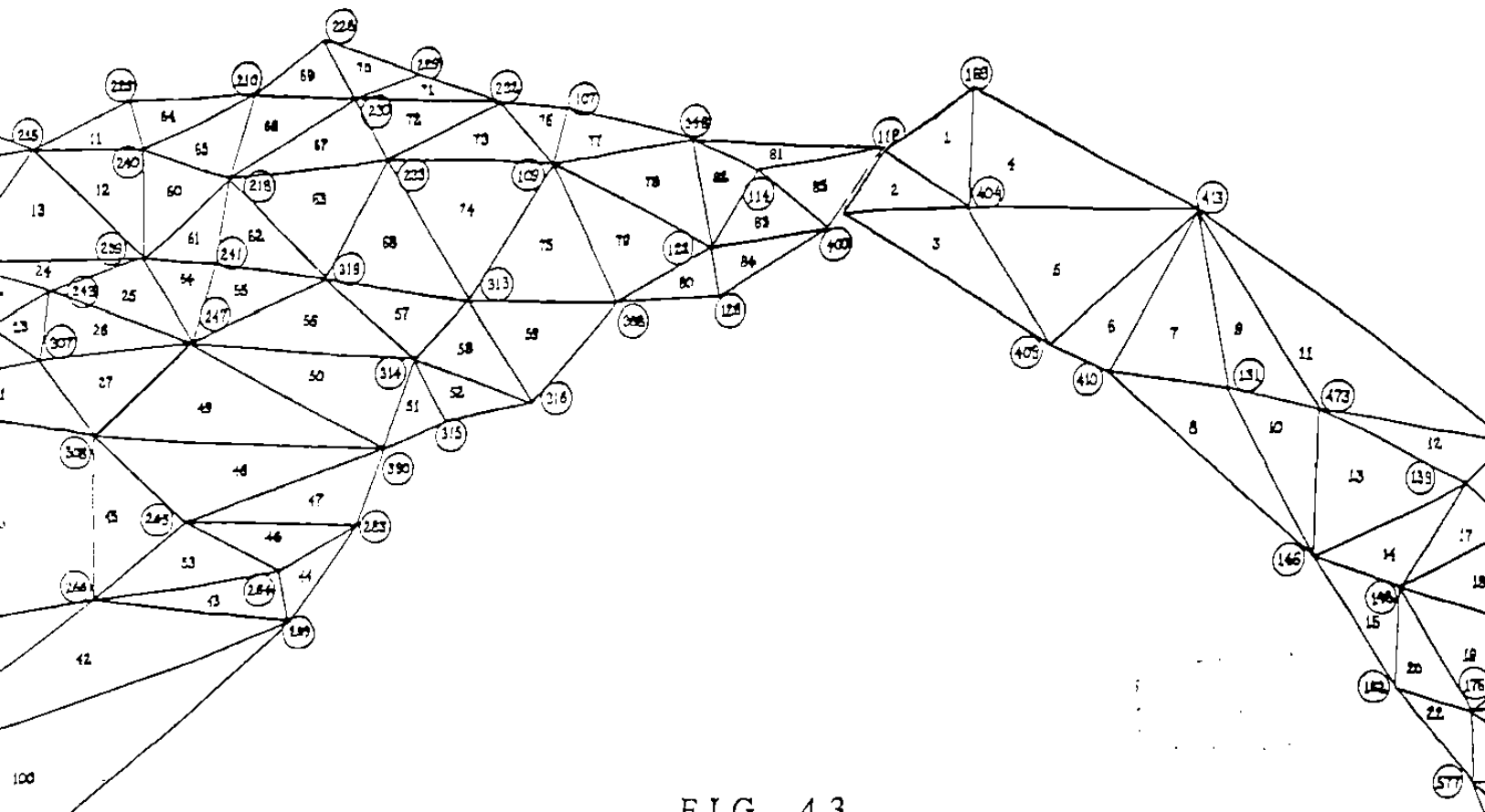


FIG. 4.3

Modelo Geométrico

Discretización de la zona poniente:
 Se tienen 102 elementos que incluye
 un total de 72 vértices; el área es
 de 710 Km² y representa el 49.7% de
 la superficie total.

Modelo Geométrico

Discretización de la zona central:
 Se tienen 42 elementos que incluye un
 total de 35 vértices; el área es de
 441.45 Km² y representa el 30.9% de -
 la superficie total.

Tabla 4.3b Número de Pozos para cada elemento triangular del Modelo Geométrico del Acuífero del Valle de Caborca. Los datos corresponden a la Zona Centro.

Z O N A C E N T R O

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
201	118	- 3518	169	- 3504	404	- 5018
202	118	- 3518	400	- 5010	404	- 5018
203	400	- 5010	404	- 5018	409	- 5104
204	169	- 3504	404	- 5018	413	- 5113
205	404	- 5018	413	- 5113	409	- 5104
206	413	- 5113	409	- 5104	410	- 5105
207	413	- 5113	410	- 5105	131	- 5109
208	410	- 5105	131	- 5109	146	- 6741
209	413	- 5113	131	- 5109	473	- 6703
210	131	- 5109	473	- 6703	146	- 6741
211	413	- 5113	473	- 6703	492	- 6769
212	473	- 6703	492	- 6769	139	- 6711
213	473	- 6703	139	- 6711	146	- 6741
214	139	- 6711	146	- 6741	148	- 6753
215	146	- 6741	148	- 6753	162	- 8222
216	492	- 6769	139	- 6711	144	- 6723
217	139	- 6711	148	- 6753	144	- 6723
218	148	- 6753	144	- 6723	164	- 8301
219	148	- 6753	176	- 8220	164	- 8301
220	148	- 6753	162	- 8222	176	- 8220
221	176	- 8220	164	- 8301	165	- 8306
222	162	- 8222	176	- 8220	577	- 8226
223	176	- 8220	165	- 8306	101	- 8310
224	577	- 8226	176	- 8220	101	- 8310
225	577	- 8226	626	- 9701	81	- 9805
226	577	- 8226	101	- 8310	81	- 9805
227	626	- 9701	81	- 9805	84	- 9816
228	101	- 8310	81	- 9805	77	- 8321
229	84	- 9816	81	- 9805	82	- 9807
230	81	- 9805	77	- 8321	82	- 9807
231	84	- 9816	90	- 9907	85	- 9817
232	85	- 9817	90	- 9907	105	- 9908
233	84	- 9816	90	- 9907	104	- 9906
234	84	- 9816	82	- 9807	104	- 9906
235	82	- 9807	104	- 9906	75	- 8314
236	82	- 9807	75	- 8314	73	- 8307
237	492	- 6769	144	- 6723	151	- 6802
238	144	- 6723	151	- 6802	499	- 6811
239	144	- 6723	499	- 6811	164	- 8301
240	164	- 8301	499	- 6811	587	- 8328
241	499	- 6811	587	- 8328	54	- 6932
242	587	- 8328	73	- 8307	54	- 6932

FIG. 4.4

Modelo Geométrico
Discretización de la zona central:
Se tienen 42 elementos que incluye
un total de 35 vértices; el área es
de 441.45Km² y representa el 30.9%
de la superficie total.

Modelo Geométrico
Discretización de la zona oriente:
Se tienen 47 elementos que incluye un
total de 40 vértices; el área es de
276.9 Km² y representa el 19.4% de -
la superficie total.

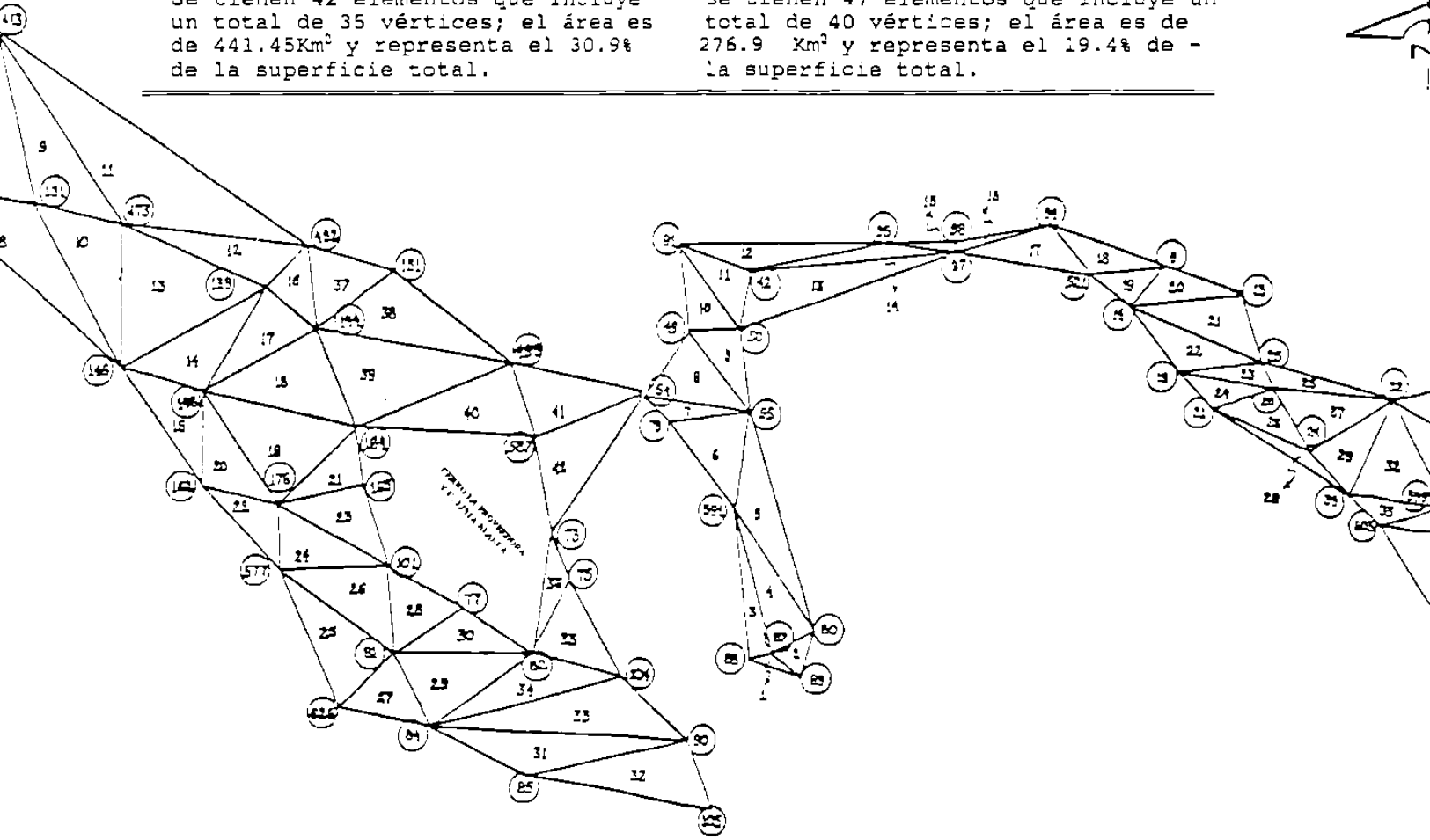


Tabla 4.3c Número de pozo para cada vértice de los elementos triangulares que conforman el Modelo Geométrico del Acuífero del Valle de Caborca. Los datos corresponden a la zona oriente.

Z O N A O R I E N T E

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
301	88	- 9902	87	- 9901	89	- 9904
302	89	- 9904	87	- 9901	80	- 8411
303	88	- 9902	87	- 9901	591	- 8413
304	87	- 9901	80	- 8411	591	- 8413
305	80	- 8411	591	- 8413	55	- 6935
306	591	- 8413	55	- 6935	79	- 8405
307	79	- 8405	55	- 6935	54	- 6932
308	54	- 6932	55	- 6935	49	- 6923
309	49	- 6923	55	- 6935	50	- 6925
310	49	- 6923	50	- 6925	91	- 6901
311	42	- 6904	91	- 6901	50	- 6925
312	91	- 6901	95	- 7013	42	- 6904
313	50	- 6925	42	- 6904	97	- 7032
314	42	- 6904	95	- 7013	97	- 7032
315	95	- 7013	97	- 7032	98	- 7045
316	98	- 7045	97	- 7032	94	- 7002
317	97	- 7032	94	- 7002	521	- 7021
318	94	- 7002	521	- 7021	9	- 7108
319	521	- 7021	9	- 7108	14	- 7126
320	9	- 7108	14	- 7126	13	- 7121
321	13	- 7121	14	- 7126	25	- 7156
322	14	- 7126	25	- 7156	19	- 7137
323	19	- 7137	25	- 7156	20	- 7140
324	19	- 7137	20	- 7140	21	- 7147
325	25	- 7156	20	- 7140	32	- 7211
326	21	- 7147	20	- 7140	24	- 7152
327	20	- 7140	24	- 7152	32	- 7211
328	21	- 7147	24	- 7152	39	- 8713
329	24	- 7152	39	- 8713	32	- 7211
330	32	- 7211	27	- 7201	31	- 7206

... Tabla 4.3c (CONTINUACION...)

ELEMENTO No.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.	POZO No.	CLAVE ANTER.
331	32	- 7211	31	- 7206	599	- 8707
332	39	- 8713	32	- 7211	599	- 8707
333	27	- 7201	31	- 7206	614	- 8747
334	599	- 8707	31	- 7206	614	- 8747
335	39	- 8713	599	- 8707	603	- 8725
336	603	- 8725	599	- 8707	600	- 8717
337	599	- 8707	600	- 8717	614	- 8747
338	603	- 8725	600	- 8717	612	- 8740
339	600	- 8717	614	- 8747	602	- 8723
340	600	- 8717	602	- 8723	612	- 8740
341	614	- 8747	602	- 8723	615	- 8801
342	612	- 8740	602	- 8723	615	- 8801
343	612	- 8740	615	- 8801	658	- 10301
344	612	- 8740	658	- 10301	666	- 10311
345	615	- 8801	658	- 10301	621	- 8807
346	658	- 10301	621	- 8807	663	- 10309
347	658	- 10301	666	- 10311	663	- 10309

1020091187

4.3.- Evolución en Espacio y Tiempo del Volúmen Abatido.

Con el objetivo de tener un conocimiento mas preciso del comportamiento elemental del Modelo Geométrico durante el período de estudio, se utilizó el programa de computadora (GEOUS) para determinar los volúmenes abatidos de cada elemento año tras año, y detectar así, aquellos elementos que han tenido mayores abatimientos.

Cálculo del Abatimiento Medio Elemental:

El Abatimiento Medio $(Ab)_e$ de un elemento en un intervalo de tiempo (dt) , puede ser determinado a través de la siguiente expresión,

$$(Ab)_e = \frac{(VT)_{t+1} - (VT)_t}{A_e} \quad (1)$$

donde; $(VT)_t$ y $(VT)_{t+1}$ representan los volúmenes topográficos para el año (t) y $(t+1)$, siendo (A_e) el área del elemento. El volúmen topográfico corresponde al volumen encerrado entre el nivel de referencia considerado (generalmente nivel del mar) y el plano construido con los niveles observados en los vértices del elemento, como se aprecia en la Fig. 4.5 siguiente.

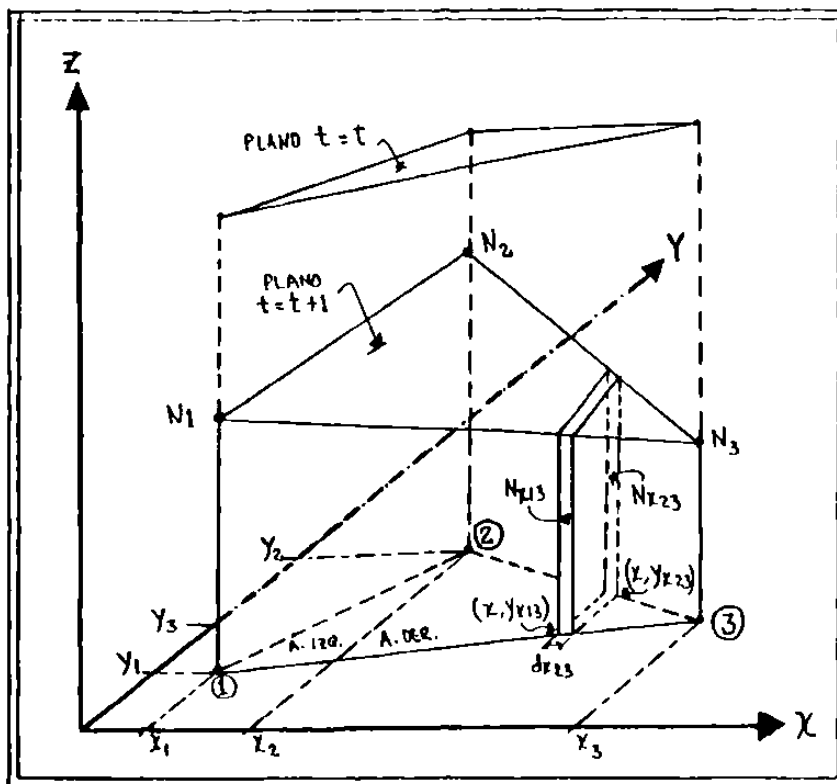


Fig. 4.5 Volumen topográfico observado para el año (t) y $(t+1)$. Un valor positivo (+) indica una recarga del acuífero.

Cálculo de Volumen Abatido Elemental:

El Volumen Topográfico (Vt), a su vez, puede ser determinado al sumar los diferenciales de volumen que se generan entre el plano de niveles y el nivel de referencia. Dicho en forma matemática, podemos concluir que,

$$VT = \Sigma [(Nx12 + Nx13) * 0.5 * |Yx12 - Yx13|] * dx12 + \Sigma [(Nx23 + Nx13) * 0.5 * |Yx23 - Yx13|] * dx23 \quad (2)$$

donde Nx12 = Nivel Estático a una distancia -x- sobre la línea (1-2) (msnm)
 Nx13 = Nivel Estático a una distancia -x- sobre la línea (1-3) (msnm)
 Nx23 = Nivel Estático a una distancia -x- sobre la línea (2-3) (msnm)
 Yx12 = Coordenada "y" a una distancia -x- sobre la línea (1-2) (km)
 Yx23 = Coordenada "y" a una distancia -x- sobre la línea (2-3) (km)
 Yx13 = Coordenada "y" a una distancia -x- sobre la línea (1-3) (km)
 dx12 = Intervalo (dx) utilizado como "grosor" del diferencial de volumen entre el punto (1) y (2).
 dx23 = Intervalo (dx) utilizado como "grosor" del diferencial de volumen entre el punto (2) y (3).

En la Fig. 4.5 anterior, se muestran estos parámetros mencionados.

Cálculo de los Niveles Nx12, Nx13 y Nx23:

Considerando que los puntos 1, 2 y 3 generan un plano en el espacio, los niveles Nx12, Nx13 y Nx23 pueden ser calculados mediante la ecuación general siguiente:

$$Nx = A x + B y + C \quad (3)$$

donde, si sustituimos los valores de los niveles N1, N2 y N3, con sus respectivas coordenadas (x1,y1), (x2,y2) y (x3,y3), resolvemos el sistema de ecuaciones siguiente:

$$N1 = A x1 + B y1 + C$$

$$N2 = A x2 + B y2 + C \quad (4)$$

$$N3 = A x3 + B y3 + C$$

dando por resultado,

$$C = \frac{c1 - c2}{c3 - c4} ; B = \frac{b1}{b2} ; A = \frac{(N1 - C - (B*y1))}{x1} \quad (5)$$

en las cuales:

$$\begin{aligned}
 c1 &= (y3 \ x1 - y1 \ x3) * (N2 \ x1 - N1 \ x2) \\
 c2 &= (y2 \ x1 - y1 \ x2) * (N3 \ x1 - N1 \ x3) \\
 c3 &= (x3 - x1) * (y2 \ x1 - y1 \ x2) \\
 c4 &= (x2 - x1) * (y3 \ x1 - y1 \ x3) \\
 b1 &= (N2 - C) * x1 - (N1 - C) * x2 \\
 b2 &= (y2 \ x1 - y1 \ x2)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Cálculo de los Valores Yx12, Yx13 y Yx23:

Considerando la ecuación de una línea recta, los valores anteriores pueden ser determinados (para el caso Yx12) por medio de:

$$Y = M x + R$$

donde;

$$M = \frac{y2 - y1}{x2 - x1} ; \quad R = y1 - M x1 \tag{7}$$

De igual manera, puede calcularse los coeficientes para las líneas 1-3 y 2-3.

Cálculo de los Diferenciales dx12 y dx13:

Finalmente, estos valores pueden ser definidos de acuerdo al número de elementos (Nit) en que se desea dividir al volumen en estudio, que en este caso para cada diferencial se consideró un número Nit= 100; por lo que,

$$dx12 = \frac{x2 - x1}{Nit} ; \quad dx23 = \frac{x3 - x2}{Nit} \tag{8}$$

Cálculo del Area (Ae):

Siguiendo la fórmula ampliamente conocida para el cálculo del área de un triángulo, diremos que,

$$Ae = \sqrt{S*(S-L12)*(S-L13)*(S-L23)}$$

donde, $S = \frac{L12 + L13 + L23}{2}$ (9)

con, $L12 = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$

y así sucesivamente para el resto de las longitudes L13, L23.

4.4.- Estudio de la Zona Poniente del Modelo Geométrico.

4.4.1.- Abatimiento Medio Elemental.

Una vez definido el Modelo Geométrico, se utilizaron los niveles estáticos desde 1975 a 1989 para los meses de Octubre, se procedió a usar el programa de computadora anteriormente relatado para establecer cual ha sido la evolución de los abatimientos medios en cada elemento triangular para el Modelo Geométrico del acuífero. Los resultados se muestran en la Tabla que sigue:

Tabla 4.4 Abatimiento medio elemental obtenido (con el sistema GEOUS) para cada uno de los triángulos que conforman el Modelo Geométrico del acuífero del Valle de Caborca. Los datos corresponden a la zona poniente.

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
1	-0.12	-0.61	-0.65	2.14	-0.88	0.83	-0.20	1.95	-0.18	-1.42	-0.37	-1.07	0.80	0.36	0.58
2	1.26	-4.21	2.97	2.36	-0.94	0.97	-0.55	1.75	-0.48	-1.85	0.11	-0.64	0.02	0.29	1.09
3	1.56	-3.92	1.92	1.69	-1.32	0.93	-0.07	1.06	-0.73	-0.72	0.19	-0.69	-0.10	0.29	0.09
4	0.35	-3.53	1.56	2.24	-0.98	0.72	-0.89	1.69	-0.27	-1.23	0.08	-0.73	0.22	0.36	-0.40
5	-1.16	-0.95	-1.17	-0.14	-4.02	1.40	0.24	-0.31	-0.06	-0.98	0.17	0.45	0.36	-0.28	-6.46
6	-0.04	0.03	-0.05	-0.03	-0.01	-0.08	0.42	-0.10	-0.27	-0.36	-0.10	0.24	-0.07	-0.04	-0.45
7	-0.26	-0.43	-0.23	-0.32	-1.85	1.94	-0.66	0.21	-0.26	-0.76	-0.16	0.60	-0.41	-0.37	-2.96
8	-0.54	-1.74	-0.58	-0.94	-5.14	5.01	-1.47	0.01	-0.59	-1.62	-0.35	-0.26	-0.64	-0.90	-9.75
9	-0.72	-2.32	-0.60	-0.87	-3.97	2.86	-0.78	-0.09	-0.84	-2.89	0.18	-1.15	-0.71	-0.77	-12.67
10	-0.72	-2.99	-0.88	-1.02	-2.77	1.32	-0.77	0.09	0.10	-2.82	-0.58	-1.86	-0.21	-0.21	-13.31
11	-1.68	-2.57	-1.49	-0.94	-1.70	-1.16	-0.68	-0.67	-0.70	-4.11	-0.28	-1.75	-1.49	0.57	-18.67
12	-1.48	-3.27	-2.10	-1.42	-2.01	-1.42	-0.40	-1.99	0.26	-5.29	-1.17	-2.23	-0.99	1.14	-22.39
13	-1.01	-3.49	-1.81	-1.37	-2.03	-1.12	-0.53	-1.19	1.38	-4.18	-1.49	-2.69	0.09	-0.05	-19.48
14	0.18	-0.88	-0.45	-0.18	-0.04	-0.13	-0.51	0.11	0.37	-0.58	-0.35	-0.23	-0.17	-0.31	-3.18
15	-0.33	-0.45	-0.41	-0.31	-0.23	-0.33	-0.23	-0.08	0.21	-0.30	-0.24	-0.30	-0.24	-0.43	-3.67
16	-1.07	-0.71	-0.11	-0.61	-0.47	-0.42	-0.58	0.20	0.20	-0.40	-0.54	-0.20	-0.45	0.05	-5.10
17	-1.00	-0.96	-0.49	-0.51	-0.37	-0.42	-0.93	0.14	0.08	-0.75	-0.47	-0.15	-0.58	-0.02	-6.43
18	-1.29	-2.03	-1.13	-0.70	-0.84	-0.47	-1.09	0.50	0.81	-1.46	-0.83	-1.19	-0.12	0.28	-9.55
19	-1.35	-2.31	-1.89	-0.59	-0.91	-1.21	-1.87	0.10	1.57	-1.65	-1.51	-1.96	0.26	-0.15	-13.47
20	-1.85	-1.98	-1.66	-0.59	-1.11	-1.64	-2.64	-0.39	0.49	-0.16	0.02	-4.34	-0.01	-0.29	-16.14
21	-1.56	-1.89	-1.19	-0.93	-1.17	-1.18	-2.02	-0.75	0.18	-0.46	0.52	-4.30	-0.51	-0.61	-15.88
22	-1.12	-3.52	-2.86	-0.67	-1.59	-1.65	-2.71	0.59	1.52	-2.07	-2.42	-2.98	-3.06	-0.40	-22.96
23	-1.64	-3.23	-2.66	-0.67	-1.80	-2.10	-3.51	0.11	0.45	-0.59	-0.92	-5.40	-3.36	-0.54	-25.87
24	-0.77	-4.12	-2.79	-1.34	-2.12	-1.57	-1.56	-0.70	1.61	-3.36	-2.88	-3.18	-3.04	-0.09	-25.90
25	-1.15	-3.72	-2.63	-1.55	-2.57	-2.02	-2.23	-0.65	0.73	-4.21	-2.94	-2.88	-3.78	-0.36	-29.95
26	-1.98	-3.34	-2.25	-1.15	-2.28	-1.75	-3.35	0.64	-0.39	-1.15	-1.21	-5.33	-3.71	-0.68	-27.94
27	-1.97	-2.26	-1.50	-1.33	-1.84	-1.63	-2.86	-0.25	0.15	-1.32	-0.36	-5.04	-0.51	-0.94	-21.68
28	-0.37	-0.08	-0.25	0.20	-0.22	0.04	-0.20	0.23	0.11	-0.67	0.45	-0.61	0.17	-0.00	-1.20
29	-0.05	-0.51	-0.98	0.28	-0.08	-0.34	-0.74	0.43	0.73	-1.38	0.10	-0.66	0.04	-0.07	-3.23
30	-0.29	0.20	-0.41	0.92	-0.61	0.44	-0.20	0.10	-0.19	-0.76	0.38	-0.81	-0.17	-0.13	-1.53
31	-0.28	-0.28	-0.96	0.47	-0.10	-0.47	-0.92	0.32	0.55	-1.61	-0.52	-0.17	-0.33	-0.32	-4.62
32	-0.53	0.19	-0.35	1.09	-0.65	0.18	-0.37	0.22	-0.28	-1.26	-0.34	-0.51	-0.29	-0.49	-3.39
33	-0.01	-0.06	0.07	0.79	-0.31	0.39	-0.19	0.03	-0.31	-0.53	0.26	-0.65	-0.13	-0.14	-0.80
34	0.29	-0.26	0.40	1.08	-0.40	0.30	-0.15	0.32	0.28	-0.89	1.11	-0.60	-0.10	-0.21	1.19
35	0.18	-0.36	0.49	0.84	-0.09	0.13	-0.20	0.49	0.79	-0.64	0.93	-0.19	-0.16	0.03	2.25
36	1.28	-0.82	0.12	0.58	0.09	0.38	0.03	0.03	0.65	-1.25	-0.12	0.06	0.36	0.13	1.54
37	0.63	-0.65	-0.16	0.75	0.06	0.42	-0.05	0.20	0.66	-0.37	0.14	-0.04	-0.19	0.20	1.59

Tabla 4.4 (CONTINUACION...)

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
38	0.54	-0.77	0.39	0.97	0.06	0.30	-0.07	0.41	1.03	-0.61	1.19	0.01	-0.26	0.14	3.33
39	0.34	-0.73	0.49	0.68	0.12	-0.07	-0.19	0.27	0.65	-1.01	0.82	0.30	-0.23	-0.22	1.25
40	0.07	-0.28	0.49	1.01	-0.31	0.10	-0.22	0.20	0.11	-1.19	0.49	-0.37	-0.29	-0.45	-0.64
41	-0.15	-1.18	-0.08	0.04	-0.27	-0.46	-0.63	0.64	-0.70	-1.03	-0.76	-0.67	-0.35	-0.19	-5.79
42	-0.12	-3.20	0.00	-0.61	-0.77	-0.71	-2.16	1.29	-0.61	0.52	-0.44	-1.79	-0.26	0.09	-8.75
43	-0.42	-4.03	-0.16	-1.32	-1.55	-1.37	-3.10	1.20	-0.78	0.19	-1.26	-2.66	-0.19	0.03	-15.42
44	-0.53	-4.00	-0.30	-1.37	-1.72	-1.34	-3.36	0.83	-0.37	0.04	-1.23	-2.33	-0.08	0.00	-15.77
45	-0.86	-2.04	-0.91	-1.23	-1.22	-1.11	-1.84	-0.30	-0.64	-2.13	-0.91	-2.95	-1.67	-0.04	-17.86
46	-0.78	-2.77	-0.82	-1.29	-1.70	-1.14	-2.50	-0.19	-0.60	-1.75	-1.27	-2.63	-1.19	0.40	-18.24
47	-1.15	-1.85	-1.00	-1.57	-1.51	-1.33	-0.89	-1.82	-1.20	-1.41	-1.64	-2.78	-0.82	0.62	-18.34
48	-0.99	-1.65	-1.15	-1.47	-1.29	-1.35	-0.71	-2.50	-0.32	-1.91	-1.18	-2.77	-1.17	0.14	-18.33
49	-1.34	-1.67	-1.41	-1.61	-1.70	-1.71	-0.96	-1.75	-0.09	-2.48	-1.84	-2.38	-0.31	-0.55	-19.81
50	-1.86	-1.78	-1.55	-2.03	-2.19	-2.01	-0.82	-1.50	-0.91	-2.17	-2.26	-2.70	-0.65	-0.64	-23.06
51	-1.56	-1.64	-1.37	-2.07	-1.96	-2.03	-0.10	-2.38	-0.95	-1.51	-2.01	-2.79	-1.15	-0.80	-22.31
52	-1.81	-1.84	-1.37	-1.87	-1.93	-1.82	-1.23	-1.05	-1.12	-2.00	-1.46	-2.36	-1.88	-1.36	-23.09
53	-0.67	-2.73	-0.67	-1.22	-1.50	-1.15	-2.19	0.17	-1.01	-1.61	-1.28	-2.92	-1.30	0.43	-17.65
54	-1.34	-2.62	-2.49	-1.95	-2.65	-2.14	-2.07	-1.59	0.58	-4.09	-2.86	-2.82	-0.63	-0.64	-27.30
55	-2.05	-2.32	-2.10	-1.94	-2.52	-2.04	-2.56	-0.58	-0.57	-2.94	-2.64	-2.48	-1.27	-1.18	-27.20
56	-2.36	-2.43	-1.63	-2.13	-2.48	-2.10	-2.07	-0.27	-0.70	-2.94	-2.30	-2.53	-1.51	-1.26	-26.70
57	-2.26	-2.21	-0.94	-2.31	-2.38	-2.25	-0.63	-0.50	-1.28	-2.05	-1.96	-2.39	-2.78	-2.30	-26.24
58	-2.01	-1.76	-0.85	-2.00	-2.06	-1.95	-0.51	-0.39	-1.65	-1.77	-1.37	-2.13	-2.66	-2.24	-23.35
59	-2.00	-1.60	-0.08	-1.63	-2.08	-1.75	-1.94	-0.24	-1.71	-1.65	-1.18	-1.72	-2.34	-2.27	-22.19
60	-1.72	-3.43	-2.56	-1.43	-2.40	-1.85	-1.14	-1.86	0.33	-4.44	-1.78	-2.64	-1.06	0.99	-24.98
61	-1.21	-3.08	-2.71	-1.69	-3.01	-2.15	-1.80	-2.00	0.43	-3.73	-2.17	-3.06	-0.92	-0.62	-27.74
62	-1.91	-2.76	-2.30	-1.69	-2.86	-2.05	-2.27	-0.99	-0.71	-2.58	-1.97	-2.70	-1.55	-1.16	-27.50
63	-1.77	-2.98	-2.05	-1.78	-2.71	-2.45	-2.11	-0.26	-0.70	-3.36	-1.15	-2.37	-1.55	-1.15	-26.39
64	-1.44	-2.20	-1.60	-0.98	-1.86	-1.43	-1.53	-0.70	-0.79	-2.96	-0.96	-1.93	-1.68	0.39	-19.66
65	-1.85	-2.95	-2.15	-1.03	-2.51	-1.46	-2.05	-0.59	-0.93	-3.06	-1.02	-2.49	-1.93	0.51	-23.50
66	-1.47	-2.49	-1.66	-1.32	-2.88	-1.44	-2.79	0.17	-1.12	-2.52	-0.76	-2.83	-1.60	-1.41	-24.12
67	-1.48	-2.56	-2.09	-1.72	-2.72	-2.13	-2.64	0.50	-0.92	-3.47	-0.55	-2.72	-1.37	-1.56	-25.43
68	-1.80	-2.29	-1.13	-2.20	-2.25	-2.59	-0.95	-0.08	-1.12	-2.82	-1.49	-2.00	-2.53	-2.20	-25.46
69	-0.77	-1.94	-1.18	-1.30	-2.58	-1.09	-2.04	-0.18	-2.10	-2.05	-1.12	-2.70	-1.39	-1.81	-22.25
70	-0.70	-1.89	-1.12	-1.54	-2.52	-1.05	-1.88	-0.20	-2.00	-2.54	-1.08	-2.31	-0.95	-1.88	-21.65
71	-0.76	-1.68	-1.67	-1.48	-2.05	-1.33	-2.94	-0.07	-1.01	-2.85	-0.94	-1.97	-1.28	-1.64	-21.67
72	-0.82	-1.76	-2.12	-1.60	-1.89	-2.02	-2.90	0.27	-0.88	-3.24	-0.75	-2.19	-1.48	-1.68	-23.08
73	-0.36	-1.81	-2.13	-1.01	-1.39	-1.91	-2.63	-0.25	-0.63	-2.62	-0.68	-1.59	-1.38	-1.18	-19.58
74	-1.04	-1.91	-1.15	-1.54	-1.75	-2.14	-1.18	0.15	-1.09	-2.27	-0.82	-1.71	-2.24	-2.09	-20.79
75	-1.48	-1.66	-0.19	-1.27	-1.88	-1.60	-2.30	-0.12	-1.30	-1.38	-1.09	-1.69	-2.18	-2.21	-20.35
76	-0.22	-1.49	-1.79	-0.47	-1.11	-1.58	-2.65	-0.80	-1.13	-1.44	-0.81	-1.29	-1.71	-1.33	-17.83
77	-0.10	-1.39	-1.14	-0.07	-1.72	-0.56	-3.27	-0.44	-1.19	-1.48	-0.32	-1.89	-0.93	-1.21	-15.72
78	-0.39	-3.01	-0.11	-0.60	-1.11	0.33	-4.17	0.81	-0.63	-2.73	-0.02	-3.08	-1.74	-0.54	-16.98
79	-1.12	-3.08	0.25	-1.20	-0.97	-0.70	-4.24	0.62	-0.76	-2.48	-0.39	-2.51	-2.19	-0.80	-19.57
80	-1.66	-4.16	1.25	-1.28	-0.89	-0.29	-4.78	1.50	-0.93	-3.30	-0.68	-3.44	-2.51	-1.09	-22.25
81	-0.04	-2.02	-0.19	-0.09	-2.14	-0.95	-2.66	-0.50	-1.23	-0.93	0.07	-1.96	-1.67	-1.12	-15.45
82	-0.29	-2.90	0.13	-0.40	-1.53	-0.34	-4.08	0.73	-1.30	-2.18	0.47	-3.25	-1.75	-1.31	-18.01
83	-0.14	-3.10	0.20	0.02	-1.49	-1.42	-3.41	0.85	-0.85	-2.72	0.30	-2.45	-2.67	-1.25	-18.14
84	-0.75	-4.16	0.93	-0.24	-0.98	-0.35	-3.93	1.76	-0.33	-3.99	-0.47	-3.11	-2.90	-0.74	-19.25
85	0.11	-2.22	-0.12	0.32	-2.12	-2.04	-2.01	-0.38	-0.78	-1.47	-0.10	-1.16	-2.59	-1.07	-15.63
86	-0.27	-2.66	0.51	1.48	-1.15	-0.56	-0.65	0.33	0.06	-0.34	0.11	0.23	0.27	-0.15	-2.78

Tabla 4.4 (CONTINUACION...)

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
87	0.75	-3.35	1.09	1.01	-1.54	-0.29	0.08	0.55	-0.21	-0.17	0.61	-0.18	-0.03	-0.16	-1.84
88	0.10	-1.09	-1.02	0.24	-3.54	0.81	1.23	0.25	-0.53	-0.91	0.33	0.33	0.35	-0.25	-3.70
89	-0.45	0.13	-1.03	0.75	-1.13	-0.55	0.16	0.22	-0.21	-0.89	0.05	0.78	0.31	-0.42	-2.27
90	-0.45	-0.41	-0.48	-0.25	-2.54	1.19	-0.31	-0.11	-0.05	-1.05	0.15	1.21	-0.31	-0.85	-4.26
91	-0.94	-0.89	-0.80	-0.41	-3.84	2.22	-1.04	-0.13	0.09	-0.79	0.28	0.40	-0.44	-0.56	-6.85
92	-1.22	-1.51	-1.00	-0.71	-4.88	4.44	-1.72	0.16	-0.16	-1.07	-0.07	-0.51	-0.58	-0.79	-9.63
93	0.28	-0.09	-0.53	0.09	-0.04	-0.18	0.13	-0.15	-0.09	-0.45	0.27	-0.29	-0.14	-0.07	-1.25
94	-0.69	-0.82	-0.42	-0.51	-2.14	1.77	-1.31	0.45	-0.10	-0.96	-0.10	0.18	-0.70	0.09	-5.26
95	-0.17	-0.30	-0.34	-0.14	-0.30	-0.23	-0.10	0.13	0.02	-0.54	0.21	-0.31	-0.23	-0.01	-2.30
96	-0.91	-0.57	-0.05	-0.44	-0.53	-0.32	-0.44	0.41	0.01	-0.65	-0.10	-0.21	-0.45	0.47	-3.77
97	-0.18	-1.07	0.13	-0.35	0.05	-0.10	-0.47	0.26	0.38	-0.40	-0.64	-0.42	0.07	-0.16	-2.89
98	-0.61	-0.85	-0.20	-0.37	-0.04	-0.30	-0.53	0.01	0.09	-0.47	-0.44	-0.43	-0.13	-0.33	-4.61
99	-0.14	-1.18	-0.79	-0.17	0.11	-0.52	-0.85	0.13	0.57	-1.43	-0.12	-0.52	-0.27	-0.01	-5.18
100	0.68	-2.75	0.48	0.06	-0.37	-0.15	-1.72	0.73	0.43	-0.10	-0.30	-0.78	0.23	0.07	-3.48
101	-0.02	-0.95	0.27	-0.23	0.06	0.06	-0.23	0.18	0.23	-0.64	0.05	-0.44	0.07	0.25	-1.35
102	-1.42	-1.55	-1.36	-0.43	-5.00	3.58	-0.43	-0.02	-0.31	-1.24	-0.19	-0.47	0.22	-0.50	-9.14
103	-0.55	0.27	-1.46	1.27	-0.38	0.32	0.03	0.74	-0.12	-0.61	-0.59	-0.22	0.81	0.06	-0.45

ME-

DIA: -0.62 -1.77 -0.64 -0.48 -1.36 -0.49 -1.25 0.03 -0.21 -1.45 -0.53 -1.38 -0.70 -0.41

abatimiento medio acumulado: -11.26 , media anual: -0.80 m.

NOTA: el signo (+) indica recuperaciones, mientras que el signo (-) los abatimientos, esto es con respecto al nivel base de 1975.

Una inspección a los resultados obtenidos en la tabla anterior para la zona poniente, nos ofrece ciertas conclusiones al respecto:

- 1) Se obtuvo un abatimiento máximo regional de -1.77 m. entre el año 1976 y 1977.
- 2) Se observó una recuperación leve del acuífero en esta zona de 0.03 m. asociados con precipitaciones abundantes en el año 1983.
- 3) El elemento con mas abatimiento durante el período establecido resultó ser el No.25 con un total de -29.95 m.
- 4) El elemento con mas recuperación en el período fué el No.38 con 3.33 m.
- 5) Se obtuvo un abatimiento medio anual de la zona del orden de -0.80 m. con un total acumulado desde 1975 a 1989 de -11.26 m.

De acuerdo a los resultados de la tabla (4.4) anterior, y tratando de obtener una visualización global del comportamiento de esta zona, en la Fig 4.6 se puede apreciar la evolución del abatimiento medio general, el cual fué obtenido sumando los volúmenes abatidos de cada elemento entre el área total de los elementos que la componen.

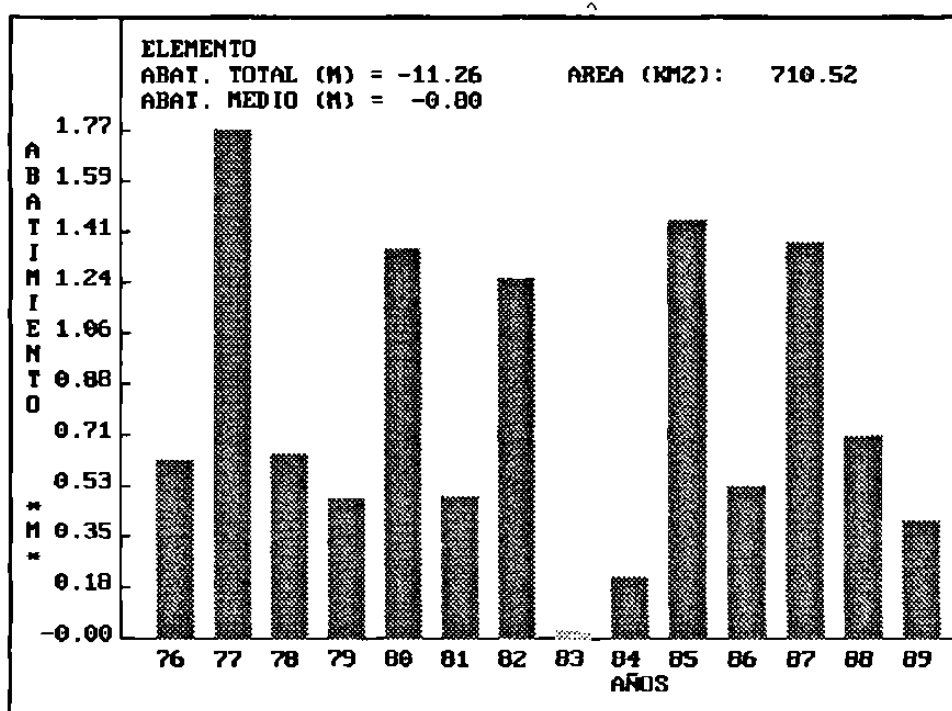


FIG.4.6 Evolución del abatimiento medio regional de la zona Poniente. El sombreado mas claro indica recuperaciones, las cuales se produjeron levemente durante el año de 1983.

4.4.2.- Evolución Espacial de la Zona Poniente:

Las distribuciones espaciales de la evolución de abatimientos entre 1975 y 1989 obtenidas mediante el sistema "GEOUS" se ilustran en la fig. 4.7 de la siguiente página, en donde por razones de espacio solamente se incluyen las graficas para los años 1984 y 1989. Cada figura representa la evolución de Octubre a Octubre entre cada año, con un sombreado que define la zona de abatimientos totales desde el nivel base de 1975.



Fig. 4.7a. Distribución espacial de los abatimientos en la Zona Poniente para el año de 1984. Se observa que los rangos de abatimiento mayormente presentados son: de 0-4 m. (color azul), siguiéndole el de 12-16 m. (verde) y el de 16-20 m (azul fuerte). También se observan leves recuperaciones en el área poniente de la zona.

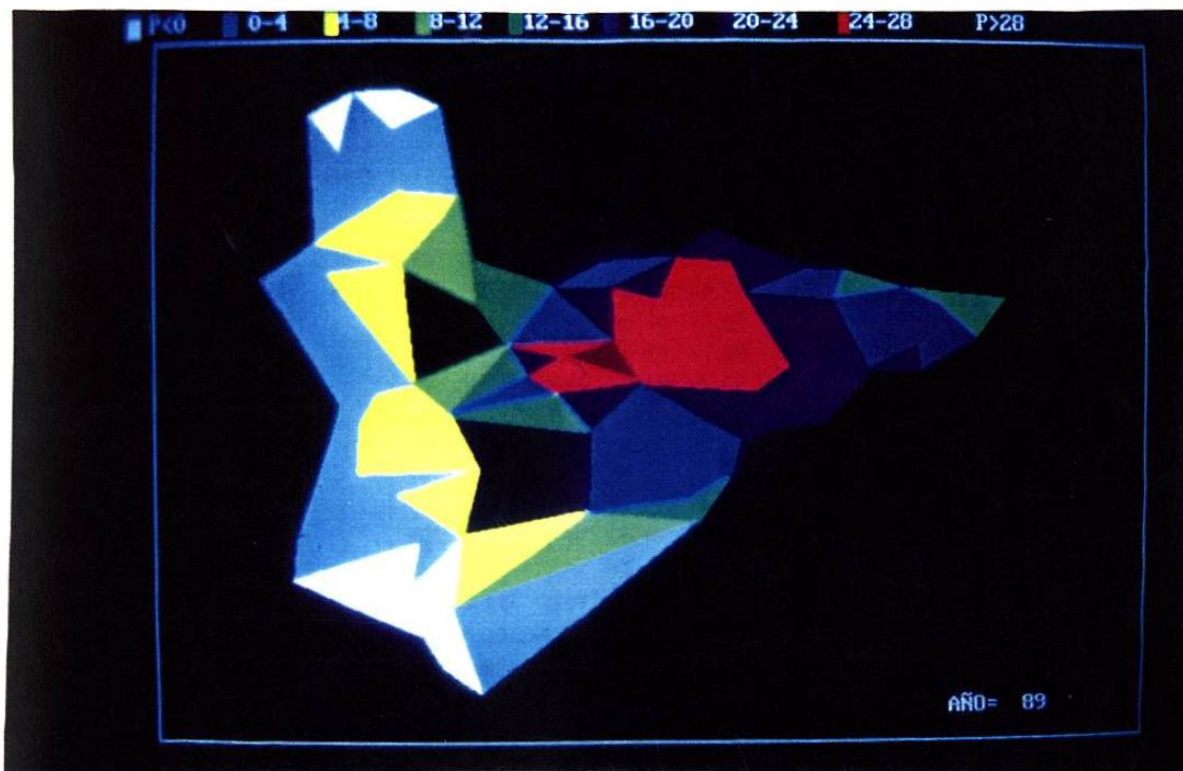


Fig. 4.7b. Se observa en 1989, rangos de abatimiento mayor, ya que aumentó el área con abatimientos de 16-20 m. (azul fuerte) y han aparecido los abatimientos de 20-24 m. (color morado), notándose cierta alerta con la presencia del rango de 24-28 m. (rojo). El rango de 4-8 m. invade el área de 0-4 m. Hay leves recuperaciones.

4.5.- Estudio de la Zona Central del Modelo Geométrico.

4.5.1.- Abatimiento Medio Elemental.

Para esta región central, los resultados que arrojó el programa "GEOUS" en cada elemento triangular del Modelo Geométrico del acuífero son resumidos en la Tabla 4.5, siguiente:

Tabla 4.5 Resultados obtenidos para el abatimiento medio elemental para el Modelo Geométrico del Valle de Caborca. Los datos corresponden a la Zona Centro.

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
201	-0.50	-1.66	-0.47	-0.55	-1.40	0.27	-3.16	-0.11	1.00	-1.85	-1.19	-1.60	-2.79	-0.17	-14.19
202	-0.04	-1.85	-0.15	0.15	-1.49	-1.46	-2.22	-0.13	0.08	-2.24	-0.36	-1.48	-2.80	-0.41	-14.38
203	-0.20	-1.13	-0.95	0.59	-1.23	-1.47	-2.61	0.38	-0.23	-2.55	-0.37	-1.99	-1.53	-1.10	-14.38
204	-0.64	-0.79	-0.97	-0.32	-1.90	1.05	-3.26	-0.30	1.16	-2.31	-1.04	-2.17	-1.75	-0.68	-13.92
205	-0.69	-0.81	-1.08	-0.15	-1.23	-0.53	-1.87	-0.35	-0.26	-1.97	-0.39	-2.43	-1.18	-1.10	-14.04
206	-0.83	-0.99	-1.57	-0.08	-1.00	-0.56	-1.34	-0.60	-0.33	-1.79	-0.81	-1.74	-1.26	-1.04	-13.95
207	-0.93	-0.99	-1.27	-0.31	-1.33	-0.53	-1.18	-1.14	0.05	-1.88	-0.75	-1.32	-1.57	-0.78	-13.92
208	-0.41	-1.63	-0.71	-0.26	-1.14	-1.32	-1.13	-1.38	0.68	-2.45	-0.94	-1.05	-1.63	-0.34	-13.71
209	-0.86	-1.20	-1.30	0.48	-2.67	-0.08	-1.86	-0.37	0.01	-2.68	-0.36	-1.38	-2.34	0.64	-13.98
210	-0.34	-1.87	-0.76	0.53	-2.53	-0.88	-1.84	-0.63	0.65	-3.30	-0.56	-1.15	-2.44	1.09	-14.02
211	-0.67	-1.02	-2.43	0.71	-3.23	0.41	-1.17	-0.60	-0.59	-2.57	-0.03	-2.20	-1.64	0.92	-14.11
212	-0.56	-2.82	-2.35	0.34	-2.59	-0.41	-0.74	0.77	-2.50	-2.43	-1.43	-1.81	-1.25	1.15	-16.64
213	-0.12	-3.50	-0.68	0.15	-2.29	-0.91	-1.34	0.58	-1.13	-3.18	-1.86	-1.25	-1.96	1.18	-16.31
214	-0.42	-3.49	0.27	-0.76	-1.63	-1.01	-1.91	0.27	0.52	-3.52	-1.49	-1.04	-0.97	0.41	-14.77
215	-0.60	-2.10	-0.16	-0.53	-2.01	-0.53	-2.89	-0.58	3.18	-4.57	-0.24	-0.73	-2.03	0.13	-13.66
216	-0.49	-2.58	-2.16	-0.71	-1.69	-0.38	0.17	0.17	-1.94	-1.25	-1.62	-2.20	-0.57	-0.52	-15.77
217	-0.80	-2.86	-0.63	-0.93	-1.13	-0.53	-1.77	0.93	0.10	-2.24	-1.35	-1.14	-1.06	-0.36	-13.78
218	-1.11	-2.22	-0.53	-0.19	-2.09	-0.35	-1.98	0.18	2.03	-2.77	0.04	-1.73	-1.59	-0.08	-12.41
219	-1.39	-2.43	-0.20	-0.27	-3.69	-0.39	-1.81	0.50	1.21	-3.12	-0.28	-1.67	-1.43	-0.09	-15.05
220	-1.24	-1.66	-0.72	-0.76	-3.09	-0.08	-2.52	0.39	1.88	-3.57	-0.42	-0.77	-1.93	-0.65	-15.14
221	-1.34	-2.73	-0.95	-0.52	-3.70	-1.28	-0.08	-0.09	-0.58	-1.95	-1.11	-2.34	-2.84	0.34	-19.16
222	-1.32	-1.76	-1.41	-0.81	-3.47	-0.43	-1.18	-0.10	-0.20	-3.00	-1.16	-1.43	-2.54	-0.66	-19.47
223	-1.17	-1.81	-1.05	-1.27	-2.98	-1.33	-0.04	-0.55	-1.38	-1.46	-1.58	-2.44	-2.83	-0.42	-20.32
224	-1.27	-1.58	-0.96	-1.04	-3.27	-0.78	-0.39	-0.45	-1.67	-1.99	-1.48	-2.41	-1.98	-0.84	-20.11
225	0.10	-2.35	-0.84	-1.64	-2.53	-1.12	-0.06	-1.18	-0.01	-2.30	-3.09	-4.22	-0.48	-0.31	-20.03
226	-0.55	-2.10	-0.91	-1.31	-2.23	-0.97	-0.39	-1.50	-1.27	-2.25	-1.58	-3.21	-1.88	-0.50	-20.64
227	0.66	-2.21	-0.75	-1.95	-1.73	-1.04	0.03	-1.20	0.52	-1.79	-3.72	-3.96	0.50	-0.73	-17.37
228	-0.14	-2.58	-0.83	-1.35	-1.54	-1.28	-0.31	-1.48	-0.96	-2.07	-2.14	0.13	-5.15	-1.76	-21.45
229	0.09	-2.34	-2.65	-1.48	-1.58	-0.58	-1.35	-0.87	0.24	-1.70	-1.73	-2.96	-0.56	-1.49	-18.97
230	-0.07	-3.02	-2.68	-1.24	-1.74	-0.99	-1.36	-0.87	-0.00	-2.07	-1.72	0.05	-4.84	-2.35	-22.93
231	0.14	-0.65	-1.15	-1.38	-0.86	-1.24	-2.07	-1.48	-0.21	-1.63	-1.52	-1.99	-0.96	-0.01	-14.99
232	0.19	-0.58	-0.69	-1.23	-1.15	-1.23	-2.51	-1.72	-0.67	-1.24	-1.47	-2.56	-1.53	-0.17	-16.56
233	0.13	-1.37	-0.79	-1.73	-1.28	-1.58	-2.41	-1.25	-1.06	-1.51	-1.68	-2.64	-0.62	-1.15	-18.92
234	-0.07	-2.06	-2.70	-1.58	-1.47	-1.10	-2.73	-0.40	-0.12	-1.42	-1.52	-2.77	-0.82	-1.66	-20.44
235	-0.41	-2.24	-2.71	-0.34	-3.02	-1.40	-2.50	-0.18	-0.51	-1.90	-1.29	-2.67	-1.36	-2.08	-22.60
236	-1.42	-1.54	-2.64	0.10	-3.64	-0.44	-1.27	-0.11	-0.53	-2.12	-1.35	-1.77	-1.55	-2.09	-20.38
237	0.17	-0.11	-3.45	-0.69	-1.10	-0.36	1.15	-1.70	-0.10	-0.78	-0.21	-2.67	-1.37	0.21	-11.00

Tabla 4.5 (CONTINUACION...)

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
238	0.12	-0.84	-2.16	-0.75	-1.86	-1.33	0.14	-1.13	0.99	-1.77	-1.47	-3.31	-2.51	-0.07	-15.95
239	-0.83	-2.63	-0.72	-0.02	-3.36	-1.18	-1.04	0.01	1.07	-2.73	-1.49	-3.36	-2.21	-0.52	-19.02
240	-0.85	-3.20	-0.19	0.26	-4.52	-2.43	-1.77	0.11	0.24	-3.16	-2.27	-4.19	-2.36	-1.54	-25.88
241	-0.95	-3.28	-0.62	0.21	-5.25	-2.81	-2.19	0.48	-0.06	-2.76	-4.57	-4.34	-2.93	-2.62	-31.71
242	-1.56	-2.37	-0.73	-0.06	-4.75	-1.65	-1.63	0.22	-0.97	-1.82	-3.85	-2.88	-2.77	-2.88	-27.72
ME-															
DIA:	-0.55	-1.77	-1.15	-0.39	-2.24	-0.77	-1.58	-0.43	0.03	-2.32	-1.22	-2.16	-1.76	-0.47	-16.78

abatimiento medio acumulado: -16.78 m. , media anual: -1.20 m.

NOTA: El signo (+) indica recuperaciones, mientras que el signo (-) indica los abatimientos, esto es con respecto al nivel base de 1975.

Una revisión a la información resultante nos arroja las siguientes conclusiones:

1. Se tuvo un abatimiento máximo regional de 2.32 m. entre el año de 1984 y 1985.
2. Se observó una recuperación leve entre el año de 1983 y 1984 de 0.03 m. lo cual hace pensar que la zona se mantuvo estable en ese año.
3. El elemento con mas abatimiento en este período resultó ser el No.241, con un total de -31.71 m.
4. Durante el período de estudio ningún elemento tuvo alguna recuperación.
5. El abatimiento medio anual en la zona es de -1.20 m. con un abatimiento total acumulado desde 1975 hasta 1989 de -16.78 m.

Ahora bién, una vez obtenidos los resultados anteriores y procurando mostrar una idea global del comportamiento de esta zona central, en la fig. 4.8 se puede apreciar la evolución del abatimiento medio general en un diagrama de barras.

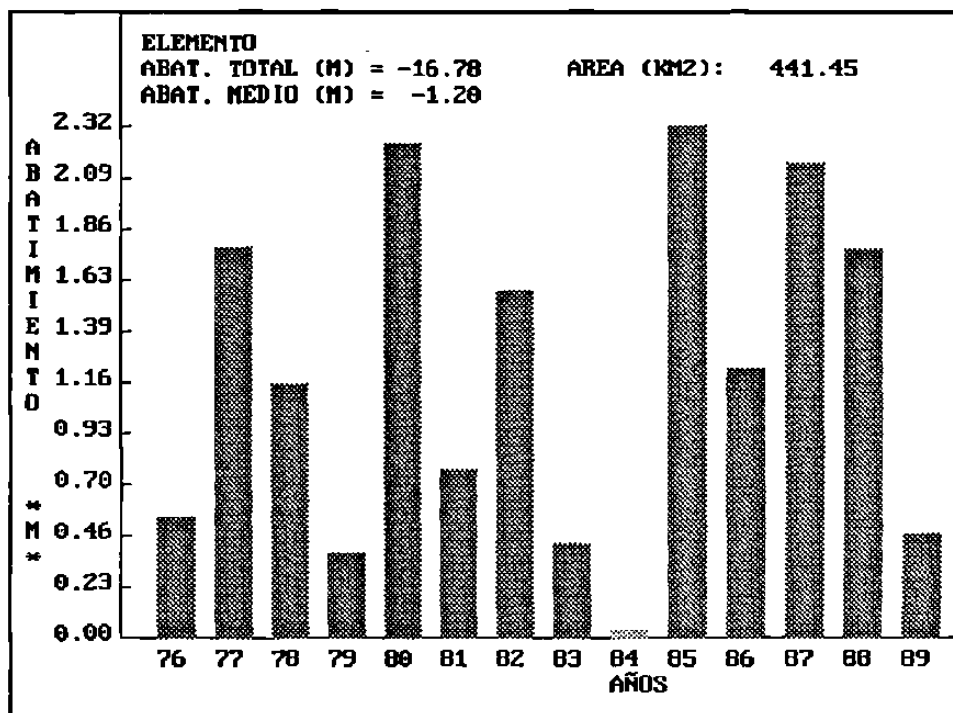


Fig 4.9 Abatimientos medios obtenidos para la zona Central del Acuífero del Valle de Caborca. Nótese que se tuvieron recuperaciones mínimas en 1984.

4.5.2.- Evolución Espacial de la Zona Central.

Por otro lado, el comportamiento espacial de los abatimientos medios elementales obtenidos entre 1975 y 1989, se resume en los esquemas de la fig. 4.9 de la página siguiente, en donde por razones de espacio solo se incluyen las graficas para los años 1976, 1980, 1984 y 1989.

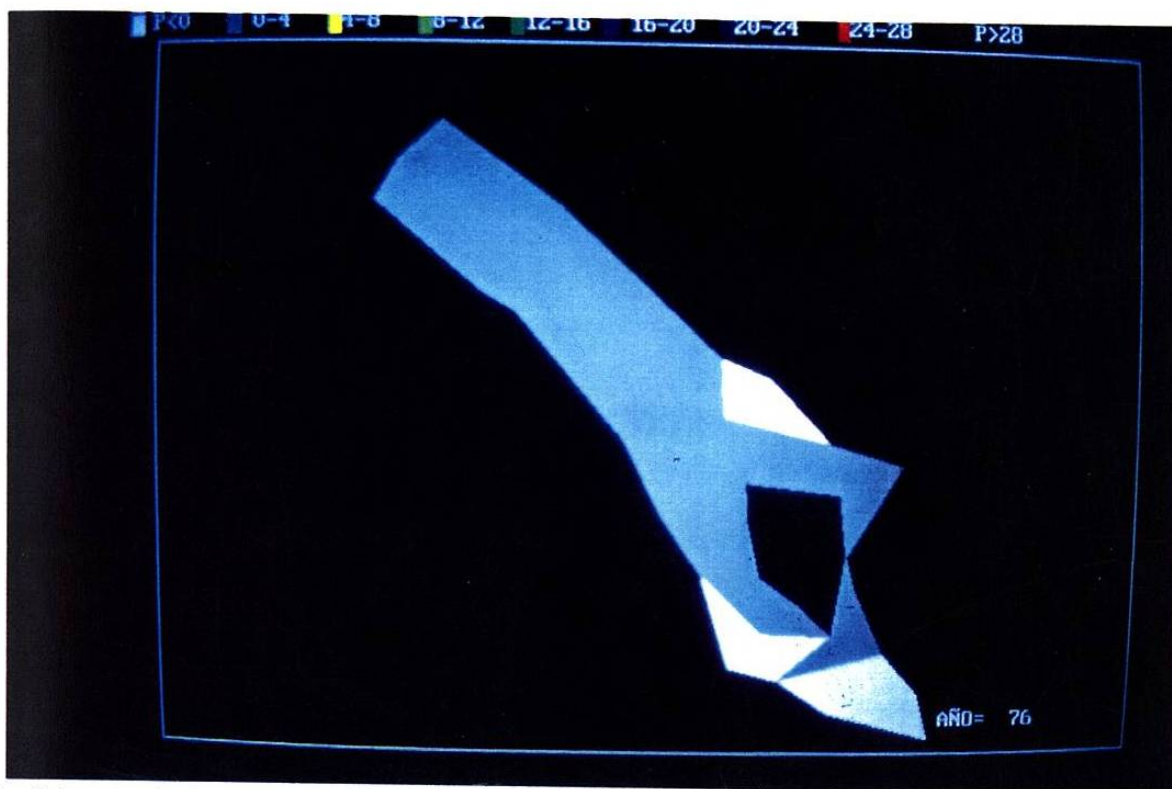


Fig. 4.9a. En la Zona Central para el año de 1976, se observa que en la mayor parte del área se presentaron pequeños abatimientos con un rango 0-4 m. (color azul), se nota la presencia de algunas recuperaciones (color blanco). Se cree que en este año, aún no incidia la relocalización de los pozos que se asentaron en esta zona.

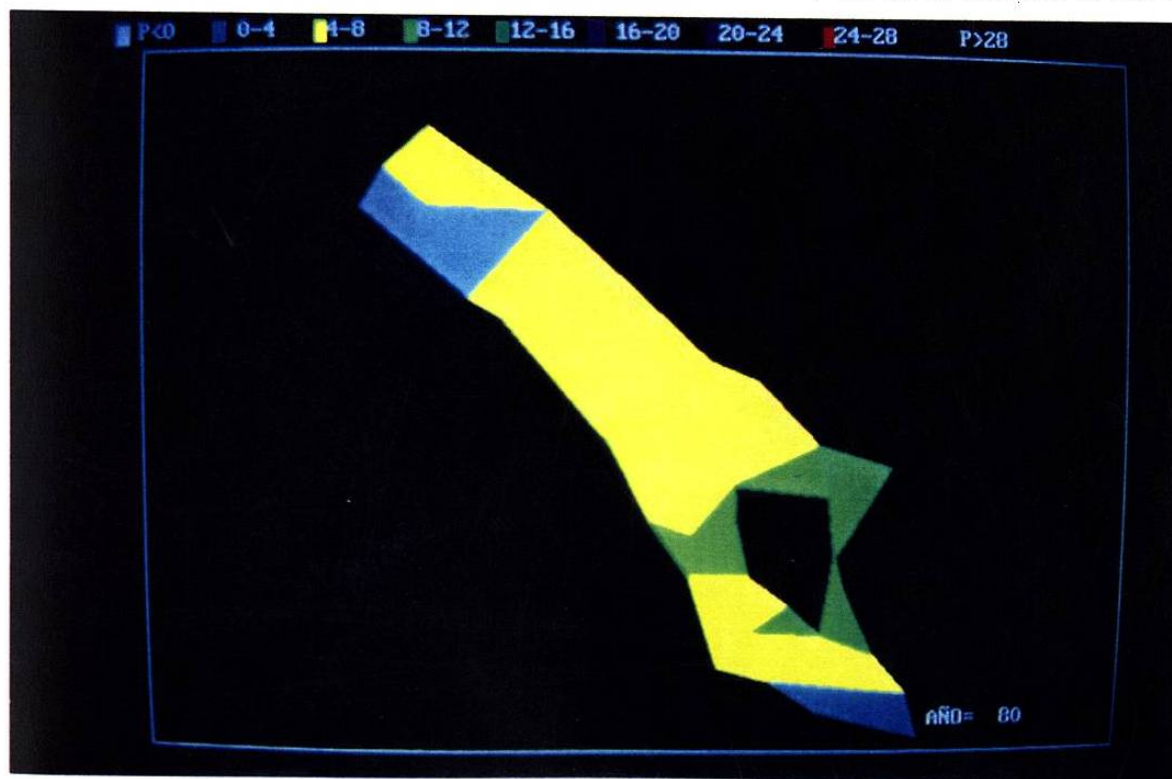


Fig. 4.9b. Durante el año de 1980 en la misma Zona, se tiene que la mayor parte del área ha sido invadida por abatimientos con rango de 4-8 m. (color amarillo), notándose también la presencia de abatimientos de 8-12 m. (verde). En este año, se manifiesta ya el efecto del bombeo excesivo y la ausencia de recargas al acuífero.

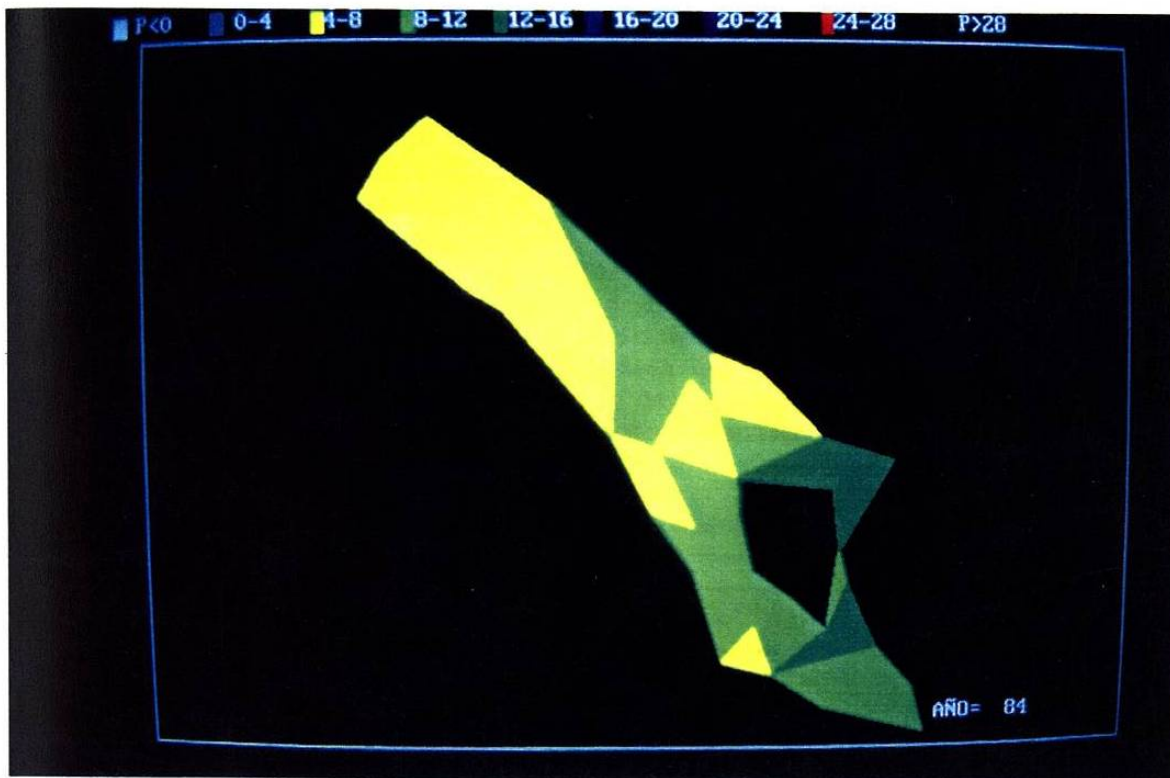


Fig. 4.9c. Para el año de 1984 se observa en ésta Zona Central, que los abatimientos han aumentado, llegando a incrementar el área con rangos de 8-12 m. (verde), apareciendo en la parte Sur una cierta área con rangos de 12-16 m. (verde fuerte). En ésta fecha tuvo mas efecto el bombeo, por lo que ha desaparecido el rango 0-4 m.

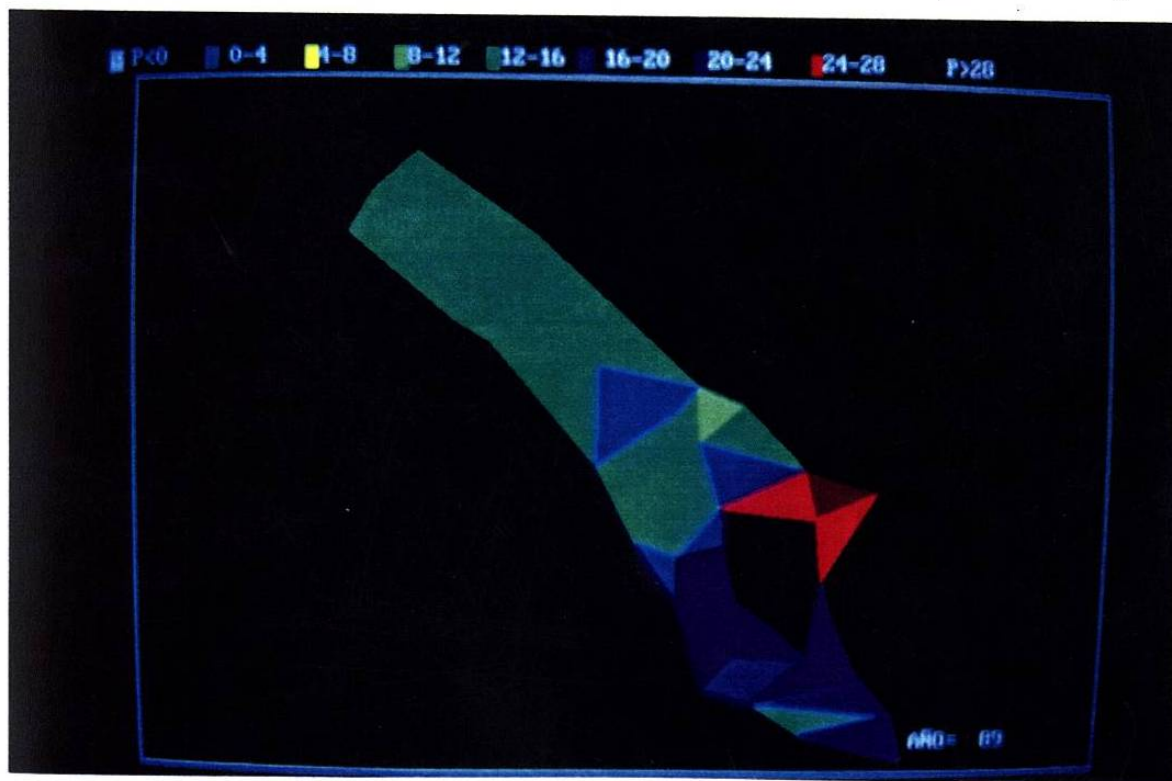


Fig. 4.9d. En el año de 1989 en esta misma Zona, aumentaron bruscamente los abatimientos en toda el área siendo el rango mas dominante el de 12-16 m. (verde fuerte); siguiendo el de 16-20 m. (azul fuerte). Observandose abatimientos de 20-24 m. (morado) y el rango de alerta 24-28 m. (rojo). Es claro el sobrebombeo en la zona.

4.6.- Estudio de la Zona Oriental del Modelo Geométrico.

4.6.1.- Abatimiento Medio Elemental.

De igual forma que en las zonas anteriores; al utilizar los niveles estáticos obtenidos desde 1975 a 1989 en los meses de Octubre y con el auxilio del programa de computadora "GEOUS" mencionado anteriormente, se procedió a calcular la evolución de los abatimientos medios en cada uno de los elementos triangulares de la zona oriental del Modelo Geométrico del acuífero; los datos que arrojaron los cálculos realizados son mostrados a continuación:

Tabla 4.6 Resultados obtenidos para el abatimiento medio elemental en el Modelo Geométrico del Acuífero. Los datos corresponden a la Zona Oriente.

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
301	-0.60	-0.72	-0.64	-0.88	-0.67	-1.49	-0.75	-0.77	-0.64	-0.81	-0.05	-1.37	-0.75	-2.56	-12.71
302	-0.64	-0.53	-0.55	-1.30	-0.81	-2.11	-1.25	-0.99	-0.73	-1.13	0.38	-1.60	-0.84	-1.67	-13.78
303	-0.94	-0.99	-1.10	-0.63	-1.01	-1.53	-1.46	-0.38	-0.44	-0.88	-0.31	-1.78	-0.87	-2.03	-14.39
304	-0.97	-0.80	-1.01	-1.03	-1.14	-2.14	-1.96	-0.60	-0.52	-1.19	0.11	-2.00	-0.95	-1.12	-15.33
305	-1.52	-1.48	-1.31	-0.06	-2.40	-1.42	-3.26	0.74	-0.03	-1.51	0.21	-2.52	-2.32	-1.06	-17.96
306	-1.69	-1.85	-1.47	0.69	-3.20	-0.93	-2.94	0.94	-1.44	-0.40	-1.10	-3.26	-2.89	-1.06	-20.59
307	-2.00	-3.02	-1.39	1.11	-4.66	-0.94	-2.40	1.40	-1.37	-0.73	-3.43	-3.64	-3.65	-2.01	-26.72
308	-2.47	-3.74	-1.67	1.31	-5.11	-1.10	-3.18	1.79	0.75	-1.83	-2.47	-2.91	-3.90	-1.57	-26.10
309	-2.95	-3.52	-1.80	1.76	-4.17	-0.15	-3.72	1.37	1.90	-0.84	0.17	-3.07	-3.67	-1.18	-19.88
310	-2.39	-2.96	-2.02	0.87	-2.58	-1.27	-2.76	-0.13	1.32	-0.05	-0.49	-2.82	-2.34	-0.86	-18.50
311	-2.39	-2.60	-2.17	0.20	-1.14	-1.43	-2.97	-0.75	1.71	0.73	0.17	-3.63	-1.90	-1.36	-17.52
312	-1.65	-2.43	-1.37	1.10	-0.76	-1.68	-1.88	-0.84	1.40	0.73	-1.23	-3.91	-1.91	-1.13	-15.55
313	-2.01	-2.22	-1.46	1.29	-1.70	-0.41	-2.76	0.69	2.09	0.56	-0.26	-3.45	-2.08	-1.27	-12.98
314	-1.32	-2.11	-0.70	2.20	-1.36	-0.67	-1.73	0.60	1.84	0.58	-1.66	-3.81	-2.14	-1.07	-11.35
315	-0.89	-2.55	0.04	3.60	-2.80	-1.38	-1.69	3.55	1.68	0.53	-4.73	-4.62	-1.68	-3.04	-13.97
316	0.53	-2.09	-1.12	3.36	-2.50	-1.84	-1.42	3.52	1.58	0.69	-6.28	-3.14	-1.96	-3.39	-14.05
317	0.81	-0.97	-1.94	3.59	-2.29	-1.15	-0.98	2.12	1.94	-0.07	-4.85	-1.85	-2.24	-0.83	-8.71
318	0.66	-1.47	-1.46	3.67	-2.73	-1.69	0.75	0.61	2.78	-0.39	-5.05	-1.93	-1.79	-0.41	-8.45
319	-0.59	-1.38	-0.66	4.00	-3.48	-1.42	-0.32	2.22	2.87	-1.06	-3.66	-2.34	-0.97	0.62	-6.17
320	-0.35	-2.06	0.04	3.57	-3.05	-1.44	-0.12	2.18	2.83	-0.54	-4.01	-1.84	-1.06	0.78	-5.07
321	-0.26	-1.80	-0.58	3.72	-2.98	-1.35	-1.69	3.75	2.61	1.93	-4.34	-1.80	-1.38	-1.04	-5.22
322	-0.68	-1.76	-0.67	3.06	-1.93	-1.19	-2.95	4.33	2.80	1.19	-4.63	-2.19	-1.40	-0.67	-6.69
323	-0.76	-1.65	-0.65	2.40	-1.76	-1.59	-2.50	3.82	2.94	1.55	-4.20	-2.25	-1.14	-0.88	-6.69
324	-0.87	-1.96	-0.50	3.14	-2.38	-1.35	-3.17	4.57	3.37	-0.72	-4.36	-2.25	-0.95	0.97	-6.45
325	-1.19	-0.93	-0.73	2.36	-2.79	-1.53	-1.07	2.60	2.84	2.09	-2.67	-1.81	-0.66	-0.81	-4.29
326	-0.89	-1.80	-0.66	3.53	-3.71	-1.31	-2.02	3.87	3.21	0.52	-3.16	-1.67	-0.82	0.29	-4.61
327	-1.43	-1.16	-0.80	1.94	-2.86	-1.24	-1.20	2.43	3.08	0.70	-1.93	-1.18	-0.73	0.69	-3.69
328	-0.89	-1.80	-0.69	3.13	-3.51	-0.92	-2.34	3.30	3.25	1.09	-1.93	-1.41	-0.85	-0.15	-3.75
329	-1.44	-1.17	-0.83	1.53	-2.66	-0.86	-1.53	1.86	3.13	1.26	-0.70	-0.93	-0.77	0.25	-2.84
330	-0.95	-0.34	-0.66	-0.59	-0.25	-0.16	-0.71	0.92	3.56	2.24	-0.88	-0.50	-0.15	0.88	2.39
331	-1.76	-0.89	-0.79	0.80	-1.49	-0.77	-0.67	0.96	3.08	1.66	-0.45	-0.33	-0.47	-0.36	-1.48
332	-1.74	-1.26	-0.63	1.19	-2.11	-1.01	-1.18	1.10	3.09	1.34	0.21	-0.75	-0.77	0.03	-2.49
333	-0.40	-0.58	-0.85	-1.01	0.46	0.38	-0.70	0.83	2.68	2.60	-0.21	-0.43	-0.69	1.20	3.28
334	-1.21	-1.13	-0.98	0.35	-0.76	-0.22	-0.66	0.88	2.23	2.04	0.21	-0.27	-1.01	-0.02	-0.52
335	-1.38	-1.68	-0.55	-0.87	-1.95	-1.09	-1.27	1.28	2.46	1.92	0.89	-0.58	-0.95	-0.96	-4.73
336	-1.81	-1.85	-0.69	-1.25	-1.41	-1.20	-0.78	1.17	2.25	2.12	1.36	-0.27	-0.96	-0.91	-4.23
337	-1.61	-1.66	-0.96	0.37	-0.83	-0.56	-0.68	0.90	2.02	1.92	1.33	-0.37	-1.31	0.43	-1.00

... Tabla 4.6 (CONTINUACION...)

ELE	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
338	-1.28	-1.35	-1.02	-1.12	-1.12	-0.96	-0.92	1.63	1.82	1.97	1.56	-0.69	-0.91	-0.94	-3.33
339	-1.36	-1.41	-1.40	0.34	-0.50	-0.55	-0.86	1.15	1.84	2.26	1.81	-0.50	-1.65	0.64	-0.20
340	-1.24	-1.27	-1.37	0.93	-0.62	-0.98	-0.91	1.34	2.08	2.39	1.95	-0.62	-1.36	-0.68	-0.35
341	-1.14	-1.14	-1.61	0.96	-0.33	-0.42	-1.44	0.80	2.20	2.31	1.94	-0.89	-1.82	0.45	-0.15
342	-1.05	-1.04	-1.62	1.57	-0.46	-0.87	-1.52	1.03	2.49	2.51	2.14	-1.03	-1.57	-0.87	-0.29
343	-1.05	-1.06	-1.47	1.20	-0.40	-0.61	-1.18	1.35	2.81	2.43	1.68	-1.61	-1.61	-1.23	-0.75
344	-0.65	-0.61	-0.84	0.76	0.12	-0.46	-0.31	2.81	2.97	0.24	-0.26	-1.56	-1.25	-0.75	0.22
345	-1.06	-1.07	-0.87	0.77	-0.20	-0.35	-0.83	1.13	2.40	1.88	2.05	-1.90	-1.41	-1.36	-0.82
346	-0.76	-0.50	-0.29	0.01	-0.03	-0.30	-0.02	2.15	3.03	0.95	0.40	-1.92	-1.16	-1.55	-0.01
347	-0.61	-0.25	-0.34	0.32	0.32	-0.45	-0.05	3.23	3.97	-0.38	-1.58	-1.69	-1.04	-1.02	0.44

ME-

DIA: -1.16 -1.36 -1.01 0.97 -1.42 -0.85 -1.35 1.56 2.22 0.89 -0.51 -1.73 -1.44 -0.70

abatimiento medio acumulado: -5.89 m. , media anual: - 0.42 m.

NOTA: el signo (+) indica recuperaciones, mientras que el signo (-) los abatimientos, esto es con respecto al nivel base de 1975.

De los resultados anteriores, se puede concluir lo siguiente:

1. Se obtuvo un abatimiento medio máximo regional de -1.73 m. entre 1986 y 1987.
2. Se observaron recuperaciones notables en los períodos 1978-1979 con un incremento de + 0.97 m., en el 82-83 con un incremento de + 1.56 m.; en 83-84 con + 2.22 m y en el período de 84-85 con un incremento + 0.89 m., lo cual se asocia a precipitaciones de importancia en la región.
3. El elemento con mas abatimiento resultó ser el No. 307, con un total sumado dentro del período de estudio de -26.72 m.
4. El elemento con mas recuperación observado en esta región fué el No.333 con un total de + 3.28 m.
5. Finalmente, se observa un abatimiento medio anual del orden de -0.42 m. con un total acumulado desde 1975 hasta 1989 de -5.89 m.

Por otro lado, en la Fig 4.10, puede apreciarse el comportamiento general de esta zona oriental, donde se muestra en forma de barras las evoluciones medias de la tabla anterior.

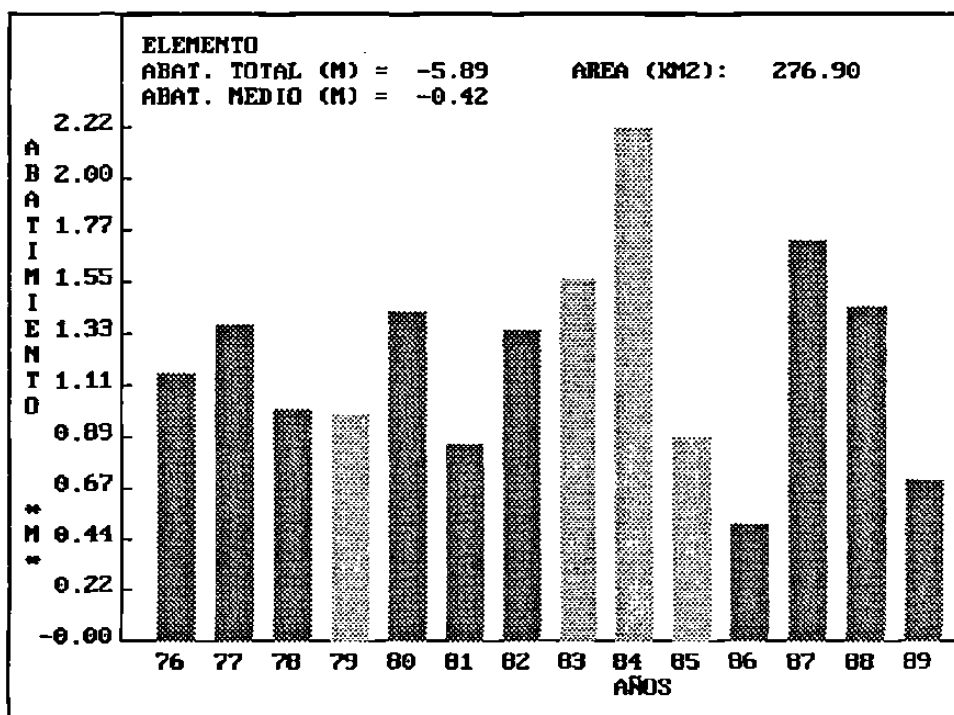


Fig 4.10 Diagrama de barras que muestra las evoluciones del abatimiento medio elemental de la región Oriental, considerando la suma de los volúmenes abatidos de los 47 elementos que lo componen. El sombreado mas claro indica recuperaciones en esos años.

4.6.2.- Evolución Espacial de la Zona Oriente:

La evolución espacial de los abatimientos medios elementales obtenidos entre 1975 y 1989, se presenta en los esquemas de la fig. 4.11 de la siguiente página, donde por razones de espacio solo se muestra la evolución para los años 1976, 1980, 1984 y 1989.

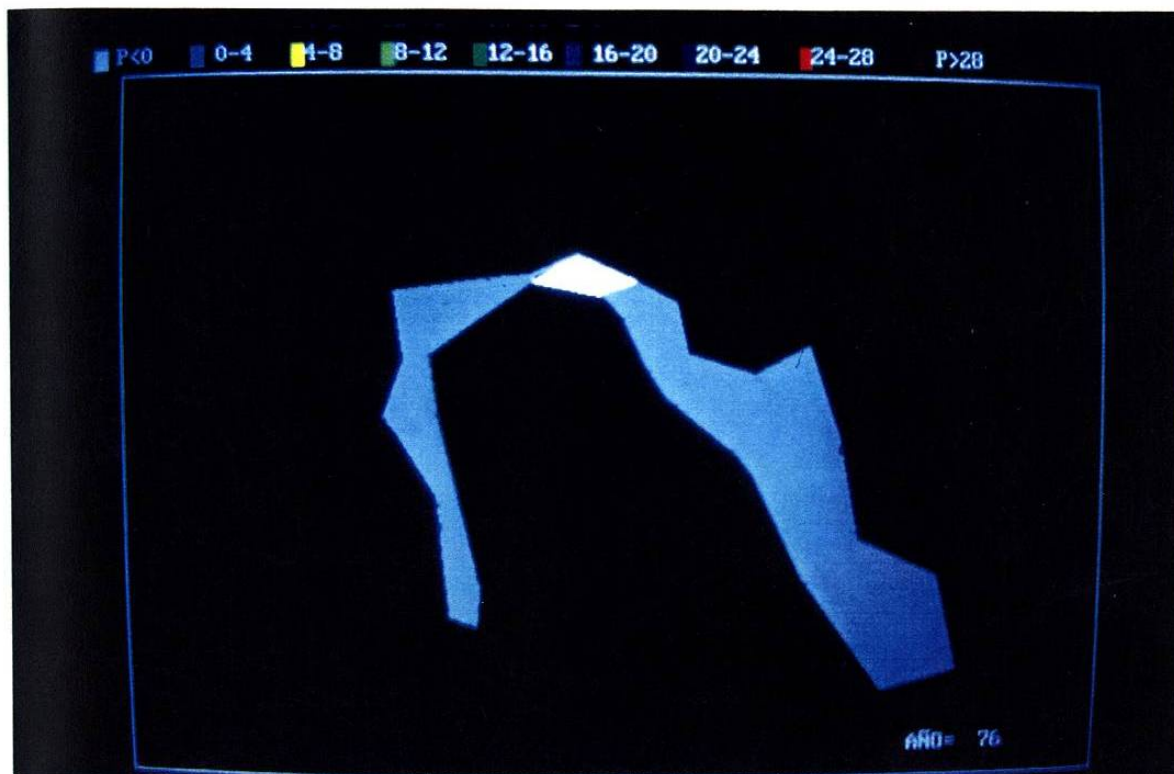


Fig. 4.11a. Para la Zona Oriental, en el año de 1976 se presentaron pequeños abatimientos predominando en más del 90% el área con rango de abatimientos de 0-4 m. (azul), teniéndose en un pequeño sector leves recuperaciones según se aprecia en color blanco de esta figura. Nulo efecto del sobrebombeo disponiéndose de poco abatimiento.

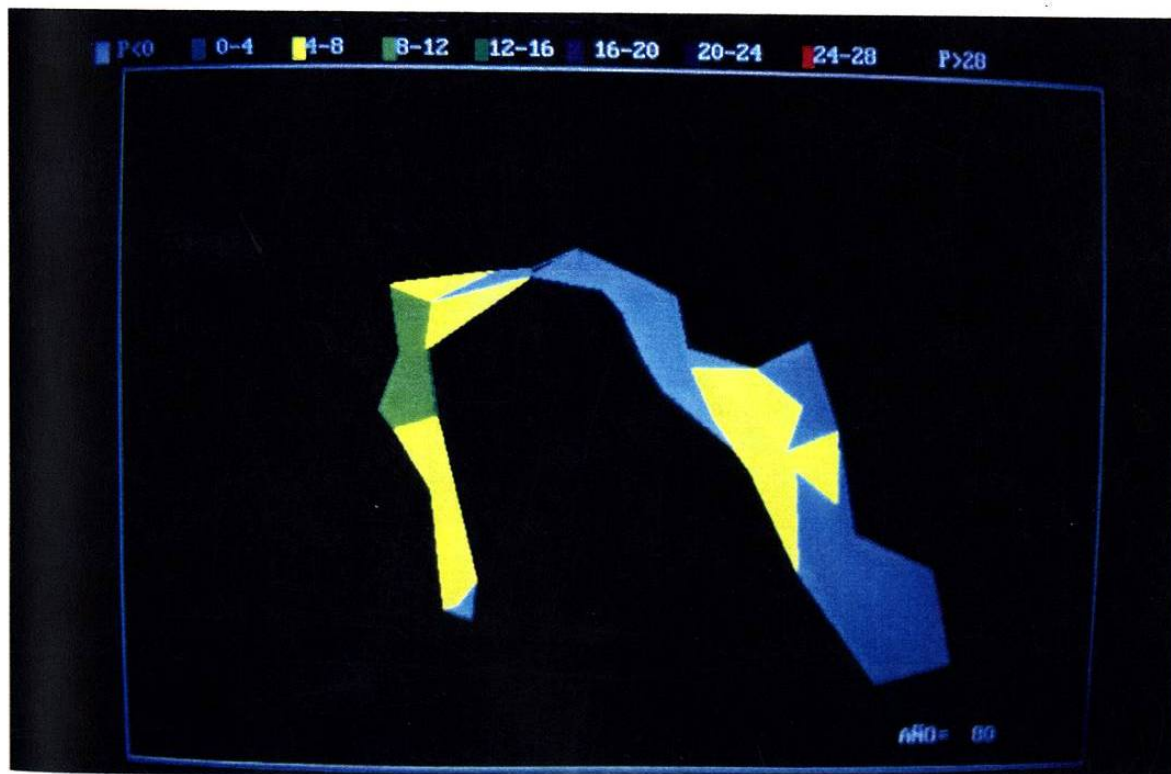


Fig. 4.11b. En el año de 1980 para la misma Zona Oriental, se nota un leve aumento en los abatimientos por la presencia del rango 4-8 m. (amarillo) y en una pequeña área se tuvieron abatimientos con rango de 8-12 m. (verde). Desaparece el área que anteriormente presentaba recuperaciones (blanco).

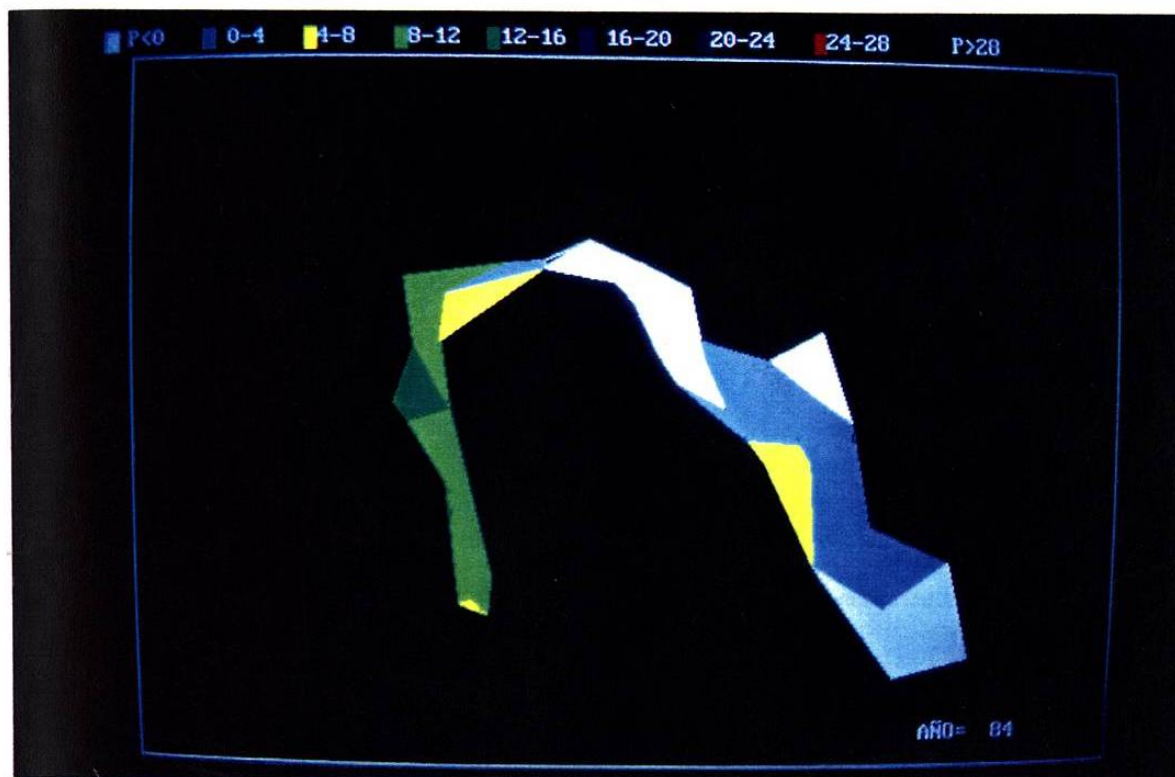


Fig. 4.11c. En el año de 1984 para la misma Zona Oriental, se observan apreciables recuperaciones, aliviando con ello el área de abatimientos de 0-4 m. (azul), se cree que esto es debido a la presencia de recargas en el acuífero, aunque en la parte poniente se tiene un leve aumento en los abatimientos (verde) de rango 8-12 m.

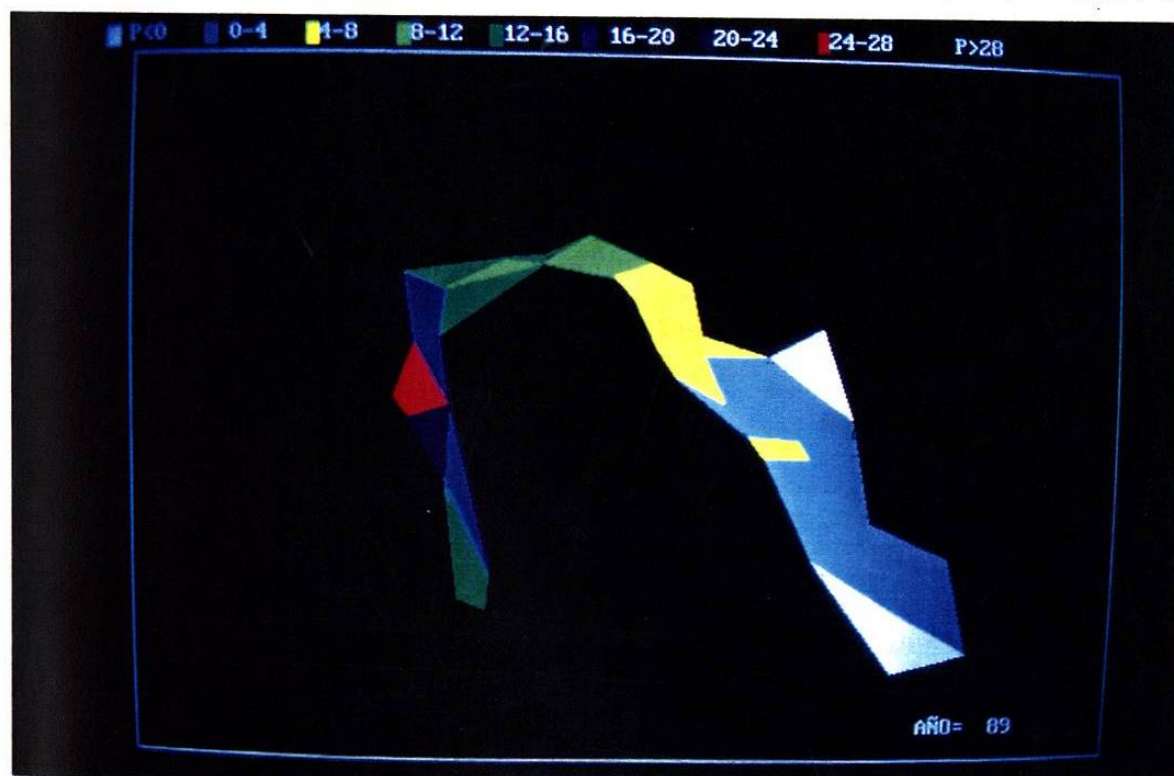


Fig. 4.11d. En el año de 1989 en la misma Zona, disminuyen las recuperaciones al Este de la región, se nota un aumento en los abatimientos de la parte Poniente donde se distinguen los rangos de 12-16 m. (verde fuerte); de 16-20 m. (azul fuerte); de 20-24 m. (morado) y una pequeña área el abatimiento de alerta 24-28 m. (rojo).

4.7.- Estudio de las Curvas Equipotenciales.

Una fase de estudio importante para definir la dirección del flujo de aguas subterráneas en un acuífero, se refiere a la elaboración de las curvas equipotenciales, definidas éstas por aquellos puntos que poseen la misma carga hidráulica (m.s.n.m.). Considerando que, el medio es isótropo y homogéneo, las líneas de corriente y las líneas equipotenciales se cruzan en ángulo recto; por lo que, aprovechando este principio, se construyeron figuras para cada zona.

4.7.1.- Zona Poniente.

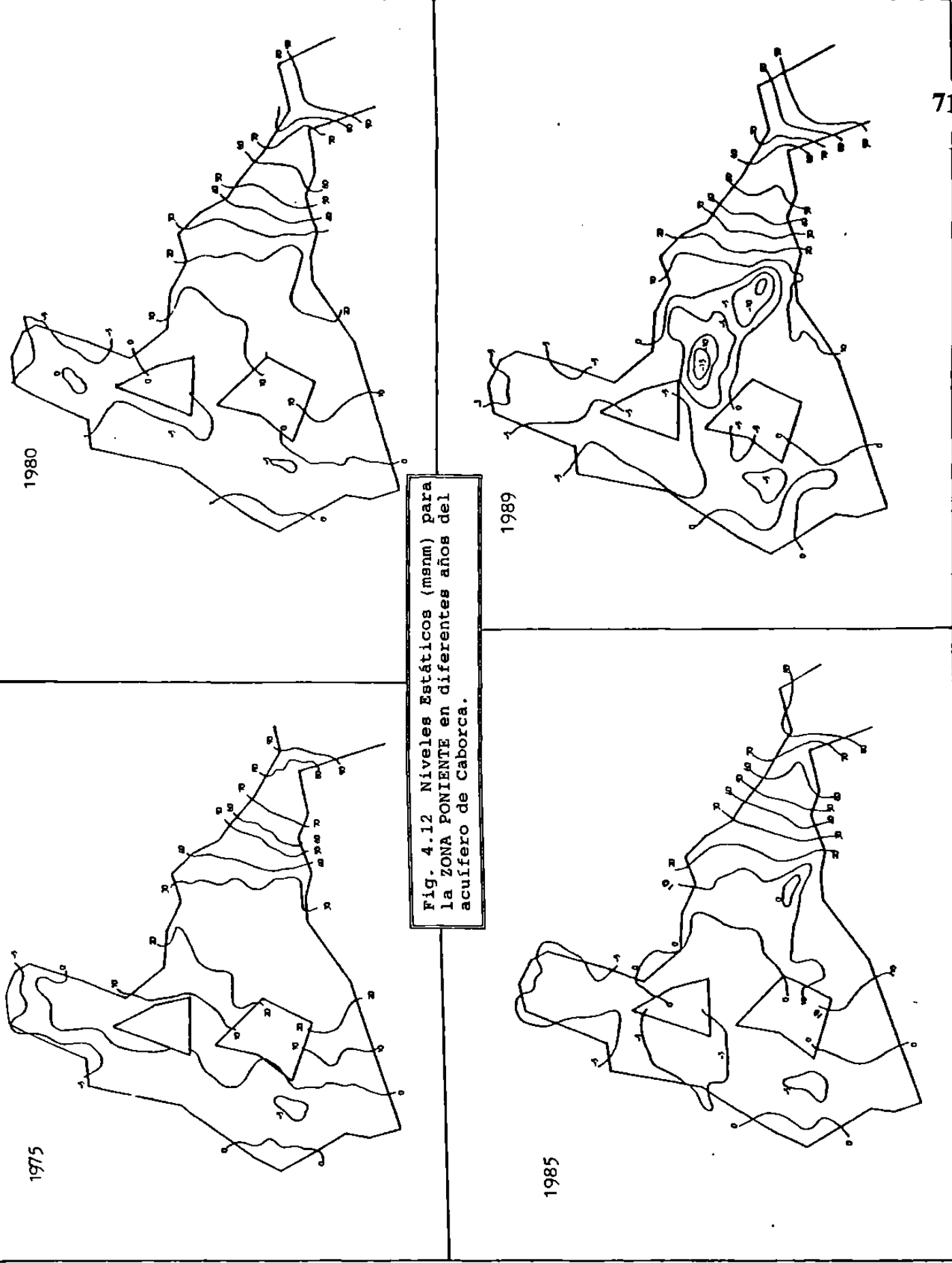
CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1975: En la zona poniente, como se aprecia en las Fig. 4.12, el flujo de aguas subterráneas sigue una dirección preferencial de Oriente a Poniente con cotas del nivel de agua desde la elevación -5 msnm hasta la 80 msnm. Observamos que, de acuerdo a los gradientes hidráulicos, se tiene un flujo de agua dulce hacia el mar por tres corredores generados por los dos promontorios que separan esta zona del acuífero del mar, lo cual ayuda indudablemente para frenar el avance de la intrusión salina. Se aprecia la existencia de un cono de abatimiento local cercano a la franja costera y los promontorios.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1980: Para el mes de Octubre de 1980, se observa un cierto desplazamiento de las curvas de mayor elevación de la Zona Poniente, para internarse a la Zona Centro moviéndose en una dirección Poniente-Oriente. Lo mismo ha ocurrido con las curvas cercanas a la costa, donde se aprecia que la línea 20 msnm ha sufrido un desplazamiento al Este bastante notable, barriendo la parte central de la zona. Las curvas 30 msnm y 40 msnm permanecen mas o menos estables, no así la 60 msnm, 70 msnm, 80 msnm y 90 msnm, que intentan desviarse hacia la zona centro. Persiste el cono de abatimiento detrás de los promontorios y se inicia otro al Norte de la franja costera.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1985: Para Octubre de 1985, se aprecia que la línea 10 msnm se ha movido barriendo toda la parte central de la zona desde 1980, apareciendo un cono de abatimiento en la parte Sur ocasionado por las abundantes extracciones de esa región. Al Suroeste la línea 10 msnm se ha mantenido estable, incrementando el área de influencia el cono de abatimiento tras los promontorios con niveles por debajo del mar. Con las elevaciones negativas que se presentan, está facilitándose el ingreso del agua del mar hacia el acuífero.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1989: Finalmente, para Octubre de 1989, el movimiento de las curvas es mas drástico, observándose que tras los promontorios se tiene un abatimiento donde predomina la línea -5 msnm, situación sumamente grave al invertirse el gradiente hidráulico hacia el continente, agudizándose con ello la intrusión salina. Por otro lado, la curva [0 msnm] logra un movimiento similar a los anteriores, para luego facilitar la presencia de un par de conos de abatimiento en la parte central del acuífero de ésta zona. Esto es indiscutiblemente por la sobreexplotación que se desarrolla en el acuífero, acción que ha perjudicado mucho a los pozos ubicados en esa región al tener que extraer el agua de niveles mas profundos.

Se preparó la fig. 4.13, en donde se muestran varios cortes longitudinales de los niveles de agua subterránea en los años 1975 y 1989 de la zona poniente.



1980

1989

1975

1985

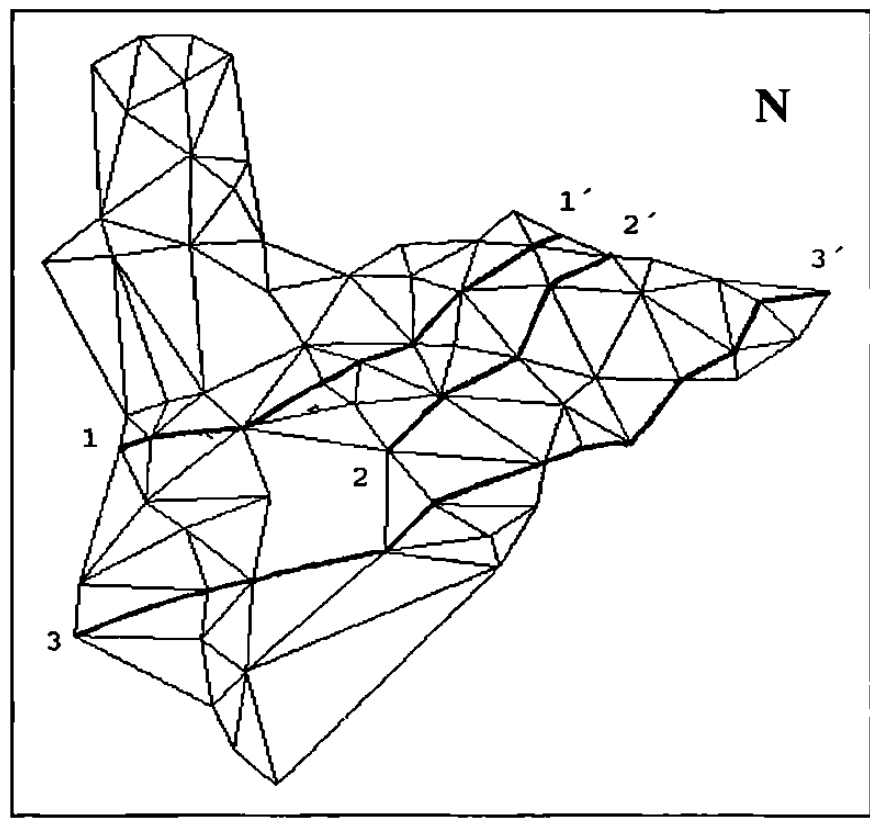


Fig. 4.13. Esquema en planta de la Zona Poniente con sus elementos (sin escala)

CORTE 1-1'

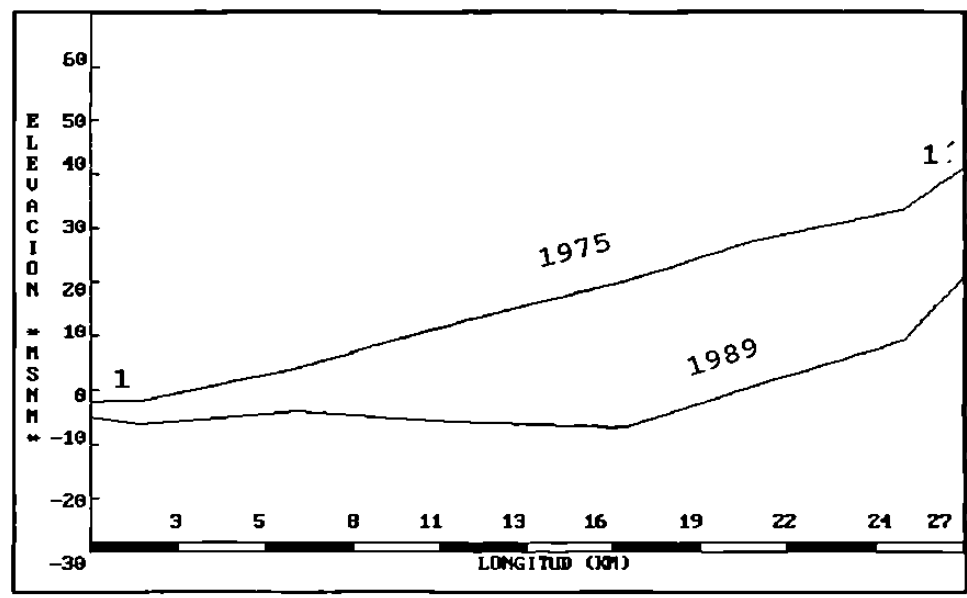


Fig.4.13a. Corte (1-1'): se observa que los niveles de agua en 1975 permitían un flujo de agua de la tierra al mar; sin embargo, en 1989 los niveles empiezan a invertirse debido a los conos de abatimiento ya mencionados.

CORTE 2-2':

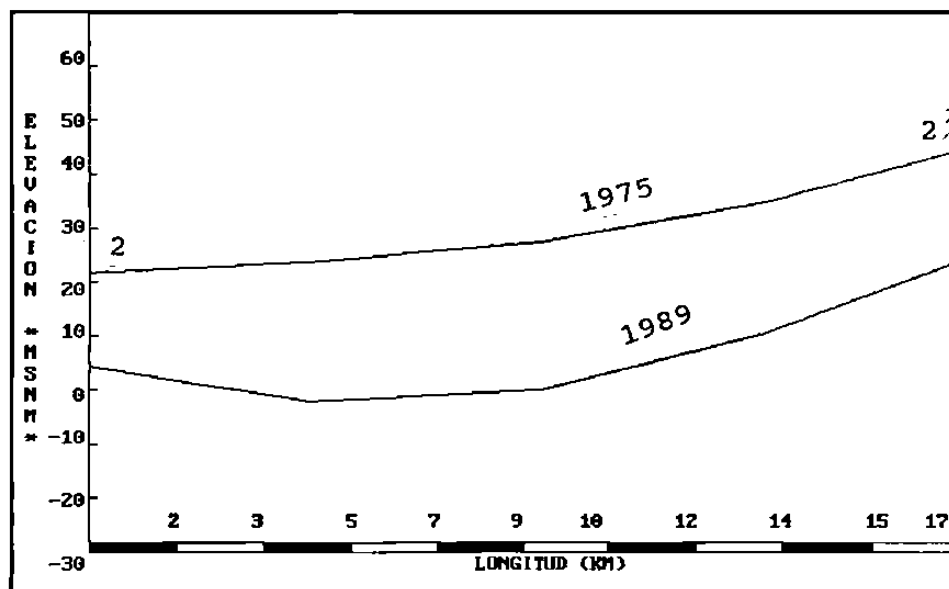


Fig. 4.13b. Corte (2-2'): Se observa que en 1975 los niveles de agua están por arriba de los 20 msnm, pero al final del período de estudio (1989), estas elevaciones han disminuído significativamente, llegando en algunos pozos estar casi al nivel del mar.

CORTE 3-3':

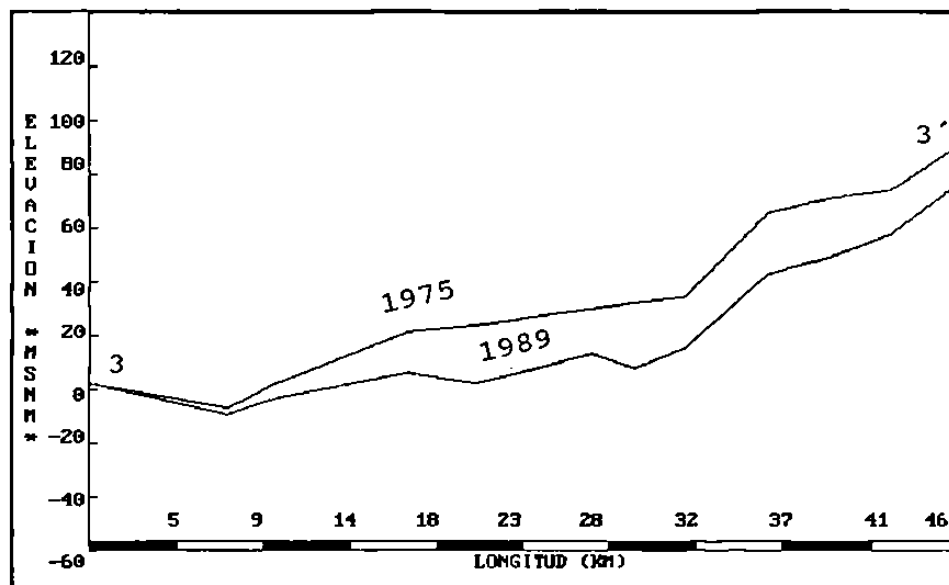


Fig 4.13c. Corte (3-3'): Puede notarse el hecho de que existe una diferencia muy notable entre los niveles localizados al Km. 32 del perfil, que casi parece presentarse un cambio brusco del nivel del agua subterránea; esto se debe quizás a los promontorios existentes en esa región.

4.7.2.- Zona Central

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1975: De acuerdo a las Fig 4.14, el movimiento del agua en la zona central sigue una dirección preferencial Sureste-Noroeste. La existencia de promontorios al Sur de esta zona oriental, obligan el paso del flujo en dos corredores, que después se unen en la parte central de esta misma zona. En dicho lugar, existe una conformación de niveles que parecen generar un par de conos de abatimiento apenas perceptible. En la salida, por el lado Noroeste, el flujo prevalece en la dirección antes señalada, pasando a conectarse con la Zona Poniente. La elevación de los niveles estáticos se sitúan en el intervalo de 180 msnm a 80 msnm.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1980: Para Octubre de 1980, se observa una entrada incipiente de las curvas 80 msnm y 90 msnm, moviéndose en general ligeramente todas las curvas en dirección Sureste, desde la entrada por la parte Oriental.

Por el corredor Sur, también se aprecia un ligero avance de las líneas hacia las partes altas, característico de un gradiente hidráulico pronunciado en la región. En el área de conexión con la Zona Poniente, se percibe un movimiento notable de curvas. Obsérvese como la línea 130 msnm se ha replegado hacia el límite del lado Este de la zona, lo cual se debe también al gradiente existente en esa dirección. En este mismo corredor, sigue habiendo repercusiones similares, avanzando las líneas existentes en esa región hacia aguas arriba, siendo bastante notable el corrimiento de la línea 160 msnm. En general, la conformación paralela de curvas nos hace ver el hecho de que existen ingresos laterales por la parte Oriental de la zona.

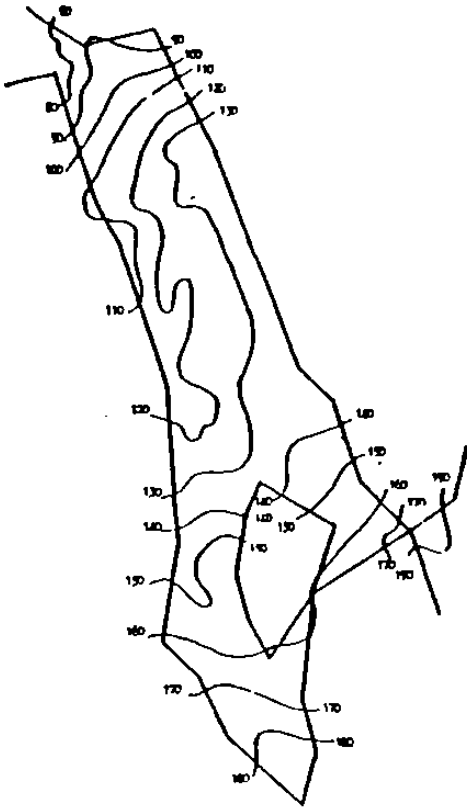
CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1985: Para 1985, se nota un avance mas serio de las líneas 80 msnm, 90 msnm y 100 msnm que vienen de la Zona Poniente, y mas drastico la línea 130 msnm, que indudablemente ha recorrido gran parte del acuífero hasta internarse hacia ambos corredores. Por el corredor Sur no se aprecian cambios notables, solo ligeros y suaves movimientos de las líneas 140 msnm y 150 msnm. Nótese como la línea 160 msnm practicamente se ha despedido de la zona, pues ya no existe.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1989: Finalmente, al concluir el período de estudio, notamos cambios mas drásticos en la conformación de los niveles de agua. Se aprecia una clara invasión de la línea 80 msnm instalándose formalmente en la zona por la parte Noroeste, apareciendo levemente la curva de 60 msnm. La línea 120 msnm se ha recorrido en un movimiento similar al experimentado por la 130 msnm y continúa su trayectoria alcanzando a internarse por el corredor Sur. De igual forma, se aprecia un movimiento notable de la línea 140 msnm y mayores, hacia aguas arriba, ocurriendo lo mismo con la 130 msnm que amenaza seriamente con abandonar la zona. Nótese que en 1975 en el corredor de la derecha, el lugar original ocupado por la curva 170 msnm a sido ocupado por la 130 msnm, lo cual obliga a deducir un abatimiento local de 40 metros.

Con el fin de fortalecer la percepción del avance de los niveles en esta zona, se muestra en la Fig 4.15 un par de cortes transversales mostrando los niveles para el año de 1975 y 1989, en el cual puede constatarse la magnitud de los abatimientos generados.

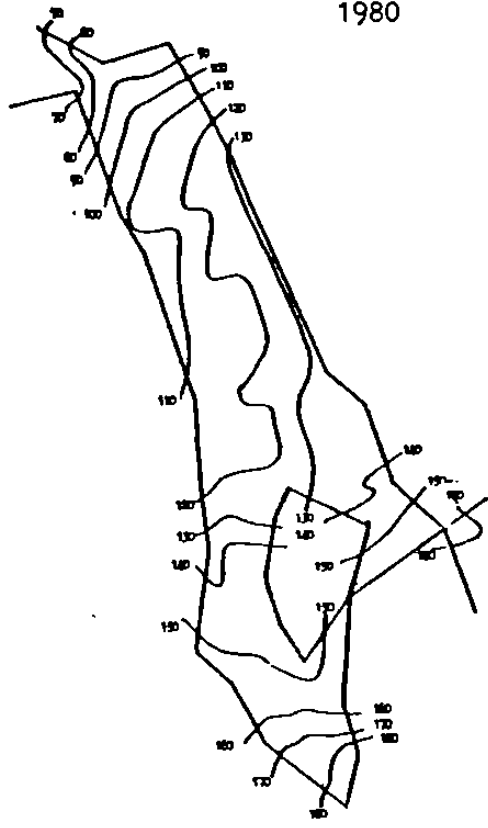
Fig. 4.14 Niveles Estáticos (msnm) para la ZONA CENTRAL en diferentes años del acuífero de Caborca.

1975

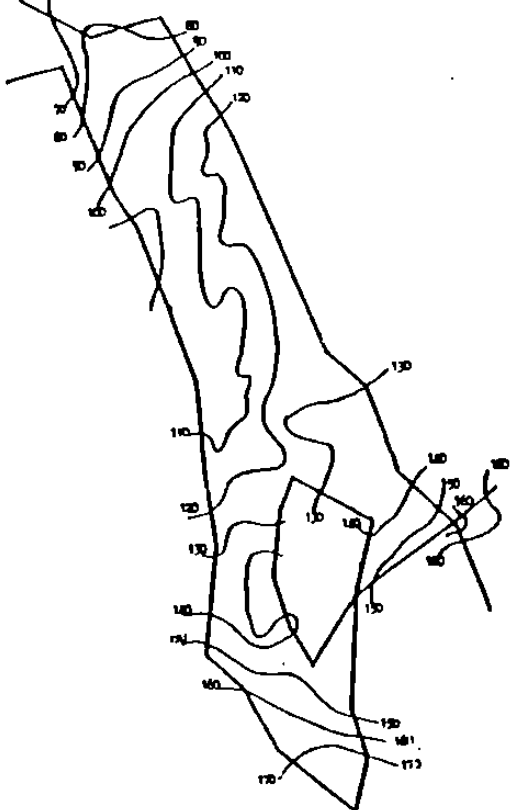


1980

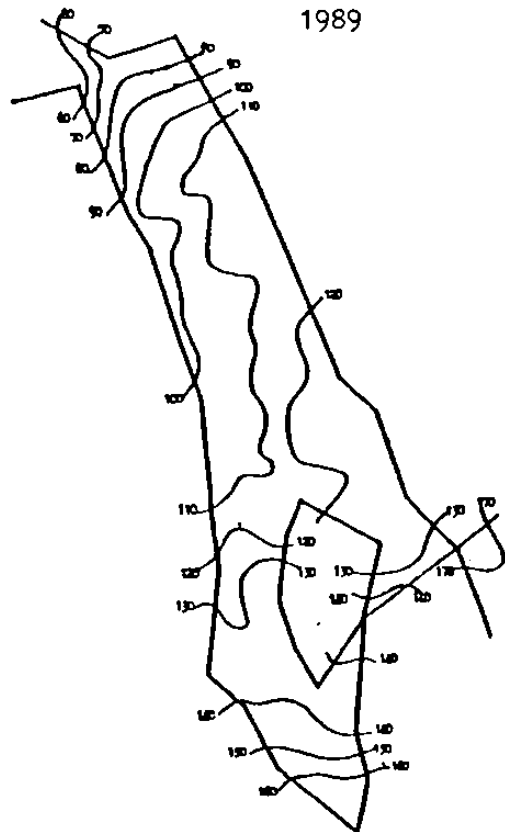
75



1985



1989



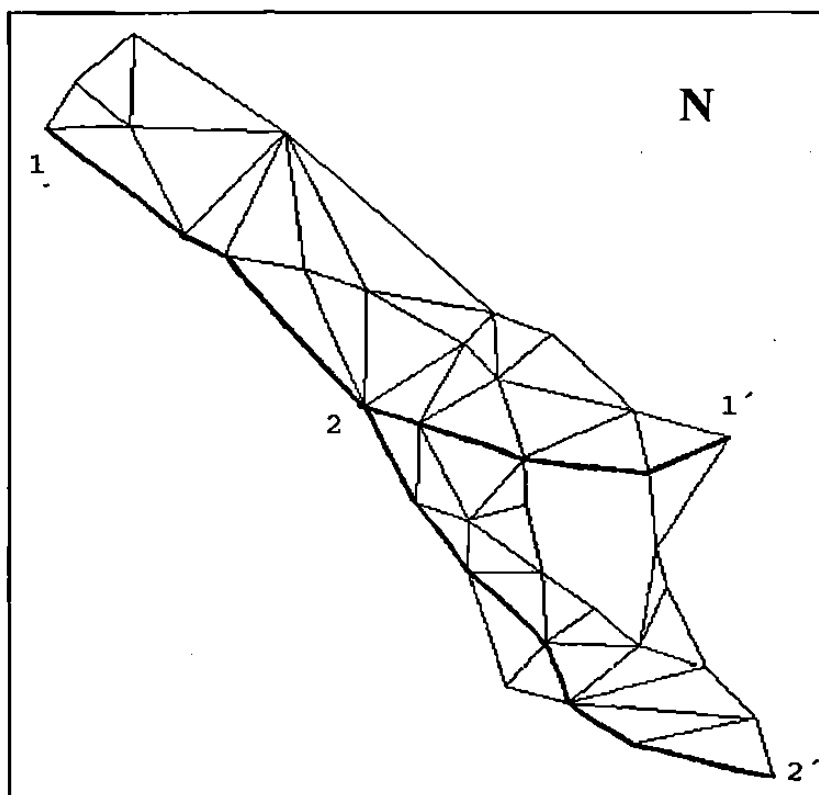


Fig. 4.15 Se muestra en planta la Zona Central del acuífero con todos sus elementos (sin escala)

CORTE 1-1':

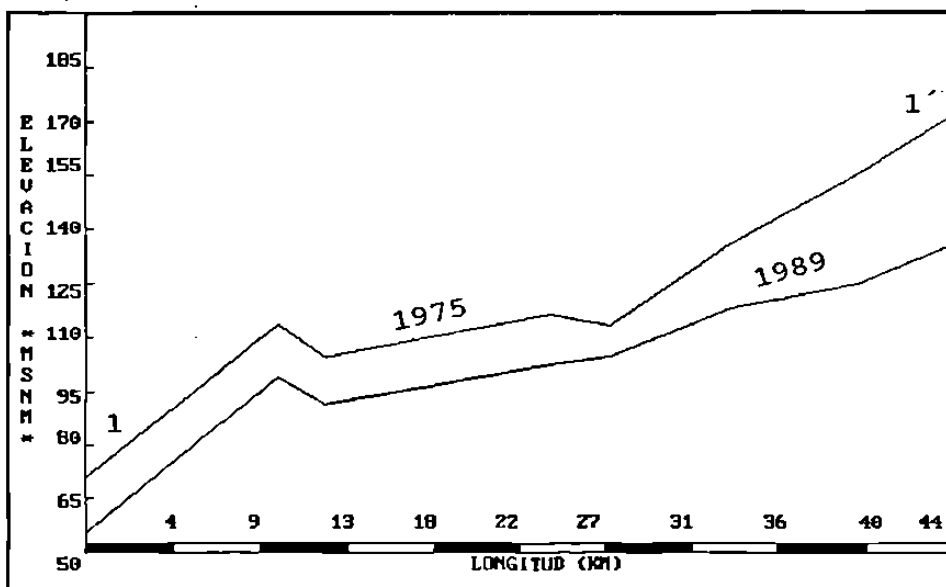


Fig. 15a. Corte (1-1'): Se observa casi en la salida para conectarse con la zona poniente una especie de parteguas el cual limita la salida del grueso del acuífero. Existen fuertes abatimientos al oriente.

CORTE 2-2':

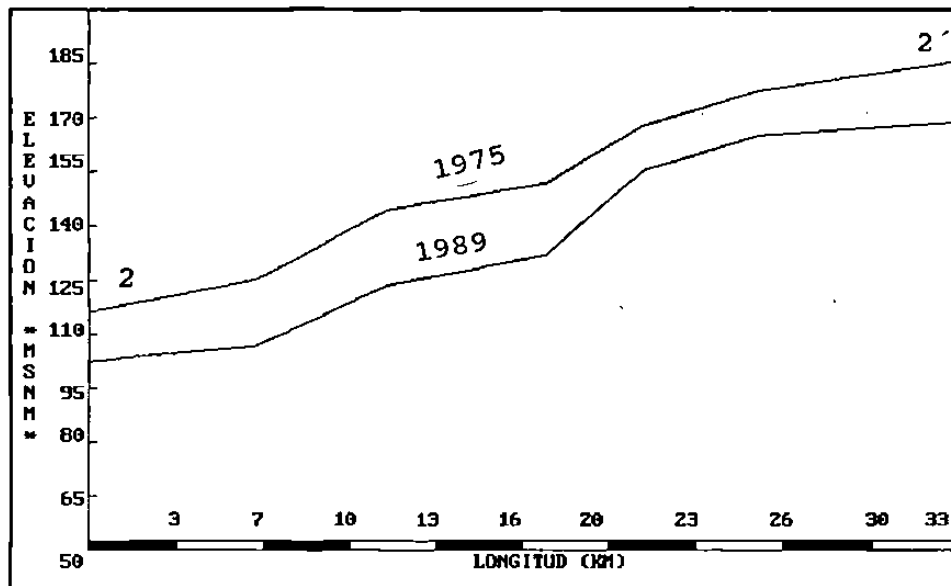


Fig. 4.15b. Corte (2-2'): Se observa que el flujo de agua subterránea es de Sureste a Noroeste. Se Nota que a pesar de lo uniforme que se ven los niveles de agua en 1975 y 1989, se aprecia una disminución significativa de esos niveles de agua, lo cual confirma los abatimientos locales observados en las curvas equipotenciales.

4.7.3.- Zona Oriental.

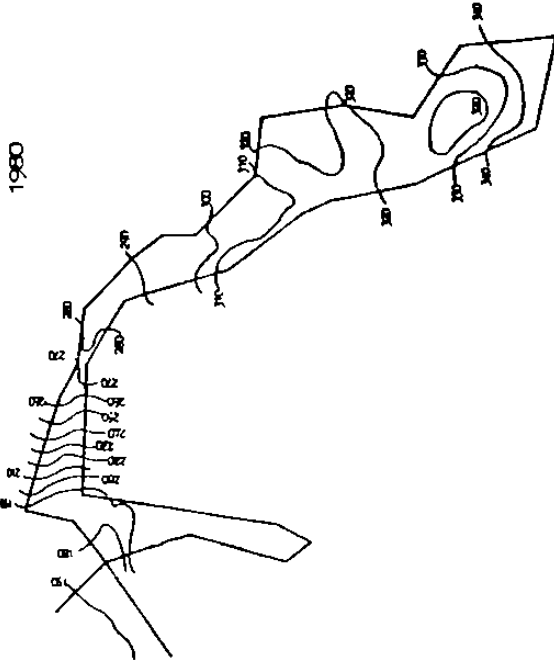
CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1975: En el mes de Octubre de 1975, el paro de bombeo programado arrojó la información de la elevación de los niveles estáticos que aparece en la Fig 4.16. En esta figura, se presentan curvas que van desde la línea 190 msnm hasta la 340 msnm. Esta zona, como puede apreciarse, consiste en un corredor de aguas subterráneas de aproximadamente 60 km, con un ancho medio de 6 km en la parte inicial hacia el Sureste, y con dos estrangulamientos, uno de 1 km y otro de 2 km en los 15 km antes de conectarse con la zona central. El flujo preferencialmente corre de Sureste a Noroeste, cambiando hacia el poniente casi al llegar a la conexión con la Zona Central. En el cambio de dirección antes mencionado, se aprecia una escalera de niveles con un desnivel total de aproximadamente 100 m. Sin duda, esto marca la división entre los niveles mas someros de esta zona con los mas profundos de la zona central del acuífero.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1980: Para este año, se ha formado ya un cono de abatimiento en la parte Sureste de la zona, aunque no ha repercutido considerablemente en el abatimiento de niveles con respecto al de 1975, pues las curvas se han mantenido mas o menos estables y de igual forma con un flujo preferencial Sureste a Noroeste. La no prolongación del cono de abatimiento y el guardar casi la misma posición las curvas, se debe gracias a las aportaciones que recibe el acuífero en esa región producto de los escurrimientos del Río Asunción.

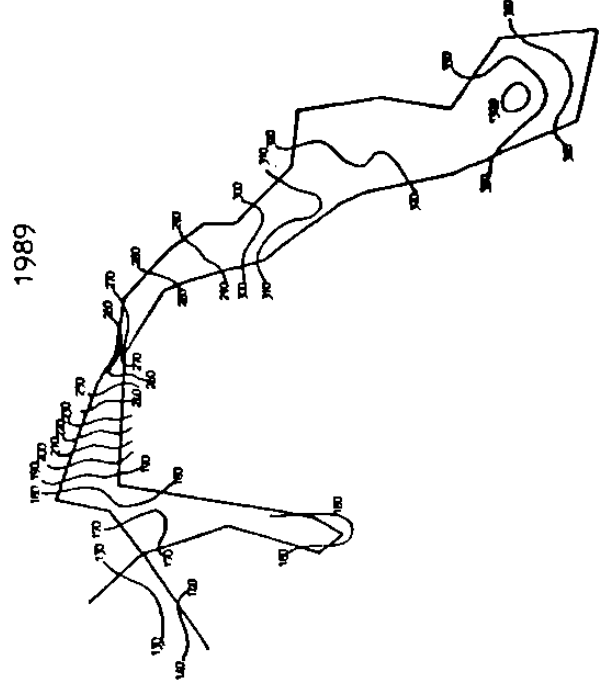
CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1985: En este período, se ha experimentado una recarga notable en el acuífero de tal modo que ha desaparecido el cono de abatimiento antes observado, avanzando la línea 320 msnm en dirección Noroeste para tomar casi su posición original de 1975; ésto es debido indudablemente al período lluvioso de 1983. La escalera de niveles en la salida para conectarse con la Zona Central permanece estable, solo se nota el acercamiento de las curvas 150 msnm y 160 msnm amenazando con entrar, pero el fuerte gradiente a favor las contraresta evitando así su entrada.

CURVAS EQUIPOTENCIALES DE 1989: Al finalizar el período de estudio, puede apreciarse que de nueva cuenta el cono de abatimiento ha surgido en la parte Sureste (misma posición de 1980), aunque con menor radio de influencia. En términos generales, puede decirse que prevalecen las condiciones de 1975, aunque con abatimientos locales mas altos a la salida en la conexión con la Zona Central.

En la Fig 4.17 se muestra un corte longitudinal que describe los niveles de agua prevalecientes en 1975 y 1989. Como puede verse, esta región no ha sufrido abatimientos severos del nivel de aguas subterráneas, y puede decirse con la suficiente seguridad que constituye la superficie con mayores recargas naturales y la primera en ser beneficiada.

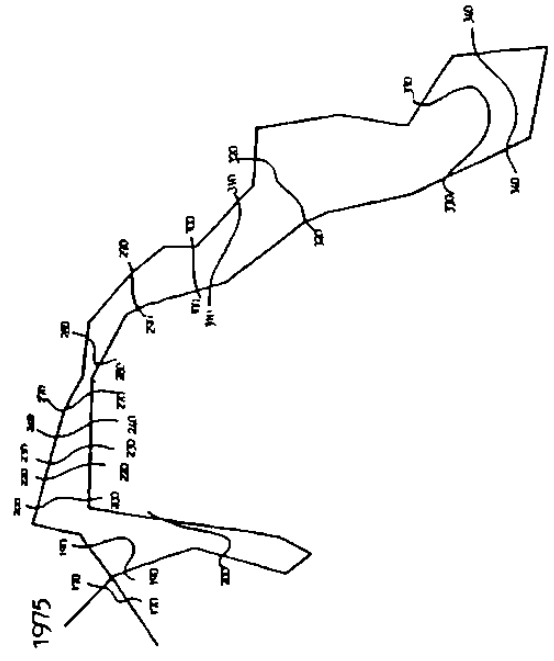


1980

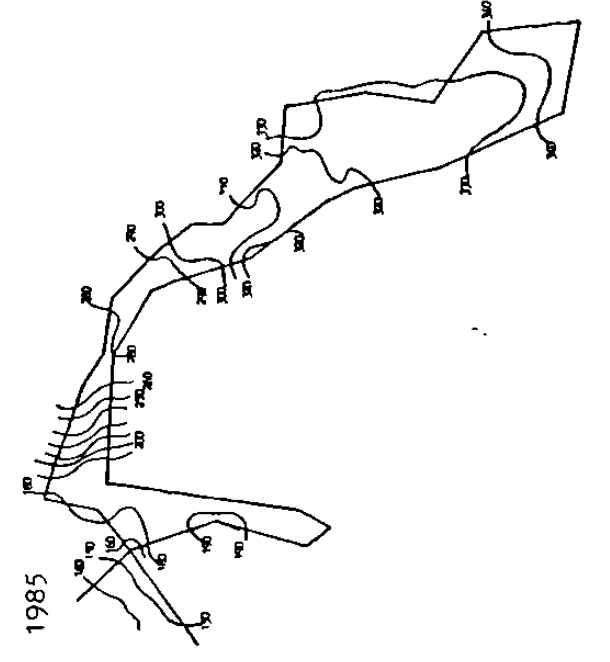


1989

Fig. 4.16 Niveles Estáticos (msnm) para la ZONA ORIENTE en diferentes años del acuífero de Caborca.



1975



1985

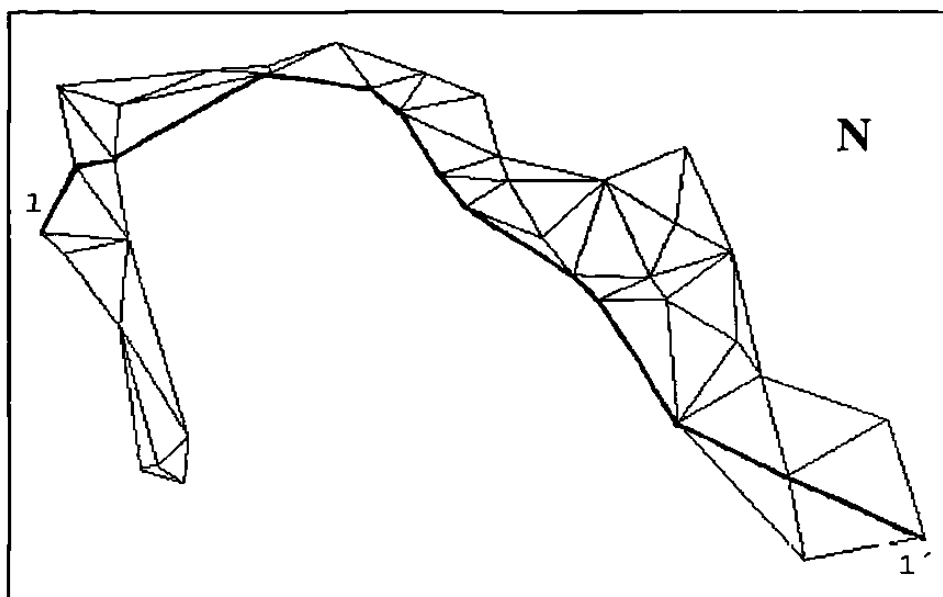


Fig. 4.17. Se muestra en planta la Zona Oriental del acuífero con todos sus elementos (fuera de escala).

CORTE 1-1':

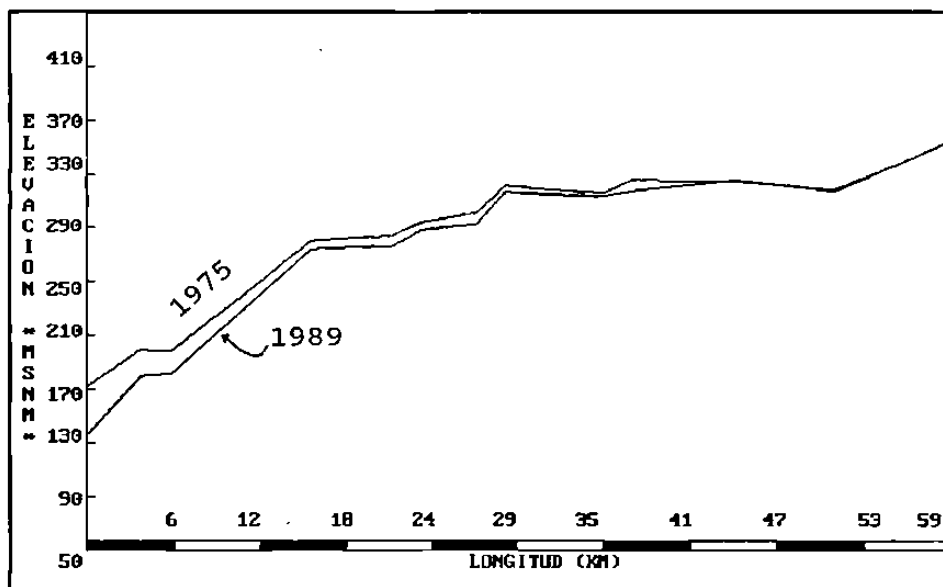


Fig 4.17a. Corte (1-1'): Se puede observar que los niveles de agua en 1975 y 1989 han permanecido casi constantes al inicio del perfil al centro, mientras que a la salida (conexión con la zona central) se aprecian abatimientos mas severos. Se comprueba que la zona oriental resulta directamente beneficiada con las recargas naturales de los escurrimientos del Río Asunción.

4.7.4.- Evolución 1975-1989 en las tres Zonas.

Con el objeto de comprender la distribución espacial de la variación de los niveles de agua subterránea (abatimientos) para el período de estudio, en la tabla 4.7 pueden observarse los porcentajes de área para cada intervalo de abatimiento en estudio en cada una de las zonas del acuífero dividido, dichos datos han sido tomados de la Fig 4.18 en la cual se muestran las curvas de igual abatimiento en el período desde 1975 a 1989 para las tres zonas en su conjunto.

Tabla 4.7 Porcentajes del área total en el que una región tuvo el abatimiento que se muestra en el intervalo.

REGION	RECUP. >0	INTERVALOS DE ABATIMIENTO (m)				
		0 a -5	-5 a -10	-10 a -15	-15 a -20	<-20
Zona Poniente	7.6	29.4	12.2	6.8	19.5	24.5
Zona Central	0	0	0	2	69.0	29.0
Zona Oriente	13.6	42.7	12.7	8.3	13.6	9.1

NOTA: El signo (-) significa que el nivel de agua disminuye abatiéndose y el signo (+ ó sea >0), indica que el nivel de agua se recupera ascendiendo con valores mayores que el cero.

Al analizar la tabla, se pueden concluir algunos aspectos importantes:

1. Para la Zona Poniente, el 50% del área tuvo un abatimiento mayor que 10 m, y cerca de la cuarta parte presentó un abatimiento mayor que 20 m. Se aprecia también que en el 10% del área se presentaron recuperaciones.
2. Para la Zona Central, mas del 90% del área tuvo un abatimiento mayor que 15 m. y mas de la cuarta parte presentó un descenso mayor que 20 m.
3. Para la Zona Oriente, mas del 10 % del área tuvo recuperaciones y en mas del 50% del área se presentaron abatimientos mayores 5 m, y cerca de la cuarta parte tuvo abatimientos mayores que 15 m, siendo de aproximadamente 10% el área con descensos mayores de 20 m.

De lo anterior se deduce que la región mas afectada por los abatimientos resulta ser la Zona Central, mientras que la menos castigada sin duda alguna corresponde a la Zona Oriental. Aunque la zona poniente no deja de ser problematica, pues está localizada en la región costera de mayor riesgo por intrusión salina.

De igual forma, se determinó la evolución de las profundidades de los niveles estáticos del acuífero en sus tres zonas, elaborando con los resultados las curvas que se muestran en la figura 4.19.

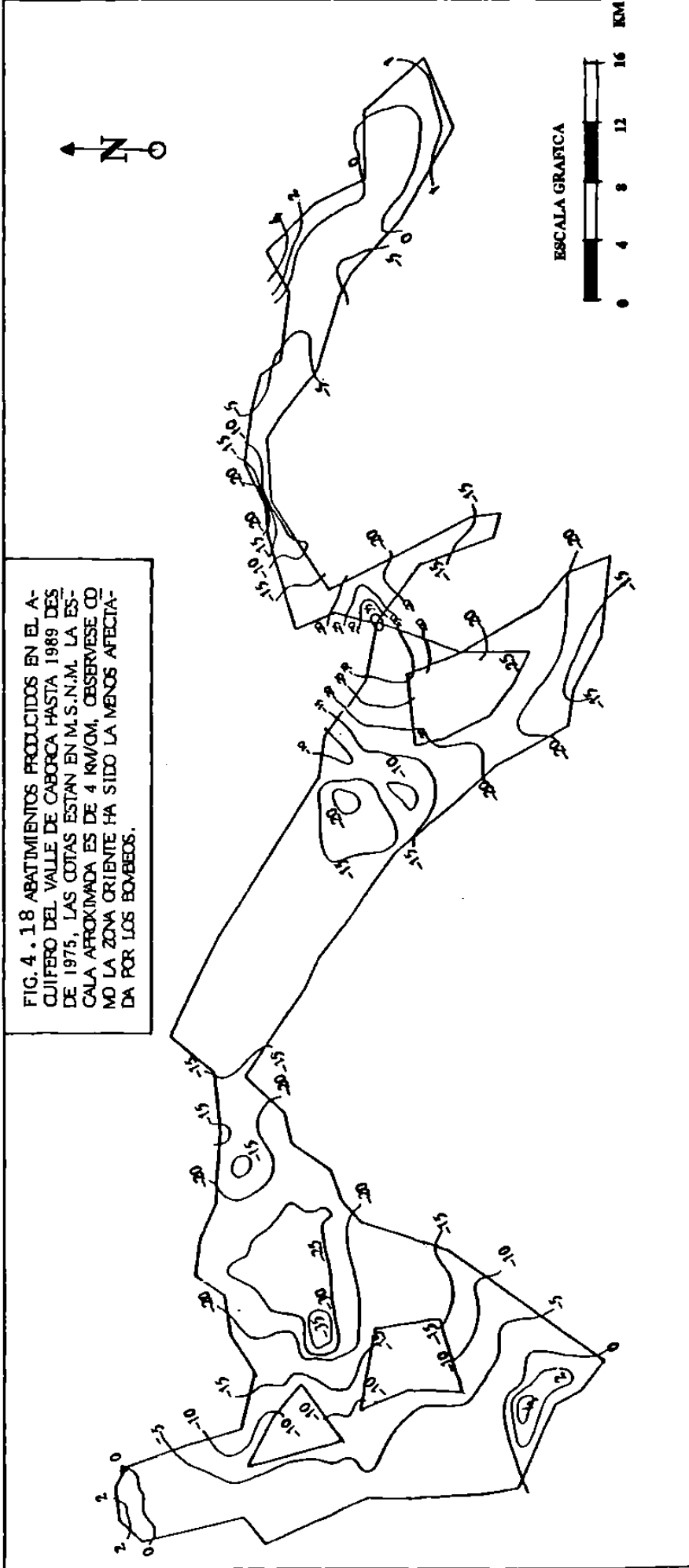
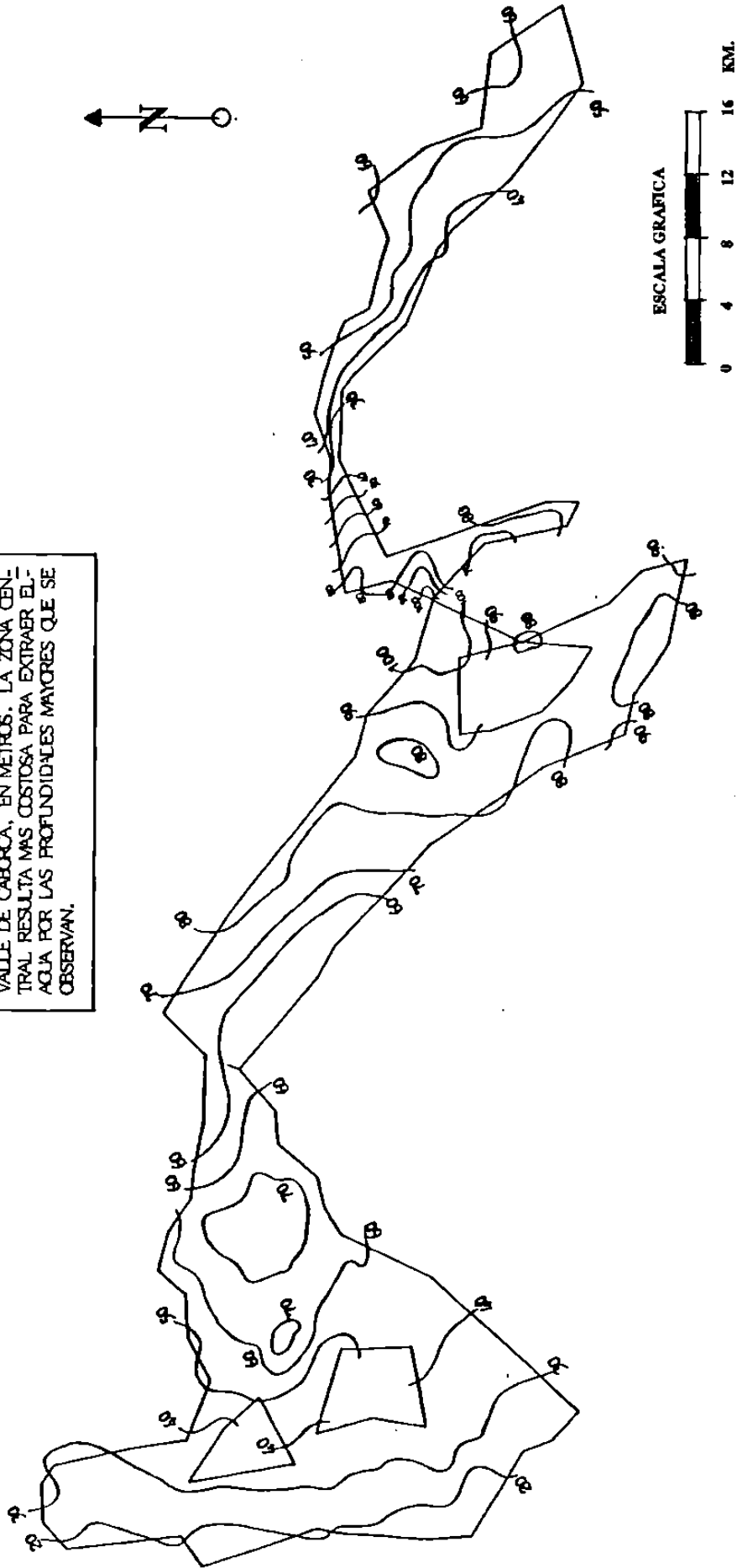


FIG. 4.19 PROFUNDIDADES AL NIVEL ESTADÍSTICO EXISTENTES EN 1989 EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE CABORCA, EN METROS. LA ZONA CENTRAL RESULTA MAS COSTOSA PARA EXTRAER EL AGUA POR LAS PROFUNDIDADES MAYORES QUE SE OBSERVAN.



5. ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGIA.

Uno de los temas de mayor importancia que se considera en el presente estudio es lo relacionado con el Consumo de Energía en la explotación del agua subterránea en el acuífero. Como es de todos conocido, los abatimientos progresivos en una zona generan una disminución en la producción de agua de un equipo de bombeo, obligando con ello a invertir cantidades adicionales en el propio equipo, tales como; aumento de columna, flecha, impulsores, sumandole a ello; un Consumo de Energía para restituir el incremento de carga presentado.

5.1.- Generalidades sobre el Consumo de Energía de un Pozo.

La energía que se consume a través del motor instalado depende del funcionamiento hidráulico del pozo mismo, de modo que en cualquier pozo que no se bombee, el agua se mantendrá en el nivel estático; pero cuando se acciona la bomba, el nivel del agua comenzará a descender dentro del ademe hasta un punto llamado nivel de bombeo o nivel dinámico. La diferencia entre estos dos puntos se llama abatimiento. Por ejemplo, un caso típico, es la Fig. 5.1 donde se expone un diagrama representativo del cono de abatimiento en un pozo profundo.

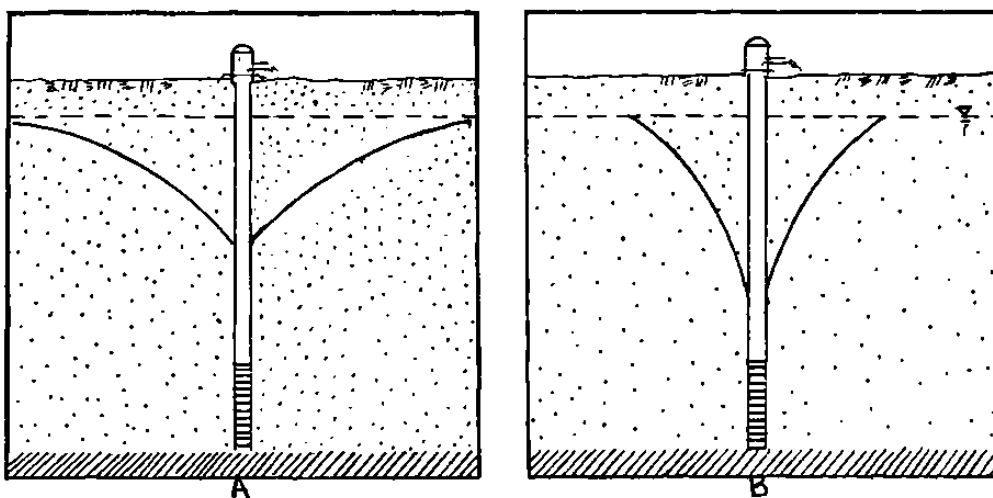


Fig. 5.1. (A): Formación de granulometría gruesa y de alta permeabilidad da un cono somero pero extenso. (B): Formación con limo y arcilla y baja permeabilidad causa un cono de mayor profundidad sin extenderse tan lejos del pozo de bombeo.

En la figura anterior, se observa que al funcionar la bomba la presión es baja cerca del pozo; lo cual, es causa suficiente para que el agua pueda fluir hacia él, a través de la formación formando un cono de abatimiento. La forma que adopte el cono de depresión, dependerá aparte del gasto de diseño; de la facilidad con que el agua fluya a través de la formación en la vecindad del pozo.

El caso (B) mostrado en dicha figura, requerirá de mayor columna de bombeo dadas

las condiciones del nivel dinámico indicado; asimismo, el equipo de bombeo requerirá de mayor carga dinámica total para extraer el agua subterránea, lo cual repercute directamente en el Consumo de Energía en el pozo.

Lo anteriormente señalado, se hace mas crítico con el tiempo y mas aún en aquellos acuíferos tipificados como sobreexplotados, donde paulatinamente los niveles del agua van descendiendo a ritmo variable según las condiciones de extracciones y recargas, provocando que los parámetros de diseño utilizados al inicio, se vean modificados y repercutan notablemente en el funcionamiento hidráulico del pozo.

Como una forma de reforzar lo anterior, se preparó un ejemplo, en el cual se hace resaltar lo crítico que resulta la explotación en uno de los pozos del acuífero en cuestión. Considerese que el equipo de bombeo del pozo No.313 (con clave anterior 4907), localizado en la zona poniente, se eligiera bajo las condiciones de nivel estático del año 1975 que a continuación se anotan:

GASTO (Q)	85 LTS/SEG
COTA DE BROCAL.....	88.14 MSNM
COTA DE DESCARGA.....	89.50 MSNM
PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTATICO 1975...	48.60 M.
ELEVACION AL NIV. ESTATICO DE 1975...	(88.14 - 48.60) = 39.54 MSNM
DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ADEME.....	20 PLG

Tomando en cuenta el nivel dinámico producido en el pozo por un Coeficiente de Almacenamiento de 0.004 y Transmisibilidad de 0.01007 m²/seg (870 m²/día) según TMI 1975; se tendría que los parámetros de diseño para dicho pozo serían los siguientes:

ABATIMIENTO EN EL PROPIO POZO PARA

UN BOMBEO DE 7 DIAS, (168 HRS).....	12.00 M.
ELEV. AL NIVEL DINAMICO DE 1975....	(39.54 - 12.00) = 27.54 MSNM
CARGA DINAMICA TOTAL DE DISEÑO (Hd).	(89.50 - 27.54) = 61.96 M.
CARGA (Hi) POR IMPULSOR.....	15.54 M, TAZON 12MB-2842487-E-2
TIPO DE BOMBA.....	(Peerless Tisa), de 1760 RPM.
NUMERO DE IMPULSORES.....	61.96/15.54 = 4 PIEZAS, CURVA 2.
EFICIENCIA DE LA BOMBA (Eb).....	82%
POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO.....	100 HP

El nivel de bombeo en el pozo se obtuvo a través del criterio de Theis, dado por la ecuación 5.1., con un tiempo constante de bombeo de una semana (7 días).

$$u = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \quad (5.1)$$

siendo:

$$W(u) = -0.5772 - \ln u - \frac{u^2}{(2) 2!} + \frac{u^3}{(3) 3!} - \frac{u^4}{(4) 4!} + \dots \quad (5.2)$$

y la función siguiente:

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} \quad (5.3)$$

donde:

- Δ = Abatimiento producido por el bombeo del pozo a la distancia r , mts.
 Q = Gasto de bombeo constante, $m^3/seg.$
 T = Transmisibilidad en la zona del acuífero, $m^2/seg.$
 $W(u)$ = Función de pozo, definida por la serie infinita
 r = Distancia del pozo al punto donde se desea conocer el abatimiento, mts.
 S = Coeficiente de almacenamiento en la zona del acuífero, m^3/m^3
 t = Tiempo desde el inicio de bombeo, seg.
 u = variable u , adimensional.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que al utilizar la ecuación de Theis; se obtuvo el abatimiento máximo en el propio pozo de bombeo dadas las condiciones enunciadas anteriormente. Al hacer una representación grafica del abatimiento calculado con dicha ecuación, se estimó la variación del cono hasta una distancia de 1000 metros, tal como se puede ver en la figura siguiente:

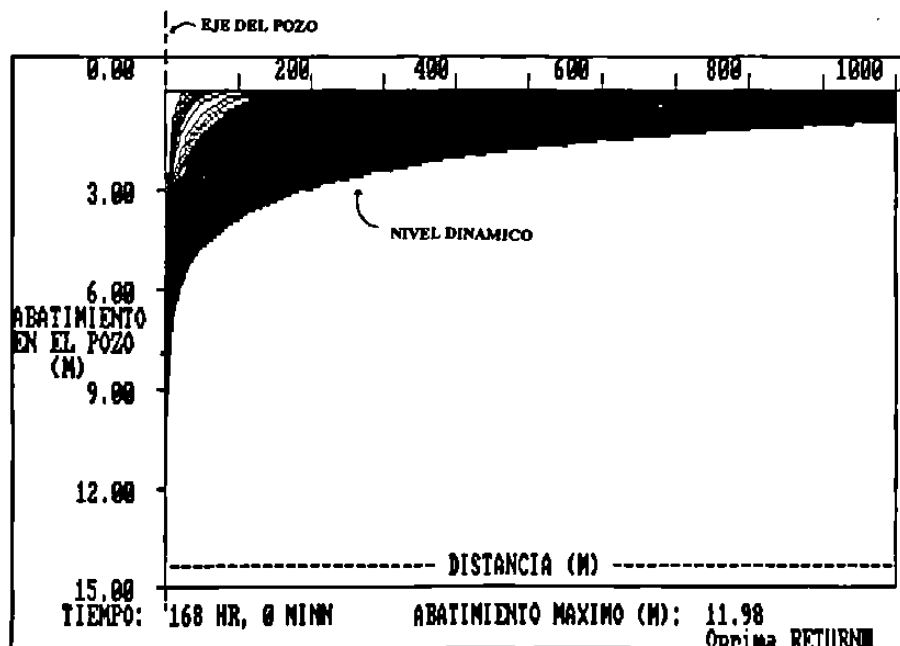


Fig 5.2. Cono de abatimiento generado en el pozo de bombeo No.313. La zona en abatimiento ha sido sombreada. Obsérvese que a la distancia de 1 km, todavía se abate el nivel casi 2 metros a la semana de iniciar el bombeo.

Una vez que se ha comprobado lo crítico que resulta el bombeo al paso de un tiempo de una semana en el pozo en mención; se hace uso de los datos básicos para seleccionar la bomba que mejor convenga.

Los datos básicos señalados para 1975, son el gasto y la carga de diseño dados por: $Q = 85$ lps y $H_t = 61.96$ metros, mismos que definieron el tipo de bomba mencionada anteriormente (pag.85) y que se muestra en la figura 5.3.

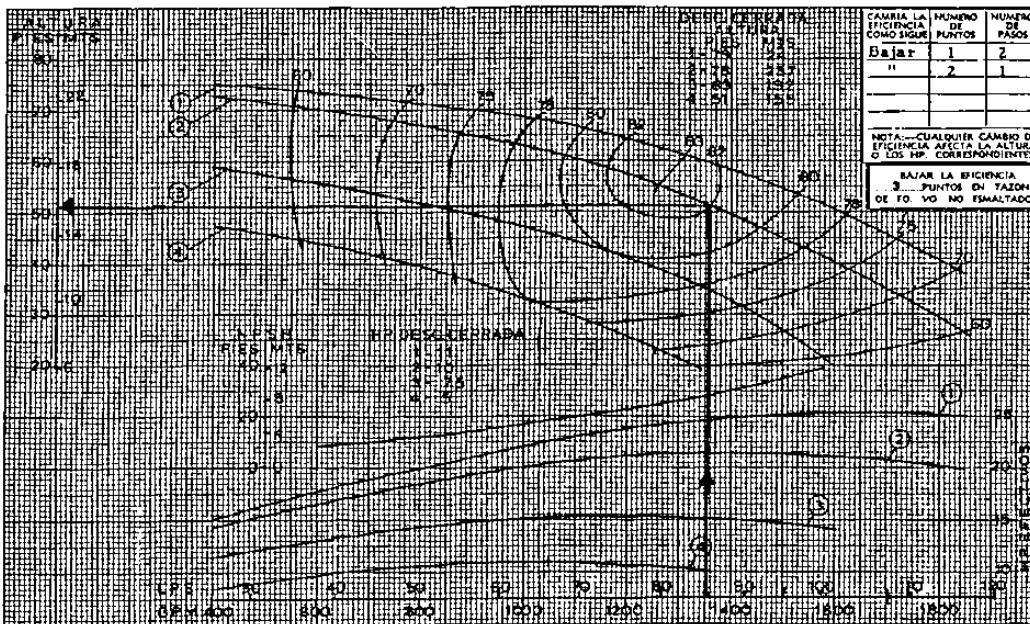


Fig. 5.3 Curva de operación de la bomba para el pozo No. 313 del ejemplo señalado anteriormente. Ofrece una carga por impulsor $H_i = 15.54$ m. y una eficiencia del 82% (curva 2) para un gasto de diseño de 85 lts/seg. El tipo es Peerless Tisa.

Como hemos visto, al avanzar el tiempo en el bombeo, el nivel de agua ha ido descendiendo paulatinamente en el acuífero, de tal manera que; en el paro del bombeo en Octubre 1989, el sondeo realizado por la Comisión Nacional del Agua reportó una profundidad al nivel estático en el pozo 313 de 73.10 m., valor que se incrementó notablemente con respecto al del año de 1975 que fue de 48.60 m. (ver la hoja No.7 del anexo A).

Con esta nueva profundidad al nivel estático, se deduce que la elevación al nivel estático en el año 1989 es: $(88.14 - 73.10) = 15.04$ msnm. De tal forma que al considerar el mismo valor de abatimiento ya calculado para el año 1975, se estima que la elevación topográfica para el nivel dinámico en 1989 es:

$$(15.04 - 12) = 3.04 \text{ msnm}$$

Ahora bien, de aquí resulta la siguiente interrogante, ¿cuales serían los gastos

en el pozo No.313 bajo las condiciones de los niveles señalados en ambos años, de acuerdo al equipo de bombeo seleccionado para los datos de diseño de 1975 ?.

Para la obtención de dichos gastos, se obtuvo el punto de operación de la curva de la bomba y la curva del sistema obtenida al nivel de la descarga del pozo.

Una forma de realizar lo anterior, es efectuando el cambio de la relación de la curva carga-gasto (H-Q) a la de carga hidráulica-gasto (CH-Q), encontrando los nuevos valores de dichas coordenadas, para ello se hace uso de la DEFINICIÓN de carga hidráulica comunmente conocida por la expresión:

$$CH = Z + P/\gamma \quad (5.4)$$

siendo:

CH = Carga hidráulica, msnm

Z = Elevación del nivel dinámico, msnm

P/γ = Presión dada para un valor de gasto, mts.

La ecuación anterior, arreglada de manera general para cada gasto y ambos años, empleada para obtener los nuevos puntos de las curvas de operación se expresa por:

$$\begin{aligned} CH_{1975}(Q) &= ND_{1975} + [4 * H(Q)] \\ CH_{1989}(Q) &= ND_{1989} + [4 * H(Q)] \end{aligned} \quad (5.5)$$

donde: ND₁₉₇₅ y ND₁₉₈₉, corresponden al nivel dinámico de 1975 (27.54 msnm) y 1989 (3.04 msnm) respectivamente, mientras que H(Q) representa la función de carga-gasto de la bomba; el factor 4 es el número de Impulsores de la bomba.

El primer punto para la nueva curva de operación CH-Q, para un valor de gasto 0.0 lts/seg usando la expresión (5.5), es:

$$\begin{aligned} CH_{1975} (0) &= 27.54 + (4 * 22) = 115.54 \text{ msnm} \\ CH_{1989} (0) &= 3.04 + (4 * 22) = 91.04 \text{ msnm} \end{aligned}$$

El resto de los puntos para dicha curva, se obtienen de una manera similar hasta completar un rango de gastos que estén comprendidos dentro de los que constituyen la curva de operación (curva 2) de la fig. 5.3.

Por otra parte, la determinación de la curva del sistema a la altura de la descarga de la bomba (89.50 msnm), se puede obtener al considerar despreciable las pérdidas de carga en la columna de bombeo, por lo que siendo así; el trazo de la curva del sistema resulta ser practicamente horizontal a esta altura ya especificada, tal como se puede ver en la fig. 5.4.

Por lo tanto, con la intersección entre ambas curvas y la línea de carga requerida de 89.50 msnm, se producen dos puntos de operación que arrojan valores de gasto: 86.03 lts/seg para las condiciones de 1975 y 34 lts/seg para el año de 1989.

Lo anterior, nos lleva a concluir y a responder a la interrogante anteriormente enunciada, de que el gasto producido por la bomba se reduce en un 60% al mes de Octubre de 1989, así como la eficiencia que resulta ser del 59% en 1989, contra un 82% en 1975.

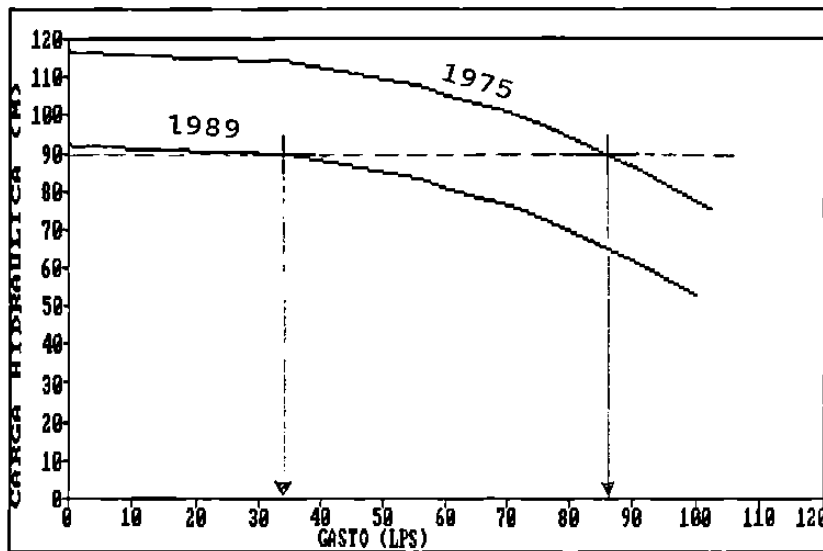


Fig. 5.4. Grafica que muestra la disminución del gasto en el pozo 313 con el diseño de la bomba propuesta al reducirse el nivel estático para 1989.

En tales condiciones, el Consumo de Energía eléctrica [CKWH, en kilowatts-hora], puede ser determinado por la expresión,

$$CKWH = \frac{Q \text{ Hd } t}{102 \text{ Eb } E_m} \quad (5.5)$$

donde: Q , lts/seg, es el gasto de bombeo producido; H_d , metros, es la carga dinámica a vencer por la bomba; t , horas, es el tiempo de bombeo empleado; E_b , adimensional, es la eficiencia de la bomba y E_m , adimensional, es la eficiencia del motor. Los tiempos de bombeo, t , pueden ser determinados por:

$$t = \frac{V_o}{3.6 \text{ Q}} \quad (5.6)$$

donde V_o , m^3 , es el volumen de agua a extraer.

Si consideramos, por ejemplo, la exigencia de bombear [1000 m³], y tomando en cuenta una eficiencia en el motor $E_m = 0.90$, y los gastos obtenidos de 86.03 lps, y 34 lps, tendríamos que los tiempos requeridos de bombeo son,

$$t_{1975} = \frac{1000}{3.6 \cdot 86.03} = 3.23 \text{ horas}$$

$$t_{1989} = \frac{1000}{3.6 \cdot 34} = 8.16 \text{ horas}$$

Finalmente, el Consumo de Energía a través de la ecuación 5.5, es:

$$E_{1975} = \frac{86.03 \cdot 62.00 \cdot 3.23}{102 \cdot 0.82 \cdot 0.90} = 228.87 \text{ KWH}$$

$$E_{1989} = \frac{34.00 \cdot 86.47 \cdot 8.17}{102 \cdot 0.59 \cdot 0.9} = 443.47 \text{ KWH}$$

Como puede verse, el Consumo de Energía para 1989 se ha incrementado en un 94%, lo cual nos da la oportunidad de comprobar la problemática que en la actualidad se tiene en los pozos del Valle de Caborca.

Al sustituir la ecuación (5.6) en la Ec.(5.5), se llega a obtener,

$$CKWH = \frac{HD \cdot V_o}{367.2 \cdot E_b \cdot E_m} \quad (5.7)$$

La expresión anterior, corresponde a la Ecuación General de Consumo Eléctrico, la cual está en función del volumen de agua a bombear, hecho que prácticamente simplifica los cálculos.

5.2.- Análisis de Sensibilidad Energética para el Acuífero.

Para tener una idea de la magnitud del Consumo de Energía eléctrica utilizado en los pozos del Valle de Caborca y a falta de un inventario exhaustivo de las capacidades de los equipos instalados, se realizó un análisis de sensibilidad energética efectuando las tres actividades siguientes:

A). Se seleccionaron los equipos de bombeo para los pozos considerados como vértice en el Modelo Geométrico antes citado, bajo los siguientes parámetros:

- PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO: El correspondiente a 1975 para cada pozo.
- ABATIMIENTO EN EL POZO: 12 m, para todos los pozos.
- GASTO DE BOMBEO: 85 lps.
- MODELO DE TAZON: 12 MB/2842487-E-2, Marca PEERLESS-TISA, 1760 RPM.
- CARGA POR IMPULSOR: 15.54 m.

B). Se determinaron los niveles de bombeo para cada año desde 1975 hasta 1989, calculando con ello los gastos de operación, así como sus eficiencias respectivas a partir de la curva de operación de la bomba citada anteriormente. Se consideró el valor de 12 metros como abatimiento propio para cada uno de los pozos.

C). Se aplicó la Ec. (5.7), para determinar la energía necesaria en [KWH] para bombear un volumen de 1000 m³, utilizando las eficiencias para cada año, obtenidas en el paso anterior. Esto se realizó para las tres zonas del acuífero.

5.2.1.- Evolución en Tiempo del Consumo Energético.

Debido al excesivo trabajo y por lo voluminoso de las operaciones, se incluyen aquí, solamente los resultados que provienen de los cálculos respectivos que se efectuaron en base a las actividades descritas, llegando a formarse con esos resultados, las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 para las tres zonas del acuífero.

Z O N A P O N I E N T E :

TABLA 5.1 Valores de [KWH] por cada [1000 m³] extraídos en cada pozo de la zona poniente, según el Análisis de Sensibilidad Energética realizado.

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
181	104	106	105	110	106	105	104	103	100	99	99	101	106	101	100
183	160	156	163	157	150	154	150	150	142	143	151	150	153	153	152
710	108	110	109	116	110	114	112	114	112	113	115	117	118	116	115
184	177	171	176	170	164	168	164	164	161	164	170	172	172	172	171
191	143	142	162	150	145	145	145	149	149	148	146	146	147	147	146
186	148	143	148	149	147	154	150	147	143	146	147	145	148	149	148
200	141	142	142	143	142	147	152	151	152	151	153	151	147	147	150
679	148	151	155	160	160	176	167	163	164	166	170	172	169	166	166
681	147	151	154	157	159	169	161	165	165	165	166	165	168	169	168
199	89	89	89	89	89	89	90	88	90	90	90	90	90	91	91

Tabla 5.1 (CONTINUACION...)

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
713	140	140	140	140	140	140	140	139	139	139	142	142	139	139	140
715	112	112	112	112	112	112	112	113	112	113	113	113	114	114	113
203	146	148	151	152	155	170	154	160	160	160	164	164	162	165	167
685	149	153	157	161	163	176	165	168	167	168	172	173	177	178	183
205	156	155	161	160	163	176	163	165	167	170	176	177	178	180	180
215	172	177	187	191	194	206	209	210	212	219	266	248	274	305	317
235	196	199	208	214	217	220	221	225	222	216	219	226	236	232	232
225	163	166	170	172	175	180	186	190	192	193	206	210	220	228	236
240	196	202	210	218	221	224	227	230	234	236	253	259	269	281	261
239	198	198	208	215	220	227	234	235	249	240	264	285	305	302	298
300	106	106	111	110	111	112	111	113	112	110	112	114	114	115	113
303	118	115	116	120	119	119	120	121	121	121	126	122	123	124	126
304	116	118	119	120	121	121	122	125	125	124	121	127	128	129	133
302	145	149	150	149	151	153	154	153	153	152	153	154	155	156	155
301	160	164	167	168	169	171	173	177	175	174	180	179	179	182	179
369	163	166	169	171	172	174	175	177	178	178	182	183	183	187	186
248	166	169	175	183	184	189	201	225	228	212	228	241	272	266	274
307	162	169	177	181	185	193	201	225	228	234	212	200	317	306	317
308	160	162	166	170	173	177	181	188	194	188	203	205	220	228	238
243	177	179	199	224	229	251	279	399	324	332	586	2765	0	0	0
247	198	204	211	215	220	226	231	241	238	238	252	264	279	286	292
321	94	94	94	94	94	93	93	93	94	94	94	93	94	94	93
329	140	140	142	141	142	141	142	142	141	141	142	142	144	143	143
331	144	146	145	148	146	148	148	149	147	146	149	148	149	149	149
328	171	168	172	178	177	175	178	184	183	178	184	186	189	191	191
335	157	157	157	157	152	155	152	152	152	154	157	157	162	163	164
334	157	159	159	158	157	157	158	160	160	161	165	169	168	169	171
323	88	88	88	88	87	87	87	88	87	87	88	88	88	88	88
337	145	143	145	142	141	141	141	141	140	136	139	132	133	133	133
287	144	144	145	144	142	142	141	141	140	139	140	141	141	143	142
292	120	114	116	114	112	112	111	111	111	109	117	121	121	118	118
291	121	118	119	120	120	120	119	119	119	118	119	119	120	119	119
298	150	148	151	151	149	148	147	147	147	145	146	144	143	143	143
266	159	160	166	167	170	174	178	182	177	184	189	197	215	218	217
269	176	178	204	200	210	219	229	295	259	262	230	235	266	268	268
264	178	178	192	194	199	212	223	242	243	241	259	283	332	332	332
283	205	208	214	217	220	225	228	235	233	237	242	248	257	257	257
265	170	175	182	185	191	196	199	216	223	230	248	258	338	813	555
390	219	221	224	227	232	236	242	236	254	260	262	276	293	286	281
314	232	238	244	252	262	278	292	301	306	314	333	355	417	526	696
315	215	219	224	227	233	239	244	249	256	257	266	279	298	315	326
316	219	223	227	230	235	239	243	248	252	261	271	276	284	292	299
241	201	203	208	217	222	229	236	244	251	254	263	279	300	311	321
319	219	226	234	238	245	255	265	275	284	290	309	332	360	390	416
313	225	231	237	236	243	251	261	257	254	263	270	281	295	333	402
388	211	216	220	219	222	229	234	253	254	260	268	274	287	295	308
218	195	200	210	216	219	228	234	241	241	243	255	258	274	286	291
233	222	224	230	237	244	253	268	282	279	282	314	315	333	352	377
210	175	177	184	189	193	208	217	236	239	252	280	296	394	669	981
230	179	184	191	197	210	226	235	273	258	284	400	478	1510	4368	0
226	170	170	176	179	181	192	195	195	200	224	234	249	293	317	445

Tabla 5.1 (CONTINUACION...)

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
229	198	199	204	207	212	219	222	228	229	232	242	244	249	253	258
232	207	208	212	218	220	223	227	237	239	241	249	255	262	274	282
109	211	212	216	220	221	223	226	232	234	236	239	241	245	247	251
107	213	214	217	221	222	226	232	239	242	250	254	257	261	275	287
348	226	226	229	231	229	238	234	252	251	254	265	264	287	286	292
122	173	176	200	192	202	199	197	228	210	212	245	242	320	1165	1052
126	169	174	191	184	186	189	187	206	195	201	224	234	283	315	409
114	220	219	223	225	224	230	239	246	249	261	259	256	263	267	288
118	233	234	245	242	246	252	258	261	265	265	271	276	280	312	306
400	211	209	214	215	210	218	223	232	230	228	240	242	245	256	259

ZONA CENTRAL:

TABLA 5.2 Valores de [KWH] por cada [1000 m³] extraídos en cada pozo de la zona central, según el Análisis de Sensibilidad Energética realizado.

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
118	233	234	245	242	246	252	258	261	265	265	271	276	280	312	306
169	254	256	259	263	264	271	262	278	276	267	275	282	286	293	293
404	221	222	223	225	225	226	229	238	238	238	244	244	255	261	267
400	211	209	214	215	210	218	223	232	230	228	240	242	245	256	259
409	142	143	146	150	150	151	154	159	158	160	165	167	173	175	179
413	314	316	318	320	321	329	327	329	334	332	338	339	346	351	353
410	168	170	173	180	180	178	182	187	191	192	198	205	209	220	227
131	224	227	231	233	234	239	243	247	252	251	260	263	267	277	280
146	277	275	282	280	281	287	291	294	301	294	306	311	318	325	323
473	274	276	280	286	280	290	290	300	295	297	310	310	313	330	317
492	291	293	295	308	307	321	320	316	324	331	342	339	361	358	355
139	276	277	294	296	300	303	309	308	299	319	327	355	363	365	366
148	325	329	333	332	333	337	338	352	350	338	351	348	348	351	348
162	283	286	292	297	300	306	306	318	318	306	327	331	332	355	361
144	283	284	286	292	294	297	297	299	300	296	297	299	305	313	320
164	326	330	341	341	340	351	353	355	354	352	362	364	376	383	380
176	281	284	289	291	295	315	315	315	312	318	323	330	341	351	363
165	289	293	300	305	310	317	329	328	334	340	347	356	370	408	392
577	263	267	272	276	277	284	287	290	293	298	307	312	321	333	329
101	270	272	276	277	281	286	289	290	293	299	305	313	327	336	347
626	326	323	330	330	337	344	349	347	347	342	348	368	396	386	390
81	281	278	286	288	293	301	303	303	312	312	321	328	353	361	366
84	271	271	275	278	282	282	285	286	289	290	294	303	307	306	308
77	280	282	291	295	297	299	306	308	312	317	327	342	306	375	397
82	281	283	291	311	317	326	327	347	342	335	348	351	375	382	406
90	287	288	290	291	296	301	306	316	324	331	345	352	373	375	387
85	268	267	267	272	275	277	280	288	294	289	294	296	301	311	303
105	334	333	336	336	338	341	343	348	354	359	359	367	380	386	389
104	279	278	284	286	292	298	305	322	326	331	338	345	369	382	391
75	280	282	287	291	285	299	305	304	305	311	323	333	339	348	360

Tabla 5.2 (CONTINUACION...)

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
73	275	282	282	283	285	297	294	296	298	302	308	313	316	327	332
151	347	342	339	352	357	355	359	349	359	358	359	361	370	382	373
499	326	328	336	336	336	351	359	366	366	361	379	394	425	444	448
587	317	318	325	325	325	336	345	354	354	358	362	373	391	403	434
54	319	324	336	340	338	356	363	369	364	365	375	412	436	462	482

ZONA ORIENTAL

TABLA 5.3 Valores de [KWH] por cada [1000 m³] extraídos en cada pozo de la zona oriental, según el Análisis de Sensibilidad Energética realizado.

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
88	295	298	301	303	304	306	307	308	310	311	312	316	322	325	351
87	290	294	296	299	301	304	313	316	320	321	326	324	331	335	347
89	328	327	328	329	333	334	340	343	346	349	353	352	355	358	362
80	292	295	296	298	303	305	314	321	326	329	334	332	345	352	363
591	216	218	221	225	227	232	239	250	250	253	258	260	273	281	280
55	263	271	279	283	278	291	291	306	296	293	299	297	307	328	337
79	232	236	241	244	241	253	256	258	260	290	274	299	332	371	406
54	319	324	336	340	338	356	363	369	364	365	375	412	436	462	482
49	253	260	270	275	271	283	285	294	292	287	290	293	298	310	311
50	271	279	289	295	289	300	298	309	308	298	296	295	308	320	327
91	279	283	286	294	296	296	307	316	321	323	322	328	342	348	353
42	278	285	293	299	301	301	305	320	325	314	309	304	321	329	339
95	115	118	130	128	113	120	120	121	121	114	113	124	153	190	208
97	104	105	106	107	100	105	106	110	102	100	101	107	113	118	119
98	120	126	146	146	126	151	194	459	146	132	127	200	0	0	0
94	179	169	175	185	172	177	182	180	180	174	171	205	210	237	261
521	147	148	149	155	145	153	157	162	154	146	149	157	164	167	167
9	214	215	221	218	210	219	224	215	218	209	213	221	228	228	227
14	159	160	165	166	153	163	166	173	160	154	156	168	173	178	175
13	226	226	232	233	225	231	236	240	230	222	221	233	236	241	239
25	228	229	233	235	226	234	239	243	233	226	209	220	226	229	244
19	140	142	147	149	147	144	147	160	147	139	143	156	162	166	161
20	212	214	218	219	211	220	225	228	220	213	213	221	226	228	227
21	164	166	171	173	158	170	174	183	167	157	158	170	178	179	177
32	253	259	260	262	260	266	268	270	267	257	257	260	262	263	258
24	199	202	206	209	204	212	214	219	211	203	198	202	203	207	207
39	197	199	202	204	200	206	209	215	211	203	199	198	201	202	205
27	275	274	275	275	283	277	276	278	277	265	254	255	256	257	250
31	229	231	232	235	234	236	236	238	235	227	220	224	224	224	229
599	212	217	223	224	221	225	228	230	229	221	215	212	212	215	218
614	276	278	281	284	285	286	284	286	283	280	277	275	277	282	274
603	155	159	163	164	179	186	191	195	187	181	176	172	174	176	179
600	210	215	220	223	221	224	227	229	226	221	214	209	210	212	214

Tabla 5.3 (CONTINUACION...)

POZO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
612	204	206	207	211	207	209	210	213	208	203	199	196	198	201	203
602	217	220	224	228	226	227	230	234	230	224	215	209	210	216	217
615	227	231	235	240	232	234	236	244	243	234	226	220	224	227	231
658	257	260	264	267	268	268	270	270	264	255	248	246	250	256	260
666	236	236	236	235	232	229	229	229	218	208	218	227	231	232	231
621	282	284	285	284	284	284	283	283	280	278	278	271	276	278	282
663	264	265	264	263	263	263	265	265	256	244	245	250	254	256	261

Una vez que se han tabulado los resultados del análisis de la energía, se presenta en la tabla 5.4 un resumen grueso del comportamiento Energético anteriormente obtenido, donde se muestran los porcentajes del número total de pozos del Modelo Geométrico con un incremento en el Consumo de Energía dentro de los intervalos en KWH que se marcan en cada columna para las zonas de estudio. El término C.Dis. de la tabla, agrupa el porcentaje de los pozos que tuvieron una disminución en el consumo de energía, mientras que la columna de **INUTILIZADOS**; especifica la cantidad de pozos que para los niveles de 1989, resultaría inadecuado el equipo de bombeo propuesto anteriormente. Los datos fueron obtenidos al restar el consumo energético unitario de 1989 con el de 1975 y colocándolo al pozo en el intervalo que correspondía según la diferencia y sacar su porcentaje de acuerdo al número total de pozos.

Tabla 5.4 Porcentaje del número total de pozos con un incremento en el consumo de energía dentro del intervalo de la columna.

Z O N A	C.Dis.	0-25	25-50	50-75	75-100	C>100	INUTILIZADOS
PONIENTE	14.1	36.6	22.5	8.5	7.0	11.3	2
CENTRAL	0	48.6	48.6	2.9	0	0	0
ORIENTE	17.5	62.5	10.0	5.0	2.5	2.5	1

Como puede verse, el impacto en el aumento del consumo de energía debido al abatimiento en el nivel estático ha sido variable en cada zona. Se observa que, para la Zona Poniente, mas de la cuarta parte de los pozos tuvo un incremento igual o mayor que 50 KWH; mientras que cerca de la mitad tuvieron un incremento de 25 KWH o menor. Aparecieron dos pozos cuya capacidad de bombeo quedó nulificada.

En la Zona Central las variaciones están mas definidas, puesto que, casi la totalidad osciló de 0-50 KWH de incremento, con un cero porcentaje de pozos de energía disminuída. Sin embargo, la mitad de ellos tuvieron un aumento de 25 KWH o más.

Finalmente, para la Zona Oriente se observa un comportamiento muy satisfactorio, debido a que, mas de las tres cuartas partes de los pozos tuvieron un incremento menor de 25 KWH, resaltando un 17.5% de los pozos que presentaron consumos disminuídos.

De los resultados anteriores, se desprende que la Zona Poniente tiene una tendencia a incrementar sus consumos a través de los años con mas incidencia que en las restantes, mientras que la Zona Oriente resulta ser de las menos impactadas, y con tendencias a disminuir consumos al paso del tiempo por la susceptibilidad a recibir recargas naturales.

5.2.2.- Energía Eléctrica Media de Consumo.

Para concretar una idea de los requerimientos energéticos en espacio, se procedió a determinar un diseño de los equipos de bombeo específicamente para los niveles estáticos de 1989, de un modo similar al efectuado para la evolución en tiempo en el apartado anterior; con el gasto de 85 lps, el mismo abatimiento de 12 m. y el mismo modelo de bomba propuesto. Los resultados aparecen en la tabla 5.5, donde se muestran la cantidad de impulsores necesarios y la potencia requerida en el motor, así como el consumo en KWH por cada 1000 m³ de extracción.

Tabla 5.5. Diseño de los equipos de bombeo para los pozos del Modelo Geométrico

--- ZONA PONIENTE ---									
NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH	NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH
181	25.60	2	50	100.3	183	38.95	3	75	151.7
710	31.17	2	60	115.0	184	46.30	3	100	171.2
191	36.70	3	75	146.4	186	37.50	3	75	148.3
200	38.08	3	75	149.7	679	44.30	3	100	166.1
681	45.20	3	100	168.4	199	21.20	2	40	90.6
713	33.78	3	60	140.1	715	30.60	2	60	113.5
203	44.85	3	100	167.5	685	50.20	4	100	198.2
205	49.10	4	100	195.6	215	64.48	5	125	251.8
235	63.00	4	125	232.0	225	59.40	4	125	222.3
240	71.00	5	125	269.2	239	76.85	5	150	284.6
300	30.54	2	60	113.3	303	34.50	3	75	141.6
304	36.00	3	75	144.7	302	40.30	3	75	155.3
301	48.90	4	100	195.1	369	51.00	4	100	200.1
248	62.45	4	125	230.3	307	64.50	5	125	251.9
308	59.62	4	125	222.9	243	85.25	6	150	323.2
247	75.90	5	150	282.1	321	22.55	2	40	93.5
329	35.16	3	75	142.9	331	38.00	3	75	149.5
328	52.00	4	100	202.4	335	43.50	3	100	163.9
334	46.28	3	100	171.2	323	19.80	2	40	88.0
337	30.10	2	60	112.2	287	34.77	3	75	142.1
292	32.00	2	60	117.5	291	32.36	2	60	118.7
298	35.00	3	75	142.6	266	56.72	4	100	215.2
269	62.15	4	125	229.4	264	65.00	5	125	253.0
283	70.00	5	125	266.5	265	67.40	5	125	259.4
390	74.35	5	150	278.1	314	89.56	6	200	334.6
315	80.58	6	150	310.5	316	77.00	5	150	285.0
241	80.05	6	150	309.0	319	85.70	6	150	324.4
313	85.10	6	150	322.8	388	78.18	5	150	288.2
218	75.85	5	150	282.0	233	83.90	6	150	319.6
210	69.05	5	125	264.0	230	73.20	5	150	275.1
226	66.50	5	125	256.9	229	70.25	5	125	267.2
232	74.50	5	150	278.5	109	68.60	5	125	262.7
107	75.20	5	150	280.3	348	75.95	5	150	282.3
122	69.20	5	125	264.4	126	66.10	5	125	255.8
114	75.31	5	150	280.6	118	77.95	5	150	287.5
400	70.50	5	125	267.9					
--- ZONA CENTRAL ---									
NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH	NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH
118	77.95	5	150	287.5	169	79.75	5	150	293.1
404	72.15	5	150	272.3	400	70.50	5	125	267.9
409	48.90	3	100	179.1	413	96.19	6	200	353.2
410	58.15	4	125	219.0	131	74.25	5	150	277.9
146	87.85	6	200	330.1	473	86.40	6	200	326.3
492	93.48	6	200	344.8	139	95.13	6	200	350.0
148	94.65	6	200	348.5	162	94.40	6	200	347.7
144	87.29	6	200	328.7	164	103.80	7	200	388.6
176	94.71	6	200	348.7	165	98.68	7	200	375.0
577	89.22	6	200	333.7	101	92.20	6	200	341.4
626	106.10	7	200	394.6	81	95.05	6	200	349.7
84	84.30	6	150	320.7	77	99.36	7	200	376.8
82	100.60	7	200	380.1	90	98.10	7	200	373.4
85	83.00	6	150	317.1	105	105.90	7	200	394.1
104	98.60	7	200	374.8	75	94.16	6	200	346.9
73	90.00	6	200	335.8	151	102.06	7	200	384.0
499	115.33	8	250	435.4	587	113.40	8	200	430.3
54	120.00	8	250	447.7					

Tabla 5.5 (CONTINUACIÓN...)

— ZONA ORIENTE —									
NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH	NPO	HD(M)	NTAZ	P(Hp)	KWH
88	92.83	6	200	343.1	87	92.23	6	200	341.5
89	99.19	7	200	376.4	80	94.70	6	200	348.6
591	74.17	5	150	277.6	55	90.70	6	200	337.6
79	85.25	6	150	323.2	54	120.00	8	250	447.7
49	85.05	6	150	322.7	50	88.80	6	200	332.6
91	93.15	6	200	343.9	42	91.05	6	200	338.5
95	42.86	3	75	162.2	97	32.59	2	60	119.4
98	57.05	4	100	216.1	94	61.64	4	125	228.1
521	44.55	3	100	166.7	9	61.03	4	125	226.5
14	47.47	3	100	174.7	13	65.24	5	125	253.6
25	66.88	5	125	258.0	19	42.57	3	75	161.5
20	61.24	4	125	227.0	21	48.21	3	100	177.0
32	66.85	5	125	257.9	24	53.84	4	100	207.3
39	52.95	4	100	204.8	27	63.87	4	125	234.7
31	62.01	4	125	229.0	599	57.72	4	125	217.9
614	72.74	5	150	273.9	603	49.03	4	100	195.4
600	56.27	4	100	214.0	612	52.34	4	100	203.2
602	57.27	4	100	216.7	615	62.62	4	125	230.8
658	67.57	5	125	259.9	666	62.72	4	125	231.1
621	75.72	5	150	281.7	663	67.94	5	125	260.9

Con relación a la capacidad de los motores en los equipos de bombeo, es fácil notar en la tabla anterior que, la Zona Central, exige una mayor capacidad instalada que las dos restantes, observándose que la mayoría de los pozos solicita motores de 200 HP, con una mayor variedad en el resto de las zonas.

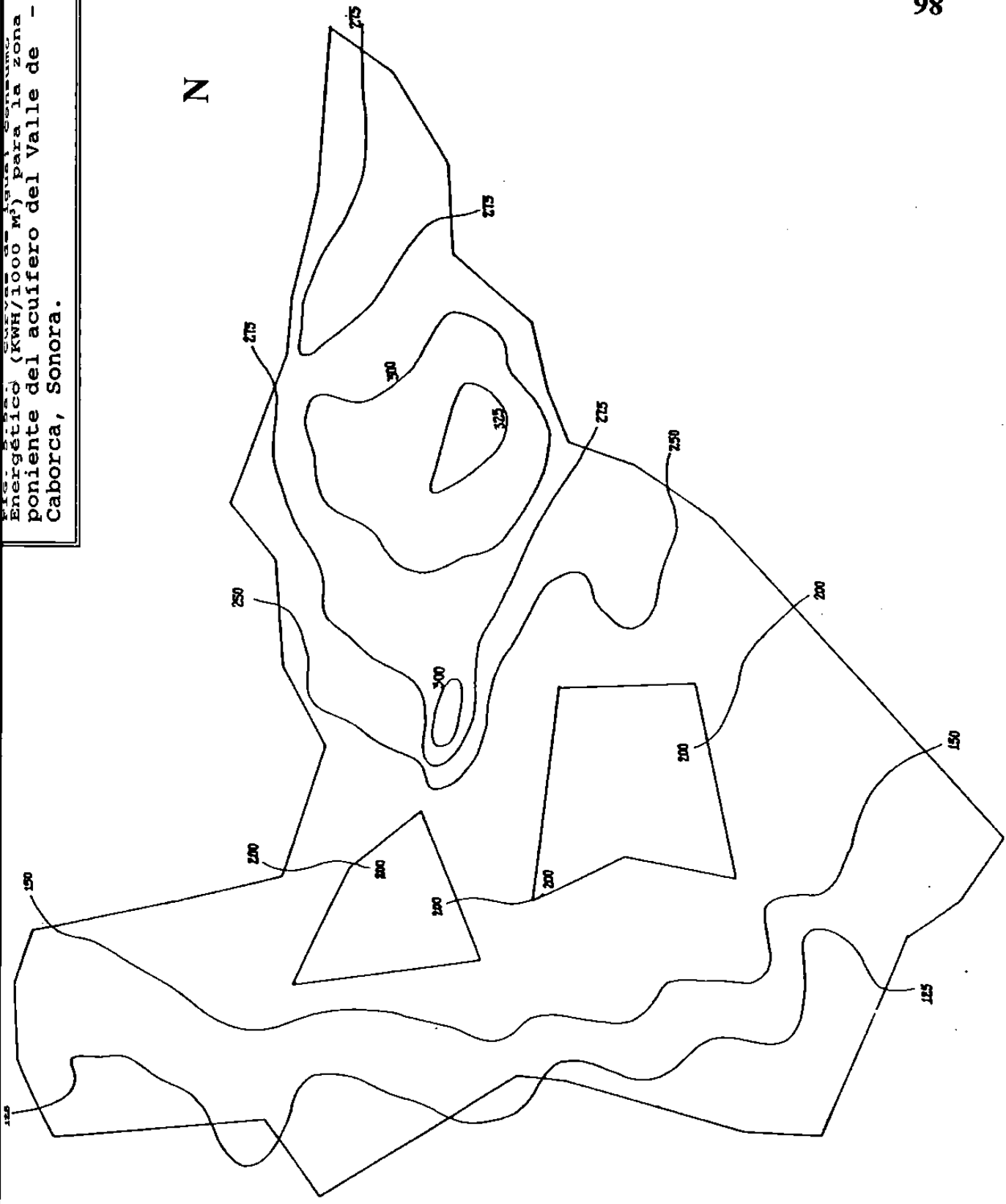
En base a los resultados mostrados en la tabla anterior, se elaboraron los planos que aparecen en la Fig 5.5 de la página siguiente, donde se aprecian las curvas de igual consumo energético, a partir de las cuales se calcularon los porcentajes del área total para cada zona de estudio, mismos que se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Porcentaje del Area Total con un requerimiento energético localizado en el intervalo de la primer columna

INTERVALO DE CONSUMO DE ENERGIA (KWH)	% DE AREA ZONA PONIENTE	% DE AREA ZONA CENTRAL	% DE AREA ZONA ORIENTE
E <150	31.4	0	0
150-200	17.1	0.7	8.8
200-250	15.0	5.8	51.1
250-275	13.3	6.2	17.4
275-300	13.7	10.0	4.9
300-325	8.4	8.2	4.7
325-350	1.1	35.9	9.8
350-375	0	22.9	1.5
375-400	0	3.9	0.9
400-425	0	3.4	0.7
E >425	0	3.0	0.2

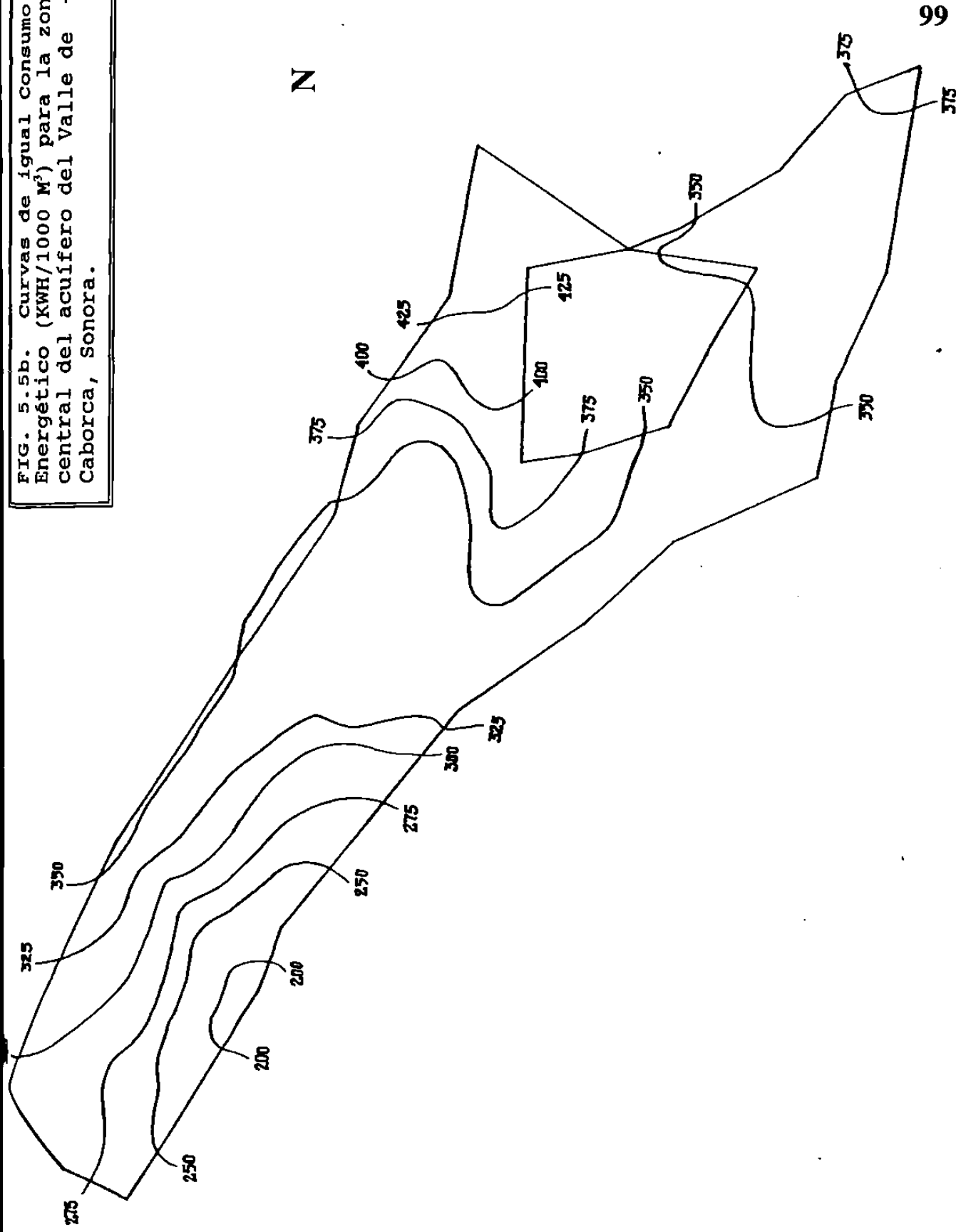
El promedio de consumo para la Zona Poniente resultó ser de 245 KWH/1000 m³, sin embargo, si se elimina la parte costera por la escasa presencia de pozos de bombeo en operación, considerándose únicamente la superficie correspondiente a las curvas mayores de 250 KWH/1000 m³, observamos que el consumo resulta ser de 285 KWH/1000 m³. Para la Zona Central, se obtuvo un promedio de 331 KWH/1000 m³, mientras que para la Zona Oriente, los cálculos arrojaron un resultado de 250 KWH/1000 m³. Como es fácil hacer notar, se tiene un mayor consumo en la Zona Central, siendo la Zona Oriente la mas favorable.

FIG. 5. Mapa de Isoenergías del Acuífero Sonora Energético (KWH/1000 M³) para la zona poniente del acuífero del Valle de Caborca, Sonora.



N

FIG. 5.5b. Curvas de igual Consumo Energético (KWH/1000 M³) para la zona central del acuífero del Valle de Caborca, Sonora.



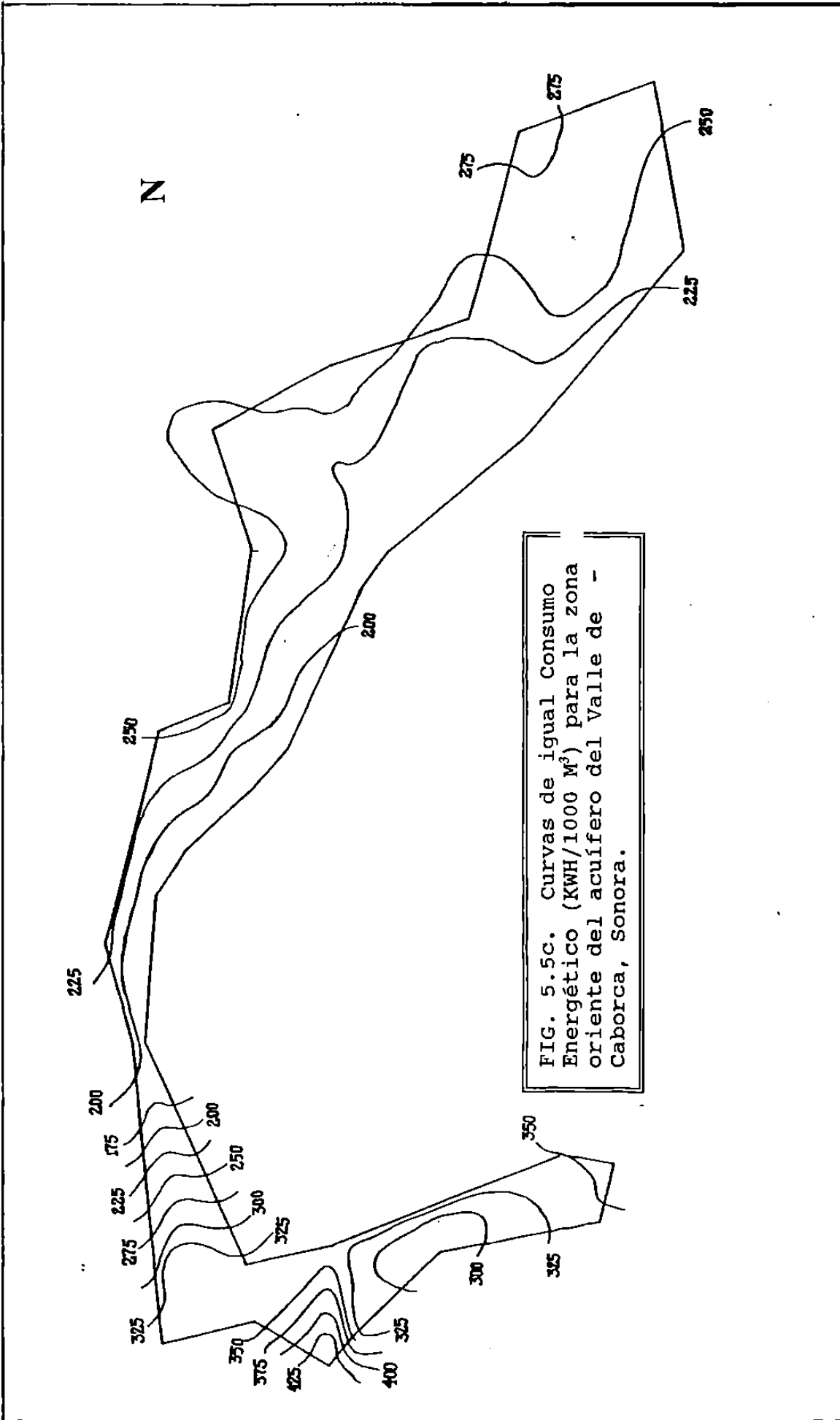


FIG. 5.5c. Curvas de igual Consumo Energético (KWH/1000 M³) para la zona oriente del acuífero del Valle de Caborca, Sonora.

5.3.- Inversión Utilizada para el Pago de Energía Eléctrica

La política de alentar a la agricultura ha llevado al Gobierno Mexicano a, promover una tarifa especial para el cobro de la energía eléctrica utilizada para la operación de los equipos de bombeo en la explotación del agua subterránea.

Según el Acuerdo aparecido en el Diario Oficial del día 28 de Mayo de 1990, la TARIFA No.9 dedicada al SERVICIO PARA BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRICOLA estableció la siguiente especificación de cobro (Pág.4):

"2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

2.1 Cargos por energía consumida

- \$ 46.77 (cuarenta y seis pesos setenta y siete centavos) por cada uno de los primeros 5,000 (cinco mil) Kilowatts-hora.
- \$ 55.91 (cincuenta y cinco pesos noventa y un centavos) por cada uno de los siguientes 10,000 (diez mil) kilowatts-hora.
- \$ 61.71 (sesenta y un pesos setenta y un centavos) por cada uno de los siguientes 20,000 kilowatts-hora.
- \$ 68.52 (sesenta y ocho pesos cincuenta y dos centavos) por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores"

Esta tarifa, ha recibido aumentos porcentuales de un modo mensual, a través del Acuerdo del 12 de Noviembre de 1990, donde se especifica que,

"ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE DE LAS TARIFAS PARA EL SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA".

SEGUNDO.- Sobre las cuotas por consumo de energía eléctrica a que se refiere la tarifa No.9, se aplicará mensualmente y en forma acumulativa un factor de ajuste de 1.03, durante la vigencia del presente Acuerdo."

Dicho Acuerdo, posteriormente fué ratificado el día 10 de Noviembre de 1991, donde a la letra dice,

"ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE Y REESTRUCTURACION DE LAS TARIFAS PARA EL SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA ...

CUARTO. La Tarifa No.9 de Servicio de Bombeo para Riego Agrícola seguirá aplicándose de la misma manera, manteniéndose el factor de ajuste mensual acumulativo de 1.03 (uno punto cero tres) autorizado en el Acuerdo tarifario publicado en el Diario Oficial de la Federación del 12 de Noviembre de 1990."

En la presente Investigación, con el fin de tener una idea general de la inversión utilizada para el pago de energía eléctrica, se realizó una estimación gruesa de la inversión en el ciclo 1989-1990, donde según datos de la Comisión Nacional del Agua, fueron extraídos un total de 354 Millones de M³. Haciendo un reparto por zona de acuerdo a la superficie de riego existente, se podrá manejar las siguientes cifras, considerando un costo promedio de la energía de \$ 68.52 por KWH, la inversión necesaria para el pago de energía se resume en la tabla 5.7

Tabla 5.7 Inversión utilizada para el pago de Energía Eléctrica

ZONA	VOLUMEN (mill. M3)	ENERGIA PROMEDIO (KWH/1000 M3)	ENERGIA REQUERIDA (mill. KWH)	TOTAL (mill.\$)	TOTAL (mill N\$)
PONIENTE (40%)	141.6	285	40.356	2,765.0	2.76
CENTRAL (40%)	141.6	313	44.321	3,037.0	3.04
ORIENTE (20%)	70.8	250	17.700	1,212.0	1.21

En realidad, podrían presentarse costos mas altos que los aquí mencionados, pues se han considerado las eficiencias máxima esperadas para cada equipo de bombeo. Se cree que la inversión anual podría oscilar entre los 7 y 10 millones de Nuevos Pesos.

Dada la importancia de la Región, las cuantiosas inversiones antes señaladas obligan a pensar en mantener un estricto control de los equipos de bombeo para sostener a los mismos dentro de un rango de máxima eficiencia. En torno a esto, a partir de 1991, la Comisión Nacional del Agua inició un estudio para hacer cuantiosas inversiones en un esfuerzo por mejorar los equipos de bombeo instalados en los pozos e intentar reducir los altos costos de energía. Sin embargo, como hemos visto, algunas zonas de riego resultan menos costosas que otras debido a que poseen un nivel estático de aguas mas somero. Ante ello, las zonas mas desfavorecidas compiten con gran desventaja.

5.4.- Pronóstico de Consumos Energéticos para el Año 2000.

Con las consideraciones anteriores, y tratando de hacer un pronóstico grueso de los consumos esperados para el año 2000, el incremento en el requerimiento promedio de energía eléctrica por concepto de abatimientos puede ser estimado de acuerdo a los cálculos realizados en la Tabla 5.8, de la manera siguiente:

Tabla 5.8. Incremento en el requerimiento promedio de energía eléctrica

ZONA	ABATIMIENTO MEDIO ANUAL (M)	ABATIMIENTO ESPERADO (M) EN 10 AÑOS	INCREMENTO EN EL CONSUMO PROMEDIO (KWH/1000M ³)	CONSUMO PROMEDIO DE ENERGIA ELEC. (KWH/1000m ³)		INCREMENTO (%)
				1989	1999	
PONIENTE	0.80	8.0	29.5	285	314.5	10
CENTRAL	1.20	12.0	44.3	331	375.3	13
ORIENTE	0.42	4.2	15.5	250	265.5	6

NOTA: Por facilidad de cálculos, se consideró que el abatimiento en 1999, es 10 veces mayor que el de 1989, aceptando que el valor real del abatimiento depende de otros factores hidráulicos propios de la dinámica del acuífero.

El abatimiento medio anual, corresponde al valor obtenido en el capítulo cuatro para la zona correspondiente a través del Modelo Geométrico, mientras que el incremento en el consumo promedio, fué obtenido al utilizar la Ec.(5.7) con los datos de eficiencia anteriormente especificados, de modo que, al sumarle al consumo de 1989 el incremento obtenido nos dará el valor para el año 1999 (2000).

Como puede verse, para la Zona Oriente se espera un incremento promedio del 6%, mientras que para la Zona central llega al 13%, esto puede representar una erogación económica adicional muy significativa, tan solo por consumos de energía eléctrica. Actualmente se habla del corte de energía a casi 300 pozos (noticia de "El Imparcial" 1994), según se ve en el recorte de la página siguiente.

Los argumentos aquí vertidos, representan aproximaciones del estado de Consumos Energéticos que guardan los requerimientos de los pozos del Acuífero del Valle de Caborca. Para un análisis mas estricto, se necesitará un inventario exhaustivo de las instalaciones, acción de recopilación iniciada por el cuerpo técnico de la Comisión Nacional del Agua. Sin embargo, los índices obtenidos en esta Investigación pueden dar una idea de las inversiones requeridas.

Caborca

3/E EL IMPARCIAL

HERMOSILLO, SONORA, VIERNES 5 DE AGOSTO DE 1994

Cortarían energía a 300 pozos

Deben productores cubrir sus adeudos: CFE

Por José Antonio Pérez

CABORCA, Son., agosto 4 (PH). - Más de 300 pozos de uso agrícola serán sujetos al corte de energía eléctrica, de no cubrir a la brevedad las facturaciones pendientes, informó Guillermo Schwarzbeck Córdova.

El superintendente de zona de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) precisó que hasta la fecha el número de pozos cortados es mínimo, pero podría generalizarse y llegar a 348 si los productores no acuden a cu-

brir sus adeudos.

Especificó que a la fecha suman 2 millones 28 mil Nuevos Pesos las facturaciones de tarifa 09 que no se han cubierto y por tanto, se procederá a cortar el suministro de energía a los usuarios.

"Hasta el momento son 39 los pozos cortados, pero como ya está vencida la facturación se procederá al corte inmediato del servicio sin excepción, a menos que se pague el pasivo existente", dijo.

Una vez cortados los pozos, agregó, si no cubren sus adeudos en 10 días serán sujetos a la suspensión definitiva del servicio.

"Ya no es posible dar más prórrogas para el pago de los consumos de energía, porque se han dado demasiadas oportunidades a los

productores de ponerse al corriente", subrayó.

Schwarzbeck Córdova señaló que la postura de CFE pretende evitar que se vuelva a llegar a tener problemas con adeudos millonarios de parte de los productores agrícolas.

Expuso la necesidad de que los agricultores analicen prioridades y cubran sus adeudos ante la parastatal antes que otros compromisos, para asegurar el suministro de energía eléctrica y por ende el abastecimiento de agua para riego.

El funcionario federal reiteró que las políticas de CFE son muy claras y no hay apertura de negociación en cuanto a los adeudos porque la energía consumida debe pagarse a tiempo sin excepción alguna.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES:

I.- La región beneficiada por la explotación del acuífero del Valle de Caborca, Sonora, depende primordialmente de actividades agrícolas y ganaderas, con productos entre los que destacan trigo, cártamo, garbanzo y vid. Por lo que, deberá planearse una adecuada rotación de los cultivos, adecuando y modernizando los sistemas de riego que actualmente se tienen, esto con el fin de aprovechar racionalmente el AGUA SUBTERRANEA, único recurso disponible y seguro en el Valle.

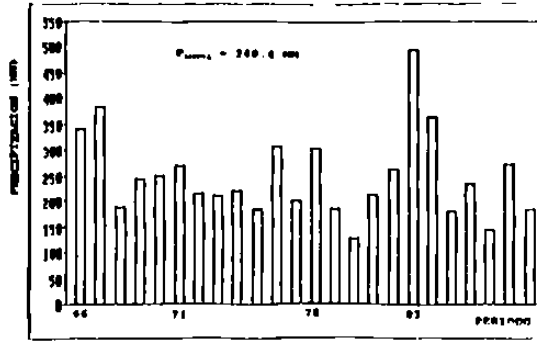
II.- De acuerdo al análisis de Climatología realizado, se ha constatado que por encontrarse la zona de estudio en las inmediaciones del desierto de altar, provoca que se tenga una posición completamente desfavorable y que sea poco probable la presencia de abundantes lluvias en el período de verano, mucho menos contar con precipitaciones debidas al paso de un huracán. Esto hace concluir, que en la región solo existen dos períodos de lluvias bien definidos, entre los meses de Julio hasta Septiembre y los de Diciembre a Enero, reafirmandose que en los meses de Julio y Agosto se tiene la mayor probabilidad de lluvia abundante. Siendo así, deberá tomarse muy en cuenta para aprovechar al máximo los beneficios que deje la escorrentía superficial a lo largo del cauce del Río Asunción.

III.- La formación Geológica que sustenta el desarrollo de la zona estudiada, es un acuífero constituido por rellenos aluviales, arenas y gravas con intercalaciones de materiales finos, limitados inferiormente por formaciones arcillosas, con características hidráulicas promedio del coeficiente de Transmisibilidad y de Almacenamiento de 862 m³/día y de 0.00304, respectivamente.

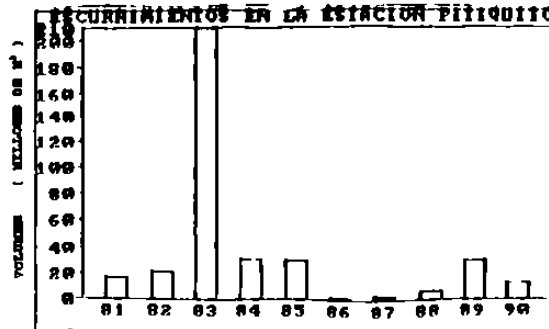
IV.- De acuerdo a las estimaciones hidrométricas de Pitiquito II realizadas para período 1981-1991, se tiene que el año de mayor volumen escurrido que se ha presentado en esa estación ha sido el de 1983 con un total de 209.2 millones de metros cúbicos; observandose que solo en Octubre de ese año, la aportación ascendió a un total de 112.5 millones de metros cúbicos, destacando una importante avenida en ese mes. Siendo que, la precipitación total anual presentada en 1983, fué de 494.1 mm, valor que duplica a la media anual y que marca un precedente máximo extremo en la región, puesto que no es muy común éste tipo de precipitaciones.

V.- Así mismo, las estimaciones hidrométricas realizadas, indican que la mayoría de los pozos ubicados en la Zona Oriental del Acuífero, resultan beneficiados con las infiltraciones provenientes de los escurrimientos del Río Magdalena. Se deduce de esto que, el resto de la zona de explotación (Zona Central y Poniente del Acuífero), no obtienen el mismo beneficio por estar mas alejadas del rumbo que toma el cauce del Río Asunción y por la ausencia de abundantes lluvias en la región. La Fig. 6.0 de la siguiente página, muestra una serie de graficas, desde la variación de la precipitación anual en el período de estudio, siguiendole la variación de los escurrimientos observados en Pitiquito II debido a esas lluvias, hasta la representación grafica de los niveles estáticos en algunos pozos que resultan beneficiados con el paso de precipitaciones.

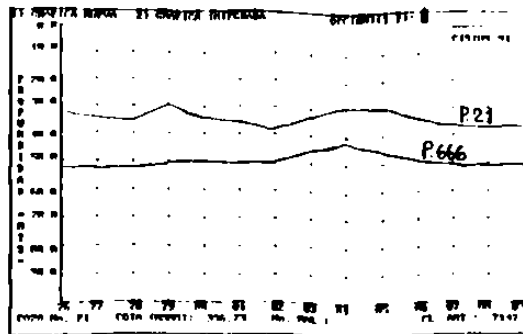
GRAFICA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN LA ESTACION "PITIQUITO" DEL PERIODO 1966-1989.



GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DEL VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO EN "PITIQUITO" DEL PERIODO 1981-1990.



NIVELES ESTATICOS DE LOS POZOS No. 666 y 21, CERCANOS AL CAUCE DEL RIO ASUNCION



NIVELES ESTATICOS DE LOS POZOS No. 614, 492 y 107, DISTANTES DEL CAUCE DEL RIO.

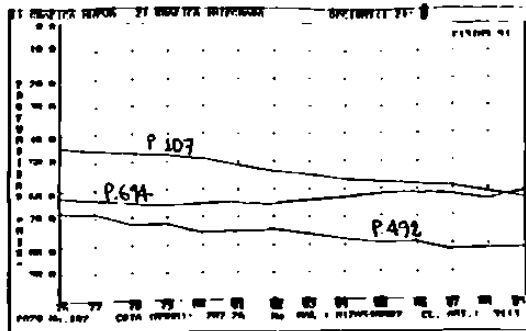


Fig. 6.0 . Serie de graficas, donde se puede observar que la variación de la precipitación anual, da una muestra de la posible variabilidad de la recarga del acuífero, lo cual se puede constatar en la representación grafica de los niveles estáticos. Con esto queda de manifiesto, que en la zonas áridas, la recarga natural en el acuífero, suele ser significativa unicamente en años relativamente lluviosos para y en los pozos que se localicen en el área de influencia del cauce del Río.

VI.- Al comparar el volúmen de escurrimiento medio anual obtenido para las Estaciones de estudio, se asume que la creciente de Pitiquito II corresponde a la de Santa Rosa II, alterada solo por las filtraciones durante su recorrido; es decir, para cualquier avenida en Santa Rosa II menor a 12.5 millones de metros cúbicos, llegará a Pitiquito II con menos de 2 millones de metros cúbicos, teniéndose una pérdida de alrededor del 84 %, mientras que para avenidas de mayor magnitud, el factor de diferencia osciló entre el 30 y el 50%, esto es debido a una mayor velocidad del agua en el cauce.

VII.- Del número total de pozos que se contabilizan en el acuífero, solo la mitad tiene mas de 10 años de información de niveles estáticos, así como que el 46% de los pozos, cuentan con la información topográfica de las cotas de brocal referidas al nivel medio del mar.

VIII.- Se aplicó el Modelo Geométrico ("GEOUS"), para conocer el comportamiento hidráulico del acuífero mediante el análisis de los niveles estáticos de los pozos en el período de 1976 a 1989, para lo cual, se dividió al acuífero en tres zonas y en cada una de ellas se formaron elementos triangulares; donde los vértices se constituyen por los propios pozos.

IX.- De los resultados obtenidos del Abatimiento Medio Elemental para el período de 1976-1989, a través del Modelo Geométrico, en la tabla que sigue se resumen algunos valores que logran distinguirse:

ZONA	Abatim. medio acumulado en el período (M)	Abatim. Medio Anual del período (M)	Abatim. Máximo Regional (M)	Abatimiento Máximo en el elemento (M)	Recuperación en el elemento (M)
Poniente	11.26	0.80	1.77 (1977)	29.95 (No.25)	3.33 (No.38)
Central	16.78	1.20	2.32 (1985)	31.71 (No.241)	no hubo
Oriental	5.89	0.42	1.73 (1987)	26.72 (No.307)	3.28 (No.333)

Se observa entonces, que la zona central es la que reporta más abatimiento, ya sea en el abatimiento medio acumulado durante el período de estudio, en el medio anual, o en el abatimiento maximo regional. En dicha zona, tampoco se presentaron recuperaciones en alguno de los elementos triangulares que la componen.

X.- Las distribuciones espaciales de la evolución de los abatimientos medios elementales de las tres zonas que integran el acuífero del Valle de Caborca, se pueden observar en la fig. 6.1a y 6.1b de la página que sigue, donde se distingue que para el año de 1976, casi el 90% del total del área del acuífero reporta abatimientos con un rango de 0-4 metros; Mientras que al final del período de estudio (1989), se tiene una evolución espacial completamente alterada, en donde casi el 90% del área total ha tenido abatimientos muy significativos, sobre todo, en las conexiones de las zonas Poniente con la zona Central y en la zona Central con la Oriental, En todas estas áreas cercanas a dichas conexiones los abatimientos exceden de los 20 metros.

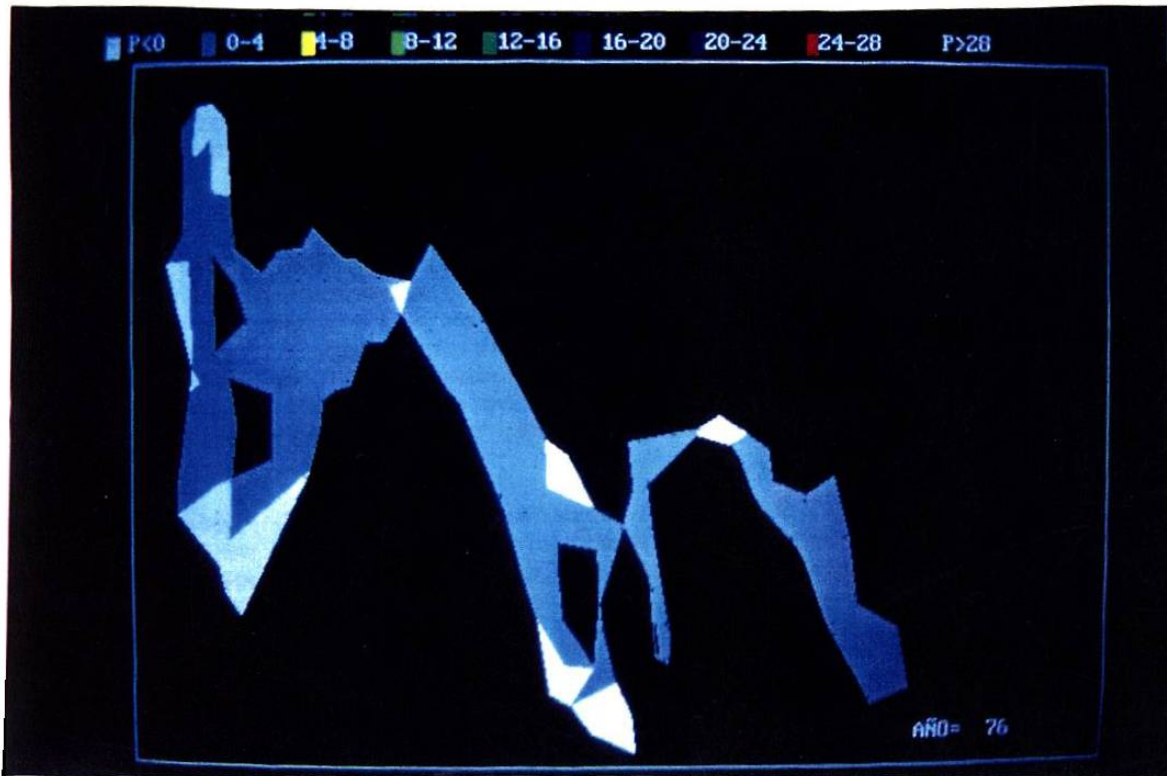


Fig. 6.1a. Se muestra para el año de 1976, la evolución espacial de los abatimientos en el acuífero para las tres zonas integradas a la vez. Se puede observar que en general el rango de abatimiento presentado en el acuífero es solo el de 0-4 m. (azul), así mismo se notan algunas áreas con cierta recuperación (color blanco).

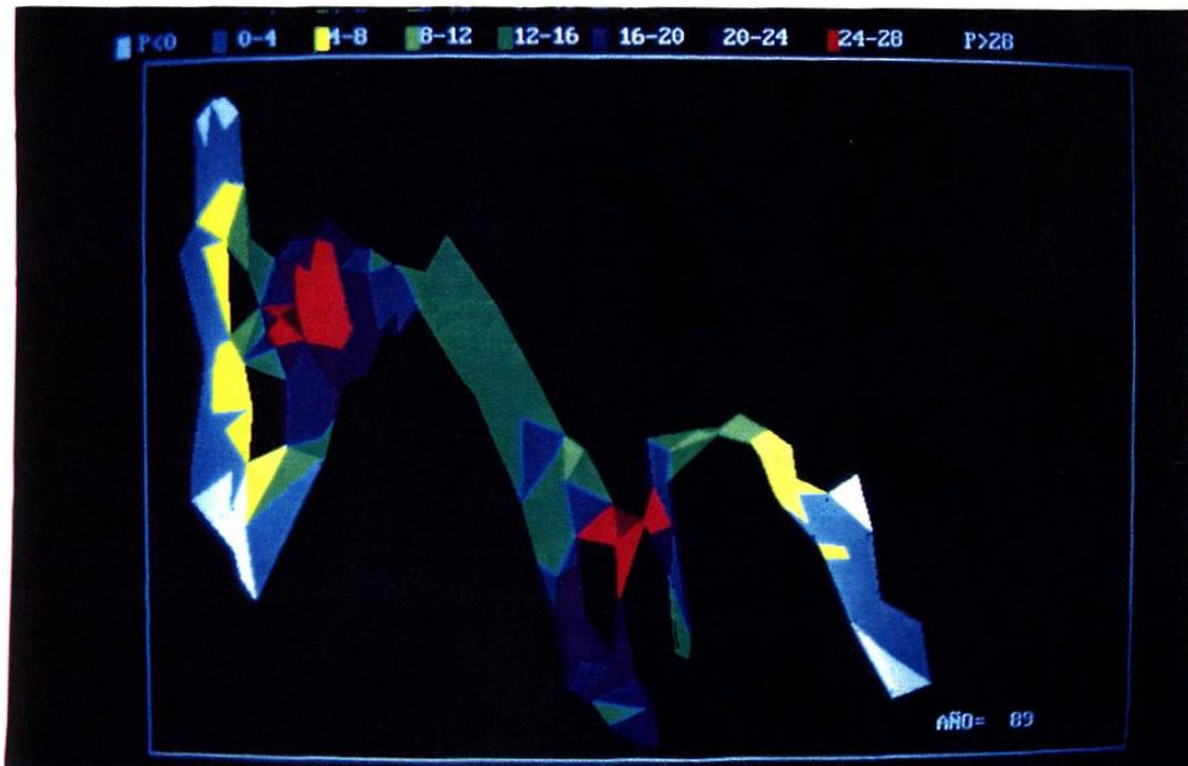


Fig. 6.1b. Al final del periodo de estudio (1989), se observa como han evolucionado los rangos de abatimiento en el área que conforma las tres zonas del acuífero. Se nota por ejemplo, que en la Zona Poniente y Central se tienen abatimientos de alerta con rango 24-28 m. (rojo), siendo la Zona Oriental la menos afectada.

XI.- La aplicación del Modelo Geométrico ("GEOUS", Geohidrología de la Universidad de Sonora), para conocer el estado que guardan los niveles de agua subterránea en el período de estudio 1976-1989; ha sido sin duda, una forma sencilla y distinta para analizar y conocer el comportamiento hidráulico del acuífero, sin llegar al uso de modelos mas sofisticados. En general, el funcionamiento del Modelo Geométrico para el acuífero en cuestión, fue aceptable puesto que se logró conocer la problemática que se tiene en el Valle de Caborca, identificando plenamente las zonas con mayor abatimiento, además de aquellas áreas que se mantienen con un funcionamiento aceptable. Se logró identificar también, las zonas con mayor consumo de energía eléctrica, siendo estas las que mayores carteras vencidas tienen en la actualidad (ante CFE), por concepto de los grandes costos de energía que se generan en dichas áreas conflictivas.

XII.- Los resultados que se obtuvieron de la presente investigación, fueron turnados a la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua del Estado de Sonora, así como a la Secretaría de Educación Pública, a través de la D.I.G.I.C.S.A., acción que hizo cumplir el convenio que auspició este estudio.

XIII.- Del análisis de sensibilidad energética realizado en el acuífero, para conocer la evolución en tiempo del consumo de energía eléctrica para las condiciones previamente señaladas en los pozos; se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos, que las zonas Central y Poniente tienden a incrementar sus consumos de energía a través de los años, en donde para la primer zona, se observó que mas de la cuarta parte de los pozos tuvo un incremento igual o mayor que 50 KWH y en la zona central casi la mitad de los pozos tuvieron un incremento alrededor de los 25 KWH. Esto reafirmó que, en la zona Oriental debido al poco abatimiento que se presenta, se tiene el menor incremento de energía en casi todos los pozos por abajo de los 25 KWH, resaltando una disminución en el consumo en algunos de ellos.

XIV.- Del mismo análisis de sensibilidad realizado en el acuífero, para conocer los requerimientos energéticos en espacio, se efectuó el diseño de los equipos de bombeo específicamente para los niveles dinámicos de 1989 y las demás condiciones establecidas en los pozos; encontrando con ello, la cantidad de impulsores necesarios, la potencia requerida en el motor y el consumo de energía en KWH por cada 1000 m³ de extracción de agua en cada pozo. sobresaliendo que, la zona Central exige una mayor capacidad instalada que las dos zonas restantes, puesto que la mayoría de los equipos solicita alrededor de los 200 HP.

XV.- De acuerdo a las consideraciones establecidas en la presente investigación, se realizó una estimación gruesa de la inversión utilizada para el pago de energía eléctrica en el ciclo 1989-1990, para el cual se tuvo un volumen de extracción de 354 Millones de M³ (según CNA); repartiendo dicha extracción, en las tres zonas del acuífero de acuerdo a la superficie de riego existente, se encontró que la inversión necesaria para cubrir los gastos de energía en la zona Central ascienden a un total de N\$ 3'000,000.00 para el ciclo en cuestión, inversión que resulta superior en 2.5 veces de la que requiere la zona Oriental, y un 10% mayor de la necesaria en la zona Poniente.

6.2.- RECOMENDACIONES:

PRIMERA: Continuar con la reducción del volúmen anual de extracción conforme lo permita la rehabilitación de los pozos y la modernización de los sistemas de riego. Puesto que, en la medida de que se disponga en los campos agrícolas los sistemas de riego presurizado, se estará participando en la reducción del volúmen de agua subterránea de extracción del acuífero.

SEGUNDA: Planear y ejecutar acciones que tiendan a mejorar la distribución del bombeo en una área bastante amplia, buscando con ello detener el descenso de los niveles de agua subterránea en áreas muy localizadas del acuífero. Esto es debido a que se tienen áreas con una gran concentración de pozos, lo cual, ha traído como consecuencia el aumento de los costos de bombeo, y en donde muchas de las captaciones exigirán ser profundizadas cada vez más. Las posibles áreas que estarían disponibles para recibir otros pozos, ya sea por relocalización o por ser nuevos, son las áreas cercanas al centro de la zona Central y al centro-oriente de la zona Oriental. La ganancia de esto, es que, al distribuir el bombeo y los abatimientos en una superficie mayor, el descenso de los niveles del agua será más lento y, en consecuencia, se prolongará la vida útil del almacenamiento subterráneo, lo cual puede dar el suficiente tiempo para planear nuevas políticas de operación y de modernización en el Valle de Caborca.

TERCERA: Planear y ejecutar la construcción de pequeños bordos en los arroyos principales que descargan al Río Asunción, con el propósito de frenar la velocidad del agua de los escurrimientos torrenciales, buscando siempre dispersar el agua en amplias áreas y lograr con ello, una mayor infiltración de agua al acuífero para beneficio de las zonas más castigadas.

CUARTA: Planear y reorganizar el trabajo que se realiza anualmente en los paros generales del bombeo en el Valle, período que se toma para el levantamiento de las lecturas de los niveles estáticos en los pozos. Para lo cual, se recomienda que en dichos sondeos, se incluyan aquellos pozos que se consideren representativos de algunas áreas conflictivas y a los que estén detectados como "pozos castigados" por efecto del sobrebombeo. Los datos levantados, tendrán que tomarse con el cuidado que se merece.

QUINTA: Se deberán relizar trabajos de nivelación en el Valle, para la determinación de las cotas topográficas del brocal en los pozos que no disponen de ella, los cuales puedan incorporarse a un próximo estudio con más detalle del acuífero.

SEXTA : Se deberá otorgar mediante un convenio (CNA-AGRICULTORES), la asesoría necesaria a los usuarios que así lo soliciten, para efectuar una revisión hidráulica de los equipos de bombeo, y verificar las condiciones de trabajo para los niveles dinámicos actuales y las posibles interferencias que exista entre los propios pozos. Todo esto, será con el fin de que se disponga del equipo de bombeo adecuado y que su trabajo sea dentro de un rango de máxima eficiencia, acción que traería beneficio al disminuir los costos excesivos de energía.

SEPTIMA: Es justo y necesario, que los Agricultores del Valle de Caborca, conozcan con detalle el grado de explotación que se tiene en el acuífero, para lo cual, la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua; podrá organizar reuniones de trabajo, mesas redondas y/o seminarios que tengan como fin informar y concientizar a los usuarios acerca del comportamiento hidráulico del acuífero que ha tenido en las últimas décadas y que se espera tenga en los períodos subsecuentes.

OCTAVA: Que se realicen las gestiones necesarias para que mediante un convenio CNA-UNISON, se pueda disponer del Modelo Geométrico ("GEOUS"), y que a través de la actualización de los datos de campo, se puedan obtener nuevas versiones de los resultados que se integran en el presente reporte, lo cual podrá dar líneas generales para las políticas de operación en la explotación del acuífero durante los períodos subsecuentes.

NOVENA: Realizar estudios de investigación con el suficiente detalle y en torno a conocer la recarga vertical del acuífero por concepto del retorno del agua de riego utilizada en los campos agrícolas. Mismo que al conjuntarla con la recarga natural, que se presenta por efecto de los escurrimientos superficiales en el cauce y arroyos principales, sirva como base para el conocimiento del agua que entra al embalse subterráneo por este rubro y, compararlo con el volumen de extracción en el acuífero, lo cual también podrá ofrecer las líneas generales para la futura explotación del agua en el acuífero.

REFERENCIAS

1. TMI, "Estudio Geohidrológico del Acuífero de Caborca," expediente existente en la Gerencia Estatal en Sonora de la Comisión Nacional del Agua, (1975).
2. Gerencia Estatal en Sonora de la C.N.A., "Información de los Niveles estáticos en los pozos del Acuífero de Caborca", expedientes de la C.N.A. (1976-1989).
3. Ojeda A., y Sortillón J., "Explotación Optima del Acuífero del Valle de Caborca, Sonora", Proyecto de Investigación auspiciado por la S.E.P./UNISON, (1992).
4. Sortillón J., "Un Modelo Geométrico para el Análisis de Acuíferos", Reporte del Laboratorio de Hidráulica de la UNISON, (1991).
5. SHCP, "Diario Oficial de la Federación", acuerdos que autorizan los ajustes y reestructuración de la tarifa para el consumo de energía eléctrica, (Nov.1991).
6. INEGI, "Cartas Topográficas, Hidrológicas, Climatológicas, Geológicas y el Anuario Estadístico del Estado de Sonora" .
7. Peerless-Tisa, "Curvas de Rendimiento para Bombas Verticales", Boletín de divulgación B-180.
8. Memorias del Ciclo Internacional de Conferencias, "Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Agricultura", ITESM-CONACYT, (1985).
9. Otto J. Helweg, "Recursos Hidráulicos, Planeación y Administración", Ed. Limusa (1992).
10. Fletcher G. Driscoll, "Groundwater and Wells", Johnson Division, (1987).
11. Stanley N. Davis y Roger J.M. de Wiest, "Hidrogeología", Ed. Ariel, (1971).
12. Benitez A., "Captación de Aguas Subterráneas", Ed. Dosat, (1972).
13. Lohman S.W., "Hidráulica Subterránea", Ed. Ariel. (1977).
14. C.F.E., "Geohidrología", Tomo A.1.1.2, (1983).
15. Linsley, Kohler y Paulus, "Hidrología para Ingenieros", Mc. Graw Hill (1988).