

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ACTUALIZACION DEL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DEL CAMPO DE DALIAS (PROVINCIA DE ALMERIA)

Diciembre, 1981



LIBRO PRIMERO :

GENERALIDADES

I N D I C E

1.- <u>ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y DESARROLLO DEL PRESENTE ESTUDIO</u>	Pág.	1
1.1.- ANTECEDENTES	"	2
1.2.- OBJETIVOS	"	3
1.3.- DESARROLLO DEL ESTUDIO	"	6
2.- <u>PRESENTACION</u>	"	16
2.1.- EL CAMPO DE DALIAS: CARACTERISTICAS GENERALES	"	17
2.2.- EL CAMPO DE DALIAS: POLO DE DESARROLLO PROVINCIAL	"	19
2.2.1.- <u>Agricultura</u>	"	19
2.2.2.- <u>Ocupación humana</u>	"	26
2.2.3.- <u>Tendencias para el futuro</u>	"	28
2.3.- AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFICIALES, PRESENTE Y FUTURO	"	30
2.3.1.- <u>Presente</u>	"	30
2.3.2.- <u>Futuro</u>	"	37
3.- <u>HIDROGEOLOGIA GENERAL</u>	"	40
3.1.- GEOLOGIA	"	41
3.1.1.- <u>Historia geológica regional</u>	"	41
3.1.2.- <u>Descripción litológica</u>	"	45
3.1.3.- <u>Estructura morfológica actual</u>	"	51
3.2.- DELIMITACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS	"	54
3.2.1.- <u>El Sector NW</u>	"	55
3.2.2.- <u>El Sector Central</u>	"	56
3.2.3.- <u>El Sector NE</u>	"	57

4.- <u>CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA</u>	Pág. 59
4.1.- CLIMATOLOGIA	" 60
4.1.1.- <u>Introducción</u>	" 60
4.1.2.- <u>Estudio pluviométrico general</u>	" 63
4.1.3.- <u>Determinación de la lluvia útil por el método de Thornthwaite modificado</u>	" 70
4.2.- HIDROLOGIA	" 73

1.- MAPA DE SITUACION DE LA CUENCA DE LAS AGUAS	
2.- MAPA DE SITUACION DE LA CUENCA DE LAS AGUAS	
3.- COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS IDEALIZADAS	
4.- SITUACION DE LOS SISTEMAS DE REGADÍO	
5.- MAPA DE ISOTERMAS (14°C - 15°C)	
6.- MAPA DE ISOTERMAS (17°C - 18°C)	
7.- PLUVIOMETRIAS ANUALES (1940-1950)	
8.- PLUVIOMETRIAS MENSUALES (1940-1950)	
9.- DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO AL PROMEDIO ANUAL (1940-1950)	
10.- DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO AL PROMEDIO ANUAL (1950-1960)	
11.- CURVAS ANUALES DE PRECIPITACIONES CLASIFICADAS	
12.- CURVAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES CLASIFICADAS	
13.- CURVAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES CLASIFICADAS	

INDICE DE FIGURAS

- I.1.- MAPA DE SITUACION DEL CAMPO DE DALIAS
- 2.- MAPA DE SITUACION DE LOS CANALES
- 3.- COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS IDEALIZADAS
- 4.- SITUACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS
- 5.- MAPA DE ISOYETAS (1960-61/1979-80)
- 6.- MAPA DE ISOYETAS (1973-74/1979-80)
- 7.- PLUVIOMETRIAS MEDIAS MENSUALES
- 8.- PLUVIOMETRIAS MEDIAS MENSUALES
- 9.- DESVIACIONES ACUMULADAS SOBRE LA MEDIA 1960-61/1979-80
- 10.- DESVIACIONES ACUMULADAS SOBRE LA MEDIA 1941-42/1979-80
- 11.- CURVAS ANUALES DE PRECIPITACIONES DIARIAS CLASIFICADAS
- 12.- CURVAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES DIARIAS CLASIFICADAS (Felix)
- 13.- CURVAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES DIARIAS CLASIFICADAS (Balerna)

1.- ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y DESARROLLO DEL
PRESENTE ESTUDIO

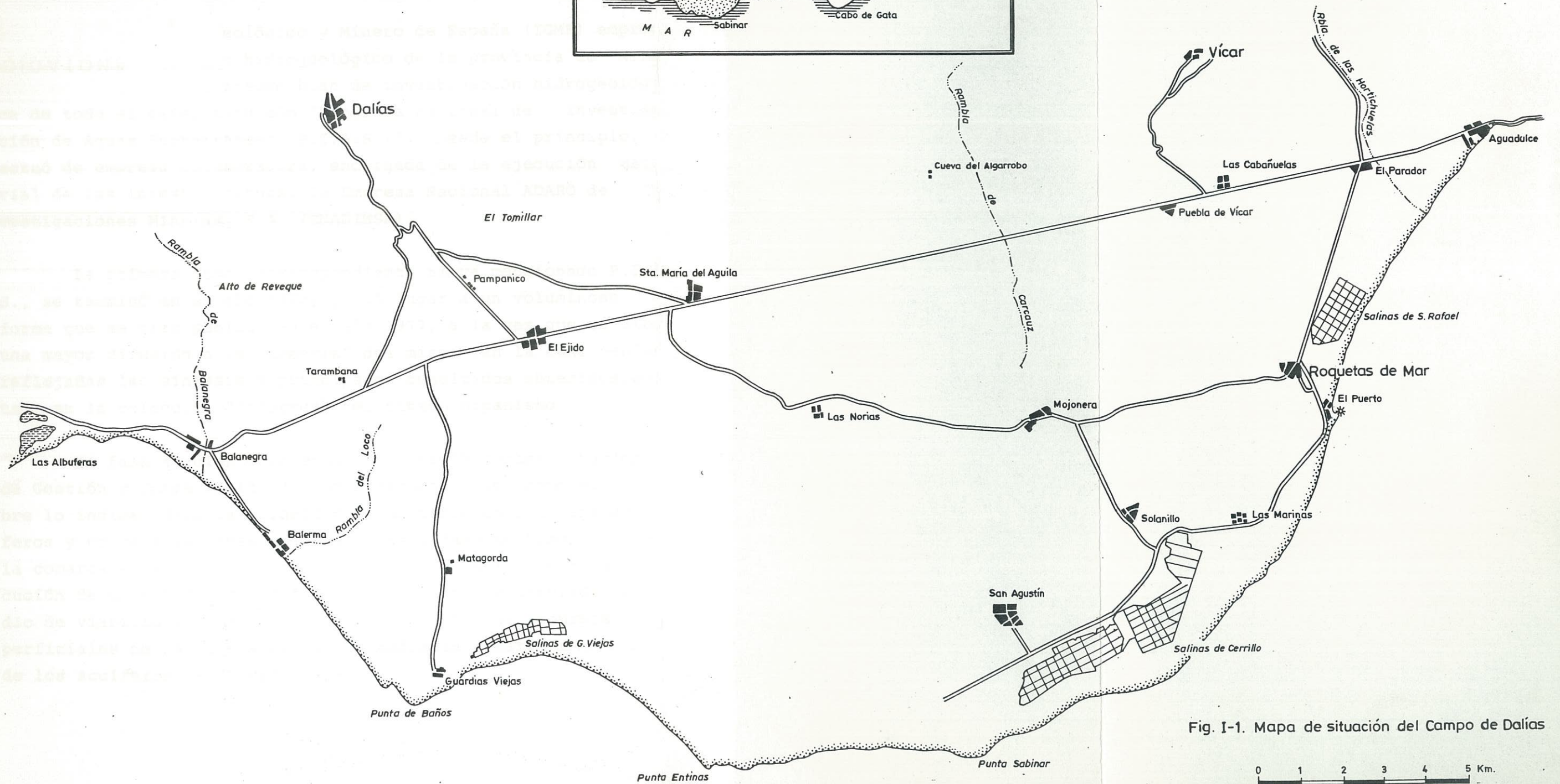
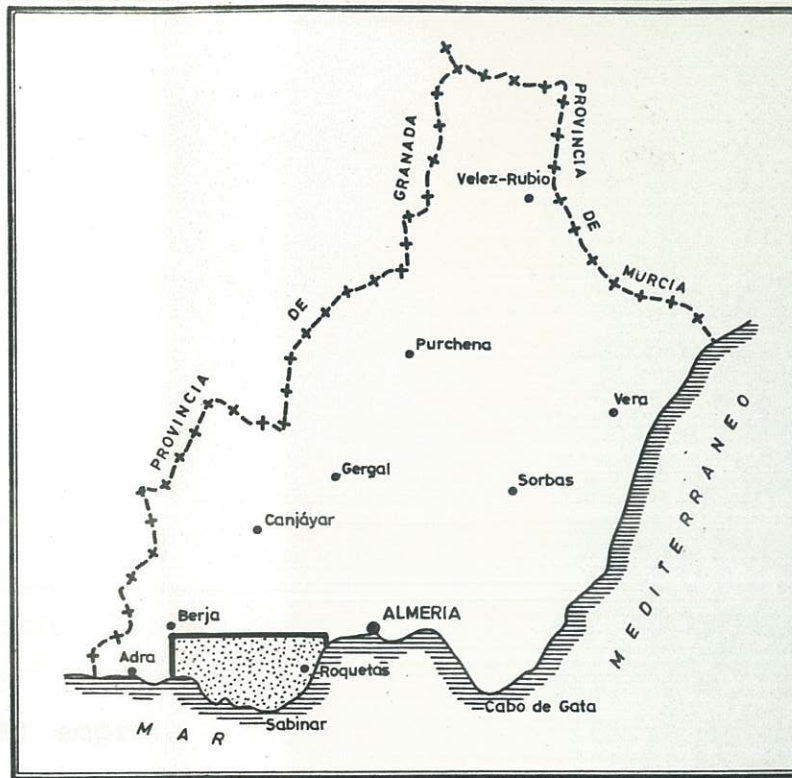


Fig. I-1. Mapa de situación del Campo de Dalías

1.1.- ANTECEDENTES

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) emprendió en 1971 el estudio hidrogeológico de la provincia de Almería, dentro de un ambicioso plan de investigación hidrogeológica de todo el país, titulado "Programa nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.)". Desde el principio, - actuó de empresa colaboradora, encargada de la ejecución material de las investigaciones, la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA).

La primera fase, correspondiente al ya mencionado P.I.A.S., se terminó en el año 1975, y dió lugar a un voluminoso informe que se hizo público en el año 1977, a la vez que se daba una mayor difusión a la "memoria" del mismo (en la cual venían reflejadas las síntesis y principales resultados obtenidos) editada en la colección "Informes" del citado organismo.

La fase siguiente se enmarcó en el "Programa Nacional para la Gestión y Conservación de los Acuíferos" que, como su nombre lo indica, daba la prioridad al mantenimiento de los acuíferos y no ya a la investigación. Esta fase se tradujo, en la comarca a la cual pertenece al Campo de Dalías, por la ejecución de un estudio que dió lugar a un informe titulado "Estudio de viabilidad de utilización de parte de los recursos superficiales de la cuenca del Adra, mediante recarga artificial de los acuíferos cercanos" (1979).

En el año 1980, la observación de la continua bajada de niveles piezométricos en algunas zonas del Campo de Dalías, bajada que alcanzaba cotas por debajo del nivel del mar, aconsejó la iniciación inmediata de una investigación sobre los riesgos de intrusión marina en dos sectores concretos de dicho Campo. Dicha investigación consistió, por una parte, en un estudio teórico del fenómeno de intrusión y de la metodología más adecuada para conocer y controlar dicho fenómeno, y por otra parte en la ejecución de una serie de sondeos de pequeño diámetro adecuadamente ubicados y equipados. Debido a que la campaña de sondeos se inició muy tarde (septiembre 1980), se redactó tan sólo un informe provisional volcado casi únicamente en el aspecto teórico y metodológico de la intrusión marina; dicha campaña de sondeos se prosiguió durante el actual año 1981 y está sin terminar todavía.

Al mismo tiempo, el I.G.M.E. decidió la ejecución, durante el año 1981, de un estudio de actualización de los datos disponibles sobre la hidrogeología del Campo de Dalías, que da lugar al presente informe.

1.2.- OBJETIVOS

Tal como viene reflejado en el convenio suscrito entre el IGME y ENADIMSA, el objetivo fundamental del mismo consiste en la actualización y complementación, dentro de los límites - impuestos de tiempo y de presupuesto, de los conocimientos adquiridos con anterioridad sobre el funcionamiento hidrogeológico del Campo de Dalías.

Los puntos que se deberán tocar en dicha actualización y complementación serán esencialmente los siguientes:

- a) Geometría de los acuíferos: a partir de los documentos disponibles (mapas geológicos, campañas de geofísica, columnas litológicas de sondeos existentes, diagrfías ya ejecutadas en sondeos, etc.), y de algunas actuaciones en el marco del presente Convenio (actualización/reinterpretación del inventario, nuevas diagrfías en sondeos), se procurará mejorar los conocimientos sobre la estructura de los acuíferos de la zona en cuestión (límites laterales, profundidad del substrato impermeable en su caso, potencia del acuífero, etc)
- b) Dispositivo hidrogeológico y circulación subterránea: así mismo, se utilizarán los documentos disponibles (cota del nivel piezométrico en los puntos de agua inventariados, interpretación de la evolución de dicho nivel en los piezómetros de la red, geometría de los acuíferos, etc.) y se procederá a nuevas actuaciones (actualización y complementación del inventario de puntos de agua, ejecución de una campaña general de medidas piezométricas en un tiempo reducido, ejecución de bombeos de ensayo) para definir lo mejor posible las condiciones en los límites de los mantos, la circulación subterránea y los parámetros que la rigen. Queda entendido que, por la imposibilidad presupuestaria de ejecutar sondeos, los límites de algunos acuíferos y las condiciones en los límites de los mantos albergados en aquéllos no podrán ser definidos con la suficiente precisión.
- c) Régimen y cuantía de la recarga: se utilizarán los datos climatológicos disponibles y, en su caso, los hidrológicos, para definir el régimen y la cuantía de la recarga, haciendo uso, además, de los conocimientos adquiridos en los dos apartados anteriores. No se pretende definir exactamente las entradas, objetivo a todas luces inalcanzable, sino disponer de un orden de magnitud de las mismas, afectado

del porcentaje de imprecisión que se estime adecuado.

- d) Régimen y cuantía de la descarga: a partir de encuestas sobre el terreno, se determinará, con la mayor precisión compatible con el tiempo y el presupuesto, el régimen de bombeo de todos los pozos; a título de comprobación, se procurará determinar el consumo teórico (para el agrícola, por ejemplo, mediante la estimación de las superficies cultivadas y el empleo de dosis empíricas de riego).
- e) Balance: aún conociendo la poca fiabilidad e interés práctico del mismo, debido a las importantes imprecisiones sobre varios de sus términos, se procurará establecer el balance de cada manto, ya que este concepto tiene todavía una cierta vigencia.
- f) Actualización de la problemática hidrogeológica: en síntesis de todo lo anterior, se resumirá el funcionamiento hidrogeológico de todos los mantos interesados y la evolución del mismo, en el pasado y en el futuro. Para este último caso, y aunque no esté prevista ninguna simulación matemática, se intentará predecir, aunque a grandes rasgos, - los problemas que puedan surgir debido a la alteración de las condiciones naturales de equilibrio, dando en su caso los posibles paliativos o soluciones alternativas que parezcan oportunas. Más concretamente, en los casos en los que parezca existir una sobreexplotación del manto, se procurará definir, no tanto el grado de sobreexplotación (por la imprecisión que conlleva esta estimación) sino, sobre todo, las condiciones mínimas de niveles piezométricos, caudales, etc., por debajo de los cuales la situación se volvería insostenible o, por lo menos, con grandes inconvenientes con respecto a la situación actual (invasión marina, agotamien

to de reservas, etc.). Se propondrán alternativas de integración de esta problemática actual en el marco de las expectativas de importación de recursos a esta zona.

- g) Se llevará a cabo una racionalización de la red de control piezométrico, a la vista de los resultados de esta actualización.

No obstante, se acepta de antemano que dicha actualización no alcance el grado suficiente de conocimientos sobre algunos aspectos, ya que viene limitada por el poco tiempo disponible y, sobre todo, por la clara insuficiencia de la dotación presupuestaria (comparada con la particular problemática del desarrollo socio-económico de la zona) y con la complejidad de varios aspectos estructurales e hidrodinámicos de los acuíferos correspondientes. Ambas limitaciones impiden que se lleven a cabo todas las actuaciones que se estiman serían oportunas y, concretamente, alguna investigación por sondeos mecánicos o por geofísica, un número adecuado de bombeos de ensayo, una nivelación completa, etc. Es claro que tales limitaciones redundarán en un carácter más estimativo para los resultados que deriven de las investigaciones a realizar.

1.3.- DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio se desarrolló durante la totalidad del año 1981. Bajo el control y supervisión de Angel GONZALEZ ASENSIO por parte de la Administración, intervinieron por parte de la empresa colaboradora los siguientes técnicos.

- Jean-Pierre THAUVIN, hidrogeólogo, responsable del estudio.

- Antonio CARRASCO CANTOS, geólogo
 - Manuel JUAREZ GARCIA
 - Pedro SERRANO MANZANARES
 - J. Miguel MARTINEZ PEÑA
- } Titulados de grado medio

De forma ocasional, intervinieron también la mayor parte de las personas adscritas al Centro regional de Almería, así como ingenieros y operadores del Servicio de geofísica de ENADIMSA (complementos de geofísica eléctrica, diagramas en sondeos). Por último, conviene citar al Departamento de Sondeos del IGME, responsable de la ejecución de la mayor parte de los sondeos de investigación de intrusión marina, corriendo los otros a cargo de la Empresa "Ibérica de Sondeos S.A.". Conviene señalar que, aunque el tema de la intrusión marina y alguna otra investigación estuviesen disociados, por motivos administrativos, del convenio que dió lugar al actual estudio, en el presente informe se reflejan evidentemente los datos conseguidos, por lo menos hasta la fecha, en el marco de todas las investigaciones.

Para el conjunto de las actuaciones llevadas a cabo por los cinco mencionados técnicos, las dedicaciones en tiempo fueron las siguientes:

- . 11 meses de hidrogeólogo
- . 3 meses de geólogo
- . 17 meses de técnico medio.

Las actuaciones más fácilmente cuantificables consistieron esencialmente en:

. Actualización del inventario de puntos de agua

a) Estado anterior

En el año 1972, se procedió al primer inventario exhaustivo de los puntos de agua del Campo de Dalías. Se fué completando, aunque no de forma exhaustiva, a lo largo de los años siguientes, de tal forma que, cuando se inició el presente estudio, el Campo contaba con 1.016 puntos inventariados. Además de la localización geográfica del punto considerado, en cada ficha constaban una serie de datos como nombre del propietario, diámetro superficial de la captación y, en general, diámetros de entubación profunda, equipo de bombeo instalado, profundidad del nivel piezométrico y, cuando había sido posible conseguir la, una columna litológica (casi siempre muy imprecisa) de los terrenos atravesados.

Por otra parte se procedió, en fases sucesivas, a la nivelación de 666 puntos de agua, con descripción de la referencia (aunque sin esquema) y materialización de la misma in situ mediante una señal de pintura roja.

Una actualización del inventario se hizo indispensable, por los motivos siguientes:

- desaparición de puntos
- creación de sondeos nuevos
- error de situación de algunos puntos
- obsolescencia de varios datos
- falta casi completa de datos de explotación.

b) Actualización

El nuevo inventario consta ahora de puntos de agua

cela regada (es decir, que varios pozos pueden servir al regadío de una parcela, o que un pozo puede regar varias parcelas), se ha abandonado la idea inicial de representar, sobre las fotos aéreas, los límites de las parcelas regadas por cada pozo. Esta operación se ha efectuado únicamente (por lo menos, de forma exhaustiva) en la franja costera del sector NW, debido a la vez a la general concordancia entre pozo y parcela, a la importancia de conocer lo mejor posible las extracciones en este área amenazada por una intrusión marina, y a la presencia del Canal de San Fernando. Además, se ha procedido a un aforo directo (llenado de un bidón o de una balsa según el caso, aforo por micromolinete) de los pozos más importantes.

Por otra parte, ha sido necesario nivelar 225 pozos, para llegar a una representación fidedigna de la piezometría. - En efecto, muchos pozos, que parecieron ahora de interés, no fueron nivelados anteriormente (es el caso, por ejemplo, de la casi totalidad de los de la franja costera del sector NW). Asimismo, se dió el caso de que pozos anteriormente nivelados vieron modificar su referencia debido a acondicionamientos posteriores, y en una cuantía desconocida; si bien un error de 5 ó 10 cm puede no tener gran importancia en un manto como el del sector central, por ejemplo, en el que las curvas isopiezas aparecen bastante apretadas, no ocurre lo mismo con, - por ejemplo, la "bañera" del sector NW, en la que errores de esta cuantía pueden traducirse en un trazado erróneo de las isopiezas. Para evitar que, en la medida de lo posible, vuelvan a presentarse problemas de este tipo, se ha dibujado, para cada pozo nivelado este año, un croquis acotado con la altura de la referencia con respecto a algunos puntos supuestos estables.

Conviene señalar, con respecto a la nivelación, que los puntos de partida fueron las señales de la red nacional -

de nivelación de alta precisión, afectadas de cotas calculadas a partir del nivel medio del mar en Almería durante los últimos años, y facilitadas, a petición nuestra, por el Servicio de Nivelaciones Geodésicas y Mareógrafos del Instituto Geográfico Nacional. En efecto, al no estar compensado todavía el recorrido de nivelación entre Alicante y Almería, y al existir una cierta diferencia (del orden de 4 cm) entre ambas referencias, se ha preferido partir de la de Almería a pesar de que el periodo de observación de su mareógrafo fuese mucho más corto que el de Alicante.

. Aforos de caudales de explotación

Han sido sistemáticamente aforados los sondeos cuyo caudal instalado y explotación anual sobrepasaban unos ciertos valores fijados de antemano y variables según el área considerada; independientemente de estos dos criterios, se han aforado los caudales extraídos de los pozos costeros cuya cota del fondo era inferior o igual a -10 m.

El número total de pozos y sondeos aforados asciende a 86.

En los pozos de pequeño caudal, el aforo se ha realizado midiendo el tiempo necesario para llenar un bidón de 200 litros o, más frecuentemente, para llenar una altura determinada de la balsa de riego, de volumen calculable. En los pozos de gran caudal, el llenado de una parte de la balsa ha sido el sistema más utilizado, aunque en varios casos se ha tenido que determinar el caudal por aforos diferenciales, con micromolinete, en un canal.

Salvo el caso de algunas balsas de forma geométrica un tanto irregular, no ha habido mayores problemas en cuanto a

la realización de los aforos, y se puede considerar que, en término medio, el error cometido no debe sobrepasar un 3-5% - aproximadamente. El mayor problema radicó en el tiempo necesario para programar el aforo con el dueño o encargado, debido a la complejidad, a veces, de las interconexiones entre sondeos.

. Bombeos de ensayo

Por los muy frecuentes bombeos para regadío y la poca distancia existente, a menudo, entre los pozos, no ha sido posible ejecutar todos los bombeos de ensayo que hubieran sido deseables, ya que muchos de ellos, influenciados por uno o más bombeos próximos e intermitentes, no hubieran sido interpretables. Aquí también se ha tenido que perder mucho tiempo para programar bombeos de ensayo acordes con los fines del estudio y que molestaran lo menos posible a los regantes, cuya colaboración, por lo general, fué muy de agradecer.

El número total de bombeos de ensayo fué de 9, a los que se deben añadir 16 realizados en años anteriores y que hubo que reinterpretar.

Salvo excepciones, el tiempo de bombeo fué de 6-8 horas (a veces más), precedidas de al menos 10 horas de no-bombeo, y seguidas de 6-8 horas de recuperación.

. Diagrafías en sondeos

Debido a la casi inexistencia de columnas litológicas fidedignas y, en todo caso, a la imprecisión de los contactos litológicos indicados, se ha procedido a una importante campaña consistente en 58 diagrafías de rayos gamma en sondeos -

existentes que se sumaron a las 29 ejecutadas en el año 1975. No cabe duda de que esta operación aportó datos muy valiosos; sin embargo, no fueron raros los casos en los que, al tratarse de facies de borde de cuenca (alternancias de pasadas detríticas y margosas), las diagrafiás fueron de difícil y subjetiva interpretación. Hubo incluso algunos casos de pasadas supuestamente arcillosas, según los rayos gamma, que no aparecieron en absoluto en los detritus de perforación; no puede tratarse de fallos del equipo de medida, ya que se repitieron las diagrafiás con idénticos resultados, sino más bien, probablemente, de facies detríticas generadas a partir de las filitas alpujárrides (que tienen una notable radiactividad natural). Sin poner en tela de juicio la validez de la técnica de diagrafiás de rayos gamma en el Campo de Dalías, estos incidentes obligan a una gran cautela en la interpretación de las mismas en las áreas en las que se puede sospechar la existencia de filitas desmanteladas.

Por otra parte, en todos los sondeos de investigación realizados en el marco del estudio de intrusión marina (6 a la fecha), se ha procedido a una serie de diagrafiás (que se estudiarán más a fondo en los capítulos dedicados a la intrusión). Además de la de rayos gamma, se han ejecutado sistemáticamente las de 16" y 64" normales, y casi siempre las de Polarización espontánea (SP), Resistencia por punto (RP) y 6' lateral.

. En el marco de un convenio entre el IGME y ADARO sobre investigación geofísica en varios sectores de la península, se ha ejecutado en 1981 una campana de geofísica eléctrica en el Campo de Dalías, consistente en 67 SEV de AB comprendida entre 600 y 2000 m. Ubicados esencialmente en las zonas costeras de Balanegra y de Aguadulce y en el borde septentrional del Campo, estos SEV completaron las campañas anteriores.

Su ejecución planteó muchos problemas que hicieron bajar muy sensiblemente los rendimientos esperados: abundancia de los invernaderos, presencia de una costra de exudación superficial, etc.

. Medición simultánea de niveles piezométricos

- La campaña general de febrero 1981, que abarcó todo el Campo de Dalías, necesitó la visita de 612 puntos de agua, elegidos por su buena repartición geográfica y por estar la mayoría de ellos ya nivelados. Sin embargo, al no haberse iniciado entonces la actualización del inventario, un cierto número de pozos no pudieron ser medidos por haber desaparecido o por no permitir el paso de una sonda; asimismo, muchos se encontraron bombeando a cada visita que se les hacía. Por estos distintos motivos, la elaboración del mapa piezométrico se basó solamente en 453 medidas útiles.

Las mediciones fueron ejecutadas en su mayor parte en 6 días, aunque se prolongaron, para un 10% de los puntos aproximadamente, durante la semana siguiente.

- La campaña local (franja costera del sector NW) de noviembre 1981 necesitó la visita, en algo más de 2 días, de 131 puntos de agua que representan la totalidad de los existentes en la zona investigada. De ellos resultaron útiles 112, correspondiendo el resto a pozos en bombeo casi continuo.

. Ejecución de sondeos de pequeño diámetro

Al 15 de diciembre se habían ejecutado 8 sondeos de investigación litológica y de reconocimiento y control de la in

trusión marina, tres de ellos con su pareja de corta profundi-
dad (en ellos se incluye el único sondeo, con sus parejas, -
ejecutado a finales del año 1980). Estos sondeos, ejecutados
en el marco de la investigación específica de intrusión mari-
na, totalizan, a la fecha mencionada, 1756 metros perforados,
de los cuales 928 m equipados en piezómetros puntuales o com-
pletos, según su situación con respecto a la orilla del mar.

2.- PRESENTACION

2.1.- EL CAMPO DE DALIAS: CARACTERISTICAS GENERALES

El Campo de Dalias, situado en la parte occidental de la provincia de Almería, constituye una llanura costera de fuerte contraste con los relieves montañosos que forman la mayor parte de la provincia, y más concretamente con los de la Alpujarra almeriense que lo lindan por el NW y el Norte.

Está limitado al Norte por los importantes relieves montañosos de la Sierra de Gádor, esencialmente dolomítica, que culmina a 2.240 m de altura.

Al Sur, Este y Oeste, linda con el mar mediante unos 50 km de línea de costa que, con pocas excepciones, constituye otros tantos kilómetros de playas.

Entre el mar y la Sierra de Gádor, el Campo de Dalias tiene una superficie de unos 330 km², si se considera como límite norte la principal ruptura de pendiente, que se suele escalonar entre las cotas 200 y 300 m s.n.m. según el sitio.

Aunque de relieve suave, el Campo de Dalias no constituye una llanura perfecta, ya que viene afectado no tanto por la erosión fluvial sino, sobre todo, por la tectónica neogena y cuaternaria que ha afectado al relleno terciario (esencialmente formaciones detríticas y margo-detríticas del Mioceno,

Plioceno y Cuaternario marinos) y cuaternario continental (conos de deyección, etc.).

La red hidrográfica, procedente de la Sierra de Gádor, no suele llegar hasta el mar: las ramblas, siempre muy aparentes al Norte de la carretera general, son cada vez menos individualizadas hacia el sur, hasta el punto incluso de que las más pequeñas de ellas han sido paulatinamente convertidas en tierra de labor.

Muy abierto al mar y, por lo tanto, a su efecto termoregulator, y, al contrario, protegido por la Sierra de Gádor de los vientos fríos del NW, el Campo de Dalías goza de un clima muy benigno en cuanto a temperaturas, pero muy seco en cuanto a pluviosidad ya que, por la barrera montañosa de Sierra de Gádor, no recibe sino una pequeña parte de las precipitaciones procedentes del NW.

Debido al clima, a la presencia de aguas subterráneas, y a su morfología relativamente llana, el Campo de Dalías se ha convertido, a partir del erial que constituía hasta los años cincuenta, en una zona de intenso desarrollo agrícola, sobre cuyo aspecto se volverá más en adelante.

Atravesado de Oeste a Este por la CN 340, además de por numerosas carreteras de interés local, el Campo de Dalías alberga un cierto número de poblaciones, entre las que cabe destacar, de Oeste a Este, Balerma, El Ejido, Santa María del Aguila (antiguamente, La Aldeilla), Las Norias, La Mojonera, Roquetas de Mar, El Parador y Aguadulce. Excepto esta última, esencialmente turística, todas las poblaciones se han creado y desarrollado en torno a la agricultura. Un caso espectacular de esta evolución lo constituye El Ejido que, en pocos años, se ha convertido en la capital ("de facto", sino "de jure") del Campo.

2.2.- EL CAMPO DE DALIAS, POLO DE DESARROLLO PROVINCIAL

El desarrollo económico del Campo de Dalias se ha manifestado principalmente en las vertientes de la agricultura y, de la ocupación humana.

2.2.1.- Agricultura

El Campo de Dalias constituye el mayor foco de riqueza de la provincia de Almería, gracias a su agricultura de regadío, abastecida en un 100% por aguas subterráneas (el 95% de las cuales extraídas del mismo Campo).

El desarrollo de dicha agricultura en los últimos 20 años ha sido bastante espectacular, tanto en cantidad (incremento de las superficies regadas) y en calidad (especialización en los cultivos, utilización de técnicas cada vez más sofisticadas), como en las transformaciones que ha provocado en el aspecto de la geografía humana (incremento demográfico, esencialmente concentrado en El Ejido) que se tratará más adelante.

a) Desarrollo cuantitativo

El incremento de las superficies regadas aparece claramente en las estadísticas anuales llevadas a cabo por las Cámaras Agrarias. Al margen de las imprecisiones y, en algún caso, errores, que comporta siempre este tipo de encuestas oficiales "estáticas", los correspondientes datos son muy valiosos a la hora de establecer tendencias, aún cuando se refieran a términos municipales y no al Campo de Dalias propiamente dicho.

En el aspecto cuantitativo que nos interesa aquí, se ha pasado de los municipios al Campo de Dalías de la forma siguiente:

A las superficies oficialmente regadas en los municipios de Dalías, Roquetas de Mar, Vícar y Felix, se les ha quitado, respectivamente 1500, 100, 100 y 50 ha, por considerar que estas últimas superficies correspondían a las vegas situadas ya en la Sierra de Gádor, es decir, fuera del Campo. Se les ha considerado constantes en el tiempo, por suponer que fueron las primeras parcelas labradas y regadas, incluso con anterioridad al desarrollo del Campo de Dalías. Por el contrario, no se han utilizado las estadísticas del municipio de Berja, ya que la superficie regada en dicho término municipal y que forma parte del Campo es muy minoritaria, calculándose - en unas 50 ha (área de Balanegra). En total, por lo tanto, se ha restado una cifra de 1700 ha a las estadísticas de las Cámaras Agrarias.

Por otra parte, se ha distinguido entre superficies labradas (es decir, acondicionadas para ser cultivadas en regadío), ocupadas (las anteriores disminuidas de los barbechos) y regadas (mayores que las precedentes, ya que tienen en cuenta los cultivos asociados -no muy frecuentes, por cierto-, y, sobre todo, una eventual segunda cosecha-). Las superficies "labradas" dan cuenta del desarrollo de la infraestructura de regadío, las superficies "ocupadas" son las que, realmente, producen cosechas; las superficies "regadas" son mayores que las reales pero constituyen el mejor indicador del consumo de agua.

Los tres tipos que se acaba de indicar vienen cuantificados en el cuadro siguiente, en el cual aparecen para los años 1960, 1970 y 1980 elegidos como referencias (se refieren al Campo de Dalías únicamente).

	1960	1970	1980
Superficies labradas (ha)	5.200	9.100	11.600
" ocupadas (ha)	3.900	8.800	10.900
" regadas (ha)	4.900	10.700	12.700

Tomando como base 1 las superficies de 1960, se apre
cía el incremento siguiente:

	1960	1970	1980
Superficies labradas	1	1,75	2,23
" ocupadas	1	2,26	2,79
" regadas	1	2,18	2,59

Estos cuadros se prestan a varios comentarios:

- En todo caso, el desarrollo ha sido más fuerte en la déca
da de los 60 que en la de los 70; incluso se puede decir, a
la vista de estadísticas de años intermedios, que no se han
reflejado aquí, que, en cuanto a superficies regadas se re
fiere, el mayor incremento se produjo entre 1965 (coeficien
te 1,27) y 1970 (coeficiente 2,18), mientras que hubo un ca
si estancamiento entre 1970 y 1975 (coeficiente 2,20).

- Los barbechos (o, más generalmente, las superficies labradas pero no ocupadas) que ocupaban el 25% de las superficies labradas en 1960, descendieron posteriormente a unos pocos por ciento (teóricamente, 3% en 1970 y 6% en 1980, aunque la ya mencionada imprecisión relativa de las encuestas no permiten sacar conclusiones de esta escasa diferencia); ello puede tener al menos dos causas: un sentido más "capitalista" de la utilización de las inversiones de acondicionamiento de las parcelas, y/o una mejora de las técnicas de riego (y/o de las plantas cultivadas) que permitió una mejor rotación de los cultivos.

- Las parcelas "de uso múltiple" (diferencia entre las "regadas" y las ocupadas) se incrementan en términos absolutos (casi se duplican entre 1960 y los otros dos años de referencia), pero disminuyen en términos relativos (del 26% de las superficies ocupadas en 1960, descienden al 22% en 1970 y al 17% en 1980). La poca extensión de los cultivos leñosos en el Campo de Dalías, además de su estancamiento (e incluso su disminución), indican que dichas parcelas "de uso múltiple" están apenas utilizadas en cultivos asociados, si no más bien para sacar dos cosechas al año; esta particularidad tiene su importancia a la hora de contemplar los consumos, ya que necesita mucho más agua una parcela sembrada, la mayor parte del año, con dos cultivos sucesivos, que otra parcela de hortalizas (regada unos cuantos meses) asociadas con frutales (de menor consumo y, además, parcialmente regados con las hortalizas); en consecuencia, esta observación justifica plenamente el considerar las superficies "regadas" más representativas que las "ocupadas", en cuanto a consumo se refiere.

b) Desarrollo cualitativo

Dicho desarrollo tiene dos facetas distintas, aunque parcialmente relacionadas entre sí: una mejor elección de los cultivos, y un mejoramiento de las técnicas de cultivo y de riego.

• Especialización de cultivos

Aunque no tan espectacular como la segunda faceta, esta primera no deja de ser muy clara: van desapareciendo cultivos "baratos" (cereales, leguminosas, forrajes, patatas), poco flexibles en cuanto a utilización del suelo (frutales, - agrios, vid), o marginales (plantas azucareras, alfalfa), mientras que van aumentando las superficies dedicadas a las hortalizas; se puede notar también la eclosión de la horticultura, aunque queda todavía muy marginal.

En apoyo de lo anteriormente dicho, se puede indicar las superficies de cada tipo de cultivo regadas en 1971 y en 1980, en la totalidad de los municipios de Dalías, Felix, Vúcar y Roquetas:

	<u>1971</u>	<u>1980</u>
<u>Cultivos en regreso</u> (ha.)		
Cereales	260	20
Leguminosas	200	0
Forrajes	250	60
Patatas	380	80
Alfalfa	200	50
Azucareras	120	0
Frutales	35	20
Agrios	160	130
Vid	1.880	1.050
	<hr/>	<hr/>
TOTALES	3.465	1.410

Cultivos en progreso

Hortalizas	10.275	12.995
Flores	6	41
	<hr/>	<hr/>
TOTALES	≈ 10.280	≈ 13.040

Se puede notar además que las hortalizas, que representaban unas 3.700 ha en 1961 (un 75% aproximadamente de la superficie "regada") y unas 10.300 ha en 1971 (también un 75% de la misma), ascendieron en 1970 a 13.000 ha (que equivalen a un 90% de dicha superficie).

Ello pone de manifiesto la búsqueda, por parte del agricultor, del cultivo de mayor valor añadido posible (de hecho, se suele admitir que, en términos generales, la inversión correspondiente a la puesta en regadío de una parcela cultivada en invernadero se amortiza en un par de años). También

ello pone en evidencia el carácter de casi monocultivo que tienen las hortalizas, con la correspondiente fragilidad del mismo en el aspecto económico.

• Mejoramiento tecnológico

Al darse cuenta el agricultor de que el cultivo más interesante para él, en teoría, era la hortaliza que se podía beneficiar de la benignidad del clima para llegar a los mercados algunas semanas antes de la competencia, y de que, por otra parte, el costo y la calidad del agua de riego podrían constituir un cierto problema, se volcó poco a poco hacia técnicas más sofisticadas.

Primeramente, se pasó del cultivo tradicional sobre suelo natural a la constitución de suelos artificiales, desarrollándose los enarenados. Ellos consisten en una capa de arcilla nivelada, sobre la cual se extiende una capa delgada (unos 2 cm) de estiércol y, a continuación, una capa más gruesa (unos 15 cm) de arena. La capa de arena tiene por objeto facilitar la infiltración del agua (de lluvia o de riego) y, al contrario, casi suprimir las pérdidas por evaporación del suelo (ya que el grosor de los poros integranulares es demasiado importante para que se produzca una circulación capilar hacia la atmósfera). La capa de estiércol, por su parte, actúa como una esponja, que absorbe el agua que le llega desde arriba, y la suelta poco a poco (según el tipo de cultivo, el sistema radicular se desarrolla en el mismo estiércol, en la capa de arena, o en el substrato). Este sistema de suelo artificial permite un sensible ahorro en las cantidades de agua y de abonos necesarias, a la vez que permite el uso de aguas algo más saladas que las recomendadas.

La fase siguiente o, a veces, simultánea, fue la utilización del invernadero. En él, se trata también de un suelo enarenado, pero, además, cubierto por plástico; este sistema, con las debidas precauciones de ventilación para evitar las plagas típicas de los microclimas húmedos, permite luchar contra la desecación de los cultivos por el sol y el viento, y, sobre todo, permite abrigar las plantas del frío (relativo) lo que redundo en una mayor armonía del crecimiento vegetal y, por lo tanto, en cosechas más tempranas.

En la actualidad, se está desarrollando fuertemente el cultivo por goteo (que parece representar ya un 25-30% del total). Consiste en regar las plantas mediante una red (a presión) de tubos de muy pequeño diámetro, previstos de desagües calibrados y dispuestos a distancias adecuadas. El agua inyectada (a la cual se suelen añadir los abonos y productos necesarios) mantiene constantemente húmedo un bulbo de suelo - que engloba el sistema radicular. Al evitar así la clásica alternancia humidificación-desecación, se consigue un desarrollo más armonioso y más rápido de la planta, y se puede utilizar aguas bastante saladas ya que las sales no se depositan en el suelo "util" (el bulbo ya mencionada), sino en su periferia.

2.2.2.- Ocupación humana

Dos rasgos principales pueden caracterizar el Campo de Dalias en este aspecto: el crecimiento demográfico espectacular de algunas poblaciones, en relación con la agricultura, y el creciente desarrollo urbanístico (todavía esencialmente ubicado en el sector de Aguadulce) en relación con el turismo.

a) Crecimiento demográfico en relación con la agricultura

Aunque la mayor parte de las poblaciones rurales del Campo de Dalías han conocido, en los últimos años, un cierto crecimiento, el ejemplo más espectacular lo constituye El Ejido. Este núcleo, atravesado por la carretera general y situado en plena zona de regadío, tenía una población de 2.600 habitantes hace veinte años, cuando despegó el desarrollo del Campo. Tiene ahora unos 15.000 habitantes, hasta el punto de que sus habitantes se niegan a seguir dependiendo, a efectos administrativos, del municipio de Dalías. Han pedido el cambio de capitania del término municipal (es decir, que la capital administrativa de dicho término se desplace de Dalías, en regresión demográfica, a El Ejido, cinco veces más poblado), o la segregación del antiguo término, suficientemente amplio como para dar lugar a dos municipios. Sin entrar en las razones invocadas por los habitantes de El Ejido para independizarse y las invocadas por los de Dalías para oponerse a la independización, la simple anécdota demuestra el crecimiento experimentado por El Ejido (y, en menor medida, por la población satélite de Santa María del Aguila), donde la agricultura ha sido directamente responsable de la creación de un fuerte sector terciario, aún cuando carezca casi por completo de entidad el sector secundario, y de un espectacular crecimiento urbanístico y demográfico.

En las otras poblaciones, numerosas pero pequeñas, ligadas al mundo rural, se nota también un cierto desarrollo urbanístico, síntoma de, a la vez, un sensible incremento del nivel de vida y de un cierto aumento demográfico, (inmigración a partir de otras zonas del Campo, regreso de emigrantes, etc)

b) Crecimiento urbanístico en relación con el turismo

En varias zonas del Campo, dispersas pero casi todas situadas en el litoral, aparecen pequeños núcleos de urbanizaciones, destinadas en su mayor parte a una clientela nacional, por no decir local. La suavidad del clima, la existencia de decenas de kilómetros de playas vírgenes, parecen suficientes para, a pesar de la fuerza de los vientos de levante y de la suciedad de las mencionadas playas, atraer a turistas locales que vienen a pasar aquí el verano o los fines de semana. Por el momento, el fenómeno queda bastante marginal.

No ocurre lo mismo con el área de Aguadulce donde se han unido la proximidad de Almería, la belleza de la caída de la Sierra de Gádor, la relativa protección de los vientos y algún otro factor más, para favorecer la creación de un complejo turístico de grandes dimensiones y de elevado nivel. La comparación de las fotos aéreas del año 1958, y del año 1978, muestra la casi desaparición de las huertas y descampados, en beneficio de las torres, hoteles de lujo y medio-lujo y demás establecimientos de parecida índole. Sin llegar a ser "el barrio del placer" de Almería, no cabe duda de que Aguadulce se ha convertido en un importante polo de atracción diurna y nocturna para los Almerienses, y en un predilecto lugar de veraneo (o de no veraneo) de una importante clientela nacional e internacional.

2.2.3.- Tendencias para el futuro

Las tendencias apuntan claramente hacia la continuación del desarrollo. Quedan todavía miles de hectáreas sin regar, quedan kilómetros de playas sin urbanizar, quedan miles y miles de personas (de la misma provincia, del resto de España e incluso del extranjero) que se sentirán atraídas por condi

ciones de vida menos adversas que las que sufren. No habría ninguna razón para que no se produci^{ese} este desarrollo, si existiera en cantidad suficiente este bien malvalorado y sin embargo imprescindible; el agua.

Dejando para el próximo capítulo el estudio somero de las aguas subterráneas y superficiales, en el presente y en el futuro, conviene dar aquí algunas pruebas de la tendencia a un mayor desarrollo.

a) Aspecto urbanístico

Aunque no disponga de tantos puntos a favor como el litoral malagueño, la costa almeriense conocerá seguramente un desarrollo turístico sensible, promovido a la vez por la especulación local o foránea, que sabe perfectamente que un litoral virgen, hoy en día, no tiene precio, y por el normal deseo de la administración local de tener parte en el reparto de la riqueza turística.

Para tal tipo de desarrollo, el problema del agua suele ser secundario, ya que los promotores, en general, programan sus urbanizaciones sin tener en cuenta, de forma realista, el aspecto del abastecimiento, que rápidamente se convierte en problema grave para la administración local y para los técnicos de la administración central competente.

b) Aspecto agrícola

Basta con recorrer el Campo de Dalías para darse cuenta de que prosigue el acondicionamiento de parcelas para regadío, y la perforación de nuevos sondeos. Además, se puede observar que, poco a poco, sondeos ejecutados hace algún tiempo

po y sin utilizar todavía se van equipando y usando; y que
dan todavía muchos sondeos, como se verá más adelante, pen
dientes de explotación.

Otra faceta del desarrollo agrícola radica en la crea
ción de empresas o comunidades de regantes, que intentan op
timizar la rentabilidad de las parcelas y de las instalacio
nes de riego existentes, e incluso crear nuevas zonas regadas
muy extendidas, con el apoyo del capitalismo foráneo.

2.3.- AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFICIALES, PRESENTE Y FUTURO

2.3.1.- Presente

— La existencia de aguas subterráneas bajo la casi tota
lidad de la superficie del Campo de Dalías ha constituido, ya
se ha dicho antes, uno de los puntos fundamentales que han
permitido el desarrollo de esta parte de la provincia de Alme
ría, ya de por sí muy desprovista de recursos hídricos.

Si bien fue la iniciativa privada la que inició la ex
plotación de los acuíferos, mediante pozos manuales en las zo
nas costeras donde el agua era menos profunda (sectores de
Agua dulce-Roquetas, de Balerma-Balanegra, ...), eran muy es
casos los sondeos de mediana profundidad en otras áreas del
Campo cuando, a comienzos de los años sesenta, el entonces -
Instituto Nacional de Colonización (ahora, Instituto Nacional
de Reforma y Desarrollo Agrario, I.R.Y.D.A) empezó sus perfo
raciones a gran escala.

Entre principios del año 1963 y finales del 1966, la
maquinaria del I.N.C. perforó unos 22.000 metros de sondeos ,
cifra que alcanza cerca de 25.000 metros si se contabilizan
los sondeos ejecutados posteriormente por el mismo organismo.
En total se ejecutó un centenar de sondeos, de profundidad

media del orden de unos 250 m, alcanzando algunos de ellos más de 450 m (la profundidad máxima alcanzada fue de 774 m, en uno de los sondeos ejecutados por el I.N.C. bajo la dirección del equipo técnico del IGME/ADARO, en el marco del P.I.A.S).

Se puede lamentar que el enorme esfuerzo inversor realizado entonces por el I.N.C. no se haya apoyado en criterios científicos; si bien es cierto que la hidrogeología nacional de entonces no tenía un nivel muy relevante y que, al fin y al cabo, la meta se ha conseguido gracias a una muy buena intuición, también es cierto que se podía haber conseguido con una inversión menor, y que los conocimientos que hubieran facilitado los sondeos (en los aspectos hidrogeológicos y litológico), serían ahora de una gran ayuda; basta con recordar, en efecto, que no se ha elaborado ninguna columna litológica fidedigna (es decir, con criterios de geólogo, y no de sondista), y que no se han conservado las muestras de perforación (excepción hecha, evidentemente, para los cuatro sondeos del P.I.A.S.). Es obvio que, para los responsables de la época, se trataba de sacar agua de donde estuviese, dando por supuesto, además, que existía en cantidad casi ilimitada.

De cualquier modo, la actuación del I.N.C. en el Campo de Dalías fue muy positiva para el desarrollo del mismo, tanto directamente por su labor propia (y no solamente la de extraer aguas subterráneas), como indirectamente estimulando a la iniciativa privada. La otra cara de la moneda la constituye el hecho de que este gran esfuerzo estatal y privado, - agravado por una ley de agua obsoleta, provoca unas extracciones sensiblemente superiores a la alimentación de los mantos (lo que se traduce, en general, por una continua bajada de la superficie piezométrica).

— Al margen de las conducciones de diversa índole que llevan el agua bombeada desde los sondeos a las balsas de acumulación y, desde éstas, a las parcelas regadas, se destacan un cierto número de canales a cielo abierto (salvo excepción): - los construidos por el I.R.Y.D.A. hacen comunicar entre sí varias áreas del Campo; los de San Fernando y de Fuente Nueva - permiten importar aguas ajenas (del Adra, el primero; de Sierra de Gádor, el segundo). Si bien, por motivos de limitación de tiempo y de presupuesto, no ha sido posible inventariar y describir las conducciones antes aludidas, debido al gran número y complejidad de las mismas, sí se describen a continuación las principales características de los canales (véase - plano de situación en fig. I.2.).

● Canales del I.R.Y.D.A.

Sin contar los canalillos y acequias, hay cuatro canales principales, que dominan su respectivo sector de regadío.

- El Canal del Sector I es el más bajo de todos. Parte, a la cota 35 m aproximadamente, de las proximidades de Aguadulce y se dirige hacia el WSW durante unos 8 km, después de lo cual gira bruscamente hacia el ESE para acabarse - en las proximidades del Puerto de Roquetas.

Conduce las aguas de seis sondeos, cuyo caudal total, anteriormente de unos 385 l/s, no pasa ahora de 220 l/s.

La superficie regada, en principio, por este canal, es de 1.760 ha.

- El Canal del Sector II tiene una cota de partida mayor (sobre 51 m) que la del anterior y parte también de las inmediaciones de Aguadulce. Se dirige hacia el WSW y, siguien

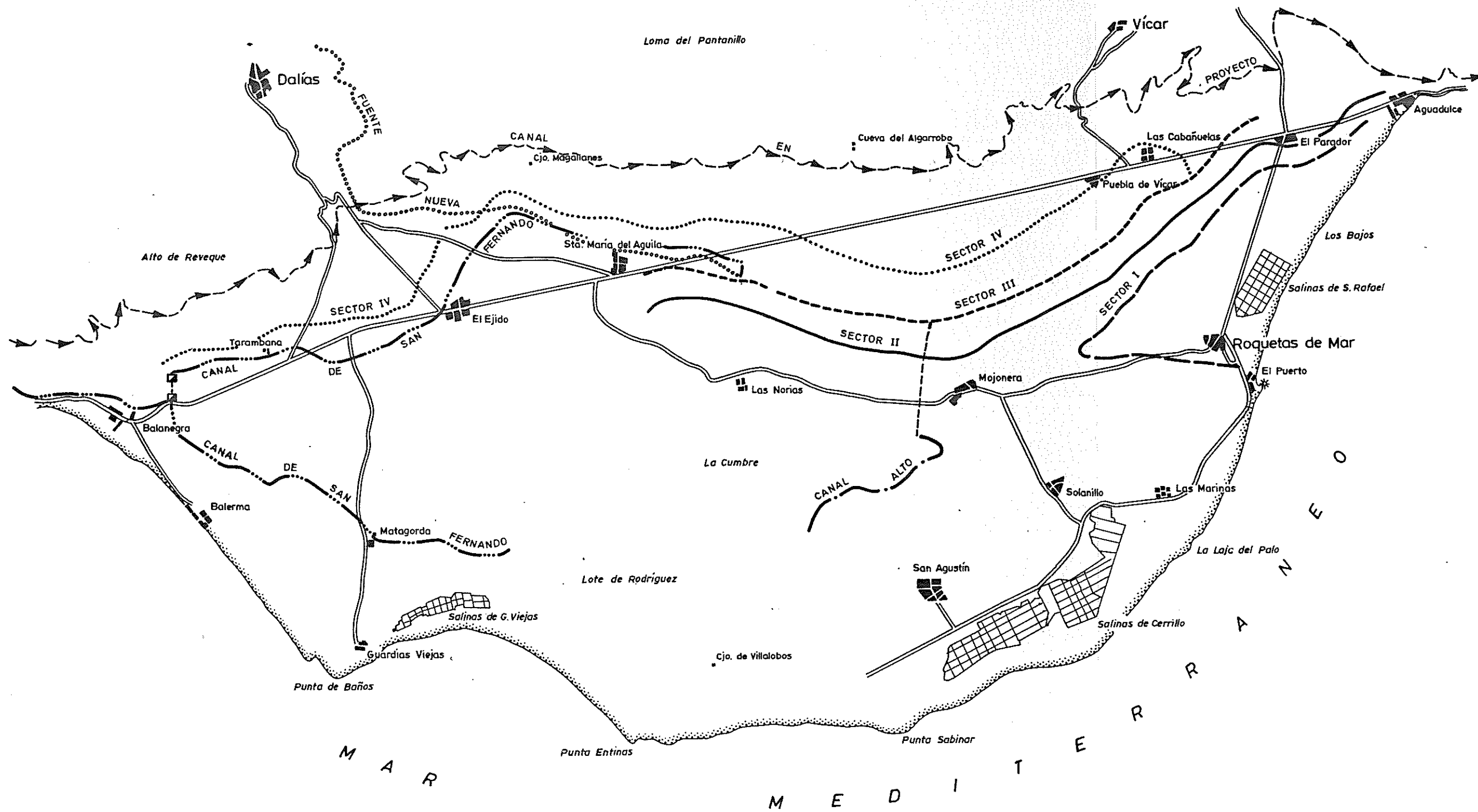


Fig. I-2. Mapa de situación de los canales



do la curvatura del relieve, gira paulatinamente hacia el WNW hasta terminarse entre las poblaciones de Santa María del Aguila y de Las Norias. Al principio llevaba unos 260 l/s suministrados por siete sondeos. En la actualidad, dos de los siete sondeos no están en uso, mientras que cinco nuevos sondeos están en servicio; los diez sondeos pueden suministrar hasta un total de unos 1120 l/s.

El Sector II dominado por el canal tiene una superficie regada de 2175 ha.

- El Canal del Sector III es más alto todavía que el anterior (cota de partida 70 m) y nace en El Parador (rambla de Las Hortichuelas); sigue un curso paralelo al Canal II y se termina en las proximidades de Santa María. Poco después de entrar el canal en el término municipal de Felix, sale de él un sifón hasta la población de La Mojonera, donde nace el llamado "Canal Alto" que tiene un recorrido de unos pocos kilómetros en dirección ESE.

Los sondeos que vierten sus agua en él (veinte anteriormente) tenían un caudal global de unos 950 l/s. Los quince que se usan generalmente en la actualidad totalizan un caudal de unos 700 l/s.

La superficie dominada por el Canal III es del orden de unas 3000 ha.

- El Canal del Sector IV es el más alto de todos (119 m aproximadamente). Parte del Alto de Reveque (NE de Balanegra) y, siguiendo un trazado más o menos paralelo al borde de la sierra, pasa por El Tomillar y continúa hacia el Este hasta las proximidades de Las Cabañuelas, donde vierte sus eventuales excedentes en el Canal del Sector III. En la práctica, sólo está en uso el tramo que sale de El Tomillar hacia el Es

te, ya que faltan unos 300 m (por dificultades de expropiación) para unir dicho tramo con el que sale del Alto de Reveque.

Los siete sondeos que lo alimentan totalizan un caudal de 550 l/s.

La superficie dominada es de unas 3200 ha.

◆ El Canal de San Fernando

La Comunidad de Regantes "San Fernando" consta a la fecha de 334 socios que se reparten, por tandas, unos 90 l/s procedentes del acuífero aluvial del río Adra (galería más dos pozos que se utilizan cuando disminuye el caudal natural de la galería) traídos hasta el Campo de Dalías mediante un canal (a veces enterrado en túnel) de sección trapezoidal (0,70 y 1 m de bases y 0,40 m de altura). Por la poca pendiente del trazado (del orden de 0,7 por mil), las secciones en túnel de, a veces, menor sección, y algún desperfecto en la construcción, el canal no puede llevar el caudal que permitiría teóricamente su sección (unos 300 l/s con una velocidad del agua de 1 m/s), sino un máximo próximo a los 120 l/s.

Se pueden distinguir tres tramos que forman una Y, aunque, por el sistema de tandas, cada tramo lleva teóricamente el mismo caudal (véase fig. I.2):

- un primer tramo, llamado "Venta Nueva", llega hasta la Cuesta de los Alacranes (es decir a 1 km aproximadamente más allá de Balanegra) después de un recorrido de cerca de 15 km. Tiene 152 socios.

- un segundo tramo, llamado "Cauce bajo", continúa des-

de el punto anterior hasta el Norte de Almerimar. Tiene 138 socios.

- un tercer tramo, llamado "Cauce alto", se desarrolla entre la Cuesta de los Alacranes ya mencionada y el Norte de Las Norias mediante una elevación de unos 40 metros por bombeo.

El canal lleva agua día y noche, evidentemente, y todos los días del año salvo un periodo de 3 a 4 semanas utilizadas para limpieza y reparaciones.

Por el canon satisfecho en el año 1981 (700 pesetas/hora para "Venta Nueva" y "Cauce bajo", y 950 pesetas/hora para el "Cauce alto" debido a los costes de elevación), el precio del agua viene a salir a unas 2,2 P/m^3 para los tramos de gravedad y a unas 3 P/m^3 para el tramo de elevación, suponiendo el caudal igual a 90 l/s.

A título de muestreo, se ha estudiado la repartición del agua durante el mes de abril 1981, cuyos datos han sido facilitados amablemente por la Comunidad: de las 720 horas de que consta dicho mes (día y noche) están atribuidas 718, es decir, en la práctica, la totalidad. En abril, se han gastado 605 h 48 minutos, es decir un 84% aproximadamente (o algo más de 20 horas diarias en término medio).

Si este porcentaje de utilización se mantuviera constante a lo largo de los once meses al año, aproximadamente, de utilización del canal para fines agrícolas, podría llevar al Campo de Dalías del orden de 400.000 m^3 al año que podrían usarse, en su caso, para recarga artificial de la franja costera.

• La acequia de Fuente Nueva

A pesar de su nombre, la acequia de Fuente Nueva funciona desde el año 1860 aproximadamente. La Fuente Nueva surge en la vertiente sur de la Sierra de Gádor, a menos de 2 km al NE de la población de Dalías, y sus aguas se reparten en dos ramales: uno riega unas 50 ha de la vega de Dalías (la cual se riega también por la fuente próxima de Celín), mientras que el otro riega unas 200 ha en el Campo de Dalías (véase fig. I.2).

La acequia entra en el Campo en las proximidades de El Pampanico (NW de El Ejido) y se termina, en la práctica, a pocos kilómetros al Este de Santa María (aunque tenía antaño un recorrido más largo).

Regido por el sistema de tandas, el caudal llega íntegro a cada uno de los 500 socios aproximadamente que cuenta la comunidad. Dicho caudal, relativamente constante de un año al otro y a lo largo del año, es del orden de 65-70 l/s, apreciándose un ligero máximo (70-75 l/s) primaveral y estival y un ligero mínimo (60-65 l/s) en otoño e invierno.

2.3.2.- Futuro

Está claro que los recursos renovables de los distintos mantos acuíferos del Campo, que se estudiarán más en adelante, ya no son capaces (y desde hace tiempo) de permitir las extracciones necesarias para el regadío y el abastecimiento humano; las reservas almacenadas son teóricamente importantes (debido al gran espesor de las dolomias) pero, en la práctica, la explotación de las mismas no se podrá proseguir mucho tiempo, por estar ya por debajo del nivel del mar gran parte de la superficie piezométrica, como se verá más adelante.

En otras palabras, se puede considerar como acabada la exclusiva de las aguas subterráneas locales para el desarrollo de esta zona. Cualquier incremento de la demanda, e incluso el simple mantenimiento de la demanda actual, debe echar mano de aguas ajenas. Es cierto que, desde hace ya tiempo, el Campo de Dalías recibe aguas captadas fuera de sus límites; - pero los 4 ó 5 hm³/año traídos, desde el Adra, por el Canal de San Fernando y, desde la Sierra de Gádor, por la Acequia de Fuente Nueva, no tienen sino una importancia puramente testimonial, al menos en lo que a balance del conjunto del Campo se refiere.

Ha llegado ya la hora de una participación más importante de otras cuencas a las cada vez mayores demandas del Campo, por lo menos si se pretende que continúe su desarrollo.

Los únicos recursos disponibles a no gran distancia - son los excedentes de la cuenca del Adra y, para empezar, los caudales superficiales que regulará en breve (finales del año 1982) el embalse de Benínar sobre el mismo río Adra. Se prevé que dicho embalse regule 32 hm³/año, de los que Almería ciudad llevará 12 en la actualidad, y 20 en el año 2000. La mayor parte del consumo actual de 12 hm³/año que necesita Alme

ría se saca ahora de los mantos subterráneos del Campo, por lo que la entrada en servicio de Benínar permitirá aliviar la situación de dichos mantos. Sin embargo, no parece probable (como se verá más adelante) que la totalidad (ni la mayor parte) de los 20 hm³/año restantes en un futuro próximo se pueda dedicar a la creación de riegos nuevos, tal como era la intención de los promotores de las obras, sino más bien para mantener el estado actual, o poco más, bien sea por uso directo de las aguas reguladas, o bien mediante recarga artificial.

Por otra parte, no es del todo evidente que no se produzca, antes de la puesta en marcha real de las instalaciones de Benínar, una intrusión marina en el sector NW del Campo - (zona de Balanegra), así como en un punto determinado del sector NE (zona de Aguadulce). Se ha advertido de este riesgo hace ya algunos años, y, de forma más apremiante, en la primavera pasada.

Por último, y al margen de las aguas de Benínar, podría caber la posibilidad de captar una parte de la fuente de Marbella (cuenca media-baja del Adra) e incluso incrementar - la explotación subterránea en el delta del Adra, con el fin de aportar un complemento de recursos al Campo de Dalías. No obstante, conviene señalar que esta nueva explotación se debe vigilar cuidadosamente en cuanto a sus repercusiones piezométricas, ya que la regulación del Adra por el embalse de Benínar restará alimentación al manto del delta.

A más largo plazo, ha sido estudiado un posible trasvase, al embalse de Benínar, de aguas superficiales excedentarias procedentes de la cuenca alta del río Guadalfeo (provincia de Granada), que aportaría unos 40 hm³/a regulados suplementarios. Aunque no parece evidente que se consigan tantos

recursos nuevos, esta solución podría ser la definitiva para el completo desarrollo del Campo de Dalfas.

3.- HIDROGEOLOGIA GENERAL

3.1.- GEOLOGIA

3.1.1.- Historia geológica regional

Bajo la denominación de "Campo de Dalías" se agrupa a un conjunto de depósitos neógenos y cuaternarios cuyo límite norte lo constituye el macizo carbonatado de Sierra de Gádor, que en un amplio semicírculo se extiende desde los escarpes - de Aguadulce (al Este) hasta las proximidades de Balanegra (al Oeste).

La Sierra de Gádor pertenece a la zona interna de las cordilleras béticas, conocida usualmente como "zona bética" - (Fallot 1930) y dentro de ella a la unidad de orden superior. Sus materiales aflorantes pertenecen todos ellos al Complejo Alpujárride, formando parte de una gran alineación O-E, que desde Málaga llega hasta Almería, al Sur de Sierra Nevada.

Los acontecimientos o etapas geológicas acontecidas a escala regional y a partir de los materiales alpujárrides de edad Pérmica o Trias inferior hasta los depósitos cuaternarios, vienen representados en esquema por los siguientes episodios.

Las series eminentemente detríticas (arcillosas-limosas, arenosas, etc.), muy probablemente fueron depositadas bajo condiciones continentales y/o marinas muy someras. Depósitos locales de yeso e intercalaciones carbonatadas en las partes más altas de las secuencias antes mencionadas sugieren de

positos bajo condiciones marinas someras e hipersalinas.

Todo este conjunto sufriría la acción posterior de un metamorfismo de débil grado, transformándose en una serie de filitas y cuarcitas epizonales, atribuidas al permo-werfeniense.

A continuación y aparentemente sin discordancias notables se desarrolla en la cuenca triásica el depósito de las facies carbonatadas. Esta formación resulta con frecuencia - muy potente y desarrolla en ambientes marinos muy someras facies dolomíticas muy importantes, alternantes con fases calizas de diversas características.

El relieve de esta cuenca podría ser bastante irregular con emersiones locales y existencia de pequeñas cuencas - cerradas y restringidas, favorables para el depósito de yesos.

Estas condiciones, además, estuvieron complicadas por una notable inestabilidad tectónica con movimientos que localmente pueden ser importantes. Igualmente y en esta misma época (Trias medio-superior) tiene lugar una cierta actividad - volcánica de tipo básico.

Continúan desarrollándose en el tiempo diferentes etapas tectónicas, desde movimientos internos en el seno de la cuenca, hasta la individualización de mantos y su movimiento, posiblemente hacia el Norte, en su emplazamiento definitivo. La edad de estos movimientos es todavía muy discutida, atribuyéndose a una época cretácea la fase de individualización y - corrimiento de unidades, las cuales al comenzar el Mioceno es taban practicamente emplazadas en el lugar que hoy ocupan.

En cuanto al depósito de materiales jurásicos, cretá-

ceos y paleógenos, no se conoce de su existencia en estas series; posiblemente no se depositaron.

Posteriormente tiene lugar un plegamiento de gran radio de dirección aproximada E-O y un proceso de fracturación con fallas E-O o bien N 70°-80° E, que dan lugar a la formación de cubetas sinclinales o fosas tectónicas. Como esta etapa no se desarrolló de una manera simultánea en todas las béticas, los materiales que las rellenan no pertenecen a idénticas épocas. Así contienen sedimentos cuyas edades van desde el Oligoceno al Mioceno Superior.

En zonas más altas que constituían altos fondos (como Sierra de Gádor) se depositaron conglomerados, calcarenitas, etc., en un ambiente marino de alta energía, diferenciándose por un lado las facies litorales o de borde de Sierra, representadas por las facies calcareníticas (s1), denominadas localmente como formación Vicar y las facies de plataforma en las que alternan margas arenosas, calcarenitas y yesos.

Al final del Mioceno Superior vuelven a activarse estas fracturas (E-O y N 70-80° E), originando por un lado las manifestaciones volcánicas de tipo dacítico-andesítico, como las que aparecen al Sur de la localidad de Vicar, y por otro a la fracturación y escalonamiento del conjunto de sedimentos Trias-Tortonense, encontrándose actualmente afloramientos a 1.400 m de altura en Sierra de Gádor y a 700 m de profundidad en el Campo de Dalías. Los saltos de falla son superiores a 100 m, traduciéndose en el desarrollo de fenómenos erosivos y en discordancias entre los sedimentos miocenos y pliocenos.

A estos sistemas de fallas se debe la formación de un pequeño "graben" en la zona central del Campo, y a un pequeño "horst" entre Guardias Viejas (donde aflora el sustrato de dolomita).

mias triásicas) y Roquetas, condicionando la diferencia litológica de sedimentos a uno y otro lado del "horst".

Las manifestaciones volcánicas arriba mencionadas estan ligadas dentro del contexto en la importante actividad volcánica y subvolcánica relacionadas con la tectónica de fractura reciente (etapa postorogénica del ciclo alpídico), que constituyen extensos afloramientos entre Almería y el Mar Menor (Murcia).

Después de esta fase distensiva de gran salto, se produjo la transgresión y regresión pliocena, instalándose la costa del mar plioceno en las cercanías de lo que hoy es la ladera meridional de la Sierra. Estos materiales pliocenos, que fosilizan las fallas antes mencionadas están formados por conglomerados en la base, sobre ellos una reducida o potente (según zonas) formación margosa, más o menos limo-arenosa dependiendo de su proximidad a la zona de borde.

Como fruto de la regresión van apareciendo encima de estas margas, unas margas arenosas y arenas semi-profundas, culminando la serie con facies calcareníticas, y que son las que constituyen actualmente la gran superficie del Campo de Dalías.

Por último acontecen los episodios cuaternarios, siendo muy numerosos y variados tanto de origen continental como de origen marino. Sus particulares características de depósito condicionaron en su mayor parte la morfología actual de la zona.

Todos estos episodios, así como los sedimentos pliocenos, están afectados por fallas normales recientes. Algunas de estas fallas afectan a los grandes conos de deyección que se instalan al pie de la Sierra de Gádor.

3.1.2.- Descripción litológica

a) Al Complejo Alpujárride pertenecen los materiales que constituyen el basamento de la cuenca terciaria y cuaternaria. - Constituyen series muy monótonas de filitas y cuarcitas en la base y calizas y dolomias en su techo.

El área de estudio está caracterizada por la superposición de dos mantos de corrimiento: en la base, el Manto de Gádor (también llamado de Lújar) y encima el Manto de Felix (o de Murtas).

Las características estratigráficas de cada uno de los tramos se relacionan a continuación:

• Filitas y Cuarcitas (Unidad de Gádor)

Se trata de una formación muy homogénea, en la que alternan filitas muy poco recristalizadas con bancos de cuarcitas algo micáceas. Estos bancos son de escaso espesor. Predominan las coloraciones púrpuras, azuladas y verdes. Hacia su techo aparecen esquistos arcillosos, filitas moradas en alternancia con cuarcitas y calizas fusiformes. Representan la transición de la facies pelítica a la facies carbonatada.

El contacto de esta formación con la calizo-dolomítica es gradual, aunque en muchos casos está tectonizado y mecanizado, y su potencia es variable, aunque normalmente presenta espesores superiores a 100 metros. Se le atribuye una edad Permo-werfeniense.

• Calizas y dolomias (Unidad de Gádor)

Representan el gran afloramiento carbonatado de la Sierra de Gádor. La serie calizo-dolomítico del Manto de Gádor -

se compone de varias formaciones calcáreas y dolomíticas que alcanzan en conjunto una potencia de unos 400 metros.

Hacia la base estan representados una secuencia de calcoesquistos amarillentos con sericita, y margo-calizas. Es frecuente la aparición de delgados niveles de materiales filíticos incluidos en los términos más inferiores, denotando con ello la ausencia de cualquier tipo de discordancia.

Hacia arriba y formando un grueso paquete, aparecen - unas dolomias intermedias, en donde se observan la facies - "Franciscana" y frecuentes zonas brechificadas.

Continúan formaciones carbonatadas de calizas y margo-calizas de tonos claros con frecuentes fenómenos de "slumping", con intercalaciones de bancos dolomíticos.

Coronan la serie, calcoesquistos y calizas gris claras y bancos irregulares de dolomias detríticas de color marrón.

Se le atribuye una edad de Trias Medio Superior

• Filitas y cuarcitas (Manto de Felix)

El aspecto en el paisaje es de un color netamente azulado, dando tonalidades rojizas en laderas meteorizadas.

Hacia la parte superior aparecen niveles de filitas - de colores rojizos, violáceos y niveles de cuarcitas de tonalidades rojizas, moradas y verduzcas.

Esporádicamente aparecen calcoesquistos bien recristalizados amarillos, con predominio en la parte alta.

El yeso primario aparece en algunos puntos en forma de lentejones.

Esta formación ha sido atribuida al Permo-werfeniense.

• Calizas, dolomias y calcoesquistos (Manto de Felix)

La serie calizo-dolomítica, tiene muy poca potencia en esta zona de estudio. Son unos 60 a 100 m de dolomias y calizas bastante recristalizadas y en la mayoría de los casos profundamente trituradas. Su color varía entre gris y pardo-colorado.

El contacto con las filitas suele ser mecánico y fuertemente tectonizado, marcándose la diferente competencia de ambos conjuntos.

b) Materiales neógenos y cuaternarios

Estos materiales están discordantes sobre los elementos anteriormente descritos (filitas, dolomías y calizas alpujárrides) y representan los depósitos que ocuparon las depresiones después de la etapa distensiva (y aún durante ella).

La gran variedad de facies, su distribución así como la confluencia de algunas muy semejantes dentro de formaciones de distinta edad, ofrecen una complejidad tanto cartográfica como interpretativa.

• Mioceno Superior

En los bordes de la Sierra de Gádor existen facies de plataforma durante el Tortoniense; su descripción más de-

tallada y todas las pertenecientes al Mioceno Superior se reflejan a continuación.

- Formación calcarenítica "litoral"

Se trata de las calcarenitas que se observan discordantes sobre las dolomías alpujárrides. A veces se apoyan directamente sobre un conglomerado de rocas volcánicas.

Están representadas por calizas bioclásticas, calizas de tonos rosados, calizas dolomíticas y calcarenitas fosilíferas. Se les ha reconocido una potencia máxima de 100 metros; comprenden una edad Tortoniense-Andaluciense y se les denomina localmente como formación Vicar.

- Margas arenosas con yesos

Representan una facies de plataforma, como cambios laterales de la facies descrita más arriba. Su potencia es variable, desde pocos metros hasta unos 150 m o más.

Además de las margas arenosas, contienen intercalaciones de capas de yesos, calcarenitas conglomeráticas, areniscas y conglomerados. En general son sedimentos bastante inmaduros, mal calibrados y mal redondeados, formados en una zona con aportes laterales intracuenca y aportes terrígenos. En conjunto comprenden una edad Tortoniense Superior-Andaluciense para esta formación.

• Plioceno

La transgresión pliocena es claramente discordante sobre los materiales del Mioceno Superior. Se produce una invasión rápida del mar plioceno cuya costa se debió situar muy

cerca de lo que hoy es la base de los escarpes montañosos de Sierra de Gádor y que está cubierta por la zona de deyección y derrubios cuaternarios.

- Conglomerado basal. Según algunos sondeos parece depositarse un conglomerado poco potente que debió adquirir mayor desarrollo en la costa más estable, cerca de las dolomias.

- Margas arenosas. Encima del conglomerado se deposita, según la zona, una reducida o potente (hasta más de 700 m) formación margosa, correspondiente a un mar relativamente profundo.

En general son facies de tonos grises, donde el carácter arenoso se hace más patente hacia los bordes de la cuenca, quedando reducido a una delgada capa hacia el centro de la cuenca, pasando en profundidad a facies mucho más margosas.

- Calcarenitas conglomeráticas. Como fruto de la regresión van apareciendo encima de estas margas arenosas grises una serie calcarenítica de tonos amarillentos, arenas, calizas arenosas y conglomerados con una rica macrofauna de Pectínidos y Ostreas. Su potencia media puede oscilar alrededor de los 50 metros.

• Cuaternario

Los depósitos cuaternarios son muy numerosos, tanto los de origen continental como los de origen marino.

- Se ha reconocido por varios autores la existencia de cuatro episodios marinos, presentando una gran semejanza, formados por series conglomeráticas y series arenosas o margoarenosas, con potencias que oscilan desde algunos metros hasta 40-50 metros.

- Los depósitos continentales, posteriores al último episodio marino están representados por limos rojos muy finos, arcillosos y se localizan suavizando los escarpes.

Citemos además la presencia de conos de deyección, dunas, lagunas, derrubios de ladera, etc.

• Volcanismo

En el borde meridional de la Sierra de Gádor, al Sur del pueblo de Vicar, (Lomas de la Escarada y de Los Lobos) - aparece un conglomerado constituido exclusivamente por cantos volcánicos, aglomerados en una toba calcárea-biogénica, constituyendo la base del Mioceno Superior.

Aunque esta formación podría considerarse sedimentaria, ya que en la matriz posee a veces macrofauna, existen puntos en que aparece como tal roca volcánica, hecho confirmado por la presencia de testigos de roca volcánica, cortados por diversos sondeos realizados en la zona.

Los cantos volcánicos son andesitas ortopiroxénicas - con textura porfídica y matriz hipocristalina. Está constituida por fenocristales abundantes de plagioclasa maclada, y parcialmente alterada. Además presenta algo de apatito y minerales de hierro. La toba que engloba estos cantos tiene textura piroclástica. Todo ello cementado por abundante calcita y numerosos restos fósiles.

Se le atribuye una edad Tortoniense (Mioceno-Superior) apoyado en la datación de la serie terciaria que sobre él se apoya.

De la información obtenida de los datos de sondeos, la

rambla de Cañuela que posiblemente sigue una línea de fractura NW-SE, constituye el límite occidental de expansión de la roca volcánica.

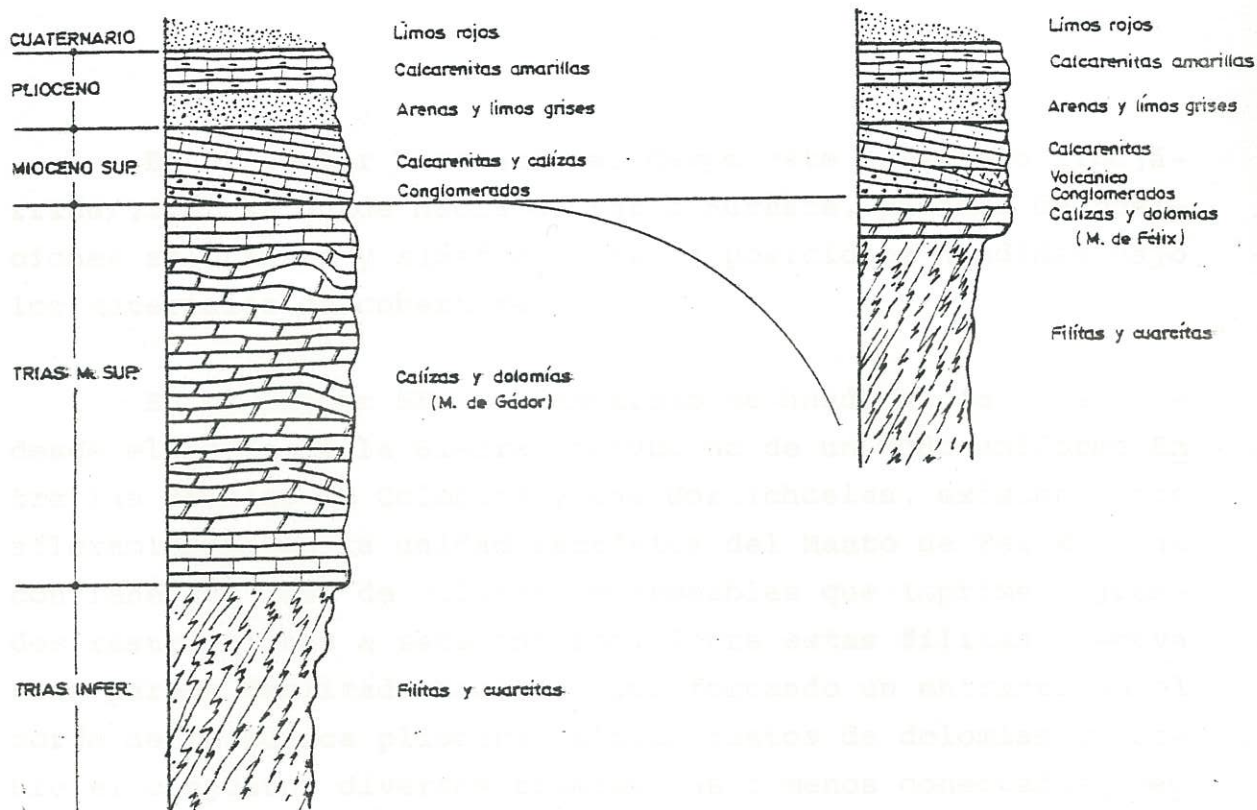
3.1.3.- Estructura morfológica actual

Esquemáticamente la infraestructura geológica del Campo y su entorno próximo, se puede plasmar en dos conjuntos esenciales: un substrato alpujárride/mioceno superior incluyendo una fase de volcanismo tortoniense, y una cobertera plioceno/cuaternaria. Ambos conjuntos vienen afectados, aunque en grados muy distintos, por varias familias de fallas de distintos saltos y orientación.

a) El primer conjunto conforma una estructura de notable relieve, bien patente en los escarpes descendentes de la sierra que enmarcan la zona por el norte, y que continuando - bajo la misma el hundimiento hacia el sur, puede llegar a alcanzar órdenes de profundidad próximos a los mil metros bajo las zonas centrales del Campo.

Junto con el plegamiento de fondo (de dirección N 80-90° E), al final del Mioceno Superior se produce el rejuvenecimiento con fallas normales de gran salto, según direcciones sensiblemente paralelas a las laderas y escarpes marinos actuales de las formaciones alpujárrides N 70 E ó N 90° E. Estas fallas de zócalo, aunque están fosilizadas por depósitos más recientes, se han podido detectar por métodos geofísicos y mecánicos (son las representadas en los mapas por F1, F2 y F3), originando entre otros el pequeño "graben" de dirección aproximada N 70° E con eje a la altura de Balerna y más al sur la elevación del substrato que llega a aflorar en el Castillo de Guardias Viejas. Se les supone como mínimo unas longitudes del orden de la decena de kilómetros.

ZONA DE BORDE



ZONA DE CUENCA

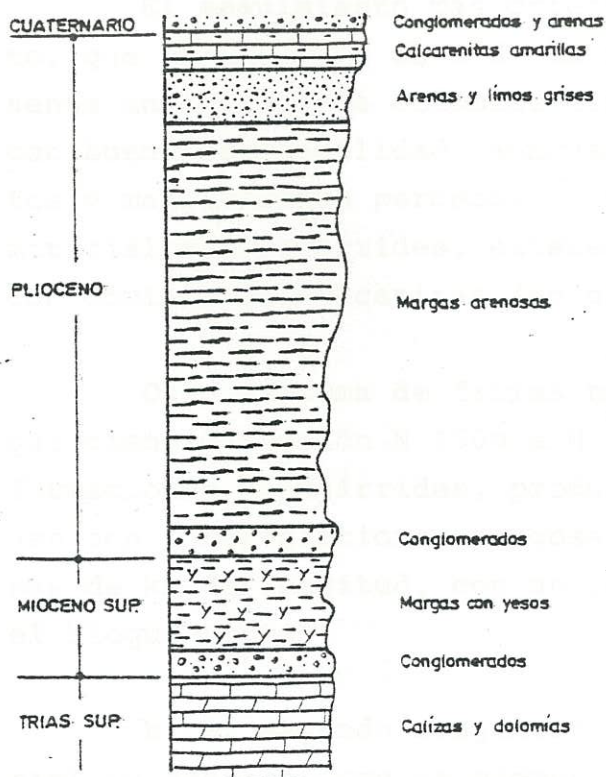


Fig. 1-3. Columnas estratigráficas idealizadas del Campo de Dalías

En el sector Noroeste del Campo este substrato alpujárride/vicar se hunde hacia el Sur o Sureste, pasando de posiciones aflorantes y subaflorantes, a posiciones hundidas bajo los materiales de cobertera.

En el sector NE, el substrato se hunde hacia el sur - desde el borde de la Sierra, aunque no de un modo uniforme. Entre las ramblas de Colomina y Las Hortichuelas, existen unos afloramientos de la unidad tectónica del Manto de Felix, que contiene una masa de filitas impermeables que imprimen grandes restricciones a este entorno. Sobre estas filitas -cuya masa parece deslizada hacia el sur formando un entrante en el borde de la cuenca pliocena, flotan restos de dolomias y sobre el conjunto, diversos tramos, más o menos conectados y permeables, del mioceno superior transgresivo, que convencionalmente se engloban en la denominación común "formación Vicar".

El seguimiento más oriental del borde norte del substrato, que se extiende al E de la rambla de Las Hortichuelas presenta un dominio de dolomias alpujárrides del Manto de Gádor, con buena permeabilidad, aunque existen zonas de calcoesquistos y margas menos permeables. En este substrato además de los materiales alpujárrides, existe un "Vicar" (en sentido amplio) con dominio de volcanitas (en general muy poco permeables).

Otro sistema de fallas notablemente importante, es el que tiene dirección N 150° a N 160° E, afecta también a las formaciones alpujárrides, produciendo zonas de brechificaciones con intercalaciones margosas. Sus corridas alcanzan decenas de km de longitud, con un régimen antitético, ya que hunden el bloque norte.

b) El segundo conjunto (cobertera plioceno/cuaternal) se destaca como un elemento nivelador del relieve anterior constituyendo un relleno que colmata la parte hundida -

de aquél, bajo el Campo y el mar, creando la morfología sen
siblemente plana que encontramos en la zona.

Aproximadamente tiene forma de un sector circular abierto
hacia el Sur, con centro en Los Llanos del Aguila, y abertu
ra desde Balanegra hasta el Sur de Roquetas de Mar. El arco ?
que lo cierra por el Sur, pasa aproximadamente por Balerma, Al?
cores de Guardias Viejas y Las Marinas.

En el área del sector central del Campo, las "calcareni
tas pliocenas" constituyen una especie de corteza porosa, la
cual presenta un cuarteamiento notable y una ligera pendiente
general hacia el Norte, por efecto de la tectonica reciente.

La base de estas calcarenitas constituida por las fa?
cias margosas del Plioceno, presenta cotas positivas en todo
o gran parte del arco límite meridional del área,

El Plioceno y el Cuaternario antiguo pueden verse afec?
tados por una reactivación de las fallas de zócalo anterior?
mente descritas.

Después de la deposición del Cuaternario Antiguo (Pleis?
toceno) se produjo otra fase de fracturación con falla de di?
rección desde casi N-S a N 20 E. Estas fracturas que se obser?
van bien entre la Venta de Tarambana y Balerma, llegan a te?
ner saltos de 25 a 30 m. También se observan en las zonas de
Villareal y entre El Ejido y Almerimar.

Finalmente existen otras fallas más recientes que afec?
tan practicamente a todos los glacis y terrazas. Estas fractu?
ras son muy abundantes. Su salto es pequeño y en general no
sobrepasa los 4 ó 5 m. Normalmente tienen dirección N 140 E
pero pueden inflexionarse hasta N 170 E. Son, junto a las N150
-160E, las que dieron lugar al hundimiento escalonado desde -

los llanos del Campo de Dalías hasta el delta del río Adra y configuran definitivamente la forma de la costa.

Sobre los últimos episodios marinos, yacen los materiales cuaternarios continentales: limos rojos y arcillas, glaciales, conos de deyección, dunas y depósitos aluviales.

3.2.- DELIMITACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS

La estructura geológica expuesta en los apartados anteriores es responsable de la existencia de varios conjuntos - acuíferos, relativamente independientes el uno del otro, como lo pone de manifiesto la piezometría que se estudiará por otra parte. Se puede decir que esta fragmentación de acuíferos tiene dos causas esenciales:

- la tectónica de zócalo, con sus reactivaciones sucesivas
- la deposición de las margas grises mio-pliocenas.

La primera no es solamente responsable de la posición geométrica de las distintas facies acuíferas y del hundimiento o levantamiento de diferentes bloques de éstas, sino también de la puesta en contacto lateral de terrenos permeables e impermeables y, a veces, de la creación de zonas milonitizadas dentro de los terrenos permeables, habiendo dado lugar ambos fenómenos a la creación de límites impermeables.

La segunda, por formar generalmente un potente impermeable, es responsable de la existencia de un acuífero superior suprayacente a dichas margas cuando existen.

Desde los estudios realizados por el I.G.M.E. en el mar

co del P.I.A.S. (Plan Nacional de Investigación de las Aguas Subterráneas) en la primera mitad de los años setenta, es tradicional distinguir en el Campo de Dalías los sistemas siguientes (véase fig. I.4)

- el Sector NW
- el Sector Central
- el Sector NE

3.2.1.- El Sector NW

El sistema del Sector NW está constituido fundamentalmente por las dolomias de la Unidad de Gádor y por las calcarenitas miocenas conocidas por "formación Vicar", y se desarrolla en la zona NW del Campo de Dalías y la parte de la Sierra de Gádor que linda con ella. Sin embargo, debido a las ya aludidas fallas de zócalo, este conjunto acuífero se hunde, pero se prolonga, a mayor o menor profundidad, debajo del Campo de Dalías o de parte del mismo.

Los límites del Sector NW son los siguientes:

- al SW, el mar, entre las proximidades de las Albuferas del Adra y Balerma
- al Oeste, una divisoria presumiblemente superpuesta a la divisoria hidrográfica de la estribación meridional de la Sierra de Gádor, entre la parte que vierte hacia el Campo de Dalías y la que vierte hacia los llanos de Berja y el río Chico (afluente del Adra)
- al Norte, los afloramientos de filitas que forman el substrato de la gran escama dolomítica que corresponde aproximadamente con el sector NW
- al NE, una gran falla de dirección N 60° W que, probablemente gracias a una zona milonitizada (encontra

da realmente en sondeos situados al ENE de Santa María del Aguila), actúa de pantalla de cara al resto de la Sierra de Gádor

- al SE, no se conoce el límite del sistema, ya que éste se encuentra hundido a gran profundidad; podría ser la prolongación de la gran falla a la que se acaba de aludir, que llega al mar entre las Marinas y el Puerto de Roquetas. Sólo se puede decir, a falta de datos de sondeos profundos, que la llamada falla F3 (que pasa por El Ejido, y entre Balerna y Balanegra) constituye un "límite de accesibilidad" a las perforaciones, ya que, al SE de la misma, el acuífero se encuentra a varios cientos de metros de profundidad; no obstante, dicha falla no desempeña papel hidrodinámico alguno, como lo demuestra el hecho de que en dos sondeos situados en los bloques hundidos los niveles piezométricos tienen la misma cota (y la misma evolución temporal) que la de sondeos situados más al NW.

Conviene señalar aquí que, en el tomo del presente informe dedicado al Sector NW, se estudia también la zona del acuífero superior (albergado en las calcarenitas pliocenas su prayacentes a las margas grises) que vierte sus aguas hacia el Oeste. Aunque parte integrante del Sector Central, esta zona tiene vínculos estrechos con el Sector NW, ya que se descarga en él y que, sobre todo, muchos sondeos captan los dos acuíferos a la vez sin ningún tipo de aislamiento.

3.2.2.- El Sector Central

El sistema del Sector Central está constituido fundamentalmente por las calcarenitas pliocenas, que descansan so-

bre la generalmente potente serie de margas grises. Ocupa la mayor parte de la superficie del Campo de Dalías, del cual - constituye el acuífero más somero y de cotas piezométricas - más altas.

Su límite corresponde, tanto al NW y Oeste, como en el centro norte, con el límite de deposición de su substrato margoso. Al NE, su límite con el Sector NE que se explica a continuación, viene marcado por una caída piezométrica del orden de 12-15 m, en relación con la reactivación post-pliocena de una de las grandes fallas de zócalo, de dirección N 60º W, a las que se ha aludido anteriormente.

Su límite meridional está formado por el mar; sin embargo, los afloramientos o subafloramientos del substrato margoso, que describen un arco, de concavidad hacia el Sur, entre la zona de Balerma-Matagorda y la de las Marinas, independizan relativamente un sub-sector septentrional, el más interesante e importante en cuanto a aguas subterráneas se refiere, y un subsector meridional (o costero sensu lato) en el - cual el escaso espesor del acuífero lo hace impropio a toda - explotación que no sea testimonial.

3.2.3.- El Sector NE

Ocupando el NE del Campo con una forma triangular, este Sector linda al SW con el Sector Central y, al Este, con el mar. Su límite Norte, es decir con la Sierra de Gádor, tiene una dirección casi W-E: en la parte más occidental de dicho límite, viene marcado simplemente por un salto piezométrico de algunos metros y por una evolución completamente distinta de los piezómetros en ambos lados; toda la parte central - del límite norte corresponde al afloramiento del manto de Felix, tectónicamente superpuesto a la Unidad de Gádor, y esencialmente filítico con retales de dolomías; más al Este aún,

es decir, a partir de la Rambla de las Hortichuelas, afloran las dolomías de Gádor, en continuidad hidrodinámica con el - acuífero del Sector NE aquí estudiado.

Dicho acuífero es eminentemente heterogéneo, y por - ello bastante mal conocido: comprende, al parecer, la casi to talidad de las facies existentes en el resto del Campo (dolo- mias de gádor, filitas y dolomías de Felix, calcarenitas de Vicar, margas arenosas y calcarenitas del Plioceno, formacio- nes cuaternarias marinas y continentales) y, además, formacioo nes volcánicas (coladas andesíticas, cenizas) o derivadas de ellas (conglomerado de bolos volcánicos, de edad miocena).

4.- CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

4.1.- CLIMATOLOGIA

4.1.1.- Introducción

Las condiciones climáticas del Campo de Dalías y de su entorno son conocidas por una docena de estaciones piezométricas, tres de ellas también termométricas, y dos pluviómetros totalizadores anuales en los altos de la Sierra de Gádor.

Aunque algunas de las estaciones funcionaron con anterioridad, parece que el año 1960-61 pudiera constituir un origen aceptable del periodo de referencia pluviométrica, ya que:

- dicho periodo tiene 20 años de duración hasta el año 1979-80.
- anteriormente a él, se supone que las extracciones de aguas subterráneas en el Campo de Dalías fueron escasas.

No obstante, y a título orientativo, se ha considerado el periodo 1941-42/1979-80 (39 años) en las dos estaciones (Berja y Almería) en las que fue posible esta operación.

Las estaciones pluviométricas se pueden agrupar de la forma siguiente:

a) Las en que las medidas se llevaron a cabo de forma más o menos continua, desde el año 1960-61 hasta el año 1979-80. Son las siguientes:

- . ADRA, excepto los años 1965-66 y 1979-80
- . BERJA, excepto el segundo semestre del año 1979-80
- . FELIX, excepto dos meses.
- . ALMERIA
- . CELIN (totalizador anual).

b) Las en que las medidas se llevaron a cabo, de forma más o menos continua, desde el año 1973-74 (o algo antes) hasta el año 1979-80. Son las siguientes:

- . FARO ADRA
- . BALERMA, excepto dos meses
- . FARO SABINAL
- . MOJONERA
- . ENIX, excepto un mes
- . AGUADULCE, excepto dos meses
- . CERRO DEL ALBARICOQUE (totalizador anual)

c) Las estaciones que, por la importancia de sus lagunas o la poca fiabilidad de sus datos, no entran en las categorías anteriores. Son:

- . DALIAS (datos disponibles: 1960-61 a 1962-63, y 1971-72 a 1975-76).
- . EL EJIDO (datos disponibles: 1966-67 a 1974-75 y 1976-77 a 1977-78, además de poco fiables).
- . VENTA DEL VISO (datos disponibles: 1974-75 a 1978-79, excepto 6 meses)
- . ESTACION M° AGRICULTURA "LAS PALMERILLAS"

Las medidas mensuales que faltan han sido estimadas - por comparación con estaciones próximas, generalmente contrastadas por el procedimiento de dobles masas. Redondeadas a 5 mm, aparecen entre paréntesis en los listados de datos pluviométricos.

Asimismo, el procedimiento de dobles masas ha sido utilizado para ampliar al periodo 1960-61/1979-80 las medias - anuales del periodo 1973-74/1979-80 de las estaciones del grupo b anterior. Aunque conscientes de lo aventurado de la - operación, estimamos que el error cometido no afecta gravemente a la representatividad de las isoyetas, único fin de dicha operación. Redondeados a 5 mm, estas medias extrapoladas - aparecen entre paréntesis en el mapa de isoyetas del período 1960-61/1979-80.

Por evidentes motivos de tiempo, no han sido generalmente incluidos en el presente estudio los datos correspondientes al año en curso (1980-81), aunque vengán reflejados en los intentos de correlación entre pluviometría y piezometría del manto.

Con el objetivo de determinar la lluvia útil mediante el método de Thornthwaite (modificado para utilizarlo con un paso de tiempo diario, para trabajar sobre datos reales en lugar de medias mensuales), se han utilizado los datos termométricos de las tres estaciones ya indicadas, durante el periodo 1973-74/1979-80. Sin embargo, sólo la estación de Almería dispone sólomente de seis años (1973-74/1978-79), faltando los últimos 6 meses del año 1979-80. Por último, la estación de Felix ha planteado mayores problemas, ya que faltaban todas las temperaturas de diciembre 1974, todas las mínimas de agos 1976, así como 8 meses completos del año 1977-78 y muy importantes lagunas en los años siguientes; por lo tanto, se tuvo que considerar solamente una serie de cuatro años - (1973-74/1976-77), calculando los valores que faltaban (2 meses) por correlación lineal (véase anexo).

4.1.2.- Estudio pluviométrico general

a) Principales características

El régimen pluviométrico del Campo de Dalías y de su entorno se caracteriza por los siguientes aspectos:

- . Una pluviosidad anual baja: Para el periodo 1973-74/1979-80 considerado, la media varia, en el Campo, entre unos 180 mm en Aguadulce y unos 260 mm en Balerma; incluso en la Sierra, la pluviosidad apenas sobrepasa los 500 mm. Para el periodo de 20 años, las medias son del mismo orden de magnitud en la Sierra, y algo superiores en el Campo (205 y 265 mm en Aguadulce y Balerma, respectivamente).
- . Una clara disimetría entre el Oeste y el Este; dada la orientación de la zona y el sentido giratorio de las borrascas ,

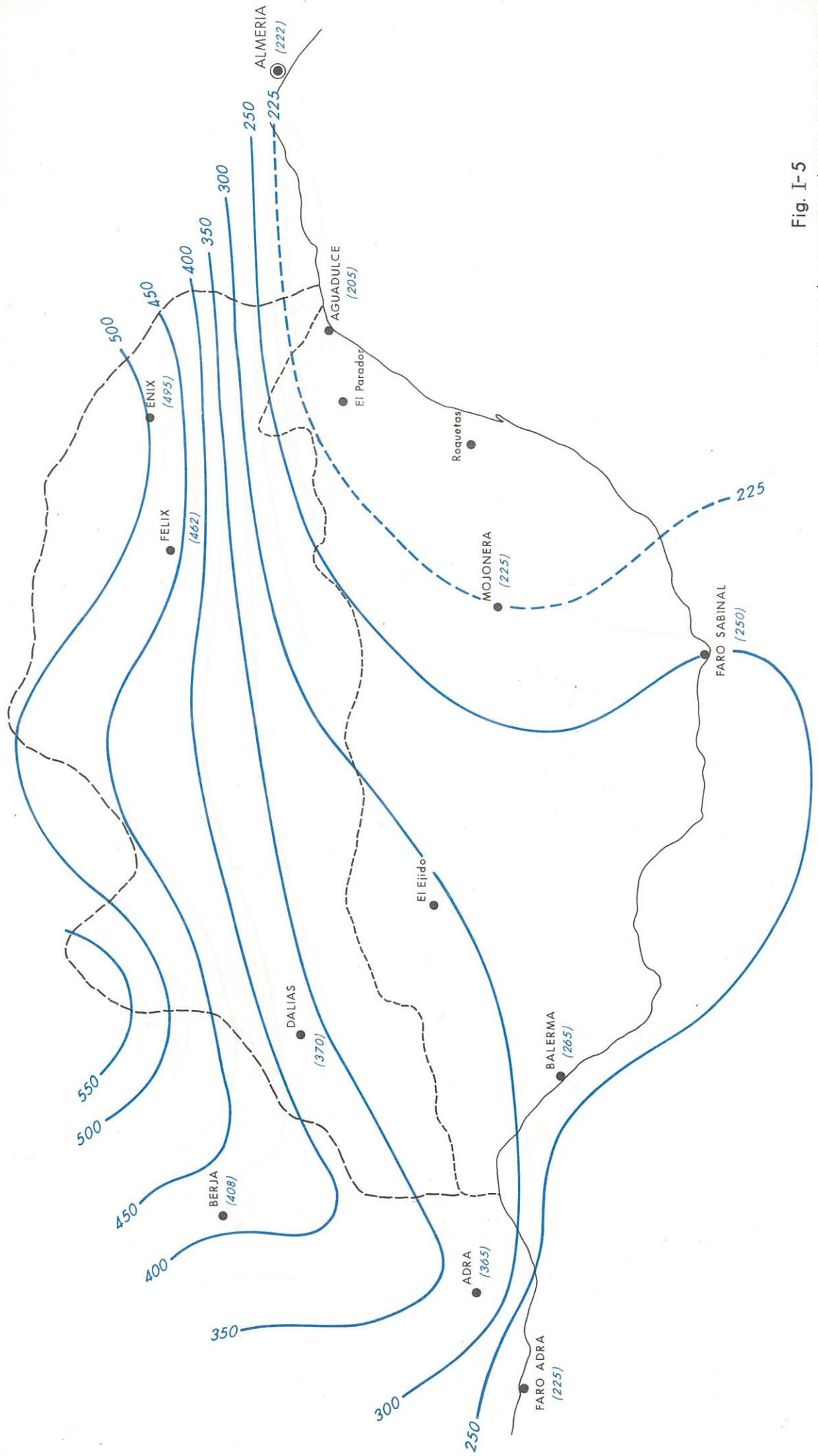
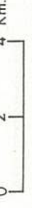


Fig. I-5

Mapa de isoyetas (1960-61/1979-80)



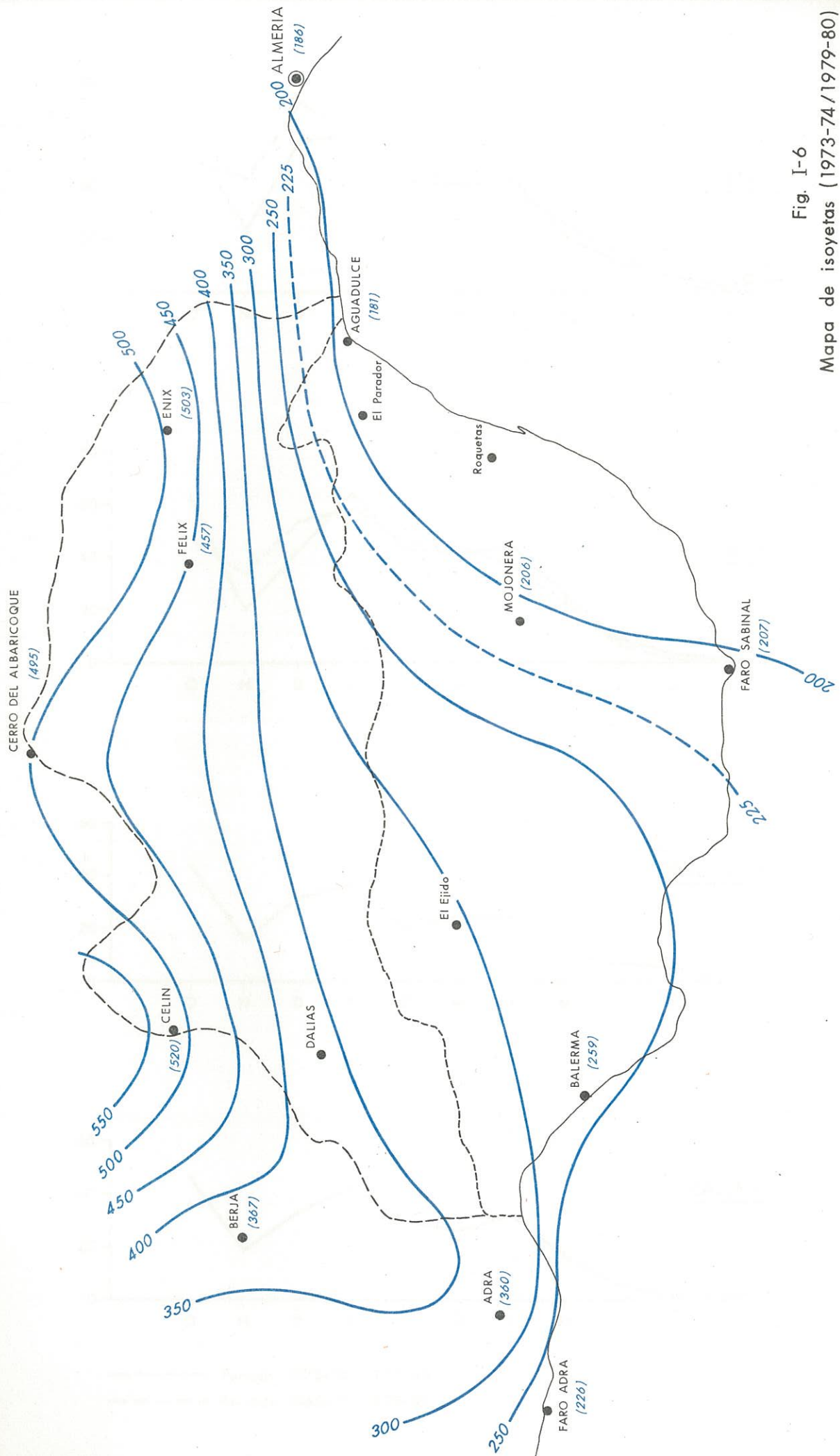
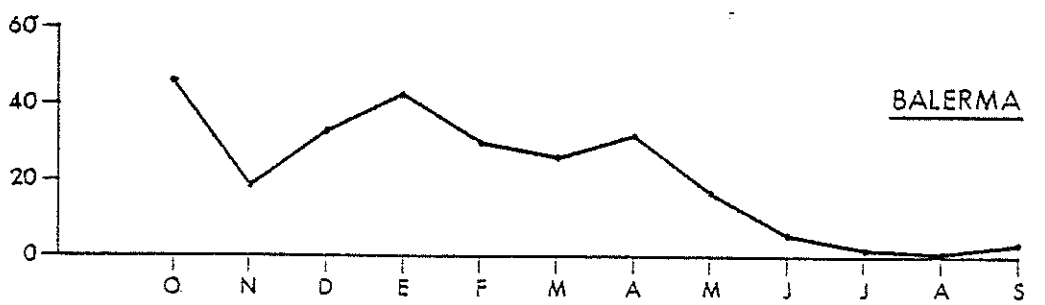
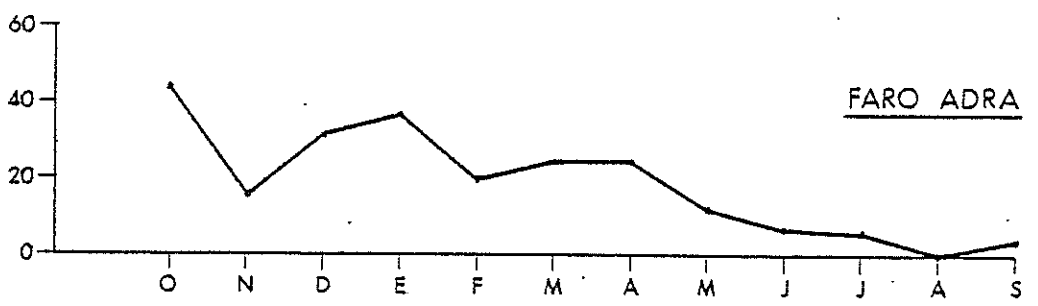
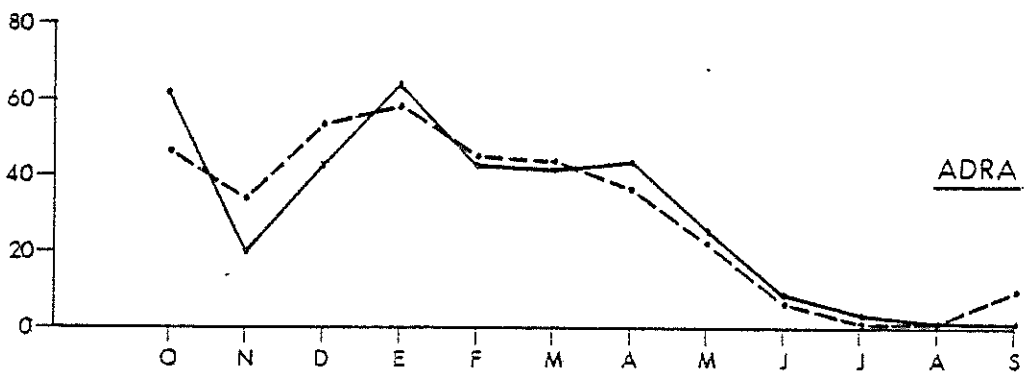


Fig. I-6

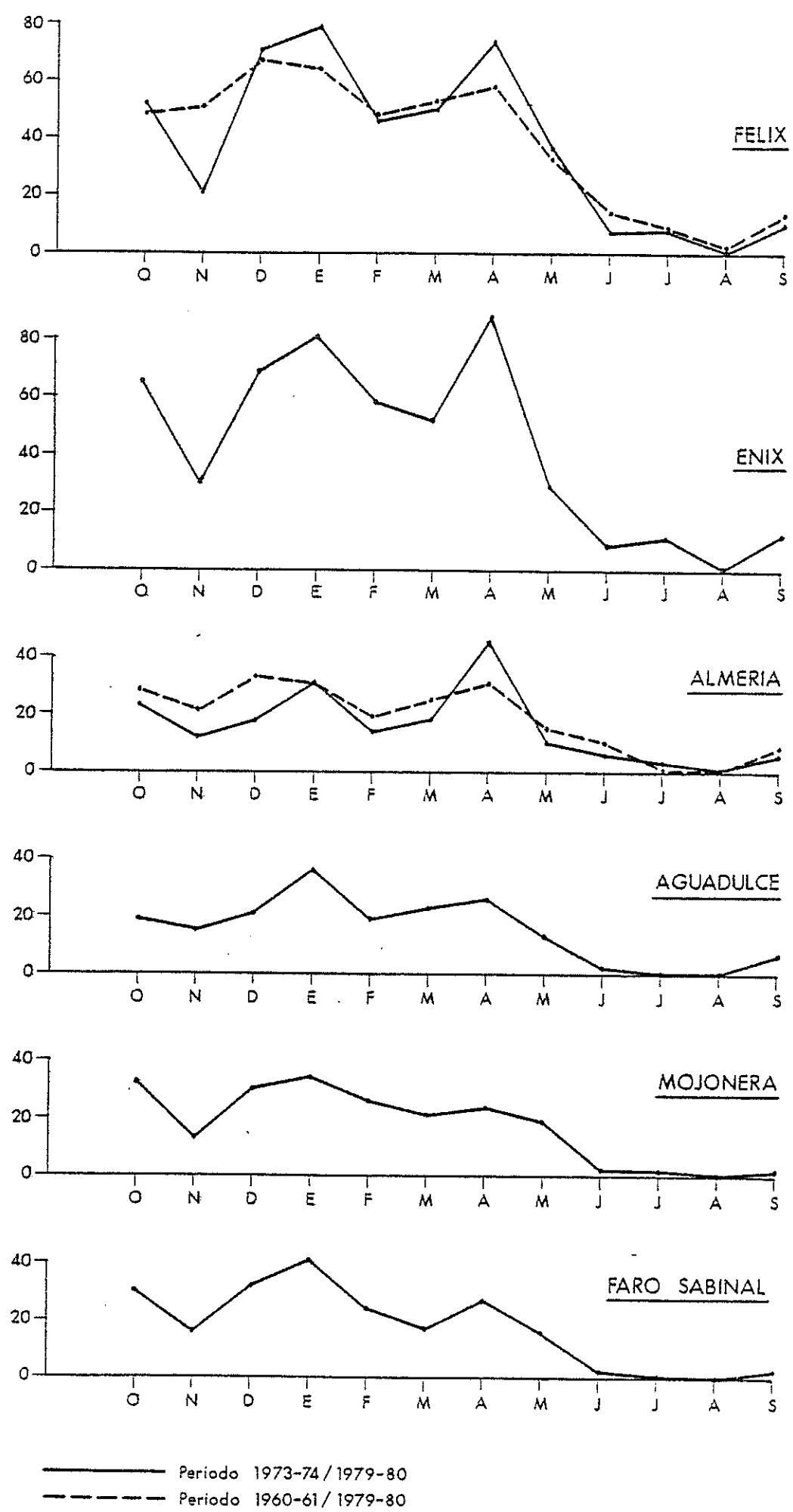
Mapa de isoyetas (1973-74/1979-80)





— Periodo 1973-74 / 1979-80
 - - - Periodo 1960-61 / 1979-80

Fig. I-7
Pluviometrias medias mensuales



— Periodo 1973-74 / 1979-80
 - - - Periodo 1960-61 / 1979-80

Fig. I-8
 Pluviometrias medias mensuales

los vientos húmedos son de sector Oeste. Por lo tanto, la vertiente occidental de la Sierra (zona de Celín, Berja, Dalías, Adra) recibe una mayor parte de precipitaciones, a la vez que actúa de pantalla para las zonas más orientales; ocurre algo parecido en el mismo campo, en el que la zona de Balerna-El Ejido recibe precipitaciones una vez y media más alta que la de Aguadulce.

- . Una gran variabilidad interanual: si se consideran las cuatro estaciones con medias de 20 años (Adra, Berja, Felix y Almería), se nota que el coeficiente de variación de Pearson ($= \sigma_{n-1} / \bar{p}$) es del orden de 0,25 a 0,30, que la pluviosidad del año más seco varía entre un 45% (Felix) y un 71% (Adra) de la media plurianual, y que la del año más húmedo varía entre un 150% (Felix) y un 174% (Berja) de dicha media (*)
- . Una gran variabilidad mensual: para las mismas cuatro estaciones, el coeficiente de variación es casi siempre superior a 2 para los meses de julio y agosto, y próximo o superior a 1 en los demás meses. A título ilustrativo, la pluviosidad del mes de enero, la más alta en la mayoría de las estaciones en cuanto a medias se refiere, ha oscilado entre 4 y 181 mm en Adra, entre 2 y 313 en Berja, entre 0 y 292 en Felix, y entre 2 y 140 en Almería.

(*) La pluviosidad del año 1980-81 en Felix no pasó del 33% de la media 1973-74/1979/80.

- . La existencia de un claro periodo seco, que se extiende entre los meses de junio y de septiembre. Durante estos cuatro meses de verano, la pluviometría media es del orden de un 3 a un 9% (según la estación considerada) de la media anual, siendo nula o despreciable la de agosto.
- . Un periodo húmedo con dos picos bien individualizados: uno invernal (diciembre-enero) y otro primaveral (marzo-abril); frecuentemente dicho periodo húmedo empieza con un tercer pico, otoñal (octubre). Las precipitaciones de diciembre-enero vienen a representar entre una cuarta y una tercera parte de las de todo el año; las precipitaciones de marzo-abril representan entre un 20 y un 25% (salvo excepción) de las de todo el año.

b) Variabilidad plurianual

De entre las características del régimen pluviométrico general anteriormente mencionadas, la variabilidad plurianual tiene una consecuencia inmediata en cuanto a variaciones piezométricas se refiere. En efecto, es clásico que se observan ciclos plurianuales secos o húmedos; la superposición de estos ciclos a un régimen de sobreexplotación de un manto puede exagerar, o al contrario, enmascarar la importancia de dicha sobreexplotación, razón por la cual se ha estudiado aquí la variabilidad plurianual de las precipitaciones. El método elegido ha sido el de las desviaciones acumuladas sobre la media, es decir, llamando Δ_i a dicha desviación para el año i :

$$\Delta_i = P_i - \bar{P} + \Delta_{i-1}$$

siendo P_i la pluviometría del año i , y \bar{P} la pluviometría media del periodo considerado.

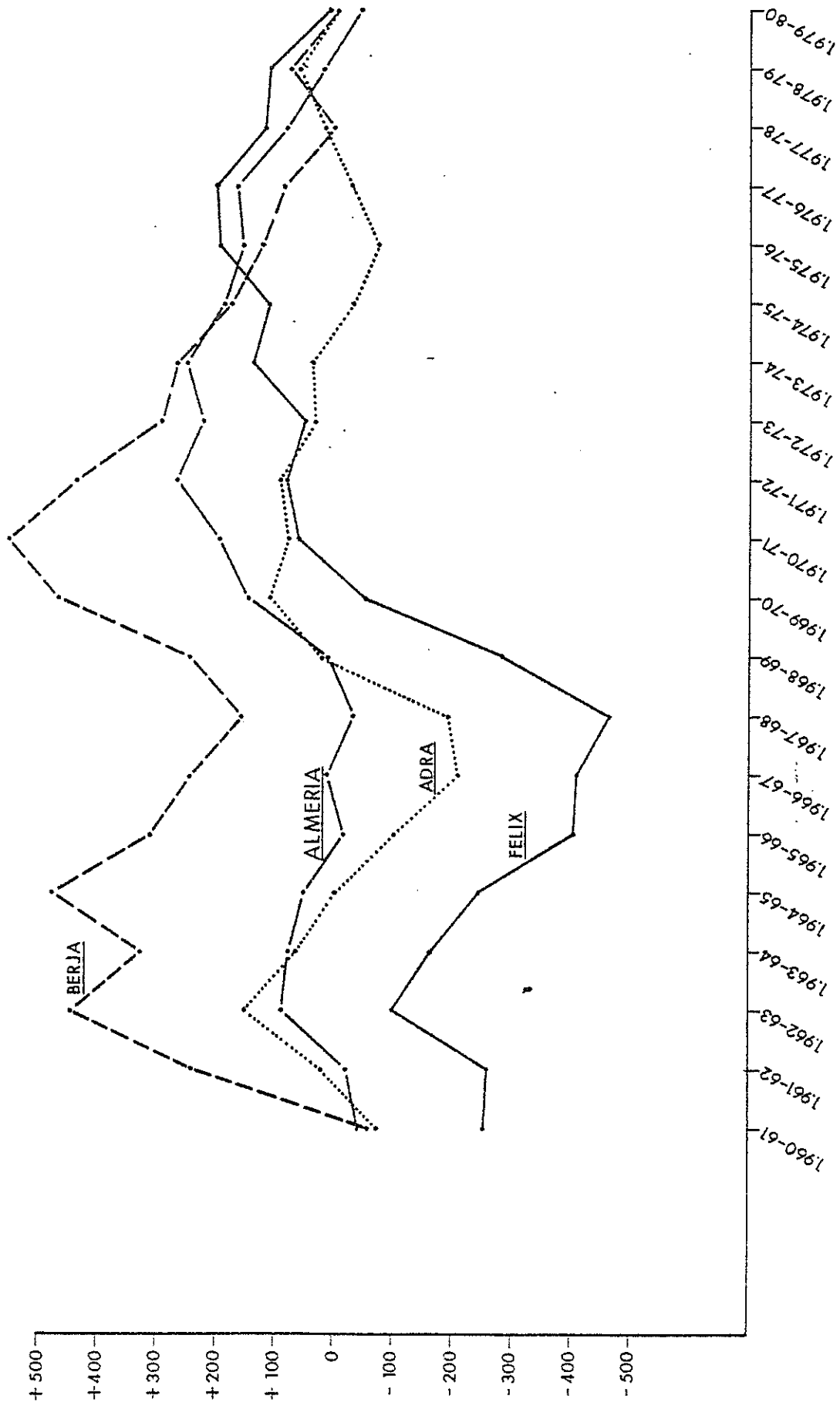


Fig. I-9

Desviaciones acumuladas sobre la media 1960-61/1979-80 ($\Delta_n = P_n - \bar{P} + \Delta_{n-1}$)

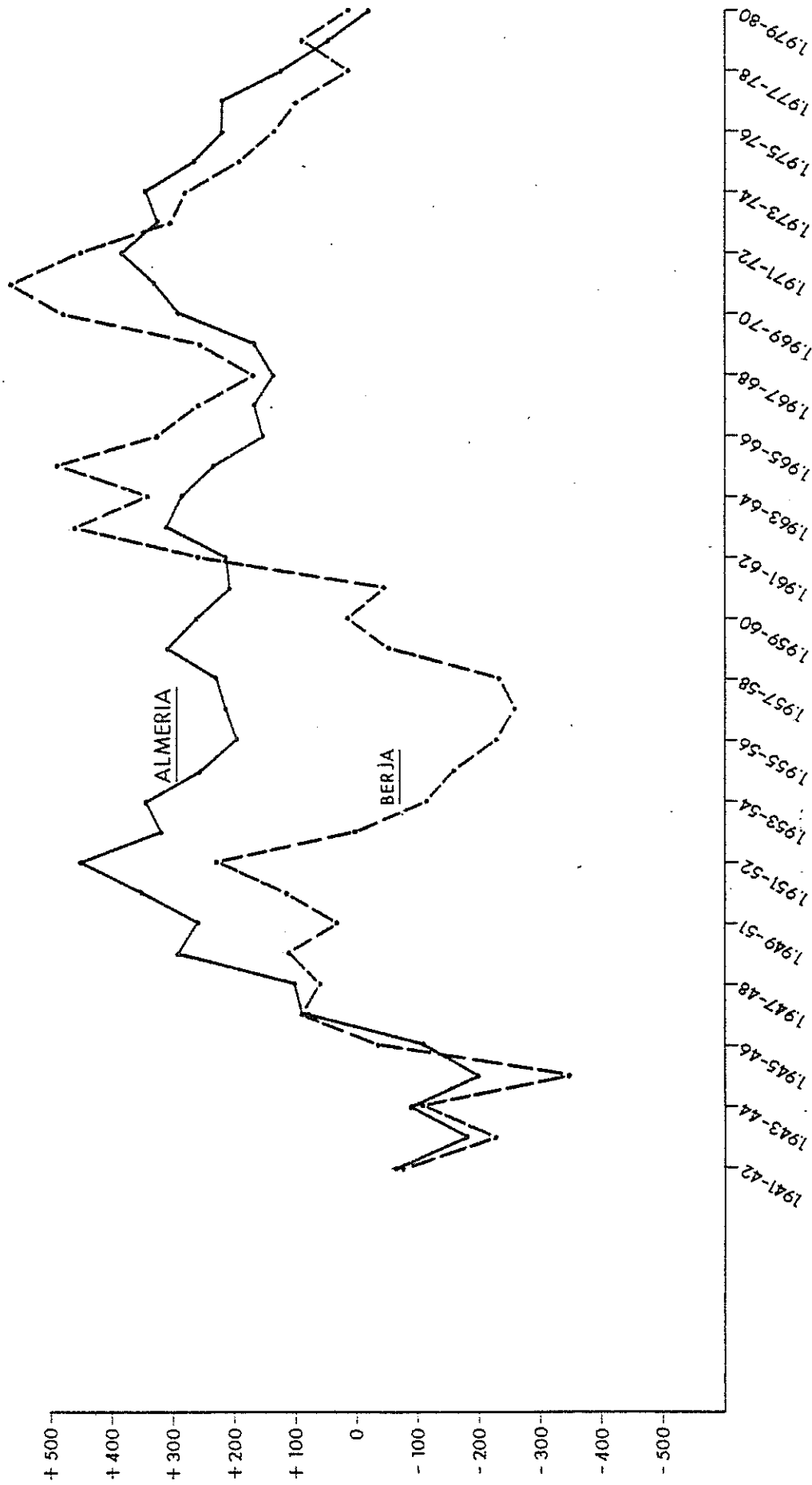


Fig. I-10

Desviaciones acumuladas sobre la media 1941-42/1979-80 ($\Delta_n = P_n - \bar{P} + \Delta_{n-1}$)

. Periodo 1960-61/1979-80

La figura I.9 representa la curva de desviaciones acumuladas para las estaciones de Almería, Berja, Adra y Felix. Aparece en general un ciclo húmedo entre los años 1968-69 y 1971-72, que separa un primer ciclo seco (1963-64 a 1967-68) de un segundo que corresponde con los últimos años; este último ciclo seco se extiende desde el año 1971-72 en Berja, el 1972-73 ó 1973-74 en Almería, y sólo desde el 1977-78 en Felix; la estación de Adra se debe considerar con una cierta cautela, tanto por sus ciclos atípicos como por el elevado valor de su media. Conviene notar que, dentro del último ciclo seco, el año 1978-79 constituye, salvo en Almería, una excepción algo húmeda.

. Periodo 1941-42/1979-80

La figura I.10 representa la curva de desviaciones acumuladas para las estaciones de Almería y Berja. Además de la distinta variabilidad de las dos estaciones (ciclos más nítidos en Berja), se puede notar la confirmación de un ciclo seco, desde el año 1971-72 en Berja (con un año húmedo, el 1978-79), y desde el año 1972-73 en Almería (con dos años algo húmedos: el 1973-74 y el 1976-77).

c) Régimen pluviométrico del Campo de Dalías

Considerando el período 1960-61/1979-80, el correspondiente mapa de isoyetas enseña que las precipitaciones medias varían entre unos 200 mm (sector de Aguadulce) y unos 325 mm (borde del Campo entre El Ejido y Dalías). Se recuerda lo anteriormente dicho sobre la disimetría entre la mitad occidental del Campo (donde la pluviometría varía entre 250 y 325 mm)

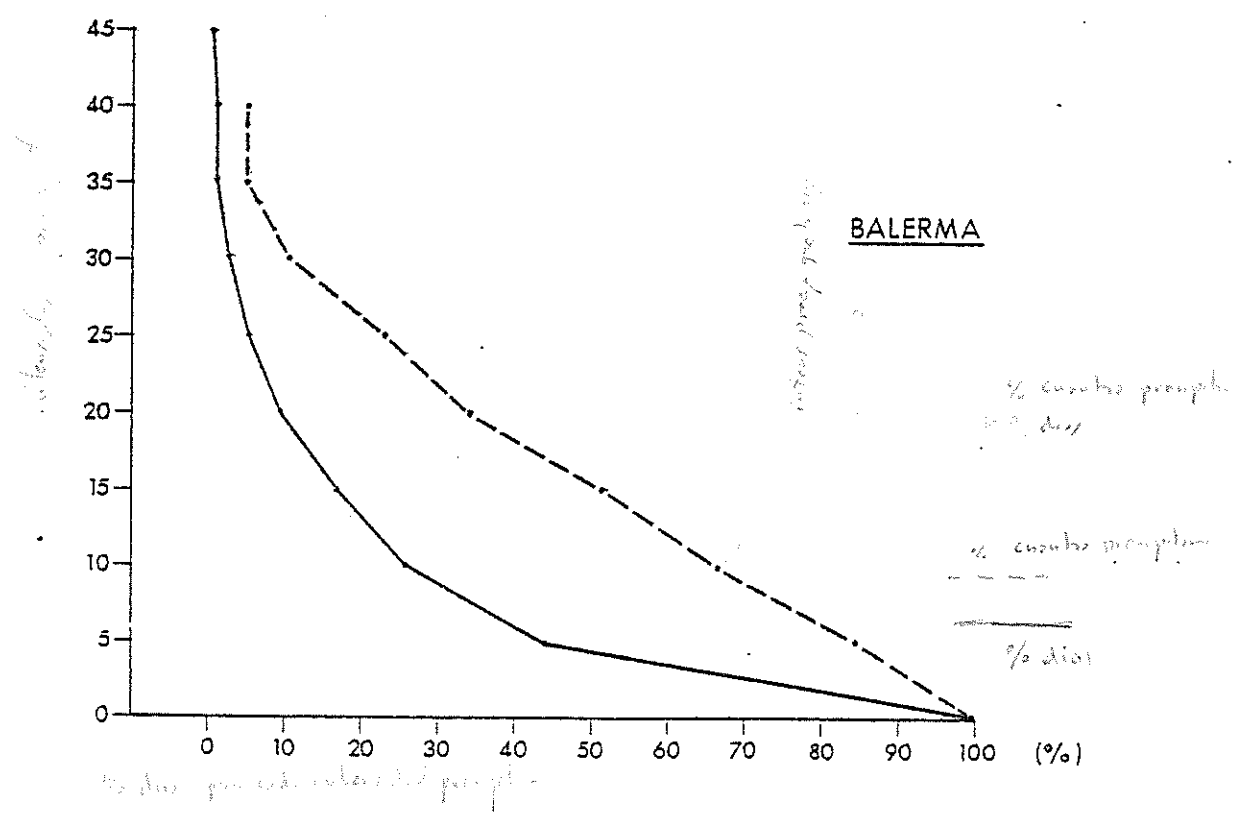
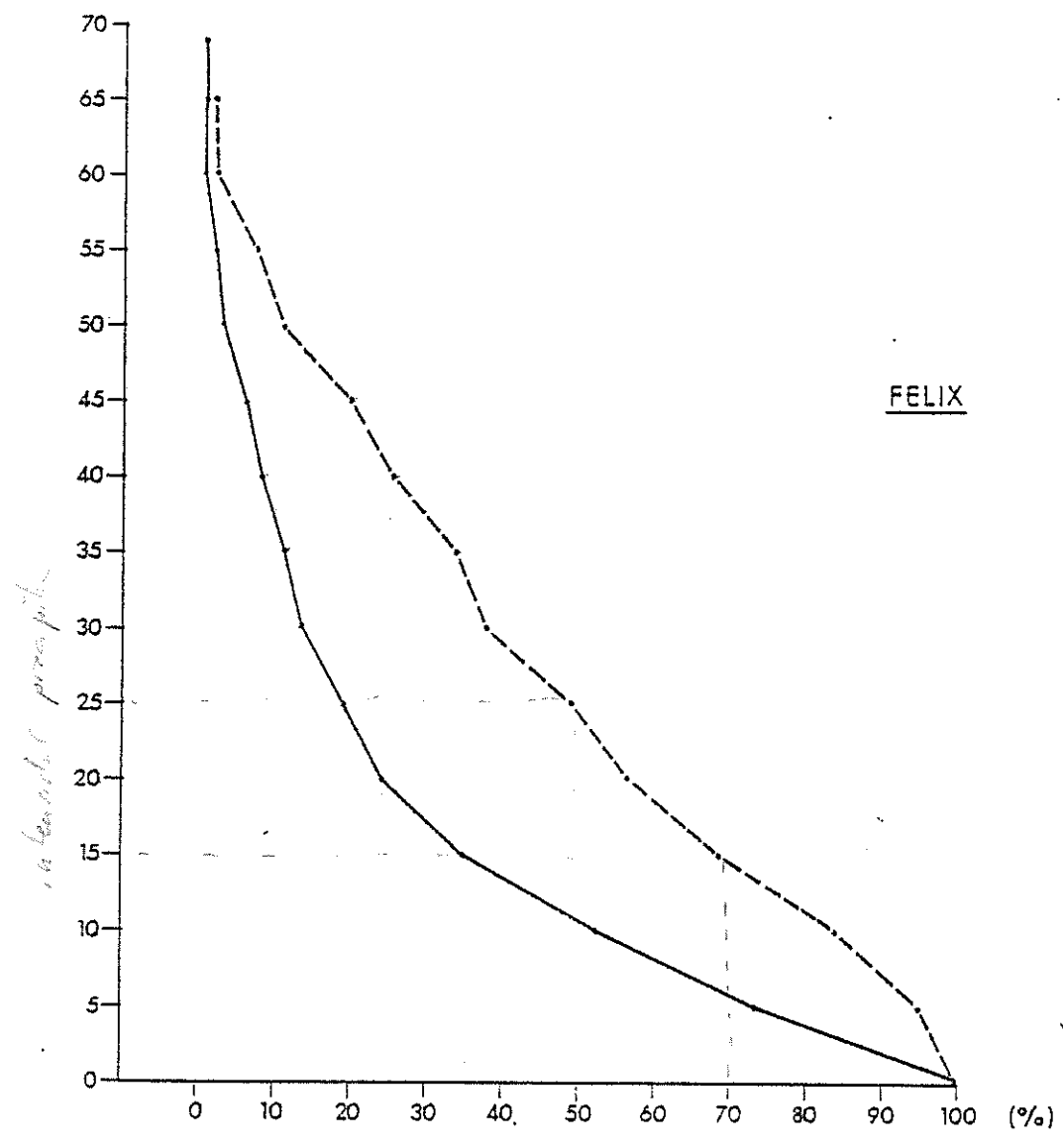


Fig. I-11

Curvas anuales de precipitaciones diarias clasificadas (1973-74/1979-80)

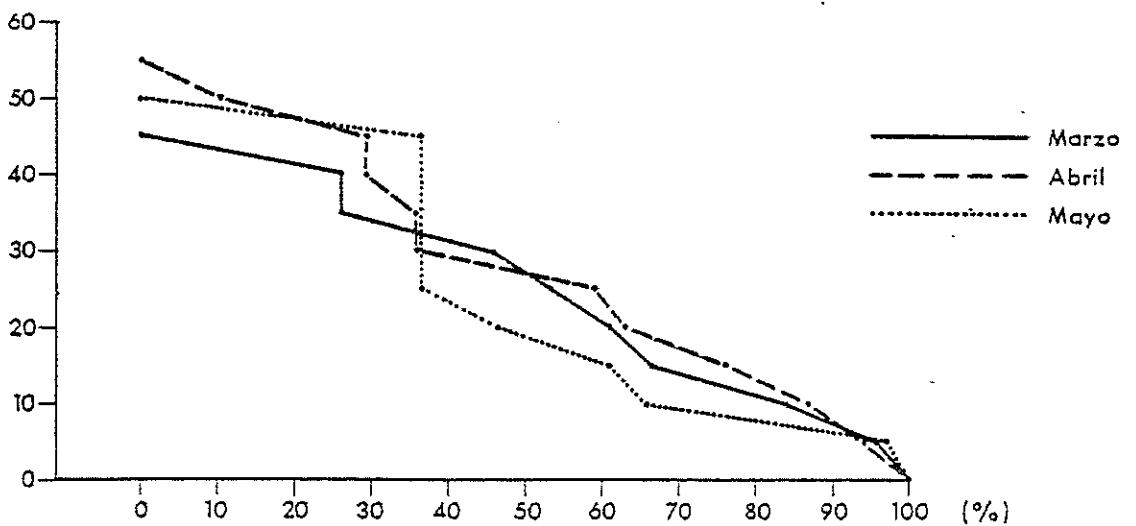
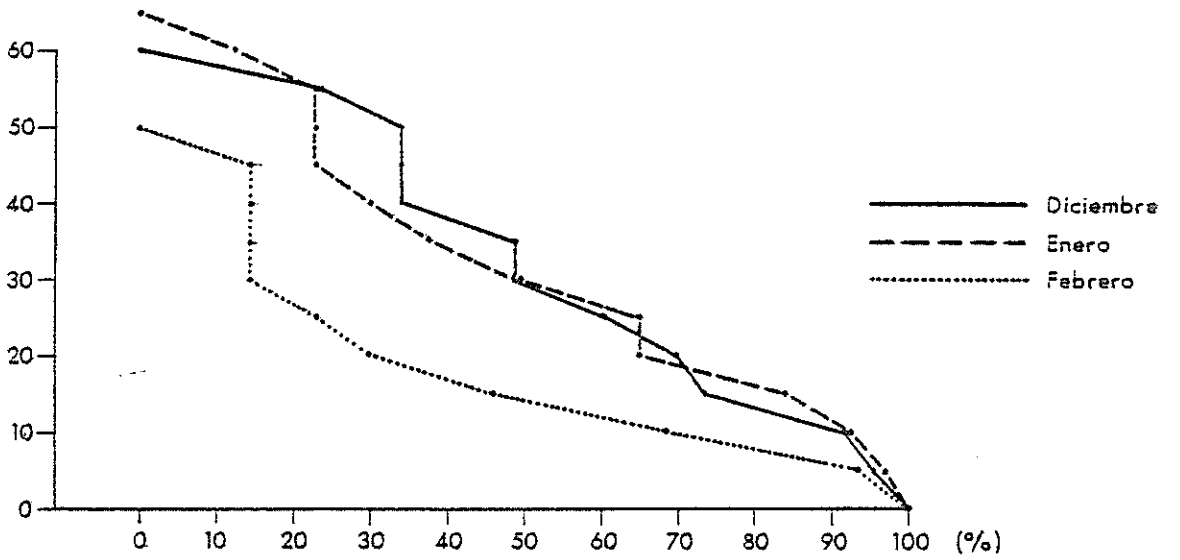
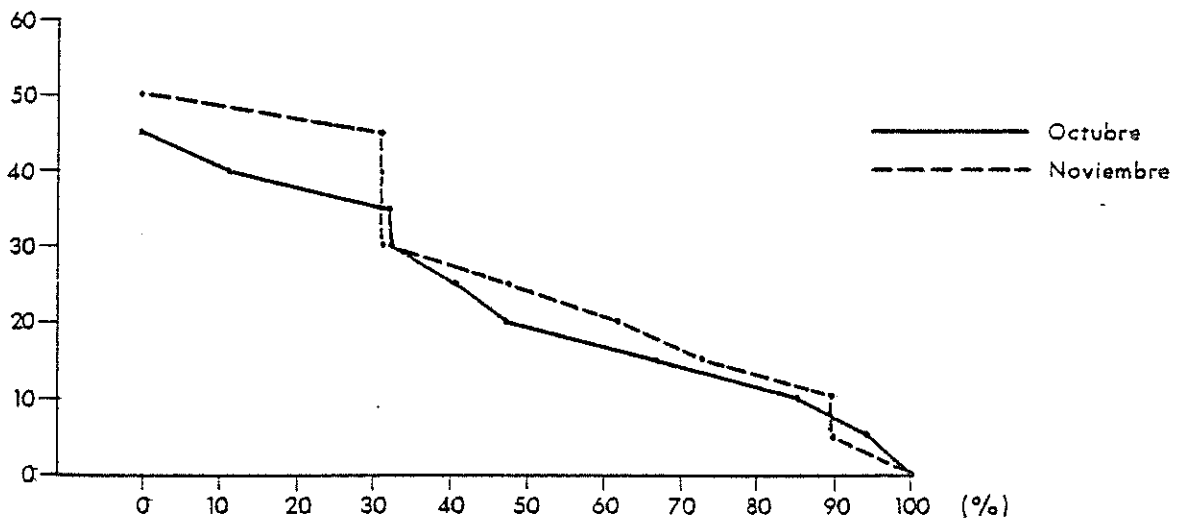


Fig. I-12

Curvas mensuales de precipitaciones diarias clasificadas (1973-74 / 1979-80)

ESTACION DE FELIX

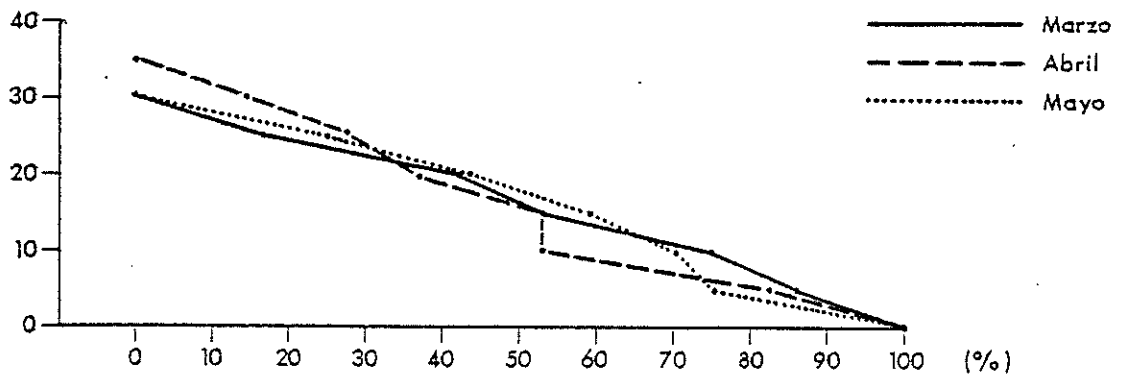
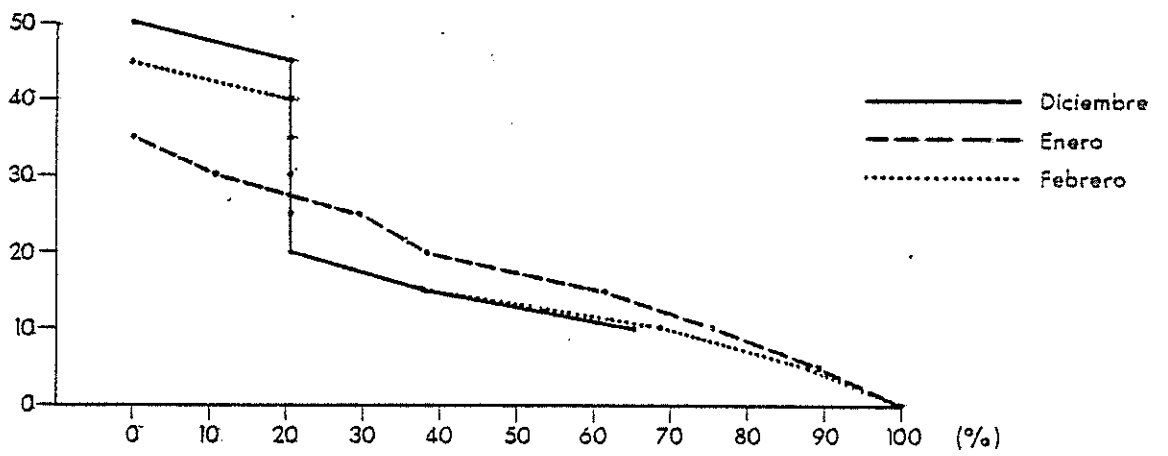
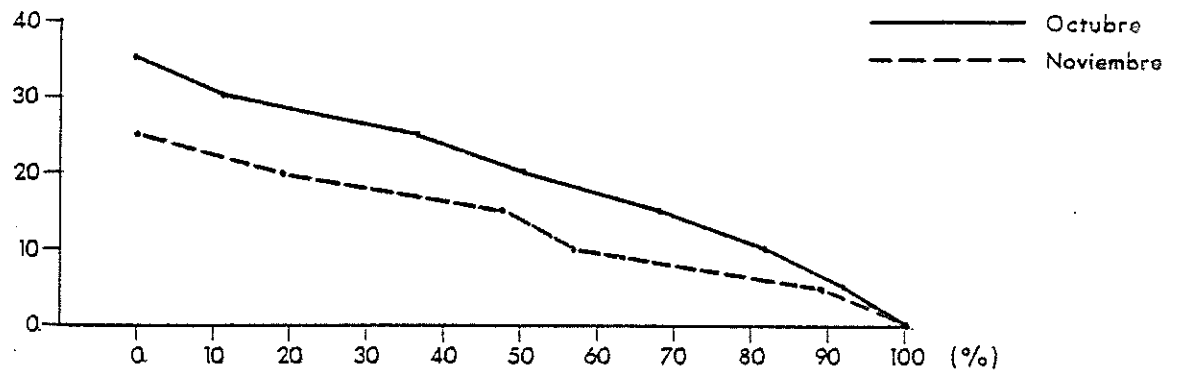


Fig. I-13

Curvas mensuales de precipitaciones diarias clasificadas (1973-74 / 1979-80)

ESTACION DE BALERMA

y la mitad oriental del mismo (200 a 250 mm).

Los diagramas de pluviometrías medias mensuales de Faro de Adra y Balerma (para la mitad occidental) y Faro de Sabinar, Mojonera y Aguadulce (para la mitad oriental) enseñan que, como dicho anteriormente, existen tres picos pluviométricos, que corresponden a octubre, enero y abril, y un periodo casi seco entre junio y septiembre, más acusado en la mitad oriental del Campo.

En cuanto a intensidad de las precipitaciones se refiere, se ha elegido la estación de Balerma, en la cual se ha estudiado la repartición de las lluvias diarias, por mes y por cuantía de precipitaciones, durante el periodo 1973-74/1979-80.

A escala plurianual, se puede destacar que llueve solamente un 8,8% de los días, es decir unos 32 días al año, a razón de 6 en octubre-noviembre, 12 en diciembre-enero-febrero, 10 en marzo-abril-mayo, y el resto entre junio y septiembre. Menos de un 20% de los días lluviosos tienen precipitaciones superiores a 15 mm (véase fig.I.11), y menos de un 10% de aquellos tienen 20 mm. En otras palabras, si se admite como válido un "umbral piezométrico" de 15-20 mm (frecuentemente involucrado en la literatura), por debajo del cual un manto "no se entera" de las lluvias, pueden ser consideradas "inútiles" el 80-90% de los días lluviosos. Sin embargo, la segunda curva de la figura enseña que la mitad de la aportación anual se produce por precipitaciones superiores a 15 mm/día. En otras palabras, el 20% de los días lluviosos aportan la mitad de las precipitaciones.

A escala mensual, es interesante indicar que el número de días con precipitaciones superiores a 15 y 20 mm son, respectivamente:

en Octubre:	1,3	y	0,9
Noviembre:	0,4	y	0,1
Diciembre:	0,4	y	0,1
Enero:	1,1	y	0,6
Febrero:	0,4	y	0,1
Marzo:	0,6	y	0,4
Abril:	0,7	y	0,4
Mayo:	0,4	y	0,3
Junio:		0	
Julio:		0	
Agosto:		0	
Septiembre:		0	

d) Régimen pluviométrico de la vertiente sur de Sierra de Gádor

La pluviometría, según aparece en los mapas de isoyetas, varía entre unos 350 mm (contacto con el Campo) y unos 550 m (alto de la Sierra). Los diagramas de pluviometrías - medias mensuales de Felix, Enix y Berja ilustran perfectamente lo anteriormente dicho sobre los picos de octubre, diciembre-enero, y abril. Las precipitaciones del periodo frío se producen a menudo en forma de nieve.

En cuanto a intensidad de las precipitaciones se refiere, se ha elegido la estación de Felix, en la cual se ha estudiado la repartición de las lluvias diarias, por meses y por cuantía de precipitaciones, en el periodo 1973-74/1979-80*.

(*) La inexistencia de datos entre febrero y noviembre 1978 ha sido subsanada de la forma siguiente: una vez determinada las pluviometrías mensuales de la forma indicada más arriba, se ha repartido las mismas según los días lluviosos en estaciones próximas.

A escala plurianual, se puede decir que son lluviosos tan sólo un 8% de los días, es decir algo más de 29 días al año, a razón de 5 en octubre-noviembre, 12 en diciembre-enero-febrero, 10 1/2 en marzo-abril-mayo, y el resto entre junio y septiembre. En cuanto a aportaciones pluviométricas por días lluviosos (véase fig.II.11) es importante destacar que tan sólo en un 35% de los días, dichas aportaciones son superiores a 15 mm, y en un 25% lo son a 20 mm; dicho de otra forma, y si se considera válida el umbral de 15-20 mm anteriormente aludido, son "inútiles" el 65-75% de los días lluviosos. Por otra parte, y es más importante, la segunda curva de la figura citada pone de manifiesto que la mitad de la aportación anual se produce a través de precipitaciones superiores a 25 mm y el 55-70% a través de precipitaciones superiores a 20-15 mm/día, respectivamente.

A escala mensual, es interesante destacar que el número de días con precipitaciones superiores a 15 mm y 20 mm son respectivamente:

en Octubre:	1,3	y	0,7	día al mes
Noviembre:	0,6	y	0,4	"
Diciembre:	1,4	y	1,3	"
Enero :	2,1	y	1,3	"
Febrero:	0,9	y	0,4	"
Marzo:	1,0	y	0,9	"
Abril:	1,9	y	1,3	"
Mayo:	0,7	y	0,4	"
Junio:			0,1	"
Julio:			0,1	"
Agosto:			0	"
Septiembre:			0,1	"

4.1.3.- Determinación de la lluvia útil por el método de Thornthwaite modificado

. Descripción somera del procedimiento de cálculo utilizado

El clásico método de Thornthwaite, ideado por su promotor con el fin de llegar a una clasificación de los climas, es comunmente utilizado en hidrogeología, mediante algunos arreglos, para determinar la lluvia útil.

Sin entrar en los pormenores del método, recordaremos, que Thornthwaite utiliza una función de diversas variables aleatorias o no (pluviometrías medias mensuales, temperaturas medias mensuales, latitud) para definir una evapotranspiración potencial media mensual.

La más clásica utilización del método en hidrogeología consiste en atribuir al suelo una cierta capacidad de retención (reserva útil máxima) y admitir que la parte de la lluvia no evapotranspirada ni retenida en el suelo constituye la lluvia útil, ya que se convierte en escorrentía superficial y o en infiltración.

Las modificaciones introducidas en este método son de dos tipos:

- Por una parte, se han utilizado los valores reales diarios de temperaturas y precipitaciones, en lugar de las medias mensuales. Para ello, se calcula un índice de calor diario i , utilizando la temperatura del día en lugar de la del mes en la fórmula dada por Thornthwaite, y dividiendo el resultado por el número de días del mes; el índice anual I es la suma de los 365 i diarios; asimismo, se calcula una evapotranspiración diaria con la fórmula que permite calcular la

mensual, dividiendo el resultado dado por la misma por el número de días del mes considerado.

- Por otra parte, y una vez calculada la lluvia útil diaria P_u , se utiliza una función de repartición de la misma en escorrentía e infiltración. Dicha función, que se ha establecido de forma subjetiva pero acorde con las observaciones y experiencias propias y ajenas, se puede tabular esquemáticamente como sigue:

si $P_u \leq 5$ mm	infiltración = P_u
5 < $P_u \leq 15$ mm	0,850 P_u
15 < " ≤ 25 mm	0,710 P_u
25 < " ≤ 35 mm	0,623 P_u
35 < " ≤ 45 mm	0,560 P_u
45 < " ≤ 55 mm	0,508 P_u
55 < " ≤ 65 mm	0,465 P_u
65 < " ≤ 75 mm	0,426 P_u
75 < " ≤ 85 mm	0,394 P_u
85 < " ≤ 95 mm	0,363 P_u
95 < " ≤ 105 mm	0,336 P_u
105 < " -	35 mm.

El método de Thornthwaite, corregido y completado de la forma que se acaba de indicar, se ha aplicado mediante un programa de cálculo automático especialmente elaborado. Las "reservas útiles máximas" tenidas en cuenta han sido las de 25, 50 y 75 mm.

. Series y estaciones utilizadas

Debido a las (relativamente) grandes diferencias existentes entre las tres estaciones termo-pluviométricas disponibles (Almería, Felix y Berja), se ha considerado conveniente ejecutar los calculos en las tres aunque, por evidentes limi-

taciones de tiempo, se haya limitado al periodo que se iniciaba con el año 1973-74.

Concretamente, el cálculo de lluvias útiles diarias se ha ejecutado sobre las series y estaciones siguientes:

Almería :	1973-74	a	1979-80	(7 años)
Berja :	1973-74	a	1978-79	(6 años)
Felix :	1973-74	a	1976-77	(4 años)

Por otra parte, se ha podido comprobar que, en término medio, inflúa relativamente poco, sobre el resultado final, las temperaturas frente a las precipitaciones. Ello hubiera permitido, sin los límites de tiempo y presupuesto que ha padecido el presente estudio, calcular las lluvias útiles de una serie más larga (por ejemplo, 20 años), utilizando para cada día la precipitación real y, como temperatura, la media del mismo día durante un periodo de, por ejemplo, 4 ó 5 años. Esta solución aproximada, pero aceptable, permitiría reducir sensiblemente el tiempo de preparación previo al cálculo y, sobre todo, hallar la lluvia útil en un periodo largo cuando se dispone (caso bastante frecuente) de una larga serie de precipitaciones frente a una corta y/o discontinua serie de temperaturas.

. Resultados

Los seis cuadros siguientes reflejan los resultados de aplicar el método de Thornthwaite diario a las tres estaciones

de Almería, Felix y Berja con reservas máximas de 25, 50 y 75 mm. Dichos resultados merecen los siguientes comentarios:

- La estación de Felix es la que da siempre las máximas cantidades de lluvia útil; la de Berja da una cuantía generalmente poco superior a la de Felix; en Almería, casi no hay lluvia útil.
- Con una reserva máxima de 25 mm, la lluvia útil anual representa un porcentaje de 0 a 25% de las precipitaciones en Almería, de 30 a 56% en Berja, y de 54 a 71% en Felix.
- Con una reserva máxima de 50 mm, estos porcentajes bajan a los siguientes: de 0 a 8% en Almería, de 17 a 50% en Berja, y de 42 a 62% en Felix.
- Con una reserva máxima de 75 mm, dichos porcentajes son: siempre 0% en Almería, de 2 a 45% en Berja, y de 33 a 56% en Felix.
- No existe ninguna relación sistemática entre el porcentaje de lluvia útil y la importancia de las precipitaciones, aunque, en regla general, ambos parámetros crecen a la vez.

4.2.- HIDROLOGIA

El régimen pluviométrico y la propia estructura del Campo y de la Sierra de Gádor no favorecen la existencia de cursos de agua de cierta relevancia. De hecho, no discurre ningún río por el Campo de Dalías y, como ya se ha dicho, las ramblas no suelen siquiera llegar al mar.

La fuerte irregularidad de las precipitaciones hace que, ni siquiera cerca del borde de la sierra, existe una probabilidad satisfactoria de que un viajero de paso por la zona encuentre agua en alguna rambla.

Los caudales que, en ocasiones, puedan llevar estos cauces, no suelen ser aforados y, en todo caso, terminan por infiltrarse y evaporarse.

AÑO: 1973-74

	ALMERIA											FELIX											BERJA										
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75		
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc
Octubre	15	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	47	28	24	4	1	1	0	0	0	119	80	73	33	40	48	26	22	23	17	6	
Noviembre	21	47	0	0	0	0	0	0	0	0	75	30	36	27	9	31	24	7	7	6	1	17	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diciembre	39	25	7	6	1	0	0	0	0	0	202	11	190	104	86	190	104	86	190	104	86	103	23	74	50	24	49	35	14	38	29	9	
Enero	5	27	0	0	0	0	0	0	0	0	13	17	11	9	2	11	9	2	11	9	2	11	28	5	5	0	5	5	0	5	5	0	
Febrero	9	26	0	0	0	0	0	0	0	0	22	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	19	40	0	0	0	0	0	0	0	0	69	27	37	25	12	37	25	12	37	25	12	53	35	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abril	10	49	0	0	0	0	0	0	0	0	41	36	9	8	1	9	8	1	9	8	1	36	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mayo	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	35	114	0	0	0	0	0	0	0	0	39	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	3	159	0	0	0	0	0	0	0	0	5	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agosto	0	148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Septiembre	1	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑO	157	905	<u>7</u>	6	1	<u>0</u>	0	0	<u>0</u>	0	0	547	816	<u>311</u>	198	113	<u>279</u>	171	108	<u>254</u>	152	102	384	905	<u>156</u>	92	64	<u>102</u>	66	36	<u>66</u>	51	15

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escorrentía

AÑO: 1974-75

	ALMERIA											FELIX									BERJA												
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75		
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc
Octubre	39	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	45	57	43	14	32	21	11	7	6	1	55	61	16	11	5	0	0	0	0	0	0
Noviembre	2	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enero	6	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	29	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	19	31	23	8	6	5	1	0	0	0	65	27	37	25	12	12	11	1	0	0	0
Marzo	43	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	27	72	46	26	72	46	26	67	44	23	95	35	44	29	15	44	29	15	32	23	9
Abril	27	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	47	60	34	26	56	31	25	56	31	25	40	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	6	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	64	14	13	1	14	13	1	14	13	1	21	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	0	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	1	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	2	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑO	156	889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	433	782	234	159	75	180	116	64	144	94	50	321	878	98	66	32	56	40	16	32	23	9

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escorrentía

AÑO: 1975-76

	ALMERIA											FELIX											BERJA																	
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75									
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc							
Octubre	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Noviembre	6	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Diciembre	27	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	13	23	20	3	0	0	0	0	0	0	93	19	70	46	24	45	29	16	20	18	2							
Enero	12	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	12	42	23	19	40	22	13	15	13	2	41	17	20	15	5	20	15	5	20	15	5							
Febrero	5	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	17	7	6	1	7	6	1	7	6	1	4	23	1	1	0	1	1	0	1	1	0							
Marzo	4	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Abril	80	46	31	25	6	6	5	1	0	0	0	185	31	143	87	56	131	80	51	131	80	51	104	37	61	49	12	36	28	8	34	26	8							
Mayo	30	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	77	107	66	41	107	66	41	107	66	41	33	83	1	1	0	1	1	0	1	1	0							
Junio	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Julio	6	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Agosto	0	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Septiembre	22	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	87	7	6	1	0	0	0	0	0	0	24	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AÑO	191	910	31	25	6	6	5	1	0	0	0	550	778	329	207	121	285	174	106	260	165	95	349	834	152	111	41	103	74	29	76	61	15							

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escorrentía

AÑO: 1976-77

	ALMERIA											FELIX											BERJA										
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75		
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc
Octubre	42	62	5	5	0	0	0	0	0	0	0	61	47	18	13	5	0	0	0	0	0	0	65	60	16	14	2	0	0	0	0	0	0
Noviembre	3	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	34	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	21	134	92	42	109	77	32	84	66	18	119	26	78	53	25	53	39	14	28	24	4
Enero	78	30	44	35	9	19	16	3	0	0	0	191	15	181	106	75	181	106	75	181	106	75	150	25	125	86	39	125	86	39	125	86	39
Febrero	3	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	10	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	39	63	6	5	1	0	0	0	0	0	0	9	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	11	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	1	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	12	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	1	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	1	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑO	235	848	54	44	10	19	16	3	0	0	0	470	772	332	210	122	290	183	107	265	172	93	373	803	219	153	66	178	125	53	153	110	43

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escoorrentía

	ALMERIA											FELIX									BERJA																	
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75							
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc					
Octubre	23	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0													43	66	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Noviembre	29	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0													40	36	8	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Diciembre	13	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0													20	30	10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Enero	4	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0													11	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Febrero	8	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0													61	31	14	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marzo	4	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0													40	45	37	25	12	28	21	7	3	3	0	0	0		
Abril	39	54	3	3	0	0	0	0	0	0	0													65	46	25	18	7	3	3	0	3	3	0	0	0		
Mayo	8	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0													23	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	4	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0													12	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0													0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	153	0	0	0	0	0	0	0	0	0													0	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	1	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0													4	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑO	133	908	<u>3</u>	3	0	<u>0</u>	0	0	<u>0</u>	0	0													320	805	<u>95</u>	73	22	<u>31</u>	24	7	<u>6</u>	6	0	0	0		

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escorrentía

AÑO: 1978-79

	ALMERIA											FELIX									BERJA																				
	P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75			P	ETP	RM=25			RM=50			RM=75										
			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc			Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc	Pu	Inf	Esc								
Octubre	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0													2	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Noviembre	23	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0													65	34	32	21	11	7	6	1	0	0	0	0	0	0				
Diciembre	15	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0													60	34	17	12	5	13	11	2	0	0	0	0	0	0				
Enero	77	33	37	29	8	12	10	2	0	0	0													140	23	109	88	21	109	88	21	104	84	20	0	0	0				
Febrero	8	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0													118	25	94	64	30	94	64	30	94	64	30	0	0	0				
Marzo	17	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0													47	38	19	14	5	19	14	5	19	14	5	0	0	0				
Abril	5	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0													12	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mayo	0	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0													9	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Junio	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0													0	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julio	0	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0													29	141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0													1	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	2	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0													0	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AÑO	146	953	37	29	8	12	10	2	0	0	0													481	867	270	199	71	242	183	59	217	162	55	0	0	0	0			

Cálculo de la lluvia útil por el método de Thornthwaite diario

- P = Precipitaciones
- ETP = Evapotranspiración potencial
- RM = Reserva máxima del suelo
- Pu = Lluvia útil
- Inf = Infiltración
- Esc = Escorrentía