

ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL ECOSISTEMA

1. EL MEDIO FISICO

1.1. LOCALIZACION GEOGRAFICA.

Las Albuferas están situadas en el extremo suroccidental de la provincia de Almería, dentro del término municipal de Adra, a la altura del km. 67,5 de la C.N. 340 de Cádiz a Barcelona.

Ocupan el vértice este del actual delta del río Adra dentro de la comarca de “La Habana”, encontrándose a escasa distancia de la línea de costa (el punto más alejado dista 900 m. del mar). Su posición geográfica se ha marcado por medio de los extremos de los ejes mayores de cada una de Las Albuferas.

Sus coordenadas son las siguientes:

Coordenadas UTM

A. Honda	30 SWF 042680 y 30 SWF 049680
A. Nueva	30 SWF 042675 y 30 SWF 051677

Coordenadas Geográficas

A. Honda	2 grd. 57 min. 6 sg.W - 36 grd. 45 min. 26 sg. N
y	2 grd. 56 min. 40 sg.W - 36 grd. 45 min. 26 sg. N
A. Nueva	2 grd. 57 min. 6 sg.W - 36 grd. 45 min. 9 sg, 7 N
y	2 grd. 56 min. 30 sg.W - 36 grd. 45 min. 17 sg, 8 N

El núcleo de población más cercano es El Puente del Río que dista 4 kms., aunque el más importante es Adra a 7 kms. 500 ms.

1.2. SUPERFICIE Y TOPOGRAFIA.

La superficie ocupada por las charcas, asciende a 42 Has. distribuida de la siguiente manera:

13 Has. corresponden a La Albufera Honda, de las que 6 Has. son de vegetación de orla. En el caso de La Albufera Nueva la superficie encharcada es de 29 Has. mientras que la de vegetación ocupa 5 Has.

Es interesante reseñar los porcentajes de superficie encharcada y de vegetación de cada laguna, que se indican en el cuadro adjunto, que serán determinantes de las preferencias de las especies acuáticas a la hora de la nidificación.

El perímetro total de La Albufera Honda es de 2.400 ms., mientras que en La Albufera Nueva alcanza los 2.600 ms. Esta diferencia es pequeña, teniendo en cuenta que la superficie de La Albufera Nueva supera con creces el doble de La Honda, y es debida a la amplia franja de vegetación que rodea La Albufera Honda que representa el 46% respecto a la superficie encharcada, mientras que en el caso de La Albufera Nueva sólo es del 17%

	A. Honda	A. Nueva	A. Litoral	Total
S. Enchar.	7 Has.	24 Has.	0,38 Has.	31,38
S. Veget.	6 Has.	5 Has.	— —	11
S. Total	13 Has.	29 Has.	0,38 Has.	42,38
% Veget.	46 %	17 %	— —	26 %
Períme.	2.400 ms	2.600 ms.	350 ms.	5.350 ms.
V. Medio Orla	50 ms.	25 ms.	— —	— —

El área donde se ubican Las Albuferas, que no llega a superar los 2 ms. de altura sobre el nivel del mar, es el cierre de la extensa llanura deltaica, a levante del río Adra. Su forma es triangular, siendo el vértice más oriental el ocupado por Las Albuferas.

Por el Sur, se encuentran limitadas por el mar Mediterráneo y al Norte por un paleorelieve excavado en calcarenitas, en el que aparecen depósitos costeros de conglomerados, con grandes bolas de cuarcita pertenecientes a una terraza marina.

No se encuentra ningún curso fluvial dentro del entorno de Las Albuferas. Sólo en el límite W de La Albufera Honda encontramos un cono de deyección correspondiente a la desembocadura de la rambla de La Estanquera, aunque, en la actualidad su topografía inicial ha sido ampliamente modificada por el impacto de la agricultura bajo plástico y los cultivos enarenados. Este

mismo fenómeno se deja notar en los alrededores de Las Albuferas, donde la necesidad de conseguir suelos aptos para el cultivo ha provocado una intensa modificación del relieve original. Se han realizado trabajos de nivelación y aporte de grandes bloques, tierra y arenas en el borde de Las Albuferas, desecando áreas importantes de las charcas utilizadas en la actualidad como tierras de cultivo.

1.3. CLIMATOLOGIA.

Para el estudio del comportamiento climático de la zona litoral del delta del Río Adra, contamos con la información del observatorio de Adra "Faro", ubicado en el litoral, a 20 m de altitud, en el extremo oeste de la ciudad y que puede, en consecuencia, considerarse representativo de las condiciones bioclimáticas de Las Albuferas.

La información recogida es, además de la termopluviométrica, la relativa a insolación, evaporación y tormentas. La serie estadística utilizada es la correspondiente al período 1980-1985, sexenio caracterizado en el sur de la Península Ibérica como marcadamente árido. Especial interés presentan los datos climatológicos correspondientes al período comprendido entre Noviembre de 1984 y Octubre de 1985 coincidente con el de toma de muestras para el estudio hidroquímico y de suelos, como más adelante detallaremos.

Desde finales del Siglo XIX se han trazado diferentes mapas pluviométricos de la Península Ibérica por investigadores alemanes, españoles y portugueses, provenientes de diferentes disciplinas científicas (meteorólogos, ingenieros, geógrafos, botánicos, climatólogos, etc). Todos ellos han tratado de clasificar, a diversas escalas, la distribución espacial de las precipitaciones. En esta línea es de resaltar los trabajos realizados por HELLMAN (1880), AN-GOT (1985), LAUTENSACH (1971), S.M.N. (1967), entre otros. CAPEL MOLINA (1983), ha aportado, a la cartografía ya existente, el mapa pluviométrico del sureste español durante el período comprendido entre 1951 y 1980. El mapa de isoyetas anuales medias ha sido trazado a escala 1:1.000.000 con los datos de 133 estaciones pluviométricas. La densidad de la red es de 6'6 puntos por cada 100 km², densidad aceptable en función de la escala elegida. El gradiente pluviométrico es de 50 mm. Con la finalidad de establecer una relación más apreciable entre las isoyetas y la cartografía regional, el citado autor ha dibujado las isoyetas sobre el mapa de igual escala del Instituto Geográfico Nacional.

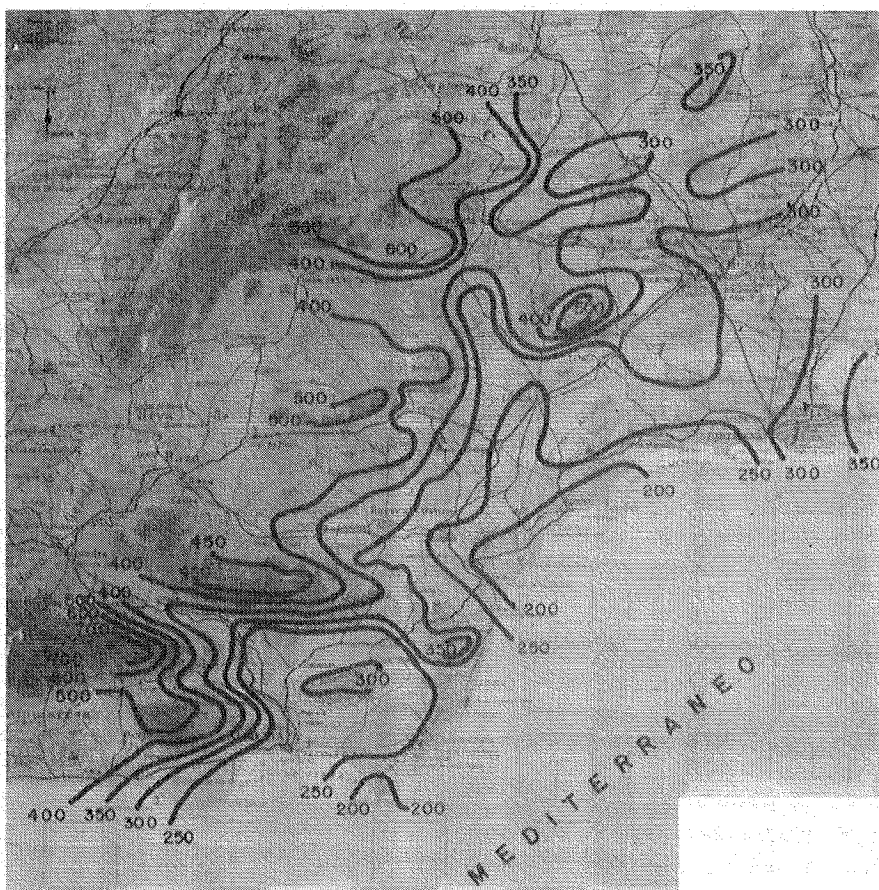


Figura 1.3.1.— Mapa pluviométrico del sureste español. Período 1980-1985. Escala 1:1 000 000.

Precipitaciones.

En la figura 1.3.1. puede observarse como en la carta pluviométrica anual del sureste (período 1951-1980), Adra “Faro” se sitúa por debajo de la isoyeta de 400 mm de precipitación media anual, que es característica del litoral occidental de la provincia almeriense. En la citada figura puede comprobarse

como aumentan rápidamente las precipitaciones conforme nos desplazamos hacia la Alta Alpujarra: "El Cerrillo", a 180 m de altitud alcanza cifras próximas a los 700 mm anuales. Por otra parte, la precipitación disminuye de manera notable de oeste a este, debido principalmente a la influencia que ejerce la orografía de la zona a través de la cordillera que actúa a modo de zona de condensación. Ello supone que descarguen los sistemas nubosos que atraviesan el territorio según la trayectoria preferente: oeste - este.

En la tabla 1.3.1. se reúnen los datos correspondientes a las precipitaciones en el sexenio 1980-1985; se incluyen datos relativos a número de días de lluvia por mes y precipitación máxima alcanzada en 24 horas. En la figura 1.3.2. se representan los pluviogramas anuales correspondientes a un año normal - 1980 -, uno seco - 1981 - y un tercero húmedo - 1982 -.

Tabla 1.3.1.- Adra "Faro". Precipitaciones. Período 1980-1985

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	33,4	29,6	27,2	3,1	15,8	28,0	0,0	1,5	1,2	0,6	41,5	0,0
1981	0,0	7,3	20,2	43,2	4,8	8,5	0,0	3,5	0,5	3,3	0,0	48,2
1982	58,9	24,7	12,6	15,5	0,3	0,0	0,5	0,1	2,6	19,9	99,8	0,6
1983	0,0	17,9	0,2	0,3	1,3	0,2	0,1	9,1	0,0	1,4	79,8	57,2
1984	14,5	4,9	43,2	7,1	47,4	7,1	0,0	0,0	0,1	0,3	30,7	0,0
1985	32,7	10,3	3,4	14,1	9,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	63,7	0,2

Días de lluvia

1980	3	4	5	6	6	3	0	1	2	3	8	0
1981	0	7	6	8	3	2	0	1	2	2	0	7
1982	7	5	4	7	2	0	3	1	2	2	9	2
1983	0	4	2	1	2	1	1	4	0	1	12	4
1984	2	3	9	3	10	2	0	0	1	2	8	0
1985	8	7	4	5	9	0	0	0	2	1	9	2

P. máxima en 24 h.

1980	22,7	18,5	16,2	1,2	5,7	23,8	—	1,5	1,1	0,4	18,1	0,0
1981	0,0	3,1	17,5	14,1	3,1	8,2	0,0	3,5	0,4	3,0	0,0	16,2
1982	10,1	11,1	5,5	8,1	0,2	0,0	0,2	0,1	2,5	19,5	51,2	0,5
1983	0,0	10,5	0,1	0,2	1,0	0,2	0,1	9,0	0,0	1,4	26,3	19,3
1984	14,2	4,2	15,2	4,0	9,7	6,1	0,0	0,0	0,1	0,2	9,2	0,0
1985	14,7	3,6	3,1	12,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	33,5	0,1

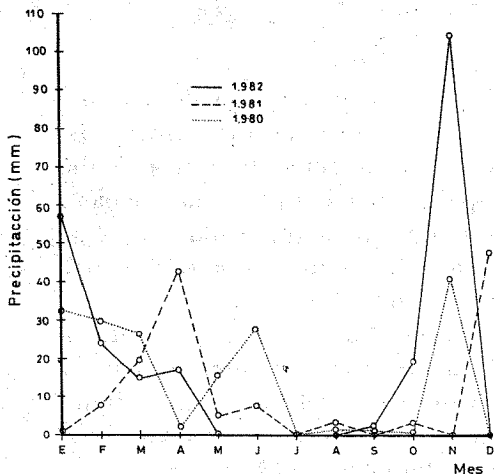


Figura 1.3.2.— Pluviogramas anuales.
Adra "Faro".

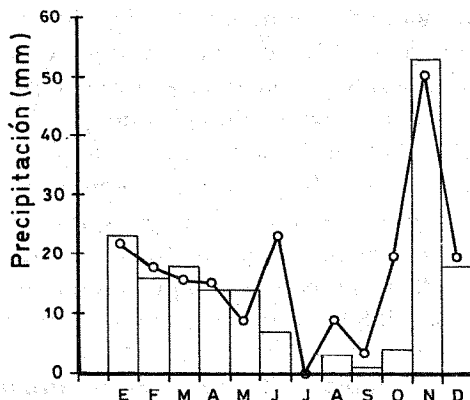


Figura 1.3.3.— Regimen pluviométrico de Adra "Faro". Periodo 1980
Precipitación máxima en 24 horas. □. Precipitación anual media.

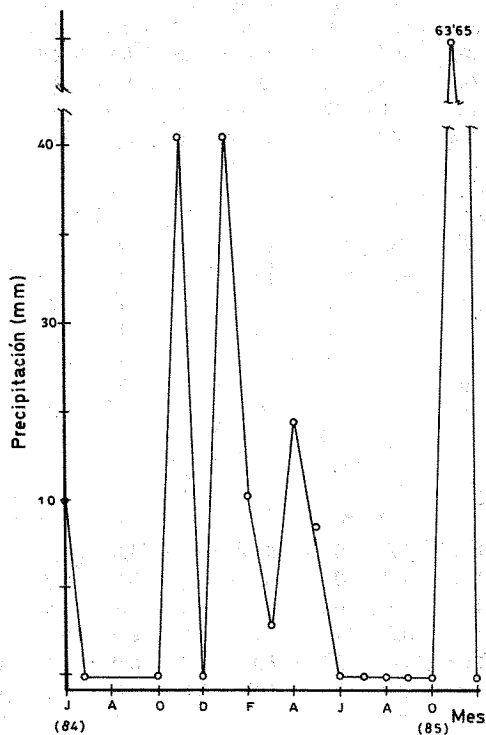


Figura 1.3.4.— Observatorio Adra "Faro". Variación de las precipitaciones entre junio de 1984 y diciembre de 1985.

Puede comprobarse como en este período, Adra "Faro" alcanza un promedio anual de 170 mm repartidos en 40 días de precipitación al año. Es de notar, no solamente la baja cuantía de las precipitaciones, sino también su irregular distribución interanual. El año más húmedo resulta ser 1982 con tan sólo 256 mm de precipitación. El resto de los años fueron extremadamente secos y en particular 1981 y 1985 con precipitaciones de 139,7 y 133,8 mm respectivamente.

En la figura 1.3.3. se representan las precipitaciones medias de cada uno de los meses en el período estudiado, así como las precipitaciones máximas en 24 horas para cada mes. Puede observarse el desigual reparto a lo largo del año, con un máximo en Noviembre (53,5 mm) y otro relativo en Enero (23,2 mm). Marzo es el mes más húmedo de la primavera (14,8 mm). El verano es extremadamente seco y climatológicamente se extiende desde Junio hasta Septiembre, rasgo que es característico del clima subtropical mediterráneo. El mes más seco, Julio, no registra precipitación alguna debido al influjo del cinturón de altas presiones subtropicales, que se encuentra desplazado a las latitudes meridionales de la Península en esta época del año.

Por otra parte, el número de días de precipitación se distribuye de manera coincidente con las medias mensuales, con un máximo de 7,7 días en Noviembre y 5,2 días en Mayo, al igual prácticamente que Febrero, Marzo y Abril, cada uno con cinco días de precipitación.

Finalmente, en la tabla 1.3.1. puede observarse que, en el citado periodo, las precipitaciones se caracterizan por su escasa torrencialidad en cuanto al volumen total pluviométrico, pero sí alcanzan cierta intensidad horaria, registrándose hasta 36 mm en 30 minutos.

En la figura 1.3.4. se representan las precipitaciones medidas en el observatorio del "Faro" de Adra entre Junio de 1984 y Diciembre de 1985, período de tiempo en el que se encuentra comprendido el de toma de muestras para el estudio de la hidroquímica. Es de notar las importantes precipitaciones medidas en Octubre y Diciembre de 1984 y en Noviembre de 1985.

Tormentas.

Las tormentas son poco numerosas, tabla 1.3.2.; por término medio 7,1 días por año durante el sexenio 1980-1985, lo que representa tan solo el 17,5% respecto del número total de días de precipitación. Generalmente son ocasionadas por cúmulo-nimbos ligados a frentes de carácter frío o bien al paso de gotas frías a través del Valle del Guadalquivir, Mar de Alborán y Norte de Africa.

Tabla 1.3.2.- Días de tormentas. Adra "Faro".

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1980	1	3	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0	10
1981	0	0	1	3	0	1	0	1	1	0	0	0	7
1982	4	1	2	0	1	0	1	0	0	0	3	0	12
1983	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	1	5
1984	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	5
1985	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	5
Media	1	0,7	0,8	0,8	0,5	0,7	0,3	0,7	0,7	0	0,7	0,2	7,1

Insolación.

La acción solar en la zona de Adra es menos intensa que en otras partes de la Provincia de Almería, motivado por el emplazamiento en el extremo occidental de la misma, lo que hace que se encuentre más afectada por el paso de las perturbaciones que provienen del frente polar y de sus sistemas nubosos asociados. La acción litoral, con brumas matinales y bancos de niebla, es notoria cuando llega aire fresco y húmedo del atlántico.

En la tabla 1.3.3. se reúnen los datos correspondientes a insolación durante el período 1980-1985. Puede comprobarse que el valor medio anual del citado período de tiempo es de 2496,7 horas. Los valores mínimos y máximos de insolación se anotan en torno a los solsticios de invierno y verano, respectivamente, con 149,3 horas en Noviembre y 274,5 en Junio. La estación de mayor insolación es el verano, seguido por la primavera, con valores notables en invierno.

Tabla 1.3.3.- Insolación. Adra "Faro".

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1980	191	144	—	—	279	310	312	212	193	215	163	166	—
1981	196	156	184	163	294	245	315	235	217	199	170	142	2517
1982	154	166	205	176	221	283	248	261	161	183	156	192	2356
1983	176	130	174	214	243	256	299	270	218	200	146	184	2509
1984	188	167	206	213	275	265	203	261	214	217	130	145	2483
1985	171	124	202	208	280	288	248	275	215	200	132	143	2485
Media	179	148	194	195	266	275	271	253	203	202	149	162	2497

Temperaturas.

En la tabla 1.3.4. se reúnen los valores correspondientes al régimen térmico del observatorio Adra "Faro" entre los años 1980 a 1985, los cuales se representan en la figura 1.3.5.

Tabla 1.3.4.- Régimen térmico. Adra "Faro".

Temperatura/													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
Max. Media													
1980	16,1	16,6	18,1	17,2	20,4	23,9	25,6	29,1	27,4	22,8	18,8	16,4	21,0
1981	15,9	16,1	18,4	17,9	20,3	24,2	27,4	27,1	26,1	23,1	21,1	17,8	21,3
1982	15,6	17,2	18,0	17,9	21,8	25,7	25,8	27,1	26,0	21,3	18,5	16,0	20,9
1983	16,3	14,5	17,9	18,7	19,4	24,6	26,0	26,2	27,7	24,6	20,2	17,3	21,1
1984	16,1	15,8	15,5	19,1	17,5	22,8	27,7	33,4	26,5	21,7	18,5	17,8	21,0
1985	14,5	17,0	17,1	19,6	19,6	23,9	27,5	35,3	27,8	25,0	19,3	16,4	20,6
Media	15,8	16,2	17,5	18,4	19,8	24,1	26,6	29,7	26,9	23,0	19,3	16,9	20,9
Min. Media													
1980	10,9	11,6	12,8	13,0	15,0	18,6	20,2	22,7	22,8	16,9	13,9	10,8	15,7
1981	9,6	10,4	12,9	13,0	15,4	19,7	21,4	22,4	20,9	17,7	15,6	13,1	16,0
1982	11,3	11,6	12,3	13,6	16,4	20,2	20,4	22,1	21,4	15,7	13,6	11,1	15,8
1983	10,1	9,5	12,7	13,3	14,6	19,9	21,2	21,9	22,5	19,6	16,0	12,7	16,1
1984	11,4	10,5	10,5	14,9	14,2	17,4	22,7	23,1	21,2	16,1	13,9	12,9	15,7
1985	9,7	12,7	11,7	14,1	15,3	19,8	22,7	23,5	22,5	19,7	14,7	12,4	16,5
Media	10,4	11,5	12,2	13,6	15,2	19,2	21,4	22,6	21,8	17,0	14,6	12,2	15,9
Media													
1980	13,5	14,1	15,5	15,1	17,7	21,3	22,9	25,9	25,1	19,8	16,1	13,6	18,3
1981	12,7	12,7	15,6	15,6	15,3	22,0	24,4	24,8	23,5	20,4	18,4	15,5	18,4
1982	13,5	14,4	15,2	15,7	19,1	23,0	23,1	24,6	23,7	18,5	16,1	13,6	18,3
1983	13,2	12,0	15,1	15,9	17,0	22,2	23,6	24,1	25,0	22,1	17,4	15,0	18,5
1984	13,7	13,2	12,6	17,4	16,1	20,1	25,2	28,2	23,8	18,2	16,2	15,3	18,3
1985	12,3	14,7	14,4	16,8	17,4	21,9	25,1	28,0	25,1	22,3	16,9	14,4	19,1
Media	13,2	13,5	14,7	16,1	17,6	22,1	24,0	25,9	24,3	20,2	16,9	14,5	18,5
Max. Absol.													
1980	21,5	19,5	22,5	27,0	25,0	29,5	30,5	37,0	31,0	27,5	21,5	20,5	37,0
1981	23,5	19,5	22,0	21,5	26,5	29,5	33,5	31,5	29,5	30,0	27,0	20,5	33,5
1982	18,5	22,5	23,5	21,0	27,5	31,0	30,5	30,0	28,0	26,5	22,5	21,0	31,0
1983	19,5	21,5	21,5	25,0	21,5	31,5	29,5	30,0	24,0	28,5	24,0	22,0	34,0
1984	18,5	19,0	18,0	26,0	20,5	28,0	30,5	35,0	30,5	23,5	21,5	21,5	35,0
1985	19,5	22,5	21,5	24,5	23,5	26,0	29,5	36,0	29,5	28,5	25,5	19,0	36,0
Máx.	23,5	22,5	23,5	27,0	27,5	31,5	33,5	37,0	34,0	30,0	27,0	22,0	37,0
Min. Absol.													
1980	7,5	8,0	9,5	10,0	13,5	16,5	19,5	21,0	19,0	12,5	10,5	6,0	6,0
1981	5,0	8,0	11,0	9,0	12,0	16,5	19,0	19,0	15,0	14,5	13,5	9,5	5,0
1982	9,0	9,0	10,0	11,5	11,5	17,5	17,5	17,0	18,5	13,0	7,0	8,0	7,0
1983	9,0	10,5	10,5	10,5	12,0	14,5	18,5	19,0	19,5	16,5	12,5	10,5	9,0
1984	7,0	7,5	6,5	13,0	12,0	13,0	20,0	21,0	18,5	13,5	9,5	9,0	6,5
1985	3,0	10,0	8,0	12,0	11,0	17,0	19,0	20,0	21,0	17,0	11,0	10,0	3,0
Min.	3,0	7,5	6,5	9,0	11,0	13,0	17,5	17,0	15,0	12,0	7,0	6,0	3,0

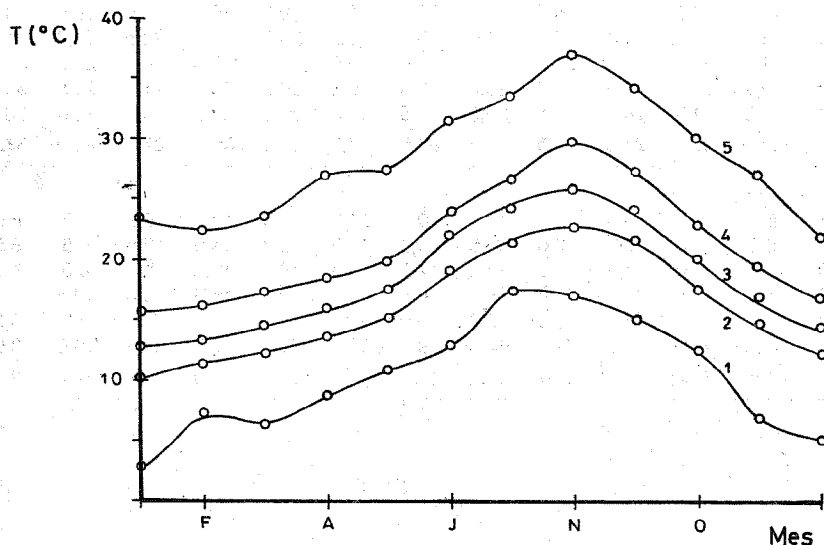
El clima de Las Albuferas es análogo al existente en las costas granadina y malagueña (Adra "Faro" ó Balerna muestran notables analogías con Motril, Almuñécar ó Vélez Málaga), como puede observarse en la tabla 1.3.5., participando de los mismos rasgos marítimos y la ausencia de un verdadero invierno térmico. No obstante, hay un hecho que singulariza el comportamiento climatológico de la zona de Adra, en el contexto espacial del litoral almeriense, y es su bondad térmica comparable a la de las comarcas más abrigadas del sur de la Cordillera Penibética. La media anual es de 20,9° C, uno de los valores más altos de España peninsular y comparable con el alcanzado por otros observatorios del litoral sur del Mediterráneo andaluz.

La variación de las temperaturas medias mensuales en el observatorio de Adra "Faro" (figura 1.3.5) es bastante achatada, lo que traduce una nítida componente oceánica, con un invierno suave, de los más suaves de la provincia, y un verano cálido y dilatado. Las temperaturas aumentan lenta y paulatinamente a partir de Enero y más rápidamente desde Marzo, hasta alcanzar un valor máximo en Agosto (25,9° C).

Tabla 1.3.5.- Temperatura media mensual de algunos observatorios del Mediterráneo andaluz.

Observatorio	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA ANUAL
Adra "Faro"	13,2	13,5	14,7	16,1	17,6	22,1	24,0	25,9	24,3	20,2	16,9	14,5	18,5
Almería	12,1	12,6	14,2	16,0	19,0	21,9	25,0	25,8	23,3	19,8	15,3	12,8	18,1
Almuñécar	12,3	12,3	14,2	16,2	19,1	20,6	23,9	24,2	22,2	19,2	15,1	12,4	17,6
V. Málaga	12,8	12,5	14,7	18,0	21,5	23,6	26,0	26,1	23,7	19,1	15,0	11,8	18,7

Figura 1.3.5.— Regimen térmico. Adra "Faro": 1: Temperatura mínima absoluta; 2: Temperatura mínima media; 3: Temperatura media; 4: Temperatura máxima media; 5: Temperatura máxima absoluta.



El calentamiento en la primera mitad del año se realiza con más lentitud que el enfriamiento en la segunda mitad, que, en general, a partir de Septiembre se torna rápido, experimentándose un apreciable descenso térmico entre este último mes y Octubre (4,1° C), que se hace más lento en los meses siguientes, especialmente en Diciembre, Enero y Febrero, meses en los que se alcanzan temperaturas mínimas. Es de notar, en consecuencia, una asimetría en la curva correspondiente a la variación anual de las temperaturas. El otoño es más cálido que la primavera, lo que se explica más por la influencia del régimen térmico de las aguas superficiales del Mediterráneo, que a causa de la radiación solar.

Las temperaturas del verano son altas en la zona de Adra (25,9° C en Agosto). El período cálido (por encima de 20° C) abarca Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre. La media de las máximas no supera la frontera de los 30° C, para alcanzar los valores más altos en Agosto y Septiembre con 29,7 y 26,9° C respectivamente. La media de las mínimas son asimismo altas, con valores superiores a 20° C.

En el dilatado período cálido (Junio-Octubre), olas cálidas (aire tropical continental sahariano) invaden el Sur de la Península, dando lugar a un tiempo atmosférico de carácter caluroso, donde la calima prevalece apagando el brillo de los objetos, con un cielo blanquecino y amarillento alcanzando temperaturas muy altas: 37° C en Agosto. Los calores estivales se prolongan hasta el otoño, especialmente al mes de Octubre que llega a alcanzar temperaturas superiores a los 30° C.

En el invierno las temperaturas en Las Albuferas se mantienen con unos valores muy suaves. Así, el mes más frío, Enero, presenta una gran bondad térmica con un promedio de 13,2° C, mientras que Diciembre no desciende de 14,5° C. La temperatura mínima absoluta ha sido de 3° C como consecuencia de la irrupción de masas de aire polar continental procedente de las altas latitudes europeas. La intensa ola de frío que recorrió España en Enero de 1985 y que para muchos observatorios de la Red Nacional supuso un record en las temperaturas mínimas absolutas, se tradujo en Las Albuferas en temperaturas sobre cero. En este sentido, las heladas se desconocen en Las Albuferas de Adra, en esa abrigada solana de la Penibética Litoral.

Evaporación.

En la tabla 1.3.6. se reúnen los valores correspondientes a evaporación en el observatorio de Adra "Faro" durante el período 1980-1985. Puede observarse que la evaporación es mayor durante la primavera, seguida del verano y otoño.

Tabla 1.3.6.- Evaporación. Adra "Faro".

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
1980	2,6	2,3	5,9	5,3	5,5	4,9	3,1	3,6	2,7	3,0	4,9	4,1	3,8
1981	2,8	3,0	2,8	1,9	2,6	2,4	3,8	2,8	2,8	2,8	2,5	3,3	2,8
1982	2,1	1,8	2,7	2,8	2,6	2,3	2,3	2,7	2,7	2,4	1,8	2,3	2,4
1983	2,0	2,1	2,1	3,5	3,5	2,9	2,5	2,6	2,1	2,6	1,2	2,6	2,5
1984	2,0	2,6	1,9	2,2	1,8	1,9	2,4	3,1	1,9	1,8	1,9	2,1	2,1
1985	2,6	3,2	2,9	2,9	2,4	2,0	2,3	1,7	2,7	2,7	2,7	2,3	2,5
Media	2,3	2,1	3,0	3,1	3,1	2,7	2,7	2,7	2,5	2,6	2,2	2,8	2,7

Los datos anteriores, si bien suficientes para establecer y conocer la situación climática de una zona, no lo son desde el punto de vista del sistema agua-suelo o mejor agua-agricultura.

Desde este punto de vista interesa sobre todo conocer el estado hídrico del suelo, es decir, cuando realmente existe en el suelo una determinada humedad que pueda ser tomada por las plantas y cuando no es así. Para conocer este aspecto no cabe duda que, si la precipitación es superior a la evapotranspiración potencial, el suelo estará humedo, mientras que cuando suceda lo contrario estará seco.

Los datos de precipitación nos los suministran los pluviómetros y la evapotranspiración potencial se calcula a partir de los datos termométricos de acuerdo con la fórmula de THORNWAITE (1955):

$$ETP = 1,6 (10t/I)^a, \text{ donde}$$

$$ETP = \text{Evapotranspiración potencial (mm/mes)}$$

$$t = \text{temperatura media mensual (}^\circ\text{C)}$$

$$I = \text{Índice de calor anual}$$

$$a = 0,492 + 0,0179I - 0,000077I^2 + 0,00000675I^3$$

Estos valores de ETP así obtenidos deben corregirse según sean los vientos y la latitud. Estos factores de corrección son distintos según diferentes autores, pero en general difieren poco según los criterios que se apliquen.

A partir de las citadas correlaciones se pueden establecer los valores de precipitación en mm, temperatura en $^\circ\text{C}$ y evapotranspiración potencial en mm para cada punto muestreado y en cada mes del año, lo que junto al valor de la reserva hídrica del suelo, característico de cada área, nos permite establecer las distintas fichas climáticas, que son las que en definitiva nos caracterizan las diferentes zonas climáticas.

La reserva hídrica se calcula a partir de la ecuación:

Reserva (mm) = $(pF_{1/3at.} - pF_{15at.}) \times p \times d$, donde:

$pF_{1/3at.}$ = porcentaje de humedad que retiene el suelo sometido a una presión de 1/3 de atmósfera.

$pF_{15at.}$ = porcentaje de humedad que retiene el suelo sometido a una presión de 15 atmósferas.

d = densidad aparente.

p = profundidad de enraizamiento (dm).

Esta reserva es muy importante ya que nos va a indicar, hasta cuando las plantas van a sobrevivir una vez que la ETP sea superior a la precipitación, ya que es entonces cuando la planta toma el agua almacenada en el suelo, que constituye la llamada Reserva.

Con todos los datos se establece una ficha climática como la que incluimos a continuación debida a AGUILAR y otros (1986), que nos permite saber el momento en que hay que regar y la cantidad exacta de agua a emplear. Asimismo incluimos con dicha ficha climática la imagen gráfica de la misma (tabla 1.3.7. y figura 1.3.6.). Puede apreciarse el notable déficit hídrico de los suelos del entorno de Las Albuferas.

Tabla 1.3.7.- Ficha climática de Las Albuferas

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totales
Temperat.	22,0	18,3	14,5	14,2	14,7	14,8	17,3	20,4	24,4	26,9	28,4	26,5	—
ETP	85,5	50,8	30,1	30,2	32,4	34,3	38,6	94,1	135,8	169,9	172,0	137,2	1011,7
Precip.	32,2	24,2	32,5	36,5	17,7	28,6	27,0	10,2	2,0	0,2	0,2	5,6	216,8
Reserva	0,0	0,0	2,4	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
l. Reserva	0,0	0,0	2,4	6,3	-8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
Falta agua	53,3	26,6	0,0	0,0	6,0	5,7	11,6	83,9	133,8	169,7	172,6	131,6	794,8
Exceso ag.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E.I.R.	32,2	24,2	30,1	30,2	26,6	28,6	27,0	10,2	2,0	0,2	0,2	5,6	217,1

ALTITUD: 10 m.

AGUA UTILIZABLE: 10,4 mm.

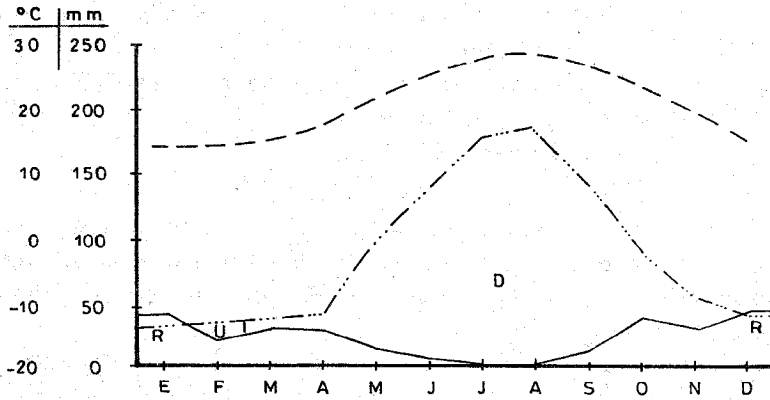


Figura 1.3.6.— Representación de la ficha climática de Las Albuferas U: Utilización ; S: Sobrante ; R: Recarga ; D: Deficit ; —Precipitación en mm;-- Evaporación real en mm;... Temperatura.
 Régimen de humedad: Arídico
 Régimen de temperatura: Térmico.

1.4. DESCRIPCION GEOLOGICA.

Situación Geológica.

Las Albuferas se encuentran ubicadas en el vértice más oriental de la formación deltaica más reciente del río Adra, junto a la línea de costa.

La necesidad de ampliar el estudio geológico al entorno inmediato de las Albuferas, donde afloran materiales metamórficos, nos lleva a encuadrar el área en la Zona Bética en sentido estricto (Fallot, 1.948), dentro del conjunto que integran las Cordilleras Béticas.

Cartografía.

Se ha realizado una cartografía geológica de los materiales aflorantes, no sólo del área circundante a Las Albuferas, sino de una superficie mayor, con objeto de abarcar y estudiar los afloramientos de materiales metamórficos del Complejo Alpujárride, que se encuentran unas centenas de metros al Norte de Las Albuferas. Pensamos que puede arrojar datos esclarecedores sobre la estructura de los materiales y su conexión con los acufferos relacionados con las charcas. Se ha utilizado como base cartográfica las fotos del año 1.974 de CETFA a una escala aproximada 1:7.500, dejando la cartografía a la misma escala con objeto de evitar la pérdida de fiabilidad y conseguir una mayor precisión.

Estratigrafía.

Se ha realizado el estudio estratigráfico de los materiales que afloran en el área cartográfica, procediéndose al levantamiento de una serie estratigráfica sintética, ante la imposibilidad de localizar un punto donde apareciera la sucesión completa de todos los materiales. Las potencias que se indican en la serie se refieren exclusivamente a los afloramientos cartografiados, tomándose siempre la mayor entre las que se han medido. Aunque el área es pequeña, en algunos casos se han podido detectar variaciones de potencia apreciables que se reseñan.

La serie como es habitual, se ha descrito desde los materiales más antiguos a los más modernos, ajustándose, dentro de lo posible, para que coincida con los conjuntos litológicos que se han definido y utilizado como base en la cartografía. (Fig. 1.4.1.).

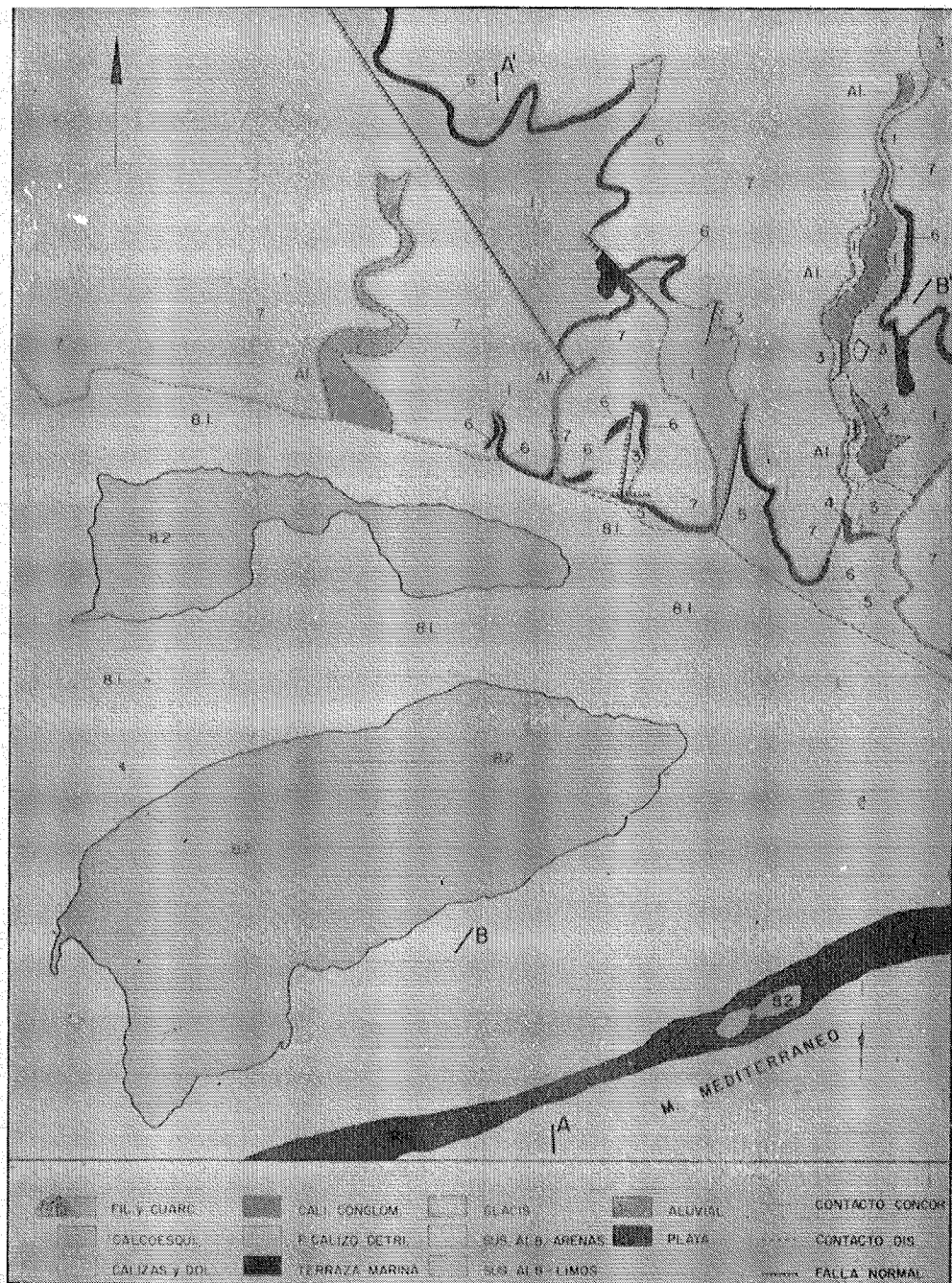


Figura 1.4.1.— Mapa cartográfico de Las Albuferas.

1.— Filitas y cuarcitas.

Constituyen la base de la serie; de color azul morado muy fisibles y de potencia indeterminada. En la parte más suroriental del área de estudio, presentan intercalaciones de cuarcitas de color marrón claro en forma de lentejones intercalados, del orden de la decena de metros. Se le atribuye una edad Permotriásica. (Fig. 1.4.2.)

2.— Calcoesquistos.

Aparecen de forma local y son afloramientos de muy poca entidad. De color marrón amarillento, con esquistosidad patente. Siempre aparecen sobre el término anterior y su potencia no excede en ningún caso los 5 metros. (Fig. 1.4.2)

3.— Calizas y dolomías.

Dentro del área cartografiada afloran fundamentalmente dolomías de color gris oscuro, aunque en superficie presentan una pátina de colores marrones. Están intensamente fracturadas, llegando en algunos casos a adquirir el aspecto de auténticas brechas. Su potencia es de unos 15 metros, y su edad Triás Medio Superior. (Fig. 1.4.2.)

4.— Calizas conglomeráticas.

Esta formación se sitúa en discordancia sobre las calizas y dolomías del Complejo Alpujárride, integrada en dos tramos.

Tramo 1.

Formado por calizas conglomeráticas de color grisáceo, con cantos de dolomías grises, y calizas de color marrón rojizo. Presentan los cantos una baja esfericidad, pero buen redondeamiento, y su tamaño oscila entre el centímetro y el metro, siendo los más abundantes de unos 5 centímetros de diámetro. Su estratificación es difusa con aspecto masivo y la potencia de 10 metros. Aparecen frecuentes fósiles de Lamelibranquios, Equinodermos, Gasterópodos, etc., que se han datado más a este (Perconig, 1.976). Se le atribuye una edad Tortoniense. (Fig. 1.4.2.).

Tramo 2.

Encontramos grandes bloques de calizas arrecifales y calcarenitas, muy cavernosas por efecto de una intensa dolomitización, con abundantes fósiles empastados en la matriz y cantos de rocas metamórficas (dolomías y cuarcitas), que se hacen más abundantes conforme nos acercamos al techo de la formación. Su potencia no excede de los 15 metros. (Fig. 1.4.2.).

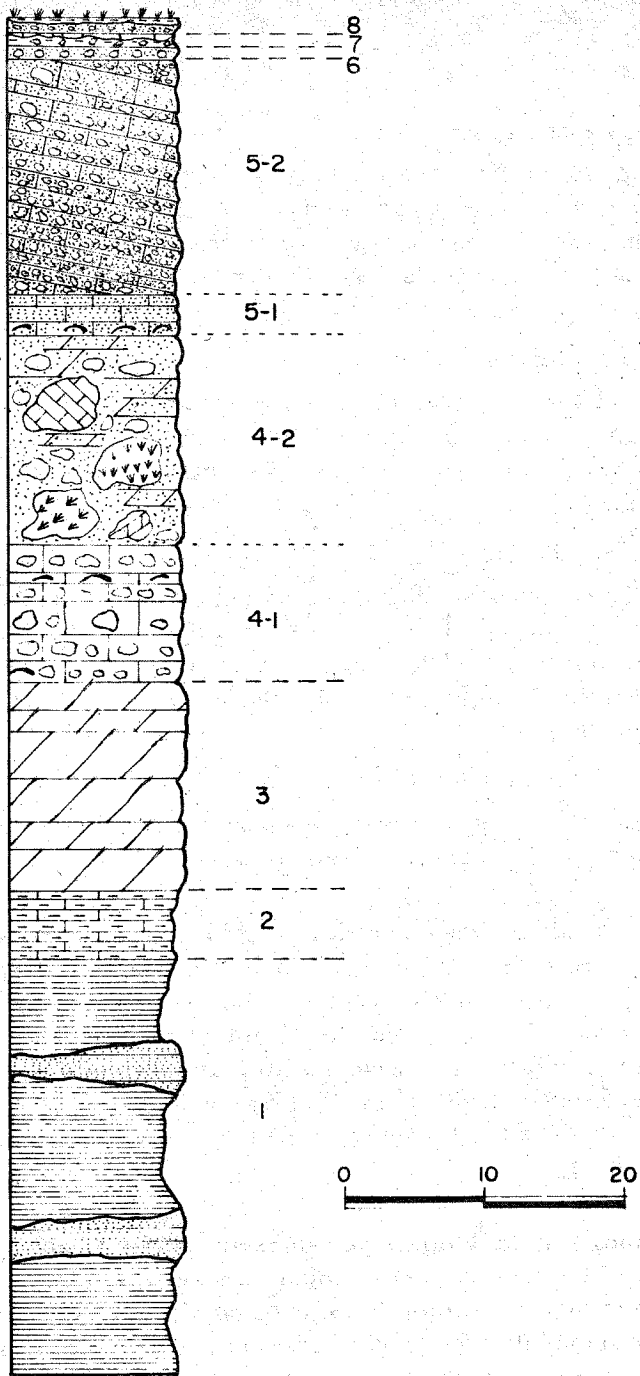


Figura 1.4.2.— Serie estratigráfica de Las Albuferas y su entorno.

5.— Formación calizo-detrítica.

Se sitúa sobre la formación calizo-conglomerática por medio de un contacto irregular, probablemente erosivo. También comprende dos tramos claramente diferenciables. (Fig. 1.4.2.)

Tramo 1.

Constituido por calizas bioclásticas que pasan a niveles calcareníticos, su espesor es de 3 metros.

Tramo 2.

Es un conglomerado de matriz detrítica arenosa y cemento carbonatado con cantos de cuarcita, caliza, dolomía y micasquitos, con muy buen redondeamiento y baja esfericidad. En algunos puntos sus cantos se encuentran claramente imbricados. La proporción entre cantos, matriz y cemento varía en sentido vertical, pasando desde unas calcarenitas puras hasta conglomerados de escasa matriz y cemento. Su espesor es de 17 metros y presenta megaestratificaciones cruzadas que buzan hacia el mar (N 63 E, B 29 S). Forman un escarpe casi vertical sobre Las Albuferas. La edad que se le atribuye a esta formación es Plioceno.

6.— Terraza marina. (Fig. 1.4.2)

Se sitúa discordante sobre todos los materiales descritos anteriormente, y, en muchos casos, descansa en nichos excavados en la propia roca sobre la que se deposita. Su aspecto y espesor varía dentro del área estudiada, por lo que describimos las dos facies más habituales que aparecen y que vienen a representar los miembros extremos de una serie, en la que se pueden observar todos los pasos intermedios. Su edad es Eotirreniense.

Facies 1.- Suroriental.

Aparece bajo una litología de conglomerados de bolas de cuarzo lechoso, cuarcitas, micasquitos y dolomías de 15 a 20 centímetros de diámetro con alta esfericidad y redondeamiento, con una matriz arenosa oscura y un cemento calcáreo de color marrón claro, que le confiere una gran consistencia. En algunas zonas se superpone un nivel de areniscas muy cementado de color oscuro, idéntico a la matriz del conglomerado. Su espesor es reducido y en ningún caso supera el metro.

Facies 2.- Noroccidental.

En términos generales la facies 2 de terraza marina, aparece también bajo la litología de conglomerados, aunque con características claramente diferenciables de la anterior, que se pueden resumir en las siguientes:

1.— Conglomerado bien estratificado con capas de espesor que varían desde los 2 metros hasta la decena de centímetros.

2.— Alternancia de conglomerados y microconglomerados.

3.— Niveles de conglomerados poco cementados, con aspecto ruinoso, y deleznales.

4.— Conglomerado con cantos calizos del orden de 30 a 50 centímetros de diámetro con orificios de litófagos en la base, que al techo reducen su tamaño siendo el habitual de unos 5 cm.

5.— Conglomerado con abundantes fósiles que se concentran en los primeros y últimos niveles.

El espesor total de la terraza es de 3,5 metros.

7.— Glacis. (Fig. 1.4.2.)

Es uno de los episodios más recientes con cuatro niveles diferenciables y claramente continental.

Nivel 1.— Es una brecha de cantos de dolomías y cuarcitas, que varían desde los 2 a los 40 centímetros de diámetro con niveles intercalados de limos que se acuñan lateralmente. Su espesor es de 2 metros.

Nivel 2.— Formado por arenas eólicas de color gris claro con intercalaciones lenticulares de brechas sueltas semejantes a las del nivel 1. La capa de arenas se acuña lateralmente alcanzando una potencia máxima de 3 metros.

Nivel 3.— Formado por limos de color rojo en los que aparecen cantos de dolomías angulosos.

Nivel 4.— Está constituido por una costra con cantos angulosos de dolomías grises muy cementadas que sella todo el glacis. Este cuarto nivel es el más uniforme, ya que el resto puede llegar a faltar casi en su totalidad, sufriendo acuñaciones laterales. Esta secuencia de cuatro niveles es la más completa de las que afloran en el área. Se le atribuye una edad Siciliense (Fourniguet, 1.975).

8.— Sustrato de Las Albuferas. (Fig. 1.4.2.)

En este apartado distinguimos dos tipos de materiales:

1.— Arenas con niveles intercalados de gravas de unos 20 centímetros de espesor de origen inequívocamente marino litoral, que formaron el armazón de las barras arenosas e individualizaron los lagos salinos iniciales, que dieron origen a las actuales albuferas.

2.— Limos fangosos que forman el sustrato de las zonas ocupadas por

las charcas. Son de color marrón oscuro, con pequeños niveles negros donde se pueden encontrar restos de vegetación en estado de descomposición, que le dan el color oscuro y un olor característico, fuerte y desagradable.

Tectónica.-

Al enfocar el apartado de las deformaciones que afectan a los materiales que afloran en el área de estudio, hay que realizar una clara separación entre aquellos que han estado implicados en las principales fases de deformación, que constituyen la Cordillera, y los que sólo se vieron afectados por los últimos fenómenos de deformación, por su carácter de materiales postorogénicos.

En el primero de los casos se encuentran implicados los términos 1, 2 y 3 de la serie estratigráfica descrita (Fig. 1.4.2.) (filitas y cuarcitas, calcoesquistos, calizas y dolomías), todos ellos pertenecientes al complejo Alpujárride, y dentro de éste al Manto de Lújar (Fig. 1.4.2.). Se encuentran afectados por una primera fase de deformación, que origina una primera esquistosidad de flujo (S1), en la mayoría de los casos, paralela a la superficie de estratificación original (S0) que, en las metapelitas, se encuentra obliterada por la segunda esquistosidad (S2) y en las rocas carbonatadas no se aprecia. Sólo en las cuarcitas donde la (S2) no está muy marcada, puede observarse con claridad la primera esquistosidad.

Después de un período intercinemático se produce una segunda fase de deformación, que origina una segunda esquistosidad (S2), y afenta fundamentalmente a las rocas micáceas, y poco a las cuarcíticas. Los carbonatos apenas se ven afectados por esta segunda esquistosidad. Hay constancia de la presencia de pliegues posteriores a la segunda deformación, según criterios regionales, que anuncian la siguiente fase de deformación.

Por último, todos los materiales citados se ven envueltos en una tectónica de corrimiento, que es la responsable de la formación de la Cordillera. Este acontecimiento, individualiza una serie de mantos, que se apilan unos sobre otros siguiendo una dirección de cabalgamiento que va de S a N, según la cual se puede establecer la siguiente secuencia de mantos Alpujárrides: Lújar, Cástaras, Alcázar, Murtas y Adra.

En el segundo caso, los materiales postorogénicos se encuentran afectados por una tectónica distensiva que es la responsable, en gran parte, de la morfología que observamos en la actualidad. En el área de estudio se han cartografiado tres sistemas de fallas que describimos cronológicamente. En primer lugar, se ha detectado un sistema de fallas de dirección N-S a N 150 E, que parecen ser coetáneas o ligeramente anteriores a las de dirección N 90

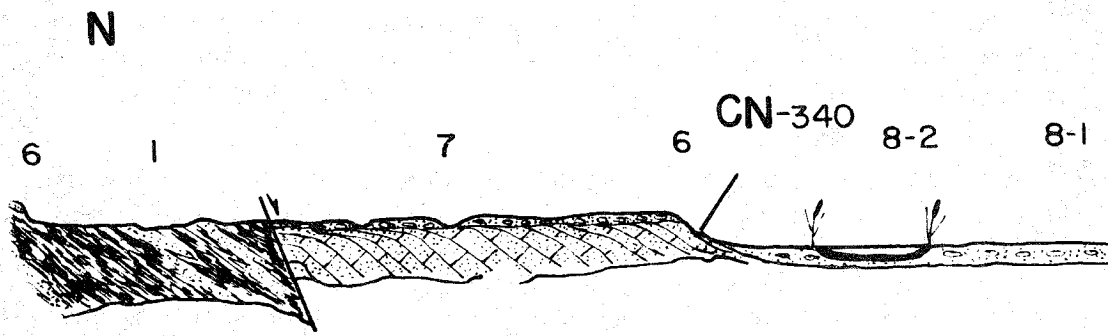


Figura 1.4.3.

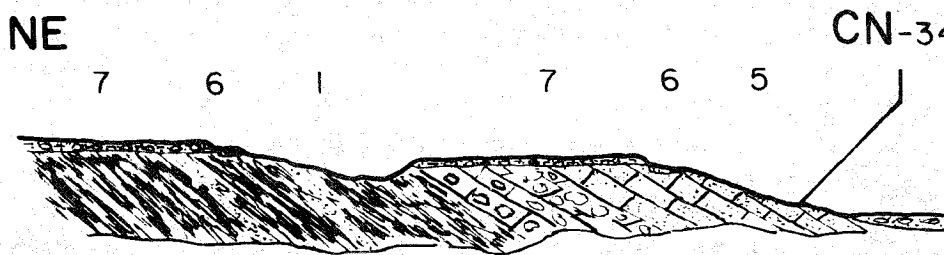


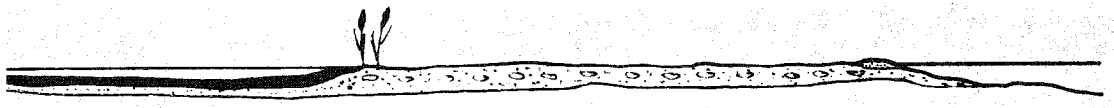
Figura 1.4.4.

S

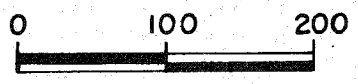
8-1

8-1

Ply



CORTE A-A'



SW

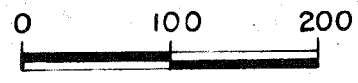
8-1

8-2

8-1



CORTE B-B'



E, aunque éstas últimas es posible que correspondan a un antiguo sistema que se reactiva como consecuencia de la aparición de las primeras. Por último, existen otras fallas, que pensamos son las más modernas, de dirección N 150 E, que afectan a los glaciais y terrazas Eotirrenienses y que son las responsables de la configuración de las costas actuales. (Fig. 1.4.3. y 1.4.4.)

1.5. GENESIS DE LAS ALBUFERAS.

Antecedentes históricos.

El primer documento del que hemos tenido noticia en el que se hace referencias a Las Albuferas, es el testamento del Canónigo de la Colegiata de Motril D. José Iluminati Vargas, otorgado en 1.751 en el que afirma “que las albuferas, pozas y canales del mar que están en dicha tierra son de mi propiedad, las que sí se quieren beneficiar trayendo Maestro de Mallorca para la pesquería en ellas, será de mucho útil a los posehedores (sic) de este vínculo especialmente en los días que por vigorosos temporales está el mar levantado y no poderse pescar en el” (Ruz Márquez, 1.981). Se conserva también de esta época un plano notarial, (Fig. 1.5.1.) donde se indica la posición de La Albufera Grande, hoy desaparecida, y La Albufera Honda, separadas ambas por la rambla de la Leña. También aparecen marcadas en el plano de Adra y su término del Catastro del Marqués de la Ensenada de mitad del siglo XVIII, (Fig. 1.5.2).

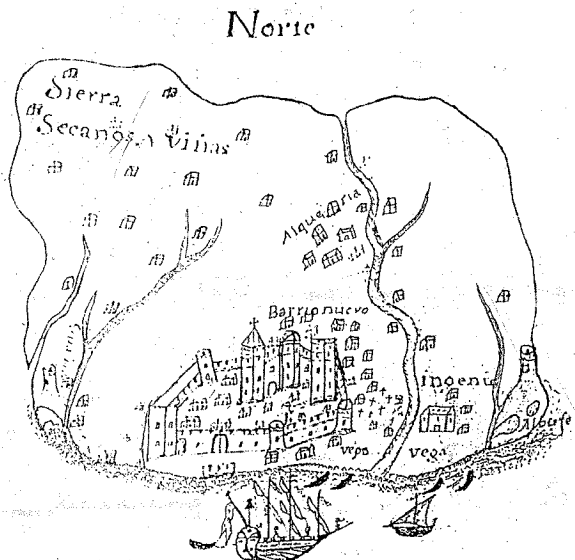


Figura 1.5.2.— Adra y su término a mediados del siglo XVIII. (Catastro del Marqués de la Ensenada. T.1. Arch. Histórico Provincial de Almería).

La Albufera Grande, a la que se hace referencia, fue desecada con posterioridad a 1879 cuando se estableció como definitivo el actual cauce del río Adra, ya que con anterioridad y en el período comprendido entre 1871-79, el cauce del río desembocaba en esta albufera. La razón de su enterramiento eran las frecuentes epidemias de fiebres palúdicas (tercianas) que durante todo el siglo XIX se produjeron en la población de Adra, a las que también contribuían las charcas que de forma temporal se originaban a causa de las avenidas del río, aunque a nadie escapa el interés de los agricultores por conseguir nuevas tierras de cultivo en una de las zonas más fértiles de la Vega de Adra.

En cuanto a La Albufera Nueva, se tiene constancia según un plano de 1928 de la presencia de un lago marino a partir del que se desarrollaría hacia el E, durante la década de los treinta La Albufera Nueva, ocupando la ensenada que en esos momentos existía, (Fig. 1.5.3.).

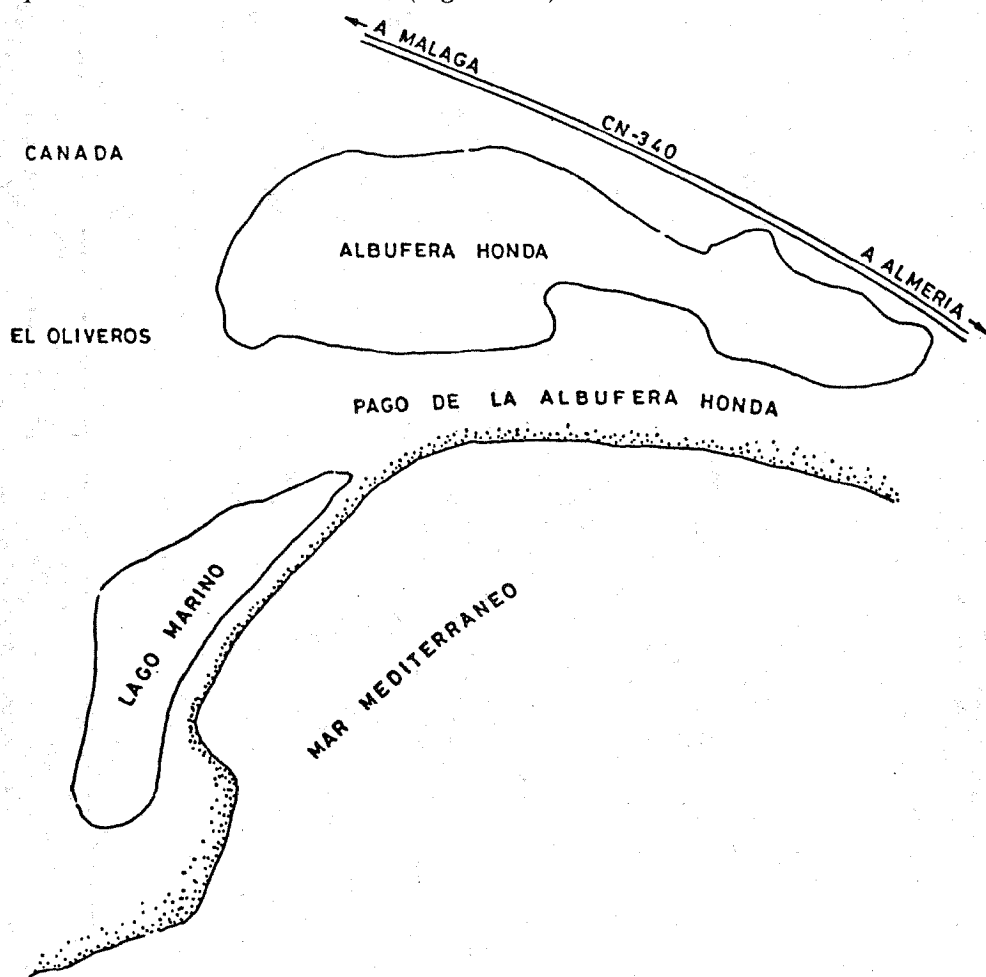


Figura 1.5.3.— Plano de 1928 (gentileza de D. Francisco Toledano Barroso. Adra).

Factores que determinan la génesis de Las Albuferas.

Hay dos factores que consideramos primordiales a la hora de explicar la génesis de Las Albuferas:

- 1.— *La dinámica litoral.*
- 2.— *La evolución del delta del río Adra.*

1.— Dinámica litoral.

La dinámica litoral, está controlada casi en su totalidad por los vientos dominantes, SSW y SW (ponientes) seguidos por los del E (levante) (Capel Molina, 1977), que originan olas de tres metros de altura como máximo y persistencia de una semana (Dabrio et al., 1984). Como consecuencia se originan derivas litorales que, unidas a la corriente de agua fría y poco salina procedente del Atlántico, que penetra en el Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar, dan lugar a una deriva generalizada hacia el E, cuya dirección y velocidad varía en detalle, según los vientos.

Las mareas astronómicas son despreciables, ya que sólo alcanzan unos cms. Sin embargo, los vientos del tercer cuadrante, producen un agolpamiento del agua sobre la costa (wind set up) que origina oscilaciones apreciables, del orden de 50 cm. de amplitud (Dabrio et al., 1984).

2.— Evolución del delta del río Adra.

La evolución del delta del río Adra podemos rastrearla en la historia unos 150 años atrás. A principios del siglo XIX existía un delta en la desembocadura del río Adra, al W del actual, del que aun se pueden reconocer sus restos. Era un delta fuertemente asimétrico con el lado de levante más desarrollado, que concuerda perfectamente con las derivas que actualmente existen. En estos momentos y como ya se ha indicado en el apartado anterior, sólo existían dos albuferas, la Grande y la Honda.

Desde 1822 se inicia una explotación intensiva de los yacimientos de galeña argentífera de la Sierra de Gádor, lo que permite el florecimiento de prósperas fundiciones en las poblaciones de Adra y La Alquería, en las que se obtenía plomo que era exportado a Inglaterra y Francia principalmente, en forma de barras, planchas, tubos y perdigones. Esta floreciente industria produjo una deforestación de toda la cuenca del río Adra, con el fin de alimentar los hornos de fundición (hornos catellanos), que ocasionó lamentables consecuencias tres décadas después, sucediéndose las avenidas que fueron tres en la década de los sesenta, arrasando la Vega de Adra y provocando dramáticas inundaciones en la población cercana. Esta fue la razón por la que en 1.863

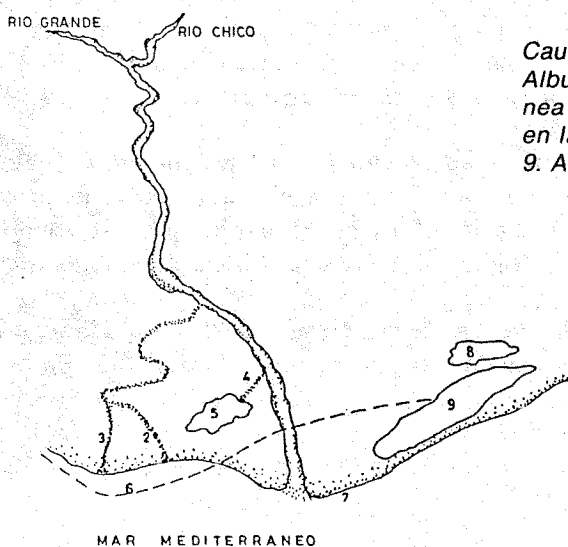
se iniciaron las obras de desvío del río, que tras múltiples avatares, en las que se vieron detenidas por falta de fondos y destruidas por nuevas riadas, se terminaron en 1871 en La Albufera Grande. Posteriormente este cauce se modificó, trazándose más al sur, tal y como lo conocemos en la actualidad.

Como consecuencia de la falta de aportes, el antiguo delta se destruye a gran velocidad, y comienza la formación de uno nuevo situado más al E con idéntica estructura al anterior; asimétrico con el lado mayor a oriente. También contribuye a este proceso, la construcción de la escollera del puerto, que desvía la deriva litoral e impide la llegada de aportes al antiguo delta acelerando así su destrucción.

Todos estos acontecimientos relatados, unidos a un aumento de los aportes del río, originan a finales de la década de los años veinte del actual siglo, el desarrollo de barras arenosas litorales que en 1.928, hay constancia documental, formaron un lago marino (así llamado) y en 1.931 individualizan La Albufera Nueva (Jabaloy, 1.984).

Este mismo mecanismo, es el que durante el inicio de los años setenta forma la denominada Albufera Litoral.

Existe un factor adicional, que pensamos hay que tener en cuenta, no tanto en el proceso de formación de Las Albuferas, sino en su posterior consolidación como tales. Es la existencia de un sistema de fallas de dirección N. 150 E, a favor de las que se puede estar produciendo un paulatino hundimiento del actual delta y valle del río Adra, favorecido quizás por el peso de los sedimentos acumulados en la actual desembocadura del río Adra. (figura 1.5.4.)



Cauce en 1871. 4. Cauce en 1879. 5. Albufera Grande (hoy desecada). 6. Línea costera en 1871. 7. Línea costera en la actualidad. 8. Albufera Honda. 9. Albufera Nueva.

1.6. HIDROLOGIA.

Existen tres cursos de agua que desembocan directamente en La Albufera Honda, la única que podría en algunos casos, recibir esporádicamente un aporte de escorrentía superficial. La Albufera Nueva, situada más al sur no se encuentra conectada con ningún curso de agua.

La rambla de la Estanquera, es el mayor y más importante de los cursos fluviales. Desemboca en la parte occidental de La Albufera Honda, aunque no directamente, sino en la amplia franja de vegetación palustre que se sitúa en el extremo oeste de la charca. La rambla formaba un pequeño cono de deyección al llegar a la llanura en la que se encuentran Las Albuferas, y que en la actualidad ha sido ampliamente modificado, asentándose sobre él parcelas dedicadas al cultivo bajo plástico que sólo han respetado un pequeño cauce de desagüe. Su cuenca abarca una superficie de 12 Km², 33.750 m² con una longitud de 7 Km., 600 m. y una pendiente media que no supera el 5%.

Ya en la margen norte de La Albufera Honda, aunque todavía en su extremo occidental desemboca el barranco de las Adelfas, de menor entidad que la descrita con anterioridad, pues su superficie de cuenca es de 3 Km², 396.250 m² y una longitud de 3 Km. 600 m., siendo su pendiente media superior al 11%.

Hacia el centro de la orilla norte de La Albufera Honda, donde se produce el estrechamiento, desemboca un pequeño torrente, que hacia el norte se bifurca en dos. Tiene una superficie de cuenca de 2 m², 55.000 m² y una longitud de 2 Km., 100 m. Su pendiente media es la mayor de las tres y supera con amplitud el 15%.

Ante la inexistencia de datos sobre los aportes de escorrentía superficial, que llegan a La Albufera Honda, a través de los tres cursos de agua descritos hemos considerado más prudente el omitir cualquier cifra, ya que su validez sería, en cualquiera de los casos, muy discutible ante la imposibilidad de realizar unos cálculos fiables. Sin embargo consideramos puntualizar una serie de hechos.

1.- Ya se ha indicado en el capítulo de climatología, que las precipitaciones oscilan entre los 134 mm. del año 1.985 y los 235,5 mm. del año 1.982, el más seco y más húmedo respectivamente del periodo investigado, que en su totalidad resulta extremadamente seco.

2.- La distribución de las precipitaciones a lo largo del año, es muy desigual, con un máximo relativo en Enero y otro absoluto en Noviembre, que es también el mes de mayor número de días de precipitación. También en este

mes se registran las precipitaciones máximas mensuales y en 24 horas. El verano que abarca los meses de Junio a Septiembre es muy seco, con precipitaciones que raramente superan los 10 mm. produciendose un déficit de agua en el suelo que sólo se recupera durante los meses de Diciembre y Enero. Todos estos hechos expuestos, nos llevan a concluir: a) la existencia de una escorrentía superficial sólo es posible durante el mes de Enero, con un régimen de precipitaciones que no sean torrenciales, ya que la lluvia caída durante el mes de Noviembre sólo alcanzaría a establecer el equilibrio hídrico del suelo; b) la posibilidad de una escorrentía superficial a consecuencia de precipitaciones intensas queda relegada ante la escasa torrencialidad que presentan las lluvias en cuanto al volumen total de precipitaciones. Esto no significa que haya que descartare la posibilidad de chaparrones ocasionales que, en función de su alto índice de precipitación horaria (hasta 36 mm. en 30 minutos), puedan originar escorrentias superficiales, dada la avalancha de agua y la rapidez con que se producen impidiendo la infiltración en el suelo.

El cálculo de la precipitación directa, se ha realizado incluyendo en la superficie de Las Albuferas, las franjas de vegetación que las rodean. Se ha calculado para el periodo que abarca el estudio (desde Junio de 1.984 hasta Diciembre de 1.985) y tres años más 1.980, 1.982 y 1.985 considerados como años normal, húmedo y seco respectivamente, con el fin de que se puedan establecer comparaciones.

	Albufera Honda	Albufera Nueva
P. Estudio	0,002 Hm ³ 3.763,6 m ³	0,005 Hm ³ 799 m ³
1980	0,002 Hm ³ 510,22 m ³	0,005 Hm ³ 366,05 m ³
1982	0,003 Hm ³ 249,9 m ³	0,006 Hm ³ 947,25 m ³
1985	0,001 Hm ³ 849,2 m ³	0,003 Hm ³ 953 m ³

1.7. HIDROGEOLOGIA.

Desde el punto de vista hidrogeológico, Las Albuferas se localizan en el extremo oriental del sistema acuífero denominado "Delta del Adra". Los principales rasgos hidrogeológicos de este sistema han sido identificados en base a estudios llevados a cabo por el IGME (1977, 1982). También merece reseñarse, a este respecto, el reciente trabajo de MORALES (1986). Las principales características hidrológicas de la cuenca del río Adra, en cuya parte final se localiza el sistema acuífero aquí estudiado, han sido analizadas también recientemente por PULIDO et al. (1986).

Características litológicas y geométricas.-

El acuífero está integrado por materiales terciarios y cuaternarios, sobre cuya descripción detallada no cabe extenderse aquí, al haber sido abordada en otras partes dentro de este estudio. Se trata, fundamentalmente, de materiales detríticos aluviales o fluvio-deltáicos de edad Holoceno, en relación más o menos estrecha con el cauce actual del río de Adra; su granulometría es generalmente media-gruesa y ocupan buena parte de la superficie del sistema que es de unos 20 Km².

No son muy abundantes los datos de perforaciones de cierta profundidad que ilustren acerca de la geometría y espesores de los materiales permeables. Especialmente en la mitad oriental del sistema, que es en concreto el sector donde se localizan Las Albuferas, otros materiales subyacen a los ya citados, antes de alcanzar el sustrato impermeable.

Entre tales materiales puede distinguirse, en primer lugar, un horizonte limoso de colores pardo-negrucos y espesor reducido. Sus características evidencian condiciones reductoras en el depósito; podría tratarse de un medio de características similares a Las Albuferas actuales.

Debajo del nivel anterior existe una secuencia calcarenítica y conglomerática gruesa correspondiente a facies más o menos litorales, en relación con un episodio de depósito deltáico plioceno, cuyas correspondientes facies "profundas" serían de naturaleza predominantemente margosa. Precisamente tales margas puede que constituyan la base impermeable de gran parte del sistema. Eventualmente pueden existir materiales permeables, correspondientes a horizontes calcáreo-conglomeráticos miocenos, entre dicho episodio margoso y el sustrato impermeable general.

Aunque fuertemente retocadas por la actividad neotectónica (de fractura, fundamentalmente), se aprecia como las condiciones actuales de depósito, fluvio-deltaicas y de albufera, son a su vez herencia de otras que han venido sucediendo desde finales del Plioceno.

La anterior descripción es fuertemente simplista pues habría que incluir otros sedimentos: terrazas marinas, diferentes niveles de glaciares, depósitos litorales actuales, etc. Digamos, como resumen, que el sistema acuifero puede calificarse como de tipo "multicapa", especialmente en su mitad oriental. Alcanza potencias que van desde 20-30 m. en el sector del canal de San Fernando, hasta uno 70-80 ms. en las proximidades de Adra (en ambos casos con predominio de materiales fluviales holocenos) y puede superar, tal vez ampliamente, los 100 m. en el entorno de Las Albuferas.

Los rasgos litológicos más significativos del sistema se esquematizan, muy resumidamente debido a la ya comentada ausencia de datos al respecto, en la figura 1.7.1. De los dos perfiles que integran dicha figura, el B corresponde al sector oriental del sistema, donde se localizan Las Albuferas.

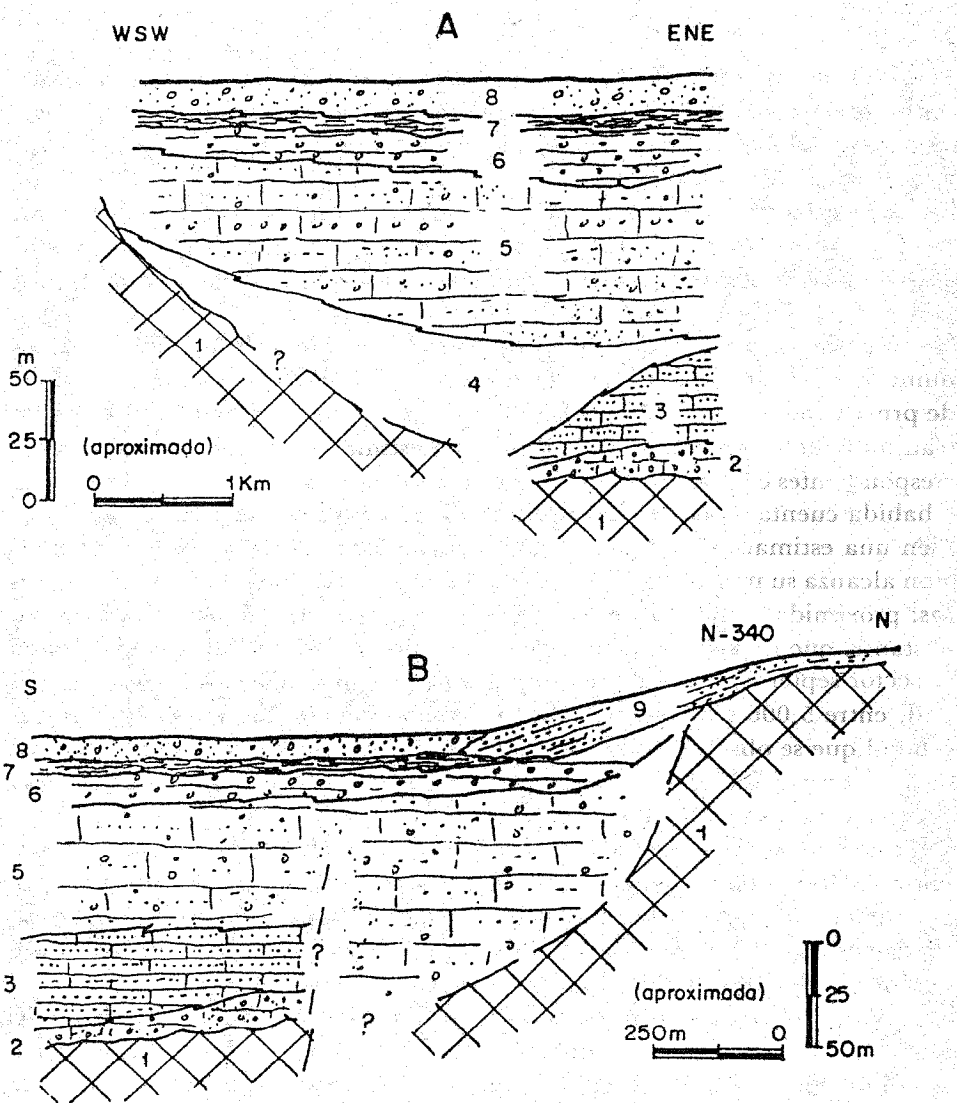
El sustrato impermeable general del sistema corresponde a los materiales metapelíticos alpujárrides, aunque como ya se ha comentado, localmente las margas pliocenas pueden desarrollar dicho papel.

En lo que respecta a los límites laterales, las metapelitas constituyen bordes impermeables al Oeste y Norte, en este último caso junto a los materiales de la formación deltaica antigua, que se comporta como acuícludo debido a su proporción en fracción fina. El borde meridional, al corresponder a la franja litoral, se trata de un límite permeable de nivel aproximadamente constante.

EL sistema del Delta del Adra parece mostrar continuidad lateral, a través de su borde Este, con el sistema adyacente del Campo de Dalfas, por medio de las calcarenitas pliocenas permeables. Aunque no existen demasiados datos al respecto, se ha venido considerando en estudios precedentes dicho borde como una divisoria hidrogeológica más o menos fina, lo que ha permitido abordar separadamente el estudio del funcionamiento de ambos sistemas.

Características hidráulicas.-

Son más de 300 las captaciones inventariadas actualmente por el IGME en el acuífero del Delta del Adra. No obstante su elevado número, ofrecen en realidad poca información hidrogeológica, debido al predominio de pozos excavados de muy escasa profundidad. Tal es, en particular, la situación que caracteriza al sector de Las Albuferas en donde, además, muchas de las captaciones están total o parcialmente abandonadas.



1.7.1.— Cortes esquemáticos del acuífero del Delta del Adra; el A es aproximadamente longitudinal; el B representa una sección transversal cercana a Las Albuferas.

1: metapelitas alpujárrides; 2: conglomerados calcáreos; 3: calcarenitas y calizas conglomeráticas (Mioceno); 4: margas (Piloceno); 5: Calcarenitas; 6: Conglomerados; 7: limos; 8: gravas y arenas (Cuaternario). Simplificado de PULIDO et al. (1986) y MORALES (1986).

Lo anterior explica la ausencia casi total de datos geométricos o hidráulicos representativos del acuífero en dicho sector. Los sondeos son más frecuentes en las inmediaciones del cauce, a lo largo del sector septentrional del acuífero, hasta El Puente del Río.

La explotación de las captaciones se efectúa, en la mayoría de los casos, con fines agrícolas, para el regadío de los cultivos localizados sobre el acuífero o sus bordes. En algunos casos, el agua extraída se conduce hacia sectores próximos fuera de la propia cuenca.

Son muy escasos, y de representatividad más que cuestionable, los datos numéricos relativos a parámetros hidráulicos del acuífero obtenidos a partir de pruebas de bombeo. MORALES (1986) hace una revisión de los valores de transmisividad disponibles y obtiene otros estimativos en función de los correspondientes caudales específicos de las captaciones. A partir de tales datos, y habida cuenta de los espesores saturados captados en cada caso, hace también una estimación de la permeabilidad de los materiales. Esta aproximación alcanza su menor representatividad donde las captaciones son más someras: proximidades del borde costero y sector de Las Albuferas. Se deduce, no obstante, que la parte del acuífero correspondiente al aluvial del río Adra en su sector septentrional es la que registra valores más elevados de transmisividad, entre 5.000 y 20.000 m²/día, aproximadamente. Las cifras de permeabilidad que se obtienen, 100-200 m/día, señalan una litología predominante de arenas y gravas limpias, como por otra parte parece lógico suponer de acuerdo con sus características de depósito.

El sector de las inmediaciones del cauce antiguo del río presenta valores entre 1.000 y 3.000 m²/día. También próximos a 2.000 m²/día son los valores que se obtienen en algunos pozos cercanos al borde costero, como uno situado entre La Albufera Nueva y el litoral. En captaciones que explotan las calarenitas, la transmisividad puede ser del orden de 1.000 m²/día.

No se tienen datos directos relativos al coeficiente de almacenamiento del acuífero. Su valor numérico debe acotarse, por tanto, en base a la información litológica y a la suposición de que el régimen mayoritario de funcionamiento es de carácter libre. Puede así admitirse que la porosidad eficaz más frecuente en los materiales implicados es del orden del 5-10%.

Características piezométricas.-

Dentro del estudio de las características piezométricas pueden considerarse dos aspectos: distribución espacial y evolución temporal. Dentro de este

último cabe, a su vez, distinguir entre oscilaciones estacionales y tendencias interanuales.

La distribución espacial de la piezometría se caracteriza mediante planos de curvas isopiezas. Tales gráficos exigen, como fase previa a su realización, la nivelación altimétrica precisa de los piezómetros de control. Dicha precisión es de suma importancia cuando se estudian áreas llanas y costeras, como precisamente ésta que nos ocupa, y exige una infraestructura de labores topográficas que se aleja claramente de los objetivos y alcance previstos en la presente síntesis hidrogeológica.

Son dos los organismos que, con fines de investigación o control de las aguas subterráneas, han efectuado trabajos de nivelación piezométrica en el Delta del Adra: el Instituto Geológico y Minero de España y la Comisaría de Aguas del Sur de España. En los estudios llevados a cabo por el primero de ellos (IGME, 1977 y 1982) se incluyen planos detallados de isopiezas, correspondientes a los meses de Mayo y Noviembre de 1975. En términos generales, tales meses pueden considerarse representativos de las condiciones de niveles piezométricos más altos y más bajos, respectivamente. Los principales rasgos de tales mapas para la mitad meridional del acuífero se sintetizan en la figura 1.7.2.

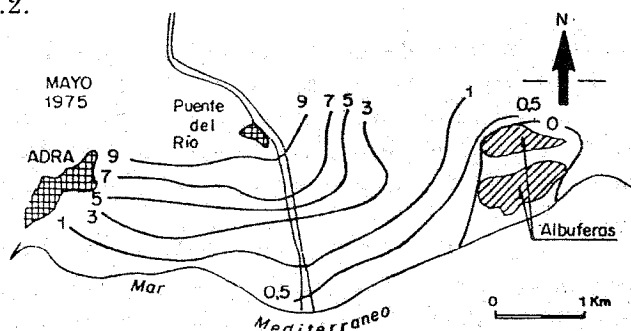
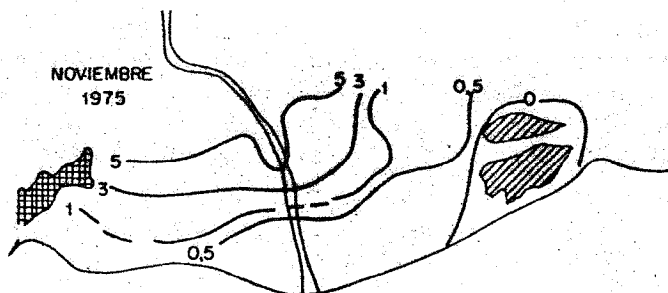
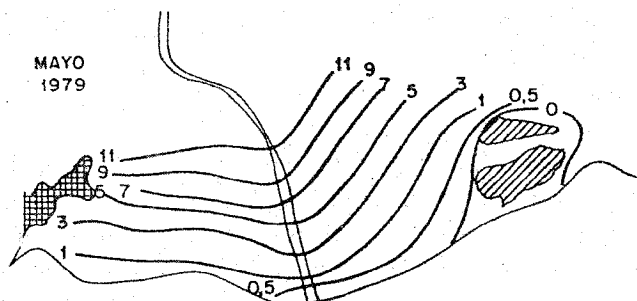
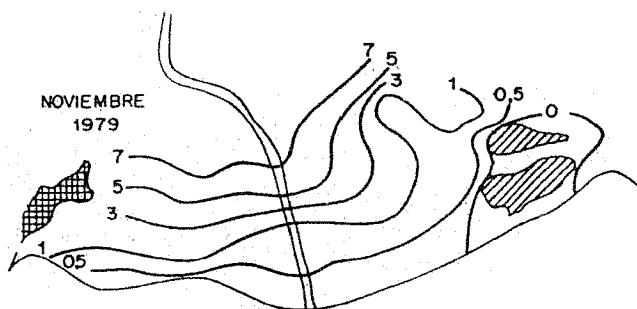


Figura 1.7.2.— Curvas isopiezas correspondientes a distintas situaciones hidrológicas (valores en m).





Origen de los datos : IGME (1977 y 1982)



La cota piezométrica en el sector de cabecera del acuífero (inmediaciones de La Alquería) oscila, según las estaciones, entre los 40 y 50 m. s.n.m. Está entre los 5 y los 12 m, aproximadamente, en el sector central del acuífero, cerca del Puente del Río, como se desprende de la mencionada figura. La superficie de agua libre en Las Albuferas se caracteriza por estar prácticamente al nivel del mar.

Como se aprecia en la figura 1.7.2. la componente general del flujo subterráneo es, sobre todo, hacia el mar; también, aunque parece ser menos importante, hacia Las Albuferas. Puede hablarse, por tanto, de dos direcciones predominantes de flujo en el acuífero: N-S y WNW-ESE.

En la misma figura se observa también una disposición más regular de las isopiezas durante la situación de niveles altos que durante el final del periodo de estiaje. Ello es debido a la menor incidencia relativa de los bombeos en las captaciones (y de los conoides de descenso así producidos) en la primera de tales situaciones, respecto a la segunda en que son frecuentes los fenómenos de superposición e interferencia son los efectos de los bombeos.

El gradiente hidráulico muestra variaciones notables de unos sectores a otros, aún dentro de los periodos correspondientes a las situaciones más regulares de niveles altos. En general, se observa una disminución progresiva de

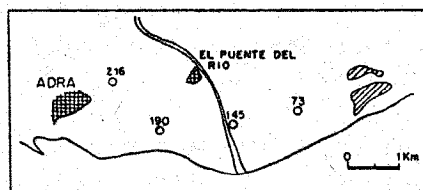
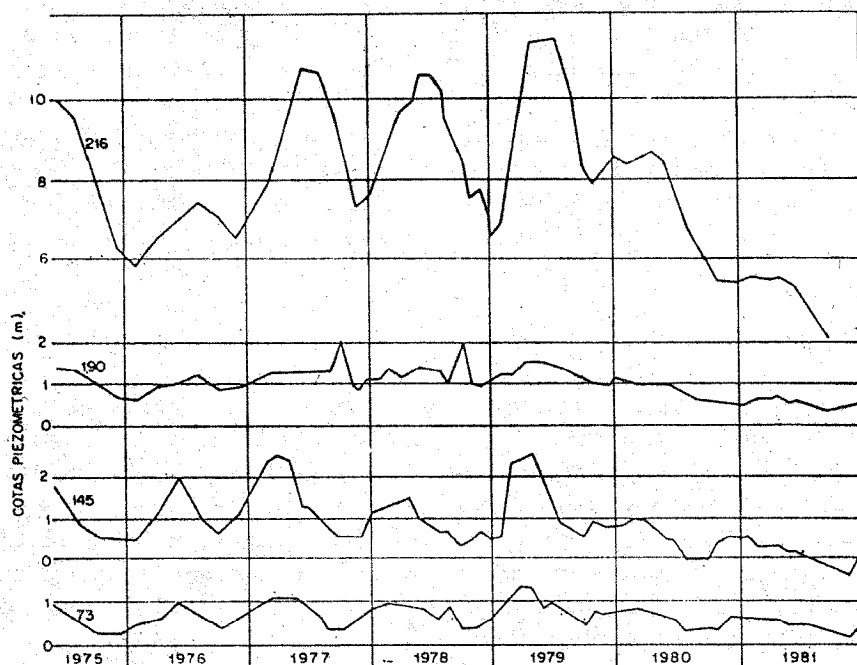
sus valores en el sentido del flujo subterráneo. Ello debe obedecer al incremento generalizado en la sección del acuífero a medida que nos aproximamos al borde litoral. También disminuye en el periodo de estiaje respecto al de niveles altos, consecuencia lógica de la reducción en el caudal subterráneo circulante.

Algunas anomalías locales son apreciables, sin embargo, independientemente de la situación hidrológica que se considere. Tal es el caso del incremento en el gradiente hidráulico en la margen derecha del nuevo cauce, entre El Puente del Río y el borde costero (sector en donde antes se emplazaba la desecada Albufera Grande) que puede indicar una disminución apreciable en la permeabilidad relativa de los materiales allí existentes. Este aspecto es congruente con una sedimentación limo-arcillosa que caracterizaría a la mencionada albufera.

Otro aspecto que destaca de la comparación entre los esquemas piezométricos, incluidos en la figura 1.7.2. es que la cota del agua en gran parte del acuífero se sitúa más alta (del orden de 2 m. en El Puente del Río) en el año 1979 que en el 1975. Ello debe corresponder a las características hidrológicas concretas de tales años. En efecto, el año 1978-79 tuvo una pluviosidad superior a la media y, lo que es más importante, dicha situación se produjo también en los dos años precedentes. La precipitación del año 1978-79 fue, sin embargo, sensiblemente inferior al módulo pluviométrico.

De lo anterior parece desprenderse la existencia de una dinámica bastante activa del agua subterránea en relación con los aportes pluviométricos. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la aparente rapidez de dicha respuesta es, en realidad, consecuencia de muchos otros factores que revelan una situación sensiblemente más compleja. Valga como ejemplo sencillo el hecho de que en los periodos de mayor pluviosidad las necesidades hídricas para riego decrecen y se atenúa notablemente el régimen de extracciones. También en los periodos de mayor humedad aumenta considerablemente el caudal del río en su entrada al sistema acuífero, por lo que existe mayor disponibilidad de agua procedente de las derivaciones superficiales y se economiza menos en su aplicación al terreno. En suma, el efecto de la elevación de niveles es el resultado conjunto de numerosas causas, todas ellas ciertamente en relación con la abundancia pluviométrica, aunque tal vez de las menos importantes entre ellas sea la propia infiltración de la precipitación directa, como más adelante tendremos ocasión de matizar.

A la vista de los esquemas representados en la figura 1.7.2. cabe preguntarse si las situaciones piezométricas que se representan pueden considerarse



Origen de los datos : IGME (1982)

Figura 1.7.3.— Evolución de la cota piezométrica en una serie de puntos del acuífero durante el periodo 1975-1981.

válidas también para fechas posteriores o si, por el contrario, el sistema registra tendencias más o menos acusadas de cambio en la evolución de sus niveles. Este aspecto se ilustra con las figuras 1.7.3. y 1.7.4. en las que se representa la evolución de las cotas piezométricas en algunos puntos de control en diferentes sectores del Delta del Adra.

En la figura 1.7.4. se aprecia como las oscilaciones piezométricas se caracterizan, en términos generales, por presentar un máximo y un mínimo anuales, el primero en relación con las precipitaciones de invierno y el segundo al final del estiaje. La magnitud de las oscilaciones es mayor, como ya se ha apuntado, a medida que nos alejamos del borde costero. Esta regla general tiene, sin embargo, algunas excepciones por diferentes causas, una de las cuales está en relación con la existencia de sectores de mayor difusividad hidráulica dentro del acuífero, como puede ser el caso de los lechos del cauce, bien sea antiguos o el actual. Esa puede ser una de las razones de las importantes oscilaciones que registra el piezómetro 216, así como de que, aún estando a mayor distancia del mar que los piezómetros 190 y 73, el punto 145 muestre más amplitud en sus variaciones estacionales. No hay que olvidar, sin embargo, que en este último caso la situación de dicho piezómetro en un sector que eventualmente puede actuar como "colector" de gran parte de la recarga lo haría beneficiarse, por tanto, de una mayor tasa de infiltración.

Otro aspecto a destacar de la figura 1.7.3. es la repercusión piezométrica del periodo de sequía de 1980-1981, donde las evoluciones registran un perfil descendente sin apenas recuperaciones de cierta entidad hasta el ligero ascenso en relación con las lluvias de invierno de 1982 (figura 1.7.4.). Esta última figura incluye un punto de control en el entorno inmediato de Las Albuferas. Se aprecia cómo las oscilaciones en ese sector (concretamente en la franja existente entre La Albufera Honda y La Nueva) son inferiores a 50 cm., aspecto que más adelante podremos precisar.

Es de gran interés analizar la evolución registrada durante el año 1984, bastante similar —con las diferencias de amplitud antes razonadas— en los piezómetros 218 y 401, representativos de la mayor parte del acuífero. Al comienzo de dicho año se advierte un ascenso generalizado del nivel piezométrico en relación con las importantes precipitaciones acaecidas en los meses de Noviembre y Diciembre de 1983 (más de 120 mm. en la estación de Faro de Adra). Este ascenso es del orden de 5 m. en el sector central del acuífero y de unos 40 cm. en Las Albuferas. A continuación los niveles comienzan su evolución decreciente, que se ve interrumpida por un importante ascenso, centrado en el mes de Julio aproximadamente, sin relación aparente con ninguna

precipitación de cierta entidad. Este ascenso piezométrico (el más importante del periodo 1981-1986) está en relación con un incremento anómalo en el caudal del río de Adra en su parte final, consecuencia, a su vez, de un anormal aumento de la descarga de las Fuentes de Marbella, debido a pérdidas en el embalse de Benínar, que había comenzado a hacer pruebas de retención ese año.

La periodicidad de los controles piezométricos en los puntos aludidos es, en el caso más favorable, mensual, siendo lo más frecuente de tipo bimensual o trimestral. El punto 372, sin embargo, ha sido instalado a partir de mediados de 1983 con un registro contínuo (limnógrafo) por parte de la CASE. Así, los niveles representados en la figura 1.7.4. corresponden a los valores máximos y mínimos que se obtienen en las bandas semanales. Se aprecia que los meses de menor oscilación piezométrica son, en general, los del periodo Noviembre-Enero. Los registros del estiaje de 1984 son bastante anómalos, seguramente por causa de la recarga antes aludida. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el pozo en que está instalado dicho instrumento suele bombear agua (caudal de 18 l/s.), por lo que se produce un descenso de unos 70 cm. Es por ello que los valores mínimos corresponden en la mayoría de los casos a cotas negativas, ya que se trata de niveles dinámicos en un punto muy próximo al borde costero.

MORALES (1986) ha analizado una serie de bandas de dicho registro limnográfico. Encuentra que el movimiento periódico imputable a la marea es muy escaso, del orden de 2 cm. como máximo. Destaca, sin embargo, que en relación con un temporal de vientos de poniente el nivel de agua en el piezómetro registra ascensos del orden de 60 cm. respecto a su posición media.

El aspecto, antes reseñado, de las cotas negativas, también se aprecia en otros puntos de control, siempre en relación con bombeos en el propio piezómetro o en su inmediata proximidad. En cualquier caso, no parecen existir procesos generalizados de inversión del gradiente hidráulico en amplios sectores del acuífero, por lo que éste debe hallarse aún por debajo del nivel crítico de explotación. Esta circunstancia concuerda con las series piezométricas observadas donde, a resguardo de algunos aspectos de índole local, las principales variaciones observadas son imputables más bien a condiciones naturales (mayor o menor cuantía de las aportaciones pluviométricas, percolación de escorrentía superficial...) que al efecto de la sobreexplotación, sobre todo en el sector de Las Albuferas donde los bombeos son todavía relativamente poco intensos.

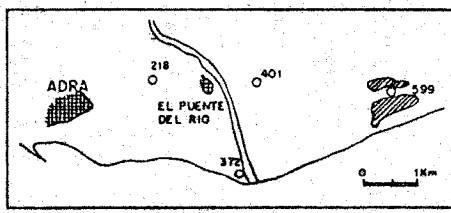
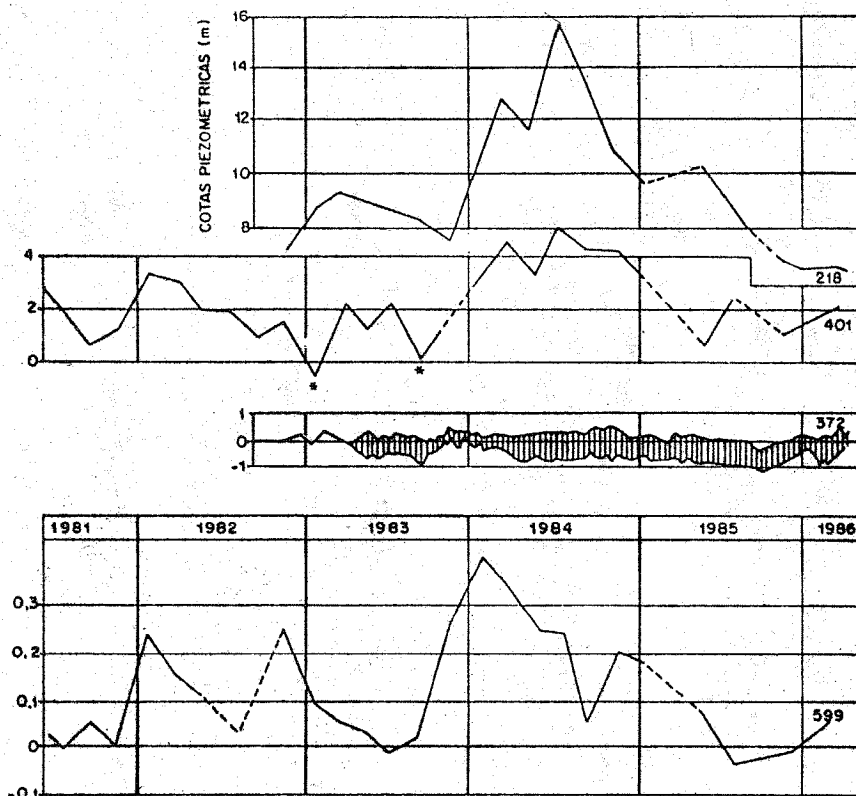


Figura 1.7.4.— Evolución de la cota piezométrica en una serie de puntos del acuífero durante el periodo 1981-1986. Los asteriscos indican niveles dinámicos. El trazado del punto 372 responde a su naturaleza de registro continuo (limnógrafo), en que se reflejan los valores extremos semanales.

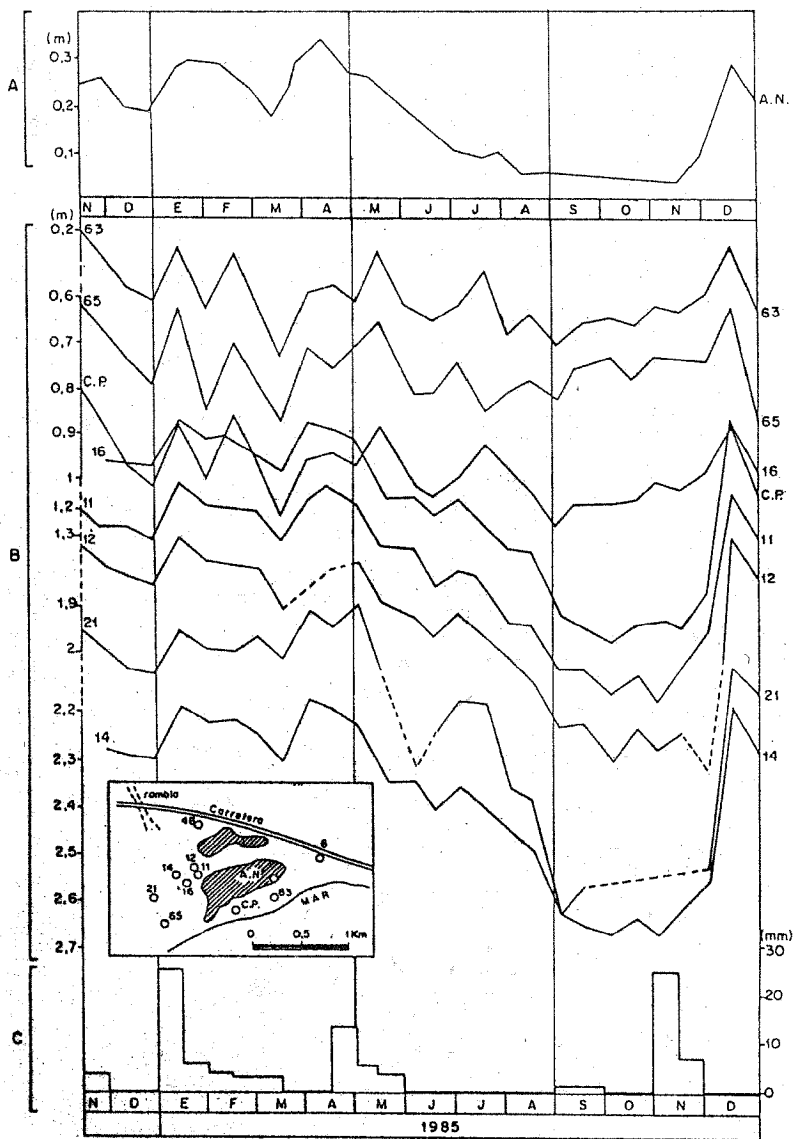


Figura 1.7.5.— Oscilaciones del nivel de agua en La Albufera Nueva (A), evolución de la profundidad del nivel piezométrico en una serie de puntos de control en el entorno de Las Albuferas (B) y precipitaciones quincenales en el sector durante el periodo de control (C). La localización de los puntos se incluye en el croquis del recuadro.

Aspectos específicos del entorno de Las Albuferas.-

Como complemento al análisis piezométrico, y de acuerdo con los objetivos concretos de este estudio, hemos dispuesto una serie de puntos de control del nivel de agua en las inmediaciones de Las Albuferas. La periodicidad de los controles ha sido aproximadamente quincenal, desde Noviembre de 1984 hasta Enero de 1986. La situación de estos puntos se incluye en la figura 1.7.5. Esta parte del estudio piezométrico se ha complementado con la instalación de una escala graduada en La Albufera Nueva que ha permitido registrar, con igual periodicidad que para los piezómetros, las variaciones en el nivel de agua libre en dicha Albufera.

De los puntos de control piezométrico, los referenciados como 6 y 48 son los únicos que han mantenido un régimen de funcionamiento significativo. Por dicha razón, gran parte de los niveles registrados han sido dinámicos; las gráficas que reflejan sus evoluciones temporales presentan la forma anómala que puede verse en la figura 1.7.6.

Las evoluciones del resto de los piezómetros, que apenas han sido utilizados para extraer agua, junto con las variaciones de nivel registradas en La Albufera Honda, se representan en la figura 1.7.5. Se aprecia como la pauta general es, a grandes rasgos, semejante en todos los piezómetros, así como entre estos y La Albufera.

Es patente una estrecha relación entre la evolución de los niveles y los principales episodios lluviosos. La ausencia de precipitaciones durante Diciembre de 1984 supone el descenso generalizado de niveles, tanto en las aguas subterráneas como en La Albufera. Las precipitaciones ocurridas en la primera quincena de Enero de 1985, algo superiores a los 30 mm., implican un ascenso neto tanto en la piezometría como en el nivel de agua libre en La Albufera. En esta última, el nivel queda estabilizado hasta mediados de Febrero y, a partir de entonces, desciende rápidamente. En los piezómetros se observa, sin embargo, un mínimo relativo a finales de Enero, que no se identifica en la albufera, particularmente apreciable en los puntos más cercanos al borde litoral: 63, 65 y C.P.

Las lluvias de Abril-Mayo producen otra recuperación generalizada, sensiblemente rápida en La Albufera, cuyo efecto también cesa con rapidez. En las aguas subterráneas los niveles se mantienen altos durante más tiempo; en particular, los puntos próximos a la playa, antes citados, muestran un ascenso en dos fases, separadas también por un ligero mínimo relativo, siendo de mayor magnitud el segundo pico, desfasado casi un mes respecto al estímulo pluviométrico.

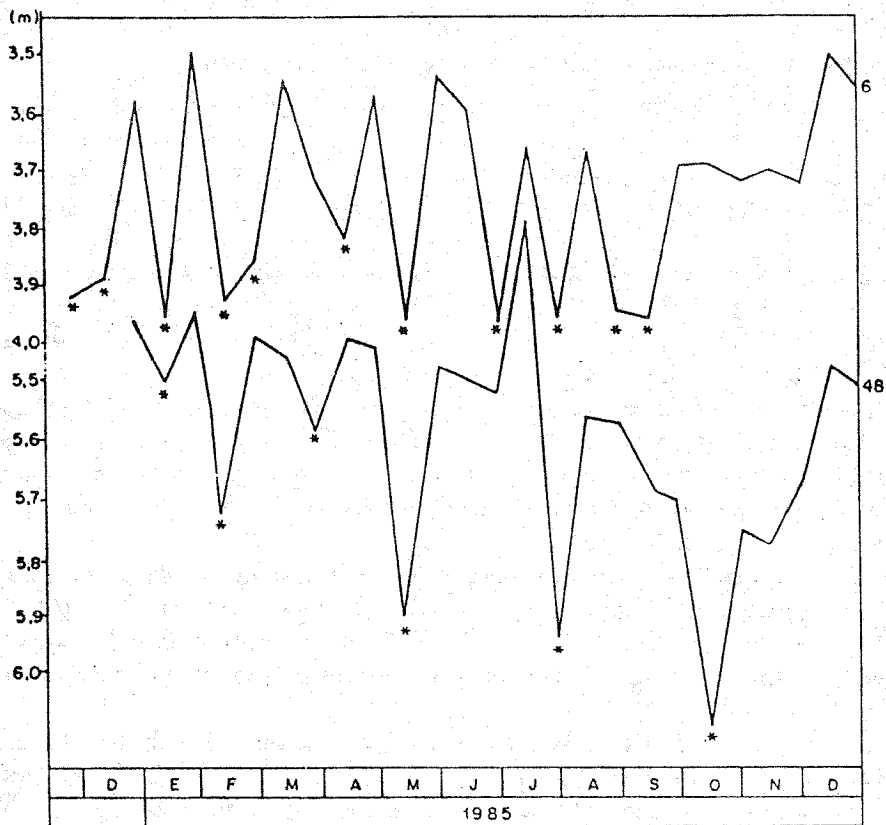


Figura 1.7.6.— Evolución de la profundidad del nivel piezométrico en los puntos del entorno de Las Albuferas que han tenido un régimen más intenso de explotación (niveles dinámicos).

A partir del citado episodio lluvioso comienzan las curvas de recesión propiamente dichas, que parecen mostrar dos tramos, bien diferenciados sobre todo en La Albufera: un decrecimiento rápido hasta Agosto y luego otro mucho más lento hasta finales de Octubre. La velocidad de descenso en el primer tramo es, a grandes rasgos, semejante a la registrada en las recesiones de Diciembre y Febrero-Marzo: entre 2 y 3 mm./día. En los niveles de las captaciones también se registra un ritmo de descenso similar, aunque más difícil de identificar, debido a otros efectos sobreimpuestos, sobre todo en los mencionados puntos 63,65 y C.P. donde, en cualquier caso, la velocidad parece ser menor.

El segundo tramo de descensos se acerca mucho a la horizontalidad. La velocidad de rebajamiento de nivel en la albufera es ligeramente inferior a 0,5 mm./día. También a este respecto los puntos situados entre La Albufera y la costa presentan un comportamiento anómalo: su nivel asciende entre 5 y 10 cm. durante este periodo.

Por último, como consecuencia de las precipitaciones de Noviembre, unos 34 mm., el nivel de la superficie libre de agua de La Albufera asciende 25 cm. Todos los puntos de control registran también un ascenso apreciable, aunque de magnitud diferente según se trate de aquellos que están próximos a la playa (del orden de 10 cm.) o más al interior (entre 30 y 50 cm.).

Al igual que el año anterior, al no haber precipitaciones en Diciembre, los niveles descienden también de manera generalizada, no existiendo diferencias importantes en lo que a alturas de niveles se refiere entre ambas situaciones de comienzo y final del periodo estudiado.

Funcionamiento Hidrogeológico.-

Como indican los datos piezométricos e hidroquímicos analizados previamente, la mayor parte de la recarga al acuífero del Delta procede de la infiltración de las aguas del río Adra, ya sea de manera directa, debido a la percolación a través del lecho permeable del cauce cuando éste discurre con agua (lo que sucede en relación con periodos de intensa pluviosidad o con descargas anómalas en las Fuentes de Marbella), o bien de manera indirecta a partir de los riesgos efectuados mediante las aguas derivadas a la entrada del río en el acuífero a favor de la densa red de acequias existente.

Aunque sobre el anterior aspecto existe unanimidad en los antecedentes consultados, las discrepancias surgen cuando se trata de cuantificar dicha recarga. En cualquier caso, con los datos y la infraestructura de control existente hoy en día es difícil que se puedan subsanar con suficiente exactitud tales imprecisiones.

Como ejemplo de lo anterior, los recursos del acuífero calculados por el IGME (1982) suponen algo más del doble de los que establece MORALES (1986). Con ligeras modificaciones, aquí tomaremos los datos procedentes de esta última fuente, con el convencimiento, además, de que muy posiblemente se trata de valores sensiblemente por defecto.

La infiltración de aguas superficiales, directa o indirectamente, puede estimarse en unos 22 Hm³/año. Algo más del 80% de dicha cifra sería imputable al propio río Adra; el resto comprendería la infiltración de la lluvia sobre el acuífero, así como la percolación de la escorrentía superficial de carácter

eventual, generada en otros cursos de pequeña entidad, que conforman el resto de la cuenca vertiente al Delta y que suelen desaparecer al alcanzar los materiales permeables de dicho sistema. Este sería el caso, en concreto, de los cursos vertientes al sector de Las Albuferas, de los cuales el más importante, por la extensión de su cuenca, es la rambla de La Estanquera. Tales cursos sólo llevan agua en relación con precipitaciones excepcionalmente intensas, y más raramente aún llegan a descargarla al mar.

La posible existencia de alimentación oculta procedente de materiales permeables en los límites no puede descartarse. Con todo, parece que no es de gran importancia: MORALES, 1986, considera que sólo cabe tener en cuenta la procedente de las calcarenitas del Campo de Dalfas, acotable entre 0,5 y 1,5 Hm³/año.

De todo lo anterior se desprende que la infiltración procedente del río Adra supone, como valor medio, del orden del 75% de la recarga al acuífero. Evidentemente su importancia relativa aumentará en caso de años de excepcional humedad. Se comprende también que cualquier actuación antrópica, que afecte considerablemente al régimen actual del río, tendrá su correspondiente traducción en la magnitud y características del flujo subterráneo en el acuífero del Delta.

En cuanto a las salidas del sistema, las principales ocurren por extracción de agua, sobre todo con fines agrícolas, en las numerosas captaciones repartidas por el acuífero. Pueden totalizar del orden de 15 Hm³/año.

En el acuífero existen sectores, como es el caso concreto de Las Albuferas, en que el nivel piezométrico se encuentra en contacto con la atmósfera y sometido, por tanto, a evaporación directa; también en parte de su extensión el nivel está a una profundidad lo suficientemente escasa como para considerar pérdidas por efecto de la evapotranspiración. Estas salidas han sido estimadas por MORALES (1986) en unos 3 Hm³/año.

El resto de los recursos, del orden de 7 Hm³/año como cifra media, deben evacuarse de manera oculta hacia el mar, a lo largo de la mayor parte del borde costero del sistema acuífero.

Las anteriores características se esquematizan en el diagrama de la figura 1.7.7. cuyos valores, como ya ha sido apuntado, responden más bien a estimaciones por defecto.

Entorno de las Albuferas.-

Dentro de este marco general, cabe cuestionarse sobre la magnitud de los principales componentes del balance que determinan el comportamiento del acuífero en el sector concreto de Las Albuferas. Como no se han detectado variaciones significativas en las reservas, es de suponer que al considerar circunstancias hidrológicas medias, la recarga igualará a la descarga, lo mismo que para el conjunto del Delta.

En cuanto a las entradas, hay que considerar la precipitación que cae sobre Las Albuferas. La superficie de éstas incluida la orla de vegetación acuática que bordea las riberas del agua libre, ha sido estimada en unas 43 has. Para una pluviosidad media cifrable del orden de 250 mm./año, la aportación por tal concepto asciende a unos 110 Dm³.

La eventual escorrentía superficial que pueda alimentar a Las Albuferas se considera, a estos efectos, prácticamente nula. Sólo cabe considerar, por tanto, la existencia de una alimentación subterránea procedente del resto del acuífero, de cuya cuantificación nos ocuparemos más adelante y que, de momento, puede mantenerse como incógnita.

Si se considera una evapotranspiración real media anual de 950 mm., las pérdidas por este concepto serían de 410 Dm³/año.

En cuanto a salidas de otro tipo, los bombeos pueden despreciarse dada su escasa cuantía. Tampoco ha de ser importante la descarga subterránea hacia el mar, fundamentado esto en que el gradiente piezométrico es en este sector prácticamente horizontal. Podemos pensar, en tal caso, en una cifra ligeramente superior a la antes expuesta, como representativa del conjunto de salidas: unos 450 Dm³/año por término medio.

Como el nivel de la superficie libre del agua en Las Albuferas se considera que no sufre variaciones significativas, las diferencias entre las entradas y las salidas calculadas, unos 300 Dm³/año, debe imputarse a la alimentación subterránea oculta.

Antes de admitir definitivamente la cifra anterior podemos tratar de contrastarla por otros procedimientos. Puede intentarse aplicar la fórmula de Darcy a la franja de terreno a favor de la cual se produciría verosimilmente dicha recarga oculta. A este respecto, se supone la franja correspondiente al borde septentrional de La Albufera Honda y a los bordes occidentales de ésta y de La Nueva, de acuerdo con lo que parece desprenderse de los esquemas de isopiezas de la figura 1.7.2. Ello implica una franja de $l=1.800$ m. de longitud.

El gradiente hidráulico que caracterizaría a dicha recarga puede obtenerse, al menos de forma tentativa, promediando los valores correspondientes

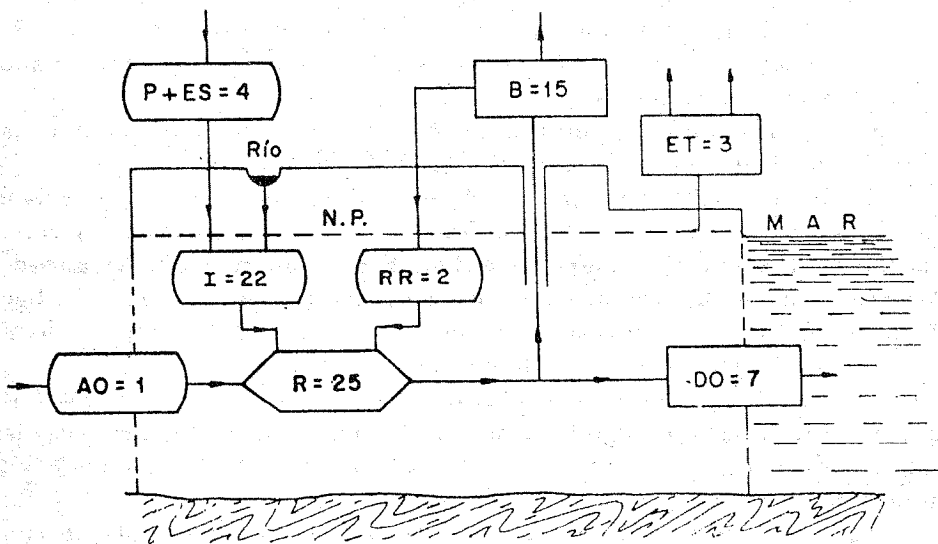
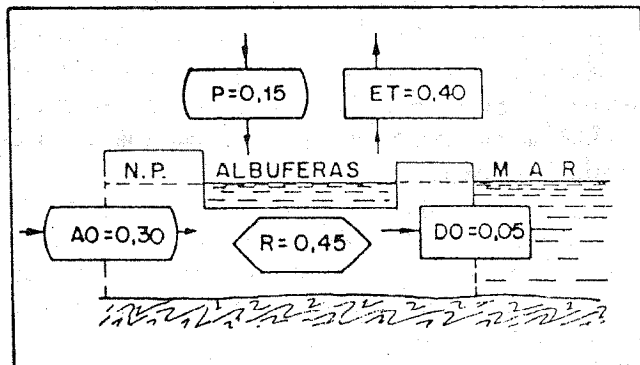


Figura 1.7.7.— Principales componentes del balance hídrico en el acuífero del Delta del Adra y en el área de Las Albuferas (recuadro). Todos los valores son aproximados y representan estimaciones por defecto; las cifras se expresan en Hm/año.

Clave.— AO: alimentación oculta; DO: drenaje oculto; P: precipitación; ES: escorrentía superficial; I: infiltración; RR: retorno de riegos; B: bombeos; ET: evapotranspiración; R: recursos totales.

a las situaciones representadas en la figura 1.7.2. Dicho parámetro oscila aproximadamente entre 1,1 (Noviembre) y 3,2 (Mayo) por mil. Tomaremos aquí el valor medio de $i = 2,15$ por mil.

Queda, por último, el aspecto más vulnerable, debido a la carencia de datos fidedignos: la estimación de la transmisividad del acuífero en ese sector. Nos vemos para ello obligados a imaginar una columna litológica teórica de acuífero en ese sector (basada en la medida de lo posible, en lo representado en la figura 1.7.1.) y asignar a cada tramo unos valores "medios" de permeabilidad, de acuerdo con referencias de fuentes bibliográficas diversas.

Los tramos considerados, con sus correspondientes espesores y permeabilidades, son:

- 10 m. de arenas limpias con grava ($k = 10$ m/día)
- 20 m. de arenas finas ($k = 3$ m/día)
- 30 m. de arenas limosas ($k = 0,1$ m/día)
- 20 m. de limos arenosos ($k = 0,01$ m/día)
- 70 m. de calcarenitas ($k = 1$ m/día)

Para encontrar la permeabilidad horizontal media de dicho conjunto heterogéneo se emplea la expresión:

$$k_h = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n b_i \cdot k_i$$

Donde L es el espesor total (150 m.), b_i y k_i representan, respectivamente, los espesores y permeabilidades de cada tramo. De dicha fórmula resulta una $k_h = 1,5$ m/día y, por tanto, $T = 225$ m²/día.

Aplicando la expresión de Darcy: $Q = T \cdot l \cdot i$, se obtiene un caudal subterráneo de 320 Dm³/año, cifra similar a la que se trataba de contrastar.

Todas las características y cifras anteriores se esquematizan igualmente en la figura 1.7.7. insistiendo de nuevo en el carácter aproximado de las mismas.

Podría suponerse, finalmente, que la totalidad de la escorrentía superficial generada en la rambla de La Estanquera, se infiltra en el lecho permeable y constituye la alimentación subterránea a Las Albuferas. Para una precipitación media de 300 mm./año y un coeficiente de escorrentía medio del 10%, se obtienen unos recursos de unos 350 Dm³/año, cifra del mismo orden de magnitud que la anterior.

En relación a lo hasta aquí expuesto, podemos establecer a modo de resumen que Las Albuferas se localizan en el extremo oriental del Delta del Adra, cerca del contacto entre este sistema acuífero y el del Campo de Dalías. La

litología del acuífero es bastante variada: calcarenitas, conglomerados, gravas, arenas y limos. Su estructura responde, en términos generales, a una situación de tipo "multicapa". El espesor del acuífero en el sector investigado puede superar, tal vez ampliamente, los 100 m.

No existen datos directos fiables acerca de los parámetros hidráulicos del acuífero en el sector de Las Albuferas. De manera teórica, se ha estimado un valor de la permeabilidad horizontal media del orden de 1-10 m/día.

Las principales componentes del flujo subterráneo en el Delta son: N-S y WNW-ESE. Las isopiezas señalan una descarga oculta generalizada hacia el mar y, en menor proporción, también hacia Las Albuferas.

En las Albuferas la cota piezométrica es prácticamente la del nivel del mar. Las variaciones temporales del nivel piezométrico en las captaciones no difieren apenas de las del nivel de agua libre en Las Albuferas; a este respecto, se aprecia en el sector una sensibilidad frente a los aportes pluviométricos, tal vez debido a su situación en el extremo final de la rambla de La Estanquera. La máxima amplitud de las oscilaciones registradas en la red de control es de unos 50 cm; pueden existir valores algo superiores, en relación con situaciones dinámicas.

En el resto del acuífero las observaciones piezométricas reflejan la gran importancia de la recarga procedente de las infiltraciones, directas o indirectas, del río Adra, que puede representar más del 80% de los recursos del sistema.

No son apreciables tendencias de evolución piezométrica en el Delta, a resguardo de las relacionadas con periodos de persistencia de situaciones de anormal humedad o sequía, que puedan ser imputables a una sobreexplotación de los recursos del acuífero. Las eventuales cotas negativas registradas responden a situaciones dinámicas locales, y no a inversiones generalizadas del gradiente hidráulico en sectores amplios.

Un balance aproximado señala que el acuífero en su conjunto se halla aún por debajo de su nivel crítico de explotación: algo más de 15 Hm³/año de bombeos, frente a unos recursos superiores, tal vez ampliamente, a los 25 Hm³/año, situación que también es extensible al entorno de Las Albuferas.

Las pérdidas por evapotranspiración en Las Albuferas han sido cifradas en unos 0,5 Hm³/año; se compensarían con las entradas por precipitaciones sobre la superficie de agua libre, 0,1-0,2 Hm³/año aproximadamente, y por la alimentación subterránea procedente del acuífero (unos 0,3-0,4 Hm³/año, que en buena parte pueden tener su origen en la infiltración de la escorrentía generada en la rambla de La Estanquera).

Evidentemente, cualquier actuación sobre el régimen del río ha de repercu-

tir, a su vez, sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas del Delta. Se trata, sin embargo, de un problema hidrogeológico lo suficientemente complejo como para requerir estudios detallados al respecto. Hay que tener en cuenta, además, que en las aportaciones del río Adra en su entrada al acuífero influye sobre todo el caudal de descarga de las Fuentes de Marbella.

De los datos analizados no parece desprenderse la existencia de contaminación por intrusión marina, particularmente en el entorno de Las Albuferas, sino de un proceso de lavado de sedimentos marinos recientes que aún no han alcanzado el equilibrio con las aguas continentales del acuífero.

1.8. CARACTERIZACION HIDROQUIMICA DE LAS AGUAS.

1.8.1 Redes de observación y Metodología

La variación de las características fisicoquímicas del agua de Las Albuferas de Adra y de los pozos circundantes puede ser importante a lo largo de un año, en función de los cambios estacionales —evolución estacional— y en el transcurso de varios años —evolución hiperanual—. Si bien la evolución estacional debe responder a variaciones cíclicas, la hiperanual, debe reflejar una determinada tendencia hidroquímica a causa del progresivo deterioro de la calidad del agua. Para determinar esta tendencia es preciso acudir a estudios previos realizados sobre el tema que son escasos.

A fin de proceder al estudio de la evolución estacional, se han establecido cinco redes de observación, que se diferencian unas de otras en la frecuencia de la toma de muestras y en el número y localización de puntos muestreados.

La primera, denominada “red diaria”, está constituida por la toma de una muestra en la Albufera Honda. Las tomas se realizaron desde la orilla y, en consecuencia, en un punto cercano a la misma (menos de 50 cm.). En ellas se analizó temperatura, conductividad y pH, asimismo se midió el nivel del agua. —figura 1.8.1.1, punto R.D.H.

La segunda red, denominada “red quincenal”, consta de trece puntos. De ellos, once corresponden a pozos que rodean Las Albuferas; diez están inventariados y el restante fué elegido por su situación al sur de la Albufera Nueva. Su signatura es: Ad-CP. Completa esta red un punto localizado en la Albufera Nueva, próximo a la orilla. El motivo de no incluir estos dos puntos en la red diaria se debe a que las variaciones observadas en los parámetros medidos no justificaron un seguimiento tan intenso como en el caso de la Albufera Hon-

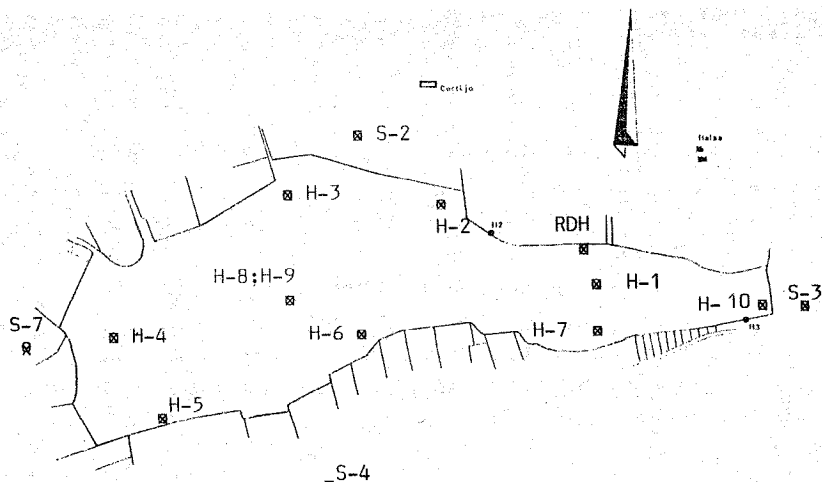


Figura 1.8.1.1.— Albufera Honda. Redes de observación. Diaria (R.D.H.). Mensual y trimestral de aguas (H-1 a H-9). Red de suelos (S-2,S-3,S-4 y S-7).

da. En la figura 1.8.1.2 se indica la situación de la red quincenal. En ellos se midió pH y conductividad.

La tercera red es la “mensual”, formada por 19 puntos, 10 correspondientes a la Albufera Honda, 8 a la Nueva y uno a la Litoral (figuras 1.8.1.1, 3 y 4). En las zonas de mayor profundidad de las Albuferas Honda y Nueva se realizaron tomas en la superficie y en el fondo (puntos H-8 y H-9 y G-7 y G-8). En estos 19 puntos se analizó pH, conductividad, D.Q.O., D.B.O., CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , PO_4^{3-} , F^- , Na(I), K(I), Ca(II), Mg(II) y residuo seco.

La cuarta red es la “trimestral” y consta de 24 puntos de muestreo, de los que 19 coinciden con los que forman la red mensual y en los que se determinó Mn(II), Cu(II), Pb(II), Cr(III), Cd(II), Fe(III). Los cinco puntos restantes corresponden a pozos situados en el entorno de Las Albuferas, elegidos entre los que integran la red quincenal: Ad-CP; Ad-6; Ad-12; Ad-48 y Ad-65. En ellos se analizó pH, conductividad, CO_3^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , SiO_2 , SO_4^{2-} , F^- , PO_4^{3-} , Na(I), K(I), Ca(II), Mg(II) y residuo.

La quinta red, “semestral”, consta solamente de tres puntos en los que, con la indicada periodicidad, se determinó pesticidas (G-7, H-8 y L-1).

Lodos y suelos

Las muestras analizadas de lodos se tomaron en diciembre de 1985 y junio de 1986, en el centro aproximado de las tres Albuferas, puntos G-7, H-8 y L-1 de la red de observación de aguas.

Por otra parte, el muestreo de suelos se realizó en Marzo de 1986, en torno a Las Albuferas Honda y Nueva, en los puntos indicados en las figuras 1.8.1.1, 3 y 4 (S-1 a S-7)

Avifauna y peces

Una cacería autorizada que se efectuó el 23-XII-84, permitió la recogida de ejemplares adultos de Focha y Porrón común. Convenientemente se separó de ellos hígado, intestino, tejido adiposo y tejido muscular. Asimismo se han recogido muestras de huevos de galápago. En cuanto a peces, se han tomado muestras de anguila, mujol y ciprínidos, de los que se ha separado hígado y músculo.

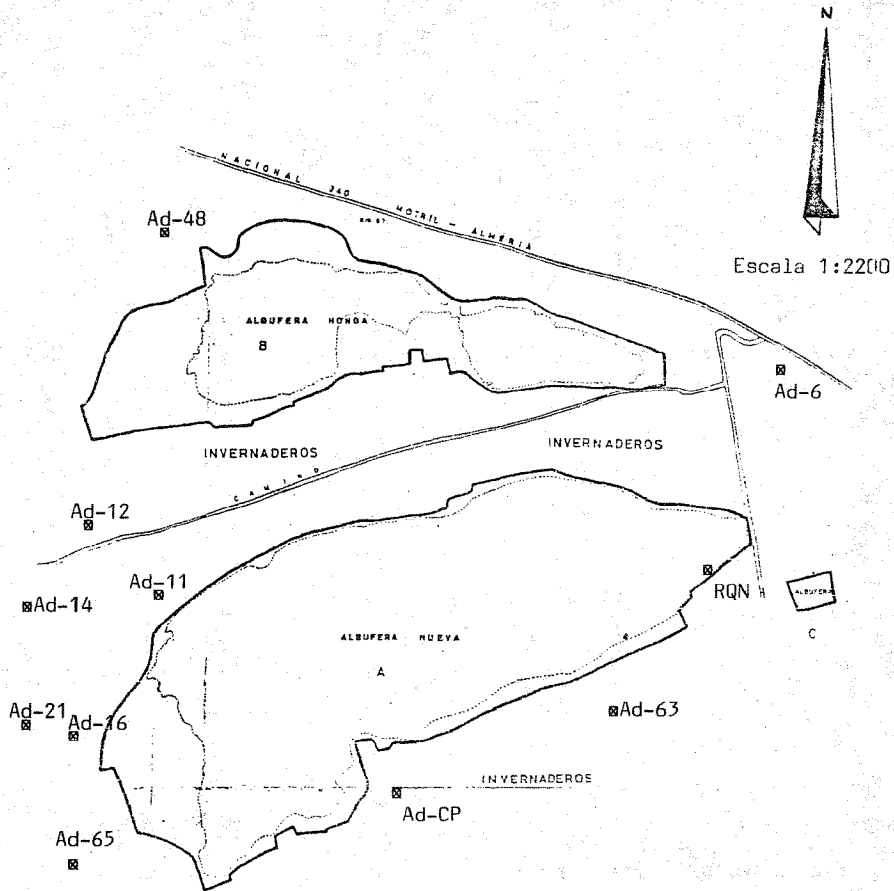


Figura 1.8.1.2.— Red de observación quincenal y semestral de pozos del entorno de Las Albuferas y red quincenal de observación en La Albufera Nueva (RQN)

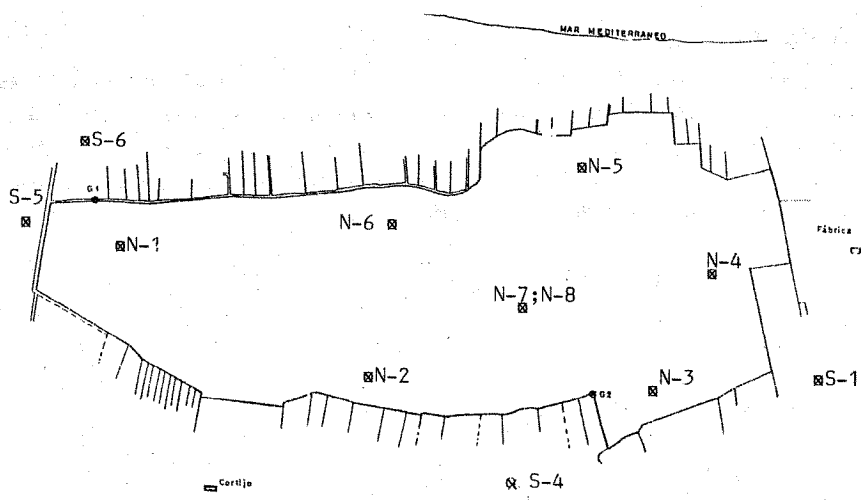


Figura 1.8.1.3.— Albufera Nueva. Redes de observación mensual y trimestral de aguas (N-1 a N-8). Red de suelos (S-1, S-4, S-5 y S-6).

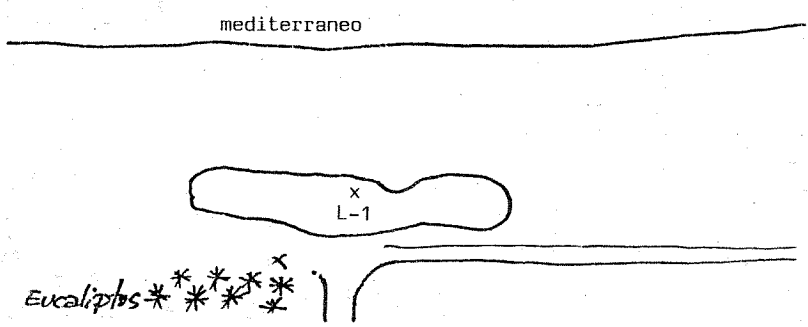


Figura 1.8.1.4.— Albufera litoral. Red de observación mensual y trimestral de aguas (L-1).

METODOLOGIA

a) Aguas

Las determinaciones efectuadas se han llevado a cabo por aplicación de los siguientes métodos analíticos: Conductividad eléctrica con un Conductímetro Metrohm Herisau, mod. E-518, ASTM (1980); pH por medida electrométrica con un pH metro Metrohm Herisau, mod. E-605; Sodio y Potasio por fotometría de llama con un fotómetro Nak II-Meteor, RODIER (1981); Calcio y Magnesio coplexométricamente con EDTA, CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1975); Carbonatos y Bicarbonatos volumétricamente con HCl, CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1975); Cloruros potenciométricamente con Ag(I), con un potenciógrafo Metrohm Herisau, mod. E-576, CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1975); Sulfatos por vía espectrofotométrica previa conversión en BaSO₄, con un Spectronic 2000 y cubetas de 1 cm, ASTM (1980); Silicatos espectrofotométricamente por formación de silicomolibdato y subsiguiente reducción, efectuando las medidas en un Spectronic 2000, CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1975); Fosfatos por formación del heteropoliácido y posterior reducción con ácido ascórbico, midiendo las absorbancias con un Spectronic 2000, ASTM (1980); Fluoruros se han determinado potenciométricamente con un electrodo selectivo Orion 94-09 y de referencia 90-01, ASTM (1980); Nitratos con brucina, empleando un Spectronic 2000 para leer las absorbancias, ASTM (1980); Nitritos mediante la formación de una sal de diazonio con ácido sulfanílico y condensación con §- naftilhidroxilamina, el espectrofotómetro empleado ha sido un Spectronic 2000, ASTM (1980); Amoníaco mediante el método de Nessler, ASTM (1980); Residuo seco llevando a sequedad a 105° C, CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1975); Oxígeno disuelto y Demanda Bioquímica de oxígeno por vía electroquímica con ayuda de un electrodo de oxígeno RODIER (1981); Demanda química de Oxígeno dicromatométricamente, ASTM (1980); Cationes Metálicos por absorción atómica con un Perkin Elmer mod. 305-B.

Las muestras para análisis de pesticidas se tomaron en frascos de vidrio topacio con tapones protegidos con una lámina de aluminio lavada con alcohol y se conservaron a 4° C hasta su análisis (RODIER, op. cit.; SIMAL Y OTROS, 1985).

El cromatógrafo de gases empleado ha sido un Carlo Erba, modelo Fractovap 2400V, provisto de detector de captura electrónica ECD-400 y de ionización de llama. Se han utilizado columnas de vidrio "Cal GC" de 1'22 m. × 4 mm.

de diámetro interno y 6 mm. de diámetro externo al 5% de OV-210S gas Chrom Q, 100/200 m. Temperatura de la columna fué de 200° C, del bloque de inyección 320° C y del detector de 210° C. Otros aparatos empleados han sido un Registrador — Integrador Konick, microjeringas Hamilton graduadas de 5 µl y evaporador — concentrador Kuderna — Danish.

En la tabla 1.8.1.1 se reúnen los pesticidas utilizados. De ellos se prepararon disoluciones de concentración 0'2, 1 y 5 ppm. en éter de petróleo.

Tabla 1.8.1.1. Disoluciones preparadas de pesticidas.

Nombre común	Nombre Químico	Casa
Endrín	1, 2, 3, 4, 10, 10, hexacloro-6-7-epoxy-1, 4,4a, 6, 7, 8, 8a-octa-hidro-exo-1, 4-exo-dimetanonaftaleno.	Ply Science Corporation
Dieldrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-6, 7-epoxy-1, 4, 4a, 6, 7, 8, 8a-octa-hidro-endo-1,4-exo-5,8-dimetanonaftaleno.	"
Heptacloro	1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4, 7-metanoindeno.	"
Dicloroetano	1,2-dicloroetano	"
DDT	1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano	"
DDE	1,1-dicloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano	"
Aldrín	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-exo-1,4-endo-5,8-dimetanonaftaleno	"
BHC	Benceno hexacloruro	"
Acefato	0,S-dimetil acetil fosforoamidotioato	Chem Service
Carbendacima	Metil-bencimidazol-2-ylcarbamato	"
Dicofol	2,2,2-triclorol, 1-bis(4-clorofenil)etanol	"
Dimetoato	0,0-dimetil-S-metilcarbamoilmetil fosforoditioato	"
Metamidofos	0-S-dimetil fosforoamidotioato	"
Vinclozolina	(R S)-3(3,5-diclorofenil)-5-etenoil-5-metil-2,4-oxazolidinediona	"
Endosulfán	1,4,5,6,7,7-hexacloro-5-norbornano-2,3-dimetanol ciclo sulfito	"
Malatión	Dietil (dimetoxi fosfinotioil) tio butanoditioato	"

Establecimiento de la recta de calibrado y factores de respuesta.

Procedimos a establecer la correspondiente recta patrón para lo que inyectamos en el cromatografo 2 ul de disoluciones de Aldrín que contenían entre 1 y 5 ppm. de este compuesto. Se observó linealidad de las áreas en el rango de concentración estudiado.

Por otra parte se calculó el factor de respuesta para cada pesticida en relación a Aldrín. Para ello comparamos las áreas resultantes de inyectar 2 ul de disolución de pesticida de 5 ppm y la que se obtenía en el cromatografo tras la inyección del mismo volumen de disolución de Aldrín de igual concentración. Así, conociendo para cada disolución problema el área correspondiente a un pesticida y su factor de conversión en área equivalente de Aldrín, y a partir de la recta de calibrado establecida, se pueden expresar los resultados en microgramos equivalentes de Aldrín por litro de agua ó peso de muestra en el caso de ser esta sólida (B.O.E. 29-VI-1982).

Método operatorio. - (RODIER, op. cit.; ASTM, op. cit.; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 1979).

1.- EXTRACCION DE LOS PESTICIDAS DE LOS SUSTRATOS.

1.a.- Aguas

Extraer 2000 ml. de agua con unos 100 ml. de éter de petróleo: éter etílico (15 + 85). En caso de formarse emulsión adicionar 2 ml. de HCl concentrado y agitar unos minutos ambas fases. Separar a continuación la etérea. Repetir la extracción con otras dos porciones de unos 50 ml. de disolvente orgánico. Reunir los extractos y agitarlos en un vaso con 10 g. de Na_2SO_4 anhidro. Filtrar y concentrar en un evaporador Kuderna-Danish hasta aproximadamente 10 ml.

1.b.- Lodos y suelos.

Agitar 10 g. de muestra con 100 ml. de éter de petróleo: éter etílico (15 + 85). Separar la fase orgánica y repetir el tratamiento con dos nuevas porciones de unos 50 ml. de disolvente orgánico. Reunir los extractos y proseguir como se ha descrito para el caso de aguas con la adición de Na_2SO_4 anhidro.

1.c.- Aviifauna y peces.

Someter una porción de muestra, de peso perfectamente conocido, a un tratamiento con exceso de Na_2SO_4 anhidro en el caso de huevos y con Na_2SO_4 anhidro y arena de cuarzo si la muestra estaba constituida por visceras.

El tratamiento consiste en una maceración y posterior agitación durante unos 30 minutos, tiempo que se consideró suficiente para conseguir una homogeneización total. El resultado es una masa granulada y seca que se transfiere cuantitativamente a un cartucho de extracción que se dispone en un "Soxhlet". La extracción se realiza con una mezcla de hexano: acetona en la proporción 2:1. El proceso tuvo lugar durante seis horas. Enfriar el extracto y secar con Na_2SO_4 . Finalmente concentrar en un Kuderna-Danish hasta un volumen final de unos 10 ml.

2.- PURIFICACION DE LA MUESTRA Y SEPARACION DE PESTICIDAS EN FRACCIONES SOBRE UNA COLUMNA DE FLORISIL.

Disponer en una columna de vidrio de 19 mm. de diámetro interno una carga de florisil cuyo peso ha sido determinado por estandarización del mismo basado en la adsorción de ácido láurico (U.S. DEPARTAMENT OF HEALTH 1968; MILLS, 1968) y completar con la adición de Na_2SO_4 anhidro granular hasta una altura de unos 15 mm. Agregar entre 50 y 60 ml. de éter de petróleo. Descargar el mismo hasta que su nivel superior cubra justamente el Na_2SO_4 . Transferir cuantitativamente la muestra a la columna. Ajustar la velocidad de elución a 5 ml/min. Eluir sucesivamente con 200 ml. de mezclas de éter etílico: éter de petróleo al 6, 15, 50 y 100%. Recoger los cuatro eluatos en recipientes de vidrio diferentes y concentrarlos por separado en un Kuderna-Danish.

3.- CROMATOGRAFIADO DE LAS MUESTRAS.

Se procedió a continuación al cromatografiado de las muestras por inyección de 2 μl de cada una de ellas.

Las tomas para análisis de aguas se han realizado según las indicaciones encontradas en bibliografía (CUSTODIO y LLAMAS, 1976; ASTM, op. cit.; RODIER, op. cit.) a fin de que fuese homogénea y representativa, así como que en el muestreo no se modificasen las características fisicoquímicas de la misma.

Como recipientes se han empleado frascos de polietileno ó de vidrio borosilicatado, lavados con KMnO_4 , H_2SO_4 y agua destilada varias veces. Como norma general se han realizado las determinaciones analíticas con la mayor rapidez posible a partir de la toma, en cualquier caso se han observado siempre los plazos máximos permisibles.

La toma se realizó sumergiendo las botellas a unos 25 cm. de profundidad, tanto en Las Albuferas como en los pozos. En el caso de Las Albuferas se tomaron muestras a diferente profundidad con ayuda de una botella que

podría ser abierta a un nivel determinado. En las muestras tomadas sobre aguas que eran bombeadas desde un pozo, aquella se tomó después de una hora al menos de bombeo continuado.

b) Suelos

pH.- Se hizo por el método de la pasta saturada siguiendo las indicaciones dadas por la Comisión de Métodos Analíticos Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda". Se utilizó un pHmetro Metrohm Herisau, modelo E-605 provisto de electrodos de vidrio EA 109-T y calomelanos EA-404.

Calcimetrías.- Los carbonatos se han determinado por tratamiento de la muestra de suelo con ácido clorhídrico y evaluación gasométrica del CO_2 desprendido (Calcímetro de Bernd). El CO_2 desprendido se expresó como "Carbonato Calciequivalente". El porcentaje de carbonatos de la fracción arcilla, se determinó mediante tratamiento de la muestra del suelo con HCL 2M a temperatura ambiente, durante 18-24 horas, en un recipiente cerrado herméticamente conteniendo una solución de KOH. El bicarbonato potásico formado se valoró por acidimetría.

Análisis granulométrico.- Las muestras se trataron con agua oxigenada al 30% para eliminar la materia orgánica y se dispersaron con hexametáfosfato sódico. Las fracciones arenas (0'05 mm.) se determinaron por tamizado seco. Las fracciones menores a 0'05 mm. se determinaron por sedimentación, siguiendo el método de la pipeta de Robinson.

Materia orgánica.- El método se basa en la técnica propuesta por Walkley y Black para la determinación de carbono orgánico en suelos, consistente en la oxidación en húmedo del mismo mediante $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_8$, O_2 y posterior valoración del ión Cr (III) con sulfato ferroso amónico, siguiendo las indicaciones de la Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda" C.S.I.C. (1973).

Conductividad del extracto de saturación.- La pasta de suelo saturado se preparó siguiendo las indicaciones de Allison (1973). La conductividad del extracto de saturación se midió en un conductivímetro Metron Herisau modelo E-518.

Conductividad de cambio de cationes.-

Método del Acetato Amónico a pH=7.- Las muestras se saturaron por percolación con acetato amónico 1N pH=7. El amonio absorbido se desplazó con solución de CaCl_2 acidificado y se valoró por destilación en el aparato de Bouat

Método del Acetato Sódico a pH=8'2.- La saturación del complejo de cambio se realizó con disolución de acetato sódico 1N a pH=8'2. El sodio absorbido se neutralizó con acetato amónico 1N y se valoró por fotometría de llama.

Cationes de cambio.- El desplazamiento se efectuó con solución de acetato amónico 1N a pH=7. El sodio y el potasio se valoraron por fotometría de llama, y el calcio y el magnesio por absorción atómica.

Retención de agua a 1/3 de atmósferas y a 15 atmósferas.- Las determinaciones se realizaron sobre la fracción de tierra fina (suelo que pasa por el tamiz de 2 mm. de luz de malla), utilizándose el método de la membrana de presión. Las humedades de equilibrio se determinaron gravimétricamente y se expresaron como porcentaje de muestra seca a 105° C.

Cationes metálicos.- Se procedió a la extracción de un peso perfectamente conocido de muestra con HCl 1N (SAMUELSON, 1975; LAGERWEFF y SPECHT, 1970). Los extractos se analizaron por absorción atómica según el procedimiento descrito para aguas.

Tratamiento de resultados.-

A partir de los datos obtenidos de cada análisis, expresados en mg/l, se ha calculado las concentraciones en meq/l, sus porcentajes respectivos, índices de interés y el error de balance por aplicación del programa QUIMIC (PADILLA, 1984), en un microordenador ATC, modelo MPT 100.

El error de balance se ha calculado según la ecuación:

$$\text{error (\%)} = 200 \frac{\sum \text{cat} - \sum \text{an}}{\sum \text{cat} + \sum \text{an}}$$

donde $\sum \text{cat}$ y $\sum \text{an}$ indica la suma de cationes y aniones respectivamente en meq/l.

1.8.2 Estudio Hidroquímico.-

Temperatura y características organolépticas.

Las medidas realizadas de la temperatura diariamente en la Albufera Honda, así como las correspondientes a la red de observación quincenal muestran temperaturas mínimas en el mes de Enero. Las aguas de las Albuferas Nueva y Honda presentan temperaturas máximas en Julio, mientras que los pozos que rodean a estas Albuferas y que han sido muestreados, tienen sus máximas temperaturas en el mes de Agosto y Septiembre.

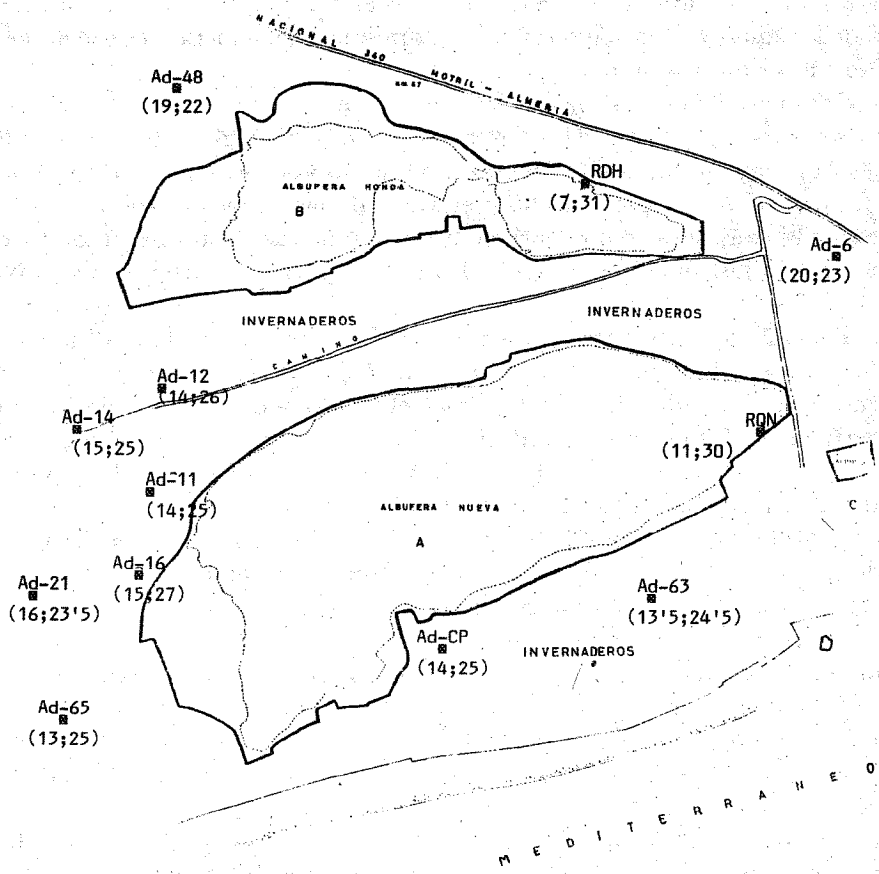


Figura 1.8.2.1— Temperaturas mínima y máxima de los puntos de la red diaria y quincenal.

En la figura 1.8.2.1 se indica, para cada pozo, los valores correspondientes a las temperaturas máxima y mínima. Puede observarse una oscilación térmica en torno a los 10 ° C para todos los pozos, excepto los Ad - 6 y Ad - 8, en los que la variación de temperaturas es sólo de 3° C. Estos pozos se encuentran más alejados de la costa que los restantes y además son los que alcanzan una mayor profundidad. En general, se observa una relación entre profundidad de las aguas y variación térmica de las mismas, de manera que esta aumenta conforme disminuye aquella.

Como era de esperar, las oscilaciones térmicas de las aguas de Las Albuferas son superiores a las de los pozos que las rodean, y entre ellas, la Albufera Nueva es más estable térmicamente que la Honda; así en el mes de Enero, se da una diferencia entre las temperaturas de las aguas de ambas de 4° C., que puede considerarse una variación importante dada su proximidad y que quizá pueda justificarse en función de la mayor distancia de la Albufera Nueva a la costa.

Por otra parte, en aguas poco profundas como las de Las Albuferas, la estratificación de la masa de agua en función de la temperatura es poco importante. La turbulencia originada por el viento actúa mezclando las aguas superficiales y las profundas, especialmente en primavera, época en la que los vientos son más fuertes en la costa almeriense y en consecuencia las aguas tienen un menor gradiente térmico con la profundidad.

En diferentes medidas realizadas en el periodo de muestreo se han observado diferencias de temperaturas entre la superficie y el fondo de Las Albuferas de unos 2° C, si bien estas diferencias son ligeramente superiores en verano, que en el resto de las estaciones debido a la estratificación del agua en función de la menor densidad de la capa superior, más caldeada.

En relación con su nivel térmico Las Albuferas pueden clasificarse como lagos subtropicales, en los que la temperatura no desciende de 4° C. y en los que sus aguas experimentan apreciables variaciones térmicas (HEDGPETH, 1951).

La poca profundidad de Las Albuferas permite llegar la luz solar hasta sus fondos, lo que incide de manera importante en los procesos bioquímicos que en ella se desarrollan, entre otros aspectos, con la formación y crecimiento de una población bentónica que compite con la planctónica por los nutrientes.

En relación con el ciclo térmico de las aguas de Las Albuferas se observa asimismo una adaptación del plancton.

Es conocido el efecto de la temperatura del agua sobre la toxicidad de los contaminantes, incrementándose esta con la elevación de aquella en gene-

ral. Así, el Endrín es unas 33 veces más tóxico (medida su toxicidad en función de LD_{50}), cuando la temperatura se incrementa entre 5 y 30° C., (KATZ y CHADWICK, 1961). En este sentido, las aguas cálidas de Las Albuferas, en especial durante el estío, pueden tener un efecto negativo sobre la vida acuática.

Finalmente, indicar que las aguas de Las Albuferas presentan con frecuencia olor a pesticidas y a materia orgánica en descomposición. Este olor, si bien no sigue una relación estrictamente lineal con la temperatura, puede decirse que se incrementa en general con la elevación de esta.

Conductividad.-

En las figuras 1.8.2.2. a 1.8.2.9 se representan los datos correspondientes a las medidas de conductividad en los puntos correspondientes a la red mensual, diaria y quincenal respectivamente. En el caso de los datos correspondientes a la red mensual se ha optado por representar los valores medios de todos los puntos de cada Albufera en cada muestreo.

Figura 1.8.2.2. — Albufera Honda. Valores de conductividad en la red diaria de observación (punto RDH).

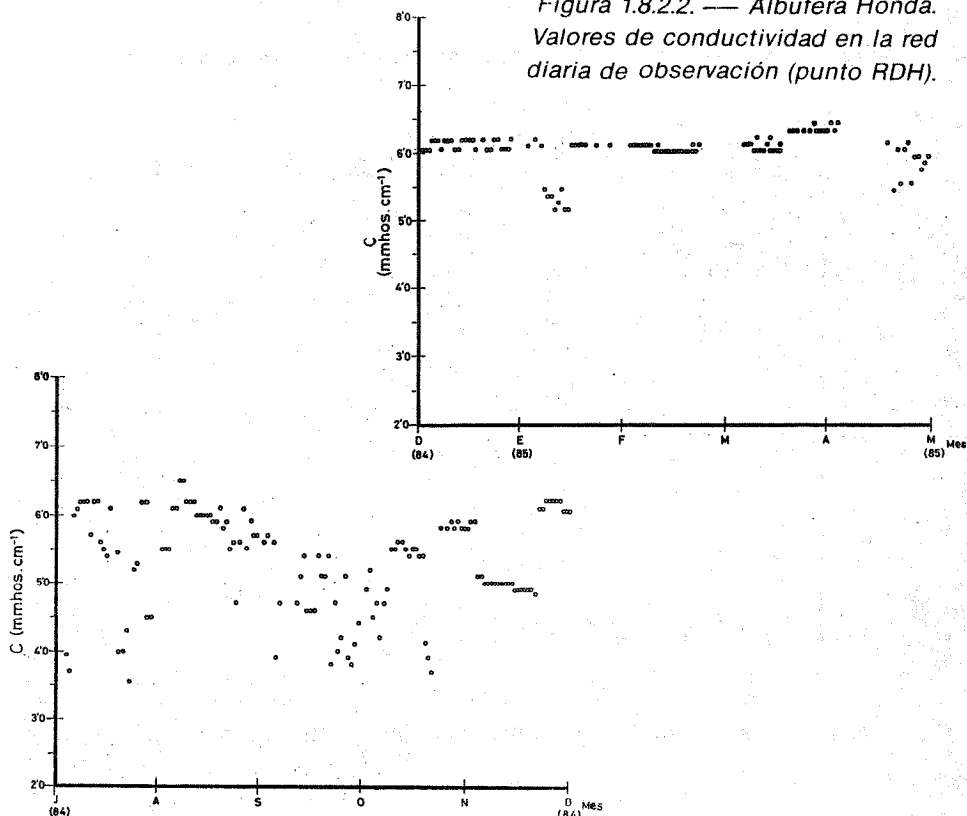


Figura 1.8.2.3.— Albufera Honda. Valores de conductividad en la red diaria de observación (punto RDH).

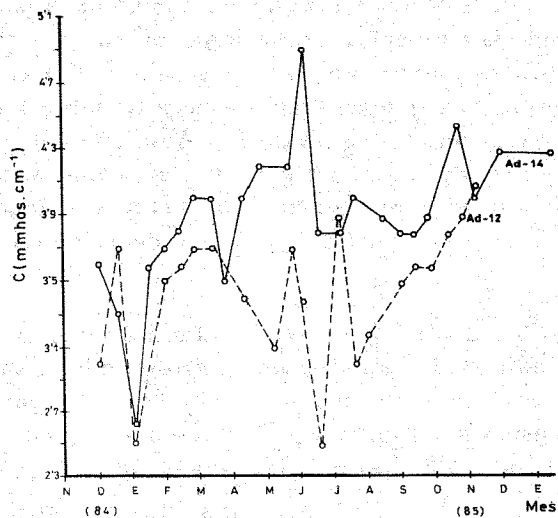


Figura 1.8.2.4.— Valores de la conductividad en la red quincenal.

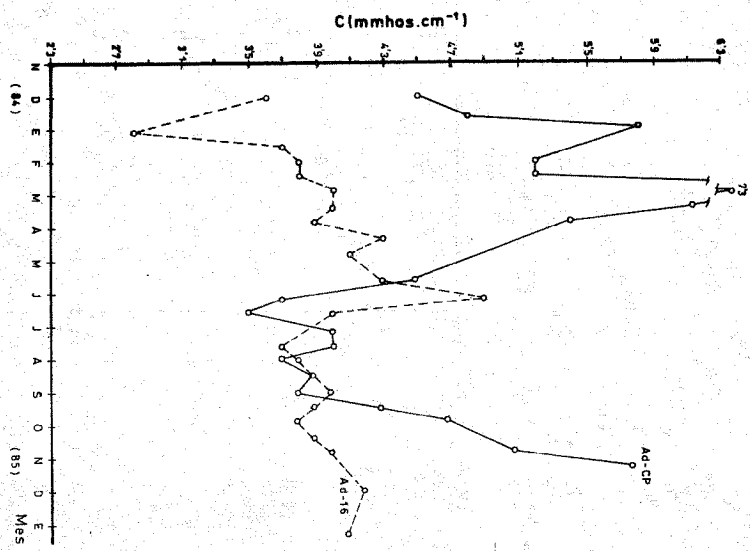


Figura 1.8.2.5.— Valores de la conductividad en los puntos de la red quincenal.

En primer lugar puede observarse que disponemos de dos series de datos de conductividad de las Albuferas Honda y Nueva; una correspondiente a red mensual y la otra relativa a la red diaria en la Honda y a la red quincenal en la Nueva (figuras 1.8.2.2., 3, 4 y 9). Estas dos series de datos son sólo aproximadamente coincidentes. La explicación puede hacerse en función de la diferente manera en la que ha sido realizado el muestreo en ambas series. En los puntos de la red mensual, las muestras se han tomado desde una barca, en el interior de Las Albuferas y a una distancia de las orillas no menor de 3 m; en los puntos de muestreo de las redes diaria y quincenal las tomas se han realizado desde la orilla y a unos 50 cm. de esta.

Los valores de conductividad correspondientes a las redes quincenal y especialmente diaria, presentan oscilaciones muy apreciables, sobre todo en algunos meses del año. Así, entre Junio y Diciembre de 1984, observamos en las figuras 1.8.2.2 y 3 variaciones de la conductividad superiores a 2 mmhos. cm^{-1} en 24 horas. Parece lógico atribuir estas discrepancias en los valores medios de la red mensual, así como las notables variaciones señaladas, a procesos de estancamientos de las aguas que tienen lugar, especialmente en la Albufera Honda, en los meses del año en los que hay menos viento en la Provincia de

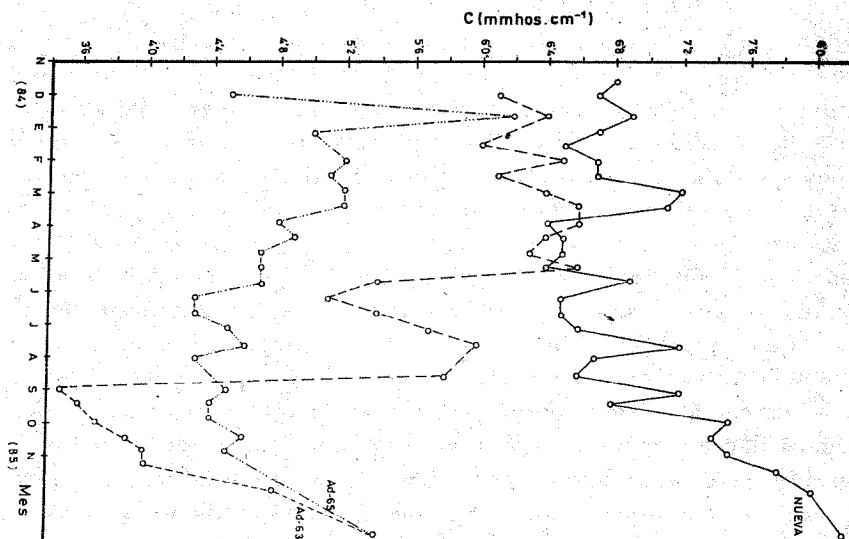


Figura 1.8.2.6.— Valores de la conductividad en los puntos de la red quincenal.

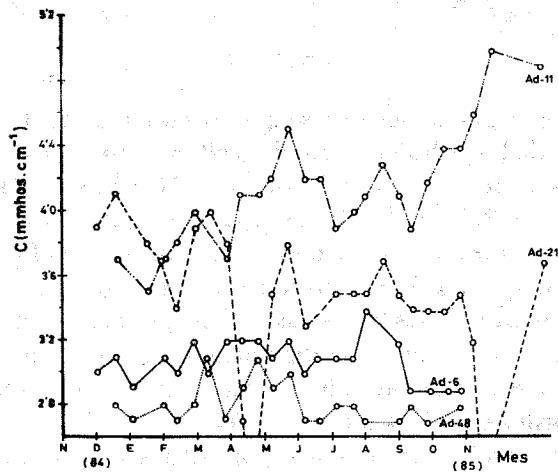


Figura 1.8.2.7.— Valores de la conductividad en los puntos de la red quincenal.

Almería y, en consecuencia, las aguas se encuentran poco agitadas, de tal manera que los vertidos realizados desde las orillas de Las Albuferas procedentes de la actividad agraria, que en su entorno se desarrolla, modifican localmente de forma importante la calidad química de sus aguas.

De la comparación de los valores de conductividad correspondientes a la red mensual en las tres Albuferas, se observa una disminución de la misma, conforme su situación es más lejana a la costa. Así la conductividad de la Albufera Litoral es muy alta (entre 20 y 40 mmhos. cm⁻¹) y bastante menor la de Las Albuferas Nueva (entre 6'0 y 7'4 mmhos. cm⁻¹) y Honda (entre 5'7 y 7'3 mmhos. cm⁻¹). Es preciso además significar que si bien hasta el muestreo realizado en Abril del 85, los valores de conductividad de la Albufera Honda son inferiores a los de la Albufera Nueva, a partir de este mes y hasta Septiembre, la situación se invierte. Dicho periodo de tiempo corresponde con el de mayor sequía, en la época más cálida del año, en la que se experimenta una apreciable disminución del nivel de Las Albuferas y en la que los procesos de evaporación son intensos. Cabe en consecuencia suponer que el efecto de todo ello es el de una mayor concentración de las aguas de la Albufera Nueva, que se hacen así más salinas. No disponemos de datos pertenecientes al nivel de las aguas en las dos Albuferas entre Abril y Septiembre de 1985 y en consecuencia no nos resulta posible establecer la comparación oportuna.

Parece asimismo conveniente comentar los valores encontrados de conductividad en los pozos muestreados que integran la red quincenal de observación. Su consideración, figuras 1.8.2.4, 5, 6 y 7, establece tres tipos de comportamientos diferenciados. El primero, correspondiente a los pozos Ad-6 y Ad-48, situados en la parte más alejada de la costa, dentro de nuestra área de estudio, con conductividades comparativamente bajas y constantes, siendo

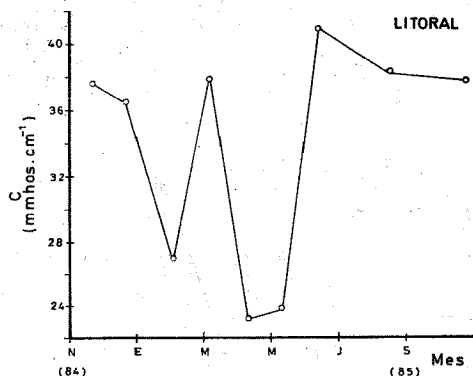


Figura 1.8.2.8.— Albufera Litoral. Valores de conductividad. Red mensual de observación.

entre las dos, inferiores las medidas en el Ad-48. un segundo grupo está integrado por los pozos Ad-63, Ad-65 y Ad-CP, situados al sur de la Albufera Nueva, donde ocupan las posiciones más cercanas a la línea de costa. Estos pozos se caracterizan por sus notables variaciones en la conductividad, entre y 6'2 mmhos. cm⁻¹ para el Ad-65, 3'5 y 6'6 mmhos. cm⁻¹ para el Ad-63, y 3'7 y 7'3 mmhos. cm⁻¹ para el Ad-CP. Ello, a diferencia de los anteriores, parece indicar que se encuentran muy afectados por procesos de intrusión marina. El tercer tipo de comportamiento está caracterizado por una posición intermedia respecto a las anteriores. En este grupo entran el resto de los pozos muestreados.

Comparativamente con las aguas de Las Albuferas, la conductividad de los pozos es menor, debido probablemente a estar menos afectadas por los procesos de evaporación y contaminación.

En relación con los datos encontrados por SANCHEZ CASTILLO (op. cit.) para el periodo comprendido entre Noviembre de 1982 hasta Mayo de 1983, los determinados por nosotros, tres años despues, son diferentes, con conductividad mayores y más constantes; para la Albufera Honda, este autor obtiene valores comprendidos entre 3 y 5'5 μ mmhos. cm⁻¹, para la Nueva entre 3 y 5 μ mmhos. cm⁻¹ y para la Litoral entre 7 y 20 μ mmhos. cm⁻¹.

En el muestreo realizado en Mayo de 1975 por el I.G.M.E., los valores de conductividad hallados en pozos situados en el delta del Adra oscilan entre 1 y 3'25 mmhos. cm⁻¹. Las aguas de las Albuferas Honda y Nueva son calificadas como "salobres", con una conductividad en la Albufera Honda de 4'5 mmhos. cm⁻¹ y en la Albufera Nueva de 3'6 mmhos. cm⁻¹, mientras que en el mismo mes del año 1.986 los valores medidos por nosotros son de 6'3 y 6'0 mmhos. cm⁻¹ respectivamente, lo que parece indicar un aumento en la salinidad de las aguas en el transcurso de estos últimos años.

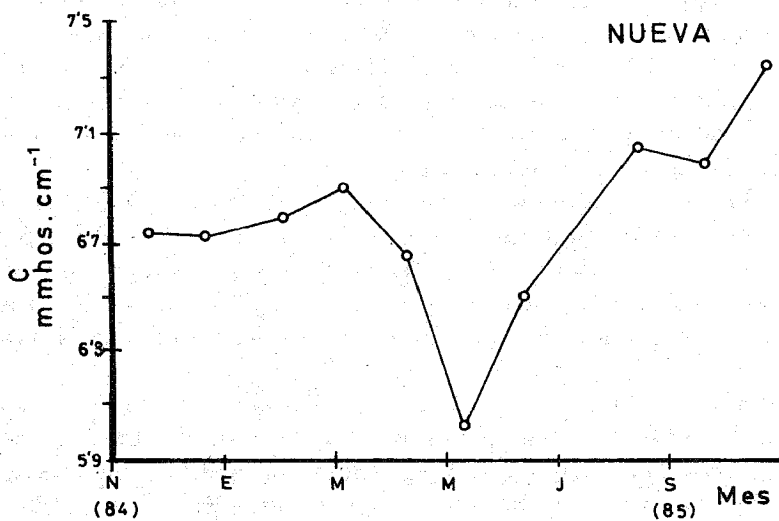
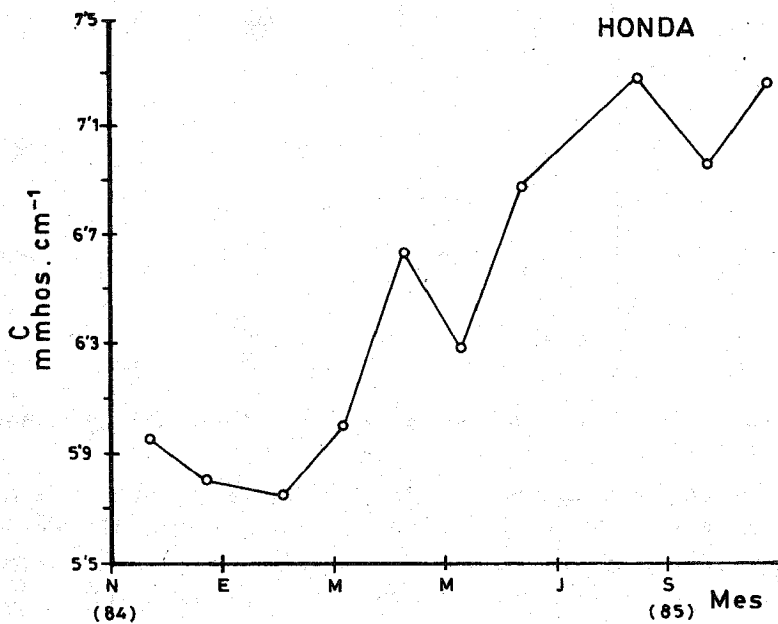


Figura 1.8.2.9.— Albuferas Nueva y Honda. Valores de conductividad. Red mensual de observación.

pH.-

En los sistemas acuáticos caracterizados por mezcla de agua dulce-agua salada el pH es una propiedad conservativa, debido a dos sistemas reguladores $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ y $\text{HBO}_2 / \text{BO}_2^-$, por lo que este parámetro se mantiene en el rango comprendido entre 7.5 y 8.1. Valores no incluidos en este intervalo deben imputarse a emisiones ácidas o básicas. De los dos sistemas reguladores del pH indicado, el bórico / borato se encuentra en el agua de mar en un intervalo de concentración, comprendido entre 10^{-3} y 10^{-4} M y por lo general, su concentración en agua dulce es aún menor, por lo que su efecto llega a ser poco importante en las mezclas agua dulce-agua salada y esta importancia es tanto menor cuanto mayor es el porcentaje de agua dulce (CIACCO, 1971).

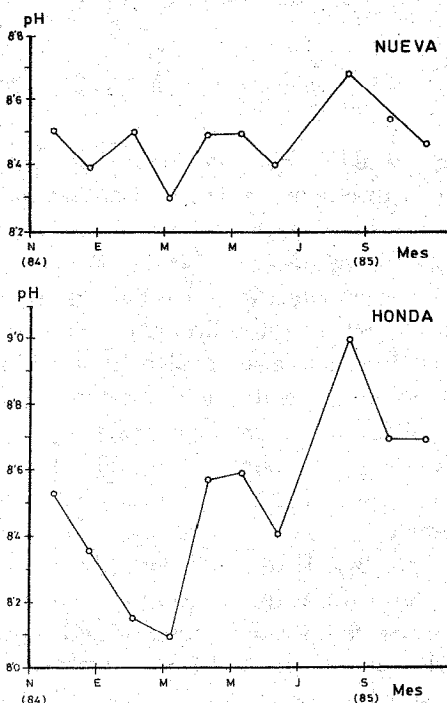


Figura 1.8.2.10.— Variación media del pH en las Albuferas Nueva y Honda.

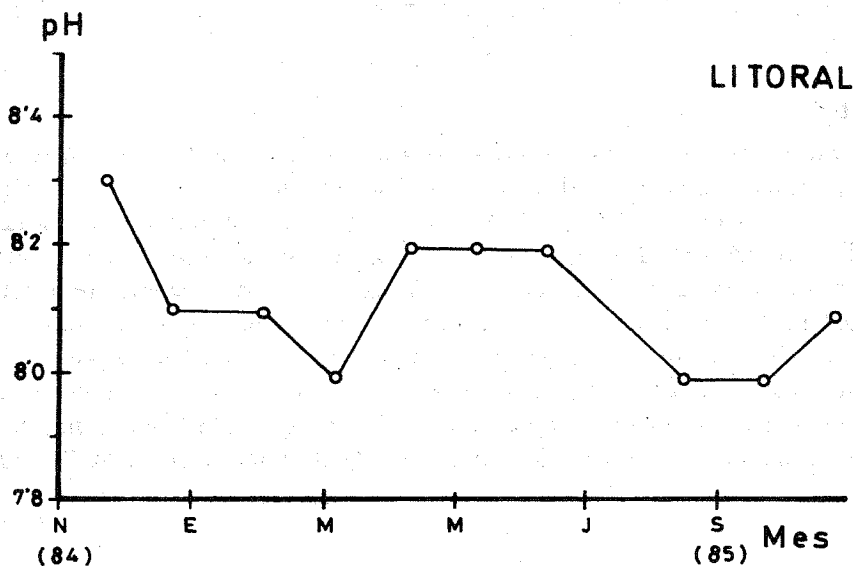


Figura 1.8.2.11.— Variación media del pH en la Albufera Litoral. Red mensual de observación.

El efecto tóxico del pH en sistemas acuáticos, está íntimamente relacionado con la influencia que ejerce sobre el desplazamiento de los equilibrios de disociación de ácidos débiles, ya que las formas sin disociar, son más tóxicas en general que las disociadas (PATTON, 1936).

El Comité USA sobre criterios de calidad de aguas (PATTON op. cit.) establece el intervalo de pH comprendido entre 6'5 y 8'5 como óptimo para diferentes usos del agua. Respecto a su empleo como aguas de riego, el pH óptimo depende del tipo de cultivo y de suelo, oscilando en un intervalo relativamente amplio. Para la vida acuática se ha reportado, como óptimo el intervalo comprendido entre 4'7 y 8'7, sin embargo el valor depende muy notablemente de la presencia y concentración de otras sustancias químicas (DOUDOROFF y KATZ, 1950).

En las figuras 1.8.2.10 y 11 se representan las variaciones medias del pH en las Albuferas de Adra durante el periodo estudiado (las representaciones se han realizado a partir de los valores medios de los puntos correspondientes al muestreo mensual). En la figura 1.8.2.10 se observa, que el pH se encuentra comprendido en un estrecho rango (8'3 a 8'7) en la Albufera Nueva, mientras que los valores relativos a la Albufera Honda oscilan entre 8'1 y 9'0 y los de la Albufera Litoral están comprendidos en un intervalo más corto (8'0 a 8'3) resulta así, que conforme nos vamos alejando de la costa aumenta el pH del agua como corresponde a un mayor contenido en carbonatos y en bicarbonatos.

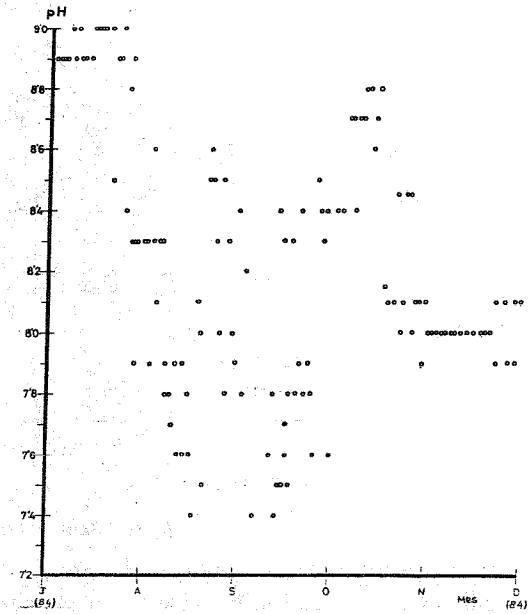


Figura 1.8.2.12.— Valoración diaria del pH en la Albufera honda.

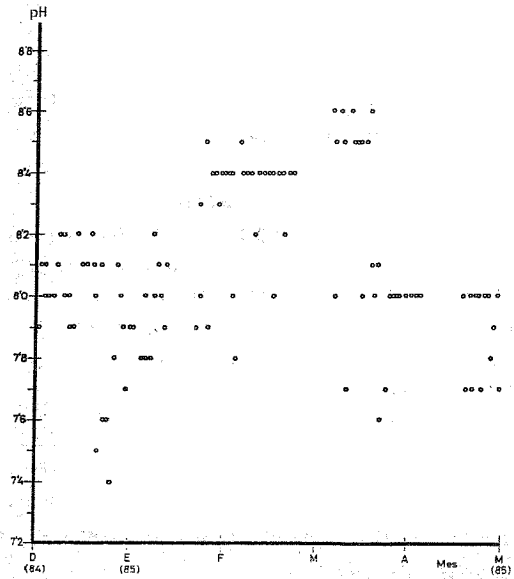


Figura 1.8.2.13.— Variación diaria del pH en la Albufera Nueva.

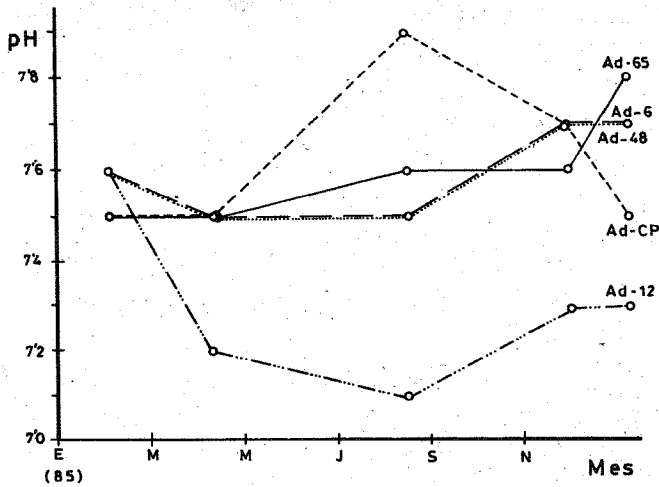


Figura 1.8.2.14.— Variación del pH en los pozos de la red trimestral.

En la figura 1.8.2.12 y 13 se representa la variación diaria del pH en la Albufera Honda. La determinación se ha realizado en muestras tomadas desde la orilla y por tanto a escasos centímetros de la misma. Es de destacar la notable dispersión de los valores encontrados, que se encuentran comprendidos en un amplio intervalo (7'0 a 9'0) y con apreciables oscilaciones en 24 horas. Ello parece indicar una escasa homogeneidad en las aguas, con fenómenos de estancamiento, especialmente en algunas épocas del año, y aportes puntuales de vertidos que justifiquen la amplia variación del pH de las aguas en este punto de un día a otro. Estos fenómenos de estancamiento temporales de las aguas, especialmente en la Albufera Honda, son observables a simple vista, ya que, las aguas son más oscuras menos transparentes y con material abundante en suspensión, de forma especial en algunas de sus orillas, la noreste, si el viento procede de Poniente y la noroeste, si la procedencia del viento es de Levante.

En la figura 1.8.2.14 se representan las variaciones de pH medidas en los pozos de la red trimestral de observación y en la tabla A-5, se reúnen los valores de este parámetro correspondientes a la red quincenal de observación. Dos aspectos es preciso resaltar de dichos valores. El primero, que el pH medio en todos los casos, es inferior al de Las Albuferas, en general inferior a 8'0 durante todo el intervalo de tiempo en el que se ha realizado el seguimiento y el segundo, que las variaciones medidas en el transcurso del año, no son notables, inferiores a 0'5 unidades de pH.

SANCHEZ CASTILLO (op. cit.) ha encontrado valores análogos de pH en el estudio realizado de este sistema acuático en el año 1983.

Residuo sólido.-

En la figuras 1.8.2.15 y 16 se representa la variación del residuo sólido en las tres Albuferas y en la figura 1.8.2.17 la variación de este parámetro en los pozos que integran la red trimestral de observación. Mientras que en Las Albuferas se observan variaciones importantes del residuo sólido, en los pozos esta es menor.

En la Albufera Litoral hemos encontrado valores comprendidos entre 14 g/l, en el periodo Abril-Mayo de 1985, hasta aproximadamente 22 g/l alcanzados en Agosto-Septiembre del mismo año. En Noviembre de 1984 determinamos un valor cercano a este máximo (21 g/l). Los contenidos en residuo sólido hallados indican la procedencia marina de estas aguas, con una mayor proporción de agua dulce en los periodos de precipitaciones más intensas. Dado que la salinidad del agua de mar es prácticamente constante e igual al 3'5% (GIBB, 1975), lo que indica que el agua de la Albufera Litoral contiene entre un 40 y un 60% de agua de mar durante el periodo de tiempo estudiado.

En la Albufera Nueva, el residuo sólido alcanza un valor mínimo en el periodo comprendido entre Abril y Mayo de 1985, lo que puede explicarse en función de las precipitaciones ocurridas (figura 1.8.2.15), mientras que durante los meses estivales y comienzos del otoño del mismo año, los valores hallados indican un máximo. El intervalo de concentración se encuentra comprendido entre 4'0 y 5'4 g/l aproximadamente.

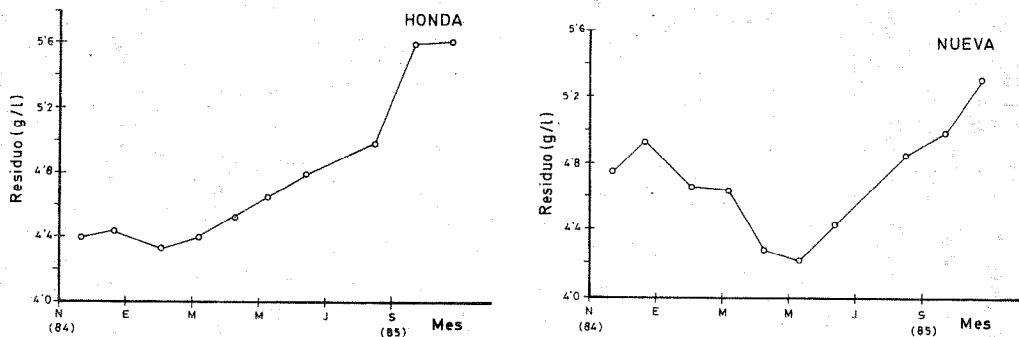


Figura 1.8.2.15.— Variación del residuo sólido en las Albuferas Honda y Nueva.

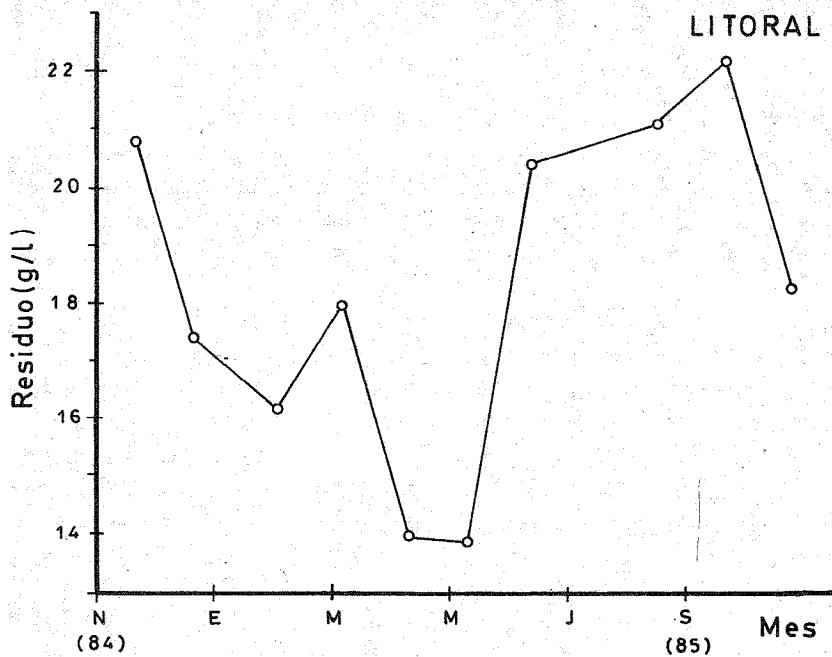


Figura 1.8.2.16.— Variación del residuo sólido en la Albufera Litoral.

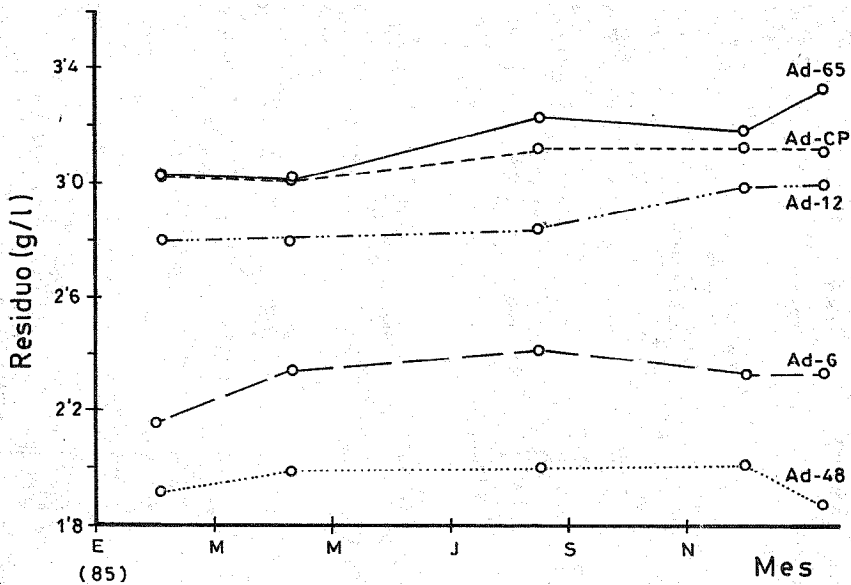


Figura 1.8.2.17.— Variación del residuo sólido en los pozos de la red trimestral.

Los valores encontrados del residuo sólido en la Albufera Honda son semejantes desde Noviembre de 1984 hasta Abril de 1985, incrementándose a continuación para alcanzar un máximo en los meses de Octubre y Septiembre de 1985, análogamente a como ocurría en la Albufera Nueva. En las tablas A.4 y A.5, donde se reúnen los datos relativos a la variación del nivel de las aguas en la Albufera Honda y en la Albufera Nueva, puede comprobarse que, entre Noviembre de 1984 y Abril de 1985, este se mantiene prácticamente constante o aumenta ligeramente, a diferencia, de lo que ocurre en los meses siguientes correspondientes a la primavera y verano del mismo año, en los que el nivel de las aguas desciende acusadamente. Parece lógico relacionar estas variaciones en el nivel de las aguas, debido a procesos de evaporación y a la cuantía de aporte del acuífero, con los cambios experimentados por el residuo sólido. Finalmente indicar que los valores de este parámetro determinados en Las Albuferas Honda y Nueva son semejantes.

Respecto a los pozos de la red trimestral de observación, los contenidos de residuo sólido encontrados son inferiores a los de Las Albuferas; por otra parte, dichos valores se incrementan conforme el pozo se encuentra más cercano a la línea de costa. Así, los pozos Ad-CP y Ad-65 presentan los valores más elevados y el Ad-6 y Ad-48 los más bajos, si bien en todos los casos oscilan, en el periodo estudiado, dentro de un corto intervalo.

Es conocido que el contenido mineral de las aguas naturales se modifica por el drenaje de aguas de tierras regadas. En el proceso de riego de una tierra, un agua puede incrementar su concentración salina hasta 15 veces (ALLISON, 1964). Sólo las plantas más resistentes a las sales admiten aguas de residuo sólido superior a 5 g/l.

Existe abundante bibliografía sobre el efecto del residuo sólido sobre plantas y suelos (MASON, 1964; WILCOX y DURUM, 1967, Mc NEAL y BOWER, 1972).

Los criterios internacionales sobre calidad de aguas, establecen como "límite permisible" en aguas para uso doméstico, un residuo sólido de 500 mg/l y como "límite excesivo" 1.500 mg/l. Aguas que contienen más de 4 g/l de residuo sólido se consideran perjudiciales para el hombre (V. S. PUBLIC HEALTH SERVICE, 1962).

En cuanto a la influencia sobre peces de agua dulce, si bien son numerosos los factores que afectan a la tolerancia del residuo sólido, se ha establecido el rango comprendido entre 5.000 y 10.000 mg/l como límite. Valores superiores pueden ser nocivos debido a que la presión osmótica en la sangre de los peces, es aproximadamente de 6 atmósferas, correspondiente a unos 7 g/l

de NaCl, mezclas de agua dulce y salada con valores de residuo sólido más altos afectan notablemente. (DOUDORFF y KATZ, 1953; Mc KEE y WOLF, 1963; DUODOROFF y KATZ, 1950). Sin embargo, el incremento del residuo sólido disminuye la toxicidad de cationes metálicos (Zn(II), Cr(III), Cu(II), etc.), los cuales resultan más tóxicos en agua destilada (SKIDMORE, 1964; SHEPHARD y MAHAN 1965; MOUNT y STEFHAN, 1967).

Cloruros.-

El ión cloruro es el anión más abundante en agua de mar. Diferentes autores cifran su concentración media entre 13000 y 19000 ppm (HOOD, 1963), 19850 ppm (GIBB, op. cit.) y 23000 ppm (MORELL, 1985), mientras que en agua dulce ocupa el tercer lugar en cuanto a abundancia después de bicarbonatos y de sulfatos. Variaciones en esta frecuencia obedecen a fenómenos locales de disolución de materiales, de intrusión marina, residuos industriales o procesos de evaporación y evapotranspiración que afecten a aguas empleadas para riego (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.).

En 1958, la W.H.O. International Standard establece como "límite permisible 200 ppm de cloruro en aguas potables y como "límite máximo" 600 ppm de este ión. La W.H.O. European Standard fija el "límite recomendable" en 350 ppm y no cifra el "límite máximo" (Mc KEE y WOLF 1963). En cuanto a la utilización de aguas para riego, el ión cloruro se considera más peligroso que el ión sulfato (WILCOX y DORUM, op. cit.) El efecto del ión cloruro sobre la vida acuática es difícil de generalizar y depende de otras sales con las que vaya asociado (DOUDOROFF y KATZ op. cit.).

La solubilidad de sus sales es alta y en consecuencia, no se encuentra ligado a procesos de precipitación (BURRIEL, 1983). El agua de lluvia contiene aproximadamente tres partes por millón de ión cloruro (ERIKSSON, 1952). En zonas costeras la concentración de cloruros depende de la distancia a la costa y de la intensidad de las precipitaciones, lo que da lugar a procesos de dilución (BAKACOWICZ, 1979).

En las figuras 1.8.2.18 y 19 se representa la variación del contenido medio del ión cloruro en las tres Albuferas durante el periodo de tiempo de muestreo. En todos los casos puede observarse una disminución en la concentración de este ión que coincide con la época del año, en la que las precipitaciones son más abundantes, desde Noviembre de 1.984 hasta Mayo de 1.985. A partir de este mes la concentración del ión cloruro aumenta hasta llegar a valores máximos de 13.000 ppm en la Albufera Litoral, 2.350 ppm en la Albufera Nueva y 2.300 ppm en la Albufera Honda aproximadamente, a comienzos del

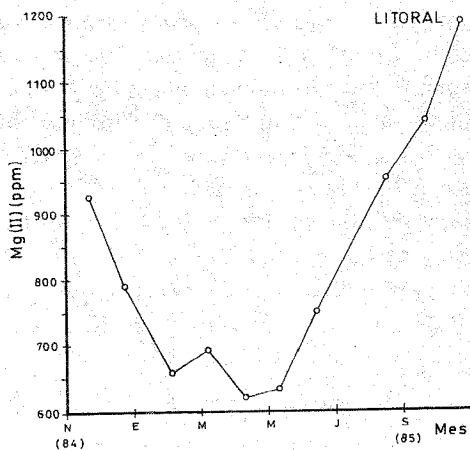
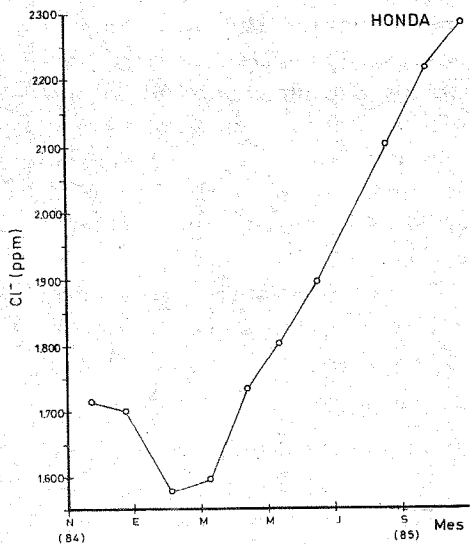


Figura 1.8.2.18 y 19.— Variación en la concentración media del ión cloruro en las tres Albuferas

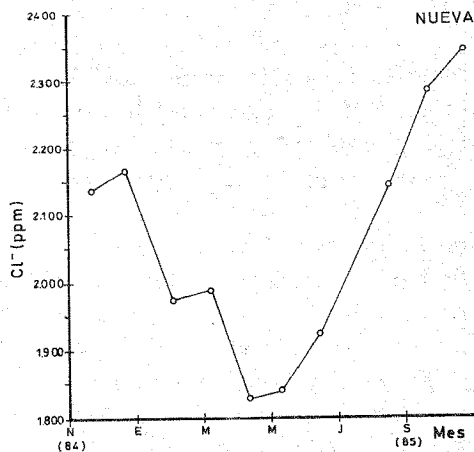
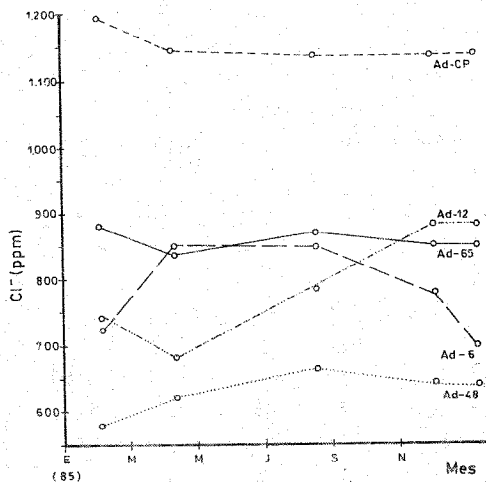


Figura 1.8.2.20.— Variación en la concentración de ión cloruro en los pozos de la red trimestral.

otoño. La concentración de cloruros, disminuye pues, de una Albufera a otra en razón de su distancia a la costa.

En la figura 1.8.2.20, se representa la variación de la concentración del ión en estudio en los pozos que forman la red trimestral. Dicha variación es ligeramente inferior a la experimentada por las aguas de Las Albuferas y asimismo son también menores las ppm encontradas. Excepto el pozo Ad-CP, que alcanza las 1.200 ppm, el resto no sobrepasa las 900 ppm de cloruro.

En relación con los estudios realizados por el I.G.M.E. (op. cit.) en Mayo de 1975, la concentración de ión cloruro ha aumentado en las Albuferas Nueva y Honda desde 1.225 y 875 ppm hasta 1.800 y 1.850 ppm respectivamente encontradas por nosotros once años más tarde.

SANCHEZ CASTILLO (op. cit.), en las determinaciones efectuadas en 1983 halla oscilaciones en dicha concentración en la Albufera Honda de 0'21 a 1'35 g/l, en la Nueva de 0'5 a 2'5 g/l y en la Litoral entre 1'35 a 13'97 g/l.

Bicarbonatos. Carbonatos. Anhídrido Carbónico.-

Los bicarbonatos constituyen el anión más abundante en aguas naturales y por ello son responsables de la mineralización del agua, por lo que puede establecerse una estrecha relación entre contenido en este anión y conductividad.

Su presencia en aguas naturales puede ser debida a diversas fuentes, que incluyen la adsorción de anhídrido carbónico del aire o procesos de descomposición de la materia orgánica, diversos procesos industriales, etc. (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.).

Es conocida la variación de las fracciones iónicas de las especies CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} en función del pH (BURRIEL, op. cit.). La geoquímica de este sistema es compleja y ha sido discutida ampliamente (ATKINSON, 1977, BAKALOWICZ, 1979). La diferencia entre el pH medido - pH_m - y el pH correspondiente al equilibrio $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 - \text{pH}_e$, establece la tendencia a la precipitación del carbonato - (ApH) O) 6 hacia la disolución del mismo (ApH) (O) (BAKALOWICZ, op. cit.).

Los bicarbonatos son generalmente solubles. Lo mismo ocurre con los carbonatos alcalinos; sin embargo, los carbonatos alcalinotérreos son menos solubles. Las constantes de los productos de solubilidad son $\text{MgCO}_3 : 1'9 \cdot 10^{-4}$; $\text{CaCO}_3 : 8'0 \cdot 10^{-8}$; $\text{SrCO}_3 : 1'6 \cdot 10^{-9}$ y $\text{BaCO}_3 : 8'0 \cdot 10^{-9}$. En consecuencia el MgCO_3 resulta ser el más soluble seguido del CaCO_3 .

El contenido del agua de mar en $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ es de 146 ppm (GIBB, op. cit.), 138 ppm (MORELL, op. cit.) y 142 (RAMKANA y SAHAMA, 1950; GOBERG, 1957) según diferentes autores.

Figura 1.8.23.— Variación en la concentración de bicarbonato en los pozos de la red trimestral.

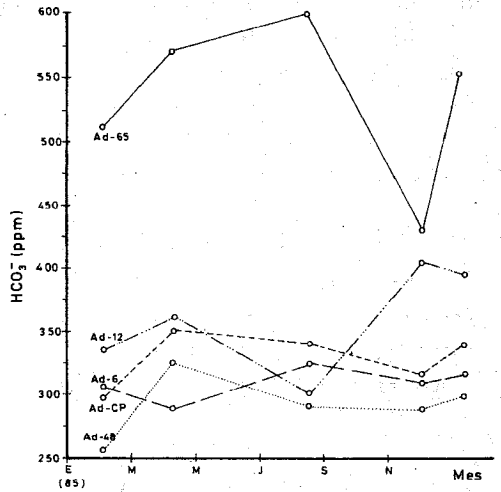
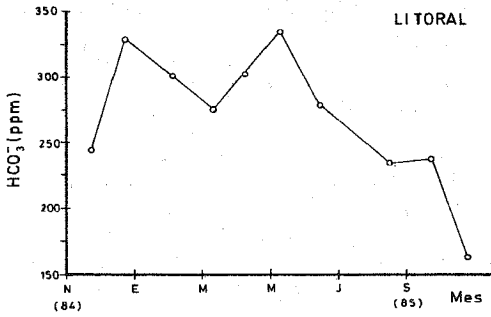
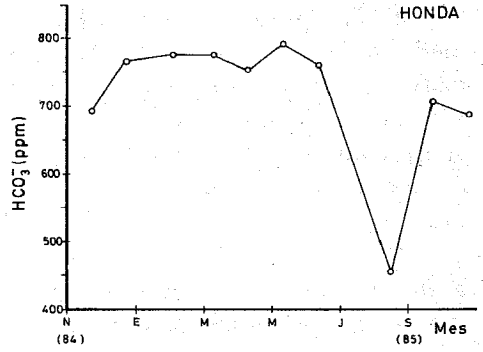
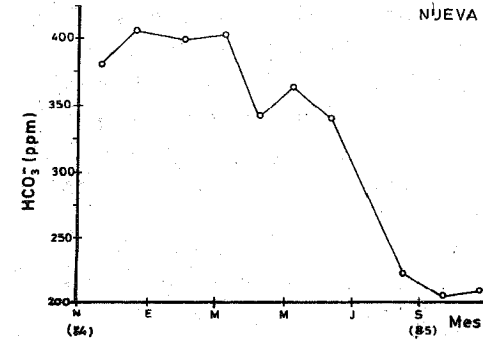


Figura 1.8.21 y 22.— Variación en la concentración media de bicarbonato en la Albufera Nueva Litoral, Nueva y Honda.

La concentración de CO_3^{2-} en agua de mar, es menor que en agua dulce de manera que la mezcla de ambas disminuye la concentración de CO_3^{2-} y el pH del agua dulce, convirtiéndose en más agresiva (BALASOHV, 1962; PLUMMER, 1975).

El exceso en la concentración de CO_3^{2-} puede, afectar a la vida acuática a través del efecto sobre el pH del medio. El 95% de los sistemas acuáticos de USA que soportan una buena fauna de peces tienen menos de 180 ppm. de bicarbonatos (Mc KEE y WOLF op. cit.).

En las figuras 1.8.2.21 y 22 se representa la variación de la concentración media de bicarbonato en las tres Albuferas durante el periodo analizado. En ellas se observa que el contenido en bicarbonatos aumenta desde la Albufera Litoral a la Nueva y desde esta a la Honda; además, en cada Albufera la concentración de bicarbonatos disminuye a partir de la primavera y este descenso continúa en el verano y otoño, épocas del año que coinciden con el periodo más seco.

En la Albufera Litoral, la concentración mínima determinada corresponde a Octubre mientras que en la Honda lo es en Agosto y en la Nueva, en los meses de Septiembre-Octubre, todos ellos de 1985. La Albufera Litoral presenta contenidos en bicarbonatos inferiores a 350 ppm, la Nueva inferiores a 420 ppm y la Honda menores de 650 ppm. En el estudio hidroquímico realizado en Mayo de 1975 por I.G.M.E. (op. cit.) se indican unos contenidos de bicarbonatos en Las Albuferas Honda y Nueva de 370 ppm; este valor, si bien coincide con el hallado por nosotros, para la misma época del año en la Albufera Nueva, es inferior al determinado en la Albufera Honda y es preciso esperar hasta el mes de Agosto para que el descenso que experimenta la concentración de bicarbonatos durante el verano llegue hasta los 350 ppm.

Es preciso señalar asimismo que los valores mínimos determinados para el anión HCO_3^- se dan en una época del año que coincide con máxima concentración de cloruros, sulfatos, residuo sólido y conductividad.

En la figura 1.8.2.23 se representa la variación de la concentración de bicarbonato en los pozos analizados trimestralmente. En general se observa una disminución de la concentración que, coincide en el tiempo con la encontrada en Las Albuferas desde Mayo hasta Noviembre de 1985, excepto en el pozo Ad-12.

En la figura 1.8.2.24 se representa la variación en la concentración de carbonatos en las Albuferas Honda y Nueva, ya que en la Litoral no se detectaron. Las concentraciones determinadas en la Albufera Honda son superiores a las de la Albufera Nueva, lo que coincide con un mayor pH. La presen-

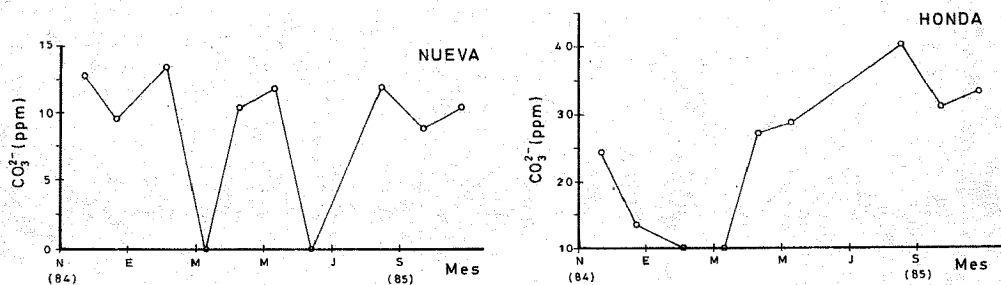


Figura 1.8.24.— Variación de la concentración media de CO_3^{2-} en las Albuferas Honda y Nueva.

cia de carbonatos en los pozos que integran la red trimestral de observación es practicamente despreciable.

En el estudio realizado por el I.G.M.F. (o.p. cit.) en Mayo de 1975 no se encontraron carbonatos en ninguna de las Albuferas.

Sulfatos.-

La presencia de sulfatos en aguas naturales es imputable a diversas causas. Así, por actividades mineras o industriales (HARRISON, 1958), disolución de yesos, oxidación de piritas, aguas marinas fósiles (FAILLAT, 1975), intrusión marina, recirculación de aguas empleadas para riego, especialmente tras el empleo de abonos sulfatados (HEM, 1959; CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.).

En aguas naturales los sulfatos se encuentran situados en segundo lugar en función de la abundancia del ión, después de bicarbonatos y antes de cloruros (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.). El contenido de ión SO_4^{2-} en agua de lluvia es inferior a 20 ppm (HEM, op. cit. ; PULIDO, 1977). Su concentración en agua de mar varía según los diversos autores: 2780 ppm (GIBB, op. cit.), 2700 ppm (HOOD, op. cit.), 2560 ppm (RANKAMA y SAHAMA, op. cit.) y 2770 ppm (DEGREMENT, op. cit.).

La solubilidad de los sulfatos alcalinotérreos es inferior a la de los correspondientes cloruros. Las constantes de los productos de solubilidad del $CaSO_4$, $SrSO_4$ y $BaSO_4$ son respectivamente $2.2 \cdot 10^{-2}$, $2.8 \cdot 10^{-7}$ y $1.0 \cdot 10^{-10}$, mientras que el $MgSO_4$ es bastante soluble (IUPAC, op. cit.), no obstante como es bien conocido, la solubilidad de estas sales se vé notablemente afectada por la variación de la fuerza iónica del medio y por la presencia de un ión común (PIÑO y VALCARCEL, 1979).

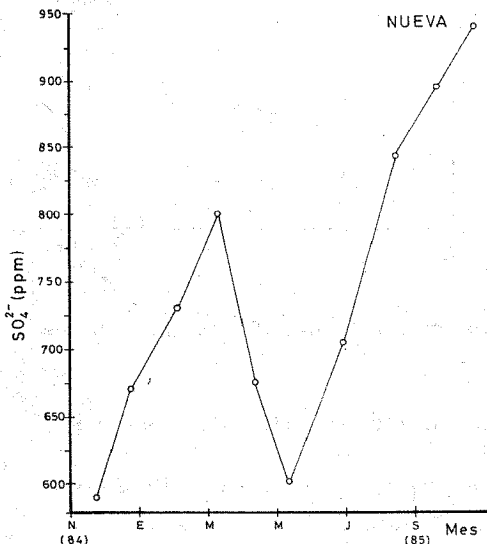


Figura 1.8.25 y 26.— Variación de la concentración media de ión sulfato en las tres Albuferas.

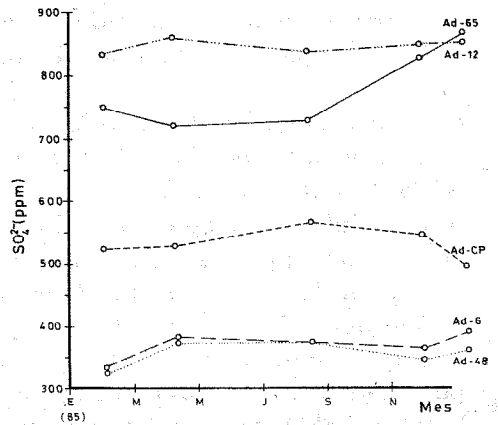
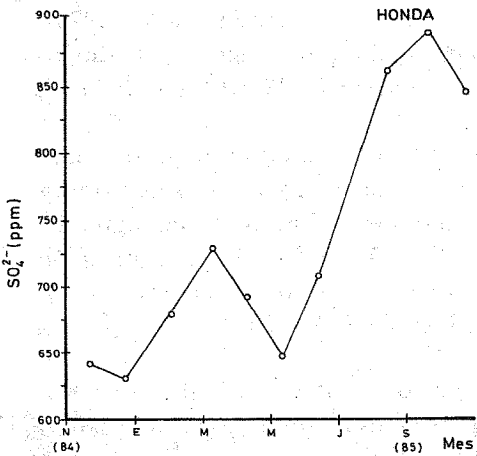
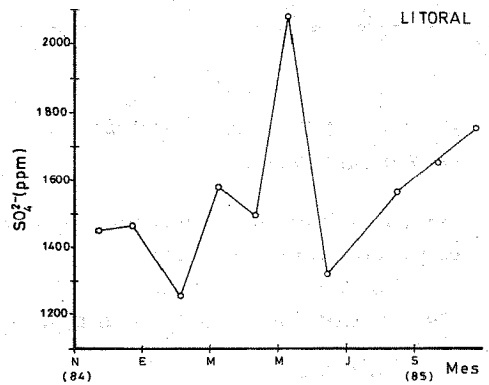


Figura 1.8.27.— Variación de la concentración de ión sulfato en los pozos de la red trimestral.

En las figuras 1.8.2.25 y 26 se representa la variación de la concentración media de sulfato en las aguas de las tres Albuferas durante el periodo de estudio.

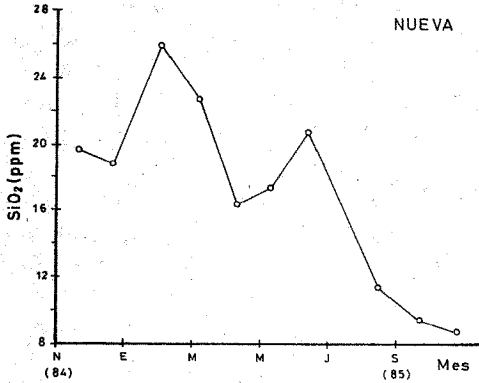
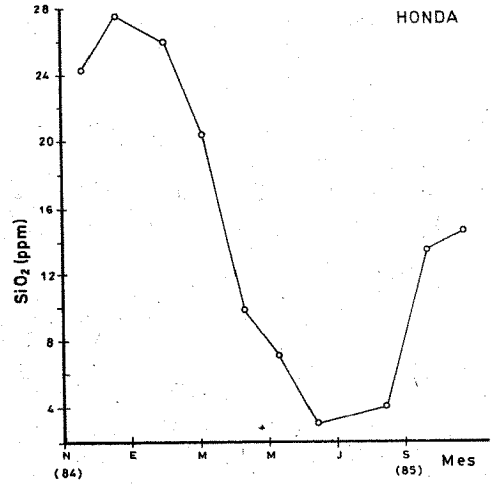
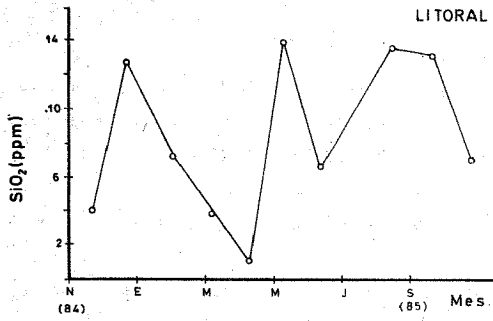
En la primera de ellas puede comprobarse cómo la concentración de sulfatos aumenta en las Albuferas Honda y Nueva hasta señalarse un máximo relativo en Marzo del 85, para disminuir hasta Mayo del mismo año a niveles de 600 ppm aproximadamente y volver a aumentar durante el resto de la primavera, verano y comienzos del otoño hasta alcanzar, 900 ppm en la Albufera Honda y 950 ppm en la Albufera Nueva. Asimismo, puede observarse que si bien, hasta Abril del 85, la concentración de sulfatos en las aguas de la Albufera Honda es inferior a las de la Albufera Nueva, a partir de esta fecha y durante todo el periodo de mayor sequía (hasta Noviembre del 85), es la Albufera Honda la que alcanza una mayor concentración en este ión. La variación observada para el ión sulfato es análoga a la experimentada por el ión cloruro, a partir de Mayo del 85.

Respecto a la Albufera Litoral, encontramos concentraciones máximas en la primavera del 85 (2000 ppm de sulfato) y en general, durante todo el tiempo de estudio, contenidos muy elevados en este ión, que indican mezclas de agua de mar aproximadamente entre un 40 y 70%.

En relación a la determinación de este ión realizada por el I.G.M.E. (op. cit.) en Mayo de 1975; su concentración se ha duplicado prácticamente al pasar de 390 y 330 ppm en las Albuferas Honda y Nueva a 650 y 600 ppm respectivamente:

En la figura 1.8.2.27 se representa la variación de la concentración de sulfatos en los pozos pertenecientes a la red trimestral de observación. Los contenidos permanecen estables prácticamente entre los meses de Enero de los años 1985 y 1986, si bien altos, entre 350 y 850 ppm.

Es de resaltar del análisis de los resultados, que las concentraciones determinadas de sulfatos son superiores a las que cabía esperar en función de los niveles hallados para el ión cloruro, al considerar la abundancia relativa de estos iones en aguas naturales y en aguas de mar. Además, la variación en la concentración de sulfatos de unos pozos a otros no sigue una relación con la lejanía de estos de la costa, como ocurre con otros iones. Estas anomalías pueden explicarse por un aporte del ión al medio por parte del hombre en su actividad agrícola. En este sentido, como ya quedó expuesto en la Introducción a la presente Memoria, uno de los abonos empleados en la zona es el FeSO_4 , así como por el aporte de aguas procedentes de Fuente Marbella, con un alto contenido en sulfatos.



Figuras 1.8.2.28, 29 y 30.— Variación de la concentración media de sílice en las tres Albuferas.

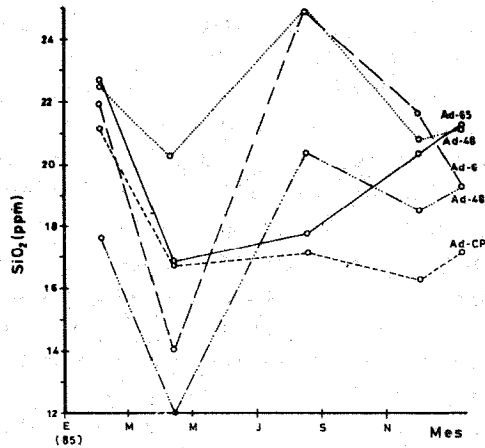


Figura 1.8.2.31.— Variación de la concentración de sílice en los pozos de la red trimestral.

Sílice.-

En las figuras 1.8.2.28, 29 y 30, se encuentra representada la variación en el contenido medio de sílice en las tres Albuferas estudiadas. La variación observada en la Albufera Litoral es irregular, con valores máximos de SiO_2 de 18 ppm aproximadamente, que se alcanzan en diferentes épocas del año (Diciembre de 1984 y en Mayo, Agosto y Septiembre de 1985) y un valor mínimo de 5 ppm en Abril de 1985. Igualmente elevados son los valores encontrados en las Albuferas Honda y Nueva, con máximos en Enero y Febrero de 1985 de 26 ppm de sílice. A partir de este último mes, el nivel de SiO_2 disminuye hasta un mínimo de 2 ppm en Junio, para volver a aumentar de nuevo. El valor mínimo encontrado en la Albufera Nueva es de 9 ppm en Octubre de 1985.

En los pozos correspondientes a la red trimestral de observación se han determinado concentraciones de sílice comprendidas entre 12 y 25 ppm (Fig. 1.8.2.31).

En valor de SiO_2 en agua de mar oscila entre 20 y 4000 ppb, siendo el más frecuente 31 ppm de SiO_2 (HOOD, op. cit.). Otros autores reportan el valor de 3 mg de SiO_2 por Kg de agua de mar (GIBB, op. cit.). En aguas naturales suele encontrarse en el rango de concentración comprendido entre 10 y cantidades cercanas a cero ppm (HOOD, op. cit.). Por otra parte, su presencia en aguas es importante para algunos organismos desde un punto de vista estructural (MARGALEF, 1974).

Los contenidos encontrados en Las Albuferas son superiores a los habituales en aguas naturales y de mar, lo que indica un proceso de contaminación favorecido probablemente por el viento y los materiales arenosos que integran el entorno.

Fluoruros.-

Se encuentran en aguas naturales procedentes de rocas sedimentarias (fluorita) ó ígneas (criolitas), del empleo de pesticidas fluorados ó como vertidos industriales (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.). No se presentan, salvo en los casos anteriores, como ión mayoritario en aguas naturales.

El agua del mar contiene entre 1'3 ppm (HOOD, op. cit.) y 1'2 ppm de fluoruro (GIBB, op. cit.). Su presencia en aguas ejerce un efecto beneficioso siempre que la concentración no exceda de ciertos límites, así para uso doméstico, entre 0'7 y 1'2 ppm, para usos industriales 1'0 ppm, para riego 10 ppm y para la vida acuática 1'5 ppm (Mc KEE, WOLF, op. cit.).

En los análisis efectuados por nosotros en las tres Albuferas, la concentración de fluoruros disminuye ligeramente conforme aumenta la distancia de la Albufera a la costa. Asimismo se observa un incremento en la concentración en la época correspondiente a la máxima sequía, desde Mayo hasta Octubre del 85, que puede interpretarse en función del efecto de concentración de las aguas. Las concentraciones encontradas son en todos los casos inferiores a las normales en agua de mar.

Los contenidos de fluoruros determinados en los pozos de la red trimestral, indican niveles sensiblemente constantes en todo el periodo estudiado, encontrándose practicamente dentro del intervalo establecido como deseable, para diferentes usos del agua.

Calcio.-

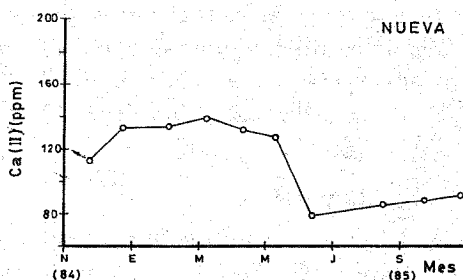
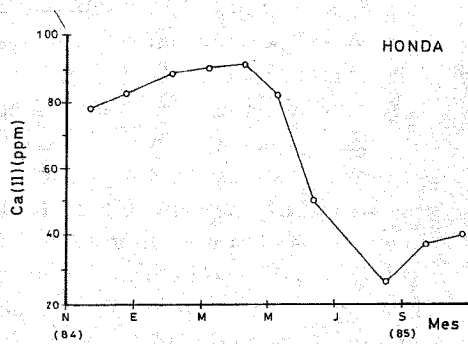
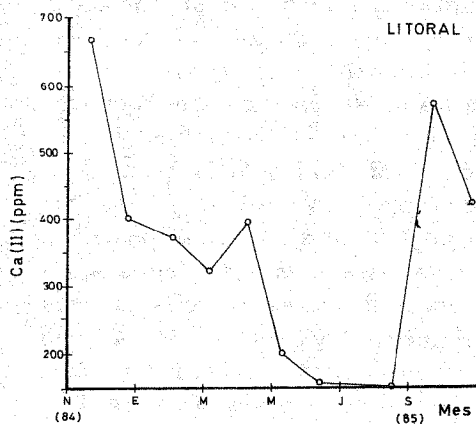
Es el catión más abundante en aguas naturales, procedentes de la disolución de calizas, dolomías, cemento calcáreo de rocas detríticas y de yesos (CUSTODIO y LLAMAS, 1976; SANCHIZ y MORELL, 1981).

La constante del producto de solubilidad del CaCO_3 disminuye ligeramente con la temperatura: $10^{-8.22}$ a 25°C. ; $10^{-8.46}$ a 50°C. ; $10^{-9.15}$ a 100°C. , mientras que en agua de mar del 3.5 % de salinidad, dicha constante es de $10^{-6.32}$ (IUPAC, op. cit.). En el mismo sentido, se ha comprobado que en disolución de 600 ppm de NaCl, la solubilidad se hace el doble que en agua destilada (ASKEW, 1923). Dado que el bicarbonato cálcico es bastante soluble, la solubilidad del CaCO_3 se encuentra muy afectada por la variación del pH del medio y, en consecuencia, por la presión parcial del CO_2 (HEM, op. cit.)

La concentración de Ca(II) en agua de mar es de 400 ppm (RANKAMA y SAHAMA, op. cit.), 413 ppm según otros autores (GIB, op. cit.), por lo que en áreas de intrusión marina se produce un aporte importante que puede afectar a otros equilibrios en disolución. En agua de lluvia se encuentra en cantidades inferiores a 10 ppm (MORELL, op. cit.).

En las figuras 1.8.2.32 y 33 se representa la variación de la concentración media de Ca(II) en las tres Albuferas. Los contenidos evolucionan durante el periodo estudiado hasta indicarse un mínimo en Agosto de 1985 en la Albufera Honda, que es menos acusado en la Nueva y en la Litoral. Durante el año de estudio, las concentraciones oscilan entre 30 y 90 ppm en la Albufera Honda, 80 y 140 en la Nueva y 150 y 700 en la Litoral.

Los valores encontrados en Mayo de 1975 por el I.G.M.E. (op. cit.) son coincidentes con los hallados por nosotros para el mismo mes de 1985.



Figuras 1.8.232 y 33.— Variación en la concentración media de calcio en las tres Albuferas.

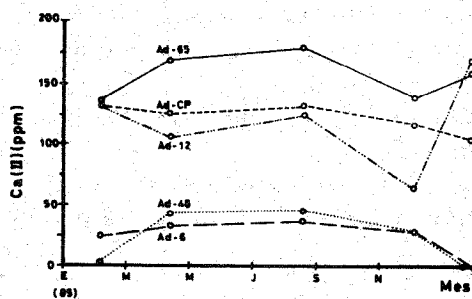


Figura 1.8.234.— Variación de la concentración de calcio en los pozos de la red trimestral.

En la figura 1.8.2.34 se representa la variación de la concentración de Ca(II) en los pozos pertenecientes a la red trimestral. En general las variaciones encontradas no son notables. Tanto en los puntos de la red trimestral como en las Albuferas, el contenido en Calcio disminuye al aumentar la distancia a la costa. La concentración de Ca(II) experimenta una evolución, a lo largo del periodo de estudio, análoga a la del ión bicarbonato.

La W.H.O. European Standard no indica límites en el contenido en calcio en aguas para uso doméstico, mientras que la W.H.O. International Standard señala 75 ppm como "límite permisible" (Mc KEE y WOLF, op. cit.). El calcio es esencial para el crecimiento de las plantas y por lo tanto deseable en aguas de riego (WILCOX y DURUM op. cit.). Su presencia en aguas, reduce la toxicidad de muchos compuestos químicos para peces y otra fauna acuática. Experiencias realizadas sobre la resistencia de algunas especies de peces a calcio, indican que es de tres días en aguas que contienen entre 2.500 y 4.000 ppm de Ca(II), la presencia de CaCO₃ en aguas puede ser necesaria para permitir la utilización completa de alimento por la fauna acuática (STAINER, DOUDOROF y ADELGORG, 1964).

Magnesio.-

Se encuentra presente en aguas naturales procedentes de la disolución de dolomita (CaMgCO₃), magnesita (MgCO₃) ó carnalita. Constituye el segundo catión en cuanto a abundancia en aguas naturales, después de Ca(II) y antes de Na(I) y K(I) (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.).

En el agua de mar, se encuentra en concentraciones de 1.270 ppm (RANKAMA y DAHAMA, op. cit.), 1.200 ppm (GIBB, op. cit.), 1.290 mg/kg (HOOD, op. cit.), valores todos ellos superiores a las 400 ppm correspondientes a Ca(II), por lo que en área de intrusión marina puede emplearse esta inversión en las cantidades relativas respecto a agua dulce como índice de caracterización de la zona contaminada.

La constante del producto de solubilidad del MgCO₃ es mayor que la del CaCO₃ y disminuye con la temperatura. Así, es de 10⁻⁷⁶⁰ a 0° C, 10⁻⁸⁰⁹ a 25° C, 10⁻⁸⁵¹ a 50° C y 10⁻⁹¹⁰ a 80° C (IUPAC, op. cit.). El equilibrio de disolución se encuentra notablemente afectado por la presión parcial de CO₂, al igual que en el caso de CaCO₃ y por la fuerza iónica del medio (BURRIEL, op. cit.).

En las figuras 1.8.2.35 y 36 se representa la variación de la concentración media de magnesio en las tres Albuferas y en la figura 1.8.2.37 la correspondiente a los pozos de la red trimestral. Puede observarse que en el caso de Las

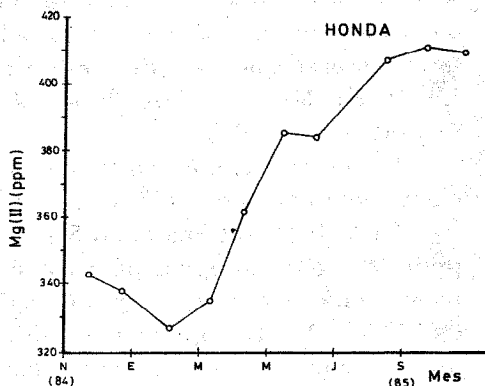
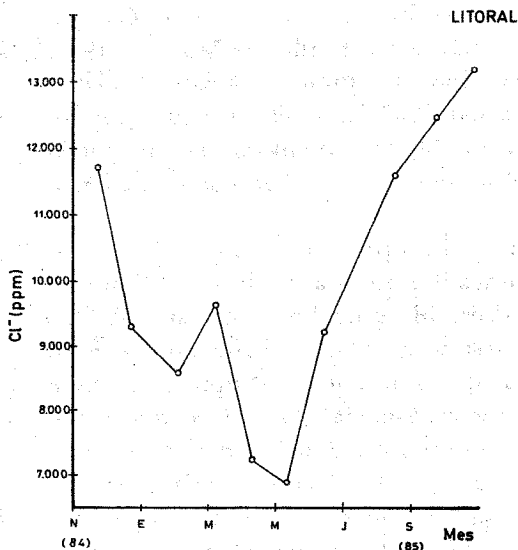


Figura 1.8.2.35 y 36.— Variación de la concentración media de Mg (II) en las tres Albuferas.

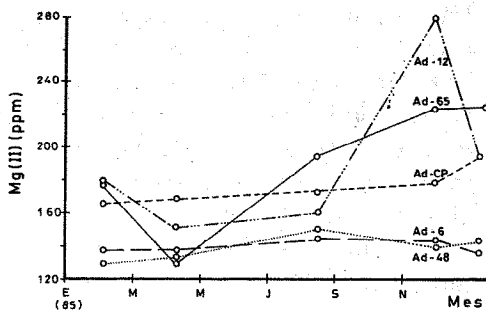
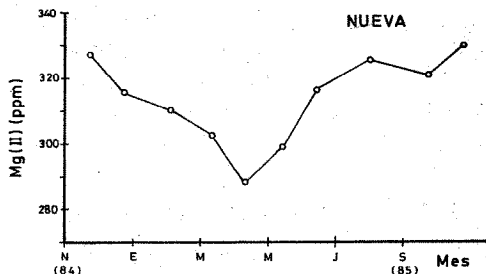


Figura 1.8.2.37.— Variación de la concentración media de Mg (II) en los pozos de la red trimestral.

Albuferas, el contenido en Mg(II) evoluciona hacia un mínimo que se produce a comienzos de la primavera; a partir de entonces aumenta la concentración, para alcanzar valores máximos en otoño. En relación con los antecedentes bibliográficos correspondientes a los análisis efectuados en Mayo de 1975, las concentraciones encontradas fueron de 168 y 132 ppm; en la Albufera Honda y Nueva respectivamente, frente a los 380 y 300 ppm determinados por nosotros en el mismo mes. Ello indica un notable incremento en la concentración de este ión en el plazo de estos últimos once años, a diferencia de lo ocurrido en el ión calcio.

Los pozos incluidos en la red trimestral no presentan en general, variaciones notables en este ión, con contenidos inferiores a los de Las Albuferas.

La W.H.O. International Standard establece un límite máximo de 150 ppm de Mg(II) en aguas para uso doméstico y W.H.O. European Standard recomienda menos de 30 ppm en aguas que contienen 250 ppm de sulfatos (Nc KEE y WOLF, op. cit.). Es un elemento esencial para el normal crecimiento de las plantas. Concentraciones superiores a 3000 ppm resultan tóxicas para las mismas (WILCOX y DURUM, op. cit.). Es un factor importante para la vida acuática, el 95% de los sistemas acuáticos que soportan una buena fauna en USA contiene menos de 14 ppm de Mg(II) (DOUDOROFF y KATZ, op. cit.).

Sodio.-

Puede encontrarse presente en aguas naturales en concentraciones que van desde 1 hasta varios cientos de ppm. En aguas de mar alcanza entre 10.000 y 11.000 ppm (RANKAMA y SAHAMA, op. cit.; DEGREMONT, op. cit.; HOOD, op. cit.; GIBB, op. cit.). La presencia de este catión en altas concentraciones en zonas costeras se relaciona con procesos de intrusión marina (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.). Durante el proceso de riego, un agua puede variar notablemente su contenido en sodio a través de fenómenos de cambio iónico con el suelo (CIACCO, op. cit.). Los compuestos de Na(I) son generalmente solubles y en consecuencia no se encuentran ligados a procesos de precipitación (BURRIEL, op. cit.).

En las figuras 1.8.2.38 y 39 se representa la variación del contenido medio en Na(I) de Las Albuferas desde Noviembre de 1984 hasta Octubre de 1985. En la Albufera Honda se indica un mínimo en Febrero del 85 y un máxima en Octubre del mismo año, si bien entre Noviembre de 1984 y Abril de 1985, el contenido en sodio no varía prácticamente; en la Albufera Nueva los valores mínimos y máximos se obtienen en los meses de Mayo y Octubre de 1985

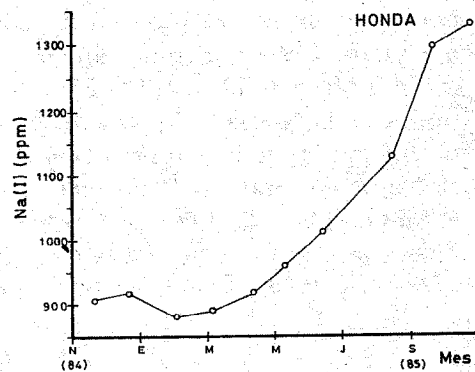
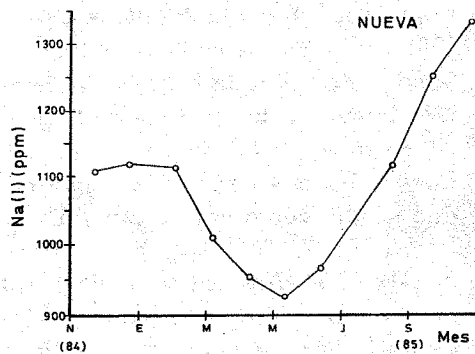
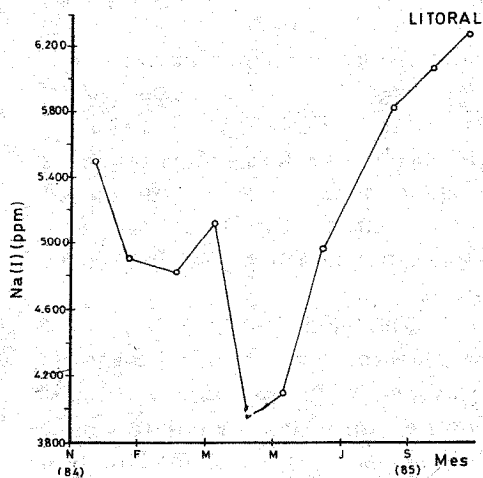


Figura 1.8.2.38 y 39.— Variación de la concentración media de Na (I) en las tres Albuferas.

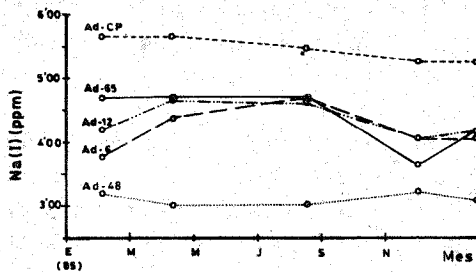


Figura 1.8.2.40.— Variación de la concentración de Na (I) en los pozos de la red trimestral.

respectivamente y la Albufera Litoral presenta un valor mínimo en Abril de 1985 y un máximo en Octubre del mismo año. Durante el periodo de estudio, la concentración de Na(I) se incrementa en el sentido A. litoral > A.-Nueva > A. Honda, salvo en el periodo de tiempo comprendido de Julio a Octubre del 85 en el que la concentración en las Albuferas Honda y Nueva es análoga. Las variaciones observadas son parecidas a las estudiadas para cloruros y residuo sólido, como era de esperar.

En la figura 1.8.2.40 se representa la variación de la concentración de Na(I) en los pozos de la red trimestral; en todos ellos resultan concentraciones menores de 600 ppm de Na(I), así como ligeras variaciones en cada uno de los pozos durante el periodo estudiado. La concentración de Na(I) varía además, de unos pozos a otros en función de su distancia a la costa, de manera que cuando esta aumenta, aquella disminuye.

En Mayo de 1975, el I.G.M.E. (op. cit.), halló en la Albufera Honda 644 ppm y en la Nueva 506 ppm. MARGALEF MIR (op. cit.) reporta los valores de 808 ppm para la Albufera Honda en primavera y 712 ppm para la Albufera Nueva en verano del año 1980. Los valores encontrados por nosotros para el mes de Mayo de 1986, son de 975 y 925 ppm para las Albuferas Honda y Nueva respectivamente. De la comparación de estos tres datos relativos a los años 1975, 1980 y 1986 se desprende un proceso progresivo de salinización de las aguas.

Potasio.-

Si bien, el potasio es un catión relativamente abundante en la Litosfera, dada la baja solubilidad en general de los materiales en que se encuentra (HEM, op. cit.), su concentración en aguas naturales raramente excede las 20 ppm (HOOD, op. cit.), sin embargo, en agua de mar alcanza 380 ppm (RANKAMA y SAHAMA, op. cit.), 397 ppm según otros autores (BIBB, op. cit.), por lo que en áreas de intrusión marina ofrece interés su estudio como parámetro indicador de la misma.

Las aguas utilizadas para riego pueden contener cantidades importantes de K(I) debido al empleo de sales de este catión como abonos (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.). Participa en el ciclo de la materia orgánica debido a procesos de adsorción que realizan las plantas de este catión en suelos (BAKALOWICZ, op. cit.). Concentraciones anómalamente altas de K(I) en agua pueden ser imputables a explotaciones mineras o vertidos industriales.

En las figuras 1.8.2.41 y 42 se representa la variación de la concentración media de K(I) en las aguas de las tres Albuferas estudiadas, desde Noviembre

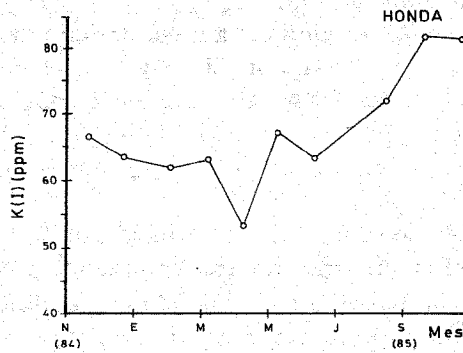
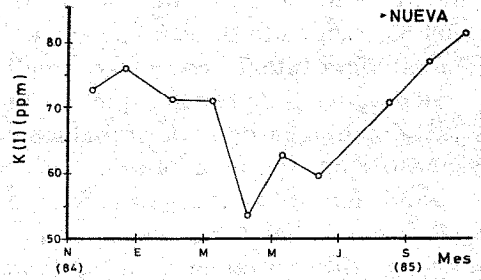
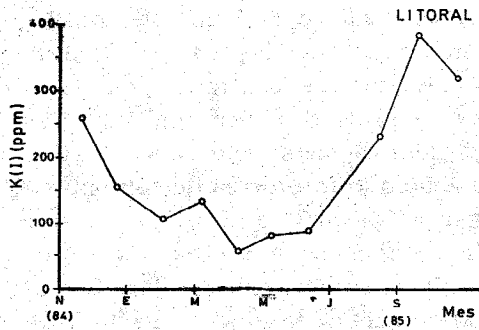


Figura 1.8.2.41 y 42.— Variación de la concentración media de K (I) en las tres Albuferas.

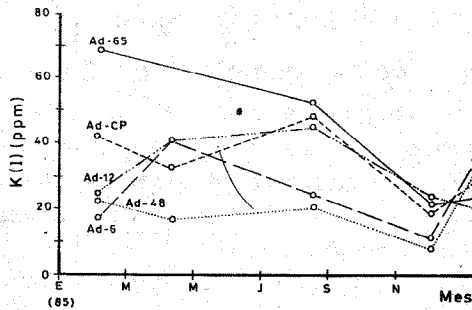


Figura 1.8.2.42.— Variación de la concentración media de K (I) en la Albufera Litoral.

de 1984 hasta el mismo mes de 1985. En los tres casos se observa la presencia de un mínimo en Abril de 1985, correspondiente a la época de máxima pluviosidad acumulada y de un máximo durante los meses de Septiembre-Octubre del 85, momento de máxima sequía. Los resultados encontrados de K(I) en la Albufera Litoral, están comprendidos en el rango de concentración de 150 a 450 ppm. Es de resaltar que este último valor es ligeramente superior al esperado en agua de mar, probablemente debido a un proceso de contaminación por adición de abonos que contengan K(I) ó incluso de recipientes que hallan sido utilizados para almacenar dichos abonos y que a veces se ven en las orillas de Las Albuferas. Dada la pequeña extensión de la Albufera Litoral estos vertidos, originarían importantes variaciones de la concentración de algunas de las especies químicas de sus aguas. Las Albuferas Honda y Nueva contienen entre 55 y 80 ppm del ión.

La variación de su concentración durante el periodo de tiempo de estudio es análoga a la experimentada por Cl^- , SO_4^{2-} , y Na(I). Sin embargo, al igual que ocurría en el caso de los sulfatos, las concentraciones halladas son superiores a lo que cabría esperar en función de los contenidos en cloruros, probablemente debido a la causa antes indicada, de empleo de abonos que contengan K(I).

En la figura 1.8.2.43 se representa la variación de la concentración de K(I), en los pozos de la red trimestral. Los resultados encontrados indican concentraciones inferiores a las halladas en las aguas de Las Albuferas y oscilaciones de las mismas poco importantes en general, durante el año de muestreo.

MARGALEF MIR (op. cit.) encontró 21 y 34 ppm de K(I) en las Albuferas Honda y Nueva, en primavera y verano de 1981 respectivamente.

1.8.3 Determinación de Nutrientes en Aguas

Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)

Mide la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química y biológica de sustancias existentes en el agua bajo condiciones normalizadas. En las condiciones del ensayo consume oxígeno no solamente la materia orgánica degradable, sino también procesos de oxidación de la materia mineral como sulfuros, sulfitos, nitritos o amoníaco.

Los valores encontrados para las distintas muestras tomadas son análogos en la Albufera Nueva y Honda y superiores en la Litoral (figuras 1.8.3.1 y 2). Puede observarse como la Albufera Litoral presenta una notable D.B.O., todo el periodo de estudio, que oscila aproximadamente entre 40 y 200 ppm. La

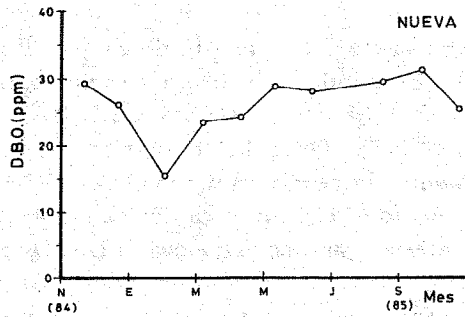
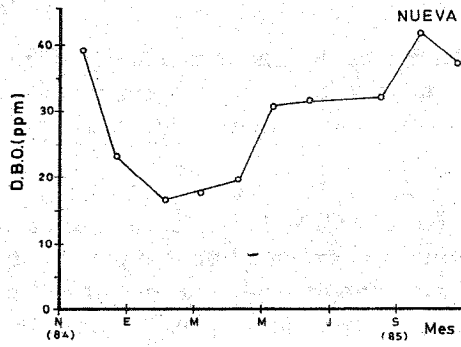


Figura 1.8.3.1.— Variación media de la D.B.O. en las Albuferas Nueva y Honda.

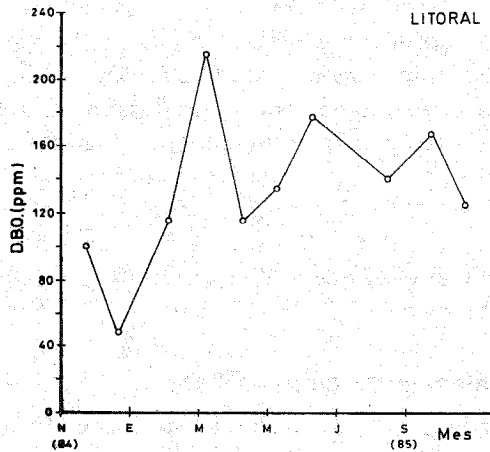


Figura 1.8.3.2.— Variación media de la D.B.O. en la Albufera Litoral.

D.B.O. de la Albufera Honda es algo superior a la de la Nueva, comprendida entre 15 y 40 ppm la primera y 15 y 30 ppm la segunda. En ambos casos los valores mínimos se encuentran en Febrero y los máximos durante el verano y principios del otoño.

Como antes hemos indicado, la D.B.O. es un parámetro de carácter cuantitativo y no cualitativo (Mc CARTY, 1964). En sistemas acuáticos no afectados por la acción del hombre, el oxígeno liberado por el plancton en el proceso de fotosíntesis es aproximadamente igual al consumido en el proceso de degradación, ahora bien, como parte del oxígeno liberado escapa a la atmósfera, el resultado es el de una disminución del O.D. (MARGALEF y PRAT, op. cit.).

En sistemas acuáticos como el de Las Albuferas de Adra, los altos niveles de D.B.O. a lo largo de todo el año indican aportes permanentes de materia orgánica, ello coincide con los bajos contenidos en O.D. durante todo el período estudiado. Es sin embargo de resaltar el máximo que alcanza la D.B.O. en el verano, posteriormente al que experimenta el O.D. en Mayo. Este correspondería a la máxima actividad fotosintética del plancton y aquel al proceso de degradación de la materia orgánica. La elevada D.B.O. de la Albufera Litoral puede explicarse asimismo en función del aporte de materia orgánica fácilmente oxidable que puede llegar a través del oleaje, procedente del mar (algas superiores).

Según lo expuesto, la D.B.O. revela la situación del ecosistema acuático (sustancias presentes y condiciones del medio). Los efectos negativos sobre la vida acuática hay que discutirlos en relación con la disminución que ocasionan en el O.D. La discusión es difícil de realizar porque depende de factores atmosféricos entre otros. Así, aguas poco agitadas, con una D.B.O. de 5 ppm pueden ocasionar una desoxigenación, mientras que aguas turbulentas con una D.B.O. de 50 ppm pueden no experimentar disminución en la concentración de oxígeno (Mc KEE y WOLF, op. cit.). Es por ello que algunos Estados no incluyen la D.B.O. como criterio de calidad de aguas. Asimismo, la D.B.O. no es un factor crítico en el empleo de aguas para riego excepto cuando los suelos están mal aireados.

Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)-

Como es conocido, la D.Q.O. mide la concentración de oxígeno precisa para oxidar los compuestos susceptibles de hacerlo en las condiciones del ensayo. Estos pueden ser orgánicos, biodegradables o no, e inorgánicos. En consecuencia, los valores correspondientes a la D.Q.O. deben ser superiores a la

D.B.O., como ocurre en las determinaciones realizadas por nosotros.

En las figuras 1.8.3.3. y 4 se representa la variación media de la D.Q.O. en las tres Albuferas. En la Albufera Litoral se obtienen valores altos durante todo el tiempo estudiado, oscilando entre 500 y 8500 ppm de oxígeno; el mínimo corresponde a la medida efectuada en Noviembre del 84, a partir de esta fecha, la D.Q.O. aumenta para alcanzar un máximo en Marzo de 1985 y permanecer desde entonces prácticamente constante. En las muestras correspondientes a esta Albufera, la determinación se llevó a cabo sobre una alícuota menor (5 ml), siguiendo las recomendaciones encontradas en bibliografía a fin de eliminar interferencias debidas a cloruros (ASTM, op. cit.). Los altos valores encontrados deben interpretarse en relación con la presencia de materia orgánica e inorgánica en estas aguas, como se expuso en la discusión de la D.B.O.

La D.Q.O. en la Albufera Nueva presenta unos valores muy inferiores a los obtenidos en la Albufera Litoral, si bien asimismo notables, encontrándose en el periodo estudiado comprendidos entre 50 y 100 ppm de oxígeno. Los valores de la D.B.O. son entre un 5 y un 40% los de la D.Q.O.

Las determinaciones efectuadas en la Albufera Honda ponen de manifiesto una D.Q.O. superior en general a la de la Albufera Nueva, con valores comprendidos entre 150 ppm (Noviembre de 1984 y Septiembre y Octubre de 1985) y aproximadamente 70 ppm (Febrero-Marzo-Abril de 1985). La mayor parte de las medidas realizadas entre Diciembre de 1984 y Agosto de 1985 se encuentran en el rango de concentración comprendida entre 105 y 67 ppm de oxígeno. Los resultados hallados para la D.B.O. en esta Albufera son aproximadamente entre un 20 y un 50% de la D.Q.O. Los valores altos correspondientes al otoño, coinciden en el tiempo con una alta D.B.O. y un bajo contenido en O.D.

Al no ser D.Q.O. un parámetro específico de una sustancia, los valores altos encontrados hay que interpretarlos en función de un aporte permanente de materia oxidable que, dadas las características de la actividad que se desarrolla en la zona, debe ser fundamentalmente orgánica. Los valores superiores de D.Q.O. respecto a la D.B.O. indican la presencia de compuestos resistentes a procesos de oxidación biológica, con una demanda de oxígeno lenta pero continuada. Por otra parte, la D.Q.O. refleja procesos de crecimiento y degradación del plancton y, en este sentido, su variación está sujeta a la estacionalidad experimentada por este.

Si bien tanto la D.B.O. como la D.Q.O. alcanzan valores elevados, el efecto que tienen sobre el O.D. no es en general crítico, debido a la poca profundi-

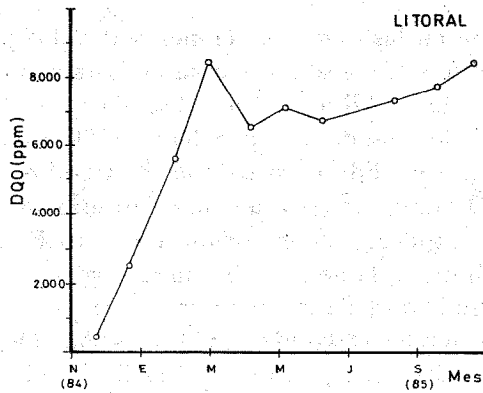


Figura 1.8.3.3.— Variación media de la D.Q.O. en la Albufera Litoral.

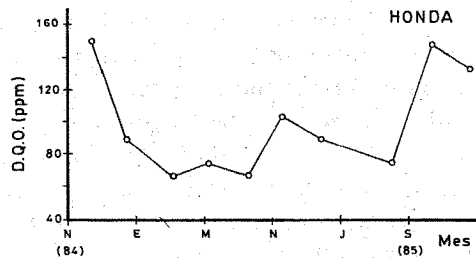
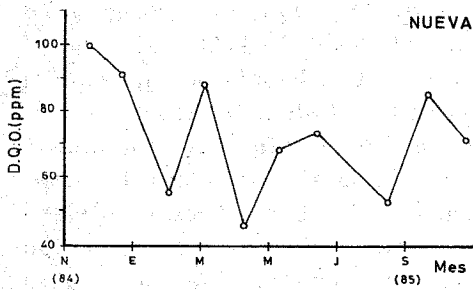


Figura 1.8.3.4.— Variación media de la D.Q.O. en las Albuferas Nueva y Honda.

dad de Las Albuferas, lo que asegura una cierta aireación de las aguas, mejor en invierno y primavera y peor en verano y otoño.

Fosfatos

Al contrario de lo que ocurre con el Nitrógeno, que se presenta bajo diversas formas de oxidación, la única forma inorgánica significativamente importante del fósforo en las aguas naturales, es el ortofosfato. Una porción importante (superior incluso al 90%) del fósforo total del agua de los lagos se encuentra en forma de fosfatos orgánicos o asociados de diversas formas con partículas orgánicas muertas y materiales orgánicos. El fósforo particulado incluye:

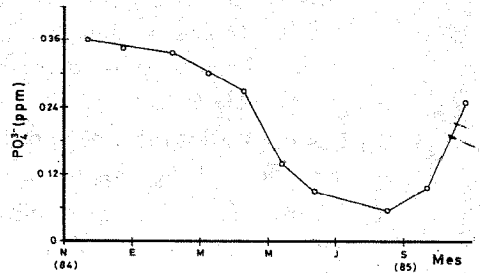
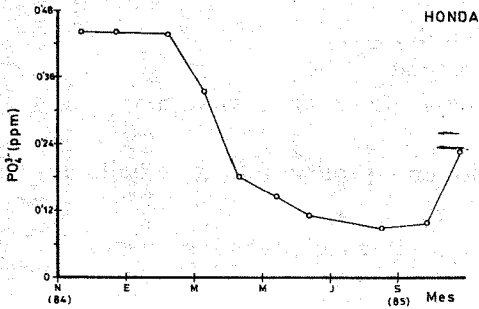
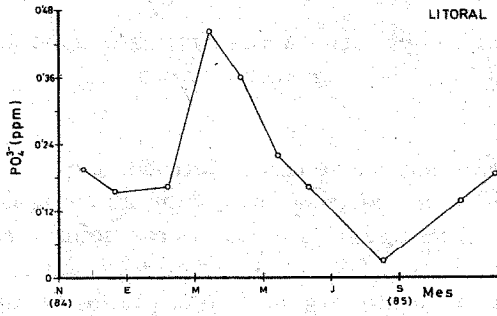
- a) Fosforo de los organismos en forma de:
 - Acidos nucleicos y fosfoproteinas
 - Esteres de bajo peso molecular de enzimas, vitaminas, etc.
 - ADP, ATP
- b) Las fases minerales de rocas y suelos en las que el fósforo se halla adsorbido a complejos inorgánicos.
- c) Fósforo adsorbido a la materia orgánica particulada muerta o en agregaciones macroorgánicas.

El fosforo disuelto está basicamente compuesto de:

- a) Ortofosfatos
- b) Polifosfatos (principalmente procedente de detergentes)
- c) Coloides organicos ó fosforo combinado con coloides adsorbentes.

Su presencia en aguas puede tener un origen diverso. Así, en aguas residuales urbanas debido a su empleo en jabones y detergentes; en aguas de vocación agrícola por su uso en fertilizantes, guano, pesticidas organofosforados y también puede provenir de actividades mineras, explotaciones piscícolas, etc (SEOANEZ, 1977). El agua de mar contiene entre uno y cien ug/1 de fosforo (HOOD op. cit.)

Junto con el nitrogeno, es un nutriente principal y contribuye a establecer la situación sobre el estado de eutrofización de las aguas (MARGALEF, 1976). Se considera que cantidades superiores a 0,096 ppm de PO_4^{3-} son suficientes para crear problemas de eutrofización en las aguas (PRAT y otros, 1980). Los fosfatos más que los nitratos reflejan muy bien los problemas de enriquecimiento de nutrientes en las aguas, como un resultado de la actividad humana, ya que los nitratos pueden estar presentes debido a otros fenómenos, sin embargo el fósforo es un indicador de la llamada eutrofización cultural (VALLENTYNE, 1974).



Figuras 1.8.3.5 y 6.— Variación en la concentración media de ión PO_4^{3-} en las Albuferas.

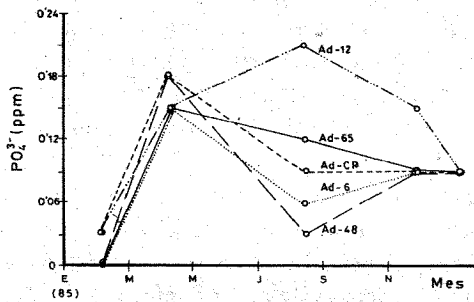


Figura 1.8.3.7.— Variación media de la concentración de PO_4^{3-} en los Pozos de la red trimestral.

En las figuras 1.8.3.5 y 6, se representan la variación media de la concentración de fosfatos en las tres Albuferas. Puede observarse cantidades apreciables de fosfatos en todos los casos. En las Albuferas Honda y Nueva la concentración es superior a 0,25 ppm hasta la primavera, estación en la que el contenido disminuye, prosiguiendo el descenso durante el verano alcanzando niveles en torno a 0,1 ppm de PO_4^{3-} . Al principio del otoño, la concentración de este anión vuelve a incrementarse. Un comportamiento análogo es el observado en la Albufera Litoral si bien en Marzo del 85 se encuentra una brusca subida en la concentración, hasta situarse a 0,45 ppm de PO_4^{3-} , para disminuir a continuación.

En los análisis efectuados por SANCHEZ CASTILLO en 1983 (op. cit.) encuentra entre 0,02 y 0,3 ppm de PO_4^{3-} en la Albufera Honda; de 0,01 a 1,5 ppm de PO_4^{3-} en la Albufera Nueva y en la Albufera Litoral concentraciones comprendidas entre 0,03 y 0,2 ppm de PO_4^{3-} .

En general los contenidos encontrados por nosotros son prácticamente todo el año superiores a los 0,096 ppm de PO_4^{3-} , por lo que el lago puede considerarse eutrófico.

La evolución anual de fósforo en la Albufera Nueva e incluso la Litoral, parece sugerir un papel importante del sedimento como captador del fósforo durante el verano, cuando hay menos oxígeno y pudiese existir anoxia en el sedimento y una liberación al final del verano, sobre todo en el invierno, cuando se vuelve a oxigenar el fondo, el ferroso pasa a férrico y se libera de nuevo el PO_4^{3-} . Sin embargo, el aporte externo del fósforo procedente de prácticas agrícolas es probablemente la principal entrada al sistema y constituye seguramente una forma de eutrofización notable.

En las Albuferas se observa alguno de los efectos de la eutrofización como la turbidez de las aguas, proliferación de algas, fondo de color oscuro debido al sulfuro de hierro y a la materia orgánica sin oxidar (MARGALEF, R. y PRAT, N. 1979).

En la figura 1.8.3.7 se representa la variación en la concentración de fosfatos en los pozos de la red trimestral. Puede observarse concentraciones apreciables e inferiores a las encontradas en las Albuferas, con dos mínimos en enero y julio, coincidentes con el descanso en las campañas agrícolas.

1.8.4. Rasgos Hidroquímicos del acuífero y tratamiento estadístico de resultados analíticos.

Las características físico-químicas de las aguas en las Albuferas y su inmediato entorno hidrogeológico son objeto de un estudio detallado en otra parte de este Estudio Integral, por lo que no cabe abordar aquí ese mismo tema. Se tratará, sin embargo, de dar una visión resumida de los principales rasgos hidroquímicos del acuífero, no con fines descriptivos sino con objeto de ilustrar al máximo el modelo de funcionamiento hidrogeológico que se ha esbozado anteriormente al analizar los datos piezométricos.

Antes de considerar las características físico-químicas de las aguas subterráneas en el sector de Las Albuferas, se resumirán en este epígrafe los principales rasgos hidroquímicos del acuífero del Delta del Adra.

En la figura 1.8.4.1 se ilustra, mediante líneas de igual contenido salino total complementadas con diagramas poligonales, el ámbito hidroquímico que caracteriza al Delta del Adra. La mineralización de las aguas subterráneas aumenta hacia el Este, con valores máximo (entre aguas 3,5 y 4,5 g/l) en el entorno de las Albuferas. En estas se registran los valores más altos de salinidad dentro del acuífero, superiores a 4,5 g/l.

También se aprecia en la figura 1.8.4.1 como en gran parte del Delta predomina la facies hidroquímica mixta sulfato-clorurada cálcico-magnésica, semejante a la de las aguas de escorrentía superficial del río Adra en su parte final (a su vez adquirida sobre todo por el efecto de la descarga de las Fuentes de Marbella). Es este un aspecto que, aunque cualitativamente, ilustra acerca de la gran influencia relativa que dicha fuente de recarga (la infiltración de las aguas superficiales del río Adra) tiene en la alimentación del acuífero.

En el extremo oriental del Delta se registra un cambio de facies hidroquímica, paralelo al incremento apreciable en salinidad total antes reseñado: las aguas subterráneas, al igual que las de las albuferas, son cloruradas sódicas. Las anteriores circunstancias se ponen también de manifiesto en la representación en el diagrama triangular (figura 1.8.4.2) de algunos puntos repartidos por el acuífero, así como de las albuferas.

En lo que respecta a las proporciones iónicas, las principales variaciones según el flujo subterráneo corresponden, al nivel de los cationes, a un incremento en sodio y disminución en calcio, sin apenas variación importante en magnesio. En los aniones es el bicarbonato el que modifica poco su proporción, aumentando apreciablemente la de cloruros en detrimento de la de sulfatos.

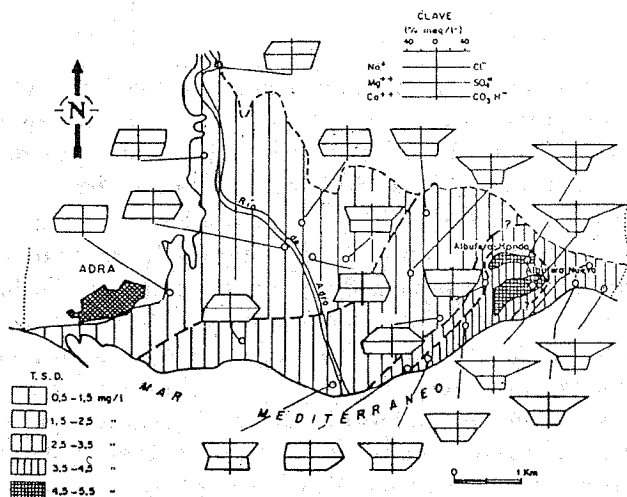


Figura 1.8.4.1.— Principales características hidroquímicas del Delta del Adra expresadas mediante diagramas poligonales y líneas de igual contenido salino total (PULIDO et al.,1986).

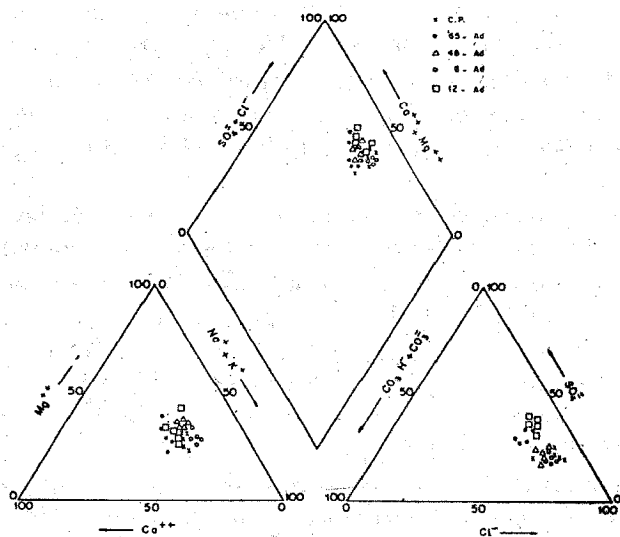


Figura 1.8.4.2.— Proporciones iónicas en algunos puntos del acuífero (círculos) y en el agua de las tres albuferas (triángulos). La situación de los puntos se incluye en la figura 7. El cuadrado representa la composición aproximada del río Adra inmediatamente aguas abajo del área de descarga de las Fuentes de Marbella.

En las tres albuferas las proporciones catiónicas son bastante similares, siendo mayor la proporción de cloruros en la Albufera Litoral que en la Nueva, y en ésta mayor que en la Honda. Parece tratarse, por tanto, de un proceso de aproximación a características cada vez más semejantes al agua de mar, a medida que disminuye la distancia entre las albuferas y la costa. Esta gradación no es tan patente en el campo de los cationes del diagrama triangular, lo que puede traducir la existencia de procesos de cambio de bases.

En la figura 1.8.4.3 se incluyen tres esquemas relativos a la variación espacial de otras tantas relaciones iónicas. La relación cloruros/bicarbonatos aumenta progresivamente hacia el Este. Ello debe traducir la lógica concentración en sales según el flujo subterráneo, sin llegar a alcanzarse valores lo suficientemente elevados como para atribuirlos sin más argumentos a procesos de intrusión marina. El agua en las Albuferas presenta valores más altos en dicha relación que las aguas subterráneas de su entorno, lo que puede resultar congruente con la mayor intensidad que allí alcanzan los fenómenos de evapotranspiración.

El índice de desequilibrio entre cloruros y alcalinos, también llamado "índice de cambio de bases" (I.C.B.), disminuye desde el Oeste hacia el Este, alcanzando un mínimo en el entorno de las Albuferas. Aunque se detectan ligeras irregularidades locales, imputables a sectores con predominio del flujo en el acuífero, es patente una tónica general de ablandamiento progresivo de las aguas subterráneas a medida que aumenta la proximidad hacia el entorno de las Albuferas.

La anterior circunstancia parece indicar un proceso de lavado de sedimentos recientes de origen marino, tales como los que han contribuido precisamente a la génesis de las Albuferas, cuyas aguas connatas aún no han alcanzado el suficiente equilibrio con las aguas continentales que circulan por el acuífero. Los valores del I.C.B. de la Albufera Honda, negativos, son similares a los de las aguas subterráneas de su entorno; en la Albufera Nueva son algo superiores (0,16), aunque bastante inferiores a los que caracterizan el agua de mar: 1,2 - 1,3 (CUSTODIO, 1976).

La tercera de las relaciones iónicas representadas en la figura 1.8.4.3 la de Magnesio/Calcio, puede ser útil a veces para caracterizar la existencia de intrusión marina, ya que en aguas continentales suele estar entre 0,3 y 1,5 mientras que en el agua del mar es próxima a 0,5. La casi totalidad del acuífero registra valores dentro del intervalo citado. Los valores máximos, algo inferiores a 4, se encuentran en las Albuferas. En este caso, el incremento de dicha relación hacia el Este tampoco puede invocarse como criterio definitivo de ca-

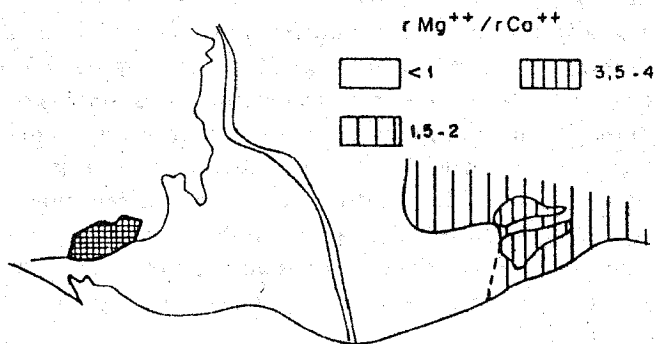
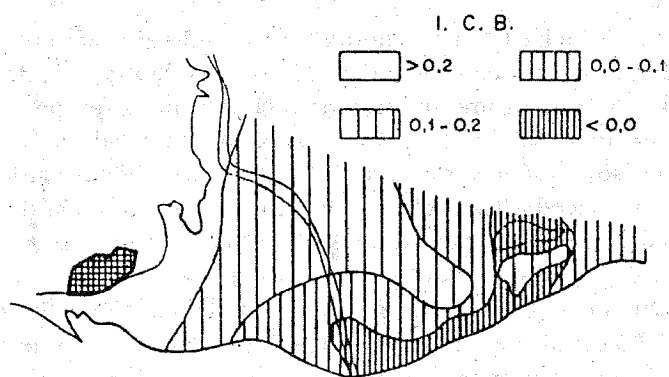
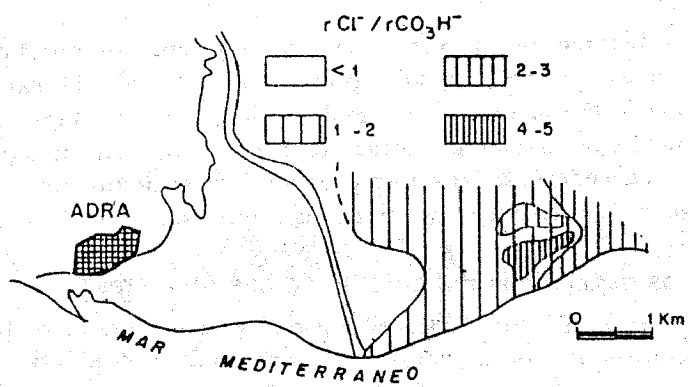


Figura 1.8.4.3.— Algunas relaciones iónicas en el acuífero (MORALES, 1986).

racterización de intrusión marina, ya que ha sido señalado antes que existen claras evidencias de procesos superpuestos de intercambio catiónico. En tal circunstancia, la fijación preferente del Calcio frente al Magnesio implicaría el aumento de la relación por otras causas que la mezcla con agua del mar, como también sucedería si existieran procesos locales de precipitación de calita en relación con la evaporación en las albuferas.

Aspectos específicos del entorno de Las Albuferas

En los puntos utilizados para el control de la profundidad del nivel de agua en el entorno de las albuferas se ha controlado, con idéntica periodicidad, la temperatura de las aguas. Los resultados se ilustran gráficamente en la figura 1.8.4.4.

Se aprecia en dicha figura la notable similitud existente entre la evolución del citado parámetro en la Albufera Nueva y en la mayoría de los puntos de sus inmediaciones, así como su estrecha relación con la temperatura media ambiental del sector. La Albufera presenta, lógicamente, valores más extremados, y las aguas subterráneas más amortiguados, que dichos valores medios.

Al igual que sucedía en el caso de los niveles, la evolución de los puntos 6 y 48 ha resultado claramente anómala en relación con el resto, razón por la que no aparecen representados en la figura 1.8.4.4. Además de a su posición más septentrional y a la mayor profundidad del agua en ellos, es de suponer que en dicha circunstancia ha de haber influido el hecho de su explotación más continuada, aspecto que altera la estratificación térmica natural de las aguas subterráneas poco profundas.

De los puntos de control ya citados, cinco han sido seleccionados para su inclusión en una red de muestreos hidroquímicos de periodicidad trimestral; son los referenciados como 6, 48, 12, 65 y C.P. (figura 1.7.5).

En la figura 1.8.4.5 se representan las proporciones iónicas de tales puntos mediante un diagrama triangular. Forman, en conjunto, un grupo bastante apretado, lo que está de acuerdo con su situación en un mismo ámbito hidrogeológico y con su proximidad mutua, de lo que resultan unas características hidroquímicas muy similares. Por la misma razón, tampoco muestran, individualmente considerados, dispersiones considerables en sus proporciones iónicas, lo que evidencia variaciones poco significativas del quimismo de las aguas subterráneas.

La mayor proporción de cloruros y de sodio corresponde a los puntos C.P. y 6, que son los que ocupan una situación más oriental, independientemente de la distancia a la costa. Como ya se ha dicho, el punto 6 funciona con cierta

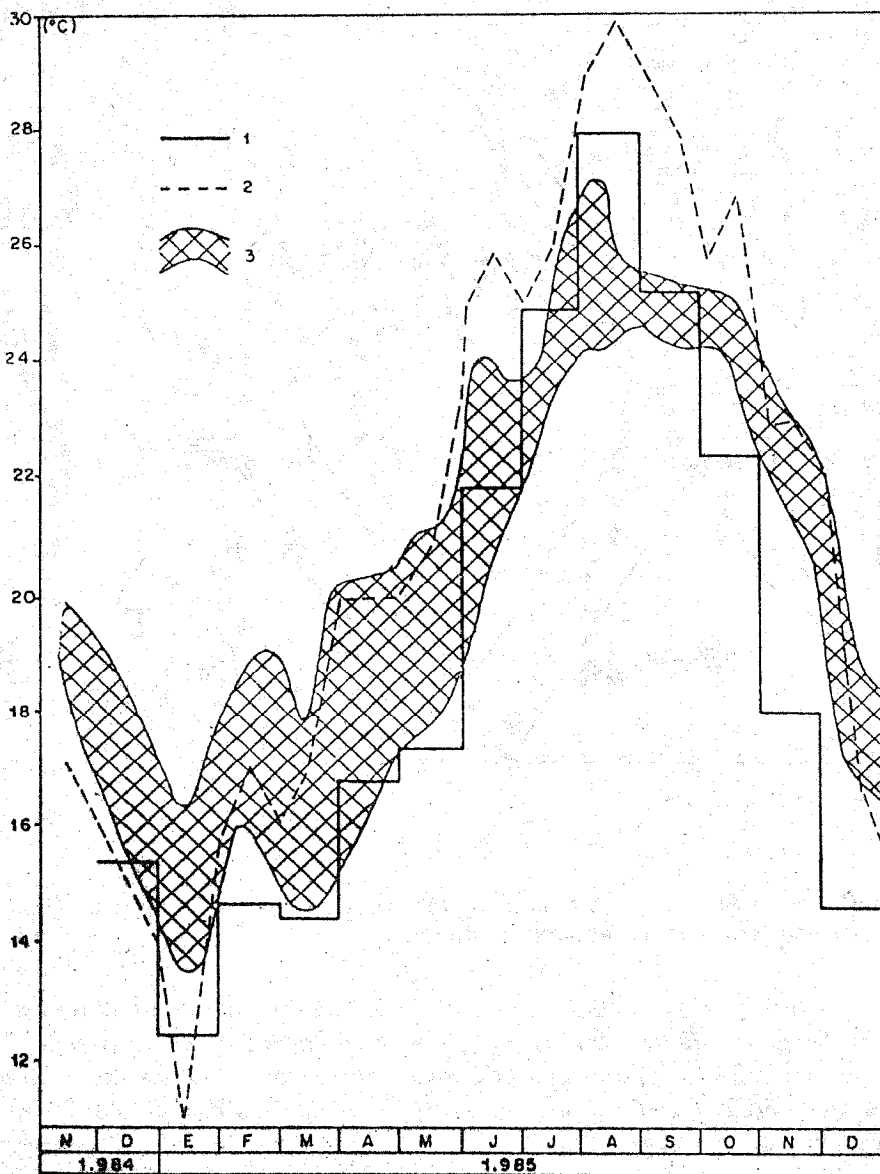


Figura 1.8.4.4.— Evolución de las temperaturas del agua en la Albufera Nueva (2) y en los puntos de control de su entorno (3: envolvente de los mismos salvo los números 6 y 48; ver situación en la figura 1.8.1.2. También se representan las temperaturas medias mensuales del aire en el sector (1).

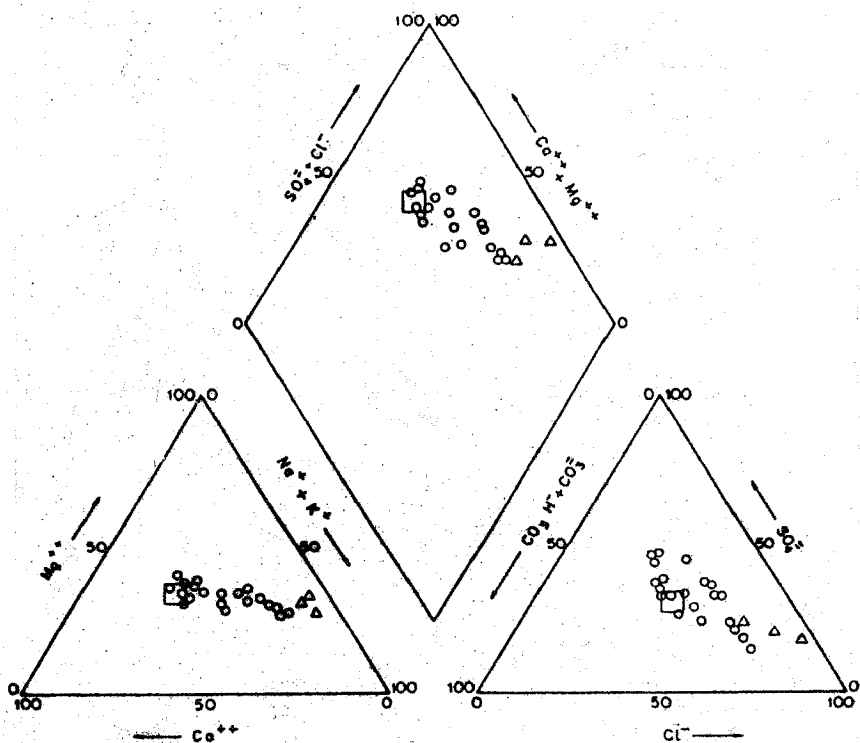


Figura 1.8.4.5.— Proporciones iónicas de los puntos resultantes del muestreo hidroquímico trimestral en el sector estudiado.

frecuencia, mientras que el C.P. carece de funcionamiento. Las menores concentraciones en los aniones citados se registran en los puntos 12 y 65. De acuerdo con la situación de estos puntos parece que el incremento en las características propias de la facies clorurada sódica se efectúa de Oeste a Este y no desde tierra adentro hacia el borde litoral.

En lo que respecta a la salinidad total de las aguas muestreadas, se registra también bastante constancia con el tiempo. Los puntos situados más al interior, 48 y 6, son los que presentan valores medios más bajos, del orden de 2 y 2,3 g/l., respectivamente. Los valores más elevados, ligeramente por encima de los 3 g/l., los registran los puntos de mayor proximidad al litoral: 65 y C.P.

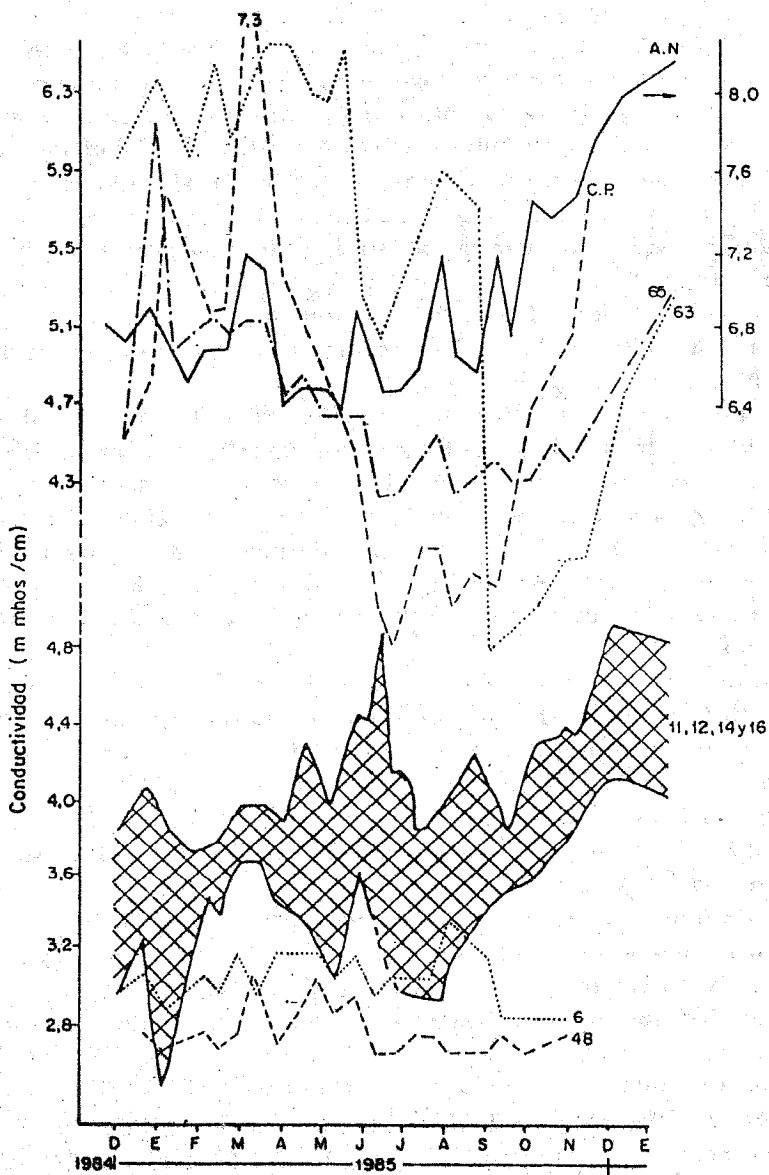


Figura 1.8.4.6.— Variaciones quincenales de conductividad en la Albufera Nueva (A.N.) y en los puntos de control seleccionados en su entorno (ver situación en la figura 1.8.1.2).

Con objeto de estudiar con más precisión la evolución temporal en la salinidad total de las aguas subterráneas, se ha procedido a medir la conductividad eléctrica en los 9 puntos señalados en la figura 1.9.1.2. todos ellos, como ya se ha visto, situados en el entorno más inmediato de las Albuferas. La periodicidad en el muestreo de este parámetro, también registrado en la Albufera Nueva, ha sido quincenal, lo que complementa la información hidroquímica más completa que, con frecuencia trimestral, se obtenía en cinco de tales puntos.

En la figura 1.8.4.6 se representan los resultados de dicho control. Los puntos situados al Norte de la Albufera Honda, 6 y 48, son los que menores valores absolutos de conductividad registran y los que a su vez, acusan una variabilidad menor en dicho parámetro.

Los puntos 11, 12, 14, 16 y 21, todos ellos próximos entre si y situados en la parte final de la rambla de La Estanquera, muestran una evolución bastante semejante, con un descenso generalizado de conductividad en relación con las precipitaciones de Enero de 1985, que apenas se manifestaba con cierta intensidad en los puntos 6 y 48. Son particularmente apreciables las variaciones del punto 21 (no representado en la figura 1.8.4.6), que registra descensos muy considerables en relación también con las lluvias de Abril y Noviembre de ese año.

Los puntos situados entre el borde costero y la Albufera Nueva: 63, 65 y C.P., son los que reúnen los valores más elevados en salinidad total, como ya se ha citado, y también la mayor variabilidad temporal en dicho parámetro, superior incluso a la que muestran las aguas de la Albufera Nueva.

A grandes rasgos, la evolución que registran la Albufera y el punto 65 son bastantes similares, mientras que en relación con el 63 y el C.P. existen mayores diferencias.

En los puntos de control se han determinado otros componentes hidroquímicos además de los mayoritarios. En la tabla 1.8.4.1 se incluyen las variables analizadas y los valores de sus coeficientes de correlación lineal.

En dicha tabla destaca la buena relación lineal (coeficiente superior a 0,75) que existe entre las siguientes parejas de variables: cloruros y sodio, calcio y fluoruros, sulfatos y calcio, bicarbonatos y fluoruros, en orden decreciente.

El anterior aspecto queda ilustrado mejor a partir del dendograma obtenido tras la realización de un análisis "cluster" simple, donde se ha utilizado dicho coeficiente como criterio de similitud (figura 1.8.4.7). Aparecen en ese gráfico varios grupos de variables entre los que cabe señalar, por reunir más componentes dentro de un mayor nivel de semejanza, al formado por las variables: sulfatos, bicarbonatos, calcio y fluoruros.

Tabla 1.8.4.1.— Correlaciones encontradas entre diferentes variables.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.00												
2	0,16	1.00											
3	0,07	0,58	1.00										
4	-0,29	-0,37	-0,14	1.00									
5	0,45	0,07	0,03	-0,37	1.00								
6	0,86	0,27	0,09	-0,44	0,56	1.00							
7	0,39	0,62	0,37	0,01	-0,12	0,15	1.00						
8	0,51	0,79	0,68	-0,48	0,33	0,52	0,42	1.00					
9	0,22	0,33	0,24	-0,44	0,61	0,49	-0,06	0,42	1.00				
10	0,13	0,47	0,35	0,09	-0,30	0,00	0,73	0,23	-0,12	1.00			
11	0,06	0,36	0,07	-0,56	0,43	0,24	0,00	0,24	0,41	0,01	1.00		
12	-0,36	-0,32	-0,10	0,47	-0,54	-0,51	-0,04	-0,35	-0,48	0,13	-0,56	1.00	
13	0,46	0,64	0,75	-0,35	0,41	0,46	0,48	0,82	0,52	0,35	0,24	-0,44	1.00

VARIABLES: 1: Cloruro; 2: Sulfato; 3: Bicarbonato; 4: Nitrito; 5: Nitrito; 6: Sodio; 7: Magnesio; 8: Calcio; 9: Potasio; 10: Amoniac; 11: Fosfato; 12: Sílice; 13: Floururo.

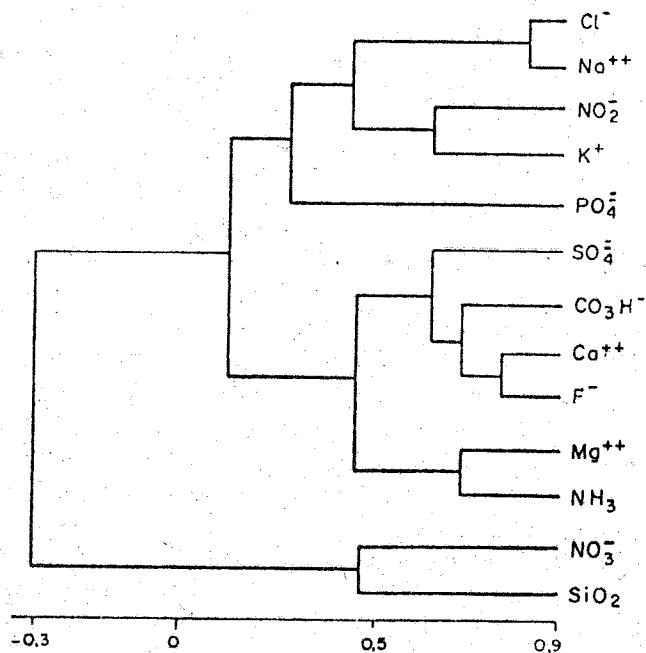


Figura 1.8.4.7.— Dendrograma obtenido tras la realización de un análisis tipo "cluster" a los datos de la tabla 10.

La principal característica del citado grupo de iones es su origen mayoritario en aguas de la infiltración procedente del río Adra, el cual, a su vez, obtiene la mayor parte de su caudal procedente del drenaje de materiales calizodolomíticos acuíferos, con intercalaciones de yesos y frecuentes mineralizaciones de fluorita. El resto de los iones son los que, en mayor o menor proporción, sufren modificaciones hidroquímicas apreciables según el flujo subterráneo en el sector próximo en las Albuferas, ya sea por causas naturales o antrópicas.

El resto de las familias presentes en el dendrograma presentan características bastante peculiares. A destacar, por ejemplo, el hecho de que dos iones procedentes en su mayor parte del lavado de sedimentos marinos recientes, como son cloruros y sodio, evolucionen en el mismo sentido que otros imputables generalmente a efectos antrópicos: nitritos, potasio y fosfatos.

También es de resaltar que tanto los nitratos como la sílice presentes en las aguas subterráneas analizadas registran una evolución que, en términos generales, es contraria a la del resto de los iones, como parece indicar su posición en el dendrograma.

A partir de los valores de la tabla 1.8.4.1 y tras la obtención numérica de los autovalores y autovectores asociados, se deduce que basta con retener cinco "componentes principales" de dicha matriz para explicar algo más del 85% de la varianza total de los datos originales. Retenidos esos cinco componentes, y tras efectuar sobre ellos una rotación "varimax", pueden establecerse los "pesos" de las distintas variables sobre cada uno de los cinco "factores" así calculados.

El factor 1, responsable del 40% de la varianza, está afectado positivamente por las variables nitritos, potasio y fosfatos, de origen antrópico-superficial; en su extremo negativo está la variable sílice, cuyo origen es radicalmente opuesto. Dicha variable, según el análisis "cluster" antes comentado, presentaba una evolución netamente diferenciada del resto de las otras variables. Cabe por tanto, asignar a los principales efectos en relación con las actividades humanas en el entorno de las albuferas (agrícolas, fundamentalmente) la mayor influencia en la variabilidad hidroquímica local de las aguas subterráneas.

Otra modificación hidroquímica significativa, la que afecta sobre todo a los iones cloruro y sodio (fenómenos de concentración por evapotranspiración directa, principalmente, pero también adquisición natural de sales durante el propio flujo subterráneo), viene explicada por el factor 3, con aproximadamente el 10% de la varianza.

Una análisis factorial semejante realizado sobre 30 muestras de agua de las Albuferas conduce a resultados bastante análogos, aunque la oposición en-

tre fosfatos y sílice se realiza a nivel del factor 3 (también 10% de la varianza). El factor 1 (47%) está influenciado en este caso por los iones mayoritarios, con la excepción del bicarbonato, y sobre todo por cloruros y sodio. Parece ser, por tanto, que los procesos de evaporación directa son los que tienen más importancia cuantitativa en la evolución hidroquímica de las Albuferas.

BIBLIOGRAFIA

- ALDAYA, F. (1969 b).- "*Los mantos Alpujárrides al S. de Sierra Nevada (Zona Bética prov. Granada)*". Acta Geol. Hisp., año IV, n 5, pp. 125-130.
- ALDAYA, F.; BAENA, J.; EWERT, K. (1.981).— Adra (1.057).— Mapa Geológico de España 1:50.000. I.G.M.E. Madrid.
- ALLISON, L. (1.964).— Advan. Agron., 16, 139.
- ANGOT, A. (1.983).— Ann. Bur. Centr. Met. France. I. Paris.
- ASKEW, H. (1.923).— Trans. New Zealand Inst., 54, 791.
- ASTM (1980).- "*Annual Book of ASTM Standards*". Part. 31. Library of Congress. N. York.
- ASTM (1.980).- "*Annual Book of ASTM Standards*". Part 31. Library of Congress.
- ATKINSON, T., (1.977).— J. Hidrol., 35, 111.
- BALASHOV, L. (1.962).— Mem. A.I.H., 5, 203. Atenas.
- BAKALOWICZ, J. (1.979).— "*Contribution de la géochimie del eaux a la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification*". Tesis Doctoral. Universidad Pierre et Marie Curie. París.
- BURRIEL, F., LUCENA, F., ARRIBAS, S. y HERNANDEZ, J. (1.983).— "*Química Analítica Cualitativa*". Ed. Paraninfo. Madrid.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1.977).— El clima de la provincia de Almería. Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Almería.
- CAPEL. M. (1.983).— Bol. del Instituto de Estudios Almerienses, 3, 27.
- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRAFICOS (1.971).— "*Analisis de aguas naturales*". Madrid.
- CIACCO, L. (1.971).— "*Water and water pollution*". Marcel Dekker. Inc. N. York.

- COMISION DE METODOS ANALITICOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA. — “José María ALBAREDA”. (1.973). — C.S.I.C. Madrid.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. (1.976).—“*Hidrogeología subterránea*”. Ed. Omega. Barcelona.
- DABRIO, C.J.; GOY, J.L.; ZAZO, C. (1.984).— “*Dinámica litoral y ambientes sedimentarios en el Golfo de Almería, desde el TIRRENIENSE a la actualidad*” Congreso Españoles de Geología. Tomo I, pp. 507-522.
- DEGREMONT, D. (1.979), “*Manual técnico del agua*”. Ed. Degremont. París.
- DOUDOROFF, P. y KATZ, M. (1.950).— *Sewage Ind. Wastes.*, 22, 1.432.
- DOUDOROFF, P. y KATZ, M. (1.953).— *Sewage Ind. Wastes.*, 25, 802.
- EGELER, C.G.; SIMON, O.J. (1.969).— “*Sur la tectonique de la zone Bétique (Cordilleras Bétiques, Espagne)*”. *Verb. der Kom. Ned. Akad van Wetenschappen*, v. XXV, 390 pp.
- ERIKSSON, E. (1.952).—*Tellus*, 4: 213.
- FAILLAT, J. (1.975).—“*Contribution à l'étude des circulations souterraines dans les formations carbonatées du Haut*”— Bassin de l'Agly.
- CERGH, Tesis Doctoral. Montpellier.
- FOURNIGUET, J. (1.975).—“*Neotectonique et Quaternaire marin sur le littoral de la Sierra Nevada, Andalousie (Espagne)*”. These Univ. Orleans. 234pp.
- GIBB, T. (1.975).—“*Analytical methods in oceanography*”. American Chemical Society, Washington.
- GOLDBERG, E. (1.957).— *Geol. Soc. Am. Mem.*, 67 (1), 345.
- JABALOY SANCHEZ, A. (1.984).—“*Evolución de la desembocadura del río Adra (Almería)*”. I Congreso Español de Geología. Tomo I, pp. 523-534.
- JONES, J. (1.964).—“*Fish and river pollution*”. Ed. Butterworth, Washington.
- JONES, M. (1.975).— “*Minerals in the Environment*”. London.
- KATZ, M. y CHADWICK, G. (1.961).— *Trans. Am. Fisheries Soc.*, 9, 394.
- LAGERWEEF, J. y SPECHT, A. (1.970).— *Environ. Sci. Technology*, 4, 583.
- LAUTENSACH, H. (1.971).—“*Notas de meteorología sinóptica*”, 25, Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- Mc CARTY, P. (1.964).— *Proc. 2nd. Intern. Water Pollution Res. Conf. Tokio*, Pergamon.
- Mc KEE, R. Y WOLF, H. (1.963).—“*Water Quality Criteria*”. California State water quality Control Board, Publ. No 3-A.
- Mc NEAL y BOWER, C. (1.972).—“*Encyclopedia of soil science*”. Vol. I, Springer-Verlag. Germany.
- MARGALEF, R. (1.974).—“*Ecología. Ecología*”. Ed. Omega. Barcelona.
- MARGALEF, R. (1.976).— *Investigación y Ciencia*, T, 50.
- MARGALEF, R. y PRAT, N. (1.979).— *Quad. Ecol. Appl.*, 4, 9.
- MARGALEF, R. (1.981).— “*Distribución de macrofitos de las aguas dulces*

- del medio*. Fundación Juan March. Serie Universitaria, N.º 157.
- y salobres del E y NE de España y dependencia de la composición química del medio*". Fundación Juan March. Serie Universitaria. N.º 157.
- MASON, B. (1.964).— "*Principles in Geochemistry*". Ed. Wiley and Sons, N. York.
- MILLS, P. (1.968).— *Journal of the Association of official Analytical Chemistry*, vol. 51.
- MORALES, G. (1.986). "Contribución al conocimiento hidrogeológico del Delta del Adra". Tesis de Licenciatura (inérita). Dpto. de Giodinámica. Univ. Granada 210 pags.
- MORELL, I. (1.985).— "*Caracterización Hidroquímica de la Intrusión Marina en la Plana de Oropesa-Torreblanca (Castellón)*". Tesis doctoral Universidad de Granada. Inédita.
- MOUNT, D. Y STEPHAN, C. (1.967).— *Wildfe Management*, 31, 168.
- PADILLA, A. (1.984).— "*Aplicaciones del microordenador a la Hidrogeología*". Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada. 220 p.p. Inédita.
- PATTON, J. (1.968).— "*Water Quality Criteria*". Congress Library. Washington.
- PLUMMER, L. (1.975).— *Geol. Soc. Am. Mem.* 142, 219.
- PRAT, N.; BAUTISTA, M.; GONZALEZ, G.; PUIG, M. (1.980).— "*Eutrofización dels rius d'Andorra*". *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 107.
- PULIDO, A. (1.977).— "*Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Debetica nororiental (provincias de Valencia y Alicante)*". Tesis Doctoral. Univ. Granada. Inédita.
- RANKAMA, K. Y SAHAMA, T. (1.950).— "*Geochemistry*". Chicago, Univ. Press.
- RODIER, J. (1.981).— "*Análisis de las aguas*". Ed. Omega, Barcelona.
- RUZ MARQUEZ, J. (1.981).— *Adra, siglo XIX*. Ed. Cajal, 322 pp. Almería.
- SAMUELSON, D. (1.963).— "*Ion exchange separations in Analytical Chemistry*". Ed. Wiley, Sons. N. York.
- SANCHEZ-CASTILLO, P. (1.984).— "*Estudio Limnológico de dos sistemas hídricos de la Provincia de Almería*". Instituto de Estudios Almerienses. Diputación Provincial de Almería.
- SEDANEZ, M. (1.977).— "*La contaminación agraria*". Colección monografías INIA, n.º 19, Madrid.
- SHEPHARD, H. y MAHAN, J. (1.965).— *Chem. Eng. News.*, 43, 108.
- SIMAL, J. CREUS, J. y TORRES, J. (1.985).— "*Técnicas de laboratorio*", (121) (103).
- SKIDMORE, J. (1.964).— *Quart. Rev. Biol.*, 39, 227.
- STAINER, R.; DOUDOROFF y ADELBERG, A. (1.964).— *The Microbial World* 2nd. Prentice Hall. Englewoods cliffs. N.J.
- THORNWAITE, C. y MATHER, J. (1.955).— "*Yearbook of Agricultura*". Washington.

- U.S. DEPARTMENT OF COMERCE (1.974).—*“Manual of Analytical Quality control for Pesticides and Related compounds in Human and Envionmental Samples”*. Research triangle Park. Easton.
 - U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE (1.962).— *“National water quality Nerwort Annual Complication of data”*. Public. 663, 1.957. Washington. D.C.
 - VALLENTINE, J. (1.974).—*“Introducción a la Limnologia”*. Omega, Barcelona.
 - VERHOEVEN, J. (1.974).— *Aquatec Botany*. 6:197.
 - VOLLENWEIDER, K. Y KEREKES, J. (1.980).— *Progress in water technology*. 12(2):5.
 - WILCOX, L. y DURUM, H. (1.967).—*“Irrigation of Agricultural Lands”*. American Siciety of Agronomy. Madison.
-