

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

**DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS GEOGRÁFICO REGIONAL Y
GEOGRAFÍA FÍSICA**



TESIS DOCTORAL

**Funcionamiento y variabilidad de los geosistemas de los humedales
manchegos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Marta Peinado Martín-Montalvo

DIRIGIDA POR

Juan José Sanz Donaire

Madrid, 2002

DEPARTAMENTO DE ANALISIS GEOGRAFICO
REGIONAL Y GEOGRAFIA FISICA.
FACULTAD DE GEOGRAFIA E HISTORIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

**FUNCIONAMIENTO Y VARIABILIDAD
DE LOS GEOSISTEMAS DE LOS
HUMEDALES MANCHEGOS.**

Marta PEINADO MARTIN-MONTALVO

JUNIO 1994

**FUNCIONAMIENTO Y VARIABILIDAD
DE LOS GEOSISTEMAS DE LOS
HUMEDALES MANCHEGOS.**

1ª parte

INDICE

0. INTRODUCCION	1
1. DESCRIPCION DE LOS HUMEDALES SELECCIONADOS.	19
2. EL CLIMA. PRINCIPAL FACTOR CONDICIONANTE DE LA ACTUAL DINAMICA DE SUELOS.	39
3. EL MARCO GEOMORFOLOGICO DE LA MANCHA. ASPECTOS LITOLÓGICOS, ESTRUCTURALES Y EVOLUTIVOS QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA DE LOS HUMEDALES.	71
4. MARCO EDAFICO DE LA MANCHA. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LOS HUMEDALES.	136
5. LA VEGETACION CLIMACICA DE LA MANCHA PARTICULARIDADES DE LA VEGETACION DE LOS HUMEDALES.	170
6. LA IMPORTANCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA GENESIS DE LOS HUMEDALES.	200
7. CICLO HIDROLOGICO DE LAS LAGUNAS Y PRINCIPALES CARACTERES HIDROQUIMICOS.	219
8. CONCLUSIONES	289

RESUMEN DE CONTENIDO

0.- INTRODUCCION.

0.1. ¿QUE SON LAS ZONAS HUMEDAS O HUMEDALES?

0.2. EL VALOR DE LOS HUMEDALES.

0.3. LOS HUMEDALES MANCHEGOS.

0.4. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO.

0.5. OBJETIVOS.

0.6. PLAN DE TRABAJO.

0.7. METODOS DE CAMPO Y LABORATORIO.

0.8. INDICE DEL TRABAJO.

1. - DESCRIPCION DE LOS HUMEDALES SELECCIONADOS.

1.1. LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA.

1.2. LAGUNA DE LAS YEGUAS Y DEL CAMINO DE VILAFRANCA.

1.3. LAGUNA DEL PUEBLO O DE LA VEGA.

1.4. LAGUNA DE ALCAHOZO.

2. - EL CLIMA: PRINCIPAL FACTOR CONDICIONANTE DE LA ACTUAL DINAMICA DE LOS HUMEDALES.

2.1. TEMPERATURAS.

2.2. HELADAS.

2.3. PRECIPITACIONES.

2.3.1. Las Tormentas.

2.4. LA EVAPOTRANSPIRACION.

2.5. CLASIFICACIONES CLIMATICAS.

2.6. CLASIFICACIONES MORFOCLIMATICAS.

3.- EL MARCO GEOMORFOLOGICO DE LA MANCHA. ASPECTOS LITOLOGICOS, ESTRUCTURALES Y EVOLUTIVOS QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA DE LOS HUMEDALES.

3.1. UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL.

3.1.1. Colinas y relieves residuales (S10 y S10/S9).

3.1.2. Cuestas (S6).

3.1.3. Topografía ondulada de origen estructural (S1).

3.1.4. Mesa disecada (S5/S1).

3.1.5. Zonas de flexión (S9).

3.1.6. Mesas (S5).

3.1.7. Terrazas estructurales (S8).

3.1.8. Importancia del control estructural en la génesis de los humedales

3.2. UNIDADES DE ORIGEN DENUDATIVO.

3.2.1. Unidades "subordinadas":

3.2.1.1. Escarpes (D9).

3.2.1.2. Laderas basales (D7).

3.2.1.3. Piedemontes (D8).

3.2.1.4. Laderas y abanicos de derrubios (D10).

3.2.2. Unidades "independientes".

3.2.2.1. Penillanuras (D5).

3.2.2.2. Laderas denudativas (D1).

3.3. UNIDADES DE ORIGEN FLUVIAL.

- 3.3.1. Lechos de río (F1).
- 3.3.2. Llanuras de inundación (F3).
- 3.3.3. Paleocauces y llanuras aluviales relictas (F12).
- 3.3.4. Relieves fluviales invertidos (F13).
- 3.3.5. Terrazas fluviales (F6).
- 3.3.6. Abanicos aluviales activos e inactivos (F7, F8).
- 3.3.7. Lagunas y antiguas lagunas (F2 y F5).

3.4. UNIDADES DE ORIGEN EOLICO.

- 3.4.1. Formas de acumulación.
 - 3.4.1.1. Campos de dunas no saturados (A2).
 - 3.4.1.2. Complejos de dunas (A3).
 - 3.4.1.3. Láminas de arena o manto eólico (A4).

- ESTUDIO DE UNAS MUESTRAS ARENOSAS DUNARES.

3.4.2. Formas de deflación.

- ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LAS ACUMULACIONES ARENOSAS.

3.5. UNIDADES DE ORIGEN KARSTICO.

- 3.5.1. Dolinas (K9).

- SINTESIS EVOLUTIVA.

- CONSIDERACIONES FINALES.

4.- MARCO EDAFICO DE LA MANCHA.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LOS HUMEDALES.

- 4.1. SUELOS SOBRE LOS CERROS O MONTES ISLAS PALEOZOICOS.
- 4.2. SUELOS DESARROLLADOS EN LAS CUESTAS TRIASICAS.
- 4.3. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE LA PLATAFORMA DE CAMPO DE CRIPTANA.
- 4.4. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE LOS ANTICLINALES Y SINCLINALES DE LA S^a DE ALTOMIRA.
- 4.5. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE LAS PLATAFORMAS CALCAREAS TERCARIAS.
- 4.6. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE EL GLACIS DE ACUMULACION DE CAMPO DE CRIPTANA.
- 4.7. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL.
- 4.8. SUELOS DESARROLLADOS EN LOS FONDOS DE VALLE Y LECHOS DE CANAL.
- 4.9. SUELOS DESARROLLADOS EN LAS "AREAS ENDORREICAS".

4.10. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE DEPOSITOS EOLICOS.

4.11. PERFILES PROPIOS.

- CONSIDERACIONES FINALES.

**5.- LA VEGETACION CLIMACICA DE LA MANCHA.
PARTICULARIDADES DE LA VEGETACION DE LOS
HUMEDALES.**

5.1. LAGUNAS GRANDE Y CHICA DE VILAFRANCA.

5.2. LAGUNA DEL CAMINO DE VILAFRANCA.

5.3. LAGUNA DE LAS YEGUAS.

5.4. LAGUNA DEL PUEBLO O DE LA VEGA.

5.5. LAGUNA DE ALCAHOZO.

**6.- LA IMPORTANCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
EN LA GENESIS DE LOS HUMEDALES.**

7.- CICLO HIDROLOGICO DE LAS LAGUNAS Y PRINCIPALES CARACTERES HIDROQUIMICOS.

7.1. EL CICLO HIDROLOGICO.

7.2. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS. GENERALIDADES.

7.2.1. Temperaturas.

7.2.2. La turbidez.

7.2.3. El pH.

7.2.4. La alcalinidad.

7.2.5. La salinidad.

7.2.6. Oxígeno disuelto.

7.2.7. Los nutrientes.

7.3. ESTUDIO PARTICULAR DE LOS HUMEDALES.

7.3.1. Lagunas Chica y grande de Villafranca.

7.3.2. Laguna de las Yeguas y del Camino de Villafranca.

7.3.3. Laguna del Pueblo o de La Vega.

7.3.4. Laguna de Alcahozo.

- CONSIDERACIONES FINALES.

8.- CONCLUSIONES.

.- ANEXO

.- BIBLIOGRAFIA

.- AGRADECIMIENTO

.- CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

0. INTRODUCCION

El principal objeto de estudio de esta tesis son los humedales manchegos. El interés de estos geosistemas ya había sido destacado por un gran número de autores (Reyes Prosper, 1915; Hernández Pacheco, 1932 y 1947; Dantín Cereceda, 1940; Otto Jessen, 1946; Margalef, R. 1947, 1955; Pedro Plans, 1969; etc). Pero ha sido especialmente durante las dos últimas décadas, cuando se han realizado numerosos trabajos, profundizando en su estudio, desde los más diversos puntos de vista: botánicos, faunísticos, hidrogeológicos, petrológicos, etc.

La memoria que aquí se presenta, forma parte de un conjunto de trabajos de investigación que se están llevando a cabo, en la actualidad, en el Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, sobre los humedales manchegos. Esta línea de investigación fue potenciada por el catedrático Juan Sanz Donaire, a partir de los contactos establecidos con Edward Maltby, Senior Lecturer del Departamento de Geografía de la Universidad de Exeter (Reino Unido), quién está dirigiendo un proyecto de investigación, financiado por la CE, sobre los humedales europeos.

Así pues, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio geográfico, lo más completo posible, sobre los humedales manchegos en sus aspectos naturales.

Por tanto, lo primero que debemos aclarar es qué se entiende por humedal o zona húmeda.

0.1. ¿QUE SON LAS ZONAS HUMEDAS O HUMEDALES?

El término "zonas húmedas" proviene de la traducción del inglés "wetland", en francés "zones humides", términos que inciden fundamentalmente en el hecho de ser un terreno húmedo.

En la Ley de Aguas, del 2 de Agosto de 1985, las zonas húmedas se definieron de forma "oficial" como:

"Las zonas pantanosas o encharcadas incluso las creadas artificialmente"

Esta definición fue ampliada en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, anexo a la citada Ley, incluyendo:

"Las marismas, turberas o aguas rasas, ya sean permanentes o temporales, esten integradas por aguas remansadas o corrientes y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales".

Sin embargo, y pese a esta definición oficial, la expresión "zona húmeda" según Bernáldez (1992): "es incorrecta (precisamente la mayoría de los wetlands son manifestaciones "azonales") y ambigua, pues se presta a confusión con las áreas que, zonalmente, reciben más precipitaciones".

Debido a ésto se impuso el término humedal. No obstante, y como ya han destacado diversos autores, también a este término se le han dado multitud de acepciones.(Alonso et al., 1986; Alcázar et al., 1988).

Una definición que ha sido ampliamente difundida es la de Bernáldez et Montes (1988):

"Los humedales son cualquier unidad funcional del paisaje, que no siendo ni un río ni un lago, constituye una anomalía hídrica positiva en relación con un territorio adyacente más seco. El exceso de humedad debe ser suficientemente importante como para afectar a los procesos biológicos".

Como se puede observar, dicha definición responde claramente al punto de vista de los ecólogos, quienes ponen el énfasis en los procesos biológicos.

Sin embargo, en un sentido estricto, según el Diccionario de la Naturaleza (VVAA, 1988) un humedal es "un terreno húmedo por su elevada capacidad de retención del agua". Se define pues, ante todo, como un terreno.

Este hecho ha sido también destacado por J.J. Sanz Donaire (1989) *quién ha rebautizado a los humedales con el nombre de higrocoras (del griego cora - lugar), poniendo el énfasis, ante todo, en que son terrenos húmedos.*

0.2. EL VALOR DE LOS HUMEDALES

El valor de estos terrenos o humedales, en sentido amplio de la palabra, ha sido explicado en numerosas ocasiones. Sin embargo, no queremos dejar de señalar aquí, cuáles son éstos. Recogiendo las palabras de González Bernáldez (1988) sus principales valores son:

1. Juegan un papel importante en la regulación de los ciclos hídricos y de las inundaciones; debido a su eficacia evaporativa y a su capacidad para desincronizar y retardar picos de crecida.

2. Presentan una productividad más alta que el resto del territorio, ya que permanecen activos en épocas de estío cuando los terrenos de alrededor ya se han secado.

3. La evapotranspiración, procedente de la vegetación de los humedales, actúa como un importante sumidero de energía, contribuyendo de esta forma a la creación de microclimas locales.

4. Los humedales pueden ser importantes áreas productoras de peces y ganado. Por otro lado, los encharcamientos periódicos añaden agua y nutrientes a pastos y cultivos, permitiendo formas especializadas de agricultura.

5. Los humedales son importantes como hábitats de un numeroso grupo de animales, proporcionando agua, alimento y refugio a mariposas, aves, mamíferos, etc. También son refugio de especies vegetales de singular interés.

6. Algunos humedales proporcionan valiosos recursos minerales como la sal común, sales de potasio, bromo, etc.

7. Por último, destaca su riqueza en comunidades microbianas, muy estudiadas como ejemplos de sorprendentes funciones ecológicas y bioquímicas.

0.3. LOS HUMEDALES MANCHEGOS

Una vez definidos los humedales y aclarado el gran valor e interés de estos geosistemas, vamos a centrarnos en los humedales objeto de este estudio: los humedales manchegos.

¿ Por qué se escogió La Mancha?

El endorreísmo manchego ha llamado la atención a un gran número de científicos y estudiosos. Destacan las obras de Dantín Cereceda, Otto Jessen, Pedro Plans, Lautensach, etc. Posteriormente, otros autores desde puntos de vista más especializados, han continuado estudiando algunos de sus aspectos más relevantes: botánica, petroquímica, sedimentología, hidrogeología, etc.

Disponíamos, pues, de unas referencias bibliográficas muy valiosas para aproximarnos al conocimiento de estos geosistemas, en verdad, complejos.

A su vez, el gran número de humedales existente en La Mancha y su gran diversidad nos permitía escoger, como objeto de estudio, humedales con unas características muy particulares, pudiendo comparar así humedales de

distintos orígenes, diferentes dinámicas, distintas características hidroquímicas, con usos muy dispares y que presentan variados estados de conservación. En definitiva, teníamos a nuestro alcance un vasto y complejo número de humedales que habían sido, en algunos casos, estudiados sólo parcialmente.

Por otro lado, nos motivó nuestra gran preocupación ante el rápido proceso de deterioro y desaparición que están sufriendo un gran número de humedales manchegos. De aquella gran "Mancha Húmeda" de la cual hablaba R. Coronado en 1972, con más de 25.000 has y su máximo exponente el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, actualmente, sólo queda una tercera parte encharcable. Por otra parte, el estado de conservación de muchos de los humedales existentes es lamentable, como atestigua la actual situación del mismo Parque Nacional de Las Tablas.

Así pues, llevados por todos estos motivos se escogió La Mancha como lugar de estudio. Sin embargo, La Mancha es una comarca de gran extensión superficial; junto a ésto, nuestro objetivo de hacer un estudio lo más completo posible, llegando a conocer cuáles son los principales parámetros climáticos, litológico-estructurales, geomorfológicos, edáficos, botánicos e hidroquímicos, y cuáles, las interacciones e interrelaciones que existen o existieron entre ellos para condicionar su génesis y explicar la dinámica actual, nos llevó a delimitar un área dentro de la gran comarca manchega.

0.4 DELIMITACION DEL AREA

La Mancha ha sido objeto de estudio de un gran número de autores. Uno de los aspectos más discutidos es el de sus límites. Ver la obra de Otto Jessen (1946); Hernández Pacheco (1949); Revenga Carbonell (1960); García Abbad (1975); Pérez González (1981), etc.

Desde nuestro punto de vista, La Mancha es una gran región natural dentro de la Submeseta Sur española. Se extiende desde el río Júcar al E., hasta las estribaciones más meridionales de los Montes de Toledo al W. Limita al N. con la fosa del Tajo y al S. con Sierra Morena.

Sin embargo, dentro de esta gran región natural se distinguen varias subunidades, entre las que destaca la Llanura Manchega. Esta unidad morfoestructural se extiende desde el río Júcar al E., hasta las estribaciones más surorientales de los Montes de Toledo al NW. y el Campo de Calatrava al SW. Limita al N. con la Sierra de Altomira y al S. con el Campo de Montiel.

Nuestro área de estudio, por lo tanto, se localiza en el borde más septentrional de la Llanura Manchega. Limitando al E. con el río Saona, al S. con el río Záncara, al N. con las estribaciones más meridionales de la S^a de Altomira y al W. con las estribaciones paleozoicas de los Montes de Toledo (relieves de Herencia y Alcázar de San Juan) y el afloramiento granítico de Madridejos-Camuñas.

Administrativamente se encuentra entre las provincias de Toledo al W., Ciudad Real en el centro y Cuenca al E., correspondiendo la mayor superficie a la provincia de Ciudad Real. (Ver mapa 0.1.).

Las coordenadas geográficas que delimitan el sector son:

39° 30' Latitud N (por el norte).

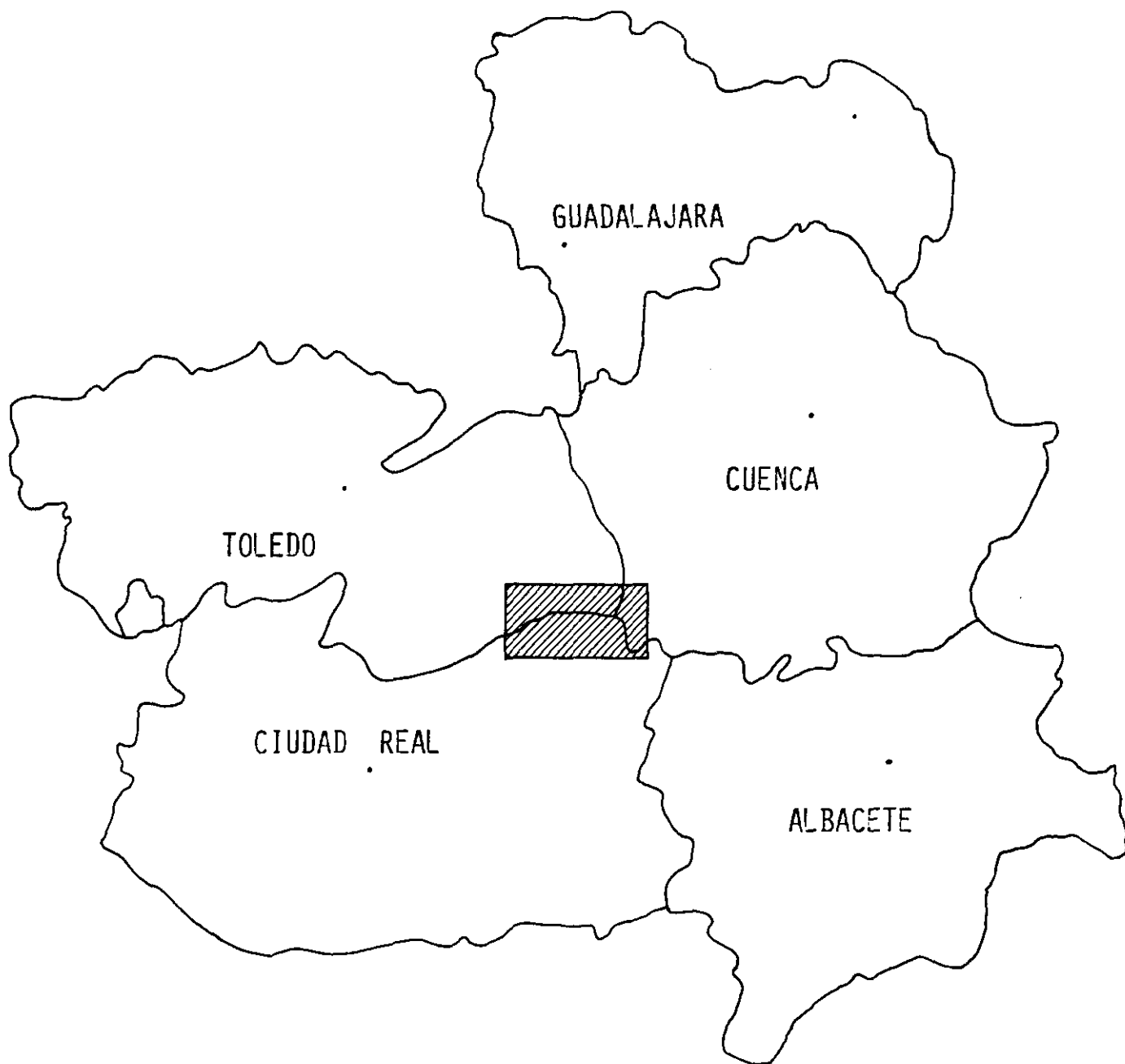
39° 20' Latitud N (por el sur).


02° 48' Longitud W Greenwich (por el este).

03° 27' Longitud W Greenwich (por el oeste).

Desde el punto de vista de la ocupación humana, los núcleos de población que se localizan en el área son, de mayor a menor importancia, Alcázar de San Juan, Campo de Criptana, Pedro Muñoz (Ciudad Real) y Herencia y Villafranca de los Caballeros (Toledo).

MAPA N° 0.1 : CASTILLA - LA MANCHA



 AREA DE ESTUDIO

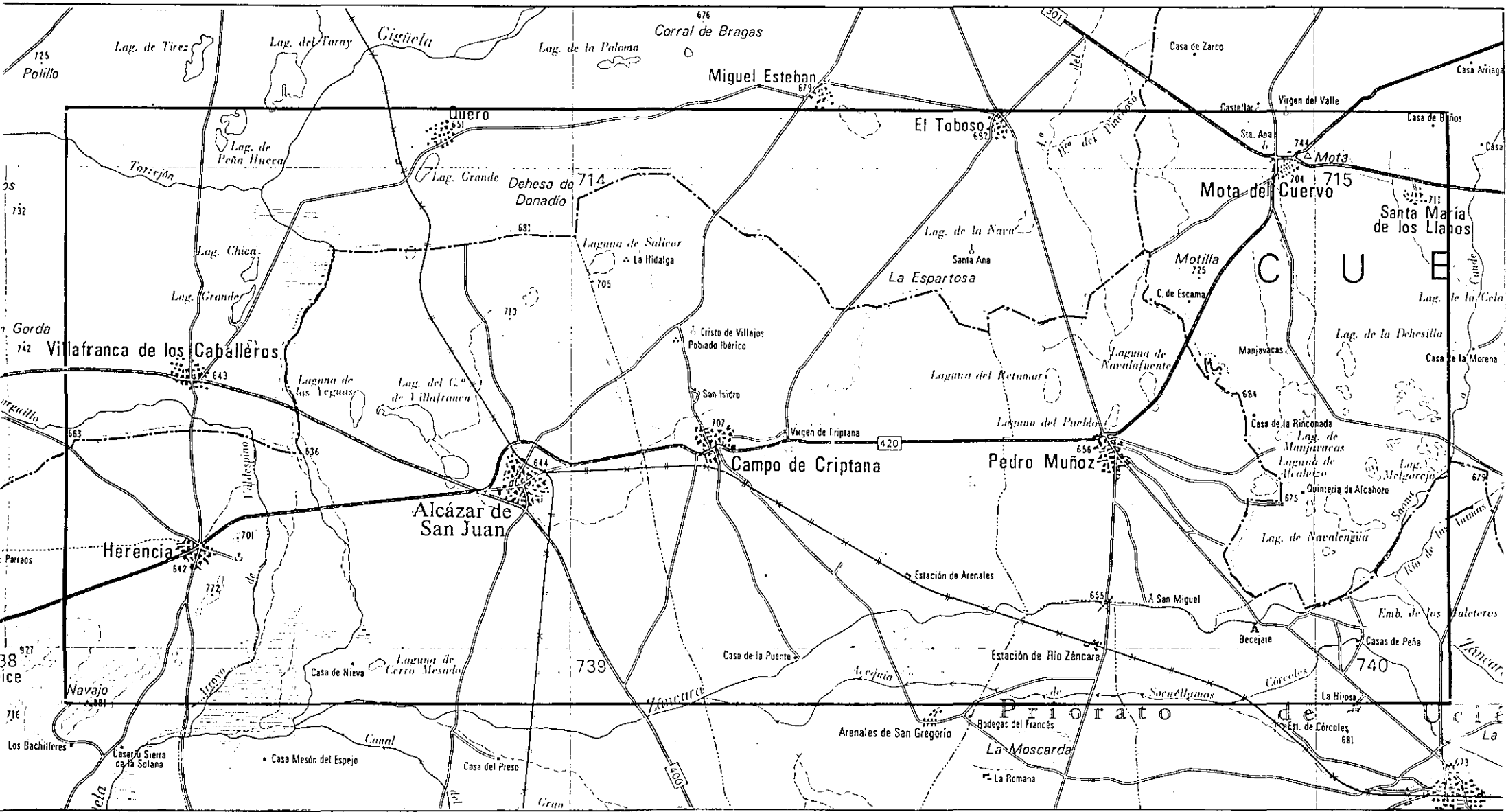
ESCALA 1:400.000



La red de comunicaciones de la zona es bastante densa; destaca la N-420, que atraviesa la zona de SW a NE, uniendo la N-IV (Puerto Lápice) con la N-301 (a Albacete) y con la N-III (Madrid-Valencia); la C-400 de Toledo a Alcázar de San Juan que cruza la zona de W a SE; además, existe un importante número de carreteras locales y una extensa red de caminos rurales, consecuencia de la intensa explotación agrícola de la zona. Completa esta infraestructura, la vía férrea de Madrid-Andalucía que discurre por la zona con dirección N-S. (Ver mapa 0.2.).

Siguiendo con esta primera aproximación al área, y ya desde el punto de vista del medio físico, debe señalarse como rasgo más significativo la planitud. Dentro del área de estudio, tan sólo, destacan las pequeñas elevaciones de las sierras y cerros cuarcíticos del W (Herencia y Alcázar de San Juan), la plataforma jurásica de Campo de Criptana en el centro y los pliegues anticlinales cretácicos del NE. La altitud media es aproximadamente de 750 m, siendo la máxima la del cerro Navajo con 881 m (en la Sª de la Solana) y la mínima en la llanura aluvial del Gigüela, con 628 m.

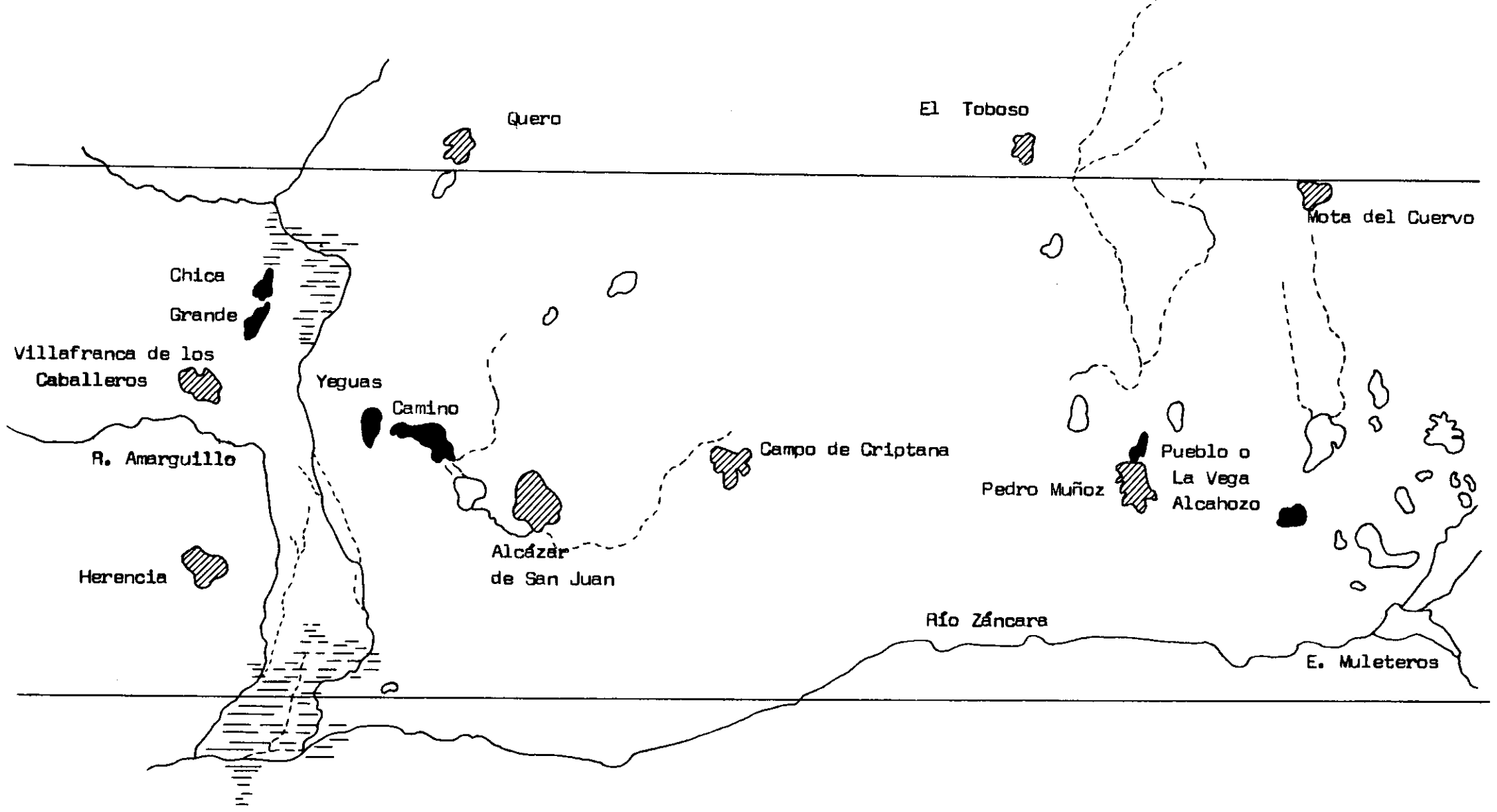
Destaca por otro lado, la insignificante red de drenaje. Tan sólo el Záncara por el S. y el Gigüela y el Amarguillo por el W. tienen caudales significativos, aunque con un régimen fuertemente estacional. Frente a este hecho, llama la atención la cantidad de paleocauces existente. Restos, como ya veremos en el capítulo 3, de la red de avenamiento Pleistocena. También, desde el punto de vista hidrológico, debemos señalar otro de los rasgos más significativos del área: el gran número de lagunas y humedales existente. Su número asciende a 29, si incluimos las áreas encharcables de las orillas del Gigüela, fruto de los desbordamientos que sufría dicho río antes de ser canalizado en 1986. (Actualmente, y dado que esta dinámica de desbordamientos no existe, las llanuras de inundación están perdiendo el carácter de terrenos encharcables). (Ver mapa 0.3.).



MAPA 0.2: LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

ESCALA : 1/200.000





MAPA 0.3: PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA RED HIDROGRAFICA

ESCALA 1: 200.000



De estos 29 humedales, se han seleccionado 6, que de W a E, son: Lagunas Chica y Grande de Villafranca en el término municipal de Villafranca de los Caballeros (Toledo), Laguna de las Yeguas y del Camino de Villafranca, término municipal de Alcázar de San Juan, Laguna del Pueblo (también denominada La Vega) y Laguna de Alcahozo en el término de Pedro Muñoz (Ciudad Real).

0.5. OBJETIVOS

Ya se ha hecho referencia al primero y principal de nuestros objetivos:

1. Llegar a conocer cuáles son los principales parámetros climáticos, litológicos, estructurales, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos que condicionaron la aparición de estos humedales. Y cuáles son las interacciones e interrelaciones que existen o existieron entre éstos y los parámetros edáficos, botánicos e hidroquímicos para condicionar su evolución y su estado actual.

2. Otro de nuestros objetivos, es demostrar la gran variabilidad y dinamismo que existe en estos geosistemas. No sólo desde el punto de vista de sus comunidades animales y vegetales, sino también como medio físico en constante evolución, con la descripción de un sistema morfogenético activo.

3. Este sistema morfogenético, junto con otro factor clave: el descenso generalizado de los niveles freáticos que alimentaban a las lagunas, ha hecho que se altere la dinámica de estos geosistemas. Nuestra tesis, y por tanto el tercer objetivo a demostrar, es la existencia de unas líneas de evolución:

a) La primera: el paso de un estado lacustre, caracterizado por la presencia de agua dulce o ligeramente salobre y por ser un medio rico en oxígeno, a un estado palustre, donde al desaparecer la lámina de agua, desciende el oxígeno y se incrementa el contenido de materia orgánica.

b) La segunda línea: sería la de las lagunas saladas, que pasan de un estado lagunar, con aguas saladas y ricas en oxígeno, a un saladar, donde desaparece la lámina de agua y se genera una fuerte acumulación de sales.

4. Otro objetivo es demostrar la gran complejidad y riqueza de las formas de relieve de la comarca manchega. Frente a lo que habitualmente se dice sobre la simplicidad de las formas de La Mancha, se va a demostrar que esa aparente simplicidad enmascara una realidad compleja, sobre todo desde el punto de vista geomorfológico. Importante precedente y base del estudio geomorfológico de esta tesis ha sido el trabajo de Alfredo Pérez González "Neógeno y Cuaternario de La Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo" (1981).

5. Por último, nuestro quinto objetivo es demostrar que al igual que el hombre ha alterado y explotado la naturaleza de la comarca desde hace miles de años, es éste, en la actualidad, el único agente capaz de restaurar y conservar estos geosistemas de tan excepcional valor.

Para lograr dichos objetivos, se ha llevado a cabo un estudio, cuyas principales fases se exponen a continuación.

0.6. PLAN DE TRABAJO

1. Recogida y estudio de la bibliografía existente de la zona, y en general, de todo lo referente a humedales.

Se consultaron las siguientes bibliotecas:

- Bibliotecas de las Facultades de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Bibliotecas de las Facultades de Ciencias Biológicas de las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid.
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.
- Biblioteca del Instituto de Ciencias Ambientales del CSIC.
- Biblioteca del Instituto Geológico y Minero (IGME).
- Biblioteca de la Dirección General del Medio Ambiente (MOPU).
- Biblioteca de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Ciudad Real.

2. Estudio de la cartografía:

Mapas topográficos:

I.G.N.

- Mapa Provincial. Ciudad Real. Esc. 1/200.000. Tercera edición 1990.
- Hoja 715, El Provencio. Esc. 1/50.000. Primera edición 1942.

Servicio Geográfico del Ejército.

- Hoja 20-28 (713), Alcázar de San Juan. Esc. 1/50.000. Año 1975.
Primera edición 1978.
- Hoja 21-28 (714), Campo de Criptana. Esc. 1/50.000. Año 1979.
Primera edición 1980.
- Hoja 20-27 (687), Villacañas. Esc. 1/50.000.
Año 1975. Tercera edición 1992.
- Hoja 21-27 (688), Quintanar de la Orden. Esc. 1/50.000.
Año 1979. Segunda edición 1990.
- Hoja 22-27 (689), Belmonte. Esc. 1/50.000
Año 1979. Primera edición 1981.
- Hoja 21-29 (739), Alameda de Cervera. Esc. 1/50.000
Año 1975.
- Hoja 22-29 (740), Villarrobledo. Esc. 1/50.000
Año 1976. Segunda edición 1981.

Mapas geológicos:

I.G.M.E.

- Hoja de Toledo (nº 53). Esc. 1/200.000.
Año 1970. Segunda edición 1986.
- Hoja de Campo de Criptana (nº 54). Esc. 1/200.000.
Año 1970. Segunda edición 1987.
- Hoja de Villarta de San Juan (nº 738/20-29)
Esc. 1/50.000. Segunda serie. Primera edición 1988.

Mapa de cultivos y aprovechamientos:

M.A.P.A.

- Hoja de Alcázar de San Juan (nº 713/20-28)

Esc. 1/50.000. Año 1974.

- Hoja de Campo de Criptana (nº 714/21-28)

Esc. 1/50.000. Año 1976.

Mapas edafológicos:

- Mapa de la provincia de Toledo. Esc. 1/200.000.

Fuente: "Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo"

Monturiol et al. (1984)

- Mapa de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real.

Esc. 1/200.000. Fuente: " La fertilidad de los principales suelos agrícolas de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real. La Mancha y Campo de Montiel." Carlevaris et al. (1992).

Mapas hidrogeológicos:

- I.G.M.E. Sistemas acuíferos nº 18, 20 y 23. Esc. 1/200.000

Fuente: "Síntesis hidrogeológica de Castilla La Mancha" (1985).

3. Observación y estudio de la fotografía aérea:

- Vuelo americano. Esc. 1/30.000. (1956).

- Vuelo del I.G.N. Esc. 1/18.000. (1984).

- Vuelo del I.G.N. Esc. 1/40.000. (1990).

4. Observación y estudio de las imágenes del satélite Landsat:

- Fuente: "Estudio mediante teledetección de los efectos derivados de la puesta en marcha del Plan de Regeneración Hídrica del P.N. de las Tablas de Daimiel. (Lagunas al S. de Toledo)." M.O.P.U. (1991).

5. Salidas de reconocimiento de campo, con 4 objetivos fundamentales:

5.1. Comprobación e identificación de los principales elementos del relieve, verificación del trabajo de fotointerpretación.

5.2. Estudio del ciclo hidrológico de las lagunas, durante los ciclos 1988-1989 y 1989-1990. Seguimiento de la evolución de los niveles (lámina de agua superficial y freáticos) y toma de muestras para la obtención de los principales parámetros físico-químicos (pH, alcalinidad, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, turbiedad y oxígeno disuelto).

5.3. Realización de varias calicatas en las proximidades de los vasos lagunares objetos de estudio y toma de muestras para la identificación y clasificación de estos suelos.

5.4. Salidas para conocer y estudiar la vegetación propia de los humedales. Realización de una serie de catenas. Nuestro objetivo: conocer la situación actual de la vegetación y conocer su evolución, comparando las catenas actuales con las catenas y datos recogidos de la bibliografía anterior.

0.7. METODOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Estudio de aguas:

Durante los años hidrológicos 1988-89 y 1989-90, se muestrearon las aguas de las lagunas con periodicidad mensual. Los parámetros estudiados y sus métodos son los siguientes:

- . Niveles: mediante la instalación de escalas.
- . Piezómetros: instalación de tubos de PVC perforados, de 2 metros de profundidad.
- . pH: medido directamente en el campo con pehachímetro.
- . Alcalinidad: método titrimétrico, valorado con ácido standard.
- . Cloruros: método de valoración, con dicromato potásico y nitrato de plata.
- . Nitratos: método colorimétrico, reducción con cadmio.
- . Nitritos: método diazotización.
- . Fosfatos: método colorimétrico, reducción con ácido ascórbico.
- . Sulfatos: método colorimétrico, con cloruro de bario.
- . Turbiedad: método absorciométrico.

Estudio de suelos:

Se han realizado varias calicatas en los humedales estudiados. El método seguido para la descripción, tanto del lugar donde se realizó la calicata, como de los horizontes individuales es el que describe la FAO.

Los parámetros y los métodos de laboratorio utilizados son los siguientes:

- . pH: en solución 1:2.5, con agua destilada.
- . Conductividad medida con conductímetro, solución 1:2.5.
Expresado en dS/cm.
- . Carbonatos: medido con el Calcímetro de Bernard.
Expresado en %
- . Materia orgánica: método del dicromato potásico, valoración con Sal de Mohr. Expresado en %.
- . Textura: método de Bouyoucos, modificado por el método Marton. Expresado en % de arena, limo y arcilla.
- . Fosforo asimilable: método Olsen modificado. Extractante bicarbonato sódico 0.5 N y pH 8.5. Expresado en ppm.
- . Nitratos: método Barbier-Morgan. Extractante Morgan pH 4.83.

0.8. INDICE DEL TRABAJO

Fruto de este plan de trabajo es el estudio que hoy presentamos, cuyos principales apartados son:

1.- Descripción de los humedales seleccionados.

Es una primera aproximación, que incluye un estudio morfométrico de las lagunas y un resumen de sus principales características: génesis, carácter de sus aguas, principales aspectos botánicos y faunísticos, usos y estado de conservación.

2.- El clima. Principal factor condicionante de la actual dinámica de los humedales.

Tras la elección de las estaciones metereológicas más completas: Alcázar de San Juan y Campo de Criptana, realización de un estudio climático de la serie 1961-1990 (30 años), y de los años 1989 y 1990, poniendo especial énfasis en destacar aquellos aspectos que influyen o condicionan la dinámica actual de los humedales.

3.- El marco geomorfológico de La Mancha.

Aspectos litológicos, estructurales y evolutivos que condicionan la presencia de humedales.

Descripción del marco geomorfológico, destacando fundamentalmente aquellos aspectos litológicos, estructurales y tectónicos que condicionaron la génesis y actual presencia de humedales.

Realización de la cartografía geomorfológica, a escala 1/50.000, del área de estudio.

4.- El marco edáfico de La Mancha.

Principales características de los suelos de los humedales.

Se presenta y comenta la cartografía realizada por Monturiol et al. (1984) en Toledo, y por Carlevaris et al. (1992) en Ciudad Real. Realización de calicatas en los suelos de los humedales objeto de estudio. Descripción y clasificación de dichos suelos.

5.- La vegetación climácica de La Mancha.

Particularidades de la vegetación de los humedales.

Dada la escasa superficie ocupada por la vegetación natural en el área de estudio, se ha hecho una breve descripción de la vegetación climácica. Posteriormente, nos hemos centrado en la vegetación propia de los humedales, es decir, vegetación acuática, higrófila y marginal.

Se han recogido los datos de los inventarios y catenas existentes en la bibliografía y se ha realizado un estudio comparativo con la situación actual, representada en las catenas de vegetación realizadas por nosotros en julio de 1992.

6.- La importancia de las aguas subterráneas en la génesis de los humedales.

Como el título indica hemos querido destacar la importancia de las aguas subterráneas en la génesis de los humedales. Breve comentario de la literatura precedente y presentación de la cartografía hidrogeológica realizada por el IGME (1985).

7.- Ciclo hidrológico de las lagunas y principales caracteres hidroquímicos.

Descripción del ciclo hidrológico de las lagunas y comentario de los principales parámetros físico-químicos de sus aguas (pH, alcalinidad, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, turbidez y oxígeno disuelto).

8.- Conclusiones.

Por último, y para terminar esta introducción, me gustaría señalar dos hechos:

1. Es la primera vez, que se estudian los humedales desde una óptica geosistémica, es decir, compendiando y correlacionando todos los parámetros que influyen o influyeron en la génesis, evolución y estado actual de éstos.

2. Por otro lado, es la primera vez, que en una tesis de Geografía Física se presentan datos de hidroquímica y datos de edafología obtenidos en nuestro laboratorio. Por lo tanto, hemos iniciado en nuestro Departamento una línea de investigación, con lo que ello conlleva de planteamiento y resolución de muchos y nuevos problemas.

De esta forma, hoy presento con gran satisfacción esta tesis, con la esperanza de que este trabajo sirva como pionero de una nueva etapa en las líneas de investigación del Departamento, y con la seguridad de que muy pronto será superado por la mayor experiencia y el mejor conocimiento de las técnicas.

1.- DESCRIPCION DE LOS HUMEDALES SELECCIONADOS

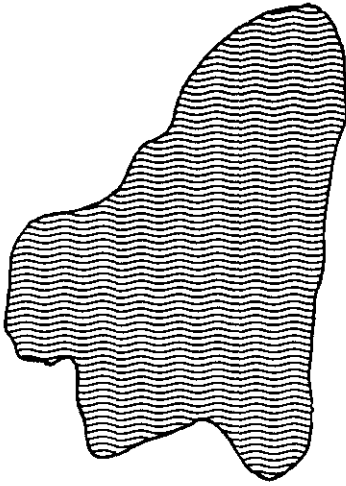
Aunque todos los humedales seleccionados aparecen denominados como lagunas, queremos señalar que bajo esta denominación, como ya comente al explicar que entendíamos por humedales, se estudia no sólo el área encharcada y las características de estas aguas, sino también las áreas adyacentes, terrenos encharcables que se caracterizan por la humedad de sus suelos y por el desarrollo de una vegetación específica.

LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILLAFRANCA

Se encuentran en el término municipal de Villafranca de los Caballeros (Toledo), a 2 km al NE. de dicho municipio (por la carretera local que une Quero con Villafranca).

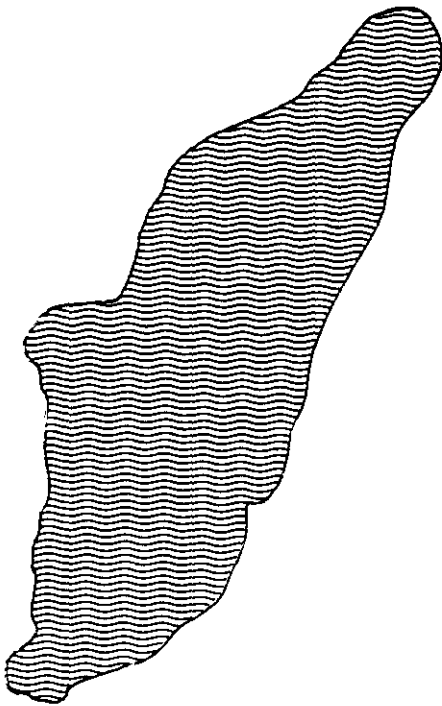
Ambas se encuentran a una altitud de 649 m. y sus caracteres morfométricos son (Ver Fig. nº 1.1):

LAGUNA CHICA DE VILAFRANCA
Escala 1: 18.000



Altitud	649 m.
Longitud máx.	1,17 Km.
Anchura máx.	0,79 Km.
Perímetro	3,15 Km.
Superficie	0,53 Km2.

LAGUNA GRANDE DE VILAFRANCA
Escala 1: 18.000



Altitud	649 m.
Longitud máx.	1,87 Km.
Anchura máx.	0,70 Km.
Perímetro	4,32 Km.
Superficie	0,75 Km2.

FIGURA Nº 1. 1.

<u>LA CHICA:</u>	Longitud máxima:	1.17 km
	Anchura máxima:	0.79 km
	Perímetro:	3.15 km
	Superficie:	0.53 km ²

<u>LA GRANDE:</u>	Longitud máxima:	1.87 km
	Anchura máxima:	0.70 km
	Perímetro:	4.32 km
	Superficie:	0.75 km ²

Las figuras han sido obtenidas de la fotografía aérea y por tanto debemos puntualizar que las medidas aquí recogidas corresponden al momento de máximo encharcamiento.¹

Se encuentran unidas por medio de un canal artificial.

Geológicamente se asientan sobre depósitos de origen cuaternario, de carácter fluvial, estando bordeados por materiales de edad triásica (areniscas, yesos, etc.).

El origen de sus cubetas lo atribuimos a la conjunción de varias causas:

1. En primer lugar, podríamos decir que son de origen fluvial puesto que se localizan en una difluencia del río Gigüela, seguramente activa en el Pleistoceno y posteriormente abandonada.

2. En segundo lugar, en su origen también participan factores de carácter estructural, ya que se encuentran entre dos cuevas, quedando sus cubetas situadas en el dorso de la más occidental y entre dos frentes escarpados.

¹ Son, pues, valores de carácter estacional, ya que en las épocas de estiaje las superficies encharcadas se reducen drásticamente, llegando incluso en el caso de las lagunas estacionales a desaparecer.

3. En tercer lugar, el origen de ambos humedales también se debe a la influencia tectónica. La localización N-S de un numeroso grupo de lagunas, así como las direcciones paralelas de los ríos hace suponer la presencia de una influencia tectónica profunda, es decir, la presencia de fracturas en el zócalo que condicionan la localización de dichos accidentes. (Martín Escorza, 1975; Sanz Donaire, 1989).

En cuanto a sus aguas son de carácter permanente y salobres. Se alimentan directamente, mediante un canal artificial, de las aguas del río Gigüela.

Desde el punto de vista de la vegetación, ambas lagunas presentan, en aquellas orillas que no han sido alteradas, una clara cliserie de plantas que se adaptan a las variaciones de humedad y salinidad.

Así, se pueden describir, desde la orilla del agua hacia el exterior, es decir, desde una mayor a una menor humedad y desde una menor a una mayor salinidad, una serie de orlas: en primer lugar, las plantas higrófilas, en suelos permanentemente encharcados, con la presencia de Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steudel y Scirpus maritimus L.; le suceden las praderas juncuales de Juncus subulatus Forsskal y Juncus gerardi Loisel; a continuación, se encuentran las praderas halófilas gramínoideas, cuyas especies más características son Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell; y por último, aparecen las comunidades propias de los saladares, especies de quenopodiáceas cuyas plantas más representativas son Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo y Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin.

Respecto a la fauna, destaca la existencia de peces, especialmente carpas (Cyprinus carpio). Ello conlleva la presencia de abundantes especies piscívoras como son las garzas (Ardea cinerea), somormujos (Podiceps cristatus), cormoranes (Phalacrocorax carbo), etc. También son frecuentes otras aves acuáticas como el pato colorado (Netta rufina), ánade real (Anas platyrhynchos), cerceta común (Anas crecca), pato cuchara (Anas clypeata),

porrón común (*Aythya ferina*), anade rabudo (*Anas acuta*), y fochas (*Fulica atra*).

Hasta 1991 se practicaba la pesca en ambas lagunas, sin embargo, actualmente esta actividad ha sido prohibida. Frente a esto, se ha potenciado el uso recreativo en la laguna Grande. Para ello, se ha profundizado algunas zonas del vaso lagunar, se ha limpiado de vegetación las márgenes más cercanas al pueblo (orillas S y SE) creándose así unos playazos que facilitan el acceso de los veraneantes.

La práctica de los baños no es reciente, sino que tiene una larga tradición, pues ya, en el Diccionario Geográfico Histórico Estadístico de Pascual Madoz (1845-1850) se decía:

"Al N. de la villa hay una laguna de 3/4 de largo de circunferencia, cuyo mayor fondo son 4 varas y se ceba con las aguas del Gigüela por medio de una compuerta de hierro, sus aguas son salitrosas, muy semejantes a las del mar, por cuya razón los naturales de aquellos pueblos se bañan en ellas y la experiencia ha acreditado sus maravillosos efectos".

También se refiere a la pesca:

"Del río sale un canal para surtir de agua a la laguna de Villafranca con el objeto de sostener y conservar la pesca de ella".

Actualmente, son propiedad del Ayuntamiento y están siendo gestionadas por la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha. Entre las actividades que se realizan, destacar:

- el cerramiento de las lagunas para impedir el paso de los pescadores y del ganado, y así conservar el buen estado de la vegetación y de las orillas.
- el control mediante quemas periódicas de la vegetación (sobre todo de los carrizales).
- seguimiento y control de la avifauna mediante la realización de censos.

LAGUNA DE LAS YEGUAS Y DEL CAMINO DE VILAFRANCA

Se encuentran en el término municipal de Alcázar de San Juan, a 3 km al NW de dicha población. La de mayor extensión es la del Camino, y unida a ésta por un canal (de unos 500 mts) se encuentra la de las Yeguas. Ambas se hallan a una altitud de 638 m sobre el nivel del mar. Los caracteres morfométricos de ambas lagunas se pueden observar en las figuras nº 1.2 y 1.3.:

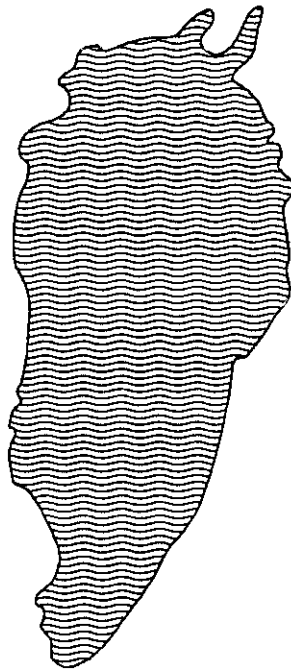
<u>YEGUAS:</u>	Longitud máxima:	1.62 km
	Anchura máxima:	0.68 km
	Perímetro:	3.96 km
	Superficie:	0.66 km ²

<u>CAMINO:</u>	Longitud máxima:	2.52 km
	Anchura máxima :	1.00 km
	Perímetro:	8.73 km
	Superficie:	1.85 km ²

Es interesante destacar la diferencia tan importante que existe en la forma de ambas lagunas, la de las Yeguas es alargada con un eje longitudinal mucho mayor al de su anchura, mientras que la del Camino tiene una forma que podríamos definirla como "reniforme" o de riñon con un eje horizontal mucho mayor que el vertical.

Desde el punto de vista geológico están situadas sobre depósitos cuaternarios de origen fluvial, limitados por materiales triásicos " areniscas, arcillas y aleuritas de color rojo vinoso propias del Buntsandstein y las margas irisadas, arcillas abigarradas y yesos del Keuper" Carlevaris et al. 1992.

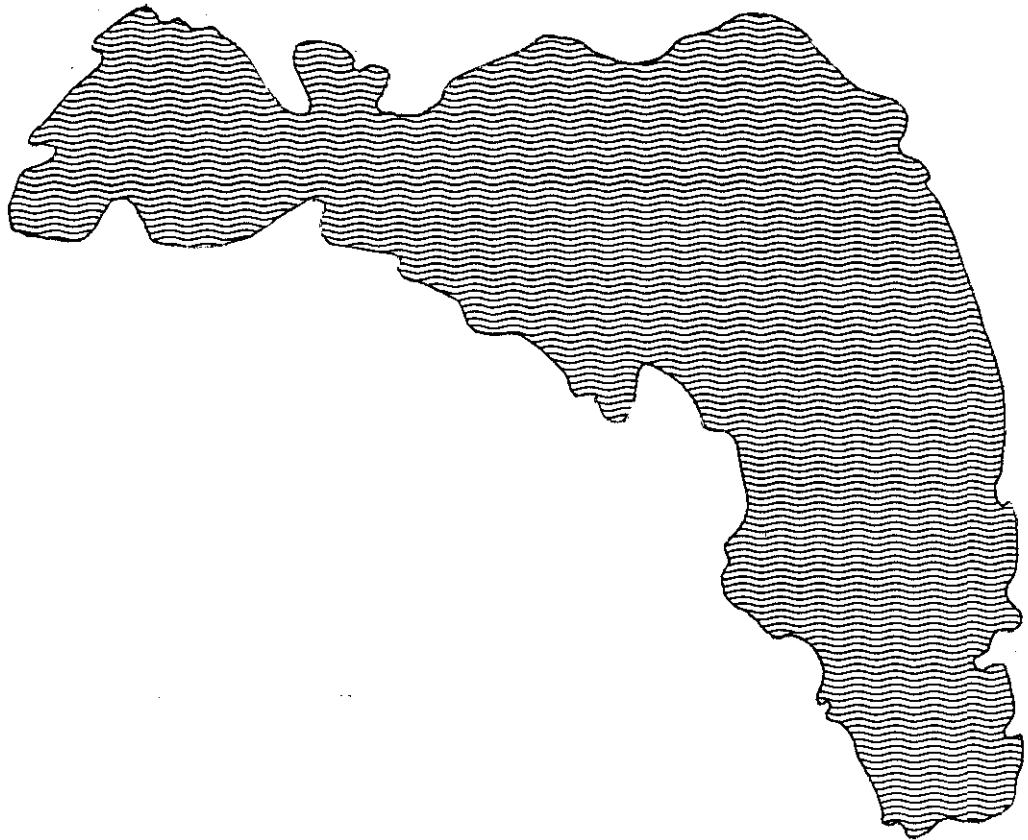
LAGUNA DE LAS YEGUAS
Escala 1: 18.000



Altitud	538 m.
Longitud máxima	1,62 Km.
Anchura máxima	0,68 Km.
Perímetro	3,96 Km.
Superficie	0,66 Km.

FIGURA Nº 1. 2.

LAGUNA DEL CAMINO DE VILAFRANCA
Escala 1: 18.000



Altitud	638 m.
Longitud máx.	2,52 Km.
Anchura máx.	1,00 Km.
Perímetro	8,73 Km.
Superficie	1,85 Km ² .

FIGURA Nº 1. 3.

El origen de estas lagunas ha sido definido por un gran número de autores como endorreico ². Sin embargo, ya en 1946, Otto Jessen señaló con exactitud su origen: "La mayoría de las lagunas son restos de cauces de ríos de la época diluvial, que a fines de la fase lluviosa quedaron segmentados y cegados a trechos". Este hecho se puede constatar en la actualidad, ya que en los cortes existentes en el terreno, entre el río Gigüela y la laguna de las Yeguas, se observa un depósito de materiales finos areno-limosos, con pequeños cantos rodados propio de ambientes fluviales.

Sus aguas son estacionales hecho que se ha acentuado, especialmente en la laguna del Camino, al desaparecer los tres pequeños arroyos que contribuían a su alimentación. Por otra parte, estos últimos años han sido especialmente secos. Es muy probable, que en años más lluviosos, como ocurrió tras las tormentas de septiembre-octubre de 1988, la laguna del Camino mantenga una pequeña lámina de agua de un ciclo a otro. Son de carácter salino, aunque el hecho de que se vertieran las aguas residuales del vecino núcleo de Alcázar de San Juan, ha alterado en gran medida las características físico-químicas de dichas aguas (sobre todo en cuanto al contenido de nutrientes).

Aunque la cuenca de ambas lagunas está cultivada casi en su totalidad, aún se conservan importantes parcelas de vegetación natural. Destacan las comunidades xerohalófilas y halonitrófilas de Salicornia ramossisima J.Woods, Salsola soda L., Suaeda spicata (Willd.) Moq., Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron y diversos Limonium (Limonium tournefortii (Boiss.) Erben, L. latebracteatum Erben, L. supinum (Girard) Pignatti).

Desde el punto de vista faunístico, destaca la presencia de la pagaza piconegra (Gelochelidon nilotica), cigüeñuela (Himantopus himantopus), avoceta (Recurvirostra avosetta), chorlitejo patinegro (Charadrius alexandrinus) y

² Desde nuestro punto de vista, es erróneo hablar de origen endorreico, ya que el endorreísmo no es un origen sino una particularidad de la laguna.

chorlito chico (Charadrius dubius). Además de un gran número de anátidas: ánade real (Anas platyrhynchos), pato cuchara (Anas clypeata), ánade rabudo (Anas acuta), ánade silbón (Anas penelope), cerceta común (Anas crecca), porrón común (Aythya ferina), etc.

La gran importancia de estas lagunas, tanto desde el punto de vista faunístico como botánico, fue lo que motivó a la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha a hacerse cargo, desde 1990, del mantenimiento y la realización de un plan de protección y recuperación de la vegetación autóctona (los detalles de dicho plan se ampliarán en el capítulo de vegetación).

Algunos de los testimonios más interesantes que se han recogido de la bibliografía sobre estas lagunas son:

- "La explotación de las sales magnésicas en la zona endorreica manchega" Blasco, F. (1942).

"Las otras dos (refiriéndose a las lagunas de las Yeguas y del Camino de Villafranca) poseen aguas pero son inexplotables (sus sales), pues la red de alcantarillado de Alcázar va a desaguar a la laguna del Camino de Villafranca, la cual se encuentra comunicada con la de las Yeguas por un canal hecho al objeto de ampliar la superficie contando con que los inconvenientes higiénicos disminuirían..."

"Respecto a la composición de sus aguas no se puede dar resultado alguno, pues no se tomó muestra, por el estado de las mismas..."

- "La Mancha. Contribución al estudio geográfico de Castilla La Nueva" Otto Jessen (1946).

"Algunas lagunas se mantienen llenas en la estación seca, y sólo desciende su nivel. Esto es debido a que unas están bastante encajadas en el

terreno, y otras llegan a cortar el nivel de agua freática o subterránea. Entre estas últimas podremos citar la laguna de Villafranca, 3'5 km al NO. de Alcázar, que, lo mismo que la laguna de las Yeguas, queda al mismo nivel que la depresión del vecino río Gigüela. Su suelo, en el verano, aparece cubierto por una capa de agua estancada, sucia y maloliente, de 1'5 metros de profundidad".

- Catálogo de los lagos de España. Pardo, L. (1948).

Localiza, y describe los caracteres morfométricos de las lagunas. A esto, añade: "Son lagunas esteparias y de aguas estacionales" ³.

- "Observaciones limnológicas en las lagunas de La Mancha". Armengol et al. (1975).

Ofrecen datos de los análisis químicos de las aguas y un listado de los organismos vivos encontrados en éstas.

- "Contribución al conocimiento de las lagunas de Alcázar de San Juan". Otero Muerza, C. (1980).

"Ambas lagunas son de origen endorreico, siendo en sus orígenes de aguas salinas ... La situación actual es muy distinta, pues los vertidos orgánicos de la vecina población han venido a convertirlas en una charca de aguas opacas y malolientes".

³ Se definen las lagunas como esteparias, dicho término fue introducido por R. Prosper (1915) cuando al hablar de la vegetación del centro peninsular habló de especies esteparias. Desde nuestro punto de vista, dicha definición es equívoca ya que, en sentido estricto, la estepa es una formación vegetal con clima continental seco, de verano lluvioso y de inviernos muy fríos (normalmente un BSk). Hablar de dicho clima en España, como ya señalaron López Gómez y López Gómez (1959) es impropio. Estos autores prefirieron distinguir para nuestras latitudes un BSj, que es el intermedio entre el BSk y el BSh.

- Catálogo del ICONA (1989).

De la laguna de las Yeguas, da la información siguiente:

"Laguna esteparia, de origen endorreico de la zona media del río Gigüela, en íntima conexión con la laguna del Camino de Villafranca (...) De aguas estacionales y saladas".

En cuanto a la información biológica, afirma:

"Ecosistema lacustre con aguas muy salobres orlada por una vegetación de carrizo de densidad desigual. Por sus condiciones es utilizada por la avifauna como lugar de cría más que de nidificación. Hay que destacar en ella la presencia de la pagaza piconegra (Gelochelidon nilotica), avoceta (Recurvirostra avosetta), cigüeñuela (Himantopus himantopus), carricero común (Acrocephalus scirpaceus), canastera (Glareola pratincola), chorlito patinegro (Charadrius alexandrinus), ánade friso (Anas strepera) y gaviota reidora (Larus ridibundus)".

De la laguna del Camino de Villafranca, afirma:

"Laguna esteparia, de origen endorreico, en íntima conexión con la de las Yeguas. Localizada en una suave depresión del terreno sin posible esorrentía hacia otras zonas limítrofes. Tiene por emisarios tres arroyos intermitentes (...) De aguas permanentes y saladas" ⁴.

⁴ Me parece errónea la utilización del término emisarios para referirse a los tres pequeños arroyos que afluyen a la laguna. Desde mi punto de vista, emisarios serían aquellos cauces o arroyos que fluyeran desde la laguna hacia el exterior.

Desde el punto de vista biológico:

"Ecosistema lacustre con aguas sumamente salobres y muy ricas en materia orgánica que constituye un excelente medio para la cría de la avifauna acuática; en medio de la laguna existen seis islas donde nidifican las aves. En la parte norte la vegetación está formada por carrizo. Entre las aves que nidifican citamos la pagaza piconegra (Gelochelidon nilotica), avoceta (Recurvirostra avosetta), cigüeñuela (Himantopus himantopus), carricero común (Acrocephalus scirpaceus), canastera (Glareola pratincta), ánade friso (Anas strepera) y gaviota reidora (Larus ridibundus)".

Entre los problemas que destaca:

"Contaminación por los vertidos de Alcázar y formación de estercoleros en las márgenes" ⁵.

Fueron declaradas Refugio de Caza (Decreto 128/1988 del 10 de Octubre). Actualmente, y desde 1990, están siendo gestionadas por la Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha. Por último, señalar el reconocimiento del que han sido objeto al ser incluidas en la lista de Ramsar en 1993.

Aunque el primer testimonio escrito es de 1942, se tienen noticias de que el vertido de aguas residuales comenzó en la década de los 20. Así pues, la primera conclusión que se puede obtener de todos estos testimonios es que se desconoce el estado natural de las lagunas, ya que el vertido continuado de las aguas residuales supone, no sólo una alteración de la calidad de las aguas, sino también un aumento de la superficie encharcada.

⁵ Tras leer estos datos, no podemos dejar de hacer algunos comentarios:

1. Los autores del catálogo del ICONA son limnólogos, por tanto, tienden a identificar la lámina de agua con el humedal.

2. Por otra parte, centran su interés en la presencia de aves acuáticas, citando de forma muy somera la presencia de vegetación hidrófila, elemento que, desde nuestro punto de vista, es clave para conocer la extensión del humedal entendiendo éste no sólo como una lámina de agua sino también como los terrenos húmedos adyacentes.

Otros datos sobre la evolución de la superficie encharcada se han obtenido por medio de la observación de las fotografías aéreas y de satélite. Nuestras principales apreciaciones sobre dicha evolución son las siguientes: en 1975, aparece en el mapa topográfico a escala 1/50.000 (Hoja 713), una nueva laguna, la de la Veguilla, justo en las inmediaciones de la población.

En 1979, la laguna de la Veguilla y la del Camino aparecen formando una única superficie encharcada. Esto es debido a la suma del caudal de las aguas residuales con el de las precipitaciones, que en los últimos años de los 70 , (años 1976, 77, 78, y 79) registraron precipitaciones superiores a los 400 mm.

Frente a esto, en la década de los 80 comienzan a notarse los efectos del descenso del nivel freático, con lo que ya en el verano de 1981, las lagunas de las Yeguas, Camino y Veguilla, aunque mantienen humedad en el suelo no presentan lámina de agua. (Landsat, 24 sept. 1981).

Así pues, con el descenso del nivel freático comienza a verse una clara dependencia entre la mayor o menor permanencia del agua y el régimen de precipitaciones. Este hecho, se verá acentuado tras 1982, año en que por problemas de salubridad, se cortó el aporte de aguas residuales. De esta forma, unos años más tarde, en el verano de 1987, la laguna de las Yeguas y del Camino presentan, tan sólo, pequeñas áreas encharcadas y la Veguilla aparece totalmente desecada. (Landsat, 10 julio 1987).

En el verano de 1988, no presentan lámina de agua ninguna de las tres lagunas, con lo que se puede describir su régimen como claramente estacional. (Landsat, 12 julio 1988).

Sin embargo, en verano de 1989, y debido a las fuertes tormentas de otoño, tanto la laguna de las Yeguas como la del Camino aparecen con agua e incluso en la Veguilla se detecta un alto grado de humedad. (Landsat, 15 julio 1989).

A partir de aquí, sin embargo, dadas las escasas precipitaciones de estos últimos años, las lagunas han vuelto a presentar un régimen marcadamente estacional. A pesar que, desde 1990, en la laguna del Camino se han vuelto a verter aguas (esta vez depuradas) del vecino núcleo de Alcázar.

La decisión de aportar nuevamente un caudal extra a la laguna del Camino fue tomada tras la realización de un estudio hidrológico de la cuenca. En dicho estudio consta que la eliminación (por la puesta en cultivo de sus cauces) de los tres pequeños arroyos que ayudaban a la alimentación de la laguna, podía ser sustituido por este caudal extra, en un intento de recuperar la dinámica natural y desde luego sin provocar ninguna alteración o perjuicio en el ecosistema (por otra parte ya muy alterado por el aporte de aguas residuales, sin depurar, desde la década de los 20 hasta 1982).

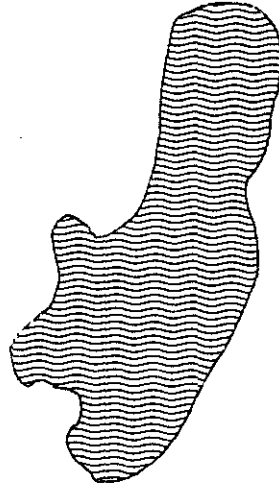
LAGUNA DEL PUEBLO O DE LA VEGA

Situada en el término municipal de Pedro Muñoz, justo al N. de dicha población. Se encuentra a una altitud de 654 m sobre el nivel del mar. Sus principales caracteres morfométricos son como se puede observar en la figura nº 1.4:

Longitud máxima:	1.17 km
Anchura máxima:	0.46 km
Perímetro:	2.88 km
Superficie:	0.36 km ²

Respecto a su forma no debemos dejar de señalar que ha sido muy alterada por el hombre, ya que al estar junto a la población ha servido de vertedero y basurero siendo su vaso en gran parte relleno.

LAGUNA DEL PUEBLO o de LA VEGA
Escala 1: 18.000



Altitud	654 m.
Longitud máx.	1,17 Km.
Anchura máx.	0,46 Km.
Perímetro	2,88 Km.
Superficie	0,36 Km ² .

FIGURA N^o 1.4.

Geológicamente se encuentra entre dos anticlinales calizos mesozoicos, últimas estribaciones de la S^a de Altomira, en un sinclinal relleno con materiales paleógenos (arcillas rojizas, areniscas pardas y calizas gris blanquecino). Limita al S. con las superficies de erosión pliocenas, lo que implica que nos encontramos en el límite entre el dominio mesozoico, de estructuras plegadas del Sistema Ibérico (S^a de Altomira) y el dominio cenozoico, de cuenca de colmatación y posterior elaboración de superficies de erosión que conforman la actual llanura manchega.

La literatura clásica define el origen de esta laguna como endorreico (Pardo, L. 1948; Plans, P. 1969). Es obvio, que la laguna se encuentra en una pequeña depresión, y que aquí, se recogen las aguas de escorrentía de su cuenca. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, esto no basta para explicar el origen de la laguna. Así, nosotros creemos que junto a las aguas de escorrentía, y a las precipitaciones que caen directamente al vaso lagunar, habría que añadir, al menos en su origen, un aporte de aguas subterráneas. Su localización al pie de las sierras calcáreas (áreas de recarga de los acuíferos) hace pensar en la posibilidad de que la laguna fuera un punto de descarga de flujos locales (esta hipótesis se expondrá más detalladamente en el capítulo de hidrogeología).

Sus aguas originariamente eran salinas y de marcado carácter estacional. Sin embargo, tras 1973, año en que comenzó el aporte de aguas residuales del vecino núcleo de Pedro Muñoz, la laguna fue perdiendo el carácter estacional, y adquiriendo sus aguas una menor salinidad.

Como se acaba de comentar, la laguna se encuentra justo al N. del núcleo de Pedro Muñoz, este hecho ha sido la causa de que se produjeran graves alteraciones: vertido de aguas residuales, vertido de industrias químicas, vertido de escombros y basuras.

Todo esto ha alterado gravemente el estado original de la laguna. Uno de los aspectos que más significativamente ha acusado estos cambios es la vegetación. En la actualidad, se pueden observar anchas bandas de vegetación higrófila Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steudel y Scirpus maritimus L. que se han desarrollado en detrimento de una interesante comunidad de quenopodiáceas con Salicornia ramosissima J. Woods fundamentalmente y la presencia de Cressa cretica L., actualmente relegada a pequeñas áreas en las orillas más alejadas y por tanto, menos alteradas por el hombre.

Frente a esto, desde el punto de vista faunístico, el gran aporte de nutrientes que supone el vertido de aguas residuales ha servido como reclamo a un gran número de aves, siendo en la actualidad, una de las lagunas más interesantes de La Mancha desde el punto de vista ornitológico.

Ante esta situación, la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha adquirió la laguna en 1988, y puso en marcha un proyecto de restauración, cuyas líneas generales fueron:

- Limpieza de basuras y escombros.
- Desmonte del camino que dividía la laguna en dos.
- Restauración de las márgenes, respetando aquellas áreas donde existía vegetación natural y repoblando con tarayes (Tamarix canariensis Willd.) los taludes creados artificialmente, tras la limpieza de los escombros.
- Creación de una isla para facilitar la nidificación de las aves.

Un aspecto que quedaba por resolver era el vertido de aguas residuales. En espera de la instalación de una estación depuradora, solución definitiva, cuyo proyecto se está llevando a cabo en la actualidad, la medida que se adoptó fue la construcción de un canal que obligará a las aguas a discurrir a través de varias balsas y de un denso carrizal, de forma que funcionase como trampa de sedimentos y filtro verde. Jimenez Garcia-Herrera (1990)

Como resultado de la gestión que se está llevando a cabo, habría que señalar el reconocimiento internacional de que ha sido objeto en 1989, al ser incluida en la lista Ramsar, como hábitat de importancia internacional para las aves acuáticas.

Otros datos recogidos de la bibliografía y que creemos de interés son:

- Diccionario Geográfico-Histórico-Estadístico.

Madoz, P.(1845-50).

"Se encuentra en un suave declive que concluye en una laguna pantanosa, es de clima templado, reinan los vientos del E. y O. y se padecen tercianas (...). Se surte de aguas potables en dos grandes pozos al E. llamados el Nuevo y el Calvario, de excelente calidad, existiendo por último al O. la laguna referida, que es una verdadera madrastra por sus pútridas emanaciones".

- Las estepas de España y su vegetación. Prosper, R. (1915).

"Las lagunas situadas cerca de Pedro Muñoz me dicen llevan desecadas ya algunos años, así en invierno como en la estación estival, después de la época en que las visité. El nivel del agua de los pozos en aquella comarca ha bajado mucho".

- Catálogo de los lagos de España. Pardo, L. (1948).

"Laguna esteparia, la más pequeña de las lagunas del término de Pedro Muñoz, de aguas estacionales".

- Problemas del endorreísmo español. Plans, P. (1969).

"La Vega es fruto de un endorreísmo sencillo, en donde las aguas se acumulan en una pequeña depresión".

- Catálogo del ICONA (1989).

"Laguna esteparia de origen endorreico, marginal del Alto Záncara, perteneciente a la denominada Mancha Húmeda. Durante las épocas de lluvias recibe aguas de escorrentía, las residuales de la población y las de la Zanja Riachuelo. Las aguas residuales son las que evitan la total desecación de la laguna (...) de aguas permanentes y saladas"⁶.

Desde el punto de vista biológico, afirma:

"Ecosistema lacustre con aguas ricas en materia orgánica, cuya vegetación dominante es el carrizo de escaso porte; en las zonas limítrofes hay indicios de gramíneas y pequeñas manchas de juncos. De gran atracción para las ánades, que la utilizan principalmente como sesteadero; algunas parejas de ánade real nidifican y crían en la zona".

Impactos:

"Vertidos residuales de la población y aprovechamiento anárquico de la caza".

Actualmente, es Refugio de Caza tras la declaración del 17 de Mayo de 1988. Y como ya comentamos fue incluida en la lista de Ramsar en 1989, como habitat de importancia internacional para las aves acuáticas.

⁶ El término Mancha Húmeda fue acuñado por R. Coronado en 1972, en un estudio inédito que tituló "Informe sobre los recursos naturales de La Mancha Húmeda". Como tal describe una "amplia región delimitada en las provincias de Ciudad Real, parte de Toledo y una pequeña porción de la de Cuenca. Se extiende a lo largo de los ríos Gigüela, Riánsares, Záncara y Guadiana principalmente, ocupando una superficie superior a las 25.000 has".

Por último, señalar como dato de interés histórico-geográfico la existencia de restos arqueológicos de la era del Bronce, que están siendo estudiados en la actualidad por el profesor Victor Fernández, quién ha hecho ver la importancia de estas masas de agua para explicar la localización de los asentamientos humanos.

LAGUNA DE ALCAHOZO

Entre los muchos y variados humedales que salpican La Mancha, se ha intentado seleccionar aquellos que nos parecían más representativos de una determinada tipología. Así, por ejemplo, las lagunas Chica y Grande se escogieron por ser humedales ligados a un cauce fluvial; las lagunas del Camino y de las Yeguas, se escogieron por estar localizadas sobre un sustrato triásico y también por el hecho de haber sufrido vertidos; la de la Vega, por mostrar la especial particularidad de estar gestionadas por el hombre; y por último, la de Alcahozo escogida por su carácter hipersalino, su marcada estacionalidad, su origen karstico y otra serie de particularidades que le conferían un excepcional interés y una gran belleza.

Pronto descubrimos que esta situación no era la original y que su estado actual se debía en gran medida a la mano del hombre. Este con su afán de regar ha provocado, como tendremos ocasión de comprobar un fuerte descenso de los niveles freáticos, quedando muchos de los humedales, antiguas áreas de descarga, sin esta importante fuente de alimentación. A esto, pues, es debido la desecación de su manantial, y a esto, como veremos más adelante su actual estado de conservación.

Pero conozcamos más datos de esta interesante laguna.

Lo primero que llama la atención es su nombre Alcahozo, que puede provenir de dos términos salmantinos "cadoso o cadozo" y "cahozo". Los significados de ambos términos son según González Bernáldez (1992):

Cadozo o cadoso: "es una olla o poza, parte más profunda de un río o una laguna".

Cahozo: "Charca resultante de la interrupción por sequía del curso de un arroyo o regato, que forma conexión entre varios de estos cahozos".

Se encuentra en la cuenca del Alto Záncara, en el término municipal de Pedro Muñoz, a 5 km al SE. de dicho municipio. A una altitud 662 m sobre el nivel del mar. Sus principales rasgos morfométricos son como se puede observar en la figura 1.5.:

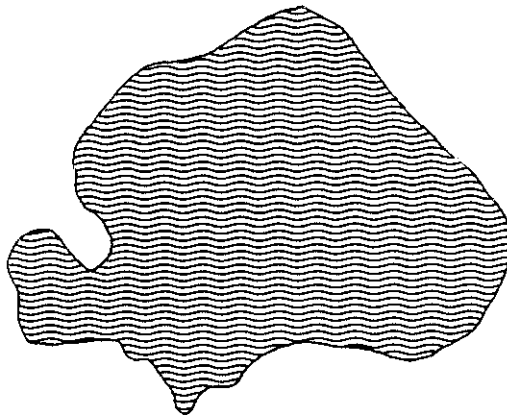
Longitud máxima:	1.17 km
Anchura máxima:	0.82 km
Perímetro:	3.60 km
Superficie:	0.68 km ²

Resulta interesante destacar que de todas las lagunas estudiadas es la que tiene una forma más circular, este hecho como volveremos a comentar más adelante se ha relacionado con un posible origen karstico.

Alcahozo está situada en una suave depresión rellena, desde el punto de vista geológico, por materiales pliocuaternarios. Esta pequeña cuenca está limitada por unos ligeros escarpes, que son los bordes de las superficies de erosión pliocenas, dichas superficies adquieren su mayor desarrollo hacia el S. y SW.

Su origen, como ya se ha visto en otras lagunas de la zona, se definió como endorreico (Reyes Prosper, 1915; Dantín Cereceda, 1940; L. Pardo, 1948). Sin embargo, recientemente se están haciendo estudios morfométricos donde se afirma que las formas redondeadas de las lagunas indican un origen kárstico (Florín, 1988; P. Martino, 1988). Este criterio no parece muy concluyente. Sin embargo, si a este dato se añade el hecho de la existencia de un

LAGUNA DE ALCAHOZO
Escala 1: 18.000



Altitud	662 m.
Longitud máx.	1,17 Km.
Anchura máx.	0,82 Km.
Perímetro	3,6 Km.
Superficie	0,68 Km ² .

FIGURA Nº 1.5.

manantial, justo en las inmediaciones de la laguna (en la actualidad desecado), y que un poco más al S., se han cartografiado otras dolinas (Pérez González, 1981) la idea que surge es la posible existencia de un karst. Otros datos, sin embargo, que desarrollaremos más adelante en el capítulo de geomorfología, nos hablan de la posible existencia de una red fluvial, seguramente plio-pleistocena, por lo que el origen de Alcahozo, como ya hemos visto en otras lagunas, no sólo se explicaría por un factor, la presencia de un karst, sino que tendría un origen poligénico, en este caso karstico y fluvial.

No sabemos con exactitud en qué fecha se desecó el manantial. El último testimonio de que disponemos es el de S. Cirujano (1980) quien describe Alcahozo como una "laguna estacional de fondo plano, alimentada por la Zanja de Alcahozo de aguas permanentes y no salobres".

Lo que sí es fácil deducir es que a partir de la desecación del manantial, la laguna dependería exclusivamente de las aguas de precipitación (que caerían directamente sobre el vaso y de escorrentía sobre su pequeña cuenca). Las consecuencias de este hecho fueron esencialmente dos:

- el cambio de las características químicas de las aguas, ya que al no recibir el caudal de aguas dulces, aumentó el grado de salinidad.
- la prolongación del período de estiaje.

Debido a esto, en la actualidad, se puede describir la laguna de Alcahozo como salina y de marcado carácter estacional.

Desde el punto de vista de la vegetación, la riqueza florística que existía en dicha laguna, con la presencia de especies higrófilas, ligadas al curso de aguas dulces, junto con las especies halófilas, propias de la laguna, se ha visto empobrecida tras la desecación del manantial. Aún, se conservan algunos restos de la vegetación higrófila que rodeaba la entrada de agua dulce del manantial Cladium mariscus (L.) Pohl y Carex hispida Willd; pero en la actualidad, predominan las especies halófilas y halonitrófilas, entre las que destacan: Salicornia ramosissima J. Woods, Suaeda spicata (Willd.) Moq. y los

Limonium: Limonium tournefortii (Boiss) Erben y Limonium longibracteatum Erben.

Testimonios que se han encontrado en la bibliografía:

- Catálogo de los lagos de España. Pardo, L. (1948).

"Laguna esteparia, de perímetro bastante regular, de aspecto pentagonal (...) muy afectado su caudal por el estiaje".

- Catálogo del ICONA, (1989).

"Laguna esteparia de origen endorreico, marginal del Alto Záncara, incluida en la Mancha Húmeda. Recibe aportaciones del zanjal del mismo nombre, a veces, conserva agua durante todo el año. De aguas estacionales y saladas".

En cuanto a la información biológica:

"Ecosistema lacustre, con fondo fangoso y aguas muy salinas que hace que la vegetación que hay en las márgenes sea escasa, estando representada por juncáceas, algún carrizo y tarayes aislados. La falta de cobertura no le permite albergar población permanente de acuáticas y sólo es visitado esporádica por ansares en migración".

Se debe señalar, que los datos del Catálogo del ICONA no están muy actualizados, ya que desde hace años no corre agua por el Zanjal.

Fue declarada Refugio de caza, el 17 de mayo de 1988.

2.- EL CLIMA. PRINCIPAL FACTOR CONDICIONANTE DE LA ACTUAL DINAMICA DE LOS HUMEDALES.

Cuando en la literatura "clásica" se habla de lagunas de origen estepario o endorreico ⁷, se hace referencia a dos hechos fundamentalmente:

1. Climático: la continentalidad, manifiesta fundamentalmente en la irregularidad y escasez de precipitaciones.
2. Topográfico: existencia de un relieve muy llano, con escasos desniveles, lo que favorece la acumulación de las aguas de escorrentía en las pequeñas depresiones del terreno.

⁷ Como ya hemos comentado anteriormente, ni uno ni otro término nos parecen acertados:

- Estepárico, hace referencia a un clima continental a escala mundial (tipo ucraniano, bielorruso, pampeano, etc) de inviernos muy fríos y precipitaciones estivales, hecho que no se ajusta a nuestra realidad que es de un cierto matiz continental por la altitud.

- Endorreico, no es un origen sino una característica o particularidad del geosistema.

Ambos factores, el climático y el topográfico, explican junto a otros factores como el litológico, estructural e hidrogeológico el origen de muchas lagunas, cuya característica esencial es la de estar desvinculadas de la red fluvial.

En la actualidad, y desde la década de los 80, en que el descenso de los niveles freáticos ha sido muy acusado, los factores climáticos son los que más han condicionado la dinámica de los humedales, exceptuando como es evidente la intervención directa del hombre.

Por este motivo, se va a realizar un estudio climático completo de la zona, haciendo especial hincapie en los parámetros que más inciden en la dinámica actual de los humedales, precipitaciones y evapotranspiración fundamentalmente.

Dicho estudio, se ha realizado con los datos de las estaciones meteorológicas más completas y que están más próximas a los humedales estudiados. Dichas estaciones son las de Alcázar de San Juan y Campo de Criptana. Son estaciones termopluviométricas. Se ha trabajado con la serie de 30 años, 1961-1990, aunque debemos señalar que dicha serie ha sido normalizada mediante el método de las dobles acumulaciones, debido a la falta de ciertos valores puntuales, tanto de temperaturas como de precipitaciones. Estos valores son:

Alcázar de San Juan:

Temperaturas: II-1970; XI-1982; VI, IX, X, XI, XII-1983.

Precipitaciones: XII-1970; VI, VII-1978.

Campo de Criptana:

Temperaturas: III, IV, V, VI, VIII, y XI-1982;

IV, V, VI, VIII, IX, X, XI y XII-1983.

Precipitaciones: XII-1970; VII, VIII y X-1978;
II-1983; XI-1986.

La teoría de la curva de dobles acumulaciones se basa en el hecho de que, representando en unos ejes de coordenadas las parejas de puntos definidos por las acumulaciones sucesivas de dos series de valores en el mismo período, la curva resultante es una línea recta, si los valores de las dos series son proporcionales.

Así por ejemplo, si se representan las parejas de valores (a,b), se obtiene la recta r, cuya pendiente representa la constante de proporcionalidad entre las dos series.

$$K = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sum_i^n b_i}{\sum_i^n a_i}$$

Así pues, partiendo de la serie completa de la estación de Ciudad Real (serie A) y aplicando el método de dobles acumulaciones, se pudo completar la serie B, caso de la estación de Alcázar y de Campo de Criptana. Ya que:

$$\sum b_i = \sum a_i * \operatorname{tg} \alpha$$

Además del estudio de la serie, se ha realizado un estudio más detallado de los años 1989 y 1990, ya que han sido los años en que se ha hecho un seguimiento tanto del ciclo hidrológico como hidroquímico de las lagunas.

Con los datos de este estudio, se puede definir el clima del área como mediterráneo con marcado carácter continental, reflejado fundamentalmente en los grandes contrastes térmicos y en la irregularidad y escasez de las precipitaciones. Otros datos de interés se obtienen tras un detallado estudio de los distintos parámetros climáticos.

2.1. TEMPERATURAS

La temperatura media anual de la serie en Alcázar es de 14.87° C y en Campo de Criptana de 15.66° C. Sin embargo, este dato no puede hacer olvidar los grandes contrastes, tanto diarios como estacionales, lo que se refleja en los valores de las máximas y mínimas absolutas anuales:

Alcázar de San Juan:

Temperatura máxima absoluta 41° C (VIII-1965).

Temperatura mínima absoluta -14° C (II-1965).

Campo de Criptana:

Temperatura máxima absoluta 41° C (VII-1971).

Temperatura mínima absoluta -14° C (I-1971).

Resulta así una máxima amplitud térmica anual de 55° C.

Como se puede observar en los cuadros de las características térmicas (Cuadros nº 2.1 y 2.2.), las temperaturas más altas se dan en julio y agosto y las más bajas en enero, febrero y diciembre. Estas últimas se registran cuando la Península Ibérica se encuentra bajo la influencia del anticiclón de Europa Central (Elias Castillo y Ruiz Beltran, 1981). Siendo en:

Alcázar: La máx. abs. 41° C en julio y agosto.

La mín. abs. -14° C en febrero.

Criptana: La máx. abs. 41° C en julio y agosto.

La mín. abs. -14° C en enero.

CUADRO Nº 2.1. CARACTERISTICAS TERMICAS

LOCALIDAD: Alcázar de San Juan. Serie 1961-90.

Latitud: 39º 23' N

Altitud: 664 m.

Longitud: 3º 12' W

	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septm	Octub	Novmb	Dicmb	Año
TMA	18º	25º	29º	30º	34º	39º	41º	41º	37º	31º	29º	20	41º
TMMA	15.7º	18.7º	22.4º	25.7º	30º	34.6º	37.9º	36.9º	33.5º	27.9º	20.9º	15.9	26.6
TMM	10.3º	12.5º	15.4º	18.1º	22.6	28.1	32.9º	31.3º	27.8º	20.7º	14.2º	10.6	20.4
Tm	5.8º	7.2º	9.4º	12.4º	16.7	22º	26.2º	25.6º	21.8º	15.5º	9.5º	5.9º	14.8
tmm	0.8º	1.4º	3.3º	8.5º	9.7º	14.3º	17.6º	17.3º	14.4º	9.3º	4.07º	1.13º	8.5º
Tmma	-4.4º	-3.5º	-2.6º	0.8º	4.4º	8.6º	13.1º	12.4º	8.2º	3.2º	-1.9º	-4.4 ^a	2.8º
tma	-11º	-14º	-7º	-2º	2º	4º	9º	10º	4º	-1º	-5º	-9º	-14º

TMA: Máxima absoluta

TMMA: Media máximas absolutas

TMM: Media máximas

Tm: Temperatura media

tmm: Media mínimas

tmma: Media mínimas absolutas

tma: Mínima absoluta

CUADRO N° 2.2 CARACTERISTICAS TERMICAS

LOCALIDAD: Campo de Criptana. Serie 1961-90.

Latitud: 39° 24' N
Longitud: 3° 16' W

Altitud: 710 m.

	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septm	Octub	Novmb	Dicmb	Año
TMA	21°	26°	31°	32.5°	36°	39°	41°	41°	39°	33°	29°	24°	41°
TMMA	17°	19.7°	24.3°	27.2°	31.1	34.6°	39.3°	38.2°	35.1°	29.9°	23°	17.7	28.1
TMM	11.1°	13°	16.1°	18.5°	23°	28.8°	33.8°	33.5°	29.3°	22.1°	15.4°	11.2°	21.3
Tm	6.3°	7.7°	9.9°	12.9°	17.7	22.7°	26.8°	26.7°	22.9°	16.9°	10.4°	6.5°	15.6
tmm	1.5°	2.9°	3.8°	6°	9.7°	14.6°	18.07	17.9°	14.8°	9.9°	4.9°	1.8°	8.8°
tmma	-4.9°	-2.8°	-2.5°	-0.1°	3.2°	8.9°	13.4°	13°	8.5°	3.4°	-1.3°	-3.9°	2.9°
tma	-14°	-6°	-7°	-3°	-2°	4°	9°	10°	5°	-1°	-6°	-8°	-14°

TMA: Máxima absoluta

TMMA: Media máximas absolutas

TMM: Media máximas

Tm: Temperatura media

tmm: Media mínimas'

tmma: Media mínimas absolutas

tma: Mínima absoluta

y las medias de las series:

Alcázar: Julio 26.22° C; Agosto 25.64° C.

Enero 5.87° C; Diciembre 5.95° C.

Criptana: Julio 26.86° C; Agosto 26.72° C.

Enero 6.32° C; Diciembre 6.53° C.

El hecho de que sea Julio el mes más cálido, indica continentalidad, ya que en las zonas de influencia marítima se retrasa el calentamiento de la tierra, dando siempre las máximas temperaturas en agosto.

Las medias dan una amplitud térmica de 20.35° C en Alcázar y 20.54° C en Criptana, amplitudes que según Lautensach son junto con algunas estaciones de la Depresión del Ebro las mayores de toda la Península (Lautensach, 1960 y 64).

Otro dato que debería destacarse y se observa con gran claridad en los gráficos de las temperaturas medias de las series (Gráficos nº 2.1 y 2.2.), es la diferencia de pendiente que existe entre la mínima de enero a la máxima de julio y la pendiente entre agosto y diciembre mucho más fuerte. Es decir, el calentamiento se va produciendo de una manera mucho más progresiva que el enfriamiento, que se produce de un modo mucho más brusco. Los gradientes obtenidos en Alcázar son de un ascenso de + 2.6° C mensuales entre los meses de enero a julio y un descenso de - 4° C mensuales de agosto a diciembre. En Campo de Criptana los gradientes son de + 2.9° C de ascenso mensual entre enero y julio y de - 4° C de descenso entre agosto y diciembre.

Respecto a los años 1989 y 1990 (Gráficos nº 2.3.1, 2.3.2, 2.4.1 y 2.4.2), parecen algo más cálidos, con valores algo más elevados que los proporcionados por la serie, siendo el año 1989, el más cálido de los dos.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Temperaturas medias 1961-1990

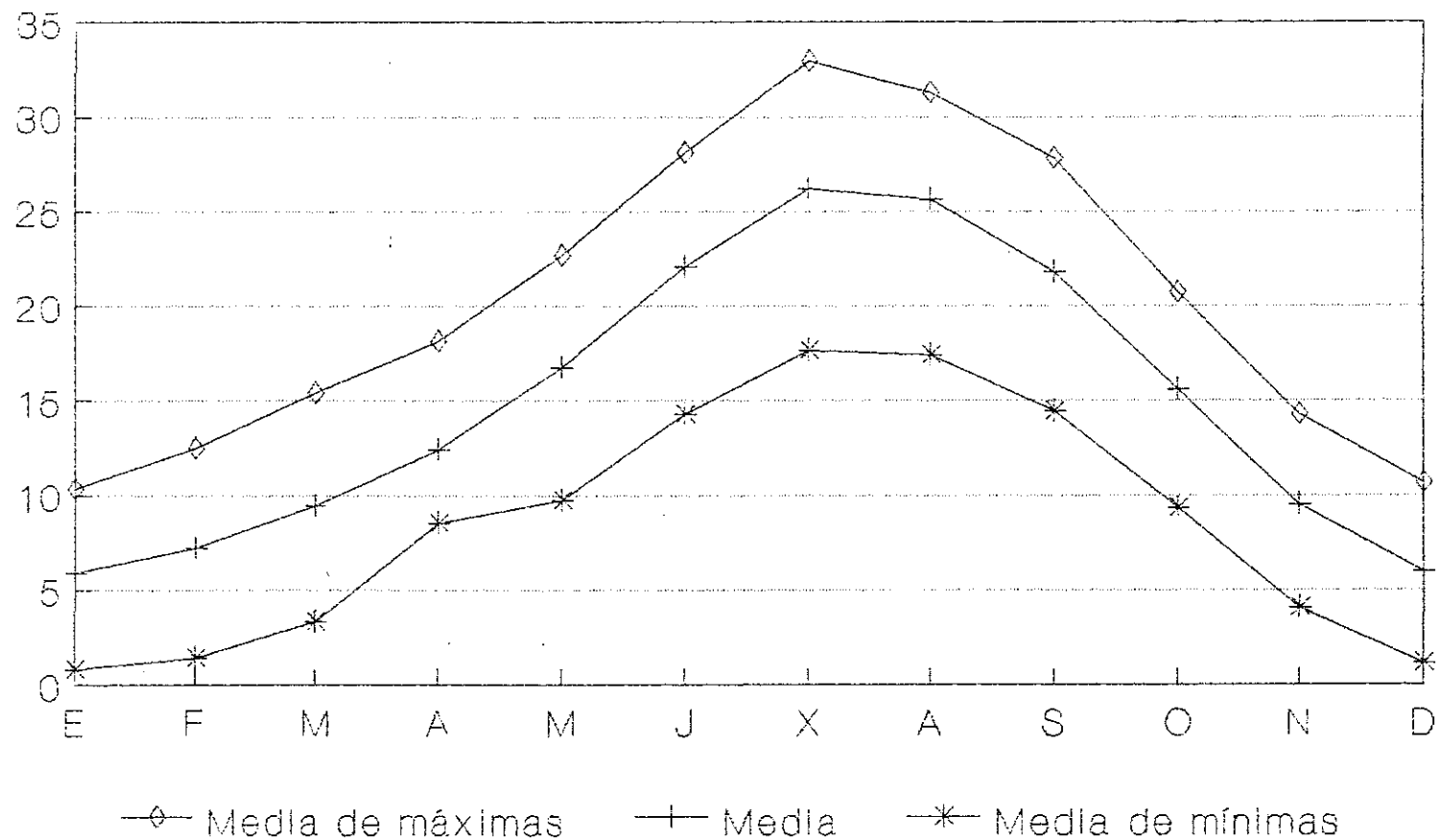


GRAFICO Nº 2.1.

CAMPO DE CRIPTANA

Temperaturas medias 1961-1990

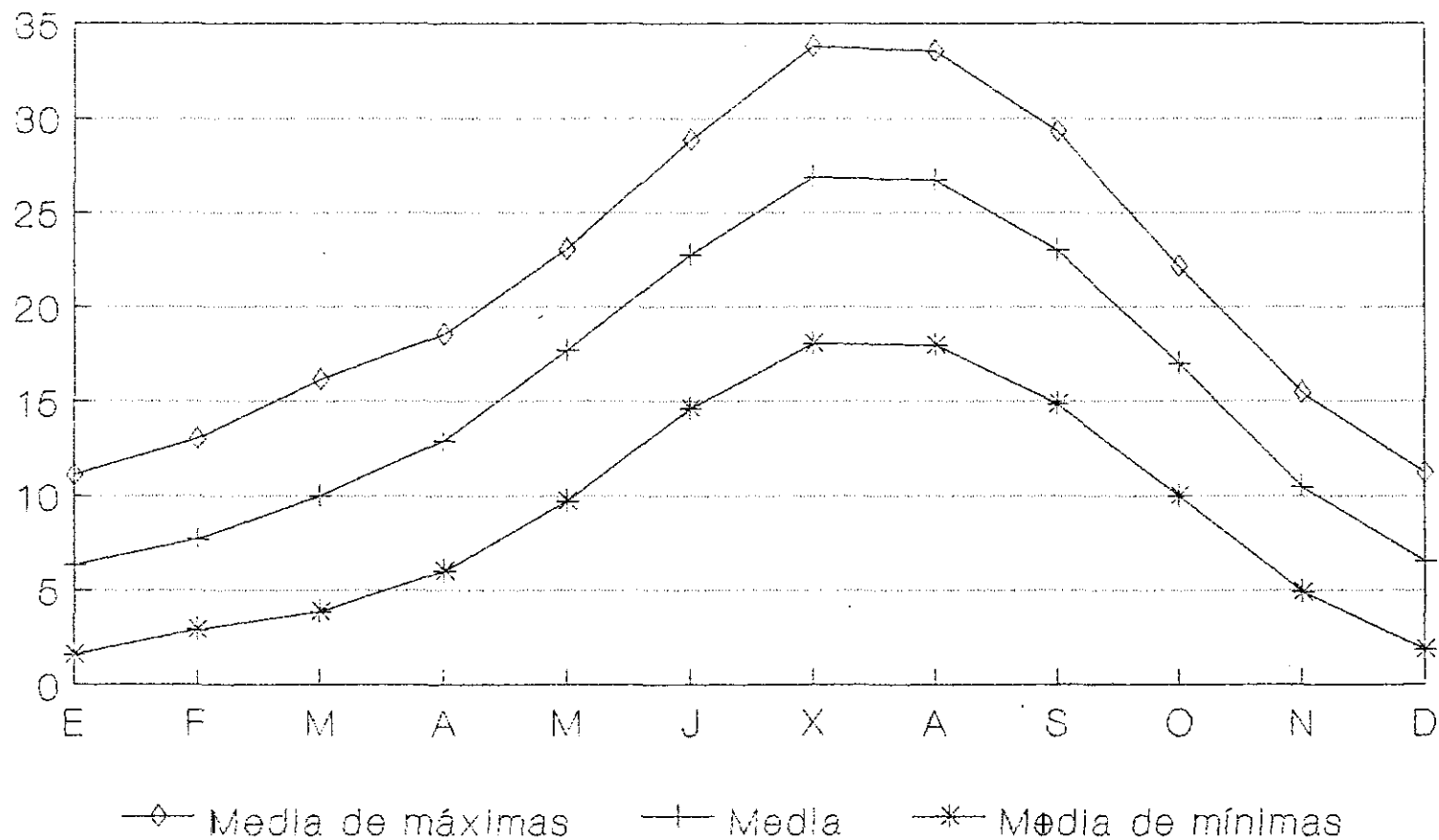


GRAFICO Nº 2.2.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Temperaturas 1989

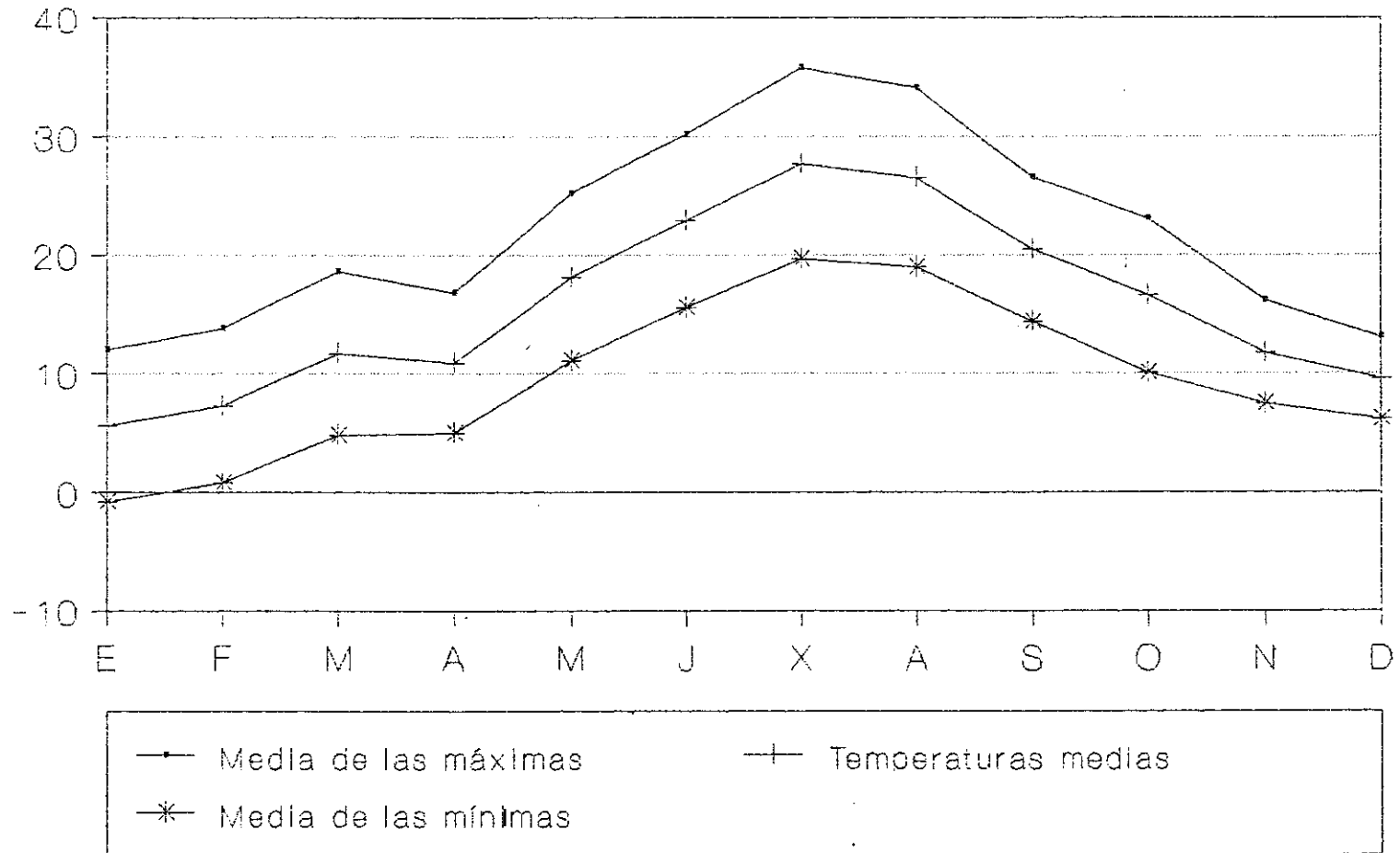


GRAFICO N° 2.3.1.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Temperaturas 1990

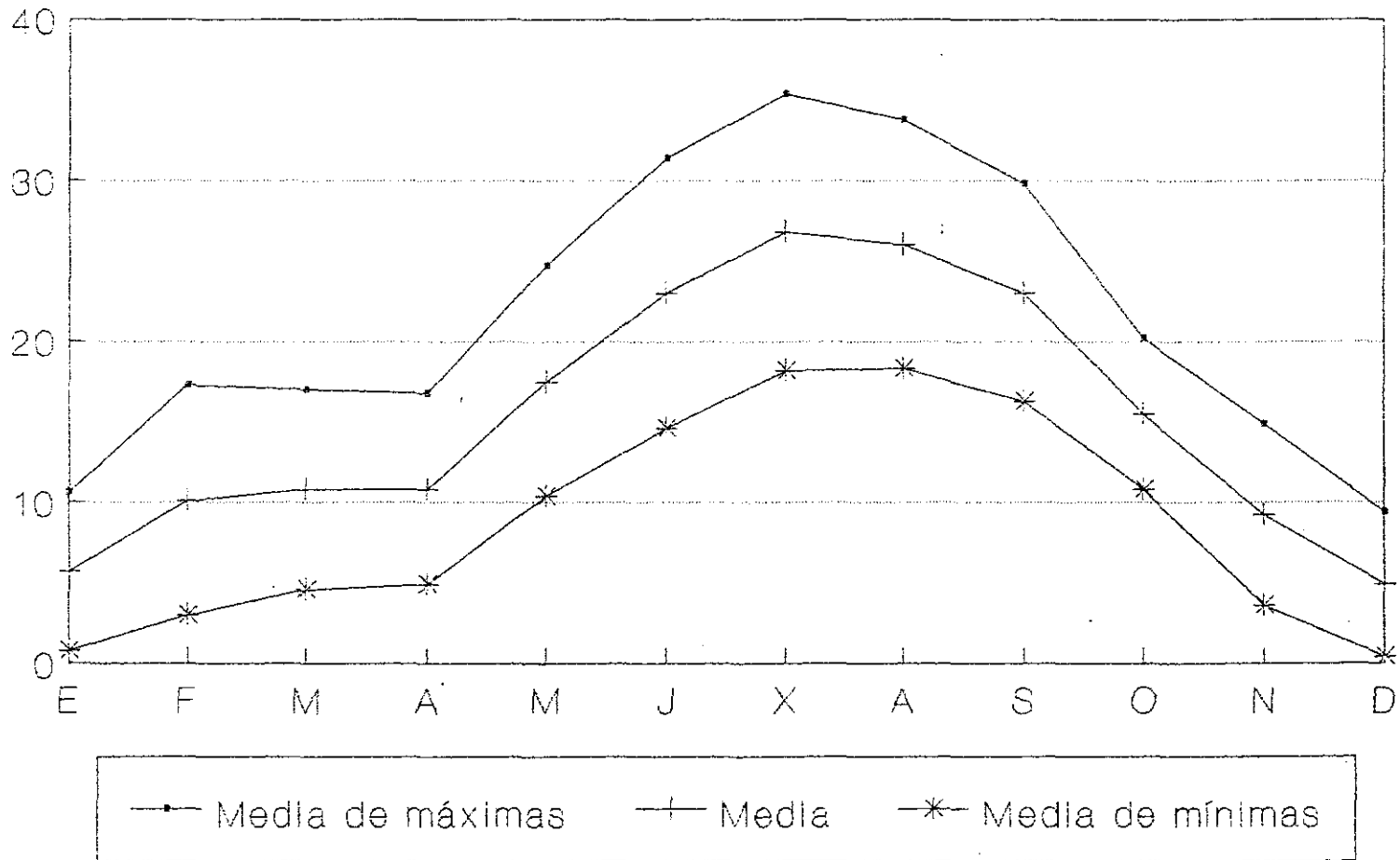


GRAFICO Nº 2.3.2.

CAMPO DE CRIPTANA

Temperaturas 1989

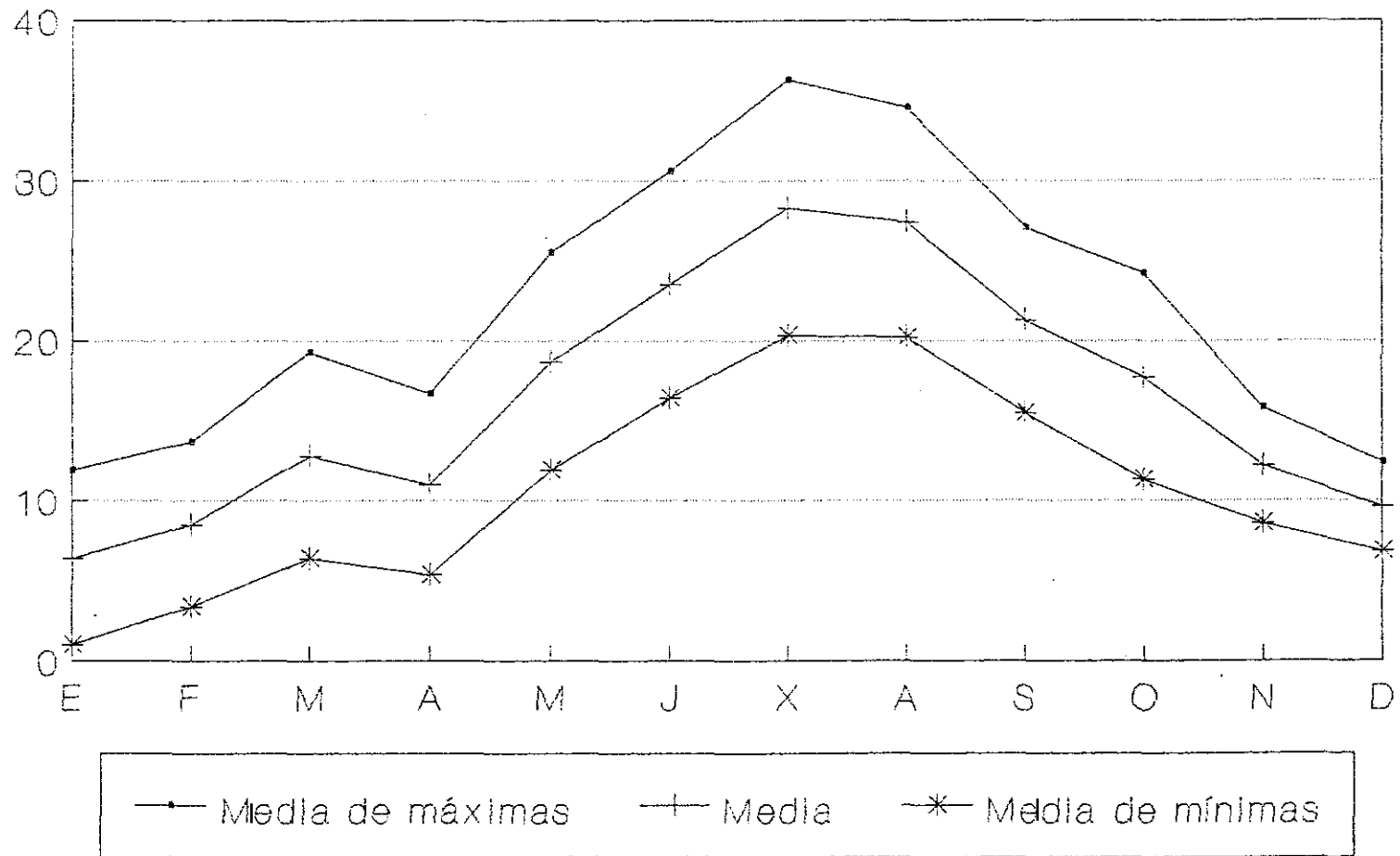


GRAFICO Nº 2.4.1.

CAMPO DE CRIPTANA

Temperaturas 1990

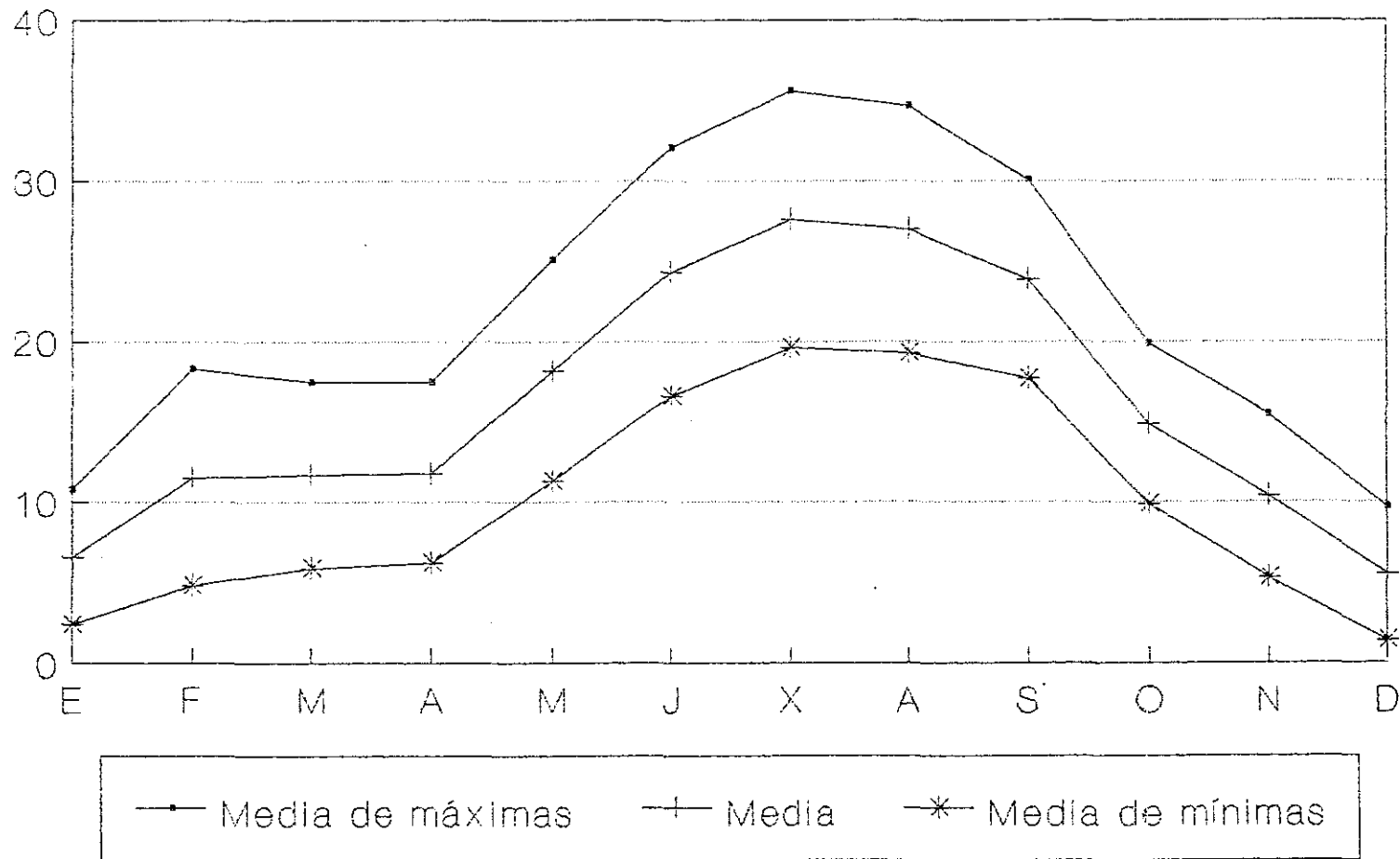


GRAFICO Nº 2.4.2.

CUADROS RESUMEN DE LOS VALORES DE TEMPERATURAS MEDIAS

ALCAZAR DE SAN JUAN			
	Serie	1989	1990
Temperatura media	14.87	15.76	15.44
Temperatura media máx.	20.40	22.12	21.70
Temperatura media mín.	8.50	9.45	8.80

CAMPO DE CRIPTANA			
	Serie	1989	1990
Temperatura media	15.66	16.32	16.11
Temperatura media máx.	21.30	22.30	22.20
Temperatura media mín.	8.80	10.60	10.00

Otra particularidad que se observa en el año 1989, para ambas estaciones, es que el mes de abril fue más frío que el de marzo:

Alcázar de San Juan

Temp. media de marzo: 11.7° C.

de abril: 10.9° C.

Campo de Criptana

Temp. media de marzo: 12.8° C.

de abril: 11° C.

Esto provoca una ruptura en la pendiente, que se definía claramente ascendente para la serie (desde enero a julio). Suponiendo un pequeño descenso, a partir del cual se iniciara de nuevo la línea ascendente hasta julio. Este pequeño enfriamiento de abril, hace que la pendiente desde abril a julio sea mucho más brusca que la pendiente descendente de julio a diciembre, rompiendo este año la tendencia que habíamos definido para la serie, mucho más brusca en el enfriamiento que en el calentamiento.

En cuanto al papel que desempeñan las temperaturas en la dinámica de los humedales, se pueden distinguir dos momentos importantes, que corresponden a los meses de máximas y mínimas absolutas:

1. En los meses más fríos, (diciembre, enero y febrero) las bajas temperaturas pueden hacer que el agua del suelo se hiele, pudiendo darse casos de mullisol. Aunque aparentemente, este hecho no parece afectar mucho a la dinámica del humedal, puede ser muy perjudicial para las plantas y demás seres vivos que se cobijan en los suelos. Afortunadamente, las heladas no son muy prolongadas, pudiendo afirmar que en general los suelos que se hielan durante la noche se deshuelan durante el día, debido a los fuertes contrastes térmicos diarios. Por otro lado, no es un hecho muy frecuente, ya que como sabemos, la proximidad de una masa de agua amortigua los cambios bruscos de temperatura y en especial el riesgo de heladas.

2. Por otro lado, en los meses estivales de máximas temperaturas, se produce una rápida desecación de los terrenos húmedos, debido fundamentalmente a la fuerte evapotranspiración a la que están sometidos. El efecto inmediato de esta evapotranspiración es el ascenso capilar de agua cargada en sales, que al evaporarse deja eflorescencias y forma costras salinas en superficie. Este hecho condicionara fuertemente la presencia de numerosas especies vegetales, ya que tan sólo las halófilas tienen mecanismos de adaptación a la salinidad de los suelos.

2.2. HELADAS

Según Biel Lucea (1962) las heladas se pueden clasificar en dos grandes tipos:

1. Heladas de advección: Provocadas por la invasión de una ola de aire frío de origen polar o ártico.

Se daría con la localización de un anticiclón en el Mar del Norte y la profundización de una baja en el Mediterráneo Occidental. Esta situación afectaría fundamentalmente al norte peninsular y en mucha menor proporción a la Meseta Sur.

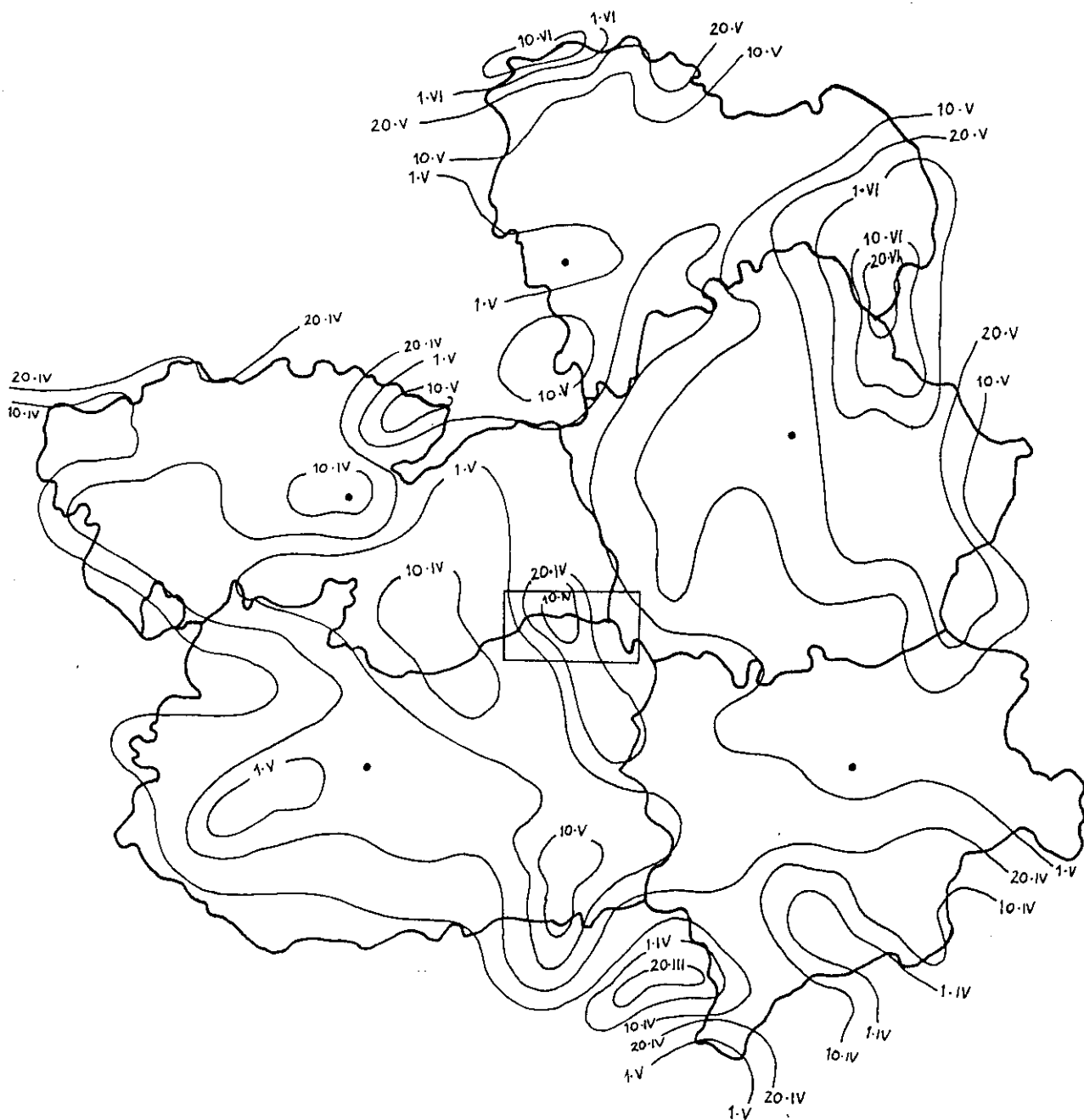
2. Heladas de irradiación: Originadas por el enfriamiento del suelo en noches despejadas y sin viento. Estas serían mucho más frecuentes, ya que en invierno son típicas las situaciones anticiclónicas con fuerte descenso de las temperaturas nocturnas.

Como se sabe las heladas son un fenómeno muy local, influido por la topografía, orientación, presencia de masas de agua o bosques, etc.

Como se acaba de señalar, se ha comprobado que es un fenómeno que afecta relativamente poco a la dinámica de los humedales, por lo que nos limitaremos a señalar las fechas que dan Elías Castillo y Ruiz Beltrán (1981) de primera helada y última.

Según estos autores, la zona de estudio está comprendida en una gran región que ocuparía el centro de Castilla La Mancha donde establecen la fecha de la última helada de primavera entre el 10 y el 30 de abril y la primera helada de otoño entre el 10 y el 30 de octubre, quedando tan solo 5 meses fuera del riesgo de heladas. Ver mapas nº 2.1. y 2.2.

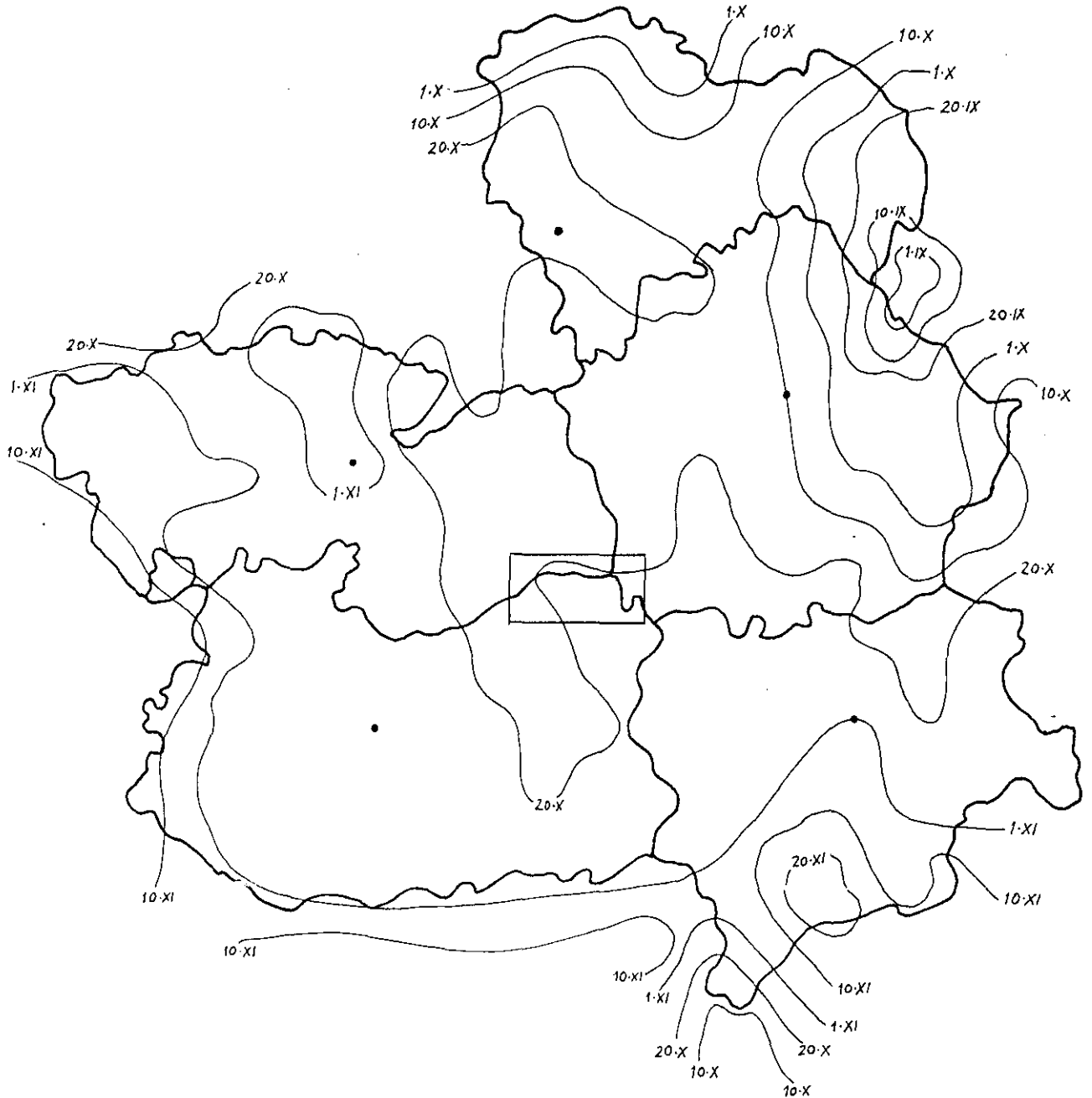
REGION CASTILLA - LA MANCHA



MAPA Nº 2.1.- FECHAS DE LA ULTIMA HELADA DE PRIMAVERA.
FUENTE: ELIAS CASTILLO Y RUIZ BELTRAN (1981)


 Area de Estudio

REGION CASTILLA - LA MANCHA



MAPA Nº 2.2.- FECHAS DE LA PRIMERA HELADA DE OTOÑO.

FUENTE: ELIAS CASTILLO Y RUIZ BELTRAN (1981)

 Area de Estudio

2.3. PRECIPITACIONES.

Como ya vimos en la introducción, el aporte de las aguas subterráneas junto con las meteóricas, es uno de los principales factores que originaron los humedales.

Hoy en día, y como se comprobará en el capítulo sexto (La importancia de las aguas subterráneas en la génesis de los humedales) los aportes de estas aguas, debido al descenso generalizado de los niveles freáticos, son prácticamente inexistentes. Este hecho, nos hace constatar que actualmente, el principal aporte de aguas proviene de las precipitaciones, tanto las que caen directamente sobre el vaso lagunar, como las de escorrentía.

Así pues, una de las principales características del clima que estamos estudiando, la escasez e irregularidad de las precipitaciones, se va a manifestar como uno de los factores claves para explicar la actual dinámica y variabilidad de estos singulares geosistemas.

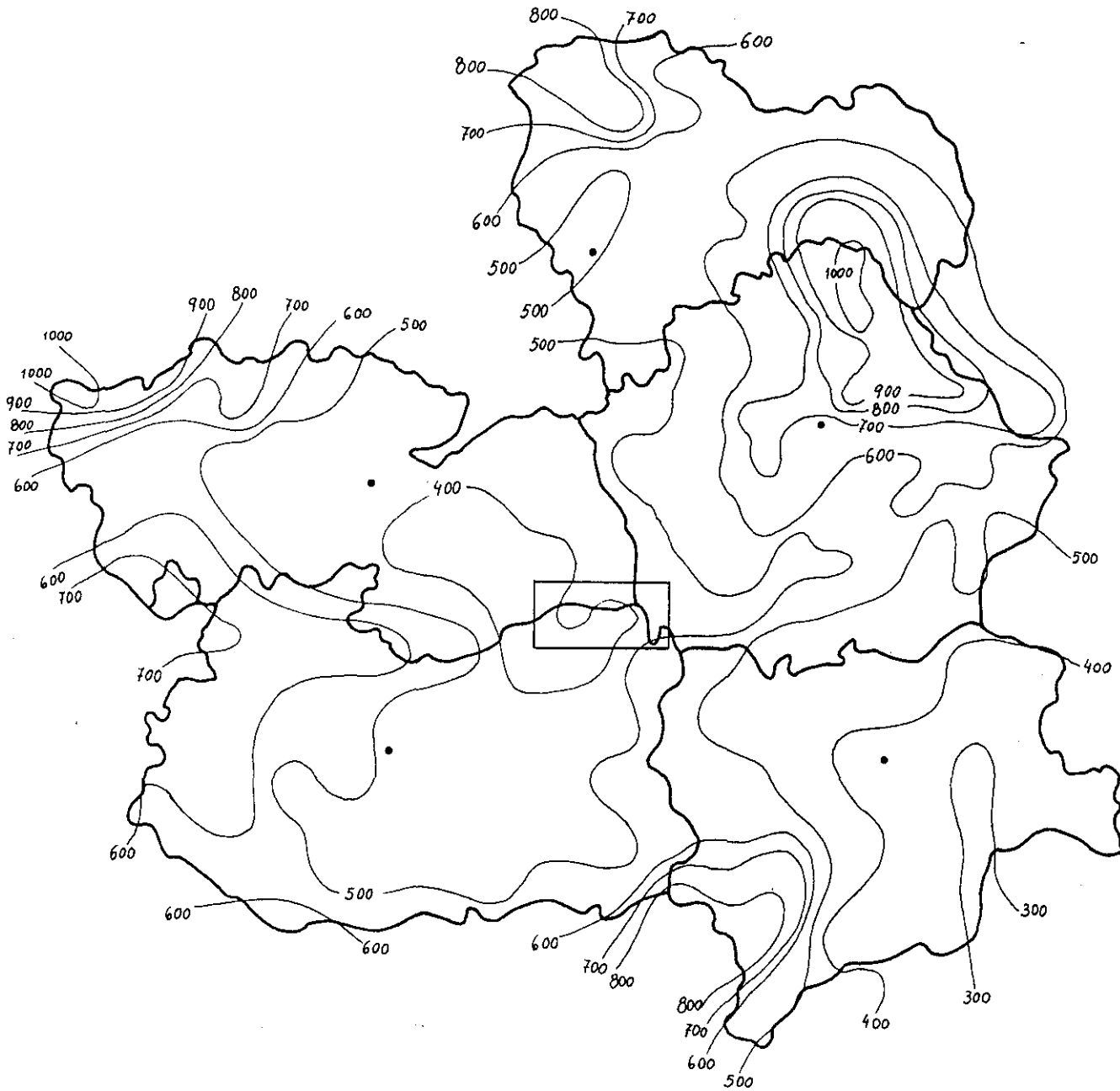
De acuerdo con el mapa realizado por Elías Castillo y Ruiz Beltrán (1981) de Castilla La Mancha, mapa nº 2.3., la comarca de estudio se encuentra en un área con una precipitación media anual entre 400 y 600 mm. A ello se ajustan los valores obtenidos en la serie 1961-1990:

Alcázar de San Juan 400,1 mm.

Campo de Criptana 411,3 mm.

Aunque, se observa que tienden más hacia el límite inferior que al superior.

REGION CASTILLA - LA MANCHA



MAPA Nº 2.3.- PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)

FUENTE: ELIAS CASTILLO Y RUIZ BELTRAN (1981)

□ Area de Estudio

Estos valores medios, sin embargo han de ser contrastados con valores absolutos, lo que proporciona una idea de la gran irregularidad interanual que existe. Por ejemplo, como valores de máximas y mínimas anuales:

Alcázar: Máxima anual 569 mm, en 1962.
 Mínima anual 299 mm, en 1990.

Criptana: Máxima anual 594 mm, en 1969.
 Mínima anual 273 mm, en 1990.

Como se ve, para el caso de Alcázar la diferencia entre el año que más ha llovido y el que menos es de 270 mm. Y para el caso de Criptana la diferencia es de 321 mm. El coeficiente de irregularidad obtenido para estos años es de un 142% y un 144% sobre la media en Alcázar y Campo de Criptana para los años húmedos. Y de un 74.7% y un 66.3% para el año 1990 en Alcázar y Campo de Criptana respectivamente.

Respecto a la distribución por meses, ver gráficos nº 2.5 y 2.6., el mes más seco es julio, seguido muy de cerca por agosto. Los valores de las medias obtenidas para la serie son:

Alcázar: Julio 9.1 mm; Agosto 12.6 mm.

Criptana: Julio 9.1 mm; Agosto 11.7 mm.

Sin embargo, frente a este valor medio, hay que señalar que son frecuentes los años en que no se registran precipitaciones ni en julio ni agosto.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Precipitación media 1961-1990

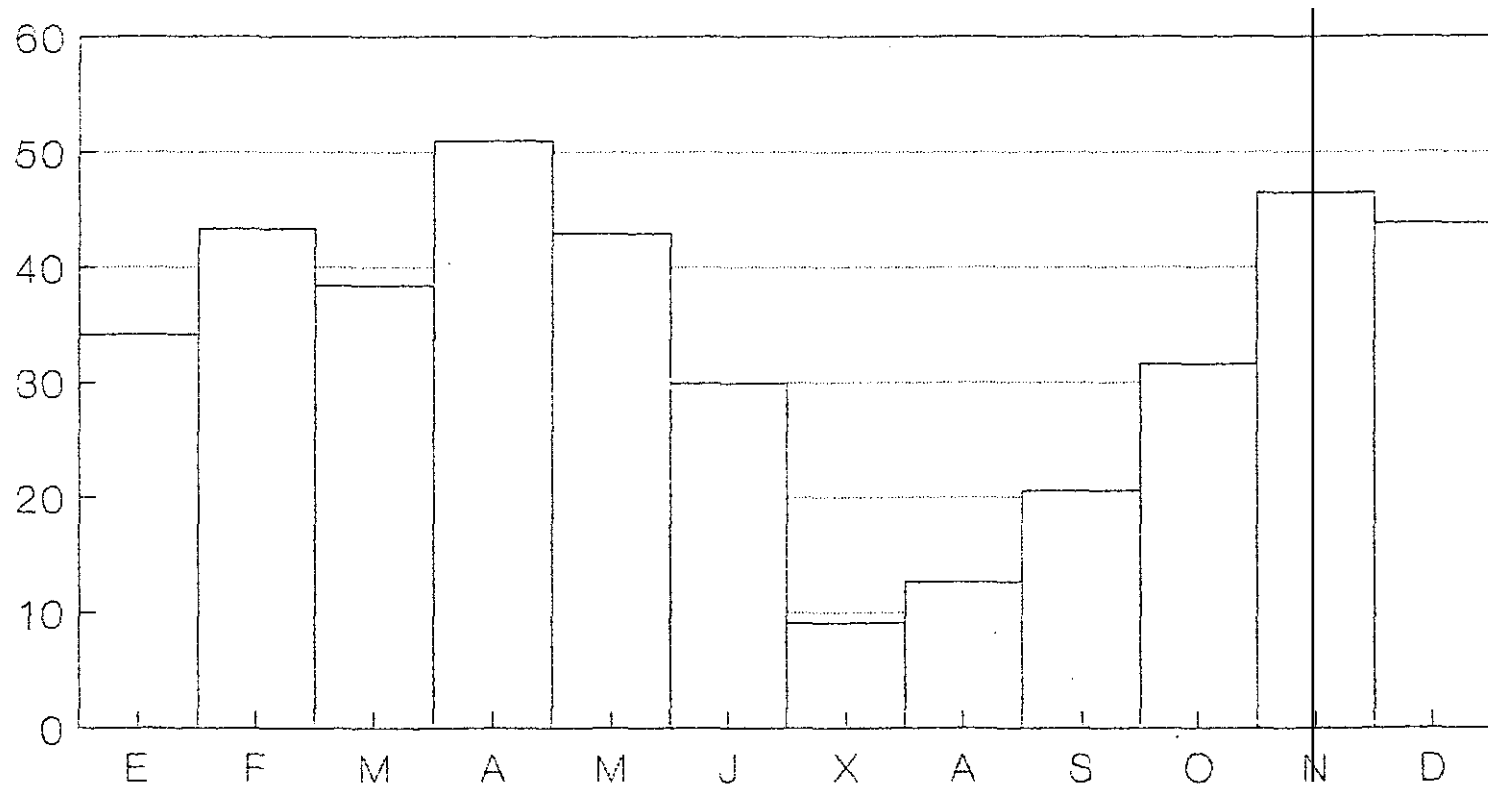


GRAFICO Nº 2.5.

CAMPO DE CRIPTANA

Precipitación media 1961-1990

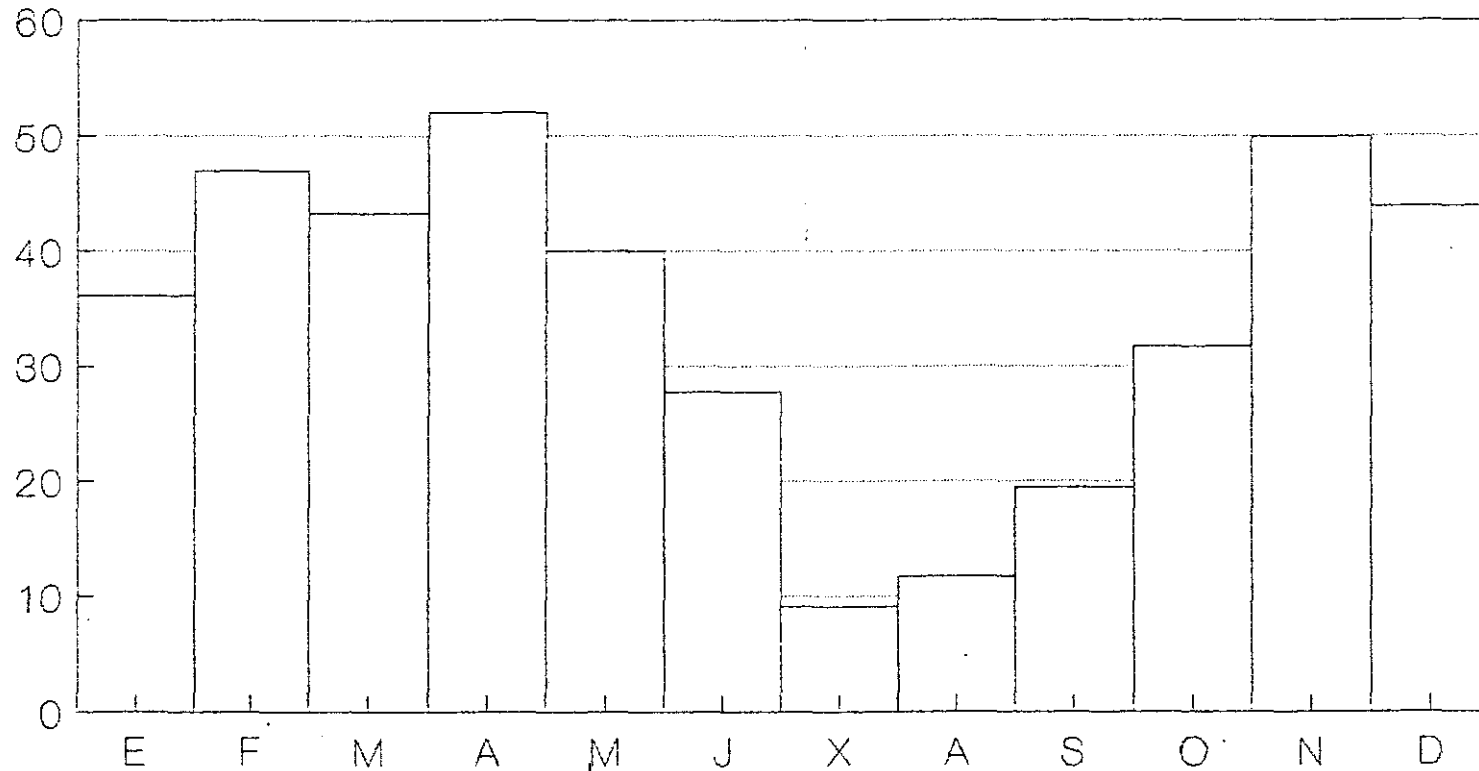


GRAFICO Nº 2.6.

Por otra parte, los meses más lluviosos son abril, seguido generalmente por noviembre. Los valores medios de la serie son:

Alcázar: Abril 50.9 mm; Noviembre 46.4 mm.

Criptana: Abril 52 mm; Noviembre 49.9 mm.

En cuanto a la distribución anual de las precipitaciones Carpio y Rodríguez (1986) afirman que Castilla La Mancha sigue el "esquema propio de climas mediterráneos". Destacando el verano como la estación más seca, siendo la primavera y el otoño las estaciones más lluviosas, junto con el invierno, consecuencia fundamentalmente de la penetración de las borrascas con los vientos del W y SW. Ver gráficos nº 2.5 y 2.6.

PORCENTAJE DE PRECIPITACIONES POR ESTACIONES (SERIE)				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Alcázar	28.9%	30.9%	10.5%	30.4%
Criptana	30.6%	29.1%	9.7%	30.4%

Como se puede observar, la estación de Campo de Criptana no se ajusta a la sucesión descrita: primavera, otoño e invierno. Sin embargo, las diferencias en los porcentajes son tan pequeñas que se podría afirmar que las tres estaciones (al menos en sus valores medios) son igualmente lluviosas.

Por último, y para terminar el apartado de las precipitaciones, destacar la importancia de las precipitaciones de carácter tormentoso y su especial incidencia en la dinámica de los humedales.

2.3.1. LAS TORMENTAS.

Fenómeno típico del verano e incluso de principios del otoño, se generan por el recalentamiento local del aire que asciende y ocasiona una situación de inestabilidad favoreciendo precipitaciones muy cortas e intensas. Estas precipitaciones son especialmente perjudiciales para la agricultura cuando se presentan en forma de granizo.

Las campañas de ADEGRAMAN (Agrupación para la defensa del granizo en La Mancha), realizadas desde 1975 a 1981 han proporcionado una valiosa información. García de Pedraza destaca (Elías Castillo y Ruiz Beltrán, 1981) que los meses más tormentosos son junio y septiembre (aunque las granizadas más duras aparecen en días aislados de julio y agosto). Los lugares de una mayor actividad son Sierra Calderina y la zona " El Provencio - Mota del Cuervo", abiertos a los vientos del SW, que aportan humedad de las lagunas manchegas, situación extensible al área de estudio y con montañas o cerros cuya ladera de ascenso está orientada a solana, situación en la que convergen la componente orográfica y térmica, y por tanto muy favorable a la inestabilidad y génesis de tormentas. Sin embargo, para que se desencadene una tormenta hace falta que exista una masa de aire frío en altura, hecho que no es muy frecuente en verano, por lo que el riesgo de que se produzcan tormentas queda reducido a unos pocos días.

En 1988, fuimos testigos de una gran tormenta en Alcázar de San Juan, las precipitaciones se produjeron exactamente, el día 30 de septiembre. Parte de estas precipitaciones fueron en forma de granizo.

Los efectos fueron devastadores, el área fue declarada como zona catastrófica, el agua llegó a una altura de un metro, inundando todos los pisos bajos de la población; la agricultura sufrió grandes pérdidas y también la caza, ya que aparecieron muertos cientos de conejos, perdices y otras aves de caza menor.

Otro dato muy importante es el carácter sumamente local de estas tormentas. El día 30 de septiembre, como ya se ha comentado, se registraron en Alcázar 156.5 mm, mientras que en Campo de Criptana, a tan sólo 6 km de distancia, únicamente se registraron 17.3 mm.

En cuanto a la importancia de una tormenta de estas características en la dinámica de las lagunas y humedales, sus efectos son inmediatos: Las lagunas Camino de Villafranca y las Yeguas que estaban completamente secas, debido a la evaporación del verano, se llenaron prácticamente en un día, e incluso alcanzaron los niveles más altos que recordamos. No se disponen de los valores alcanzados por los niveles, ya que las escalas fueron colocadas a finales de octubre de 1988, la primera lectura de niveles fue el 30 de octubre con 65 cm en el Camino. Este valor contrasta fuertemente con el nivel 0 cm de octubre de 1989, a pesar de los 85.5 mm de precipitaciones recogidos en septiembre. Durante el segundo ciclo hidrológico, el máximo nivel de agua se obtuvo después de las lluvias de otoño e invierno con 38 cm en enero.

Pero junto a este hecho, que como ya hemos señalado tuvo unos efectos inmediatos, hay otro que puede pasar desapercibido, pero que es de gran importancia para explicar el actual grado de retroceso o desaparición de muchos humedales. Este hecho es la enorme cantidad de sedimentos que se arrastran y depositan en los humedales a consecuencia de una tormenta de estas características, sobre todo en aquellas áreas con menor cobertura de vegetación. Por estas partes se produce una fuerte erosión tanto laminar como en regueros, lo que supone un fuerte avance en el lento pero progresivo e inexorable proceso de colmatación que sufren los humedales.

2.4. LA EVAPOTRANSPIRACION

Según la definición del Diccionario de la Naturaleza: "la evapotranspiración es el conjunto de pérdidas de agua, en forma de vapor de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera."

Entre los factores climáticos que influyen en la evapotranspiración se pueden destacar: la insolación, la humedad relativa del aire, el viento, la temperatura, etc.

Hay diferentes métodos para hallar la evapotranspiración (Thornthwaite, Turc, Penman). En este estudio, se ha utilizado el método de Thornthwaite, que se basa en dos parámetros fundamentales precipitación y temperatura. Este método ha recibido ciertas críticas por su antigüedad y porque para las regiones semiáridas y áridas subestima la ETP. A pesar de ello, dicho método ha sido utilizado por un gran número de autores: Elías Castillo y Giménez Ortiz, 1965; Elías Castillo y Ruiz Beltrán, 1981.

Así pues, siguiendo el método de Thornthwaite, se han elaborado unas fichas hídricas (Ver cuadros nº 2.3. y 2.4.) y unos gráficos de evapotranspiración, (gráficos nº 2.7. y 2.8.), cuyos principales datos son:

Para la serie 1961-1990 la ETP, la evapotranspiración potencial (evaporación de una superficie en que la accesibilidad del agua no es limitante) es en Alcázar de 821.1 mm y en Campo de Criptana de 862.3 mm.

Si a este valor, se le resta las precipitaciones medias, resultará el déficit hídrico de dichas estaciones:

Alcázar de San Juan - 433.6 mm.

Campo de Criptana - 484.8 mm.

Este déficit se produce durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

GRAFICO N° 2.7 : THORNTHWAITTE
ALCAZAR DE SAN JUAN
SERIE 1961- 90

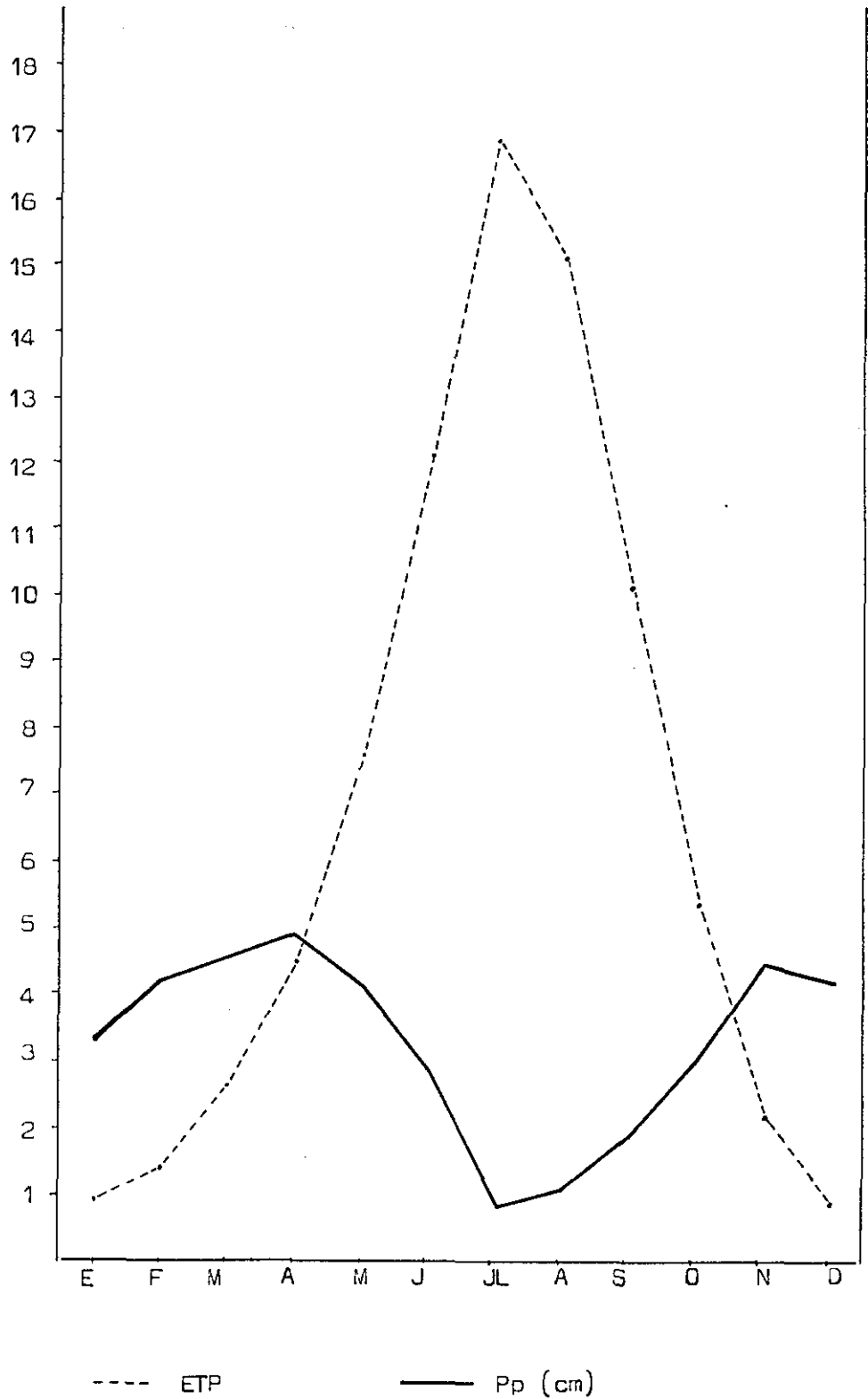
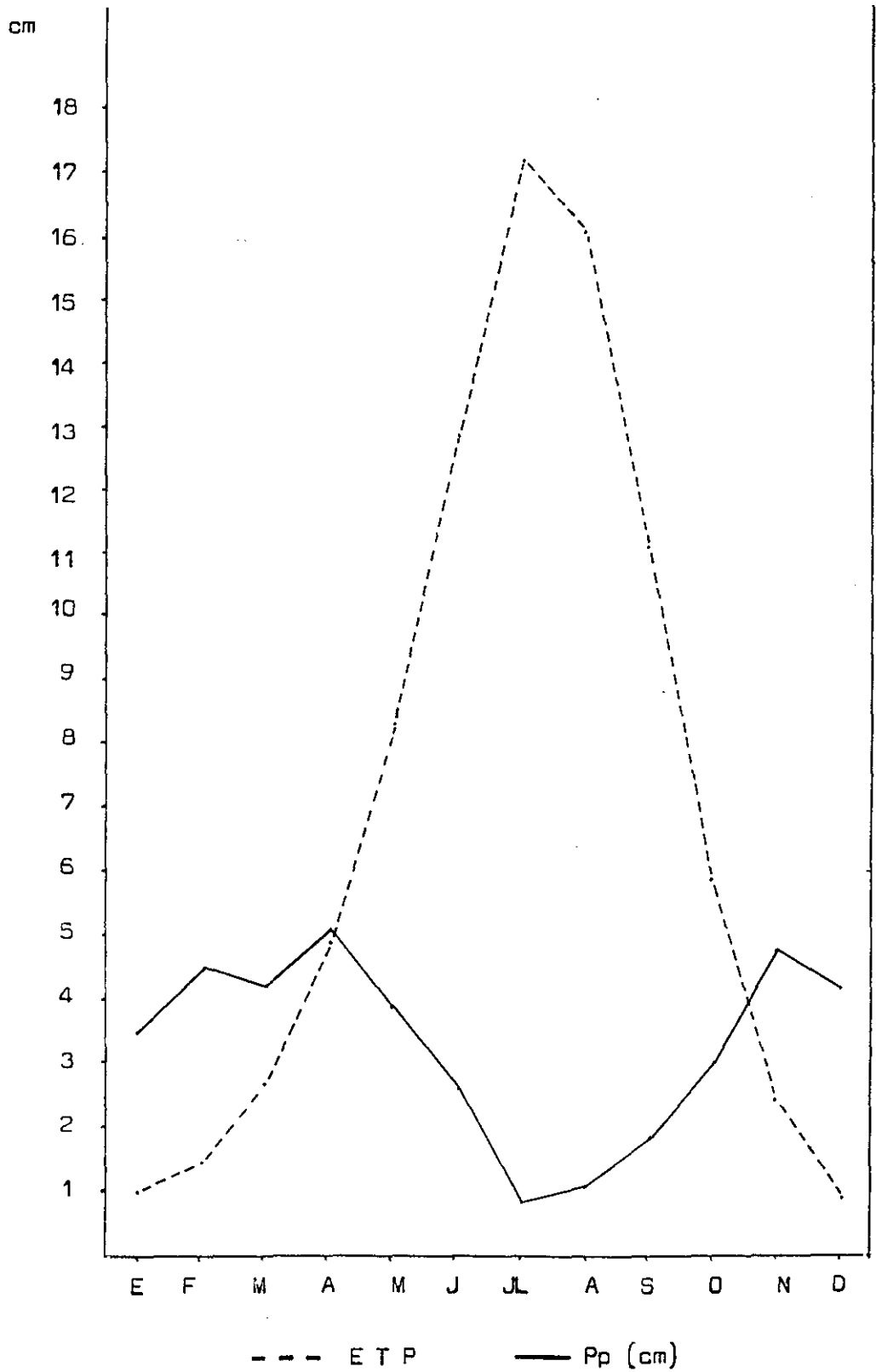


GRAFICO Nº 2. 8. : THORNTHWAITE
CAMPO DE CRIPTANA
SERIE 1961- 90



La lluvia supera la evaporación del suelo en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril. Durante estos meses el suelo va almacenando agua. Esta reserva alcanza un valor máximo de 100 mm (Elías Castillo y Ruiz Beltrán, 1981), de forma que durante el mes de mayo, aunque la evaporación supera las precipitaciones se evapora la reserva del suelo evitándo así el déficit hídrico.

Otro dato importante a destacar es la ETR, la evapotranspiración real, con un valor bastante inferior al de la ETP, ya que la ETR tiene como factor limitante la existencia de una determinada cantidad de agua, es decir la precipitación anual. Los valores obtenidos para la serie son:

Alcázar de San Juan 378.5 mm.

Campo de Criptana 377.5 mm.

La diferencia entre la precipitación y la ETR sería la cantidad de agua que, una vez alcanzado el valor de 100 mm en la reserva, el suelo evacuaría, originando la escorrentía superficial. Los meses de exceso son , tanto en Alcázar como en Criptana: febrero, marzo y abril.

Si se observa el gráfico de evapotranspiración, (Gráficos nº 2.7. y 2.8.), donde no se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, destaca claramente el pico del déficit hídrico en julio, quedando sólo con exceso de agua los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Como conclusiones, destacar la elevada evaporación potencial del área, cuyos valores se pueden comparar con regiones como la Depresión del Ebro o la Hoya de Sevilla. Y el gran número de meses con déficit hídrico, de gran importancia para la agricultura, ya que el hombre habrá de aportar el agua que las plantas precisan.

Por último, y respecto al importante papel que desempeña este parámetro en la dinámica de las lagunas y humedales, el hecho más destacable es que en las lagunas el agua no es un factor limitante, por lo que la ETR será igual a la ETP. Esto ocurrirá durante todo el ciclo hidrológico en las lagunas de aguas permanentes, siendo ésta la causa de los fuertes descensos en los niveles estivales. No así, en las estacionales, donde una vez que pierden todo el agua superficial comenzará un proceso de evaporación por capilaridad.

Este proceso, sin embargo, no durará mucho, ya que esta pérdida de agua pronto se verá frenada por la génesis de una costra salina, que se forma precisamente por el ascenso de sales disueltas precipitadas en superficie cuando el agua se evapora.

Como ya se ha comentado anteriormente, este hecho condiciona drásticamente la presencia de seres vivos, ya que tan sólo aquellos que tengan mecanismos de adaptación a la salinidad podrán sobrevivir en estos lugares.

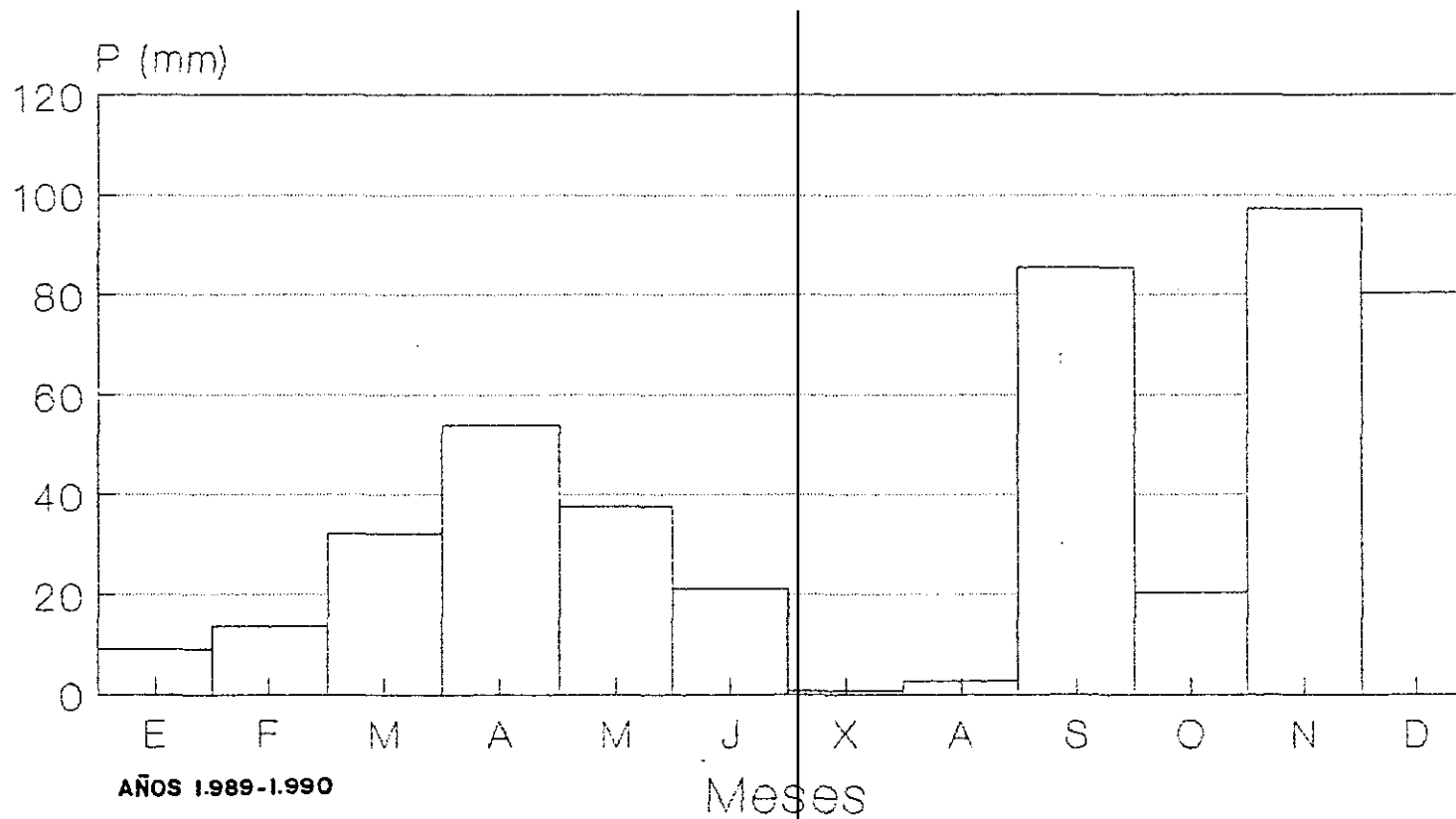
Respecto a las precipitaciones de los años 1989 y 1990 se puede decir que las cantidades registradas en 1989 se ajustan a los intervalos descritos para el área, entre 400 y 600 mm. Frente a esto, el año 1990, se muestra especialmente árido ya que sus precipitaciones no llegan a 300 mm.

	1989	1990	Serie
Alcázar de San Juan	454.4	299.1	400.1
Campo de Criptana	462.5	273.2	411.3

En cuanto a su distribución anual (ver gráficos nº 2.9.1, 2.9.2, 2.10.1 y 2.10.2), los meses de mayor precipitación son noviembre en 1989 y octubre en 1990, son por tanto precipitaciones otoñales. Frente al máximo que se había descrito en la serie de abril.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Precipitaciones 1989



AÑOS 1.989-1.990

GRAFICO N° 2.9.1.

ALCAZAR DE SAN JUAN

Precipitaciones 1990

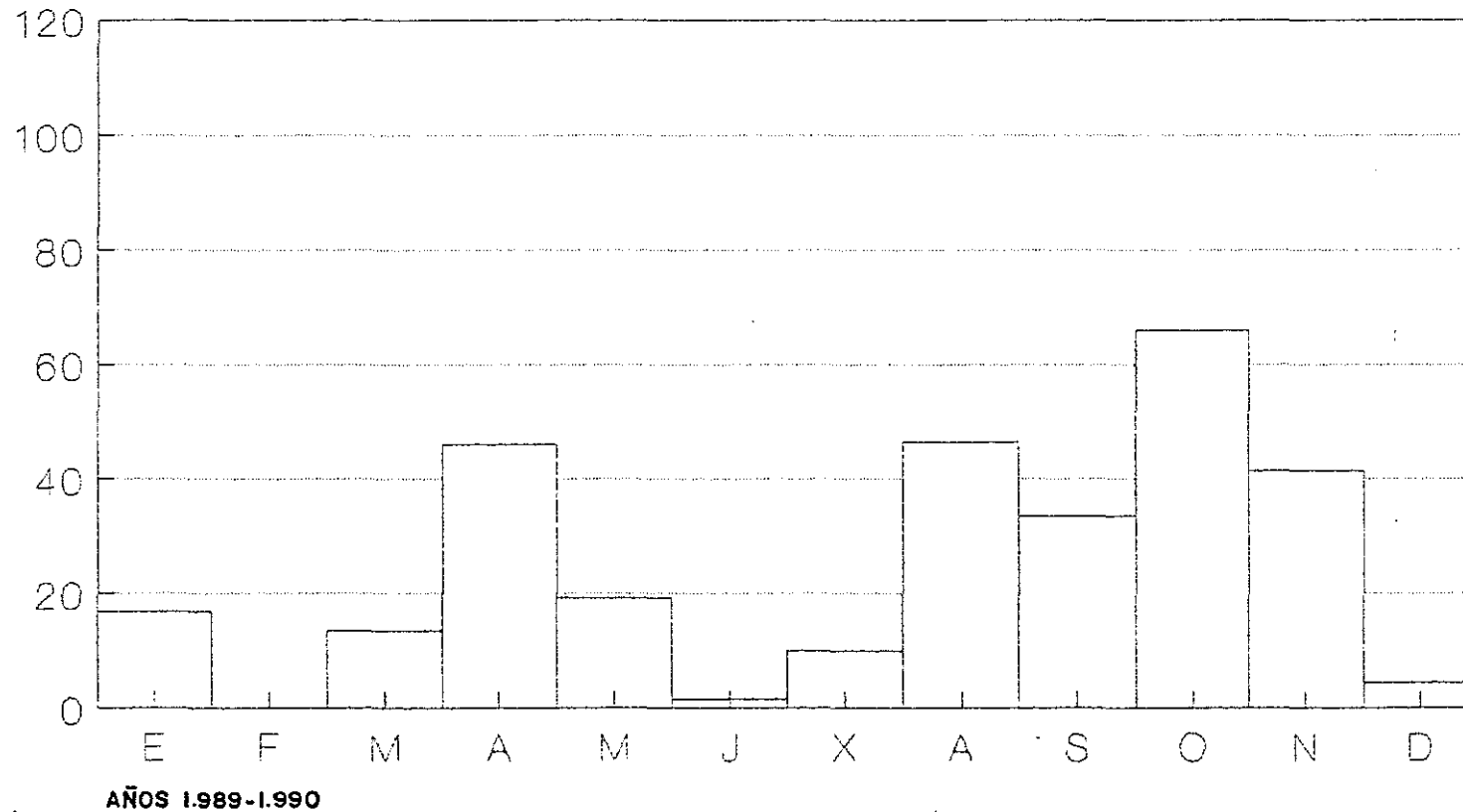


GRAFICO Nº 2.9.2.

CAMPO DE CRIPTANA

Precipitaciones 1989

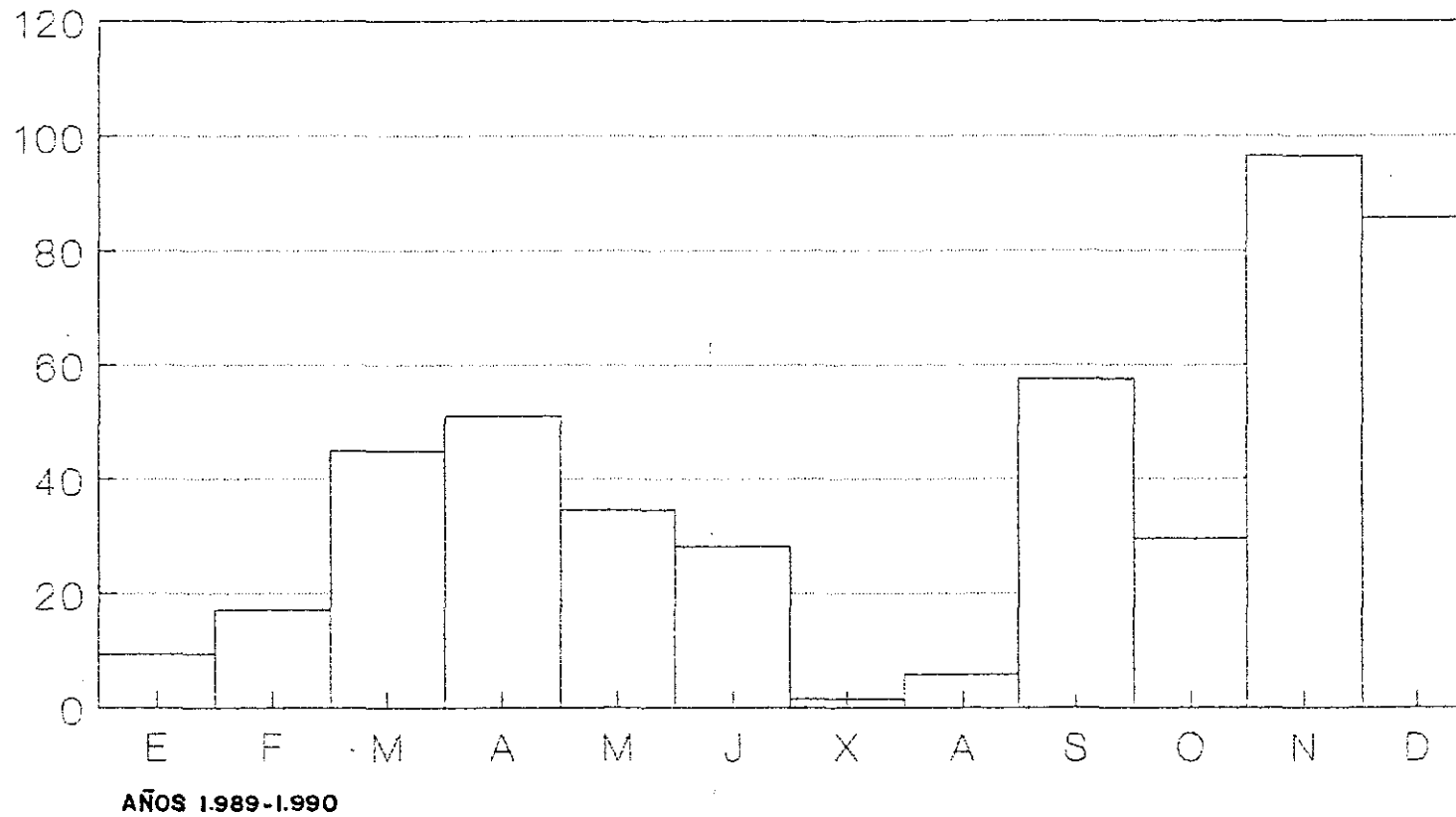


GRAFICO Nº 2.10.1.

CAMPO DE CRIPTANA

Precipitaciones 1990

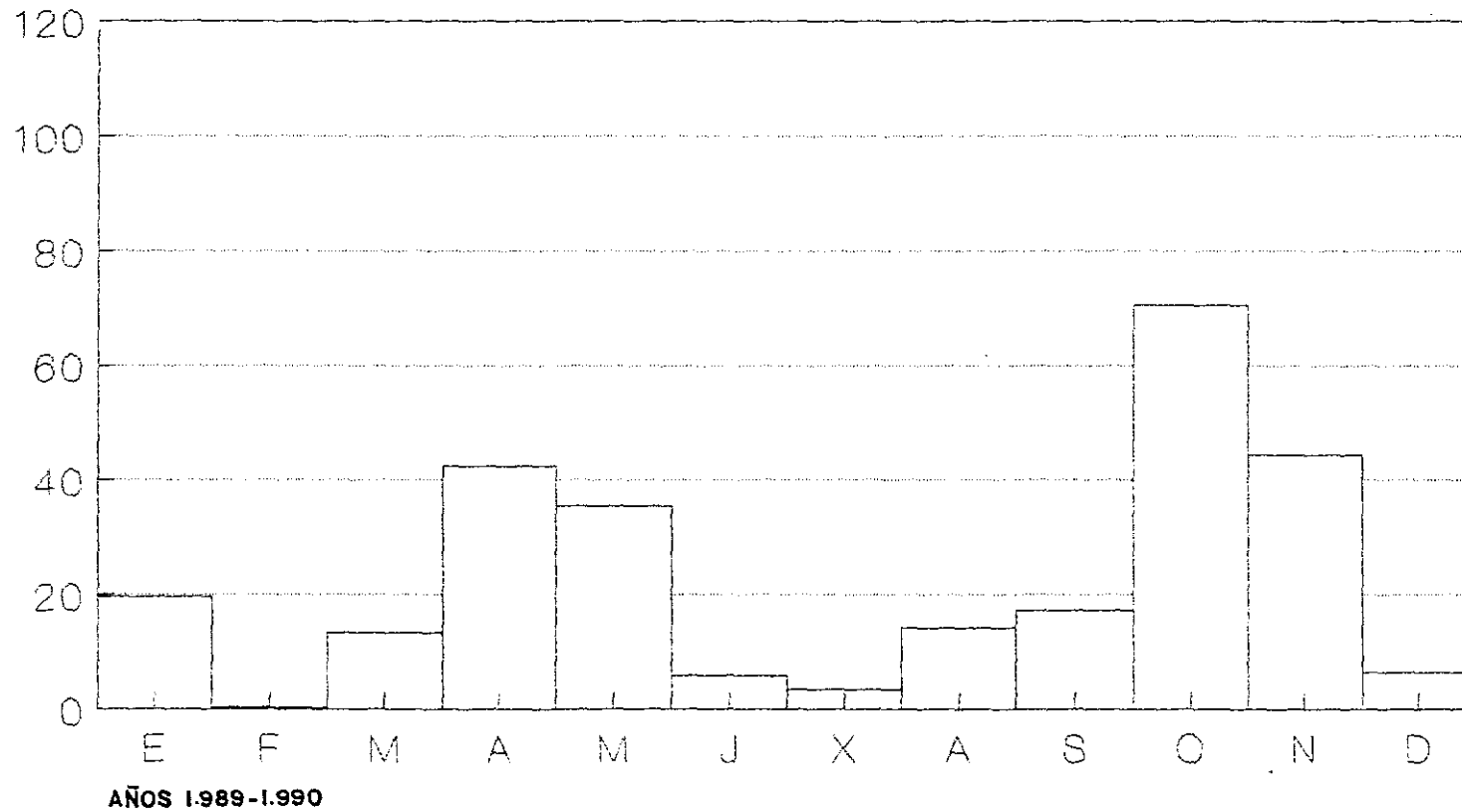


GRAFICO Nº 2.10.2

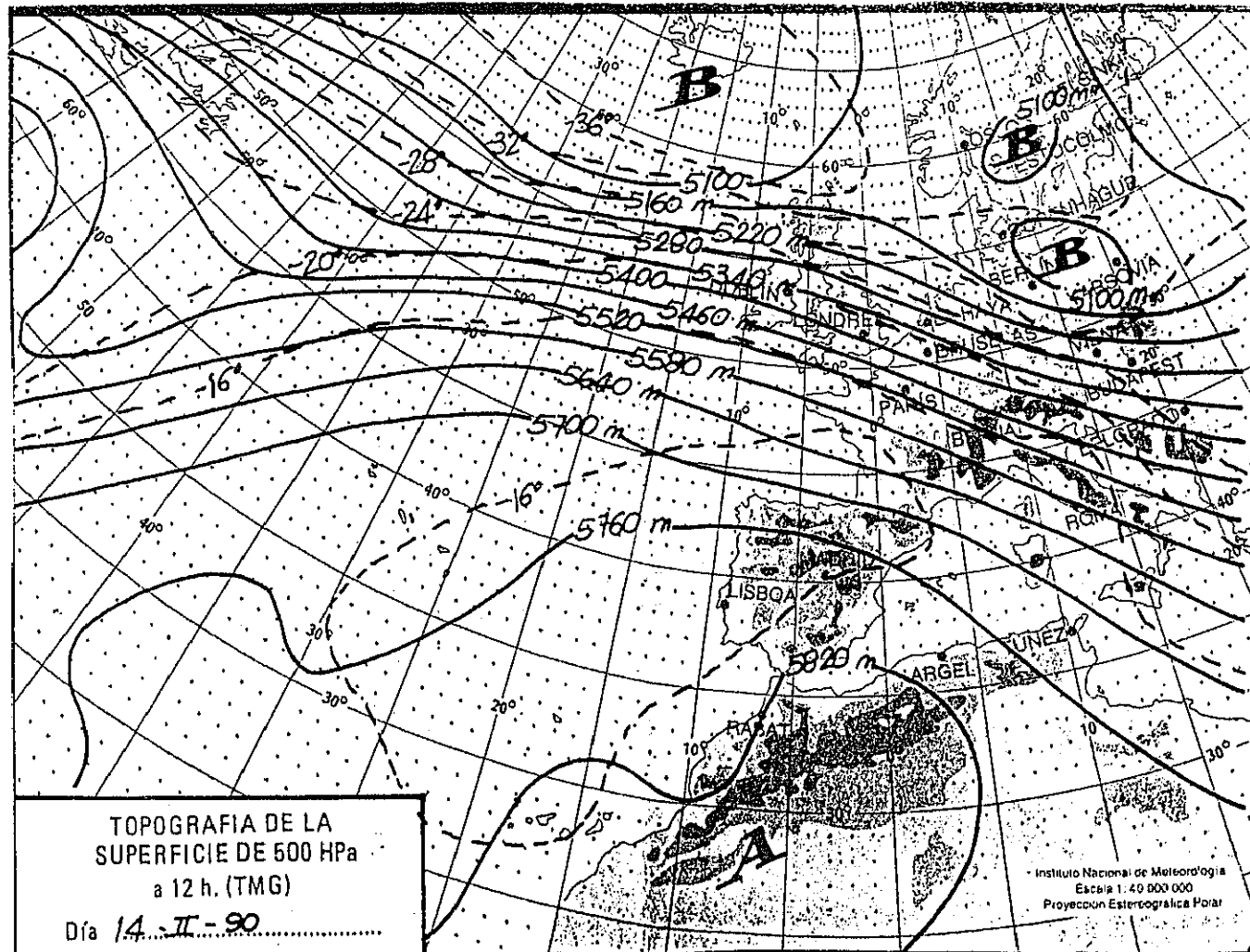
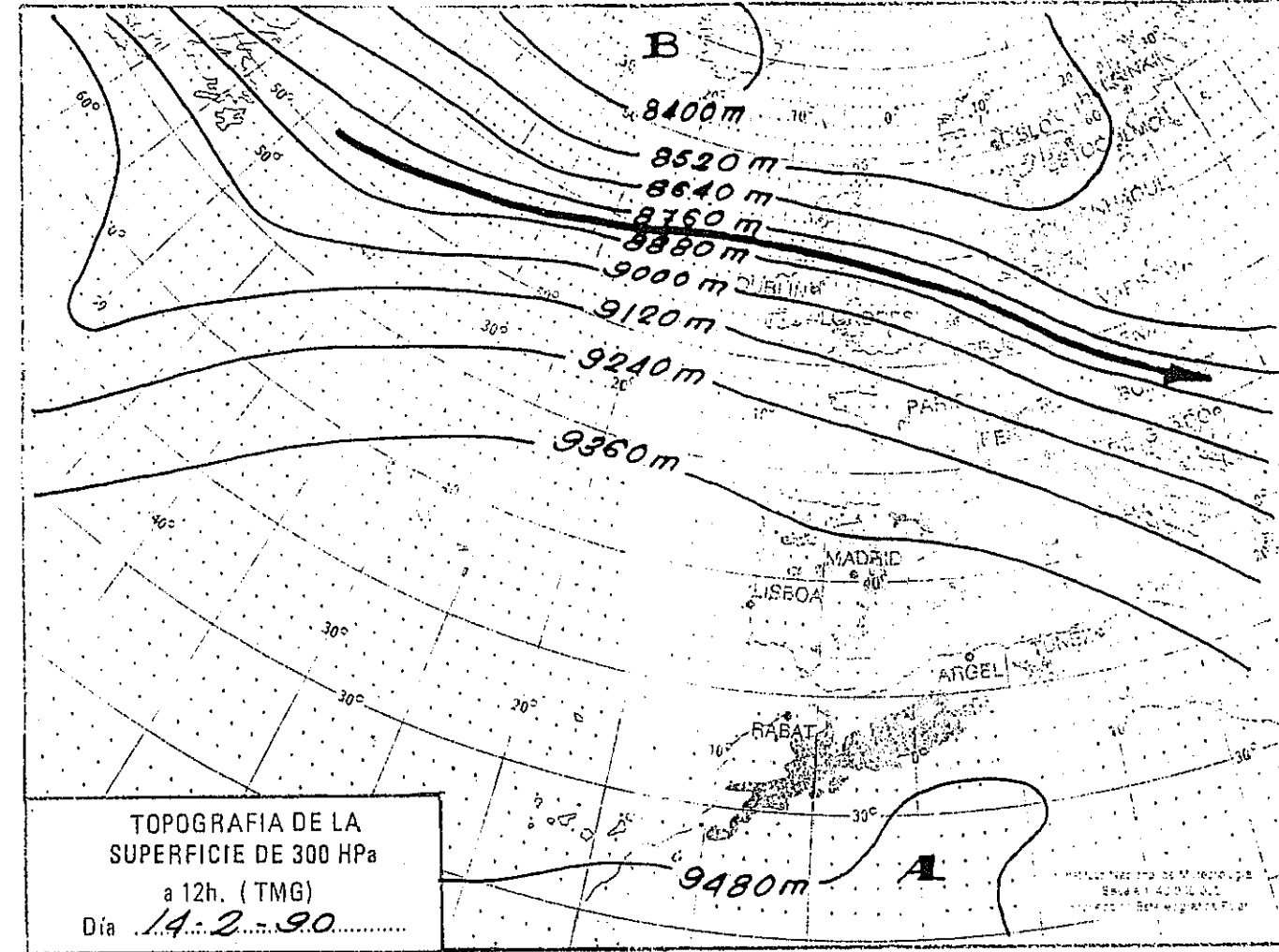
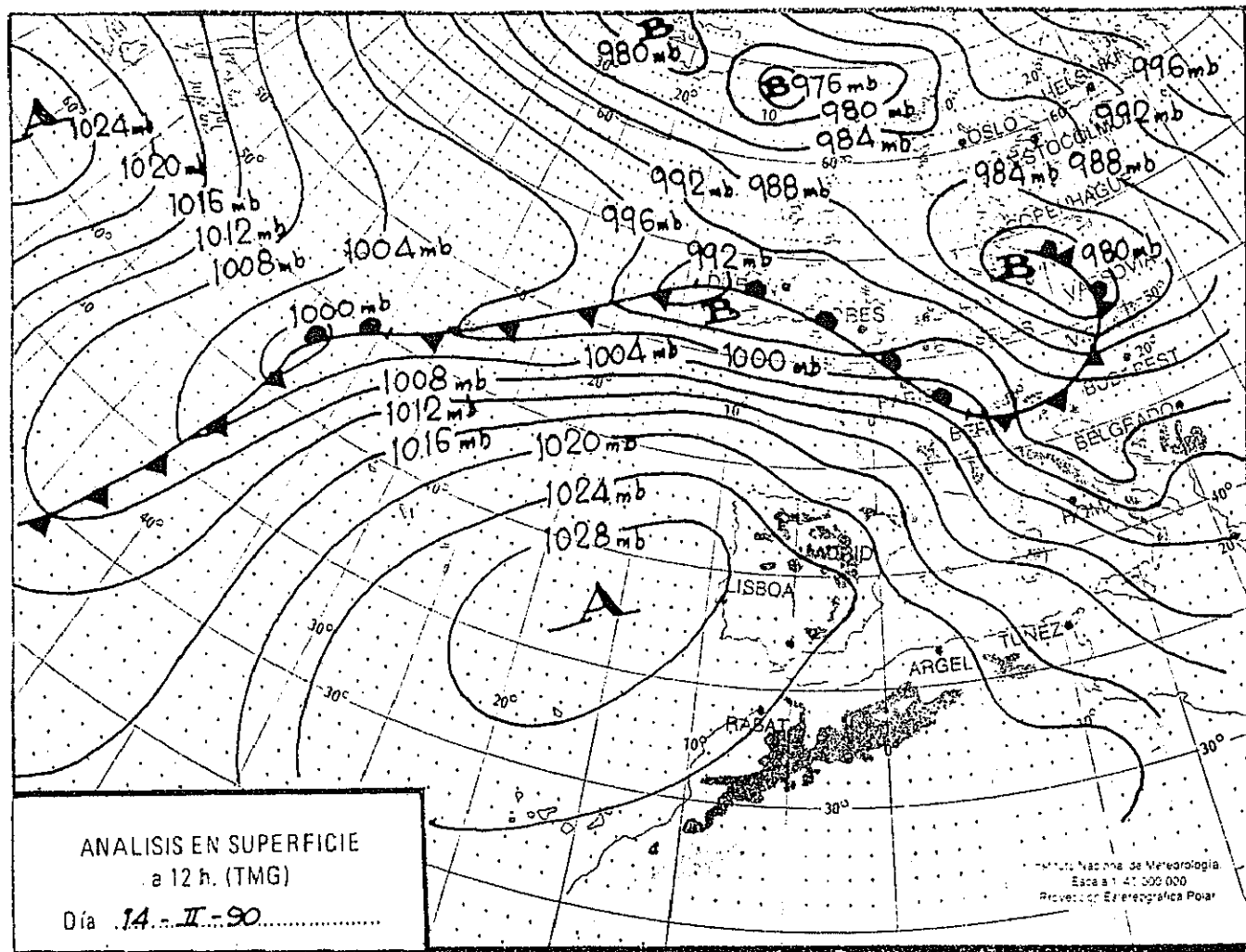
Respecto a las mínimas, el año 1989 sigue la tendencia de la serie con los mínimos en julio y agosto. Frente a esto, el año 1990 tiene su mínimo en febrero, mostrando así una distribución completamente anómala frente a la serie:

	mes máx. 89	mes máx. 90	mes máx. serie
Alcázar	noviembre	octubre	abril
Criptana	noviembre	octubre	abril
	mes mín. 89	mes mín. 90	mes mín. serie
Alcázar	julio	febrero	julio
Criptana	julio	febrero	julio

En febrero de 1990, se registraron 0.3 mm en Criptana y 0.0 mm en Alcázar. Esta situación excepcionalmente anómala se ha estudiado en detalle, observando los boletines meteorológicos que publica el I.M.N. de forma diaria.

Durante este mes, se ha comprobado la existencia de una situación anticiclónica sobre la Península, casi constante desde el día 8 al 28, lo que generó que la circulación se desplazase hacia el N, quedando la Península fuera del alcance de los frentes portadores de humedad. Ver mapa nº 2.4., del día 14-II-1990, este mapa refleja una situación anticiclónica, que como se acaba de comentar se puede hacer extensible desde el día 8 al 28.

Destacar, como nota final respecto a las precipitaciones, la gran irregularidad del año 1990. Con un máximo en octubre (66 mm), seguido en la estación de Alcázar por los meses de agosto (46.5 mm) y abril (46 mm), como segundo máximo aparece un mes que en la serie se había descrito como uno



MAPA 2.4

de los más secos. Y con un mínimo en febrero (0.0 mm en Alcázar y 0.3 mm en Criptana), seguido en Alcázar con un segundo mínimo en junio (0.15 mm) y en Criptana en julio (0.35 mm).

Ver las fichas hídricas (Cuadros nº 2.5.; 2.6.; 2.7.; y 2.8.).

Cuadro resumen de las fichas hídricas			
Serie 1961-90	ETP	Déficit	Exceso
Alcázar	812.1	433.6	24.7
Criptana	862.3	484.8	33.8
1989			
Alcázar	842.1	439.4	53.7
Criptana	847.9	444.2	53.9
1990			
Alcázar	842.2	479.7	6.7
Criptana	856.9	550.4	9.4

Si se observa el cuadro resumen de las fichas hídricas, vemos que los valores de la ETP de Alcázar para los años 1989 y 1990 son superiores a los de la media; no así en Campo de Criptana donde se muestran algo por debajo de la media obtenida para la serie.

Frente a estos datos, los valores tanto de los déficits como de los excesos son muy similares en ambas estaciones, teniendo además una distribución muy semejante. Los déficits del año 1989 se producen entre junio y octubre (ambos incluidos): en cinco meses. Este dato choca en una primera aproximación cuando se comprueba que en el año 1990 el déficit, que tiene un

CUADRO Nº 2.7. FICHA HIDRICA

LOCALIDAD: CAMPO DE CRIPTANA (1989)

Latitud: 39º 23' N
 Longitud: 3º 16' W

Altitud: 710 m.

	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septm	Octub	Novmb	Dicmb	Tot.
t °C	6.4	8.5	12.8	11	18.7	23.5	28.3	27.4	21.3	16.6	11.8	9.6	16.3
P cm	0.95	1.71	4.50	5.10	3.47	2.85	0.16	0.59	5.76	2.96	9.65	8.57	46.2
Ind i	1.45	2.23	4.15	3.30	7.37	10.41	13.8	13.14	8.97	6.15	3.67	2.69	77.3
e	0.4	0.6	1.3	1	2.5	3.7	4.45	4.31	3.1	1.9	1.1	0.8	
ETP	1.02	1.51	4.01	3.33	9.22	13.76	16.82	15.25	9.67	5.47	2.77	1.96	84.7
C.ver						13.76	16.82	15.25					54.0%
Resv	9.44	9.64	10	10	4.25	0	0	0	0	0	6.88	10	
Δ res	-0.07	+0.2	+0.36	0	-5.7	-4.25	0	0	0	0	+6.88	+3.12	
ETrea	1.02	1.51	4.01	3.33	9.22	7.08	0.16	0.59	5.76	2.96	2.77	1.96	
F H ₂ O	0	0	0	0	0	6.68	16.66	14.66	3.91	2.51	0	0	44.4
Exces	0.13	1.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.49	5.39
Desag	0.065	0.95	0.885	0	0	0	0	0	0	0	0	1.74	2.76

valor mucho más acusado, sólo se produce en cuatro meses, desde junio a septiembre, aunque este hecho es fácilmente explicable al comprobar la importancia de las precipitaciones de octubre. Por otra parte, aunque este déficit se produce sólo en cuatro meses, sus valores son mucho más elevados que los déficits registrados en 1989.

En cuanto a los excesos, en 1989 se produjeron en febrero, abril y diciembre en Alcázar y en marzo, abril y diciembre en Criptana, destacando los valores de diciembre 30.3 mm en Alcázar y 34.9 mm en Criptana. Frente a esto, y como es lógico en un año tan seco como ha sido el 1990, los excesos se reducen muchísimo, tan sólo 6.7 mm en enero en Alcázar y 9.4 mm en Criptana y esto gracias a que el suelo venía con la reserva en el máximo, es decir 100 mm, del mes de Diciembre del año 1989.

Si se compara los gráficos de 1989 y 1990, (Gráficos nº 2.11, 2.12, 2.13, 2.14), con los de la serie, lo primero que hay que señalar es que dan un aspecto mucho más irregular. Durante los años 1989 y especialmente 1990 las líneas de la ETP y la de las precipitaciones se cruzan con mayor frecuencia que en los gráficos de las medias de las series. Esto tampoco debe sorprender mucho, ya que los gráficos de las series muestran una tendencia media mucho más regular que la tendencia que muestran los años de forma aislada.

Destaca sobre todo el año 1990 por su irregularidad, ya que como se puede observar en los gráficos, hay dos áreas en que la ETP supera las precipitaciones: La primera febrero-marzo y la segunda mayo-junio-julio-agosto-septiembre, quedando entre ambas áreas el mes de abril, donde las precipitaciones superaron la ETP. Otro dato completamente anómalo, tanto con respecto a la serie como al año 1989, es que en diciembre vuelve a quedarse la ETP por encima de la línea de las precipitaciones.

Así pues, como última consideración, se puede señalar que el año 1990 no es sólo un año seco, sino que tiene además una distribución sumamente irregular.

GRAFICO N° 2. 11 : THORNTHWAITE
ALCAZAR DE SAN JUAN. 1989.

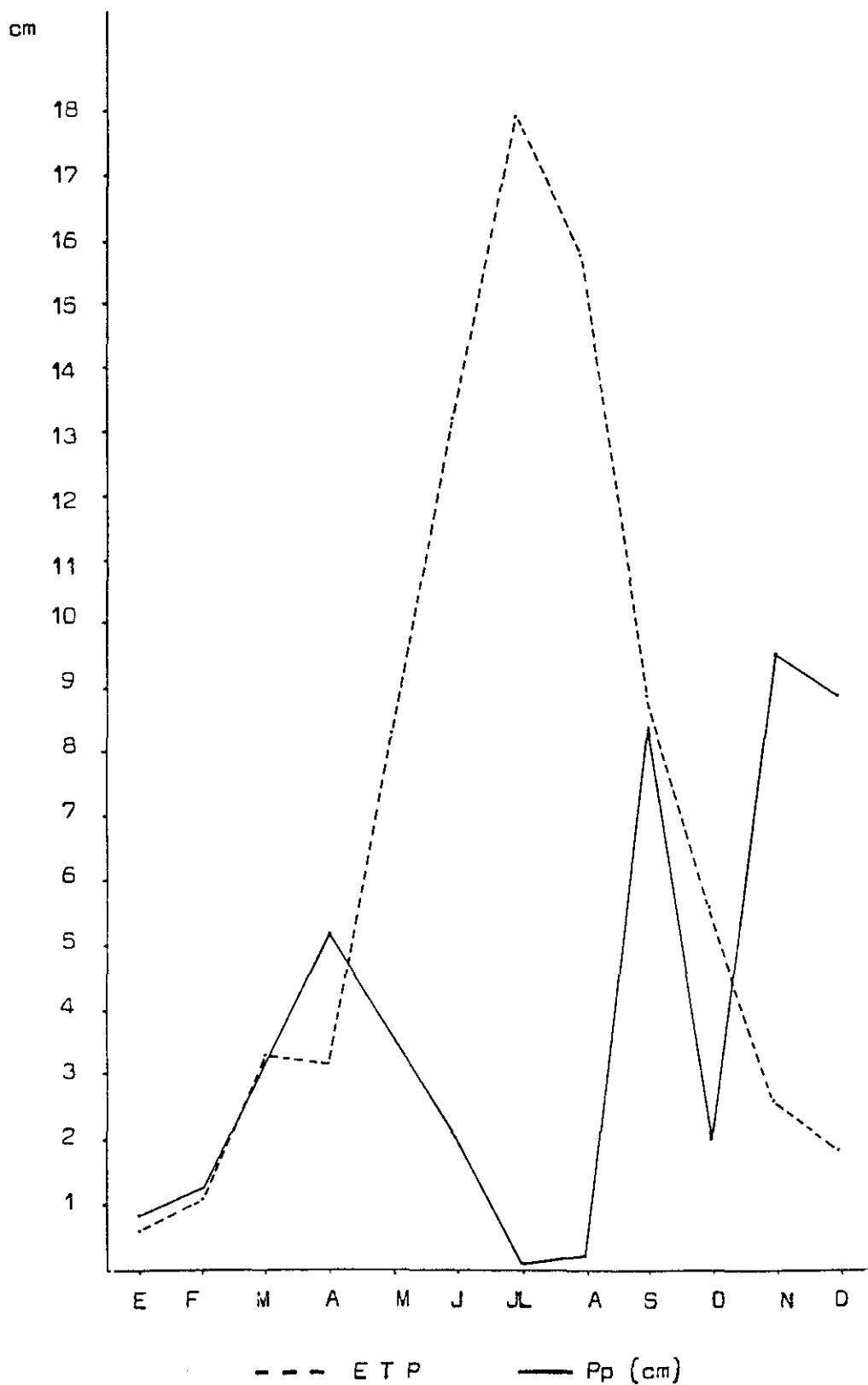


GRAFICO N° 2. 12 : THCRNTHWAITE
CAMPO DE CRIPTANA. 1989.

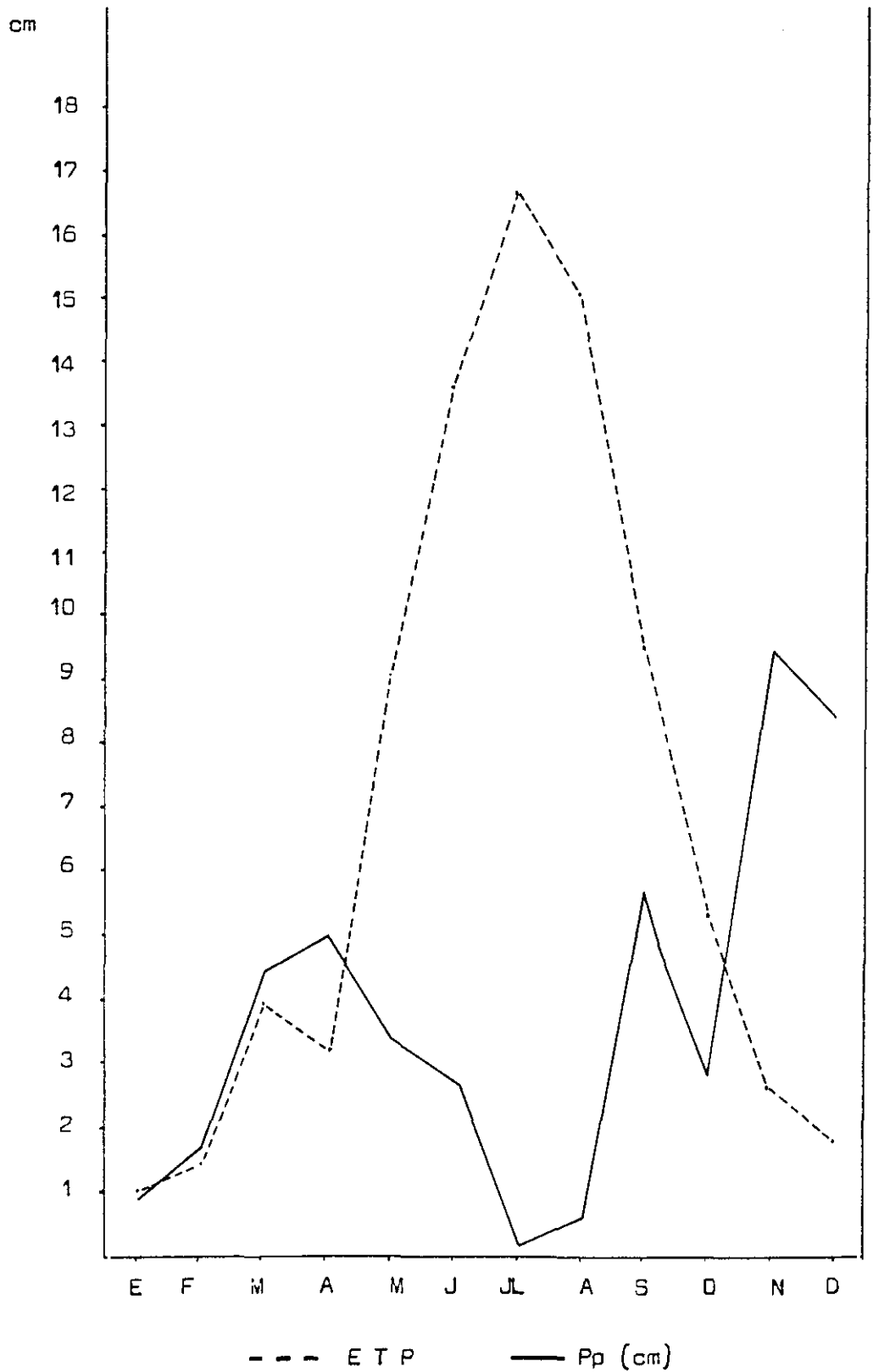


GRAFICO Nº 2. 13. : THORNTHWAITE
ALCAZAR DE SAN JUAN. 1990.

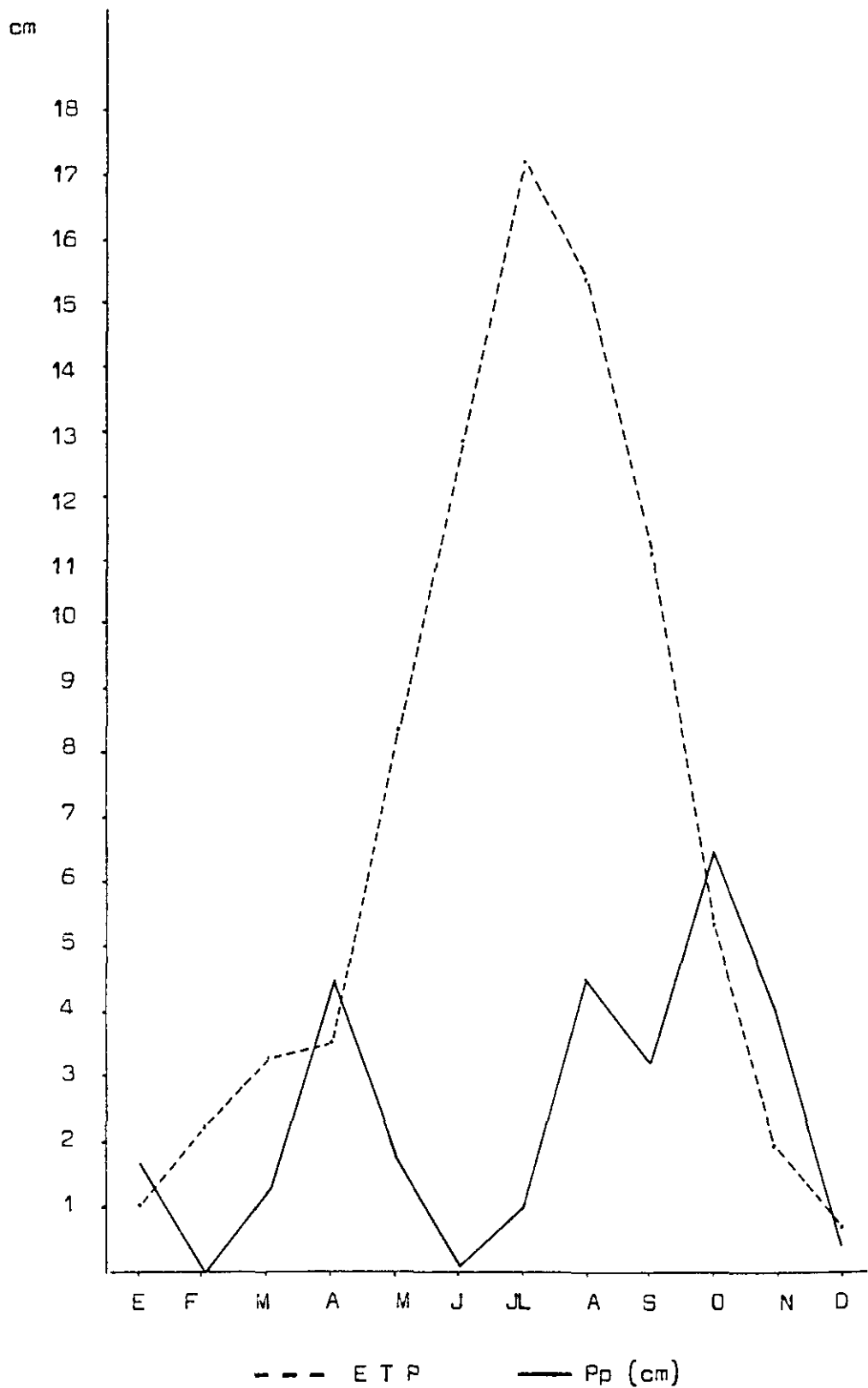
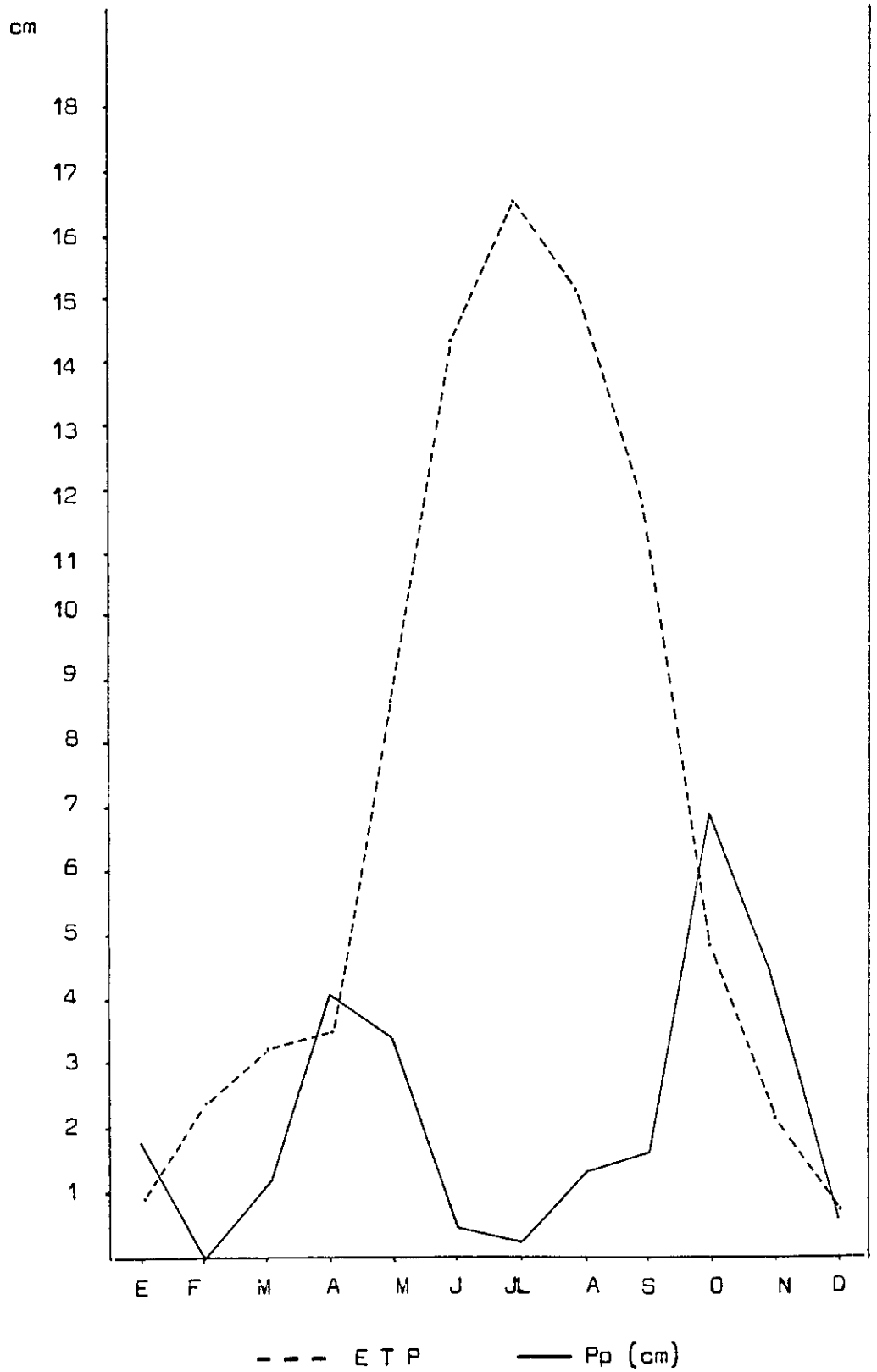


GRAFICO Nº 2. 14 : THORNTONWAITE
CAMPO DE CRIPTANA. 1990.



De todos estos datos se pueden desprender varias conclusiones respecto a los humedales:

1. La irregularidad interanual de las precipitaciones va a condicionar claramente la superficie ocupada por los humedales siendo, lógicamente, en los años más lluviosos mucho más extensas que en los años secos.

2. La intensidad de las precipitaciones es uno de los factores que más influye en la dinámica de los humedales. Es completamente distinto que caigan 40 ó 50 litros por m² durante una semana, de forma suave y continua, lo que favorece que el suelo se empape y absorba el agua; a que caigan en una tormenta, en dos o tres horas, lo que hará que el suelo se sobresature y escurra la mayor parte del agua, acumulándose ésta en los humedales (zonas más deprimidas del terreno).

3. La importancia de la evapotranspiración estival para explicar los fuertes descensos de los niveles en las lagunas permanentes y la desecación, con la consiguiente génesis de costras salinas en las estacionales y humedales en general.

2.5. CLASIFICACIONES CLIMATICAS.

En esta apartado, se han recogido diversos índices y clasificaciones climáticas, con el fin de definir cuáles son los rasgos más característicos del clima que nos ocupa.

Entre los más sencillos destacan:

. Factor de pluviosidad de LANG (1920).

$$F_p = \frac{\text{Precipitación media mm}}{\text{Temperatura media } ^\circ\text{C}}$$

Clasificando los climas con un valor mayor de 40 como húmedos, e inferior como áridos.

Los valores obtenidos para la serie son:

Alcázar de San Juan 26.90.

Campo de Criptana 26.26.

Por tanto, clasifica los climas de ambas estaciones como áridos.

. Índice de aridez. DE MARTONNE (1926).

$$I_a = \frac{\text{Precipitación media mm}}{\text{Temperatura media} + 10}$$

Clasificando los climas según dicho índice como: Desierto valores de 0 a 5, semidesierto de 5 a 10, de 10 a 20 estepas y países secos mediterráneos etc.

Los valores obtenidos son:

Alcázar de San Juan 16.08.

Campo de Criptana 16.02.

Son, por tanto, climas de países secos mediterráneos.

Otro grupo de índices, tienen en cuenta la latitud y la amplitud térmica anual. Entre estos destacan:

. Índice de ZENKER (1918).

$$I_k = \frac{600 * \text{Amplitud térmica}}{5 * \text{Latitud}} - 20$$

Los valores obtenidos son:

Alcázar de San Juan 42.01

Campo de Criptana 42.55

Zenker definía como CONTINENTALES, los climas con un índice k entre 40 y 50.

Índice de GORCZYNSKI (1920).

$$I_k = 1.7 * \frac{\text{Amplitud térmica}}{\text{sen latitud}} - 20.4$$

Aplicando dicho índice, los valores son:

Alcázar de San Juan 34.16

Campo de Criptana 34.67

Definiendo como CONTINENTAL MODERADO, los valores de k entre 30 y 40.

Índice de JOHANSSON (1931).

$$I_j = \frac{1.6 * \text{Amplitud}}{\text{sen latitud} + 10} - 14$$

Los valores obtenidos son:

Alcázar de San Juan 28.89

Campo de Criptana 29.28

Clasificados como CONTINENTAL MODERADO.

. Índice de SCHREPFER (1932).

$$I_s = \frac{800 * \text{Amplitud}}{7 * \text{Latitud}} - 14$$

Obteniendo para las series:

Alcázar de San Juan 45.05
Campo de Criptana 45.57

Clasificados como climas CONTINENTALES.

. Clasificación de EMBERGER.

Algo más complejo que los anteriores Emberger realizó este índice buscando una explicación climática a la vegetación altitudinal. Observó, que en las regiones mediterráneas, la vegetación cuanto más se ascendía altitudinalmente mostraba caracteres menos adaptados a la sequía.

El índice en cuestión es:

$$Q = \frac{\text{Precipitaciones}}{M + m * (M - m)} * 100$$

Siendo M = Media de las máximas del mes más cálido en °C.
m = Media de las mínimas del mes más frío °C.

Emberger clasificó los climas como desérticos, áridos, semiáridos, templados, húmedos y de alta montaña.

Así pues, según esta clasificación y como muestra el gráfico nº 2.15., el clima de Alcázar y de Criptana se define como semiárido, tanto para los valores de la serie como para los valores obtenidos en 1989. No así, el año 1990, que queda definido como árido.

	1989	1990	Serie
Alcázar de San Juan	35.47	23.87	37.85
Campo de Criptana	35.12	21.59	36.15

Existen clasificaciones más complejas que tienen en cuenta, no sólo las temperaturas y las precipitaciones, sino también otros factores como son la evapotranspiración y el balance hídrico. Entre estas destaca la clasificación de KOPPEN, adaptada al clima español por López Gómez y López Gómez (1959).

Según dicha clasificación tanto el clima de Alcázar como el de Campo de Criptana se definen como Csa, es decir:

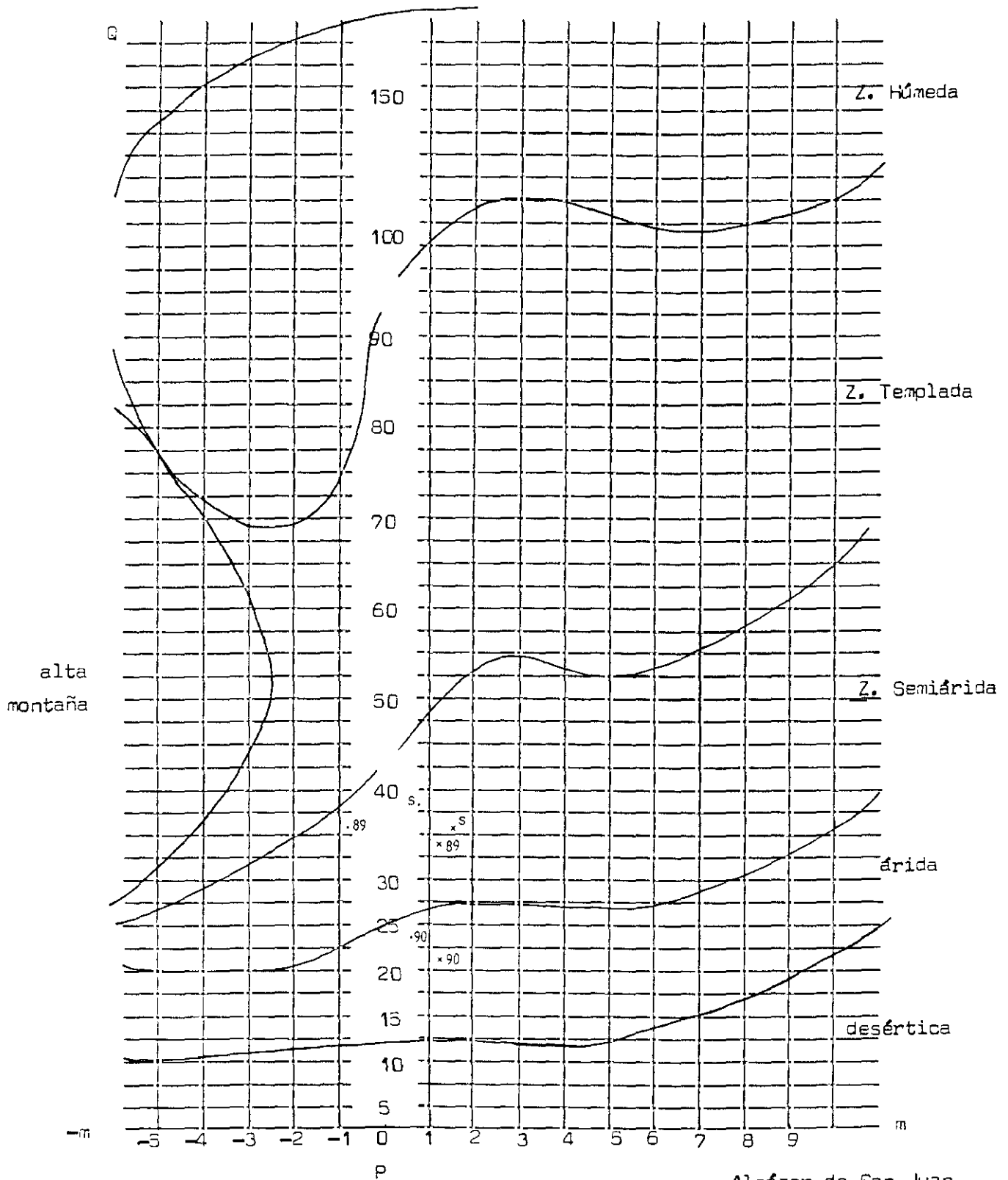
C - Clima de bosques mesotérmicos (la media del mes más frío está por encima de los 0° C pero por debajo de los 18° C; la media del mes más cálido registra más de 10° C).

s - Sequía estival, dentro de unas precipitaciones inferiores a 600 mm.

a - Media del mes más cálido por encima de 22° C .

Las estaciones de Alcázar y de Campo de Criptana se diferencian, tan sólo, en un subíndice ya que la estación de Alcázar se define como Csa₃, con

GRAFICO Nº 2. 15. : DIAGRAMA DE EMBERGER



$$Q = \frac{2 \left[\frac{(M+m)}{2} (M-m) \right] \times 100}{P}$$

. Alcázar de San Juan
 x Campo de Criptana
 S= Serie 89= año

temperaturas medias invernales inferiores a 6° C. Mientras que el de Campo de Criptana es un clima Csa₂, ya que ésta posee unas condiciones más suaves en la estación fría, con temperaturas medias invernales superiores a 6 ° C.

Existe para el clima C, una cuarta letra s "": si existen dos máximas de precipitaciones, con sequía secundaria intermedia. Sin embargo y dados los porcentajes de distribución de las precipitaciones un 28.9 % en Alcázar y un 30.6 % en Campo de Criptana en invierno, no creo que se pueda definir una sequía secundaria.

LA CLASIFICACION DE THORTHWAITE.

Esta clasificación parte de la creación de unas fichas hídricas (ver cuadros nº 2.3. y 2.4), a partir de las cuales se obtienen los datos necesarios para la realización de ciertos índices. Dichos índices son:

Indice de humedad:

$$I_h = \frac{100 * \text{exceso de agua}}{\text{ETP}}$$

Indice de aridez:

$$I_a = \frac{100 * \text{deficit de agua}}{\text{ETP}}$$

Indice de humedad efectiva:

$$I_m = I_h - 0.6 * I_a$$

Como en el apartado de la evaporación ya se comentaron los valores del exceso de agua, del déficit de agua y su distribución, ahora se comentará directamente el valor de estos índices, para así poder clasificar los climas.

Cuadro resumen de los Índices de Thomthwaite			
Alcázar de San Juan			
	1989	1990	Serie
ETP	84.21	84.22	81.21
% Verano	56.30	54.58	54.79
Ih	6.37	0.79	3.04
Ia	52.17	56.95	53.39
Im	- 24.93	- 33.38	- 28.39

Cuadro resumen de los Índices de Thomthwaite			
Campo de Criptana			
	1989	1990	Serie
ETP	84.79	85.69	86.23
% Verano	54.05	54.28	54.13
Ih	6.35	1.09	3.91
Ia	52.38	64.23	56.22
Im	- 25.67	- 37.44	- 29.82

Según el Índice de humedad efectiva (Im), valores entre -20 y -40 se consideran Clima Semiárido, clima D.

La ETP, es un índice de eficacia térmica, ya que en su cálculo se tuvo en cuenta tanto la temperatura como la duración de los días y los meses. Según dicho índice se puede clasificar el clima como Mesotérmico, aunque encontramos variaciones en el subíndice:

B_2 , valores entre 71.2 y 85.5 cm.

B_3 , valores entre 85.5 y 99.7 cm.

Así pues, la estación de Alcázar tanto en su serie como en los años 1989 y 1990 se clasificaría como B_2 ; mientras que en la estación de Campo de Criptana tenemos un B_3 para la media de la serie y para el año 1990 y un B_2 para el año 1989.

En cuanto al índice de humedad (Ih), los valores entre 0 y 10 se definen como d, con pequeño o ningún exceso de agua.

Y por último, según la importancia del verano en la ETP, clasificamos el clima objeto de estudio como Mesotérmico continental: b_3 , con valores entre 51.9 y 56.3.

Así pues, el clima del área queda clasificado como Semiárido (D), Mesotérmico (B_2 , B_3), con pequeño o ningún exceso de agua (d) y continental (b_3).

2.6. CLASIFICACIONES MORFOCLIMATICAS

Para finalizar este apartado de clasificaciones climáticas, se hará mención de una serie de clasificaciones que no son estrictamente climáticas, son las clasificaciones morfoclimáticas de Peltier (1950) y Wilson (1968) realizadas tras constatar la relación existente entre los regímenes climáticos y la distribución de los procesos geomorfológicos.

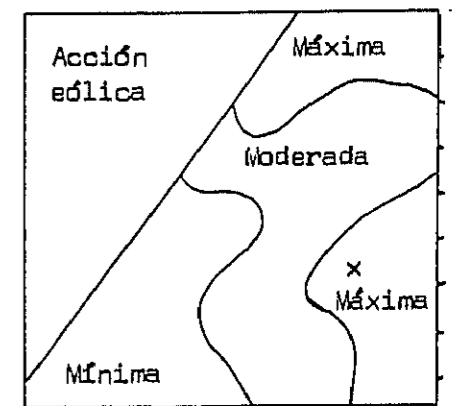
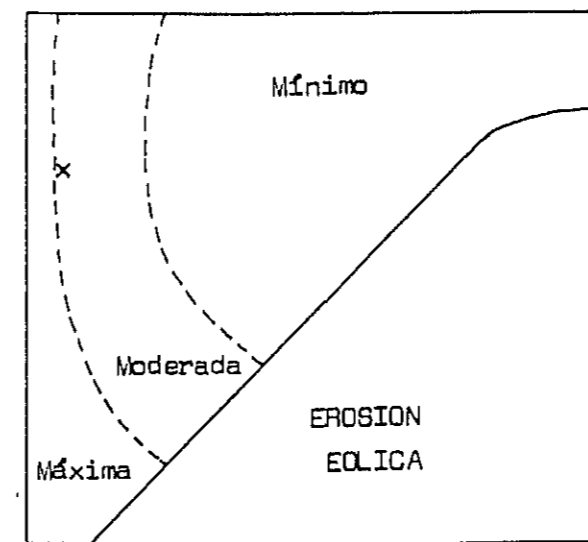
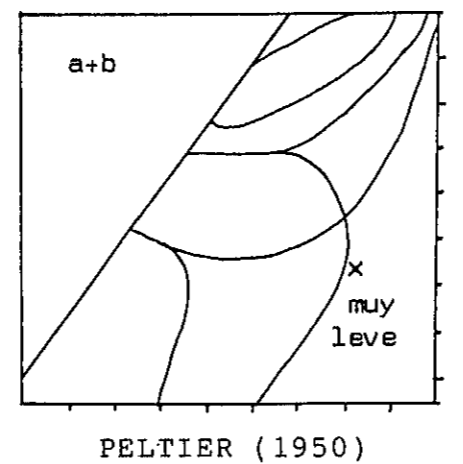
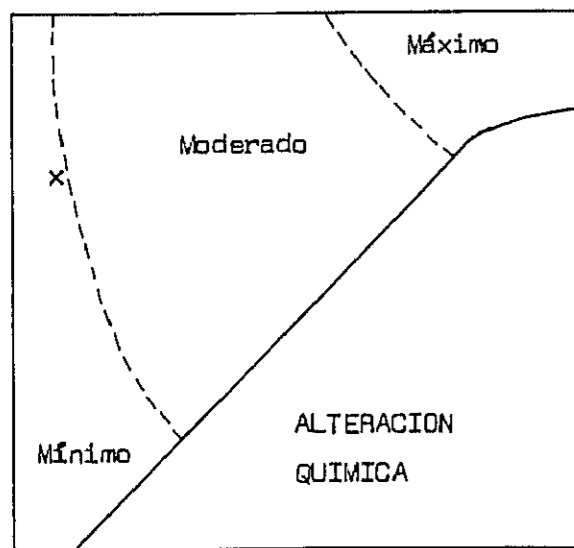
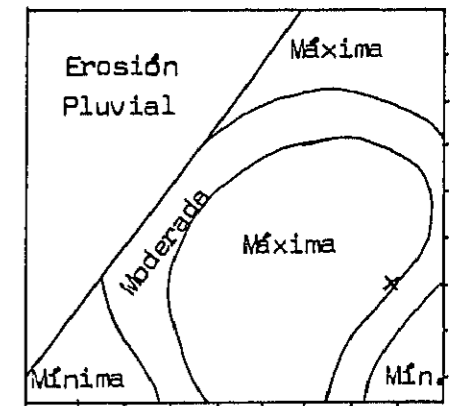
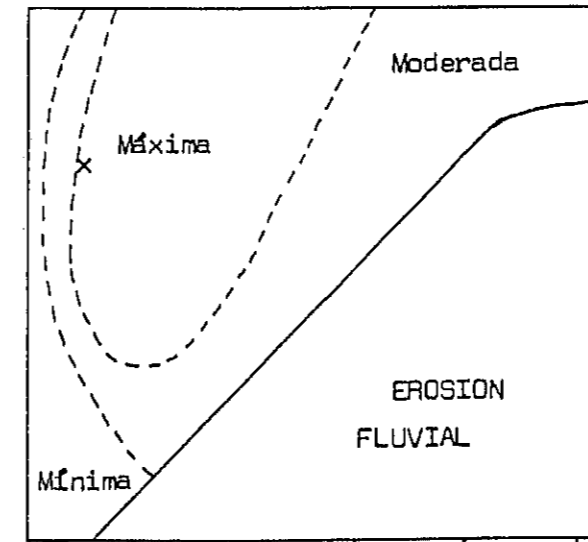
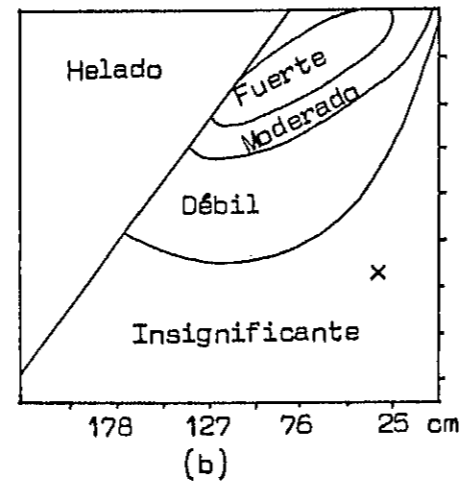
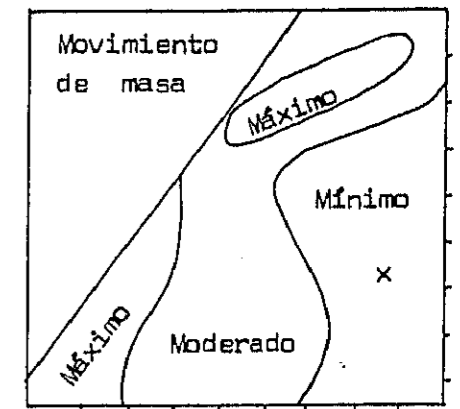
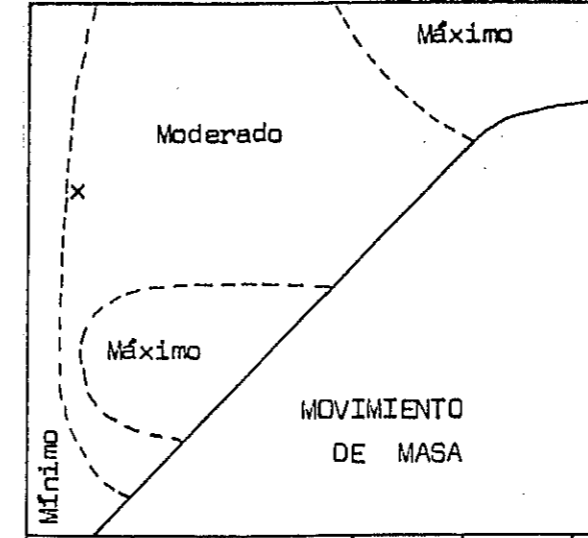
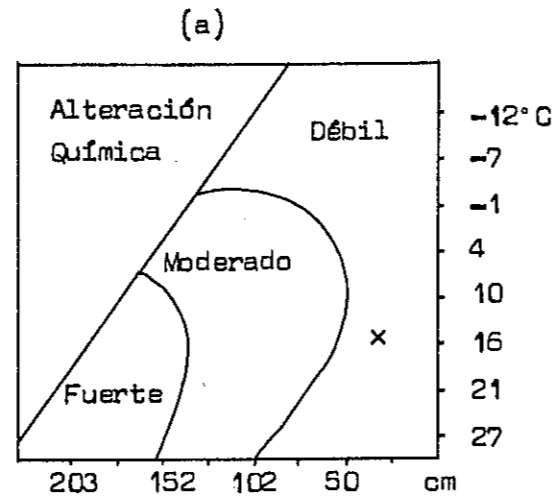
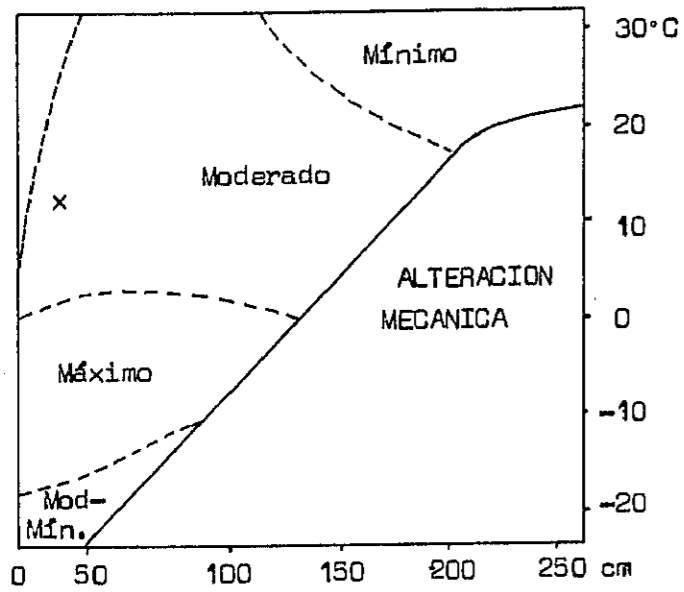
Los parámetros climáticos utilizados por estos autores son la media anual de las temperaturas y las precipitaciones. En cuanto a los procesos geomorfológicos estudian: La alteración química, la alteración mecánica, movimientos de masa, erosión fluvial y erosión eólica.

El resultado es la definición de una serie de regiones morfogenéticas, que según Peltier (1950) son aquellas cuyas formas de relieve reflejan el clima y los procesos presentes. Wilson (1968) por su parte, definió el concepto CPS (Sistema clima-proceso) como el que idealmente relaciona en un sistema morfogenético el clima, los procesos y las formas del terreno.

Como se puede observar en el gráfico nº 2.16.:

La alteración mecánica en el área de estudio es moderada, esto se corresponde con un clima de temperaturas medias anuales suaves: 14.8° C en Alcázar y 15.6° C en Criptana. Y de escasas precipitaciones: 400.1 mm en Alcázar y 411.3 en Criptana.

La alteración química, es débil (Peltier) y mínima (Wilson). A su vez, corresponde con el clima, ya que las precipitaciones no coinciden con el período de máxima temperatura, condición esta imprescindible para que se produzca la alteración química de forma apreciable.



WILSON (1968)

PELTIER (1950)

WILSON (1968)

PELTIER (1950)

GRAFICO Nº 2. 16: RELACIONES ENTRE PROCESOS GEOMORFOLOGICOS Y PARAMETROS CLIMATICOS

Peltier asimiló el papel de la helada con el de la alteración mecánica, la suma de la alteración química (a) y la helada (b) daría como resultado una alteración global que se define a su vez como muy leve.

En cuanto al movimiento en masa es mínimo, esto se explica fundamentalmente por la falta de precipitaciones. Aunque la falta de relieve coadyuva notablemente en la poca importancia de este proceso.

Frente a esto, la erosión fluvial es máxima (Wilson) y máximo/moderada (Peltier). Esto responde al esquema teórico siguiente: en una región semiárida y con escasa cobertura vegetal, las precipitaciones pueden originar una escorrentía capaz de producir una fuerte erosión.

Sin embargo, en el área objeto de estudio confluyen una serie de factores que van a limitar mucho esta capacidad erosiva:

- . La falta de relieve.
- . La escasa importancia de la red de drenaje.
- . La litología permeable en muchas áreas, que favorece la infiltración de las aguas.

De esta forma, sólo con lluvias de fuerte intensidad, como en el caso de las tormentas, se podrá apreciar una acción erosiva considerable.

Por último, queda comentar la acción eólica que ha sido definida como moderada (Wilson) y como máxima (Peltier).

En esta ocasión, el área de estudio presenta una serie de características que van a favorecer en gran medida la acción erosiva del viento.

Estas condiciones son:

- . Una topografía sin grandes obstáculos.
- . La ausencia de vegetación.

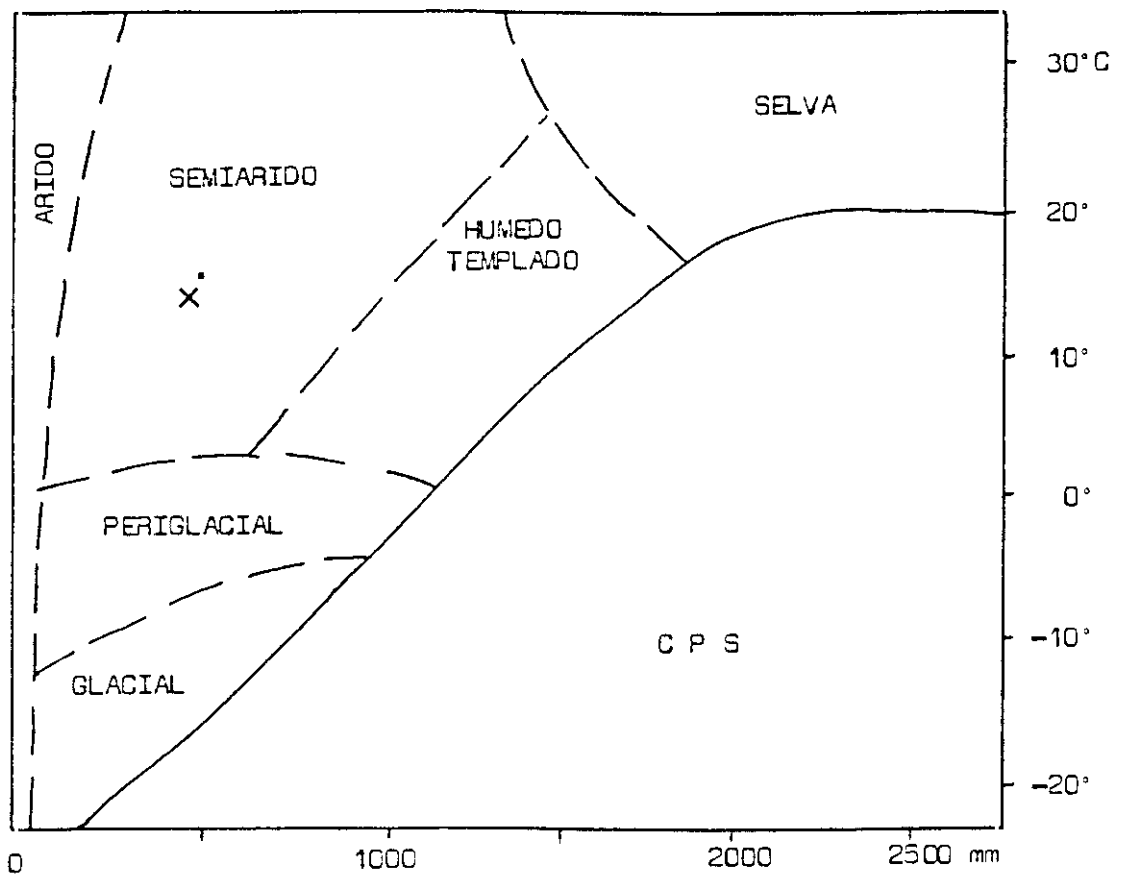
- . La existencia de materiales finos, fácilmente transportables por el viento (como es el caso de los limos y arcillas de los sistemas fluviales del Gigüela y del Záncara).

Una vez establecidas las relaciones entre elementos climatológicos y procesos geomorfológicos, se puede incluir el área de estudio dentro de una región morfogenética, que es como se puede observar en el gráfico nº 2.17., la región semiárida, tanto en la clasificación de Peltier (1950) como en la de Wilson (1968).

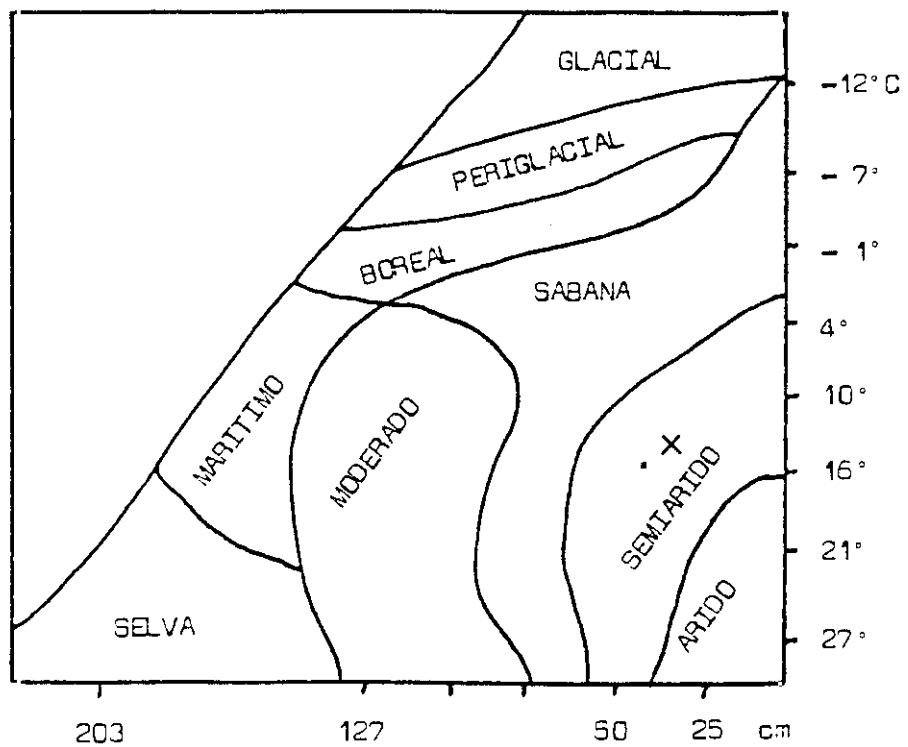
En 1965, Strahler hace algunas modificaciones al gráfico de las regiones morfogenéticas; varía las escalas, enfatizando las regiones áridas e introduce la clasificación de los regímenes climáticos (basada en la dinámica de las masas de aire). De esta forma, permite hacer comparaciones entre los tipos climáticos y las regiones morfogenéticas, introduciendo a su vez la estacionalidad dentro de este tipo de análisis.

En el gráfico nº 2.18., aparecen representados los polígonos de las estaciones de Alcázar de San Juan y Campo de Criptana (valores medios de la serie). Se encuentran, en el régimen climático mediterráneo, aunque existen grandes contrastes entre los meses de julio y agosto, de régimen climático desértico y dentro de un CPS árido y los meses de diciembre, enero y febrero de clima continental y muy próximos al CPS periglacial. El resto de los meses quedan definidos dentro del clima mediterráneo y un CPS semiárido.

Respecto a los procesos geomorfológicos mas importantes por estaciones, se puede afirmar que en los meses invernales existe un predominio de la helada y la alteración mecánica. En los meses de verano destacaría la acción eólica, destacando también en los humedales la desecación y la formación de costras salinas. En los restantes meses los procesos que predominan son los



W I L S O N (1963)



P E L T I E R (1950)

GRAFICO Nº 2. 17.

REGIONES MORFOGENETICAS DE WILSON Y PELTIER

X ALCAZAR DE SAN JUAN

• CAMPO DE CRIPTANA

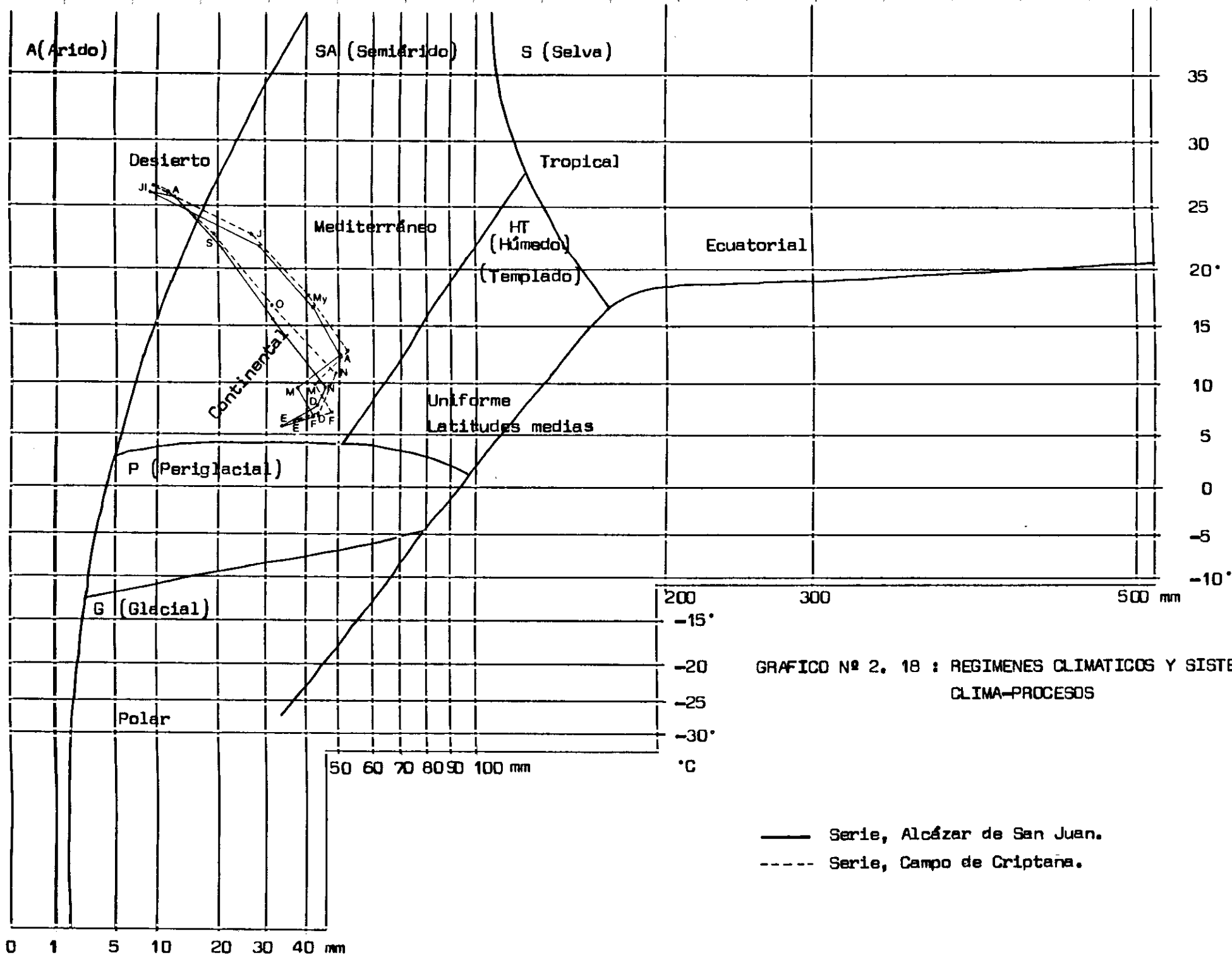


GRAFICO Nº 2. 18 : REGIMENES CLIMATICOS Y SISTEMAS CLIMA-PROCESOS

— Serie, Alcázar de San Juan.
 - - - Serie, Campo de Criptana.

de la acción fluvial y el movimiento de masa.

En cuanto a los polígonos de los años 1989 y 1990, gráficos nº 2.19 y nº 2.20., destaca su gran irregularidad.

El año 1989, se puede encuadrar en un régimen climático mediterráneo-continental, con los meses de enero y febrero muy próximos al CPS periglacial. Dos meses: Julio y agosto de clima desértico y CPS árido; y dos meses noviembre y diciembre dentro de un CPS húmedo templado.

Los procesos geomorfológicos más importantes que se podrían destacar en este año serían los de la acción eólica, en los meses de verano, los de la acción fluvial y movimiento de masa en los meses más húmedos (noviembre y diciembre) y la helada en los meses más fríos (enero y febrero).

El año 1990, destaca por tener cuatro meses dentro del clima desértico y del CPS árido: diciembre, febrero, junio y julio, pudiendo distinguir dos meses fríos y dos cálidos. Llama la atención el hecho de que agosto no se encuentre en esta región. Esto se debe a que durante este mes se registraron fuertes precipitaciones de carácter tormentoso, lo que hace que se incluya dentro del clima mediterráneo.

El resto de los meses se incluyen dentro de un clima mediterráneo, con tendencia continental destacando el mes de enero, muy próximo al CPS periglacial.

Los procesos geomorfológicos que se podrían destacar son los de la helada o alteración mecánica en los meses más fríos y los de la acción eólica y la desecación en los meses cálidos.

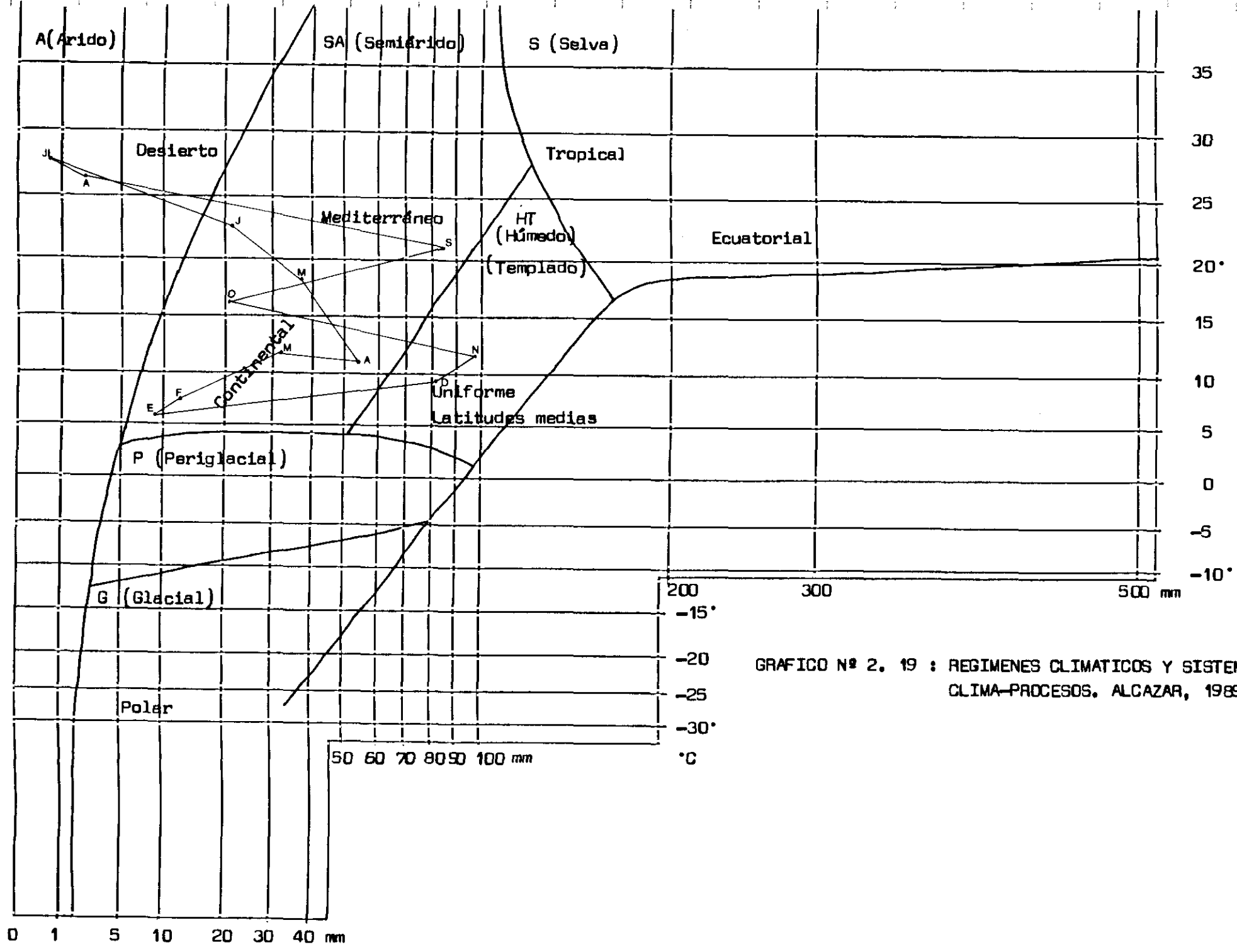


GRAFICO N° 2. 19 : REGIMENES CLIMATICOS Y SISTEMAS CLIMA-PROCESOS. ALCAZAR, 1989.

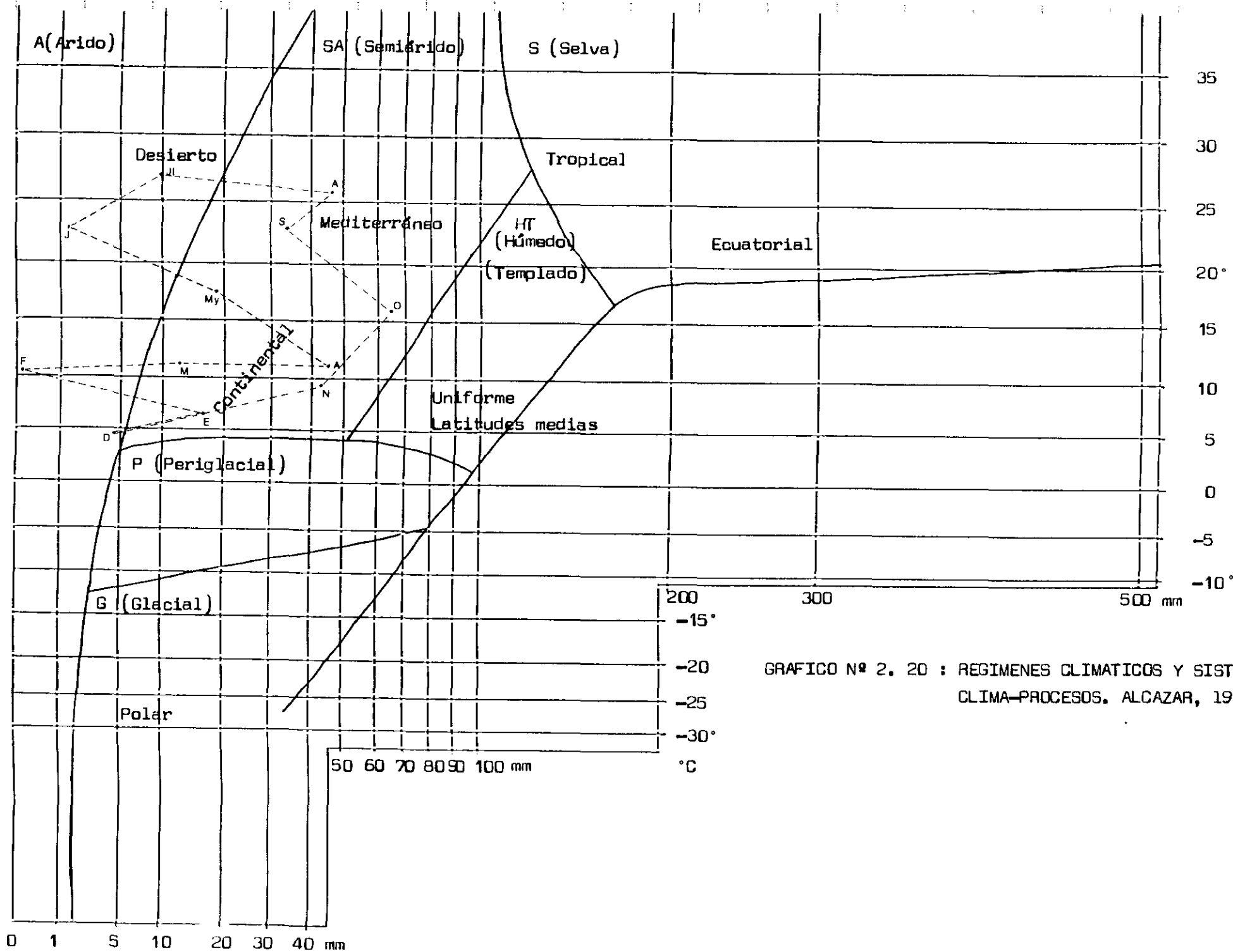


GRAFICO Nº 2. 20 : REGIMENES CLIMATICOS Y SISTEMAS CLIMA-PROCESOS. ALCAZAR, 1990.

LEYENDA

CORDILLERA HERCIANA

 Precámbrico+Paleozoico

CORDILLERA ALPINA IBERICA

 Mesozoico+Terciario

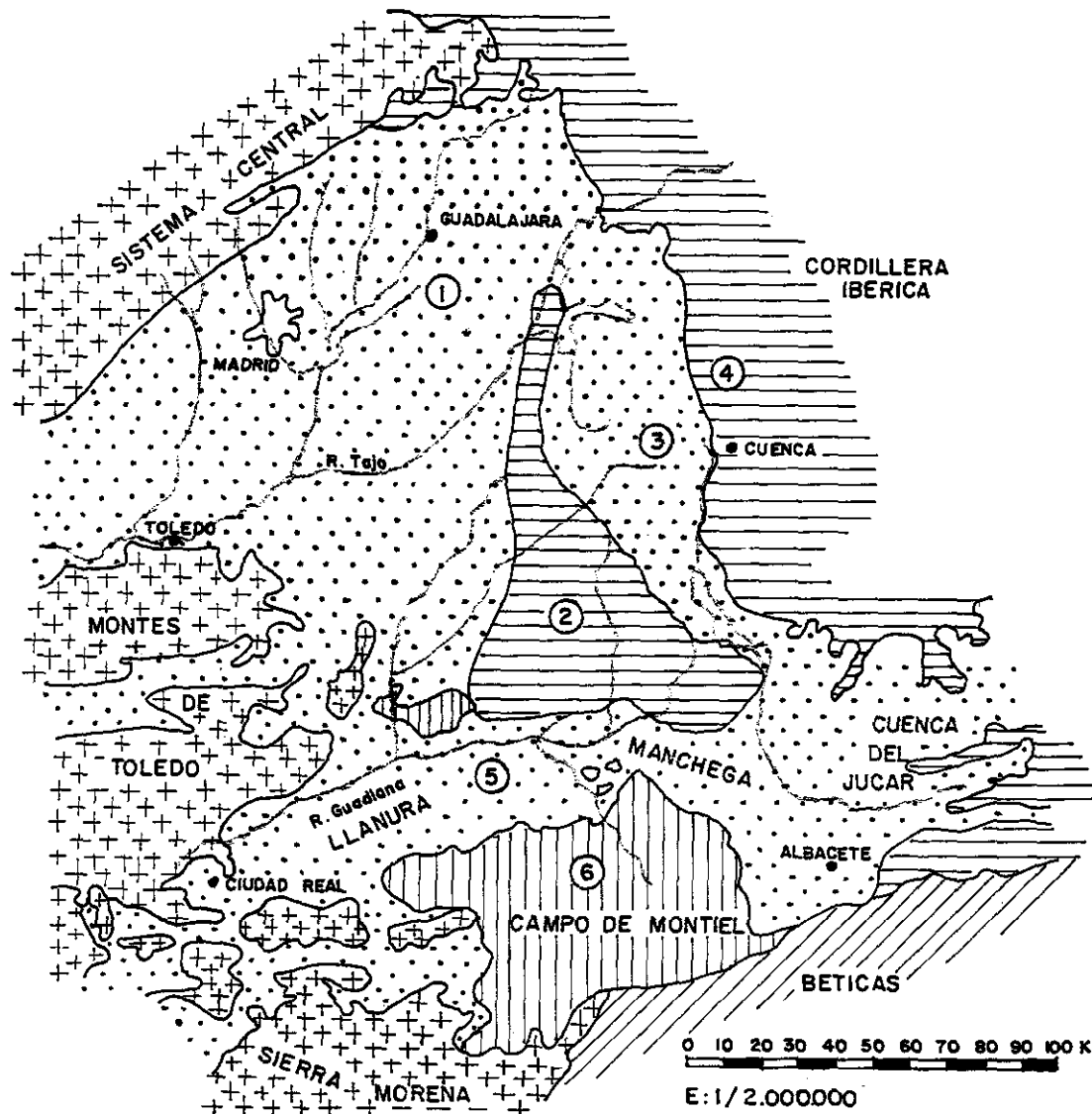
CORDILLERA ALPINA BETICA

 Mesozoico +Terciario

AREAS DE PLATAFORMA

 Cobertura mesozoica poco o nada deformada.

 Cobertura terciaria poco o nada deformada.



UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

(Fuente Garcia Abbad, 1975)

- 1.- Depresión del Tajo
- 2.- Sierra Altomira
- 3.- Depresión intermedia Altomira-Ibérica
- 4.- Cordillera Ibérica
- 5.- La Mancha
- 6.- Campo de Montiel

Mapa 3.1: POSICION DE LA LLANURA MANCHEGA EN LA SUBMESETA MERIDIONAL.

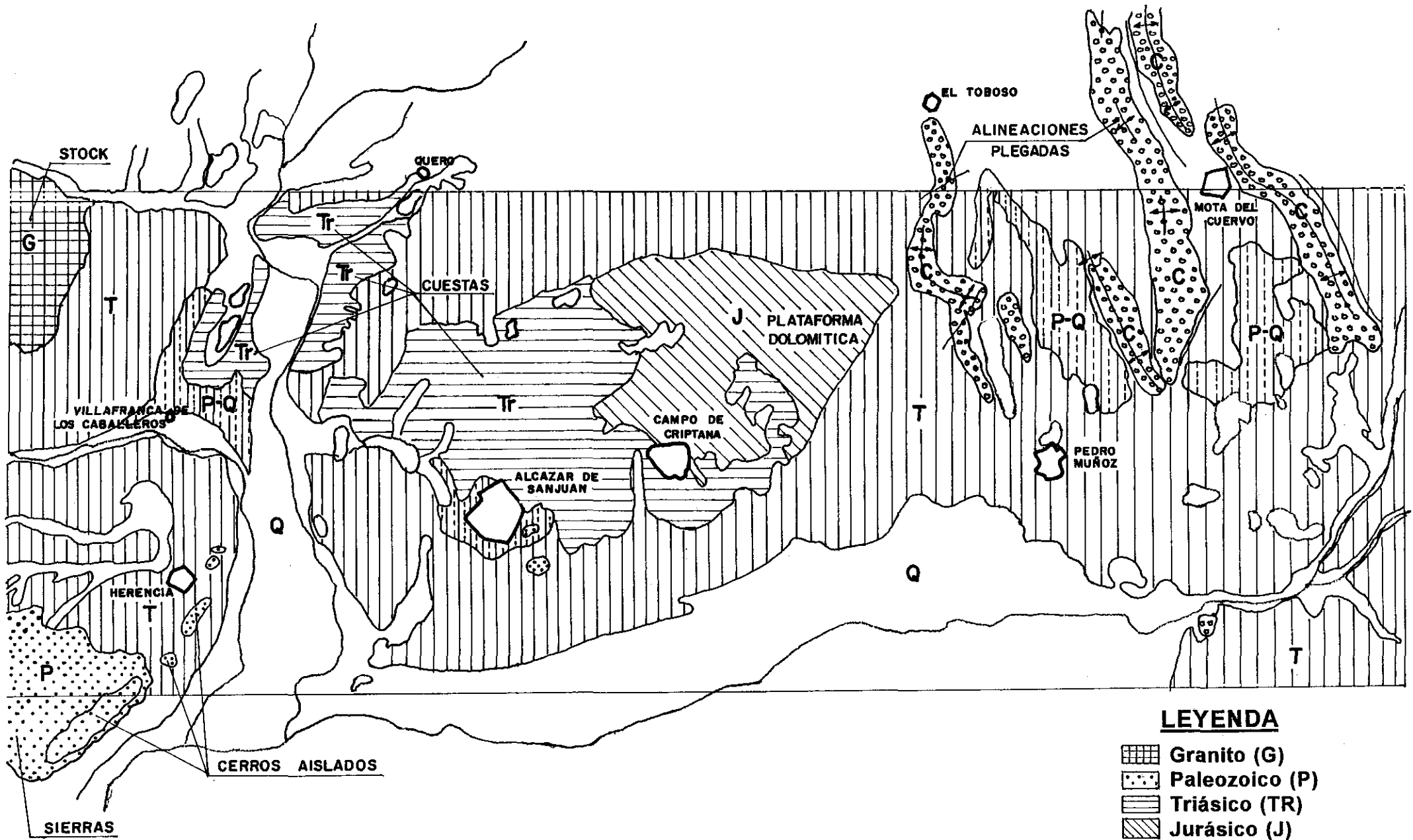
(Fuente: Pérez González, 1981)

3.- EL MARCO GEOMORFOLOGICO DE LA MANCHA. ASPECTOS LITOLÓGICOS, ESTRUCTURALES Y EVOLUTIVOS QUE CONDICIONAN LA PRESENCIA DE LOS HUMEDALES.

Como ya vimos, en el capítulo de la introducción, nos encontramos en la región natural de La Mancha.

Dentro de esta gran región se pueden distinguir varias unidades morfoestructurales, entre las que destaca la Llanura manchega. Esta unidad se extiende desde el río Júcar por el E., hasta las estribaciones más orientales de los Montes de Toledo por el NW. y el Campo de Calatrava por el SW. Limita al N. con la S^a de Altomira y al S. con el Campo de Montiel. Ver mapa 3.1.









Por lo tanto, nuestro área de estudio se localiza en el borde más septentrional de la Llanura manchega, incluyendo los relieves mesozoicos del borde de cuenca (cuestas triásicas de Alcázar de San Juan - Quero; plataforma dolomítica de Campo de Criptana y parte de los relieves plegados de la S^a de Altomira, bloque El Toboso - Mota del Cuervo); y los relieves más orientales de los Montes



MAPA 3.2: ESQUEMA GEOLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO. Escala: 1/200.000

(Fuente: Mapa geológico n° 53 y 54 (I.G.M.E) y elaboración propia)

LEYENDA

-  Granito (G)
-  Paleozoico (P)
-  Triásico (Tr)
-  Jurásico (J)
-  Cretácico (C)
-  Terciario (T)
-  Pliocuatrnario (P-Q)
-  Cuaternario (Q)

de Toledo (S^a del Navajo y cerros de Herencia y Alcázar de San Juan). Ver mapa 3.2.

Es pues una zona de transición entre el dominio paleozoico de los Montes de Toledo, el dominio mesozoico de la S^a de Altomira y el terciario de la Cuenca Manchega, sin olvidar la gran importancia y cobertura de los depósitos cuaternarios, fundamentalmente, de origen fluvial y eólico.

Este hecho, el ser un área de encuentro entre dominios tan dispares, tanto desde el punto de vista litológico como estructural, conlleva grandes dificultades de interpretación dado el poco espesor que presentan algunas de sus facies y los rápidos cambios que se producen entre éstas. A estos problemas habría que añadir otro que es la inexistencia de cortes naturales y afloramientos de suficiente extensión donde poder estudiar las secuencias cronoestratigráficas.

Así pues, aunque esta comarca ha sido siempre caracterizada por la sencillez de sus formas, la realidad que se constata es la de una gran complejidad geológica y por ende geomorfológica.

Sin embargo, esta complejidad de depósitos y de formas no ha sido reconocida hasta hace muy poco, ya que hasta la década de los 70 predominaron las ideas de Hernández Pacheco (1932) quien consideraba el relleno de la cuenca de edad neógena (calizas "pontienses") y los cantos y arenas, sobre todo los de los niveles más altos, como pertenecientes a redes fluviales pliocenas.

Han sido los trabajos de Molina et al. (1972), Molina (1974), Urroz y Pérez González (1974), García-Abbad (1975) y fundamentalmente Pérez González (1981) los que mayor número de datos han aportado para el conocimiento de la morfología y evolución del Terciario y Cuaternario en la Llanura Manchega.

Respecto a la cartografía geomorfológica que presentamos, se ha optado por el sistema del ITC de Entschede. La clasificación y análisis del terreno de este sistema se realiza desde una óptica, fundamentalmente, genético-paisajística, de forma que distinguen una serie de unidades del terreno según sean de origen: estructural, denudativo, fluvial, eólico, kárstico, marino, glacial o periglacial.

Los motivos por los cuales se escogió este sistema son varios: en primer lugar, la escala que propone para definir unidades del terreno es 1/50.000, muy semejante a la que nosotros estábamos utilizando en foto la de 1/40.000; en segundo lugar, basa su trabajo en el reconocimiento de la fotografía aérea, método

que conocemos y hemos practicado en otras ocasiones; por último, porque permite un reconocimiento fácil de las unidades en el campo y la definición de unidades claras y con límites precisos.

Así pues, en nuestra cartografía se distinguen una serie de unidades geomorfológicas, que según su origen son: estructurales (S), denudativas (D), fluviales (F), eólicas (A) y kársticas (K) no existiendo ninguna unidad de origen periglacial, glacial o marino. Junto a éstas, nos hemos permitido introducir una nueva categoría H, que recoge las unidades de origen antrópico. Es el caso de las canteras y explotaciones a cielo abierto que dada su extensión y singular morfología creemos conveniente distinguir del resto de las unidades geomorfológicas.

A su vez, estas unidades se identifican con una serie de símbolos, que hemos recogido en el Anexo.

Es, como se puede observar, una cartografía esencialmente descriptiva. De esta forma, para completar esta información, se han recogido aquellas referencias que desde el punto de vista litológico, estratigráfico, tectónico y estructural nos han parecido más interesantes. La finalidad: que el conocimiento que obtengamos de la zona sea lo más completo posible; y siempre, sin olvidar que el objetivo principal es enmarcar el área donde se sitúan los humedales objeto de estudio y explicar cuáles de estos factores (litológicos, estructurales, tectónicos) son los condicionantes o coadyuvantes de su génesis y posible evolución.

En una primera aproximación se podría señalar que las unidades del terreno más relevantes son de origen estructural (S) destacando los relieves paleozoicos descritos como S10, la plataforma de Campo de Criptana descrita como S5/S1, y los relieves plegados del sector El Toboso- Mota del Cuervo descritos como S9; subordinadas, en muchas ocasiones, a estas unidades se encuentran las formas de origen denudativo (D) como son los escarpes (D9), las laderas basales (D7), las laderas y abanicos de derrubios (D10), las laderas y colinas denudativas (D1). A continuación, destacan por la gran superficie que ocupan las unidades o formas de origen fluvial (F): lagunas (F2), llanuras de inundación (F3), antiguas áreas encharcadas (F5); también de gran extensión son las áreas cubiertas por material eólico destacando los campos de dunas no saturados (A2) y láminas de arena o manto eólico (A4). Por último, quedaría por señalar la presencia de algunas depresiones de origen kárstico descritas como K9.

El criterio seguido para comentar dichas unidades será comenzar por las unidades de origen estructural (S), que en general coinciden con las formas más relevantes desde el punto de vista topográfico; a continuación, se comentarán las unidades de origen denudativo, muchas de ellas, como acabamos de señalar, subordinadas a las unidades estructurales. A continuación, comentaremos las unidades de origen fluvial; las de origen eólico; y por último, finalizaremos con las formas de origen kárstico.

A su vez, dentro de cada conjunto de unidades, éstas se comentarán por orden cronoestratigráfico, comenzando con las unidades de terreno formadas por materiales paleozoicos, mesozoicos, terciarios y por último, cuaternarios.

3.1. UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL (S)

Así pues, siguiendo los criterios antes mencionados, encontramos que las formas estructurales más relevantes del terreno, constituidas, a su vez, por los materiales más antiguos aflorantes en la zona son los relieves residuales paleozoicos descritos como S10 y S10/ S9.

3.1.1. **Colinas y relieves residuales (S10 y S10/S9).**

Desde el punto de vista geomorfológico, como colinas residuales (S10) quedan definidos los cerros del SE de Alcázar de San Juan y los del E y SE de Herencia. Estos últimos enlazan, ya en el borde más suroccidental de nuestro área, con la S^a de la Solana (Cerros Navajo, 881 m y Frontón, 821 m) que es una de las barras cuarcíticas que, junto con la de los cerros del Risco (822 m), Tocón (926 m) y Galayos (824 m), forman las cotas más elevadas de la zona. Estas sierras, como su nombre indica, presentan una morfología alineada; este hecho, junto a su estructura plegada, hace que diferenciamos estos relieves de los anteriores definiéndolas como S 10/ S9, incidiendo primero en el carácter de relieves residuales y destacando después su estructura plegada.

Litológicamente, tanto los cerros como las sierras están formadas por cuarcitas del Ordovícico inferior. En la memoria del mapa geológico nº 738 de Villarta de San Juan (Segunda serie, primera edición de 1988) se reconocen y

describen dos series. La primera es la denominada "serie púrpura" también denominada por otros autores "capas intermedias". Se trata de "un conjunto de bancos de cuarcitas y areniscas rojas en alteración con intercalaciones filíticas" IGME, 1988.

Las características que definen esta serie son: los tonos rojizos, el carácter detrítico (más grueso a muro), la alternancia de niveles pelíticos y areniscos o cuarcíticos, la presencia de icnofauna (Cruziana, Skolthos, Daedalus) etc. Todos estos rasgos han permitido correlacionar esta serie con otras de los Montes de Toledo y datarlas como Tremadoc-Arenig.

La segunda serie reconocida es la de las típicas barras de cuarcitas conocidas en la bibliografía regional como "Cuarcita Armoricana", es una serie concordante con la anterior y está formada "por unas cuarcitas muy compactas en bancos muy densos (...) de tonos claros, pudiendo variar estos desde los blancos a rosas pasando por los típicos de gris a gris azulado. No se ha detectado la presencia de icnofauna típica, ni se han encontrado intercalaciones pelíticas entre los niveles cuarcíticos" IGME, 1988.

Se han datado con una edad arenigiense en su facies de "Cuarcita Armoricana", aunque el límite entre éstas y la serie inferior o "púrpura" no se ha podido definir, siendo descrito como un límite interdigitado.

Hay que destacar que frente a la espectacularidad de las formas, los afloramientos son muy exigüos, especialmente en los cerros, en los que los materiales paleozoicos tan sólo afloran en las cotas más altas, estando las laderas cubiertas por derrubios o coluviones de edad Pleistoceno inferior-medio. Estas laderas quedan cartografiadas como D10 (laderas de derrubios).

Por último un hecho muy interesante es señalar la dirección NE-SW que presentan los pliegues de dichos relieves, que contrastan con la dirección regional E-W o NW-SE del resto de las alineaciones paleozoicas. Este hecho ha sido señalado por Martín Escorza (1977) quien ha identificado unas estructuras anulares (Anillo Amarguillo y Anillo Criptana) de tendencia dinámica positiva. Según este autor los relieves que muestran esta discordancia con la arquitectura hercínica dominante son aquéllos que penetran en el anillo o que se sitúan en su borde adaptándose a la curvatura del mismo.

3.1.2. Cuestas (S6).

Desde el punto de vista cronoestratigráfico y siguiendo con las formas de origen estructural la siguiente unidad sería la de las cuestas definidas como S6.

Una cuesta es una forma de relieve constituida por un frente de pendiente empinada y un dorso de pendiente suave a moderada adaptándose a una estructura geológica casi tendida o suavemente inclinada. Estas formas de relieve se han encontrado de un modo casi exclusivo sobre materiales triásicos.

Geográficamente, el afloramiento triásico tiene su centro en Alcázar de San Juan y se extiende desde Campo de Criptana por el E, hasta Quero y Villafranca de los Caballeros por el NW y W respectivamente. Ver mapa nº 3.2.

La mancha, aparece recubierta en una estrecha franja por materiales neógenos quedando dividida en dos afloramientos:

1. El afloramiento de Alcázar de San Juan, que es el de mayor extensión.
2. El de Quero-Villafranca, que a su vez se encuentra subdividido por la llanura aluvial del río Gigüela.

Morfoestructuralmente, el afloramiento triásico limita al W con la plataforma estructural de Campo de Criptana, al E con la llanura aluvial del río Gigüela, al N con las mesas calizas mio-pliocenas y al S con el glacis de acumulación de Campo de Criptana.

Desde el punto de vista geológico, los materiales triásicos reposan de forma discordante sobre las series paleozoicas ya deformadas y erosionadas antes de su deposición.

El afloramiento triásico de Alcázar ha sido estudiado y descrito por Yébenes et al. (1977), quienes lo han dividido en seis unidades litoestratigráficas:

A - En la base, brechas arcillo-ferruginosas con cantos y bloques de cuarcitas, de color rojo oscuro y potencia de 1 a 4 m.

B - Sobre éstas, unas areniscas de grano fino con escasas arcillas intercaladas, de color rojo y potencia de 10 a 15 m.

C - Continúa la serie con un tramo complejo integrado por areniscas de grano fino, limolitas y arcillas, con algunos niveles de carbonatos en el tercio inferior, colores rojizos, verdosos, grises y morados, espesor de 70 a 85 m.

D - Sobre esta unidad se depositan limolitas verdosas con areniscas de grano fino y dolomias, con una potencia de 10 a 15 m.

E - Una unidad arcillosa con intercalaciones de limolitas, carbonatos y yesos, con una potencia de 30 a 40 m.

F - La serie finaliza con unas arcillas yesíferas grises y verdosas con yesos blancos anastomosados y potencia de 15 a 20 m.

Sobre éstas, se han descrito unas dolomías tableadas que han sido identificadas como las de Imón, unidad que si nos atenemos al esquema clásico de la columna estratigráfica regional pertenece ya al Jurásico.

Aunque el Triás de la zona ya había sido citado por Cortázar en 1878, los primeros que dieron una atribución cronoestratigráfica a la serie fueron Richter y Teichmüller en 1933, quienes consideraron los materiales estudiados como Keuper, en facies de borde.

Actualmente, se reconoce la presencia del Buntsandstein (areniscas, arcillas y aleuritas de color rojo vinoso predominante) y del Keuper (margas irisadas, arcillas abigarradas y yesos) faltando o siendo desconocidos los niveles calizos del Muschelkalk. Carlevaris et al. (1992).

Esta distinción de las dos facies es muy importante ya que aunque en el afloramiento triásico se había generalizado un relieve de cuestras, estas formas tan sólo se encuentran sobre las areniscas del Buntsandstein, tanto en el afloramiento de Quero - Villafranca, donde las cuestras tienen una dirección N-S buzando sus dorsos hacia el E., como en el afloramiento de Alcázar (sector occidental y suroccidental) donde encontramos una sucesión bastante apretada de hasta 3 a 5 frentes, con una dirección NW-SE y un buzamiento general NE.

Fuera ya del afloramiento triásico, se han cartografiado tres cuestras. Exactamente, se localizan al W. de la laguna de Peña Hueca, entre el paleocanal que desemboca en el Arroyo de Torrejón por el W. y la laguna por el E. La dirección de sus ejes es N-S y tienen un buzamiento general W-E. La litología sobre la que se asientan son unas calizas y margas yesíferas que López Camacho et al. (1977) denominan Facies Blanca, datadas del Vindoboniense.

3.1.3. Topografía ondulada de origen estructural (S1).

En la parte más oriental del afloramiento triásico anteriormente descrito, las areniscas del Buntsandstein aparecen recubiertas por arcillas y yesos del Keuper. Sobre esta litología se ha definido una unidad S 1, de origen estructural y con un modelado suavemente ondulado.

Dentro de este sector debemos señalar la presencia de un área que ha sido cartografiada como H 1. Esta unidad fue definida por nosotros al no existir dentro del ITC una categoría que identifique el modelado por la acción antrópica. En este caso, nos referimos a una zona de canteras (explotación de yesos) cuya extensión nos ha parecido lo suficientemente significativa como para identificarla y cartografiarla de un modo independiente.

3.1.4. Mesa disecada (S5/ S1).

Como acabamos de comentar, al E. del afloramiento triásico se encuentra la plataforma estructural de Campo de Criptana. Dicha plataforma limita al N. con los relieves tabulares y ligeramente disecados del Neógeno y al S. con un glacis de acumulación, unidad generada por el depósito a "piedemonte" de los materiales que constituyen la plataforma y que han sido fraccionados y transportados por las aguas (arroyada difusa). Dicha plataforma, a su vez, es la forma de enlace con las superficies de erosión plio-pleistocenas que constituyen la LLanura manchega propiamente dicha.

Esta plataforma, en una primera aproximación fue definida como una mesa (S5) ya que distinguíamos una superficie plana a ondulada, con suaves pendientes en su superficie culminante y pendientes escarpadas en sus bordes. Posteriormente, en un estudio más detallado se distinguieron una serie de pliegues, un pequeño eje sinclinal, flanqueado por dos anticlinales, lo que nos llevó a pensar en una unidad S5/S9. Sin embargo, y dado que el actual modelado es producto, fundamentalmente, de la incisión de la red fluvial en la plataforma, se optó por describir dicha unidad como una mesa disecada S5/S1.

Geológicamente, esta unidad pertenece a la S^a de Altomira; sin embargo, por su estructura apenas deformada se diferencia claramente del resto de los

afloramientos mesozoicos (Jurásicos y Cretácicos) fuertemente plegados, que componen las estribaciones más meridionales de dicha Sierra.

Desde el punto de vista litológico, la plataforma está compuesta por calizas dolomíticas con tonalidades algo rosadas o amarillentas. Como ya vimos, en el trabajo de Yébenes et al. (1977), estas calizas dolomíticas siguiendo los criterios de Goy et al. (1976) habían sido identificadas como las de la formación Imón. Sobre estas calizas dolomíticas se depositan gruesas bancadas de calizas detríticas, en las que se intercalan delgadas hiladas de calizas ricas en nódulos de sílex (Pérez González, 1981).

Un hecho importante que se apreciaba claramente en la fotografía aérea es la existencia de una fractura que limita la plataforma por su borde norte. Esta fractura genera la existencia de un pasillo hundido que separa nítidamente la plataforma jurásica de los depósitos neógenos del N.

3.1.5. Zonas de flexión (S9).

Siguiendo con las unidades de origen estructural, y siempre por orden cronostratigráfico, se encuentran los relieves de tipo jurásico del bloque El Toboso-Mota del Cuervo, cartografiados como zonas de flexión (S9).

Estos relieves forman las estribaciones más meridionales de la Sª de Altomira. Dicha Sierra en el norte (Cuenca del Tajo) está formada por una sola alineación; sin embargo, conforme se adentra en la cuenca del Guadiana la mencionada alineación se subdivide en varias paralelas. Así pues, en nuestro área de estudio (Ver mapa nº 3.2.) encontramos una sucesión de pliegues, anticlinales y sinclinales, muy apretados y con dirección predominante NW-SE.

Los sinclinales aparecen cubiertos por materiales terciarios y pliocuaternarios. Frente a éstos, los anticlinales afloran con materiales datados del Jurásico y Cretácico. Dichos anticlinales poseen, en general, una morfología de anticlinal desventrado, es decir, pliegues cuyas charnelas han sido erosionadas, apareciendo en el eje de los anticlinales los materiales más antiguos (jurásicos) y en los flancos diversas orlas de material cretácico.

El primer hecho que se debe comentar es que, pese a que desde el punto de vista estructural anticlinales y sinclinales son una unidad, ambos forman parte

de la zona de flexión S9, como tales sólo han sido cartografiados los anticlinales. En los sinclinales se han identificado otras unidades que, podríamos decir, han sido depositadas u originadas sobre la estructura del sinclinal. Estas unidades varían desde terrazas estructurales (S8); a formas denudativas, como laderas basales (D7) y formas fluviales, como lechos de ríos (F1) y humedales (F2).

Una vez aclarado este hecho, debemos señalar que han sido definidas 13 grandes zonas de flexión. Son unidades que destacan topográficamente debido, fundamentalmente, a los resaltes que generan los materiales de sus flancos. Los materiales que se han identificado son, según los autores que han estudiado la zona, de edad jurásica y cretácica.

Del Jurásico (Lias medio) Fontboté y Riba (1956) describen en el núcleo de una estructura anticlinal en Mota del Cuervo: "Unos 50 m de calizas compactas, duras, bien estratificadas de color gris rosado a gris verdoso".

Frente a éstos, García Rodríguez y Rey Jorissen (1969), describen en la hoja de Quintanar de la Orden, también en un anticlinal próximo a Mota del Cuervo, una serie jurásica, que afirman está ampliamente representada: "Dicha serie se inicia con unas calizas dolomíticas de grano muy fino, sin fósiles. Encima unas calizas y calizas dolomíticas muy recristalizadas, oolíticas y con restos orgánicos que indican un ambiente marino epicontinental. Finalmente, aparecen unas calizas a veces margosas, de color gris ocre, teñidas de rojo y con muchos poros finos; ambiente sublitoral.

Existen intercalaciones margosas, de 20 cm a 1 m, que son más frecuentes hacia la base. La potencia total de la serie jurásica oscila entre 96 y 125 m. La edad de esta serie podría ser del Lias inferior-medio."

Personalmente, no hemos reconocido en el campo esta serie. La causa creemos que puede ser lo exíguo de los afloramientos jurásicos en nuestro área de estudio. Dado que son las últimas estribaciones de la Sierra, la extensión de los anticlinales es muy reducida, frente a lo que ocurre algo más al N., ya que según nos adentramos en el dominio mesozoico, los anticlinales, y por tanto, los afloramientos jurásicos son mucho más importantes.

En cuanto a los materiales cretácicos, éstos se localizan a modo de orlas en los flancos de los anticlinales. En el campo, se han distinguido dos orlas: la primera, inmediata a las calizas jurásicas, formada por unas arenas, conglomerada-

dos y areniscas con cemento calcáreo o ferruginoso. En la bibliografía regional se han identificado con la facies Utrillas de edad Albense (C1). La segunda orla, formada por unas calizas dolomíticas de tonos claros (blancas o pardas), se data del Cretácico superior (C2).

Geomorfológicamente, dichas orlas se distinguen bien, ya que la primera, al estar formada por materiales más deleznable, ha sido erosionada formando un surco, tras el cual aparece en resalte la segunda orla de calizas.

Para completar la descripción de dichos afloramientos habría que añadir que no siempre las orlas se encuentran completas, sino que, debido a una serie de fracturas, generalmente de dirección NE-SW, los afloramientos se hunden bajo depósitos paleógenos (caso del anticlinal localizado inmediatamente al W. de Mota del Cuervo) o aparecen desplazados por desgarres (como es el caso del anticlinal al W. de la laguna de Retamar).

Sin embargo, y frente a lo que hemos reconocido en el campo, Fontboté y Riba (1956), describen 5 unidades estratigráficas dentro del Cretácico, en un anticlinal que se localiza al E. de Mota del Cuervo. Estas son:

1. Sobre el Jurásico, de 0 a 25 m de arenas caoliníferas, conglomerados y areniscas de cemento ferruginoso, equivalentes a la facies Utrillas.

2. De 25 a 35 m de margas, arcillas detríticas con algunos niveles calizos interestratificados. Albense-Cenomanense.

3. Unos 50 a 60 m de margas arcillosas y limosas, areniscas de grano fino y calizas algo limosas. Cenomanense-Turonense.

4. De 15 a 20 m de calizas y margas con rudistas y alveolinas. Senoniense

5. Unos 25 m de arena arcillosa, con colores variados, con cantos exclusivamente de cuarcitas. Posible Daniense.

Acaba la serie con una unidad de más de 250 m de una sucesión detrítica arcillosa de color rojo ladrillo, con cantos de cuarcitas y calizas, datado como Paleógeno.

Desde el punto de vista geomorfológico, lo importante no es tanto reconocer todas y cada una de las unidades litoestratigráficas del Cretácico ⁸, sino señalar el papel que desempeñan estas estructuras plegadas en la ordenación de la red fluvial y en la localización de numerosos humedales. (Ver punto 3.1.8)

Dentro de las 13 zonas cartografiadas como S9, que estamos comentando, queremos destacar dos por su especial localización y las características de sus afloramientos: la primera, es el anticlinal localizado en el borde N-NE de la plataforma jurásica de Campo de Criptana. La segunda, es el pequeño afloramiento de un anticlinal localizado al S. del río Záncara, que destaca como un pequeño promontorio (nada mas cruzar el río por la carretera de Pedro Muñoz a Socuellamos).

Respecto al primer anticlinal, y según los mapas geológicos del área, existe una orla continua desde el N. de la laguna de Pajares hasta casi la carretera que une Campo de Criptana con Pedro Muñoz, bordeando por el N. y el NE. la plataforma de Campo de Criptana.

Según Fúster y Alía (1970), autores de la recopilación de la hoja de Toledo a escala 1/200.000, es una orla de calizas dolomíticas y dolomías del jurásico. Sin embargo Alía(1970) en la hoja de Campo de Criptana en la misma escala, tomando otra fuente, atribuye a dicha orla una composición de arenas, limolitas, calizas dolomíticas y dolomías del cretácico.

Desde mi punto de vista, la continuidad de dicha orla se ha visto interrumpida en varios puntos, de forma que se puede identificar claramente dos subzonas que a continuación señalamos. La primera, al N. de Pajares y Salicor, cartografiada como S9/D5, ya que es un área de flexión pero fuertemente erosionada, lo que da lugar a una topografía bastante aplanada. Este afloramiento se estrecha de W. a E., quedando reducido al N. de la laguna de Salicor a una estrecha franja, que se interrumpe justo en el punto en que contractaría con la plataforma jurásica de campo de Criptana. Hacia el E. y separados de la plataforma

⁸ *Otros datos del Cretácico de la zona y áreas próximas se pueden encontrar en Urroz (1978) para el área de Villarrobledo; Dupuy de Lome (1955) quien trabajó la hoja de El Provençio (715); y García Abbad (1975, 1978) quien estudió la zona entre el Pantano de Alarcón y la Llanura Manchega.*

por un pequeño pasillo o corredor hundido existen pequeños retazos de esta orla anticlinal que también han sido cartografiados como S9.

La segunda subzona, se distingue claramente en el borde nororiental de la plataforma. Aquí dicha orla anticlinal queda separada de la plataforma por una ladera, que ha sido definida como D7 (ladera basal) y que conecta el borde de la plataforma con los resaltes del anticlinal con una suave pendiente.

Como ya se ha dicho, esta orla anticlinal se adapta perfectamente al borde de la plataforma, por lo que el eje anticlinal cambia su dirección bruscamente, adquiriendo una dirección NE-SW. Coincidiendo con este cambio de dirección se produce un fuerte estrechamiento de la superficie de afloramiento, quedando reducido tan sólo a una estrecha banda. Sin embargo, en su parte más suroccidental, en el borde ya del anticlinal, y seguramente debido a distintos procesos de fractura y desgarre, se pliega generando una especie de apéndice hacia el NE.

Desde mi punto de vista, el pasillo que se ha generado entre la plataforma y el resalte del anticlinal se debe a la existencia de una orla de material más deleznable que ha sido erosionado generando así dicho corredor. Seguramente a dicho factor habría que añadir la presencia de fracturas que elevaron la plataforma, acentuando las diferencias topográficas. De aquí pues, que reconozcamos dentro de la estructura anticlinal por lo menos el afloramiento de dos bandas u orlas de material: la primera, superpuesta a la plataforma jurásica de arenas y areniscas más deleznales; y una segunda de calizas dolomíticas y dolomías que son las que generan el actual resalte.

En cuanto al segundo afloramiento, el del pequeño promontorio al S. del río Záncara (4 Km al W. del Embalse de los Muleteros), podríamos decir que es un anticlinal mesozoico, aunque en este caso tan sólo aflora un pequeño retazo. Su particularidad estriba en lo alejado que queda del resto de los ejes anticlinales que habíamos descrito como las estribaciones más meridionales de la S^a de Altomira (Bloque El Toboso-Mota del Cuervo).

Sin embargo, su presencia tiene una explicación sencilla. Desde mi punto de vista, existe una continuidad en el sustrato entre los últimos pliegues anticlinales cartografiados y este afloramiento. El hecho de que dichos materiales no afloren, se debe a que están cubiertos por una facies de material mio-plioceno, que podríamos definir como una facies de borde de la Cuenca Manchega.

Como ya se comentó al principio de este capítulo, los cambios de facies en los bordes de cuenca se producen de forma muy rápida, caracterizándose además por el pequeño espesor o potencia de sus depósitos. Este hecho, el poco espesor de la cubierta terciaria, junto a su ubicación en las inmediaciones del río, es lo que ha favorecido que la erosión fluvial barriera los depósitos terciarios, aflorando dicho anticlinal mesozoico.

Según Alía (1970), en el mapa geológico de Campo de Criptana a escala 1/200.000, se distinguen dentro de este afloramiento un núcleo jurásico de calizas y calizas dolomíticas y una orla de material cretácico, calizas dolomíticas, dolomías y margas.

En el campo, no se han distinguido estas dos partes. Sin embargo, si se ha reconocido la presencia de calizas dolomíticas (mesozoicas) al N. del río Záncara. Este hecho nos ayuda a confirmar la idea de que existe una continuidad desde los últimos pliegues anticlinales cartografiados (bloque El Toboso-Mota del Cuervo) y estos afloramientos, y que sólo en aquellos lugares donde la erosión ha tenido una mayor incidencia, los depósitos terciarios han sido barridos aflorando de este modo el sustrato mesozoico.

Por último, y para terminar con las unidades de origen estructural, nos queda por comentar las mesas y las terrazas estructurales.

3.1.6. Mesas (S5).

Por mesas (S5) entendemos aquellas unidades con una superficie topográfica horizontal o casi horizontal, condicionada por la estructura geológica y bordes de pendientes escarpadas.

Se localizan, fundamentalmente, en la zona norte y noroeste de nuestro área de estudio, siendo las mejor conservadas las más septentrionales. Este es el caso de la mesa que se extiende al S. del núcleo de Miguel Esteban, con un desarrollo NW-SE y que limita por el SE con la plataforma jurásica de Campo de Criptana. También es el caso de la mesa que se extiende desde el límite del afloramiento triásico de Quero-Villafranca por el W. hasta la laguna de Pajares por el E.

Otros retazos de mesas aparecen bordeando la laguna Grande de Quero. Seguramente todo este área, desde el afloramiento triásico de Alcázar por el S. hacia el N. (sobrepasando el límite de nuestro área de estudio) estaría formado por una gran mesa. Sin embargo, la erosión ha hecho que en la actualidad tan sólo se conserven algunos retazos de ésta.

En el sector nororiental, dentro del dominio del relieve plegado de la S^a de Altomira, también aparecen pequeños retazos de mesas como, por ejemplo, los relieves que se localizan al N. de la laguna de La Vega (Pedro Muñoz). Frente a esto, hacia el S. y conforme nos adentramos en la Llanura manchega, estas formas de relieve prácticamente desaparecen, destacando como única excepción unos pequeños relieves tabulares, con morfología típica de mesa, al S. de la laguna de Cerro Mesado, ya en el borde más meridional de nuestro área.

Litológicamente, estas mesas se caracterizan por las superficies de material calcáreo. Tanto en el mapa geológico de Toledo, como en el de Campo de Criptana, estos materiales aparecen cartografiados como calizas miocenas. Desde nuestro punto de vista y siguiendo los criterios de Díaz Molina (1974 y 1978) y de García Abbad (1975 y 1978) creemos que dichos depósitos calizos corresponden a las calizas que culminan la serie de la "Unidad terminal" ⁹.

Son unas calizas muy compactas, iguales a las calizas de La Alcarria, las comúnmente denominadas "calizas del páramo".

La edad de esta "Unidad terminal" según Díaz Molina (1978) abarcaría desde el Mioceno inferior al Plioceno medio.

Un hecho importante, y que hay que tener en cuenta, es que esta serie sedimentaria no se ha encontrado en la Llanura manchega, por lo que, y aunque desde el punto de vista topográfico las mesas del S. de Cerro Mesado sean casi idénticas a las de la zona más septentrional, el origen de estas calizas y por tanto la edad del relieve resultante es distinta.

⁹ Dentro de la Depresión intermedia, los autores arriba mencionados han identificado una serie sedimentaria compuesta por una "Unidad detrítica inferior" datada del Eoceno al Oligoceno superior, una "Unidad detrítica superior" datada entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior basal y una "Unidad terminal" datada entre el Mioceno inferior y el Plioceno medio. (Más datos sobre esta serie se pueden encontrar en Díaz Molina, 1974 y 1978; y García Abbad, 1975).

Según Piles Mateo (1988) en la memoria del mapa geológico de Villarta de San Juan, las mesas del S. de Cerro Mesado están formadas por una "Unidad inferior" compuesta por margas, arcillas y margas arenosas localmente con yesos, sobre las que se han depositado unas calizas y una costra caliza identificada como "Unidad superior". Respecto a la primera unidad y según afirman Hoyos et al. (1984) se trata de depósitos continentales originados en un "medio fluvio-lacustre a lagunar de bordes difusos y encharcados" siendo frecuentes los cambios de facies tanto en la vertical como lateralmente.

De la "Unidad superior" se afirma que son unas calizas de facies lagunar-lacustre expansivas respecto a la facies inferior. La edad de estas series ha sido definida del Plioceno superior (Villafranquiense inferior y medio basal).

3.1.7. Terrazas estructurales (S8).

Lo primero que se debe señalar es que bajo la unidad de terrazas estructurales (S8) han quedado definidas formas de relieve algo diversas. Esta variedad está determinada, fundamentalmente, por la diversidad litológica sobre la que se desarrollan.

Se localizan por todo el sector norte de nuestro área de estudio, siendo inexistentes en el sector sur (dominio de las superficies de erosión de la Llanura manchega).

Se caracterizan, por ser unidades que destacan topográficamente sobre otras de origen denudativo; frecuentemente, a su vez, aparecen ligadas a otras unidades estructurales, por ejemplo: áreas de flexión (S9), cuestras (S6), etc.

Litológicamente estas unidades se describen sobre una gran diversidad de depósitos y sedimentos. Desde este punto de vista, las áreas donde mayor número de terrazas estructurales se han descrito son tres, por orden cronoestratigráfico:

- a) En los afloramientos triásicos (adosadas a los relieves de cuestras).
- b) En los depósitos paleógenos (ligadas a los relieves en estructuras plegadas).

c) En los depósitos neógenos, entre la laguna de Peña Hueca al W., y la llanura de inundación del Riánsares-Gigüela al E.

La localización de estas terrazas y sus principales características son las siguientes:

a) En los afloramientos triásicos (contiguas a los relieves de cuestras): al SW de la laguna Grande de Quero, entre las cuestras triásicas (S6) al W. y las mesas miocenas (S5) al E. he descrito dos terrazas estructurales. La característica principal de estas terrazas es que son áreas más o menos horizontales y que destacan topográficamente, distinguiéndose claramente de las laderas basales (D7) que enlazan con las mesas; y de las cuestras (S6), que se caracterizan por la inclinación de sus dorsos. Debido a esto, y aunque tienen una orientación idéntica y unas proporciones muy similares a las de las cuestras, hemos optado por definir estas unidades como terrazas estructurales.

En el mismo afloramiento triásico, aunque en esta ocasión en la orilla derecha del río Gigüela y algo más al S de las terrazas antes mencionadas, he descrito otras dos terrazas estructurales. Se localizan al SE. de la laguna Grande de Villafranca, formando una orla alrededor de la lagunilla de La Sal (exceptuando su orilla S. y SE.). Al igual que las anteriores, y aunque aparecen anexas a las cuestras (S6) no presentan los rasgos definidores de esta unidad estructural. Caracterizándose por su situación topográfica, en resalte frente a las áreas más deprimidas que las circundan y por su mayor horizontalidad.

Para concluir con las terrazas estructurales dentro de los afloramientos triásicos, debo señalar la presencia de tres de estas unidades al NE. del núcleo urbano de Alcázar de San Juan. Podríamos decir que se localizan a media ladera entre los frentes de las cuestras culminantes (S6) y las laderas basales (D7). Presentan unas pendientes moderadas que facilitan una disección que se puede calificar de fuerte a moderada.

b) En los depósitos paleógenos (adosadas a los relieves en estructura plegada bloque El Toboso-Mota del Cuervo): como en los casos anteriores, las terrazas estructurales aquí descritas se caracterizan por estar en un situación topográfica destacada respecto a otras unidades de origen, fundamentalmente, denudativo.

Aparecen íntimamente ligadas a las áreas de flexión (S9). Como ya vimos, se han cartografiado como áreas de flexión exclusivamente los anticlinales, aunque teóricamente se reconoce que la unidad estructural plegada está formada tanto por sinclinales como por anticlinales. Sin embargo, el hecho de que los sinclinales hayan sido alterados, recubriéndose en algunos lugares y erosionándose en otros, nos permite distinguir dentro de los sinclinales otras formas o unidades entre las que destacan las terrazas estructurales.

Estas terrazas son, pues, áreas que han sido rellenas por materiales terciarios (paleógenos fundamentalmente) y que persisten, dando lugar a un escalón intermedio entre las áreas de flexión (anticlinales culminantes) y las áreas erosionadas, que hemos cartografiado, fundamentalmente, como laderas basales (D7), unidad que enlaza con los puntos topográficamente más bajos, lechos de río (F1) y humedales (F2 y F5).

Desde el punto de vista litológico, hay varios autores que han estudiado las series de los relieves plegados culminando con la descripción de un material de relleno terciario.

Así, por ejemplo, en la hoja de El Provencio (715), Dupuy de Lome (1955) cita "unas arcillas rojas, en ocasiones margosas, otras veces arenosas, con areniscas silíceas y cantos sueltos de cuarcita y conglomerados preferentemente calizos" que considera paleógenas.

Más tarde, Fontboté y Riba (1956), describen una serie cretácica que culmina "con más de 250 m de una sucesión detrítica arcillosa de color rojo ladrillo, con cantos de cuarcita y de caliza sin caolín" datada del Paleógeno.

Trabajos posteriores, como los del IGME (1977), no aportan nada nuevo, ya que engloban bajo el Paleógeno (sin detallar más): areniscas, arenas, margas, conglomerados, calizas y yesos.

Desde nuestro punto de vista, la litología que aquí se ha identificado podría corresponderse con la definida por García Abbad (1975 y 1978) y Díaz Molina (1974 y 1978) en la unidad por ellos denominada "Unidad detrítica inferior". Esta unidad se describe "con potencias entre 0 y 170 m, y está compuesta por una litofacies de calizas, margas, arenas y areniscas, conglomerados y yesos". Como ya vimos antes, esta serie sedimentaria se dató del Eoceno al Oligoceno superior.

Un hecho muy importante, y que ha sido destacado por Martín Escorza (1977) con respecto a estos depósitos, es que la existencia del anillo de Campo de Criptana, estructura anular con tendencia dinámica positiva, más o menos desde el Paleógeno, fue el factor que limitó la expansión de estos materiales hacia el SW., funcionando, pues, dicha estructura como un umbral.

Por otra parte, y como ya se comentó anteriormente tampoco se han encontrado estos materiales en la Llanura manchega (sector SE de nuestro área de estudio) "aunque no existen criterios en contra que puedan justificar su no deposición" Pérez González, 1981.

c) En los depósitos neógenos (al E. de Peña Hueca): se localizan cuatro terrazas estructurales; de éstas tres están limitadas por lechos fluviales (F1), lo que las hace destacar claramente desde el punto de vista topográfico. Su morfología es la de unidades horizontales, muy similares a las mesas; sin embargo, no poseen bordes escarpados sino que presentan unas laderas muy suaves. Este hecho es el que nos ha determinado a clasificar dichas unidades como terrazas estructurales y no como mesas.

La cuarta terraza estructural cartografiada es un relieve aislado que se encuentra entre la llanura de inundación del río Gigüela y la laguna de Peña

Hueca, al igual que las anteriores terrazas tiene una topografía más o menos horizontal, muy similar a la de una mesa, pero carece de bordes escarpados.

Litológicamente, en el mapa del IGME (1952) todos estos relieves están cartografiados sobre materiales miocenos "depósitos arcillosos, que reposan sobre margas y arcillas yesíferas". Posteriormente, López Camacho et al. (1977) en su cartografía señala en este área la presencia de unos depósitos compuestos por "arcillas y margas yesíferas, con cambios laterales de facies" que denomina Facies Roja de edad Vindoboniense.

Así pues, estas unidades quedan definidas como terrazas estructurales diferenciándose de las mesas, que se desarrollan algo más hacia el E., por la ausencia de bordes escarpados y por su litología, ya que como recordamos, las mesas se caracterizaban fundamentalmente por la litología calcárea de sus superficies.

3.1.8. Importancia del control estructural en la génesis de los humedales.

En la génesis de las cubetas de los humedales participan, fundamentalmente, dos tipos de factores:

1. Endógenos o estructurales.
2. Exógenos.

Aunque más adelante, cuando hablemos de las lagunas y antiguas lagunas (apartado 3.3.7.) se detallarán cuál o cuáles de estos factores han condicionado la génesis de las cubetas de los humedales objeto de este estudio. No queremos finalizar este apartado de las unidades estructurales sin hacer algunos comentarios.

Así pues, y siempre refiriéndonos a nuestro área de estudio, destacar el papel de dos unidades:

1. Cuestas.
2. Zonas de flexión.

Ambas se manifiestan como elementos claves en la organización de la red fluvial y en la localización de numerosos humedales.

Respecto a las **cuestas** se han observado dos hechos:

1. El papel que ejercen los frentes como barreras topográficas, y por tanto su importancia en la organización de la red fluvial condicionando los lugares por donde el agua puede fluir.

2. La existencia de numerosos humedales en los dorsos de las cuestas. Este hecho se produce, frecuentemente, en las áreas donde se suceden varias cuestas. De este modo, los dorsos actúan como pequeñas cuencas, cuyo drenaje es impedido por el frente de la cuesta adyacente haciendo que se acumulen las aguas en los puntos topográficamente más bajos, es decir, al final de los dorsos.

En cuanto a las **zonas de flexión**, la sucesión de sinclinales y anticlinales determina una especial organización de la red de drenaje.

Así pues, y como puede observarse en la cartografía geomorfológica, los pequeños arroyos que drenan dichas áreas se localizan, principalmente, en los ejes sinclinales. La dirección predominante es N-S o NW-SE adaptándose a la dirección fundamental del plegamiento. Esta dirección, sólo se ve alterada en algunas ocasiones cuando un arroyo atraviesa un anticlinal aprovechando las fracturas que rompen la estructura original.

En general, podría afirmarse que cada sinclinal funciona como una pequeña cuenca, en la que los arroyos drenan las laderas de los anticlinales adyacentes, acumulando las aguas en los puntos topográficamente más bajos, generando así un gran número de humedales. Este sería el caso de las lagunas

de la Nava, Retamar, La Vega, Navalafuente, Manjavacas, Sancho Gómez y La Dehesilla.

En muchos de estos casos, sin embargo, no debemos dejar de mencionar la presencia de otro factor que coadyuva a la génesis de los humedales. Dicho factor es la presencia de un obstáculo topográfico, en este caso, las superficies de erosión plio-pleistocenas, que se localizan inmediatamente al S. de las estructuras plegadas y que conforman la Llanura manchega; estas superficies no son grandes relieves, tan sólo se elevan unos 10 a 15 m por encima de las áreas encharcadas. Sin embargo, esta diferencia de relieve es suficiente para impedir el drenaje natural de estas áreas hacia el río Záncara, que discurre tan sólo unos kilómetros más hacia el S.

A su vez, y junto al papel de las cuestas y de las zonas de flexión, no podemos dejar de mencionar la importancia de otra unidad también de origen estructural que condiciona la localización de numerosos humedales, nos referimos a las **mesas**.

En estas unidades se dan dos circunstancias: una topografía llana que impide o dificulta el drenaje de las aguas; y dos, la presencia de calizas en su superficie, favorecen el desarrollo de fenómenos kársticos, con la génesis de dolinas en las que se acumulan las aguas provocando así la aparición de un gran número de humedales.

Por último, nos quedaría por señalar entre los factores de origen estructural que condicionan la presencia de humedales la existencia de fracturas, en este caso fracturas profundas del zócalo (Martín Escorza, 1977 y Sanz Donaire, 1989) que rigen en gran parte la instalación de la red fluvial y favorecen la localización de numerosas lagunas. Este sería el caso de las lagunas Chica y Grande de Villafranca.

3.2. UNIDADES DE ORIGEN DENUDATIVO (D)

Entre las unidades de origen denudativo se pueden distinguir dos subgrupos:

1. Unidades "subordinadas" a la existencia de otras unidades.
2. Unidades denudativas "independientes".

3.2.1. Unidades subordinadas

Entre las unidades de este primer grupo destacan por ser las más frecuentes los escarpes (D9) y las laderas basales (D7).

3.2.1.1. Escarpes (D9).

Por escarpe se entiende la parte culminante de un talud; frecuentemente, presentan una pendiente empinada a muy empinada y suelen estar disecadas, con una disección de moderada a fuerte.

Esta unidad está íntimamente ligada a la existencia de mesas (S5), ya que como vimos, tales unidades se componen de una superficie culminante horizontal y unos bordes escarpados. Sin embargo, debemos señalar que no todas las mesas cartografiadas tienen en sus bordes escarpes, ya que éstos sólo se han cartografiado cuando están bien conservados y se distinguen claramente de las laderas basales.

Otros escarpes han sido cartografiados en los frentes de cuestras (S6). Aquí y a diferencia de lo que ocurría en las mesas (donde sólo se han cartografiado frentes cuando éstos estaban bien conservados) se han cartografiado escarpes en todas las cuestras, ya que el frente es una de las dos partes que definen una cuestra.

Destacar, especialmente, por su resalte topográfico los frentes de las cuestas que bordean la laguna de Peña Hueca por las orillas sur y suroeste.

3.2.1.2. Laderas basales (D7).

En cuanto a las laderas basales, se podría decir que es la forma de enlace más frecuente entre las unidades de origen fluvial, que ocupan los lugares topográficamente más bajos, y el resto de las unidades, ya sean de origen estructural o denudativo.

Desde el punto de vista morfológico, son laderas en general cortas, con pendientes muy suaves, lo que conlleva una escasa disección.

Se pueden encontrar independientemente de la litología: al pie de los escarpes de las mesas (S5), al pie de cuestas (S6), al pie de terrazas estructurales (S8), de pliegues anticlinales (S9); y también al pie de unidades de origen denudativo como las superficies de erosión o penillanuras (D5) o al pie de las laderas de derrubios (D10).

Otras unidades de este primer grupo de formas "subordinadas" son los piedemontes (D8) y las laderas y abanicos de derrubios (D10).

3.2.1.3. Piedemontes (D8).

Bajo la denominación de piedemonte (D8) se ha cartografiado una unidad muy concreta: el glacis de Campo de Criptana.

Es un glacis de acumulación formado al pie de la plataforma estructural de Campo de Criptana. Es, pues, la forma de enlace entre dicha plataforma jurásica y la Llanura manchega (superficies de erosión). Se localiza a modo de orla limitando la plataforma, por sus bordes NE, E y S, desarrollándose hacia el SW hasta alcanzar el pie de los cerros paleozoicos de Alcázar de San Juan.

Desde el punto de vista litológico está labrada sobre sedimentos triásicos, tiene una cobertera poco potente "formada por cantos y bloques de caliza jurásica, subangulosos a angulosos, sin apenas matriz, cementados fuertemente por encostramientos de carbonatos que hacia el techo, se resuelven en una costra laminar muy gruesa" Pérez González (1981).

Topográficamente tiene una pendiente suave presentando una disección moderada.

3.2.1.4. Laderas y abanicos de derrubios (D10).

En cuanto a las laderas y abanicos de derrubios (D10) como tales he cartografiado, fundamentalmente, los depósitos de ladera o coluviones, que a modo de orlas bordean todos los cerros y sierras cuarcíticas (unidades cartografiadas como S10).

Como ya vimos, en la zona más suroccidental de nuestro área de estudio, irrumpen a modo de pequeñas sierras y cerros las estribaciones más orientales de los Montes de Toledo. La antigüedad de estos afloramientos y la fuerte erosión por éstos sufrida, son las causas que condicionan la presencia de unos coluviones o depósitos de ladera tan importantes.

Estos depósitos detríticos están formados por "cantos de cuarcitas empastados en una matriz de arenas y limos-arcillosos, de fuertes tonalidades rojizas y con carbonataciones secundarias" J.J. Carlevaris et al.(1992). Su edad ha sido datada como Pleistoceno inferior-medio.

Topográficamente, son laderas con pendientes, en general, empinadas y con una disección moderada, aunque localmente hay zonas con fuerte disección.

Muy próximo a estos depósitos, entre los cerros de Herencia y los de Alcázar de San Juan, y al E. de la llanura de inundación del río Gigüela, se ha cartografiado un relieve mucho más joven (Plioceno), compuesto en la base por

cantos de cuarcitas muy angulosos, empastados en arcillas muy rojizas (antiguos piedemontes cuya procedencia está en los cerros cuarcíticos paleozoicos); que hacia el techo aparecen cubiertos por una costra caliza, cuyo origen data del cuaternario, ya que aparece adaptada a la topografía actual (com. pers. de Juan Gallardo).

Dicho relieve posee pues una orla de derrubios en todo similar a la de los derrubios de ladera de los relieves paleozoicos, siendo la causa de esta semejanza el que poseen un origen idéntico, diferenciándose tan sólo en la edad (los de la base del relieve plioceno serían del final del Mioceno y los de los cerros paleozoicos del Pleistoceno inf-medio).

La principal diferencia entre los depósitos de ladera de los relieves paleozoicos y estos derrubios es morfológica y está condicionada por la diferencia de altitud que presentan los relieves. En el segundo caso, la menor altitud del relieve genera unas pendientes muy suaves y por tanto, con una menor disección.

3.2.2. Unidades independientes

Respecto a las formas denudativas que habíamos denominado "independientes" destacan por la gran superficie que ocupan las penillanuras (D5).

3.2.2.1. Penillanuras (D5).

Por penillanura (D5), se entiende un relieve llano, más o menos horizontal, con bordes no muy escarpados y que es resultado de la erosión. Bajo esta denominación se han identificado lo que Pérez González ha definido como superficies de erosión (superficies superior e inferior de la Llanura manchega). Anteriormente, otros autores como García Abbad (1975) habían hablado de la superficie general de La Mancha; u otros como Molina (1978)

definieron unas superficies de agradación. Sin embargo, estamos de acuerdo con Pérez González en definir estas superficies como de erosión y no de agradación. El criterio fundamental en que nos basamos para hacer esta afirmación es la presencia de "facies canalizadas de conglomerados y areniscas del Plioceno superior, que destacan en forma de relieves invertidos" Pérez González (1981). Este es el caso de los lugares conocidos como Casas del Monte Chico y Guijarral al S. y SE. del Pantano de los Muleteros.

Como vemos, la idea de la existencia de un plano generalizado para la Llanura manchega originado por el débil encajamiento de las superficies de erosión es una novedad, que contrasta con las teorías clásicas sobre la que contrasta con las teorías clásicas sobre la Llanura manchega como superficie estructural de colmatación.

El mayor desarrollo de estas superficies se produce al S. del río Záncara, ya fuera de nuestro área de estudio, ocupando los términos municipales de Socuéllamos, Tomelloso, Villarta y Arenas de San Juan.

Sin embargo, también al N. del río Záncara se encuentran retazos de estas superficies, ocupando una extensa zona entre el glacis de acumulación de Campo de Criptana (forma de enlace de la plataforma jurásica y las superficies de erosión) y las últimas estribaciones de la S^a de Altomira por el N. y los depósitos cuaternarios de la llanura aluvial del Río Záncara por el S.

Se han distinguido dos superficies: una superior, elaborada en el Plioceno superior; y una inferior, encajada de 6 a 10 m sobre la anterior, datada del Plio-pleistoceno. En nuestra cartografía, se han diferenciado ambas superficies añadiendo una s a la superficie superior D5 (s), y una i a la inferior D5 (i).

Según Pérez González "los cortes estudiados parecen demostrar que la elaboración de estas superficies se ha realizado por migración lateral de corrientes semijerarquizadas, paleocanales de dimensiones modestas, que drenaban hacia el W." Pérez González (1981).

Por último, señalar que actualmente gran parte de estas superficies aparecen fosilizadas por costras calcáreas o "caliches", lo que da lugar a esos tonos blanquecinos, tan característicos de la Llanura manchega.

3.2.2.2. Laderas denudativas (D1).

Como laderas denudativas (D1), se han cartografiado laderas de pendientes suaves a moderadas y con una disección de moderada a fuerte. Aunque esta descripción parece muy vaga, como tales laderas hemos cartografiado, tan sólo, dos grandes áreas:

1. La más extensa ocupa la orilla derecha del río Gigüela, desde la Cañada de Torrejón (al S. de Peña Hueca) por el N., hasta los relieves paleozoicos de Herencia por el S.

No es un ladera propiamente dicha, sino que se podría definir como un área de topografía ondulada, generada por la acción erosiva de una densa red de canales (actualmente paleocauces) sobre una antigua llanura aluvial.

La datación de esta llanura aluvial apunta al Plioceno y se define litológicamente por la presencia de "margas, arcillas y margas arenosas, localmente con yesos, cuya serie culmina con arenas y areniscas de color amarillento de unos 50 cm de potencia" J.J. Carlevaris et al. (1992).

Así pues, el origen de la actual topografía se debe, fundamentalmente, a dos hechos:

1. La poca dureza de los materiales que conformaban la antigua llanura aluvial.

2. La importante diferencia de cotas entre los relieves más próximos: relieves graníticos de Camuñas por el N. con 742 m de altitud en Cabeza Gorda y los relieves paleozoicos de Puerto Lápice- Herencia por el S. con altitudes que oscilan entre los 701 m de Cerro Horca, los 772 m de Cerro Algibe, los 821 m de Frontón y los 881 m de Navajo en Sierra Solana y el nivel de base del río

Gigüela que va descendiendo desde los 645 m junto al puente que cruza la carretera de Villafranca de los Caballeros a Quero, a los 641 m junto al puente que cruza la carretera de Herencia a Alcázar de San Juan, hasta los 628 m en la Vega de Fanegas al pie de Cerro Algibe.

Ambos hechos provocaron o condicionaron la instalación de una densísima red de drenaje que diseccionó la antigua llanura hasta dar lugar al relieve actual.

2. La segunda ladera denudativa cartografiada tampoco es, como en el caso anterior, una ladera propiamente dicha. Como tal, se ha cartografiado un área que se extiende desde Quero por el W. a Miguel Esteban por el E. Está limitada fundamentalmente por mesas (S5), a excepción de su borde suroriental que limita con la plataforma de Campo de Criptana.

Litológicamente, se asienta sobre depósitos miocenos (arcillas y margas yesíferas) que se caracterizan por su poca coherencia. Este hecho, más la diferencia de altitud que existe entre la zona culminante: Mesa de Torina con 690 m al SW. y la plataforma de Campo de Criptana con 700 m al SE; y la zona topográficamente más baja: el nivel de base del Arroyo de la Anafría con 645-650 m, han condicionado que se desarrolle, al igual que en el caso anterior, una intensa red de drenaje que ha diseccionado la ladera dando lugar a la topografía actual.

Hasta aquí, se han comentado las formas de relieve de origen estructural y denudativo; quedan, por tanto, para completar el estudio geomorfológico de la zona, comentar las formas de relieve de otros orígenes: fluvial, eólico y kárstico.

Estas unidades aunque poseen, en general, un menor desarrollo que las anteriores son las que dan una mayor variedad y riqueza al paisaje, siendo, pues, muy interesantes desde el punto de vista geomorfológico.

3.3. FORMAS DE ORIGEN FLUVIAL (F)

Dentro de nuestro área de estudio, se distinguen las siguientes unidades: lechos de río (F1), lagunas o cuerpos de agua (F2), llanuras de inundación (F3), antiguos fondos de lagos (F5), terrazas (F6), abanicos fluviales activos (F7) e inactivos (F8) más dos nuevas categorías que hemos denominado paleocauces y llanuras de inundación relictas (F12) y relieves fluviales invertidos (F13).

Lo primero que se debe señalar, antes de comentar y describir cada una de estas unidades, es que son, en su mayor parte, formas heredadas del Pleistoceno, período en que las precipitaciones fueron más abundantes, siendo en la actualidad su actividad muy limitada.

Sin embargo, el deterioro de la dinámica fluvial no sólo se debe al cambio climático sino que también se debe señalar el importante papel que ha desempeñado el hombre en este proceso. Las obras de encauzamiento del río Gigüela, la desecación para su puesta en cultivo de muchos humedales y sobre todo la sobreexplotación de los acuíferos son algunas de las principales causas del estado actual de los ríos y humedales del área que se está estudiando.

Pero comencemos con la descripción de dichas unidades.

3.1.1. Lechos de río (F1).

Como lechos de río (F1) se han descrito aquellos cauces por los que discurre agua en algún momento del año y en los que se puede distinguir terrenos en los que hay erosión y de otros en los que hay acumulación. Los principales lechos de río cartografiados son los del Gigüela y del Záncara.

El río Gigüela discurre por el extremo occidental del área de estudio, con una clara dirección N-S, hasta que se encuentra con el Záncara, punto a partir del cual adquiere una dirección E-W en un breve tramo, para tomar luego una dirección NE-SW.

Antes de las obras de canalización de 1986, el lecho del río Gigüela era muy poco profundo. Este hecho, junto con la planitud del relieve circundante, determinaba que en los momentos de mayor caudal el río se desbordase, generando una amplia llanura de inundación que era surcada por multitud de lechos anastomosados y divagantes de mínima incisión.

Frente a esto, en la actualidad y debido, fundamentalmente, a la profundización del lecho (2 a 2.5 m según los puntos), a la creación de malecones artificiales y a la escasez de caudales esta dinámica de desbordamientos periódicos es inexistente.

En cuanto al río Záncara, éste discurre por el S. del área de estudio, penetra por el SE adquiriendo a partir del embalse de los Muleteros (punto de encuentro con el río Saona y el río de Las Animas) una dirección fundamentalmente E-W y NE-SW hasta desembocar en el río Gigüela.

Como en el caso del Gigüela, el lecho es un canal muy poco encajado (2 a 3 m como máximo) lo que facilita el desbordamiento de sus aguas en los momentos de crecida.

El régimen de sus aguas es de carácter estacional, hecho que se ha acentuado durante estos últimos años.

Otros lechos de río cartografiados son el del río Amarquillo que penetra en el área de estudio por el W, después de atravesar el afloramiento granítico de Madrideojos-Camuñas con una dirección NW-SE, confluyendo a la llanura de inundación del río Gigüela al SE del núcleo de Villafranca de los Caballeros. A partir de este punto, adquiere una dirección N-S, contribuyendo así a dar una mayor amplitud a dicha llanura de inundación.

Otro lecho de río es el del Saona, tomado como límite E de nuestro área de estudio. Dicho río, al igual que los anteriores, tiene un lecho muy poco profundo, lo que unido a la planitud del relieve favorece la existencia de desbordamientos. El río Saona proviene de los relieves mesozoicos de la Sª de Altomira, tiene una clara dirección N-S, hasta desembocar en el río Záncara en

el lugar denominado Embalse de Los Muleteros¹⁰. A partir de aquí, sus aguas junto con las del río de Las Animas y las del propio Záncara adquieren una dirección E-W.

Otros lechos de río son de mucha menor entidad y corresponden a pequeños arroyos: Arroyo de Juana Jiménez, Arroyo del Albardial, Arroyo de la Serna que drenan los relieves triásicos y desembocan en la laguna del Camino de Villafranca. Otros son zanjas artificiales como el canal de Quero (que parece ser era un canal de desbordamiento de la llanura de inundación del Gigüela que llevaba sus aguas hasta la laguna de Quero) o canales que encauzan las aguas de esorrentía de pequeños arroyos: caso de la Cañada de Torrejón, que penetra en el área de estudio por el sector más noroccidental y que desemboca en el Gigüela, unos kilómetros al SE de Peña Hueca; Zanjas de La Motilla, y de la Horma que confluyen en la Zanja de la Alevosa y que vierten sus aguas en la laguna de Retamar; Zanja de la laguna del Pueblo; Zanja del Organo que desemboca en Navalafuente; Zanja de Alcahozo que drena dicha laguna y desemboca en la llanura aluvial del Záncara, al S. del núcleo de Pedro Muñoz; Acequia del Rollo, Acequia de la Madre, ambas drenan los relieves mesozoicos del área de Mota del Cuervo y desembocan en la laguna de Manjavacas, etc.

Como acabamos de comentar, uno de los rasgos más significativos de los lechos de los ríos es la poca profundidad de sus cauces y su tendencia al desbordamiento en los momentos de máximas crecidas. Resultado de estos desbordamientos son las llanuras de inundación.

¹⁰ *Embalse proyectado y no construido, que sin embargo dejó su topónimo en el Mapa de carreteras del MOPMA, conservándose hasta la actualidad.*

3.3.2. Llanuras de inundación (F3).

Por llanuras de inundación (F3) entendemos aquellas áreas topográficamente llanas o casi llanas, originadas por depósitos de material fluvial y que se inundan de modo regular o temporal. Es muy importante señalar que es precisamente esta última particularidad, la de su inundación regular o temporal, la que distingue las llanuras de inundación de otras formas de depósito fluviales como por ejemplo las terrazas. De ahí, la importante repercusión que tiene el hecho de que dicha dinámica haya dejado de existir en la actualidad.

Como ya vimos, las principales causas del deterioro de dicha dinámica de desbordamientos son: por un lado, las obras de canalización y la creación de malecones artificiales en los ríos más importantes; y por otro, la sobreexplotación de los principales sistemas acuíferos de la comarca.

La constatación de esta realidad es la que nos ha llevado a señalar un cierto carácter relíctico o heredado de estas formas fluviales, ya que en la actualidad ninguna de las llanuras de inundación descritas tiene una dinámica de desbordamientos activa.

Sin embargo, hemos optado por definir las como F3 (llanuras de inundación) para poder distinguir las de las formas fluviales pleistocenas (paleocauces y antiguas llanuras de inundación). Los criterios en que nos hemos apoyado para adoptar dicha decisión es que la morfología y caracteres de dichas llanuras responden por completo a las de una llanura de inundación activa, por otra parte el hecho de que la dinámica de desbordamiento se haya producido hasta la década de los 80 nos obliga a diferenciar claramente estas llanuras de inundación de las llanuras aluviales pleistocenas.

Una vez hecha esta observación, describiremos las principales llanuras de inundación que se localizan en nuestro área de estudio.

La más importante es la del río Giquëla. En ésta se pueden distinguir de N a S. dos sectores:

- sector septentrional: se encuentra dividido en dos partes por un relieve de cuevas triásicas. La parte más occidental es una difluencia del río que da lugar a la génesis de dos lagunas (la Chica y la Grande de Villafranca); frente a ésta, la parte más oriental, es mucho más ancha y discurriendo por ella el lecho principal del río Gigüela.

Presenta una serie de canales artificiales que atraviesan la llanura de W a E y que se utilizaban para el manejo de los caudales.

- sector meridional: tras un estrechamiento de la llanura provocado por la presencia de relieves triásicos (cuevas) al W. y un retazo de mesa mio-pliocena al E., se extiende este segundo sector de la llanura de inundación del río Gigüela. Se localiza a 3 km al SE del núcleo de Villafranca de los Caballeros y debe su gran amplitud, de 3.5 a 5 km de ancho (SE de Herencia) a la confluencia por el W. de las aguas del río Amarguillo.

Así pues, la llanura se extiende desde el lecho del río Amarguillo por el W. hasta el lecho principal del río Gigüela por el E., quedando limitada por el W. por los relieves paleozoicos de Herencia y por el E. por un relieve aislado datado del Plioceno.

Algo más al S., entre los relieves de S^a Solana y el relieve tabular de Cerro Mesado, en el área donde se encuentran las aguas del río Gigüela y del Záncara, se puede distinguir un nuevo sector de la llanura de inundación. Este sector, sin embargo, queda ya fuera de nuestro área de estudio.

La otra gran llanura aluvial es la del río Záncara. Esta se extendía desde Socuéllamos por el E. hasta la confluencia del Záncara con el río Viejo del Guadiana por el W. Limita tanto por el N. como por el S. con las superficies de erosión plio-pleistocenas (superficie superior e inferior de la Llanura manchega). Sin embargo, el depósito de un importante complejo dunar en la mitad septentrional de la llanura, junto a la instalación de un sistema de abanicos aluviales al pie de las superficies de erosión, hacen que la llanura de inundación se encuentre reducida, dentro de nuestro área de estudio, a una estrecha

banda. Dicha llanura se localiza, aproximadamente, a 1.5 km al W. del puente que cruza el río Záncara en la carretera que une Campo de Criptana con los Arenales de San Gregorio. Dicha llanura se desarrolla hacia el W., generando un brazo que se desliga del cauce principal del río y que en la actualidad se encuentra bordeado por un campo de dunas.

En cuanto a la dinámica de desbordamientos, seguramente, hace décadas que no se produce. Esta afirmación la realizamos tras constatar en las fotografías aéreas que los rasgos texturales y de tonos propios de las llanuras de inundación son casi imperceptibles. Actualmente, dichas llanuras están siendo aprovechadas con cultivos de regadío.

Por último, comentaremos las llanuras de inundación cartografiadas junto a la Cañada de Torrejón, localizada al NW. del área de estudio, al S. de la laguna de Peña Hueca; y la del río Amarguillo, que como ya señalamos penetra en la zona por el W., desembocando al S. de Villafranca de los Caballeros en la llanura de inundación del río Gigüela.

Estas llanuras, al contrario de los casos anteriores (Gigüela y Záncara) no son grandes planicies sino que forman estrechas bandas paralelas al lecho del río, de 0.5 a 1 km de ancho. Las causas por las cuales estos ríos no han generado unas llanuras de inundación más extensas son: por una parte, la menor importancia de sus caudales; y por otra, la existencia de relieves en sus inmediaciones, que limitan la expansión de los desbordamientos, generando unas llanuras muy encajadas.

Desde el punto de vista sedimentológico, ya hemos comentado que las llanuras de inundación se originan por el depósito de materiales fluviales en las épocas de crecida.

De este modo, se puede afirmar que son aluviones compuestos fundamentalmente de un fondo arenoso y limoso donde se encuentran esporádicos cantos poligénicos, calizos o cuarcíticos, según el área de procedencia de los ríos.

Sin embargo, en la llanura de inundación del río Gigüela existe un rasgo diferenciador: la salinidad. Sus depósitos son aluviones arenoso-limosos con un fuerte contenido en sales. El origen de esta salinidad se encuentra en las aguas del propio río Gigüela, que al discurrir por depósitos evaporíticos, se van cargando en sales. Dichas sales se depositan cuando las aguas se desbordan generando, así, los depósitos denominados de "playa" o "playa-lake" (los datos sobre la salinidad de las aguas del río y su repercusión en la génesis de suelos halomorfs se comentarán más extensamente en el capítulo de edafología).

En cuanto a la edad de dichas llanuras, los autores que han estudiado la industria lítica de la zona las han datado del Pleistoceno superior-Holoceno. (Pérez González, 1981).

3.3.3. Paleocauces y llanuras aluviales relictas (F12).

Frente a las formas fluviales (lechos y llanuras de inundación) que han mantenido una dinámica activa hasta nuestros días, se encuentran una serie de paleocanales o paleocauces y llanuras aluviales relictas, que se originaron en el Pleistoceno y fueron funcionales, seguramente, durante gran parte del Holoceno cartografiadas como F12.

Tal categoría no existe en la leyenda del ITC, es por tanto, una unidad definida por nosotros, ya que entre las descritas por el ITC no encontramos ninguna que se ajustase a las características de estas unidades de relieve. Nuestra argumentación para crear esta nueva categoría es que estas formas son, sin lugar a dudas, de origen fluvial (F). Sin embargo, su carácter heredado, no funcional, no se recoge en ninguno de los epígrafes de la leyenda del ITC.

Como paleocauces se ha cartografiado una intensa red de drenaje que avana todo el sector occidental de nuestro área de estudio, desde el afloramiento granítico de Madrideojos-Camuñas por el NW., y los relieves paleozoicos de Puerto Lápice-Herencia en el SW hasta la llanura de inundación del río Gigüela

por el E. Son unos canales anchos (0.5 a 1 km), suavemente encajados en el relieve (una antigua llanura aluvial pliocena cartografiada como D1) que se reconocen perfectamente en la fotografía aérea por sus tonos más oscuros (indicadores de que aún en la actualidad recogen cierta humedad) y que sirven de colectores de una densísima red de pequeños arroyos que podríamos definir de carácter dendrítico ¹¹.

Como llanura aluvial relictas se ha cartografiado una extensa área que se desarrolla de N a S de forma paralela a la actual llanura de inundación del Gigüela y que queda separada de ésta por una serie de relieves triásicos, su máxima anchura se encuentra en la latitud de Villafranca de los Caballeros, en donde se extiende con un eje máximo de 6 km de longitud y un eje máximo de 5.7 km de anchura. Este gran desarrollo es fruto de la unión de los principales paleocanales por el NW, con el curso del río Amarguillo por el SW y con el Gigüela por el N. En este área, además, la antigua llanura aluvial se extiende como por un brazo (antigua difluencia) hacia el E. llegando hasta las inmediaciones del núcleo de población de Alcázar de San Juan. En la actualidad, se puede reconocer la antigua difluencia por los depósitos fluviales que se originaron, sobre los que se asientan las lagunas de las Yeguas y del Camino de Villafranca.

Otra llanura de inundación relictas es la cartografiada al E. de la llanura de inundación del río Gigüela, al SW. del núcleo de Alcázar, y bordeando dicha llanura. Está limitada al NE por la superficie de erosión superior, y al E-SE por un campo de dunas. En su interior queda ubicado, como una isla, el relieve tabular de Cerro Mesado.

Esta llanura aluvial era producto de la confluencia del río Gigüela con el Záncara, unos pocos kilómetros más al S. Este hecho, junto con la ausencia de

¹¹ J. Muñoz y D. Palacios han publicado recientemente varios artículos (1990, a ; 1990, b) sobre el origen, características y significado de esta interesante red de paleocanales en La Mancha, Alcarria y Campo de Montiel.

grandes relieves que limitasen los desbordamientos en los momentos de máximas crecidas eran las causas de que las aguas inundaran esta gran superficie.

Actualmente, el reconocimiento en el campo de dichas áreas es muy difícil, ya que, debido a la intensa labor agrícola a la que está sometido el territorio, se han borrado las huellas de la antigua dinámica fluvial. Sin embargo, en la fotografía aérea, como ocurre también para los paleocanales, se siguen observando unas tonalidades más oscuras, intermedias entre las de las llanuras de inundación actuales y la de los relieves circundantes, signo de la capacidad de mantenimiento de un cierto grado de humedad aún en nuestros días.

3.3.4. Relieves fluviales invertidos (F13).

Es esta otra unidad creada por nosotros, ya que, como en el caso anterior, no hemos encontrado entre las unidades descritas por el ITC ninguna que defina las peculiaridades de estas formas de relieve.

Así, bajo este epígrafe hemos descrito unos depósitos de cuarcitas de tamaño canto, muy redondeados, de claro origen fluvial, que se encuentran en una posición topográfica culminante frente a los relieves que lo circundan. Este hecho nos hace definirlos como relieves invertidos. Según Pérez González (1981) son "antiguos canales que transportaban cargas detríticas con gruesos, desde los bordes mesozoicos hacia el interior de la cuenca".

Las unidades definidas como F13 son dos, y se localizan en la margen derecha del río Záncara, en las inmediaciones del Embalse de los Muleteros. Como ya hemos comentado, son unos depósitos de cantos cuarcíticos muy redondeados y sin apenas matriz que se identifican nítidamente en la fotografía aérea por su disposición alargada y en resalte frente a los relieves y depósitos circundantes.

También al S. del río Zánacara, tras el pequeño promontorio de calizas cretácicas que hemos cartografiado como S9, se identifica un área con estos materiales cuarcíticos sin apenas matriz y muy redondeados; sin embargo, en este punto dichos depósitos han sufrido un intenso remodelado, por lo que han perdido su posición culminante, quedando definidos en nuestra cartografía como derrubios de ladera (D10) y como ladera basal (D7).

Otras formas o unidades de origen fluvial son las terrazas y los abanicos aluviales. En el área de estudio, estas formas ocupan, en general, superficies muy reducidas. Sin embargo, no por ello dejan de ser interesantes desde el punto de vista geomorfológico.

3.3.5. Terrazas fluviales (F6).

Como terrazas fluviales (F6) se describen aquellas áreas llanas o muy suavemente inclinadas, originadas por depósitos fluviales y separadas de las llanuras de inundación o de los propios lechos del río por la presencia de un pequeño escalón.

Dentro de nuestro área de estudio, tan sólo, se han encontrado terrazas en el río Zánacara. Se localizan en ambos márgenes del río, aproximadamente a 5 km al W del Embalse de los Muleteros, y en contacto con los eluviones cartografiados como ladera basal (D7), al pie del afloramiento de las calizas cretácicas. Son terrazas disimétricas presentando una anchura mayor la de la orilla izquierda. La terraza de la orilla izquierda se extiende desde el lecho del Zánacara hacia el S, limitando con las superficies de erosión plio-pleistocenas fuera ya de nuestro área de estudio. En cuanto al desarrollo E-W, seguramente la terraza se prolongaría hacia el W. a lo largo del curso del río Zánacara; sin embargo, el posterior depósito de materiales de origen eólico ha enterrado gran parte de la terraza, quedando la superficie actual de ésta muy reducida.

Frente a esta terraza, la de la orilla derecha presenta un desarrollo longitudinal algo mayor; sin embargo, su anchura es más reducida. Este hecho está condicionado por la presencia al N. de las superficies de erosión, y al igual que en el caso anterior por el depósito de materiales eólicos que recubren gran parte de la terraza por el S. Esta terraza, seguramente, se extendería desde el río hasta las superficies de erosión; sin embargo, actualmente dicha terraza está muy reducida por la presencia de depósitos eólicos por el S y de abanicos aluviales al N. Esta afirmación puede verificarse al comprobar la presencia de pequeños retazos de terraza inmediatamente al S. de las superficies de erosión.

3.3.6. Abanicos aluviales activos e inactivos (F7 y F8).

Los abanicos aluviales son formas originadas por depósitos fluviales, que se caracterizan por un perfil transversal convexo y unas pendientes suaves a moderadas. La génesis de estas unidades se produce por la irrupción de pequeños arroyos en áreas muy llanas; debido a la pérdida de capacidad de transporte de los arroyos, éstos depositan sus cargas, dando lugar así a estas peculiares formas del relieve.

Dentro del área de estudio que estamos tratando, se han localizado tres puntos donde se dan las condiciones necesarias para la génesis de estas formas:

1. Al N. de la mesa mio-pliocena (al norte de la laguna de Pajares) y de la plataforma caliza de Campo de Criptana: los arroyos que atraviesan dichos relieves irrumpen en un área originariamente llana y actualmente muy diseccionada por la red fluvial, originando 4 abanicos aluviales. Son muy difíciles de identificar en el campo dada su antigüedad; sin embargo, en la foto son fácilmente reconocibles por su aspecto digitado. Dichos abanicos han sido cartografiados como F8, ya que en la actualidad se consideran inactivos.

2. Al W. de la llanura de inundación del río Gigüela y en el extremo más suroccidental de nuestro área de estudio, se localizan una serie de canales (paleocauces) que provienen de los relieves paleozoicos de Puerto Lápice-Herencia y que al desembocar en la llanura de inundación generan amplios abanicos. El más representativo es el que se localiza al S. de Herencia, a la salida de un paleocauce que discurre entre el cerro Algibe y la S^a de la Solana.

Al igual que en el caso anterior se ha cartografiado dicho abanico como inactivo (F8), ya que consideramos que el canal que lo originó no es activo en la actualidad.

3. Por último, nos quedan por comentar los abanicos que se han generado al pie de las superficies de erosión plio-pleistocenas y que se han formado al irrumpir un numeroso grupo de pequeños arroyos en la llanura aluvial del Záncara. Son, exactamente, 3 abanicos coalescentes que forman un arco, y que drenan sus aguas hacia el SW, al curso principal del Záncara, del cual se encuentran separados por un depósito de materiales eólicos.

Algo más al SW, existe otro pequeño abanico que se ha originado al irrumpir un pequeño canal sobre la terraza fluvial del Záncara. Dicho abanico, como los anteriores, drena sus aguas hacia el Záncara, el cual se encuentra a escasos 0.5 km de distancia.

Estos abanicos, al contrario de lo que ocurría en los casos anteriores, se han definido como F7, es decir, como abanicos activos. Aunque se debe señalar que la actividad de dichos abanicos es muy esporádica, ya que, tan sólo, se puede apreciar con precipitaciones de una gran intensidad.

Por otra parte, desde el punto de vista litológico, se debe diferenciar la composición de estos abanicos. Los que están al pie de relieves calizos, es decir, los que están al pie de las mesas mio-pliocenas, plataforma caliza de Campo de Criptana y superficies de erosión son depósitos de pequeños cantos calizos con una matriz limo-arcillosa; frente a éstos, los que están al pie de los

relieves cuarcíticos poseen un canturreal de cuarcitas con una matriz arcillo-limosa de fuertes tonos rojizos.

3.3.7. Lagunas y antiguas lagunas (F2 y F5).

Por último, y para terminar con las formas de origen fluvial nos queda comentar las Lagunas cartografiadas como F2 y las Antiguas lagunas o fondos de lagos (F5) que son, en realidad, lagunas que han sido desecadas en fechas recientes de un modo artificial.

Lo primero que se debe señalar es que a pesar de que todas las lagunas han sido cartografiadas como F2, es decir, formas de origen fluvial, no todas tienen su origen en la dinámica fluvial. En general, se puede afirmar que en la génesis de los humedales participa no sólo un factor sino varios, siendo éstos el resultado de una conjunción de variables: climáticas, litológicas, tectónicas, topográficas, etc. A pesar de esta observación, el hecho común de ser cuerpos de agua es lo que nos ha decidido a generalizar en la cartografía todos los humedales como F2.

Por otra parte, se han cartografiado como F5 humedales o lagunas que no han mantenido lámina de agua en el período en que nosotros los hemos estudiado (desde 1988). Este es el caso de las lagunas de Retamar, Navalafuente, Navalengua, y Alcahozo II. Y ello, a pesar de que en los períodos de lluvias se aprecia una cierta humedad en sus suelos.

Como ya vimos en la introducción, se han reconocido 29 humedales dentro de nuestro área de estudio. Entre éstos existe una gran diversidad, tanto desde el punto de vista del origen de sus cubetas, como del de sus características hidrológicas e hidroquímicas.

Así, por ejemplo: mientras algunos humedales son de aguas permanentes, otros son de carácter periódico, tanto anual (mantienen láminas de agua de otoño a primavera, desecándose en verano) como interanual (presentan láminas

de agua tan sólo en los años más húmedos, permaneciendo secas los años más áridos).

A su vez, los hay de aguas dulces, salobres o salinas, variando incluso el grado de salinidad según las fechas en que se muestren sus aguas.

En cuanto a la génesis de sus cubetas, dado que en este capítulo se están describiendo los caracteres geomorfológicos y litológicos de las principales formas de relieve, vamos a detenernos en cuáles son los factores (topográficos, litológicos, estructurales, etc) que han condicionado la presencia de estos humedales.

Así pues, desde el punto de vista de la génesis se han distinguido dos grandes apartados:

1. GENESIS ENDOGENA O ESTRUCTURAL.
2. GENESIS EXOGENA ¹².

Dentro de la génesis endógena, en nuestro área de estudio, se han encontrado humedales de origen:

- Kárstico
- Pseudokárstico
- En sinclinales
- En cuevas (siempre localizados en los dorsos)
- En líneas de contacto litológico
- Condicionados por la presencia de fracturas

¹² Tanto en el apartado de génesis endógena como en el de exógena, nos hemos limitado a señalar los encontrados en nuestro área de estudio. Para conocer la clasificación completa remitimos al artículo de Sanz Donaire y Díaz Alvarez "Génesis y funcionalidad geomorfológica de los humedales" publicado en los Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid, nº 12, 1992.

De origen exógeno, se han descrito humedales de origen:

- Hidroeólico
- Fluvial (aguas corrientes)

Como ya comentamos, sin embargo, en general una cubeta no se origina por un solo factor sino que convergen varios. Así, por ejemplo:

Las lagunas CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA están situadas en una difluencia del río Gigüela, son por tanto de origen exógeno, ya que responden a una dinámica fluvial. Sin embargo, la presencia de esta difluencia está condicionada por dos factores estructurales:

1. La presencia a E. y a W. de unos relieves de cuesta, quedando, de este modo, emplazadas las cubetas en el dorso de la cuesta más occidental y entre dos frentes escarpados. Ver fig. 3.2.

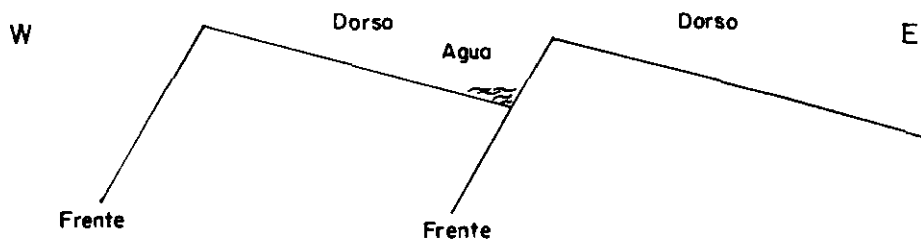


FIG. 3.2.

2. La presencia de una fractura en el zócalo que condiciona un leve hundimiento de este sector. Como afirman Martín Escorza (1977) y Sanz Donaire (1989) la alineación N-S de un numeroso grupo de lagunas, y el trazado casi rectilíneo de los principales cursos fluviales de la zona nos obligan a pensar en la presencia de una serie de fracturas profundas del zócalo que condicionan la localización de estos accidentes.

Las lagunas de las YEGUAS Y DEL CAMINO DE VILAFRANCA tienen un origen fluvial ya que ambas se localizan en un antiguo brazo del río Gigüela. Así, lo atestiguan los sedimentos sobre los que se asientan " depósitos aluviales de granulometría fina: limos, arenas y arcillas con yesos de formación secundaria" IGME, 1986.

Sin embargo, y al igual que en el caso de las lagunas Chica y Grande de Villafranca, la localización de este brazo fluvial se ha visto condicionada, fundamentalmente, por causas estructurales. En esta ocasión, por la presencia de una serie de cuevas triásicas por el N. y de un relieve plioceno por el S., que ha sido cartografiado como D1, por la disección que presenta. Dichos relieves actúan como barreras topográficas, determinando de este modo el lugar por donde las aguas pueden discurrir.

Así pues, se puede afirmar que también en este caso existe una conjunción de factores, endógenos y exógenos, que determinan la localización de estos humedales.

En cuanto a la cubeta de la laguna de LA VEGA O DEL PUEBLO se encuentra localizada en un sinclinal. Dicho sinclinal se halla dentro de una alineación de pliegues (anticlinales y sinclinales) que hemos definido como el sector plegado de El Toboso- Mota del Cuervo, y que constituyen las estribaciones más meridionales de la Sª de Altomira.

En términos estructurales es un plegamiento de tipo jurásico, aunque como ya se comentó antes, los anticlinales se encuentran en la actualidad muy erosionados y los sinclinales en gran parte colmatados. Así pues, desde un punto de vista geomorfológico, se trata de un relieve de tipo jurásico en tránsito a apalachense.

Junto al hecho de estar localizada en un sinclinal, se puede señalar otro factor que también ha contribuido a su génesis, nos referimos a la localización, inmediatamente al S. de la cubeta, de la superficie de erosión plio-pleistocena y al papel de barrera que dicha superficie desempeña impidiendo el drenaje de las aguas hacía el S. (río Záncara).

Así pues, también en esta ocasión se puede citar la conjunción de dos factores, uno estructural (su localización en un sinclinal) y otro exógeno (la presencia de una superficie de erosión que actúa como barrera topográfica) para explicar la ubicación del humedal.

Otras cubetas que también se han originado en sinclinales son las de Retamar, Navalafuente, Sánchez Gómez y Dehesilla. Todas ellas en sinclinales paralelos al de La Vega.

Uno de los humedales más interesantes desde nuestro punto de vista es el de ALCAHOZO. Su origen ha sido definido por un gran número de autores como kárstico (Pérez González A. 1981; Martino P. 1988; Martino P. y Montes C. 1991). Estos autores coinciden en que la actual laguna ocupa el fondo de una dolina, depresión originada por la disolución de las calizas que, como todos sabemos, es una de las formas más comunes de absorción dentro del relieve kárstico.

Los criterios en que se apoyan para hacer dicha afirmación son varios: la forma redondeada de sus contornos (Florín *in* Martino, 1988), la existencia de un manantial en sus inmediaciones, y la frecuente presencia de estas formas kársticas dentro de la Llanura manchega.

Sin embargo, hay un hecho que nadie ha señalado hasta ahora y es la presencia de unos depósitos de cantos de naturaleza cuarcítica, bastante redondeados en las inmediaciones de las orillas occidental y suroccidental de la laguna. Desde nuestro punto de vista, dichos depósitos tienen un origen claramente fluvial (ya que ningún otro agente puede transportar cantos de este tamaño). Por otra parte, la naturaleza cuarcítica de estos cantos indican un área fuente bastante alejada. En definitiva, son datos que nos inducen a pensar en la existencia de una red fluvial fosilizada ¹³, seguramente de edad Plio-pleistocena, que coadyuvó a la génesis de esta cubeta.

Nuestra hipótesis de como esta red pudo coadyuvar a la génesis de ésta y seguramente de otras cubetas vecinas es la siguiente: al comenzar el proceso de disolución de las calizas que se depositaron enterrando la red fluvial, se produce una evolución distinta, en este caso más rápida, en aquellos puntos donde se encuentran los depósitos de la antigua red fluvial, ya que estos son más permeables y permiten una mayor rapidez en la evacuación de las aguas y por tanto, una mayor velocidad en la evolución del karst. Esto generaría pequeñas dolinas que al unirse formarían depresiones de mayores dimensiones condicionando, de esta forma, la localización y morfología de las dolinas, y en algunos casos, como el de Alcahozo, de la actual cubeta de la laguna..

Otras lagunas de origen kárstico son la de Alcahozo II, Navalengua, y Melgarejo. Todas ellas están ubicadas sobre las calizas pliocenas de la Llanura manchega.

Otras lagunas también muy interesantes desde el punto de vista de la génesis de sus cubetas son las de Peña Hueca y Cerro Mesado.

¹³ *Por una red fósil, se entiende una red que ha sido enterrada y posteriormente exhumada; a diferencia de una red relicta, que es aquella que siempre ha estado en superficie, y que en la actualidad no es activa.*

La laguna de PEÑA HUECA es de origen estructural, distinguiéndose en su génesis dos factores:

1. Por una parte, su localización en una cuesta. Como ya vimos al hablar de estas unidades, las cuestas se componen de dos partes: un frente empinado y un dorso con una pendiente suave a moderada. La cuesta que estamos describiendo tiene una orientación N-S, su frente mira hacia el W., mientras que su dorso presenta un claro buzamiento hacia el E. De esta forma, se puede describir una pequeña cuenca de drenaje, donde el frente actúa como divisoria de aguas y el dorso como cuenca, acumulándose las aguas de escorrentía en el punto topográficamente más bajo, es decir, en la parte inferior del dorso.

2. Por otro lado, la presencia de calizas dolomíticas en su orilla W. (Sanz Donaire J., 1989) nos induce a pensar en la existencia de un proceso de disolución que favorezca la profundización de dicha cubeta.

De esta forma, la cubeta es resultado de la interacción de dos factores:

- su localización en el dorso de una cuesta.
- el proceso de disolución kárstica.

A estos factores se podría añadir otro, que no participa directamente en la génesis de la cubeta, pero que sí impide el drenaje de sus aguas hacia el próximo río Gigüela. Este factor, es la presencia de un afloramiento de canturreal rojizo, ferruginizado, que hemos cartografiado como una terraza estructural y que actúa como barrera topográfica entre la cuenca de la laguna y el nivel de base del río Gigüela.

En cuanto al origen de la cubeta de CERRO MESADO ha sido descrito como eólico (Pérez González, 1981). Sin embargo, y como bien ha señalado Díaz Álvarez (1993), actualmente, hay que diferenciar dos factores: uno, hídrico; y dos, eólico.

En primer lugar, la laguna tiene un origen hídrico ya que se ubica sobre una amplia llanura de inundación fruto de la confluencia de los ríos Gigüela y Záncara.

En segundo lugar, sobre esta llanura se está desarrollando una fuerte acción erosiva del viento, lo que provoca una profundización de la cubeta, pudiendo hablar en la actualidad de una cubeta de deflación.

De esta forma, se puede afirmar que la cubeta de Cerro Mesado es de origen hidroeólico.

En cuanto a los humedales cartografiados como F5, ya he comentado que más que fondos de antiguos lagos como reza la leyenda del ITC, he cartografiado como tales, humedales que no han mantenido lámina de agua en el período en que las he visitado (desde 1988 hasta la actualidad).

La principal causa de que estas lagunas no mantengan agua no es otra que la actuación del hombre, quien ha realizado canales de drenaje en sus fondos impidiendo de esta forma que se acumulen las aguas. Entre otras lagunas desecadas destacan Retamar, Navalafuente y Alcahozo II.

3.4. UNIDADES DE ORIGEN EÓLICO (A)

3.4.1. FORMAS DE ACUMULACION.

Muy ligadas a las llanuras de inundación y depósitos aluviales de los ríos Záncara y Gigüela se han generado una serie de acumulaciones arenosas de origen eólico, que según la cartografía del ITC, se han cartografiado como:

- Campos de dunas no saturados (A2).
- Complejos aislados de dunas (A3).
- Láminas de arena o manto eólico (A4).

3.4.1.1. Campos de dunas no saturados (A2).

Por Campo de dunas no saturado (A2) se entiende un área con una topografía ondulada a suavemente ondulada, producto de las acumulaciones dunares, pero que no posee una cubierta continua de arena.

Como tal, se ha cartografiado una amplia franja que se desarrolla de E a W de forma paralela al curso del río Zánacara. Aproximadamente, se extiende entre el puente de Casa de los Bueyes por el E. (puente que cruza el Zánacara, por la carretera de Pedro Muñoz a los Arenales de San Gregorio) hasta la confluencia del Zánacara con el Gigüela por el W.

La anchura de este campo de dunas queda limitada tanto por el N. como por el S. por las superficies de erosión plio-pleistocenas y por los abanicos aluviales que se han generado al irrumpir un pequeño número de arroyos en la llanura de inundación del Zánacara.

Las formas de las dunas no siempre se pueden definir claramente por la erosión que han sufrido; sin embargo, entre las que se han identificado destacan las dunas ovoides o redondeadas, que pueden aparecer en grupos o aisladas (son muy frecuentes al S. de Alcázar de San Juan); las blowout dunes, que son dunas de reducido tamaño y siempre asociadas a la presencia de pequeñas cubetas de deflación; las dunas parabólicas, quizá las más frecuentes dentro de nuestro área de estudio y que se caracterizan por su planta en forma de U o V, con los cuernos mirando al área de procedencia del viento (y por lo tanto opuestas a los médanos o barjanas); las dunas transversas, que se forman por la acumulación de material de un modo perpendicular al viento dominante, son frecuentes en los bordes del campo de dunas y muy próximas a los pequeños taludes o escarpes de las superficies de erosión; y por último, dunas longitudinales, que se forman con una disposición paralela al viento predominante, un buen ejemplo de este tipo son las que se desarrollan de forma paralela al río Zánacara, en la orilla derecha de éste, a la altura del puente

que cruza el río en la carretera de Campo de Criptana a los Arenales de San Gregorio (Km 8).

3.4.1.2. Complejos aislados de dunas (A3).

Como Complejos aislados de dunas (A3), se han cartografiado áreas relativamente reducidas y aisladas de los campos de dunas, con topografía ondulada a bastante ondulada.

Como tales, han sido identificadas dos zonas bastante próximas entre sí y que se localizan en el extremo más oriental de la zona de estudio. De estas dos zonas, la más meridional se encuentra inmediatamente al W. del Embalse de los Muleteros (escasamente a 1 km), se ubica sobre la superficie inferior de la Llanura manchega y está formada por un reducido número de dunas muy visibles en el campo, pero difíciles de definir, ya que están muy alteradas por la labor agrícola. Estas dunas están cultivadas con viñas y quizás, el rasgo más interesante que se pueda destacar es que en la actualidad siguen siendo activas.

Algo más al N., y sobre la misma superficie de erosión se encuentra el segundo complejo de dunas, queda inmediatamente al W. de la laguna de Melgarejo. Son dunas parabólicas, de gran envergadura, aunque en la foto aérea son difíciles de distinguir al estar repobladas por un denso pinar. Sin embargo, la presencia de pinares en el campo es un buen criterio para buscar o identificar arenas, ya que esta especie actúa como indicador ecológico de los suelos arenosos o psamments.

3.4.1.3. Láminas de arena o manto eólico (A4).

Se han cartografiado como Láminas de arena (A4) aquellas áreas en las que se ha producido un depósito de material arenoso, pero sin llegar a generar

acumulaciones significativas (edificios dunares), siendo la característica esencial de estas áreas su topografía llana a bastante llana.

Aunque dentro de la llanura de inundación del Záncara hay extensas zonas cubiertas por material arenoso, el hecho de ser una cubierta discontinua y lo más importante, el hecho de estar salpicada por dunas nos decidió, como ya comentamos, a definir dicha zona como un campo de dunas no saturado (A2).

De esta forma, se han cartografiado como láminas de arena (A4), aquellas áreas con una cubierta continua de arena sin acumulaciones significativas desde el punto de vista topográfico y aisladas de otras formas de origen eólico.

Así, se han definido como láminas de arena, unas pequeñas manchas, de extensión muy reducida que se localizan en las inmediaciones del Záncara (zona próxima al puente que cruza el río por la carretera de Pedro Muñoz a Socuéllamos).

Son áreas topográficamente bajas y siempre limitadas por barreras, en este caso los taludes de las superficies de erosión plio-pleistocenas que enmarcan el área y que desde nuestro punto de vista, han determinado la génesis de dichos depósitos. Estos creemos que han podido originarse al depositar el viento su carga tras chocar con los taludes de las superficies de erosión.

Por otro lado, la permanencia de estos depósitos se debe a que son lugares muy encajados y protegidos de la erosión.

ESTUDIO DE UNAS MUESTRAS ARENOSAS DUNARES

En una de nuestras salidas de campo, se tomaron varias muestras de un edificio eólico, ubicado en el campo de dunas no saturado sobre la llanura aluvial del Záncara, cartografiado como A2.

El tratamiento de dichas muestras fue el de su tamizado, para poder conocer la textura de dichas arenas. Somos conscientes, de que dos muestras son pocas para poder obtener conclusiones de ningún tipo; sin embargo, nos parece interesante hacer algunos comentarios, ya que como marco de referencia tenemos los datos aportados por Pérez González en su tesis "Neógeno y Cuaternario de la Llanura manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo", presentada en 1981.

Las muestras en cuestión se obtuvieron de una duna parabólica, tomándose la primera del frente (área a barlovento) y la segunda del dorso (área a sotavento).

En los histogramas de frecuencias en porcentajes (Fig. 3.3.) se puede observar que en ambas muestras existe un predominio de las arenas medias (0.5-0.250 mm); sin embargo, mientras que en la primera muestra el porcentaje de arenas gruesas (de 1 a 0.5 mm) es prácticamente igual al de las arenas finas (0.250-0.125 mm) con un 14.5% de arenas gruesas y un 14.6% de arenas finas. En la muestra tomada en el dorso de la duna, el porcentaje de arena fina, e incluso el de muy fina (0.125-0.063 mm) supera bastante al de las arenas gruesas, con porcentajes de: 33.45% en arenas finas, 10.13% en arenas muy finas, y tan sólo un 3.5% en arenas gruesas. Esto no nos sorprende, ya que es lógico, que el viento se desprenda primero de las cargas más gruesas, siendo tan sólo las más finas las que llegan a depositarse en el dorso de las dunas.

Otro dato importante, es la baja proporción de la fracción más fina (< 0.063 mm), es decir, limos y arcillas. En la primera muestra, dicha fracción tan sólo alcanza un 0.1 %; y en la segunda, un 1.10 %. Estos datos contrastan notablemente con los aportados por Pérez González, quien afirma que en la Llanura aluvial de San Juan las dunas y edificios eólicos se caracterizan por un enriquecimiento de la fracción limo-arcillosa, llegando a hablar de dunas arcillosas, con porcentajes entre el 7 y el 88.7% en dicha fracción.

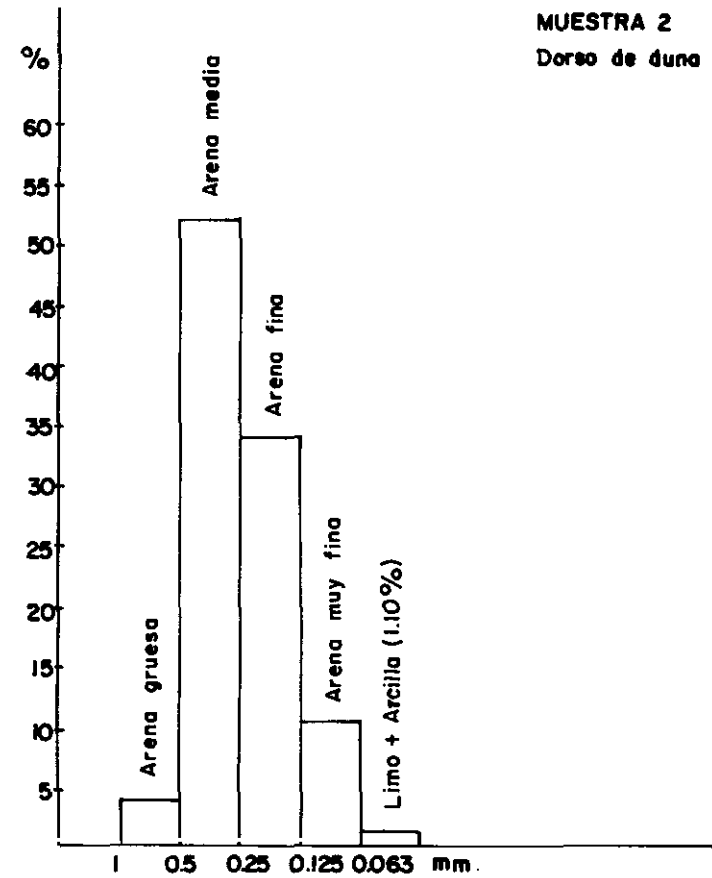
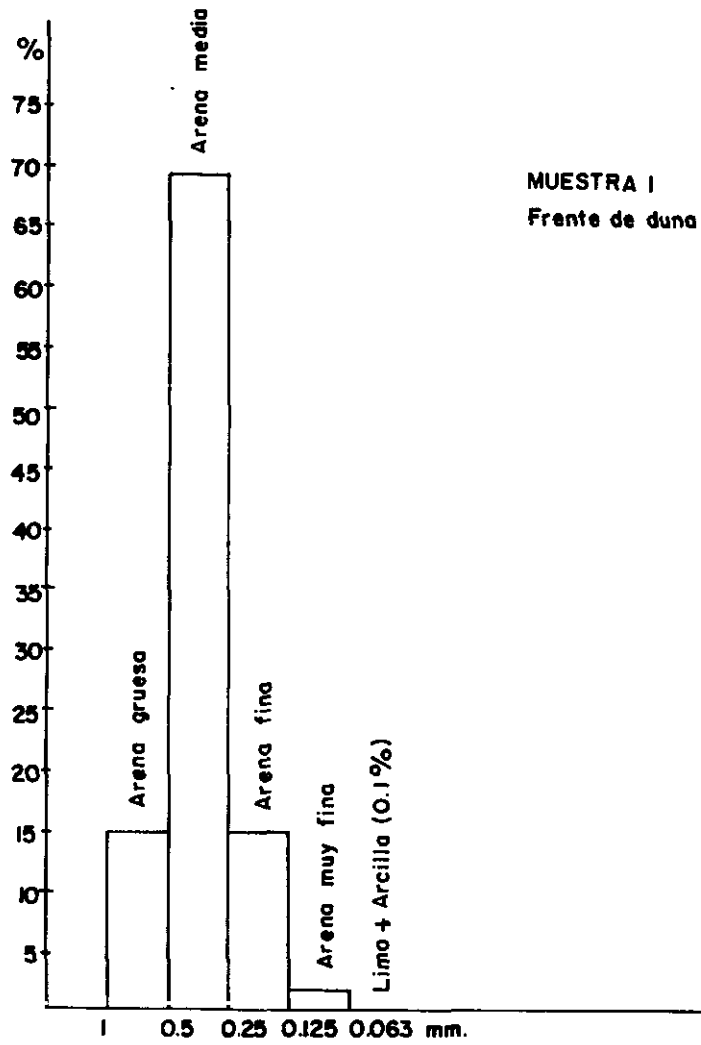


FIG.3.3: HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS.

Otra forma de representar los datos de las granulometrias de arenas es por medio de curvas de frecuencias acumuladas. En dichas curvas se representan los tamaños de las fracciones en abscisas a escala logarítmica (escala Φ), mientras que en ordenadas se representan las frecuencias acumuladas en escala aritmética.

Como se puede observar en las Fig. 3.4 y 3.5., las curvas resultantes en ambas muestras son muy similares, son curvas sigmoidales, lo que indica claramente la existencia de un agente de transporte muy selectivo.

Los principales índices estadísticos han sido calculados mediante las fórmulas de Folk y Ward (1957). Los datos obtenidos son los siguientes:

	$X\Phi$	$Md\Phi$	$S\Phi$	$Sk\Phi$	Kg
Muestra 1 "frente"	1.52	1.42	0.55	0.19	1.20
Muestra 2 "dorso"	2.08	1.89	0.71	0.26	0.93

Como se puede apreciar, apenas existen diferencias significativas entre ambas poblaciones:

- Los valores tanto de las medias como los de las medianas se encuentran en la fracción de la arena media (entre 1.32 y 2Φ).
- El sorting o selección ($S \Phi$) entre 0.50 y 0.71Φ , lo que indica que están bastante bien clasificadas.
- El sesgo ($Sk \Phi$), presenta valores muy próximos a 0 , valor que indica la simetría de las poblaciones. Es decir, que existe una clasificación similar tanto en los gruesos como en los finos.

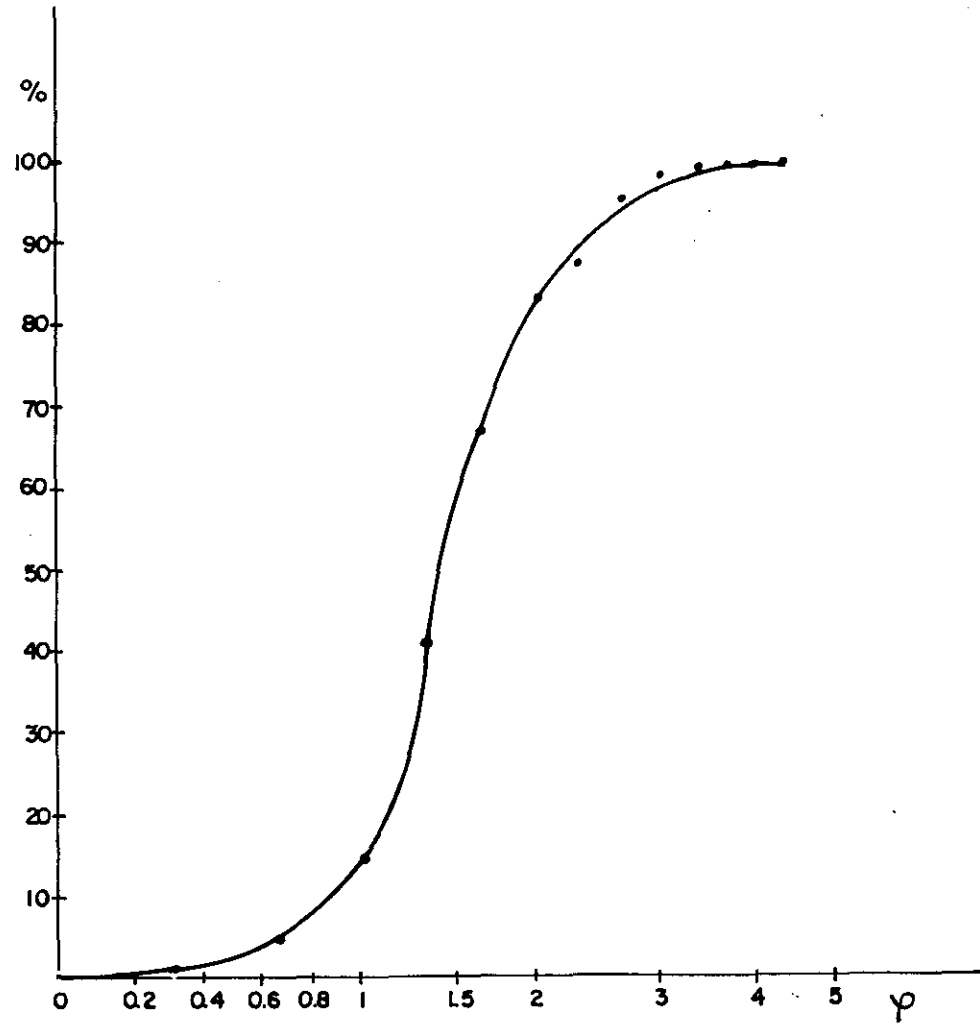


FIG. 3.4: MUESTRA 1. "Frente de duna".

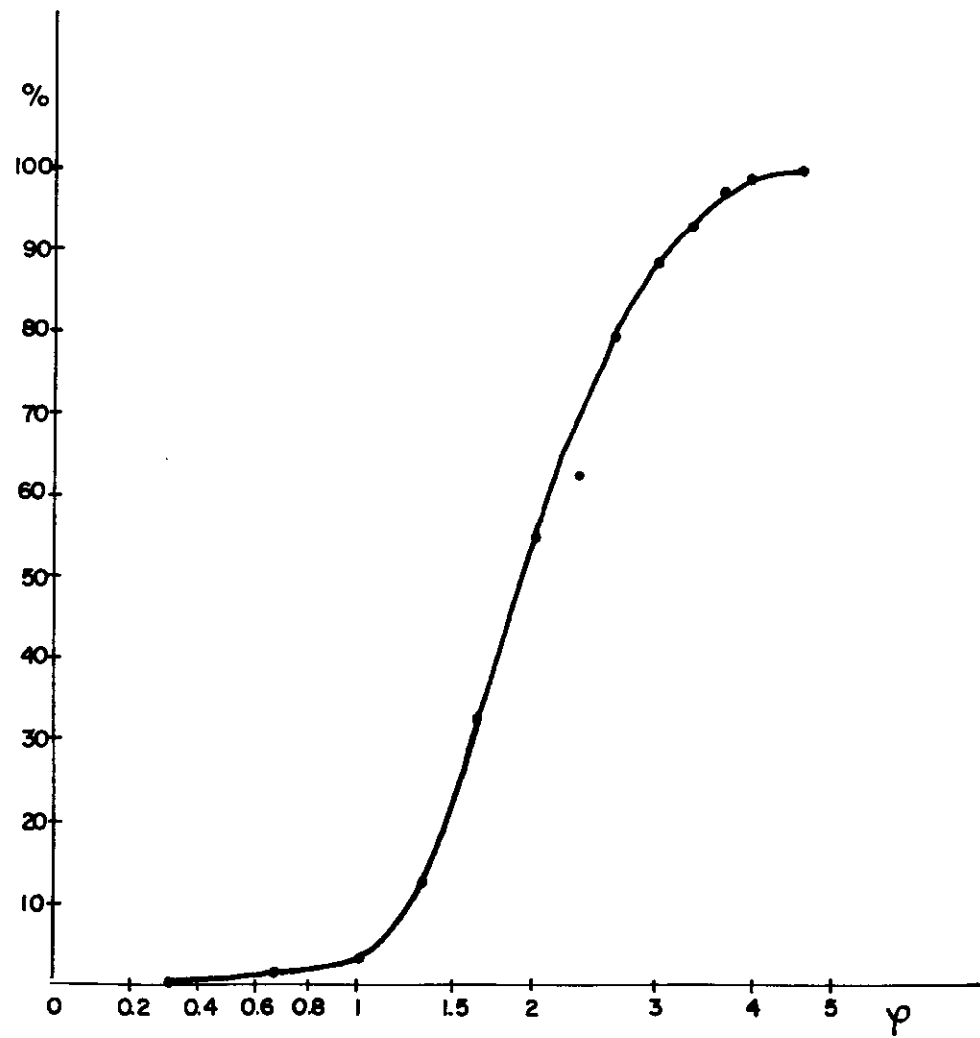


FIG. 3.5: MUESTRA 2. "Dorso de duna".

- En cuanto a la kurtosis ($Kg \Phi$):

. La muestra 1, con una $Kg > 1.10$ es leptokúrtica, lo que indica tamaños medios preponderantes y bien clasificados.

. La muestra 2, con una Kg entre 1.10 y 0.90 es mesokúrtica, lo que indica una mayor mezcla de poblaciones y algo peor clasificada.

En las Fig. 3.6. y 3.7. se pueden observar las curvas granulométricas en escala de probabilidad. La ventaja que ofrecen dichas curvas es que una distribución normal queda definida por una recta.

Así pues, si observamos dichas figuras veremos que ninguna de las dos curvas se ajusta a una línea, sino que en ambas se aprecia claramente la existencia de dos segmentos. La definición de estas curvas es la de un segmento recto empinado, más un segmento recto llano, es decir, RE-RLL. El punto de inflexión coincide en ambas curvas con el valor de 0.2 mm (2.32 en escala Φ) límite entre la arena media y la arena fina.

La explicación de estos dos fragmentos es que existe una mezcla de poblaciones. La primera, compuesta por arenas gruesas y medias, transportadas por saltación; y una segunda, de arenas finas y muy finas, que han sido transportadas por suspensión.

Otra observación podría hacerse en cuanto a la pendiente de las rectas. Como vemos, la curva de la primera muestra tiene una mayor pendiente que la de la segunda, lo que indica una mejor selección en la primera.

3.4.2. FORMAS DE DEFLACION.

Hasta aquí, nos hemos referido exclusivamente a las formas de origen eólico por acumulación. Estas son, con mucho, las formas más llamativas y relevantes del relieve eólico. Hasta tal punto es así, que en la leyenda del ITC, apenas se recogen formas de deflación (tan sólo incluye los reg/serir). Sin

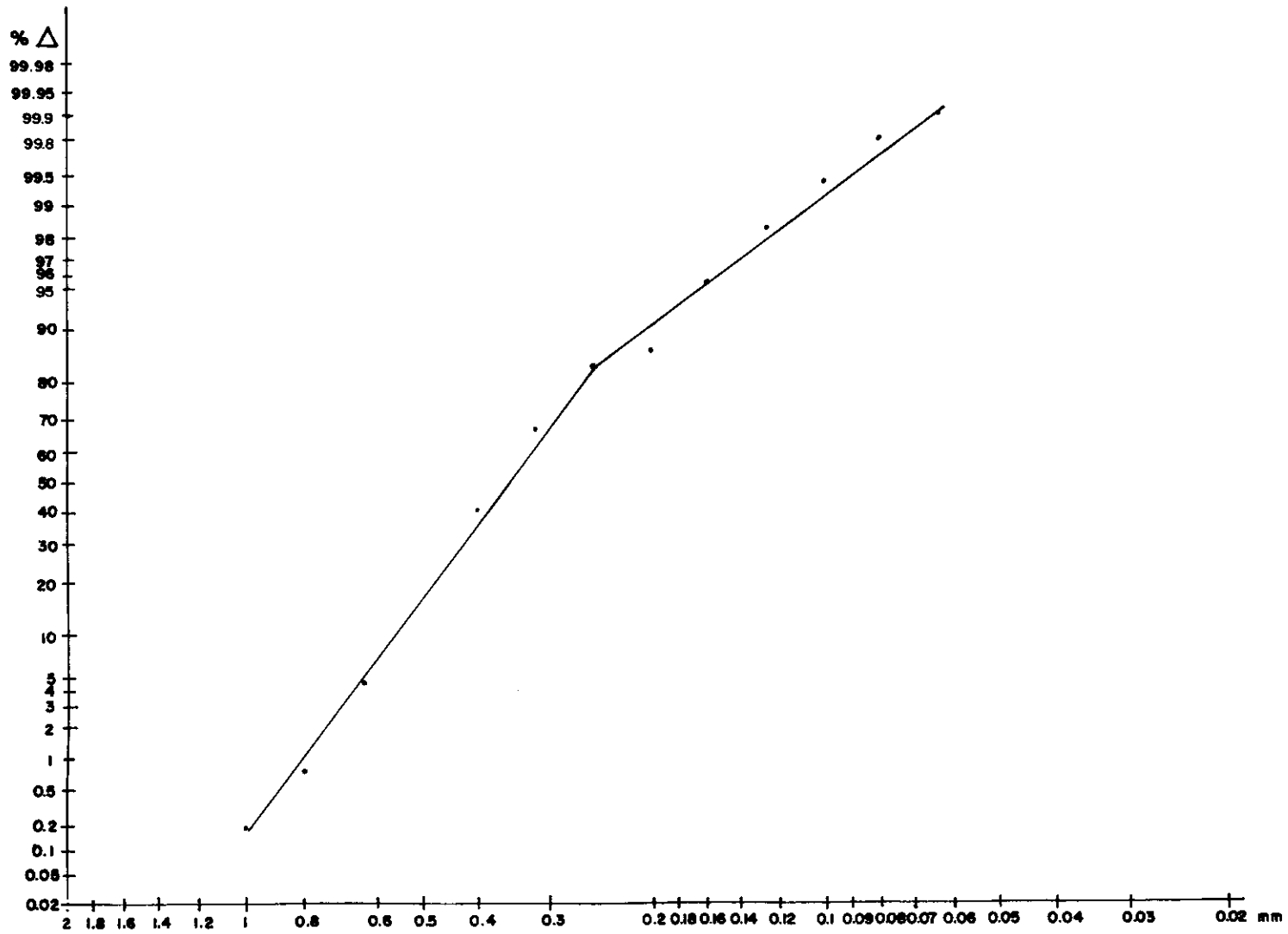


FIG. 3.6: MUESTRA 1. "Frente de duna".

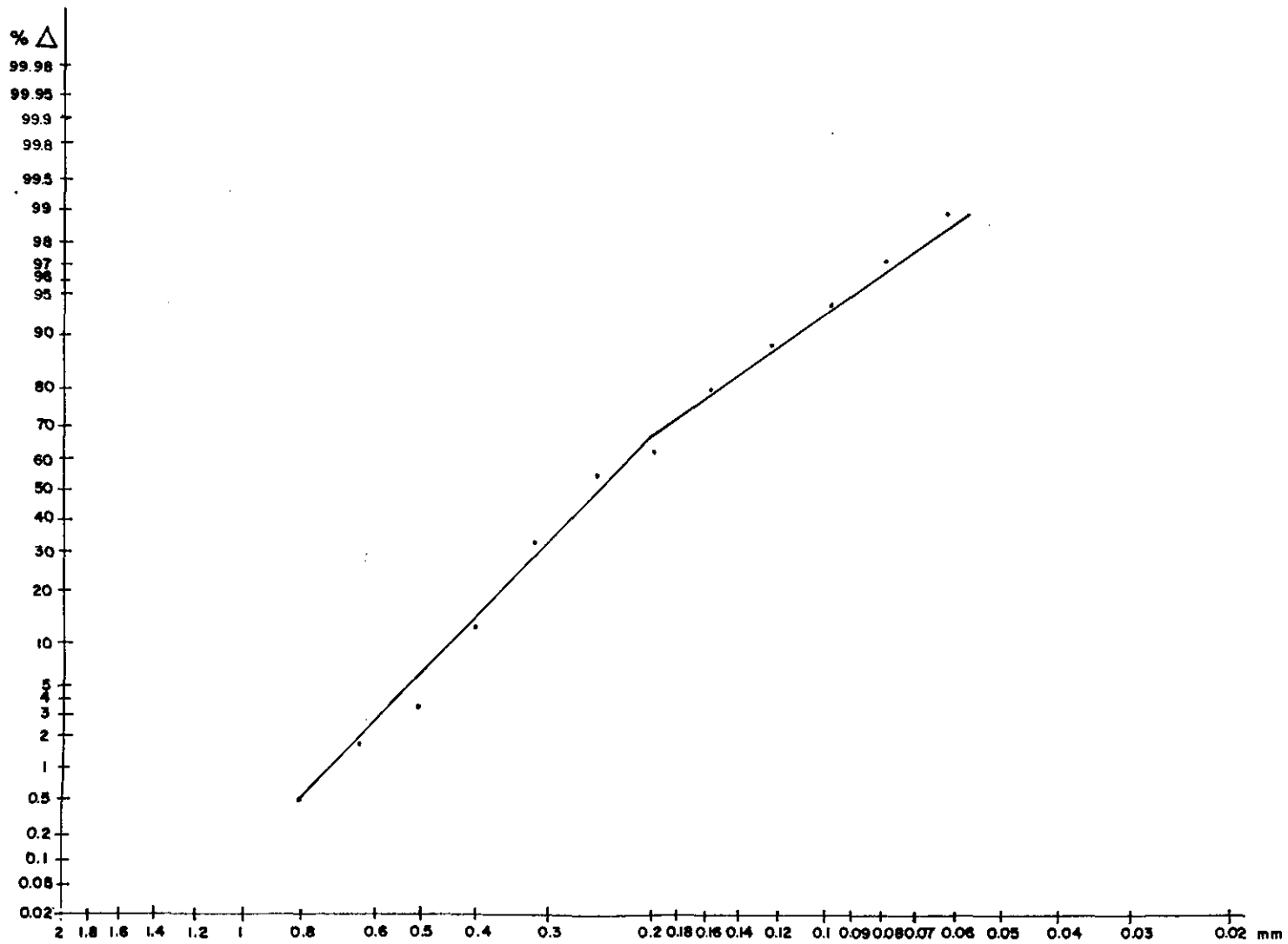


FIG. 3.7: MUESTRA 2. "Dorso de duna".

embargo, la realidad es que muchas formas de acumulación están íntimamente ligadas a las de deflación.

Así, por ejemplo, existen pequeñas cubetas de deflación de formas, generalmente, ovaladas o alargadas, a sotavento de las cuales se generan dunas de pequeñas dimensiones. Son las que hemos denominado, anteriormente, blowout dunes. Muy frecuentes en el campo de dunas no saturado cartografiado sobre la Llanura aluvial de San Juan.

También existen surcos de deflación, que se caracterizan por un prolongado eje longitudinal excavado en la dirección del viento dominante. Aparecen en posiciones morfológicas muy diversas, siendo frecuentes entre las crestas de las dunas o sobre los mantos de arena (A4).

Sin embargo, la forma de deflación más llamativa y también la de mayores dimensiones dentro de nuestro área de estudio es la cubeta ocupada actualmente por la laguna de Cerro Mesado. Como ya vimos, al hablar de esta laguna le atribuimos un origen mixto: en primer lugar, fluvial ya que se ubica sobre la llanura de inundación del Záncara; en segundo lugar, eólico. Siendo en la actualidad, el viento el que determina su existencia ya que impide la colmatación natural que sufren dichas áreas evacuando los depósitos más finos de su vaso, y por tanto, actuando como una auténtica cubeta de deflación.

- ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LAS ACUMULACIONES ARENOSAS

Como ya se comentó, no tenemos los suficientes datos de campo para poder sacar conclusiones sobre el origen y la edad de estas acumulaciones arenosas. Sin embargo, y para finalizar este apartado de las formas de origen eólico nos parece interesante recoger alguna de las ideas que Pérez González expone en su tesis.

- En primer lugar, destacar la idea del origen local del material transportado. Este autor afirma que tanto por la mineralogía de las arenas, como por el escaso grado de redondeamiento de los granos, el área fuente del material son los depósitos aluviales del sistema fluvial del Guadina, así como los depósitos pliocenos de esta parte de la Llanura manchega (superficies de erosión fundamentalmente).

- Otra idea importante es que estos paisajes eólicos son multicíclicos. Así, afirma: "las dunas parabólicas constituyen la etapa culminante o fase principal de la construcción eólica, mientras que las dunas transversas y longitudinales parecen las formas finales".

- Los vientos responsables de estas acumulaciones son multidireccionales, destacando los vientos del W, SW y NW.: "Las blowout dunes y las dunas longitudinales y transversas están formadas preferentemente por los vientos del W y SW. Sin embargo, grandes dunas parabólicas se han desarrollado a favor de los vientos del NW. Los nichos y cubetas de deflación orientan sus ejes mayores, también preferentemente en las direcciones E-W y SW-NE. Por otra parte, el juego alternativo del viento, en este sector, queda bien reflejado por la presencia ocasional de dunas reversas".

- Por último, destacar el hecho de que dichas formas de relieve no son fósiles sino que aún en la actualidad mantienen cierta actividad.

De esta forma, Pérez González tras estudiar el régimen de vientos actual y las frecuencias de la velocidad del viento concluye: "En la actualidad, los vientos son suficientes para que en la primavera y el verano, los vientos transporten limos y arcillas, transformen las crestas de las dunas, erosionen nichos y surcos de deflación, eolicen los cantos expuestos en superficie y hagan avanzar algunas de las dunas".

Este hecho, como ya comentamos, se puede comprobar en el campo ya que muchos viñedos que se ubican sobre arenas están siendo descalzados,

mientras que los que se encuentran a sotavento están siendo cubiertos por acumulaciones arenosas.

3.5. UNIDADES DE ORIGEN KARSTICO (K).

Por último, y para terminar con el capítulo de las formas de relieve, comentaremos las de origen kárstico (K).

3.5.1. Dolinas (K9).

Como tales, se han cartografiado un numeroso grupo de dolinas que se desarrollan preferentemente sobre las superficies de erosión plio-pleistocenas. En general, no son de grandes dimensiones sino que son pequeñas depresiones de fondo plano, lo que según Llopis (1970) indica la existencia de un karst de régimen pluvial.

Una aclaración que se debe realizar es que dichas dolinas aparecen cartografiadas como K9, epígrafe que en la leyenda del ITC describe a las uvalas. Sin embargo, y dado que el origen de las uvalas es la conjunción de varias dolinas, pensamos que tal epígrafe es válido también para definir a las dolinas.

Frente a la afirmación de Pérez González (1981) quien asegura que las uvalas ocupan una gran extensión superficial en la Llanura manchega, la realidad que se ha constatado en nuestro área de estudio es que la superficie ocupada por formas de depresión kárstica no es muy significativa. La causa de esta discrepancia creemos se debe al hecho de que nuestro área de estudio se encuentra en el borde más septentrional de dicha Llanura y que por tanto los espesores de las capas calizas son muy inferiores a los del centro de la Cuenca Manchega, donde las depresiones kársticas adquieren verdadero protagonismo.

Además de estar localizadas sobre las superficies de erosión, también se han cartografiado dolinas sobre las mesas calizas (S5) en el área de Miguel Esteban y en el límite de la plataforma jurásica de Campo de Criptana. También se debe recordar que al hablar del origen de algunos humedales se mencionó la influencia de la dinámica kárstica. Este sería el caso de Peña Hueca, laguna de Los Carros, Alcahozo I y II, Navalengua, etc.

Otras manifestaciones de origen kárstico no se han cartografiado por no existir un modo gráfico de hacerlo; nos estamos refiriendo a las pérdidas que sufren los ríos por infiltración de sus caudales o por parte de éstos. Así, por ejemplo, Llopis (1970) afirma que el río Záncara "está regulado por la absorción de las aguas en las zonas de pérdidas" funcionando tan sólo como colector durante las aguas altas o en los flujos excepcionales.

Otra manifestación de tipo kárstico, es la existencia de manantiales, son formas de emisión y no de absorción como las anteriores, por lo que dada la actual situación de sobreexplotación de los acuíferos podemos afirmar que no son funcionales. A pesar de ello, no queremos dejar de mencionar la importancia que han tenido algunos de estos manantiales en la génesis y caracterización de ciertos humedales, como es el caso del manantial que se ubicaba en las inmediaciones de la laguna de Alcahozo. Dicho manantial aportaba un caudal de aguas dulces a la laguna que ayudaba a mantener la lámina de agua durante más tiempo. A su vez, la mezcla de las aguas, dulces del manantial y salobres de la laguna, generaban unas condiciones de gran variedad y riqueza ecológica, fundamentalmente desde el punto de vista de la vegetación y de la fauna. Las consecuencias inmediatas de su desecación fueron: un período de estiaje más prolongado, una mayor salinidad en las aguas y el progresivo desarrollo y avance de una vegetación halófila, en detrimento de la vegetación dulceacuícola con el consiguiente empobrecimiento del medio.

SINTESIS EVOLUTIVA

La historia geológica de la comarca se inicia en el Paleozoico, exactamente en el Ordovícico inferior (Tremadociense) con unos depósitos detríticos marinos que indican el carácter transgresivo de este momento.

Bajo estas mismas condiciones, en un medio mareal a submareal se depositaron las barras de "Cuarcita Armoricana", últimos depósitos del Paleozoico dentro de nuestro área de estudio.

No existen, pues, afloramientos del resto del Paleozoico, pero regionalmente se conoce la presencia del Silúrico- Devónico y Carbonífero, siendo el hecho más destacado la existencia de la orogenia hercínica durante el Carbonífero, orogenia que plegó y deformó las series paleozoicas.

Así pues, y en discordancia sobre las series paleozoicas, ya deformadas y erosionadas, aparecen los depósitos del Triásico. Del estudio de estos depósitos se sabe que tras la orogenia hercínica se inició una fase distensiva con formación de fosas y acumulación de depósitos continentales, representados por la facies Buntsandstein; posteriormente, pasaría a depósitos de llanura mareal (Muschelkalk); y por último, el medio evolucionaría a sebkhas litorales representadas por la facies del Keuper (IGME, 1988).

Durante el Jurásico inferior (Lias) se instala una plataforma somera con evolución a "lagoon"; seguramente, este período de sedimentación proseguirá durante todo el Jurásico, aunque se desconocen tanto los depósitos del Dogger como del Malm.

Existe luego una laguna estratigráfica que abarca casi todo el Cretácico inferior, existiendo una discordancia clara entre el Jurásico y el Albense. Esta discordancia se ha explicado por la existencia de una fase de plegamiento, la orogenia Neokimérica, después de la cual se depositaron los sedimentos del Albense (Facies Utrillas).

Como ya vimos, los datos del Cretácico son dispares según los autores que han estudiado la serie. Así, por ejemplo: Fontboté y Riba (1956) reconocen una serie que abarca del Albense al Daniense; García Abbad (1978) identifica una serie desde el Albense "facies Utrillas" hasta el Campaniense.

Los hitos más importantes que queremos destacar dentro de este período son:

- La transgresión Cenomanense, con un régimen de sedimentación que continuaría hasta el Senonense.

- La nueva regresión, que comenzó a finales del Senonense y que se reconoce por la presencia de unas facies lagunares salobres de características calco-detriticas evaporíticas, que marcan inequívocamente el levantamiento de la Cordillera Ibérica y de amplias áreas de la Meseta (García Abbad, 1978).

Tras los depósitos del Cretácico existe en la Llanura manchega un vacío estratigráfico, ya que no se han reconocido los depósitos del Paleógeno, no así en la Depresión Intermedia donde se han reconocido una "Unidad detrítica inferior" (Eoceno- Oligoceno inferior); una "Unidad detrítica superior" (Oligoceno superior- Mioceno inferior) y una "Unidad terminal" (Mioceno inferior- Plioceno medio).

El límite entre estas unidades se establece por la irrupción de las principales fases de la orogenia alpina: la Castellana, entre la Unidad detrítica inferior y la Unidad detrítica superior; y la Neocastellana, entre la Unidad detrítica superior y la Unidad terminal, responsables, a su vez, de la fracturación y plegamiento de los materiales mesozoicos subyacentes.

Ya en el Neógeno superior se inician una serie de procesos distensivos que comenzaron a continuación de la fase de compresión alpina. Pérez González (1981) distingue dos etapas:

1. La más antigua, responsable de la abertura de las cuencas del Júcar y el Cabriel.

2. La más moderna o Iberomanchega I (del Plioceno), que es responsable de la abertura de la Cuenca manchega.

A la abertura de las cuencas del Júcar y el Cabriel sucede una rápida sedimentación fluvial y palustre-lacustre que va colmatando a las depresiones recién construidas. Pérez González (1981) afirma que hay una independencia evolutiva de estas cuencas con respecto a las cuencas del Mediterráneo y de las cuencas cerradas de la Depresión del Tajo y la Depresión Intermedia; aislamiento que es aplicable a la evolución de la Llanura manchega.

Así pues, la depresión de la Llanura manchega es una depresión estructural, cuya abertura definitiva se produjo por el movimiento de la fase Iberomanchega I, durante el Plioceno, que reactivó las directrices estructurales tardihercínicas transversales y longitudinales (Pérez González, 1981).

Posteriormente, se identifica una fase de karstificación que origina un relieve de corrosión que será barrido durante la construcción de la primera superficie poligénica (Cuenca del Tajo).

A esta fase sigue una de sedimentación, durante el Villafranquiense inferior, cuyos depósitos son según las áreas:

- Las series rojas de la Mesa de Ocaña (Cuenca del Tajo).
- Las calizas y margas de Minaya (Llanura manchega).
- Las areniscas y arcillas rojas de Villagordo del Júcar y las margas y calizas de Valdeganga (Cuenca del Júcar).

La fase Iberomanchega II marca el fin de la colmatación, produciendo suaves deformaciones y abombamientos.

Posteriormente, se ha identificado una nueva fase de karstificación y un nuevo proceso de aplanamiento generalizado con la formación de :

- la segunda superficie poligénica de La Alcarria.
- el glacis con costra laminar o SI de Molina en La Mancha.

Todo ello, en un medio confinado y fluvial, con un clima semiarido de carácter estacional.

Es precisamente esta costra laminar bandeada y multiacintada, la que marca según Pérez González el límite Plio-Pleistoceno, señalando el fin de la colmatación y el inicio de un nuevo ciclo donde los procesos erosivos priman sobre los deposicionales.

A este período correspondería la génesis de las superficies penetrativas o superficies superior e inferior de la Llanura manchega.

Ya en el Cuaternario, los hechos más destacados son:

- La construcción de los valles fluviales.
- La construcción de un relieve kárstico policíclico y el desarrollo de los focos endorreicos bajo un régimen pluvial mediterráneo.
- La génesis del relieve eólico, desde el Pleistoceno superior- Holoceno hasta nuestros días.

CONSIDERACIONES FINALES

Las ideas más importantes que queremos señalar de este capítulo son:

En primer lugar, volver a recalcar como ya comentamos al principio, la gran riqueza y variedad de formas de relieve que existen en nuestro área de estudio. Como factor desencadenante de esta realidad, el hecho de encontrarnos en un área de transición entre los dominios paleozoico de los Montes de

Toledo, mesozoico de la Sierra de Altomira y terciario y cuaternario de la Llanura manchega propiamente dicha. La variedad litológica y estructural de dichos dominios se va a plasmar en unas formas y estructuras de relieve muy dispares. Si a ello añadimos la importancia que adquieren en la zona los procesos pliocuaternarios como la instauración de la red de drenaje, los fenómenos de karstificación y la génesis de los depósitos eólicos obtenemos como resultado una geomorfología muy rica y alejada, desde mi punto de vista, del tópico de la monotonía de las formas de relieve y de llanura sin fin, a la que a menudo hacen referencia cuando no se conoce bien o se deja uno llevar por la primera impresión que provoca el contemplar esta interesante comarca.

En segundo lugar, destacar el hecho de que es un medio en constante evolución. Los procesos geomorfológicos, como bien han señalado Sanz Donaire y Díaz Alvarez (1993) son lentos pero inexorables. De estos procesos cabe destacar por su gran impronta en el paisaje la importancia de la acción fluvial y de la acción eólica. Esta idea ya había sido señalada con anterioridad en el capítulo dos al hablar de las clasificaciones morfoclimáticas de Wilson y Peltier. En dicho apartado se concluyó que las alteraciones mecánicas y químicas eran casi inapreciables, mientras que destacaban con valores entre máximos y máximos/moderados tanto la erosión fluvial como la eólica.

Como ya vimos, respecto a la erosión fluvial hay una serie de factores que disminuyen su capacidad erosiva. Estos factores son: la poca altitud del relieve circundante, la exigua red de drenaje y la ausencia de caudales significativos. Sin embargo, frente a lo que podríamos definir como erosión fluvial propiamente dicha, se ha constatado la gran importancia de la acción hídrica en forma de erosión laminar, formación de regueros y pequeños canales. En cuanto a su repercusión en los humedales, Díaz Alvarez (1993) en su trabajo de investigación sobre la geomorfología de una selección de humedales de la Cuenca Alta del río Guadiana, aporta datos suficientes como para poder

afirmar que la morfología actual de un gran número de cubetas responde a la impronta de este tipo de acción hídrica.

Por último, y centrándonos en el objeto de estudio de esta memoria, señalar la gran riqueza y complejidad que presentan los humedales manchegos. Sin mencionar aspectos relacionados con sus características hídricas e hidroquímicas, que ya detallaremos más adelante, y fijándonos, tan sólo, en los factores que han condicionado la génesis de sus cubetas encontramos un amplio abanico de variables: estructurales (litológicas, topográficas, tectónicas) y exógenas (dinámica fluvial y eólica principalmente) que nos permiten acercarnos al conocimiento de esta realidad, en verdad, compleja.

Como hecho fundamental no podemos dejar de hacer mención de la importancia de la interacción entre estas variables (además de la intervención de parámetros climáticos e hidrogeológicos) para explicar la existencia y características de estos variados geosistemas.

4.- MARCO EDAFICO DE LA MANCHA. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LOS HUMEDALES.

El suelo es un medio dinámico y de gran complejidad. En 1944, Kubienska lo definió como "la capa viviente de transformación de la esfera sólida terrestre, surgida bajo el influjo de la vida y de las especiales condiciones ambientales de un habitat biológico y sometida a un constante cambio estacional y a un desarrollo peculiar".

Más recientemente, Duchaufour (1975) afirma "el suelo es, en efecto, un "medio complejo", caracterizado por una atmósfera interna, un economía particular de agua, una flora y una fauna determinadas y unos elementos minerales. Pero a su vez, es un medio dinámico, ya que adquiere progresivamente sus propiedades por la acción combinada de los factores del medio ...".

De estas descripciones, se puede concluir que las principales variables que influyen en la formación de un suelo son: la litología, el clima, la vegetación, la topografía y el tiempo de evolución.

En nuestra área de estudio, existe una gran diversidad de suelos. Este hecho, dado que nos encontramos en una región de ámbito subárido, cuyo clima condiciona una evolución muy lenta del suelo, junto a la inexistencia de diferencias topográficas que permitan una evolución catenaria más desarrollada, se explica fundamentalmente por la gran variabilidad litológica de la zona.

Dada la gran complejidad que supondría un cartografía exhaustiva de todos los suelos de la comarca, en todos los estudios existentes, los edafólogos han optado por la definición de zonas edáficas o agroedáficas. Estas se definen como "un conjunto de suelos con características básicas similares y con una utilización agrícola común" (Carlevaris et al., 1992).

Estas zonas se correlacionan, más o menos, con las unidades estructurales y litológicas. De aquí, que dichos autores describan los suelos partiendo de los distintos materiales que los originan y por orden cronológico, de mayor a menor antigüedad, relacionándolos con la época geológica en que se formaron o depositaron los materiales originales.

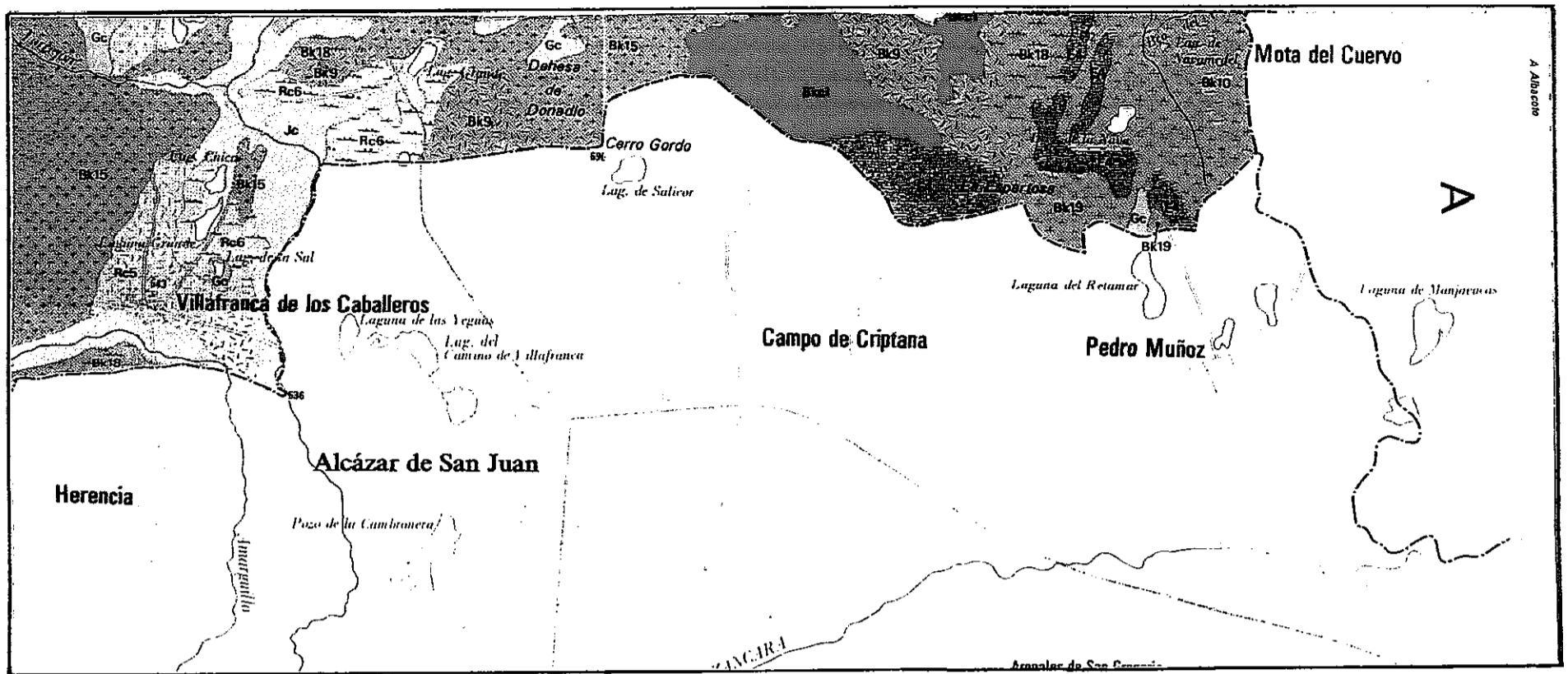
La cartografía que aquí se presenta ha sido obtenida de dos estudios, desde nuestro punto de vista, básicos para el conocimiento edáfico de La Mancha:

- "Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo"

Monturiol et al. (1984). MAPA 4.1.

- "La fertilidad de los principales suelos agrícolas de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real. La Mancha y Campo de Montiel" J.J.Carlevaris et al. (1992). MAPA 4.2.

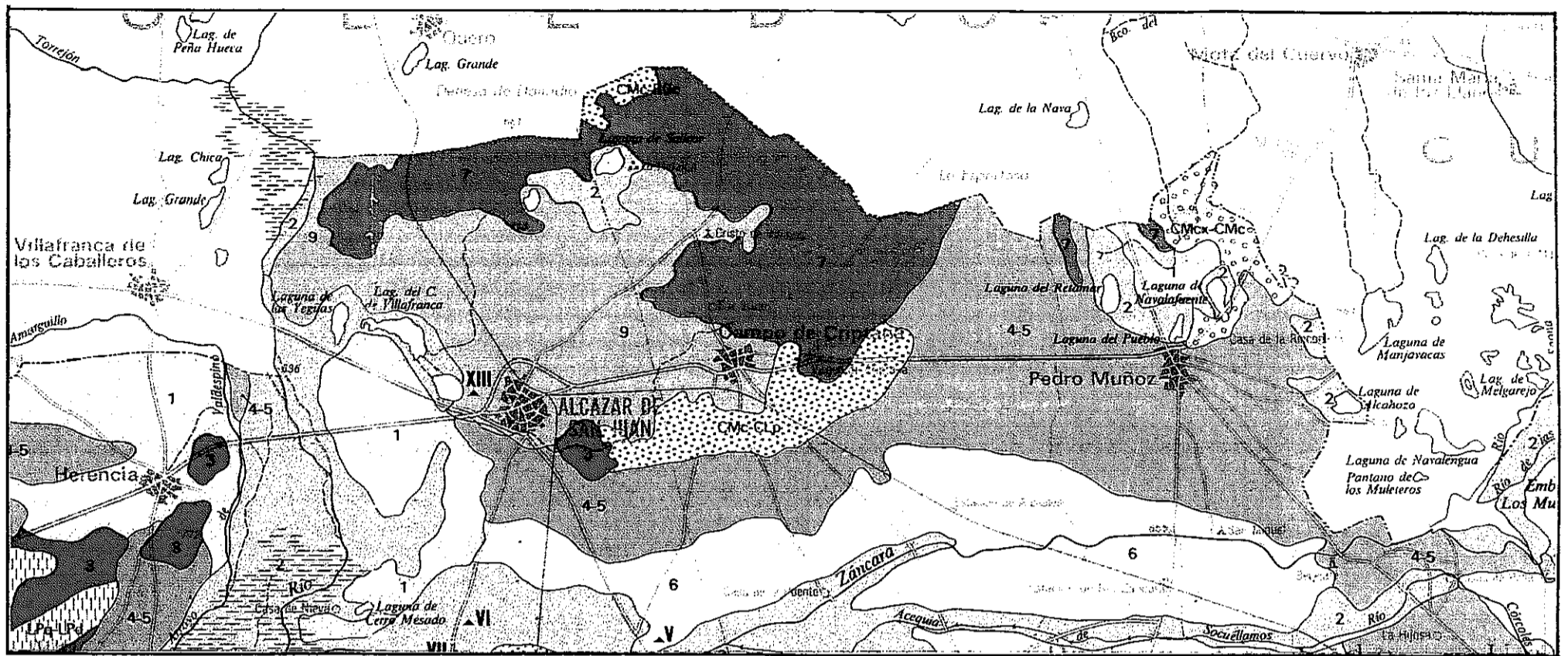
En ambos la clasificación de los suelos utilizada es la de la FAO. Sin embargo, difieren en algunos términos, ya que la nomenclatura utilizada en el primer estudio responde a la clasificación de la FAO (1974), y en el segundo a la de la FAO (1989).



FLUVISOLES (J)		RANKER (U)		CAMBISOLES (B)		LUVISOLES (L)	
Je	Je.Re Sedimentos aluviales y aluviocoluviales recientes	U1	Ux.Id;Bd Granito	B2	Bk.Rc Sedimentos detríticos limo-arenosos carbonatados	L1	Lo.Bk Arcosas carbonatadas
Jc	Jc.Rc;Zg Sedimentos aluviales y aluviocoluviales recientes	U2	Ux.Id Pizarras y cuarcitas ó areniscas	B3	Bk.Rc Terrazas fluviales	L2	Lo.Bv Arcosas carbonatadas
Jd	Jd.Rd Sedimentos aluviales y aluviocoluviales recientes	U3	Ux.Bd;Id Gneis	B4	Bk.Rc Margas y calizas	L3	Lo.Lk;Be Arcosas
GLEYSOLES (G)		U4	Ux.Bd Coluvial areno-arcillo-pedregoso y gneis	B5	Bk.Rc Calizas, pizarras y areniscas	L4	Lk.Bk;Bg Arcosas carbonatadas
Gc	Gc.Zm Sedimentos arcillo-limosos salobres	U5	U.Ao Pizarras y cuarcitas ó areniscas	B6	Bk.Rc;Ex Arcosas carbonatadas	L5	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
Gd	Gd.Bg;Rd Arenas silíceas y arcillas	CAMBISOLES (B)		B7	Bk.Rc;Ex Margas yesíferas, arcillas y yesos	L6	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
REGOSOLES (R)		B8	Be.Re Coluvial de granito y gneis sobre caliza cristalina	B9	Bk.Ex Calizas	L7	Lk.Bk;Bg Arcosas carbonatadas
R1	Re.Bv;Ex Arcillas, margas yesíferas y yesos	B9	Be.Bg;Ex Arenas y arcosas carbonatadas	B10	Bk.Ex Sedimentos detríticos arcillo-arenosos carbonatados con costras calizas	L8	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R2	Re.Bv Arcillas	B10	Be.Bk;Ux Granito carbonatado	B11	Bk.Bc;Rc Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas carbonatadas	L9	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R3	Re.Bk Arenas y arcosas carbonatadas	B11	Be.Bk;Ux Gneis carbonatado	B12	Bk.Bc;Lk Pizarras carbonatadas	L10	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R4	Re.Lo Arcillas y arcosas	B12	Be.Rc;Bk Arenas y arcosas carbonatadas	B13	Bk.Lk;Ex Arcosas carbonatadas	L11	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R5	Rc.Ex Coluvial margoyesoso	B13	Bd.Ux;Id Gneis	B14	Bk.Bk;Ux;Ex;Lc Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas y granitos carbonatados	L12	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R6	Rc.Ex Margas y calizas	B14	Bd.Ux;Id Granito	B15	Bk.Rc Sedimentos detríticos areno-pedregosos carbonatados	L13	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R7	Rc Sedimentos aluvio-coluviales antropizados	B15	Bd.Ux;Id Pizarras y cuarcitas ó areniscas	B16	Bk.Ex Granito carbonatado (áreas pedregosas)	L14	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R8	Rc.Bk Coluvial arenoso carbonatado	B16	Bd.Rd Arcosas	B17	Bk.Ex Gneis carbonatado	L15	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R9	Rc.Bk;Gc Sedimentos aluviocoluviales limo-arcillosos algo yesíferos	B17	Bd.Rd Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas	B18	Bk Sedimentos detríticos arcillo-arenosos carbonatados sobre calizas	L16	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R10	Rc.Bk Arcillas y margas yesíferas	B18	Bd.Rd Rafias destruidas (rañizo)	B19	Bk Margas, areniscas, calizas y conglomerados	L17	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R11	Rc.Bk;Ex Terrazas destruidas sobre margas yesíferas y yesos	B19	Bd.Rd;Bg Terrazas destruidas sobre arenas silíceas y arcillas	B20	Bv.Lv Arcillas	L18	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R12	Rc.Bk Arenas, areniscas y conglomerados	B20	Bd.Lk;Be Arcosas	B21	Bk;Ux;Ex;Lc Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas y granitos carbonatados	L19	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R13	Rc.Bk Sedimentos detríticos con gravas sobre margas yesíferas, yesos y calizas	B21	Bd;Ux Granito	B22	Bk.Ex Granito carbonatado (áreas pedregosas)	L20	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R14	Rc.Bk Terrazas destruidas sobre arcosas carbonatadas	B22	Bd;Ux Pizarra	B23	Bk.Ex Gneis carbonatado	L21	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R15	Rd.Rc;Je Sedimentos coluvio-aluviales de arcosas	B23	Bd;Ux Pizarra	B24	Bk Sedimentos detríticos arcillo-arenosos carbonatados sobre calizas	L22	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R16	Rd Arcosas	B24	Bd.Rd Coluvial arcillo-pedregoso	B25	Bk Margas, areniscas, calizas y conglomerados	L23	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R17	Rd.Oa;Lo Arenas y arcosas	B25	Bd.Bh;Lc Coluvial arcillo-pedregoso	B26	Bk;Ux;Ex;Lc Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas y granitos carbonatados	L24	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R18	Rd.Bd Terrazas arcóscas	B26	Bh.U;Bd;Lo.Ao Pizarras y cuarcitas ó areniscas	B27	Bk.Rc Sedimentos detríticos areno-pedregosos carbonatados	L25	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
R19	Rd.Bd Arenas silíceas y arcillas	B27	Bh;U;Id Gneis	B28	Bk.Ex Granito carbonatado (áreas pedregosas)	L26	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
RENSINAS (E)		B28	Bh;U Pizarras y cuarcitas ó areniscas	B29	Bk.Ex Gneis carbonatado	L27	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
E1	Ex.Rc;Lc Yesos y margas yesíferas	B29	Bg.Lo Arcosas	B30	Bk Sedimentos detríticos arcillo-arenosos carbonatados sobre calizas	L28	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
E2	Ex.Rc;Bk Yesos y coluvial de calizas y margas	B30	Bg.Lg;We Rafias	B31	Bk Margas, areniscas, calizas y conglomerados	L29	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
E3	Ex.Bk Areniscas, conglomerados y niveles de margas	B31	Bk.Lk;Rc Coluvial de arcosas y arcillas carbonatadas	B32	Bk;Ux;Ex;Lc Coluvial arcillo-pedregoso sobre arcosas y granitos carbonatados	L30	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas
E4	Eo.Bk;Lc.Lc Calizas y niveles de margas	B32	Bk.Rc Margas yesíferas y niveles de yesos	B33	Bk.Ex Gneis carbonatado	L31	Lk.Bk;Ex Margas, calizas y sepiolitas

MAPA 4.1
SUELOS DE LA PROVINCIA DE TOLEDO
(Area de estudio) Escala: 1/200.000

Fuente: "Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo". S. Monturiol & al (1984).



LEYENDA

UNIDADES CARTOGRAFICAS

REGOSILES (RG)

- RGc-LPk
- RGc-CMd
- RGc

LEPTOSILES (LP)

- LPd-CMd
- LPu-CMd
- LPq-LPd
- LPq-ACf

CAMBILOS (CM)

- CMe-LPd
- CMe-CLp
- CMd
- CMd-LPq
- CMd-LPd
- CMd-RGe
- CMd-ACf
- CMc-CLp
- CMc-RGc
- CMc-ARc
- CMcx-RGc
- CMcx-CMc

LUVISOLES (LV)

- LVh-CMc
- LVx
- LVkx-CMcx

PLANSOLES (PL)

- PLd-CMd

ACRISOLES (AC)

- ACf-ACH

ANTHROSOLES (AT)

- ATc

LEYENDA

UNIDADES AGROEDAFICAS

- 1 RGc: CLh, FLc. CLp
- 2 SCm, KSk; FLc. RGc. CLp
- 3 LVx, CMx; LVkx, CMe
- 4-5 CLp, CMcx; RGc, LVkx
- 6 ARc, ARa
- 7 CMcx, RGc; LVkx, KSI
- 8 LVkx, VRe; LVv, RGc, SCg
- 9 CMcx, RGc; RGe, CMx
- 10 FLc, RGc
- 11 LVkx; CMcx, RGc
- 12 CMe, CMx; LVh, LPd, RGd

MAPA 4.2
SUELOS DE LA PROVINCIA DE CIUDAD REAL
 (Area de estudio) Escala: 1/200.000

Fuente: "La fertilidad de los principales suelos agrícolas de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real, La Mancha y Campo de Montiel".
 J.J. Carlevaris & al (1992)

Así pues, el objetivo, en este capítulo, será, partiendo de los datos de los estudios ya mencionados, describir las grandes unidades edafológicas que forman el área de estudio, formando así un marco de referencia a las catenas realizadas por mí en los humedales, objeto principal de esta tesis.

Por último, queda señalar que la descripción realizada no se ha basado en las unidades agroedáficas, aunque en algunas ocasiones puedan coincidir con éstas, sino en unidades paisajísticas o espaciales, ya que las primeras nos parecían excesivamente determinadas por la geología y las segundas nos parecen más geográficas.

De esta forma, y siguiendo criterios principalmente geomorfológico-paisajísticos, distinguimos las siguientes unidades:

4.1. SUELOS SOBRE LOS CERROS O MONTES ISLAS PALEOZOICOS

Dichos cerros, como ya vimos en el capítulo 3 (Marco geomorfológico de La Mancha), son las estribaciones más orientales de los Montes de Toledo. Están constituidos por pizarras y cuarcitas que datan del Paleozoico (Silúrico y Ordovícico) fundamentalmente.

Los suelos que se han desarrollado en las partes culminantes de estos relieves se definen como Ranker o como Leptosoles, según las diversas fuentes. Frente a éstos, en las laderas y zonas de piedemonte, se describen suelos del tipo Luvisol y Cambisol, los cuales se han desarrollado sobre los sedimentos detríticos pedregosos, de matriz limo-arcillosa, que constituyen los coluviones o depósitos de ladera, de edad pleistoceno inferior-medio.

En cuanto a los primeros suelos citados, Ranker o Leptosol, lo primero que debemos señalar, es que la diferente nomenclatura se debe, tan sólo, a la utilización de diferentes clasificaciones (FAO, 1974 y FAO, 1989) ya que, las características de ambos suelos son casi idénticas.

Ranker (U) se denominan "los suelos que están formados a partir de materiales silíceos y que sólo presentan un horizonte superficial más bien oscuro". Este horizonte superficial (A), tiene una saturación baja en bases, es ácido, y con un contenido de materia orgánica entre el 2 y el 5%. Se asienta sobre materiales silíceos consolidados como pizarras, cuarcitas y areniscas y algunas veces sobre materiales no consolidados como coluviones silíceo-pedregosos.

A su vez, los Leptosoles (LP) se definen como "suelos limitados en profundidad por una roca continua o por una capa cementada dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie". Su perfil tipo es A R. Dentro de los Leptosoles se describen dos tipos: Leptosol dístico (LPd) y Leptosol lítico (LPq), ambos con un horizonte A ócrico sobre la roca madre (el primero carece de roca madre en sus 10 primeros cm y el segundo, se caracteriza por la presencia de dicha roca madre en los 10 cm primeros).

En la clasificación americana, estos suelos Ranker o Leptosoles, son asimilables al gran grupo Xerorthent de los Entisoles.

Junto a éstos, en los depósitos de piedemonte formados, como acabamos de comentar, por: "cantos de cuarcitas empastados en una matriz de arenas y limos-arcillosos, de fuertes tonalidades rojizas y con carbonataciones secundarias" J.J.Carlevaris et al. (1992) se describen suelos del tipo Luvisol y Cambisol.

Los Luvisoles (LV) son suelos evolucionados, con un perfil tipo A Bt R. El horizonte de diagnóstico es el B argílico o de acumulación de arcilla. Que se presenta, generalmente debajo de un horizonte superficial A ócrico, con bajo contenido en materia orgánica. Dentro de los Luvisoles se ha descrito el tipo Luvisol crómico (LVx), con un perfil A Bt R; y que se distingue de otros luvisoles, tan sólo, en la coloración del horizonte B, de color pardo fuerte a rojo.

En la clasificación americana dicho suelo es equivalente a los Alfisoles, del suborden Xeralf.

Junto a este suelo, se ha descrito como principal el Cambisol crómico (CMx). Los Cambisoles (CM), son los suelos más abundantes y característicos de La Mancha. Se caracterizan por la presencia de un horizonte de diagnóstico B cámbico. Dicho horizonte se forma por la alteración "in situ" de los minerales de la roca o de los materiales de partida. Esta alteración se manifiesta en el contenido de arcilla, en el cambio de coloración, en la estructura, etc. El perfil tipo es un A Bw C. Las características del Cambisol crómico (CMx) son un horizonte superficial A ócrico, con saturación en bases del 50% o más entre los 20-50 cm, pero que no es calcáreo. Y un B cámbico de color pardo fuerte a rojo.

Como se puede observar, en este suelo se aprecia un grado de carbonatación secundario, nunca suficiente como para ser definido un horizonte calcárico o calcárico-crómico.

Sin embargo, en la provincia de Toledo, se han cartografiado en estas zonas de piedemonte Cambisoles cálcico-crómicos (CMcx), es decir, suelos con un horizonte A ócrico , y calcáreo entre los 20 y 50 cm, y que difiere del cambisol cálcico en el color del horizonte B, que es de un color más fuerte (pardo fuerte a rojo).

El hecho de que en Ciudad Real se hayan descrito los suelos como Cambisoles crómicos, y en Toledo como Cambisoles cálcico-crómicos tiene una fácil explicación. Como ya se ha comentado, estos depósitos se localizan en las laderas de las sierras cuarcíticas y enlazan de forma suave con los sedimentos fundamentalmente calizos de la llanura. En las zonas alta y media de las laderas, los depósitos coluviales tienen un gran espesor, hasta 2 m; sin embargo, en las zonas más bajas, y en contacto con las calizas de la llanura, los depósitos disminuyen su espesor, de forma que los carbonatos de los sedimentos terciarios ascienden, haciendo que el contenido en carbonatos sea suficiente como para poder describir dichos suelos como cálcico-crómicos.

Así pues, se puede concluir que existen los dos tipos de suelos: el cambisol crómico en la parte alta y media de las laderas y el cambisol cálcico-crómico en la parte basal de éstas.

Ambos suelos son equivalentes a los Inceptisoles de la Soil Taxonomy, del suborden Ochrept.

4.2. SUELOS DESARROLLADOS EN LAS CUESTAS TRIASICAS

En esta ocasión, la unidad paisajística coincide con la litológica, ya que el relieve de cuestas (alternancia de frentes y dorsos) se ha definido casi exclusivamente en el afloramiento triásico.

Dicho afloramiento tiene su centro geográfico en Alcázar de San Juan, se desarrolla desde Campo de Criptana por el E., hasta Quero y Villafranca de los Caballeros (Toledo) por el N-NW. El afloramiento se encuentra dividido por la llanura aluvial del río Gigüela. En el Triásico se encuentran "las areniscas, arcillas y aleuritas de color rojo vinoso propias del Buntsandstein, y las margas irisadas, arcillas abigarradas y yesos del Keuper" Carlevaris et al. (1992).

Los suelos que se han desarrollado sobre estas litologías han sido descritos como Regosoles y Cambisoles. El hecho de encontrar un suelo regosol o un cambisol va a depender fundamentalmente de la localización topográfica. En las zonas de topografía más accidentada (frentes), predominan las litologías duras (areniscas del Buntsandstein) y sobre éstas se desarrollan suelos del tipo Regosol. Mientras, en las zonas más llanas y menos expuestas a la erosión (dorsos), sobre materiales fundamentalmente del Keuper, se describen suelos del tipo Cambisol.

En general, se pueden describir los Regosoles (RG) como suelos muy poco evolucionados, con escaso desarrollo genético. Su perfil tipo sería A C, con un horizonte A ócrico, de poco espesor y escaso contenido en materia orgánica. Existe en el área un predominio de los Regosoles calcáricos (RGc),

suelos con carbonato cálcico en todo su perfil. Pero también hay Regosoles éutricos (RGe), definidos como inclusiones y formados a partir de arcillas o sedimentos de areniscas, que tienen alta saturación en bases pero que no son calcáreos.

En la clasificación americana estos suelos serían clasificados como Entisoles y pertenecerían al gran grupo Xerorthent.

Frente a éstos, los Cambisoles (CM), como ya se ha comentado, se caracterizan por la presencia de un horizonte de diagnóstico B cámbico. El perfil tipo será, pues, A Bw C. Dentro de éstos predomina el Cambisol calcárico-crómico (CMcx), es un cambisol igual a los calcáricos, es decir, con un horizonte superficial A ócrico, y calcárico entre los 20 y 50 primeros cm, que carece de propiedades vérticas y gleicas en los 100 cm primeros, pero que difiere en el color pardo fuerte a rojo de su horizonte B.

También, como inclusión se describe el Cambisol crómico (CMx), que presenta un A ócrico, con una tasa de saturación del 50% o más entre los 20-50 cm, pero que no es calcáreo. Se caracteriza, a su vez, por un B cámbico de color pardo fuerte a rojo.

Dentro de la clasificación americana, los cambisoles calcáricos se clasificarían como Inceptisoles: calcixerochrept o calcixerollic xerochrept.

4.3. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE LA PLATAFORMA DE CAMPO DE CRIPTANA

De nuevo aquí, una unidad geomorfológico-espacial se corresponde con una unidad litológica y estructural, la de las calizas y dolomías jurásicas.

Aunque en la zona existen otros pequeños afloramientos de estas calizas, todas ellas forman parte de las estribaciones más meridionales de la S^a de Altomira. Desde el punto de vista estructural, su desarrollo en una plataforma suavemente ondulada, contrasta drásticamente con la estructura fuertemente

plegada de los otros afloramientos (anticlinales con los que limita por el NE) dando así lugar a una unidad claramente diferenciada. Esta unidad se extiende al N. del núcleo de población de Campo de Criptana, limitando al W. con el afloramiento triásico de Alcázar de San Juan, al N. con los depósitos neógenos de Miguel Esteban y al E. con los ya mencionados anticlinales mesozoicos de la S^a de Altomira.

Litológicamente la plataforma de Campo de Criptana está compuesta por gruesas bancadas de calizas detríticas que yacen sobre un banco de calizas dolomíticas.

Los suelos que se han desarrollado sobre estos materiales han sido descritos como Rendsinas (FAO, 1974) y como Cambisoles y Regosoles (FAO, 1989).

Las Rendsinas (E) son suelos formados sobre materiales calizos, fundamentalmente sobre calizas duras, aunque puede existir una gran variabilidad de material. Se caracterizan por un horizonte superficial A, poco profundo, de color oscuro, con pH elevado, rico en carbonato cálcico y en materia orgánica. Generalmente descansa sobre el C calizo, aunque en ocasiones se puede distinguir un incipiente B.

En la clasificación americana estos suelos equivalen a los suelos Mollisol del suborden Rendoll.

En cuanto a los Regosoles y Cambisoles, como ya vimos en la unidad anterior, alternarán según la localización topográfica. En aquellas zonas con relieve más abrupto, con afloramientos de roca caliza casi en superficie, se describirán suelos del tipo Regosol, mientras que los Cambisoles, suelos algo más evolucionados, se describirán en zonas de topografía suave a ondulada, donde el material original se puede ir alterando "in situ", formando el horizonte B cámbico que caracteriza a los cambisoles. A su vez, y al igual que en la unidad anterior, los suelos principales que aquí se describen son los Regosoles calcáricos (RGc) y los Cambisoles calcárico-crómicos (CMcx).

4.4. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE LOS ANTICLINALES Y SINCLINALES DE LA Sª DE ALTOMIRA

Como recordamos, al N. de nuestro área de estudio, se encuentran las estribaciones más meridionales de la Sª de Altomira. Es una unidad estructural, que se manifiesta en la sucesión de anticlinales y sinclinales, con una orientación N-S fundamentalmente.

Los anticlinales están muy erosionados presentando, en la mayoría de los casos, una morfología de anticlinales desventrados, en cuyo eje aparecen las calizas y calizas margosas del Jurásico. Se completan estos anticlinales con diversas orlas de material cretácico, siendo las más frecuentes las de las arenas, areniscas, margas y arcillas de la facies "Utrillas" y unas arcillas y margas del Cretácico superior.

Frente a esto, los sinclinales aparecen cubiertos por materiales, fundamentalmente, del Paleógeno, entre los que destacan las arenas, margas, conglomerados, calizas y yesos.

Los suelos que se han desarrollado sobre esta unidad difieren muy poco de los desarrollados en la unidad anterior. Así pues, se describen Rendsinas y Regosoles sobre los anticlinales (áreas de relieve más abrupto) y Cambisoles en los sinclinales, siendo los más representativos los Cambisoles cálcicos y cálcico-crómicos.

4.5. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE PLATAFORMAS CALCAREAS TERCIARIAS

Bajo la denominación de plataformas calcáreas hemos incluido dos tipos de unidades. Por un lado las mesas, unidad estructural cartografiada como (S5) en el mapa geomorfológico; y por otro, las superficies de erosión o penillanuras, unidades de origen denudativo cartografiadas como (D5).

Son pues, unidades de distinto origen, pero que paisajísticamente y edafológicamente son casi idénticas.

Las mesas, como ya vimos en el capítulo 3, se localizan fundamentalmente en la zona norte y noroeste de nuestro área de estudio. Las mejor conservadas son las septentrionales, como es el caso de la mesa que se extiende al S. de Miguel Esteban y que limita por el SE. con la plataforma de Campo de Criptana, o como es el caso de las mesas que bordean la laguna Grande de Quero, que se desarrollan hacia el N., fuera ya de nuestro área de estudio.

Litológicamente, las superficies culminantes de dichas mesas están formadas por unas "calizas blancas muy puras, porosas, fisuradas y karstificadas" Niñerola Pla et al (1976), que se depositaron en un ambiente lacustre. Son las comúnmente denominadas "calizas del páramo" datadas según Diez Molina (1978) del Mioceno inferior al Plioceno medio.

En cuanto a las superficies de erosión, tienen su mayor desarrollo al S. del río Záncara, fuera ya de nuestro área de estudio, ocupando gran parte de los términos municipales de Socuéllamos, Tomelloso, Villarta y Arenas de San Juan.

Sin embargo, también en nuestra zona de estudio, es decir, al N. del río Záncara, se encuentra una extensa zona cubierta por dichas superficies que se extienden entre los municipios de Pedro Muñoz y Alcázar de San Juan. La superficie superior fue elaborada en el Plioceno superior, y la superficie inferior, débilmente encajada en la anterior, está datada del Plio-Pleistoceno. Ambas superficies están fosilizadas por unas "costras calcáreas" o "caliches", que son las que dan esa semejanza paisajística con las calizas antes mencionadas.

Los suelos que se han desarrollado sobre estas calizas son fundamentalmente Calcisoles pétricos (CLp) y asociados a éstos Cambisoles calcárico-crómicos (CMcx). Ambos suelos presentan un perfil tipo Ap Bw Ck, donde el horizonte superficial Ap aparece normalmente mezclado con el horizonte

subsuperficial Bw a causa del continuo laboreo. Dichos horizontes suelen descansar, en contacto brusco, sobre el horizonte Ck constituido por la costra calcárea o por la caliza propiamente dicha.

En la clasificación americana estos suelos son equivalentes a los Inceptisoles, del suborden Ochrept y gran grupo Xerochrept o Calcixerochrept.

4.6. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE EL GLACIS DE ACUMULACION DE CAMPO DE CRIPTANA

Es una unidad geomorfológica y paisajísticamente bien diferenciada, aunque edáficamente es muy semejante a la unidad anterior (plataformas calcáreas terciarias).

Datado con una edad plio-pleistocena, dicho glacis se desarrolla entre los municipios de Alcázar de San Juan y Campo de Criptana. Está labrado sobre sedimentos triásicos y es la forma de enlace entre la plataforma jurásica de Campo de Criptana y las superficies de erosión plio-pleistocenas. Este glacis de acumulación tiene una cobertera poco potente y presenta como techo una costra calcárea laminar muy gruesa, lo que impide un buen aprovechamiento agrícola.

Los suelos que se desarrollan sobre este glacis son muy similares a los descritos sobre las superficies de erosión, aunque aquí el espesor de los suelos es mucho menor. Estos suelos son del tipo Cambisol calcárico (CMc) y Calcisol pétrico (CLp) que, como ya se ha visto, se definen por la presencia de un horizonte A ócrico, un B cámbico de muy poco espesor, en contacto con un horizonte petrocálcico que es la costra calcárea.

4.7. SUELOS DESARROLLADOS SOBRE SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL

Bajo el epígrafe de sedimentos de origen fluvial se van a incluir depósitos de distintas edades:

- Materiales aluviales antiguos, de edad pliocena.
- Llanuras aluviales más recientes, de edad pleistoceno superior-holoceno.

Aunque estos depósitos pueden formar una unidad desde el punto de vista geológico y topográfico, en el aspecto edáfico, dado su diferente tiempo de evolución, es imprescindible distinguir, entre los suelos desarrollados sobre los depósitos más antiguos (Pliocenos) y los suelos desarrollados sobre los depósitos más recientes (Pleistoceno superior-Holoceno).

Los sedimentos más antiguos están formados "por margas, arcillas y margas arenosas, localmente con yesos, cuya serie culmina con arenas y areniscas de color amarillento de unos 50 cm de potencia" (Carlevaris et al., 1992). Se localizan, principalmente, en la margen derecha del río Gigüela y se extienden hasta el pie de las sierras paleozoicas.

Estos sedimentos son el material de partida de los suelos agrupados por Carlevaris et al. en la U.A.Nº 1 (Ver mapa 4.2.). En dicho mapa, aparece también cartografiado bajo esta unidad, el área situada en la orilla izquierda del río Gigüela, entre la llanura aluvial de dicho río y el núcleo de Alcázar de San Juan. Sin embargo, nosotros tras la realización del análisis de fotointerpretación y del reconocimiento de campo, no estamos de acuerdo en identificar estos depósitos con los de la orilla derecha.

Las principales diferencias encontradas entre los depósitos de una orilla y otra son:

- Frente a la orilla derecha donde los depósitos descritos forman extensas planicies, en la orilla izquierda se identifica un relieve, una pequeña colina, aislada por el encajamiento de la red fluvial actual.

- Frente a los depósitos de margas y areniscas de color amarillento encontradas en la orilla derecha, en la orilla izquierda, junto a la carretera de Herencia - Alcázar, se ha localizado un corte. Aquí, se han identificado los siguientes horizontes:

. Horizonte Ap, horizonte superficial, bastante arcilloso, de tonalidades muy rojas.

. Horizonte Bk, horizonte enriquecido con carbonato cálcico cementado.

. Horizonte II B, arcilla roja muy alterada. (Esta arcilla proviene de la alteración de las pizarras de las laderas de los cerros cuarcíticos del S. de Alcázar).

. En la base, cantos de cuarcitas empastados en arcillas muy rojizas, cantos muy angulosos. (Son depósitos coluviales procedentes de los cerros cuarcíticos).

Así pues, vemos que existen diferencias suficientemente significativas como para no identificar este suelo con los desarrollados sobre las margas y areniscas de la orilla derecha.

Seguramente, ambos depósitos datan del Plioceno. Sin embargo, el estar al pie de las sierras cuarcíticas y sobre todo el haber sido aislado por la red fluvial han sido los hechos desencadenantes de esta clara diferenciación entre los depósitos de una orilla y otra.

Así pues, los depósitos de margas y areniscas sobre los que se han desarrollado los suelos de la U.A.Nº 1 quedan limitados, desde nuestro punto de vista, exclusivamente a la orilla derecha del río Gigüela, extendiéndose desde el Arroyo del Brocal del Palo (al S. de Las Labores) por el S., hasta la Cañada de Torrejón (al S. de la laguna de Peña Hueca) en Toledo por el N. Por el W. estos depósitos están limitados por los relieves cuarcíticos de origen

paleozoico en Ciudad Real y por el afloramiento granítico de Camuñas en Toledo.

Los suelos "climax" que se han desarrollado sobre estos depósitos han sido descritos como Cambisoles cálcicos (BK 15) en la provincia de Toledo. Sin embargo, en la nueva nomenclatura de la FAO (1989), aparecen descritos como Calcisoles. Dichos suelos se definen por tener una o más de las siguientes características: "Un horizonte cálcico, un horizonte petrocálcico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda dentro de los primeros 125 cm". Presentan como horizonte de diagnóstico un A ócrico y un B cámbico o árgico impregnado de carbonato cálcico.

Sin embargo, estos suelos tan sólo aparecen descritos como inclusiones, ya que la prolongada actividad agrícola ha causado la erosión y práctica desaparición del horizonte Bw, quedando un perfil del tipo Ap C. Donde el horizonte Ap será un horizonte superficial, ócrico, muy alterado por el laboreo y el C serán las margas y limos fluviales que presentan acumulaciones de carbonato cálcico. Estos suelos se describen como Regosoles calcáricos (RGc), y son actualmente los suelos más representativos de los desarrollados sobre los depósitos aluviales antiguos.

Dichos suelos equivalen a los Entisoles, del suborden Orthent, gran grupo Xerorthent de la clasificación americana.

Por otro lado, y como ya vimos en el capítulo 3 (El marco morfológico de La Mancha) dentro de los depósitos aluviales más recientes se pueden, a su vez, distinguir varios depósitos, que de mayor a menor antigüedad son:

- "Llanura aluvial de San Juan"

Extensa llanura aluvial del Záncara, que se extiende desde Socuéllamos, por el E., hasta la confluencia del Záncara con el Viejo Guadiana por el W. Esta llanura "está formada por una delgada capa de aluviones transportados por las

antiguas redes del sistema fluvial del río Guadiana" (Pérez González, 1981). Estos aluviones están compuestos fundamentalmente de un fondo arenoso y limoso donde se encuentran esporádicos cantos poligénicos, fundamentalmente calizos. Por su industria lítica, Pérez González la ha datado del Pleistoceno superior.

- "Llanura de inundación del Gigüela"

Esta llanura de inundación se extiende desde la confluencia del Riánsares con el Gigüela por el N., hasta el encuentro de éste con el Zancara por el S. Fue originada por los desbordamientos de los cauces en épocas más lluviosas, generando unos depósitos denominados "de playa" o "playa-lake". La característica esencial de estos depósitos es su salinidad, ya que las aguas del río Gigüela vienen cargadas de sales, fundamentalmente sulfatos (Octavio de Toledo et al. 1976, dan cifras de hasta 3 gr/l de TDS, de los cuales 2 gr/l serían sulfatos). Su edad ha sido datada a su vez del Pleistoceno superior-Holoceno.

Los suelos que se han desarrollado sobre estos depósitos han sido clasificados fundamentalmente como Fluvisoles por Monturiol et al. (1984), mencionando tan sólo como inclusiones los Solonchaks; mientras que Carlevaris et al. (1992) clasifican como principales a los Solonchaks y como inclusiones a los Fluvisoles.

Aparecen cartografiados como Fluvisoles calcáricos los suelos desarrollados en el valle del Amarguillo y sobre la llanura de inundación de los ríos Gigüela y Riánsares. Son suelos poco evolucionados, con buena permeabilidad, de textura franco-arenosa a franco-limosa. Caracterizándose los calcáricos por un pH alto, alta saturación en bases, y por ser calizos en todo su perfil.

En la clasificación americana estos suelos equivaldrían a los Entisoles del suborden Fluvent.

La presencia de suelos Solonchaks, como acabamos de comentar, se menciona tan sólo por Monturiol et al. como inclusiones dentro de los fluvisoles. Distinguen dos tipos: el Solonchak móllico, cuyo rasgo determinante, además de la salinidad, es la presencia de un horizonte A móllico, con un porcentaje de materia orgánica superior al 2% . Y el Solonchak gleyco cuyo rasgo fundamental, además de la salinidad, es la hidromorfía.

Estos suelos en la clasificación americana entrarían dentro de los Aridisoles; suborden Orthids; y gran grupo Salorthid o Gypsiorthid, según el tipo de sales.

Los Gypsiorthids, como su nombre indica se caracterizan por la presencia de un horizonte gypsico; éste, se define como "un horizonte no cementado enriquecido con sulfatos secundarios que: tiene > 15 cm de espesor; tiene > 5% de yeso que el horizonte C o la capa inferior y un espesor (cm) x % yeso > 150". (Gumuzzio et al. 1986).

Frente al horizonte sálico de los Salorthids que se define "por un enriquecimiento secundario de sales más solubles en agua fría que el yeso, y que: tiene > 15 cm de espesor; tiene > 2% de sales y un espesor (cm) x % sales (en peso) > 60". (Gumuzzio et al. 1986).

En el caso de que existan dos horizontes uno sálico y otro gypsico "será el primero, el que determinará la categoría superior de clasificación, ya que es el que tiene mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas" (Porta et al. 1977). Es decir, se clasificará como Salorthid antes que como Gypsiorthid.

Frente a esto, Carlevaris et al. (1992) en su estudio de la provincia de Ciudad Real, describen los suelos Solonchaks como principales. Estos, aparecen siempre asociados a los cursos fluviales, pero no se definen por poseer propiedades flúvicas, es decir, aportes intermitentes de sedimentos, sino por la salinidad. Dentro de la zona de estudio distinguen dos tipos: Solonchak móllico (SCm) cuyo horizonte de diagnóstico es un A móllico, con un porcentaje de materia orgánica superior al 2 %. Y el Solonchak gleyco (SCg) que presenta

propiedades gleyicas, de hidromorfismo, en los primeros 50 cm desde la superficie. Estos suelos aparecen ligados, fundamentalmente, a las áreas más deprimidas.

Por otra parte, describen, aunque sólo como inclusiones, los Fluvisoles (FL): éstos son suelos poco evolucionados, con un perfil tipo A C, con un horizonte A ócrico, con muy poca materia orgánica y un C formado en depósitos recientes de origen fluvial.

La causa por la cual estos suelos tienen tan poca representación, en comparación con los fluvisoles que se han cartografiado en la provincia de Toledo, creemos que se debe a la utilización de diferentes criterios para su identificación. Para J.J.Carlevaris et al. (1992), la característica esencial para poder describir un suelo como fluvisol es el aporte intermitente de sedimentos. Esto que era un hecho corriente en épocas anteriores (Pleistoceno-Holoceno antiguo). Actualmente no se produce, ya que al haber disminuido el caudal de los ríos, éstos no tienen capacidad para arrastrar ni para depositar sedimentos.

De esta forma, suelos que se podrían definir como de origen fluvial, han sido cartografiados como solonchaks, ya que la característica más importante de estos suelos, en la actualidad, no es su origen fluvial sino la presencia de sales.

Desde nuestro punto de vista, la mejor descripción sería aquella que recogiese las dos propiedades, por un lado el origen fluvial y por otro su carácter salino. Así pues, estos suelos podrían describirse como Fluvisoles sálicos.

Otros suelos, que han sido mencionados en Ciudad Real, como inclusiones, con muy poca representación, son los Regosoles calcáricos, son suelos muy poco evolucionados, sin horizontes de diagnóstico. Su perfil tipo es A C, con un horizonte A ócrico, de poco espesor y bajo contenido en materia orgánica. El ser calcárico, supone la presencia de carbonatos en todo el perfil. Se describen sobre los depósitos aluviales más antiguos, es decir, dentro de las

llanuras de inundación en las partes más externas de éstas y sobre depósitos de origen coluvial. Estos suelos son casi idénticos a los desarrollados sobre los depósitos aluviales más antiguos, como ya vimos datados del Plioceno superior.

4.8. SUELOS DESARROLLADOS EN LOS FONDOS DE VALLE Y LECHOS DE CANAL

Los fondos de valle y lechos de canal, de edad Holocena, forman una unidad tanto desde el punto de vista geológico, como geomorfológico. Sin embargo, desde el punto de vista litológico, se pueden diferenciar dos tipos de depósito, según el área de procedencia: en la parte más occidental de la zona de estudio, los depósitos son de limos y arcillas arenosas, con cantos fundamentalmente de cuarcitas; mientras que, en la zona sur y oriental, los depósitos de limos y arcillas arenosas vienen acompañados de cantos de calizas.

Los suelos que se han desarrollado sobre este tipo de depósitos son fundamentalmente Kastanozems (KS) y Fluvisoles (FL).

Los Kastanozems se localizan fundamentalmente sobre los sedimentos salinos de los ríos Záncara y Gigüela. Como horizonte de diagnóstico tienen un A móllico, de color oscuro, hasta una profundidad mínima de 15 cm. Además, pueden presentar otros horizontes, por ejemplo: un cálcico, un gypsico o un árgico. En nuestro área de estudio se ha descrito la presencia del Kastanozem cálcico (KSk) cuyo horizonte de diagnóstico, además de un A móllico, es como su nombre indica un horizonte cálcico.

Estos suelos son equivalentes a los Mollisoles, del suborden Ustoll de la Soil Taxonomy.

En cuanto a los Fluvisoles, son como ya vimos suelos muy poco evolucionados, cuyo perfil tipo es el A C, con un horizonte A ócrico, con muy poca materia orgánica, y un C formado en depósitos recientes de origen fluvial.

4.9. SUELOS DESARROLLADOS EN LAS "AREAS ENDORREICAS"

En las zonas húmedas "endorreicas", es decir, que no están ligadas a los cursos fluviales, se han descrito dos tipos de suelos: Gleysoles y Solonchaks.

Los Gleysoles (G) han sido descritos por Monturiol et al. (1984) alrededor de todas las zonas húmedas endorreicas de la provincia de Toledo. Su característica fundamental es una clara hidromorfía en los primeros 50 cm. Dentro de los gleysoles, se han clasificado como Gleysoles cálcicos (Gc) los cuales se caracterizan, fundamentalmente, por poseer pH elevados, siempre superiores a 7, y saturación en bases también elevada, más del 50%. Además suelen presentar un horizonte cálcico o yesoso.

En la clasificación americana estos suelos equivalen a los Entisoles del suborden Aquent o a los Inceptisoles del suborden Aquept, según sea su grado de evolución.

Frente a esto, Carlevaris et al. (1992), han descrito los suelos ligados a las áreas húmedas "endorreicas" como Solonchaks, como acabamos de ver en la unidad anterior, son suelos que se caracterizan por su contenido en sales. Dentro de éstos, se han distinguido los Solonchaks móllicos (SCm) cuyo horizonte de diagnóstico es un A móllico, con un porcentaje de materia orgánica superior al 2%. Y los Solonchaks gleycos (SCg), que presentan además de la salinidad, propiedades gleycas, es decir, de hidromorfismo en los primeros 50 cm desde la superficie.

4.10 SUELOS DESARROLLADOS SOBRE DEPOSITOS EOLICOS

Intimamente ligados a los depósitos aluviales del Záncara-Gigüela, existen unas acumulaciones de arenas en forma de manto eólico y dunas, sobre las que se han desarrollado suelos del tipo Arenosol. Se localizan, fundamentalmente, en las provincias de Ciudad Real y Cuenca, en la parte más suroriental

de nuestra zona de estudio. Se desarrollan al N. de la ya mencionada "Llanura aluvial de San Juan", extendiéndose de forma paralela, entre las superficies de erosión al N. y la llanura aluvial al S.

Las arenas que forman estos depósitos son de grano fino y tienen un escaso redondeamiento, lo que indica un corto desplazamiento. Esto y otros datos (composición mineralógica fundamentalmente) han llevado a Pérez González (1981), a afirmar que su origen son los depósitos aluviales de la zona y que son de edad Holocena. También afirma, que el proceso generador de estos depósitos, es decir, el transporte eólico sigue activo en la actualidad.

Los Arenosoles (AR) como su nombre indica se caracterizan fundamentalmente por el elevado porcentaje de arena que existe en sus perfiles. Son suelos poco evolucionados, con un escaso grado de evolución genética, cuyo perfil tipo es el A C. Poseen un horizonte superficial A ócrico, de bajo contenido en materia orgánica, y de tonos claros; el horizonte C son las arenas (depósito eólico).

En el área de estudio se han distinguido dos tipos: el Arenosol calcárico (ARc) con presencia de carbonatos superior al 2% ; y el Arenosol álbico (ARa) cuyo horizonte de diagnóstico es un E, álbico, de color blanquecino, debido al intenso lavado.

En la clasificación americana los arenosoles equivalen a los Psamment, del orden Entisol.

4.11. PERFILES PROPIOS

Hasta aquí se han expuesto los datos aportados por los estudios, que como ya comentamos, se consideran básicos para el conocimiento edáfico de la Mancha. Los estudios de Monturiol et al. (1984), en la provincia de Toledo (Mapa 4.1), y el de J.J.Carlevaris et al. (1992), para la provincia de Ciudad Real (Mapa 4.2).

Además de los dos mapas ya mencionados, para ilustrar el texto se ha incluido un corte topográfico ideal (Fig. 4.1), en el que se han señalado las principales formaciones litológicas y geomorfológicas del área, destacando en cada una de ellas los suelos más representativos. De esta forma, se describe una catena ideal de suelos, los más significativos dentro del área de estudio.

Por otro lado, y dado que el objeto de estudio de esta tesis son los humedales manchegos, hemos creído conveniente, realizar unas calicatas en las proximidades de los vasos lagunares de algunas de las lagunas que se están estudiando. Todas las calicatas realizadas están incluidas en la U.A.Nº 2 de Carlevaris et al. (1992). En esta unidad, como hemos visto, se incluyen suelos ligados a los cursos fluviales, llanuras de inundación y áreas endorréicas. Las tres calicatas que se han realizado son:

1. Junto a la laguna del Camino de Villafranca.
2. Junto a la laguna de La Vega.
3. Junto a la laguna de Alcahozo.

Los datos que se han obtenido se exponen a continuación.

PERFIL Nº 1: CAMINO DE VILLAFRANCA

Situación: Junto a la laguna del Camino de Villafranca, a tres metros del vaso lagunar.

Altitud: 638 m.

Forma del terreno: Llano.

Pendiente: Llana (0-2 %).

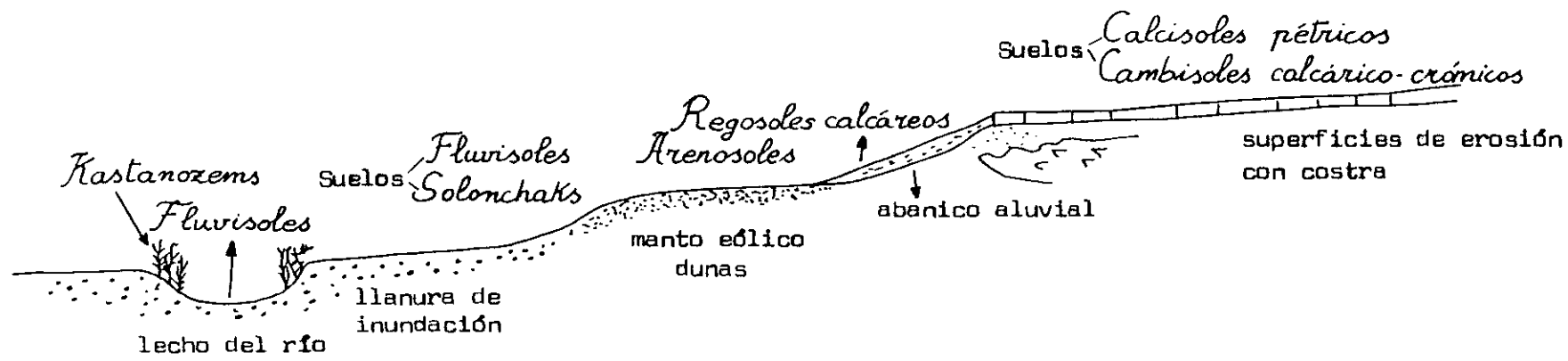
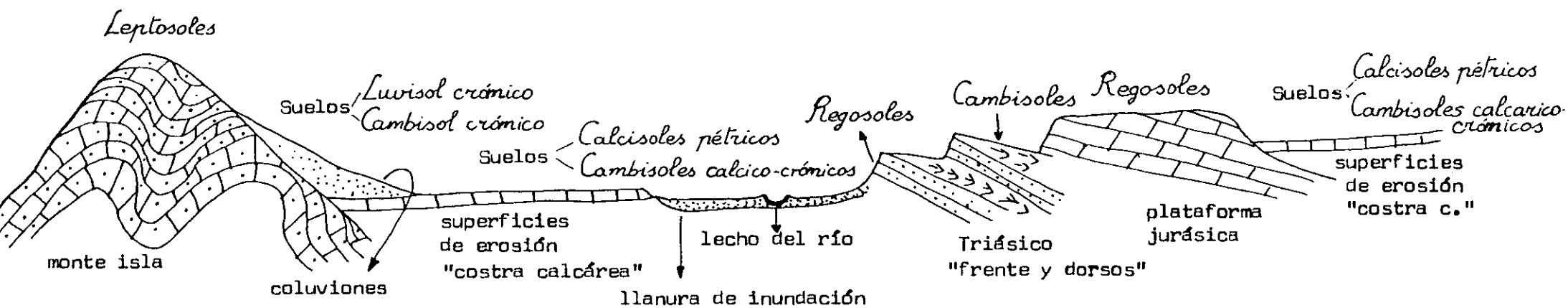
Vegetación: Halófila.

Material oroginario: Areniscas del Triásico.

Drenaje: Imperfectamente drenado (Clase 2).

Humedad: Suelo húmedo, sólo los primeros cm están secos.

FIG. 4.1. : Corte topográfico ideal y catena de suelos



Capa freática: Durante el período que se observó la evolución de nivel freático (ciclos hidrológicos 89-90 y 90-91) éste osciló entre 33 cm (XII-89) y 127 cm (VIII-90). Ver gráfico N° 4.1.

Predeposidad: No hay piedras (clase 0).

Erosión: No hay evidencias de erosión.

Sales: En verano hay eflorescencias salinas.

Influencia humana: Próxima a la calicata hay un observatorio; hay algunos restos de materiales de construcción.

Clasificación: Solonchak gleico (FAO); Aquic salorthid (ST).

Descripción del perfil

Horizonte	Profundidad	Descripción
A	0-2 cm	Color 5YR 4/6 en seco (reddish brown). Textura arenosa. No hay estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo, blando en seco. No está cementado. Poroso, con poros finos y muy finos, continuos. Bajo contenido en carbonatos. Muy salino. Raíces muy abundantes, finas y muy finas. Límite gradual.
Bn	2-17 cm	Color 5YR 3/4 en húmedo (dark reddish brown). Textura franco-arenosa. No hay estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo y duro en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Poroso, poros muy finos y continuos. Muy bajo contenido en carbonatos. Muy salino. Abundantes raíces, muy finas y finas. Límite gradual.

CAMINO DE VILAFRANCA

Piezómetro

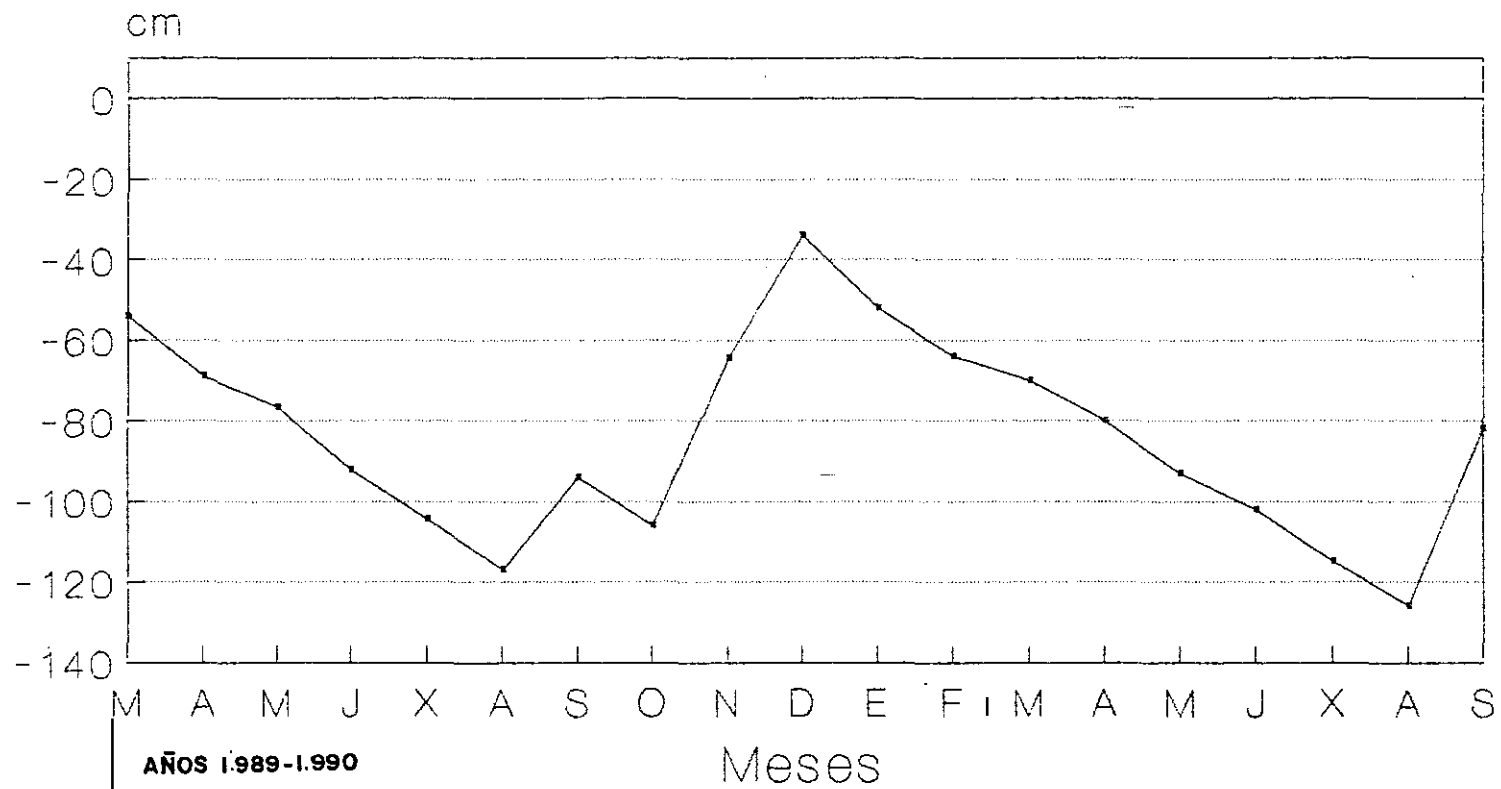


GRAFICO Nº 4.1.

Cgn 18-68 cm. Color 2.5 YR 4/6 en seco (reddish brown). Textura arenosa. No hay estructura. Ligeramente adherente en mojado, muy friable en húmedo y ligeramente duro en seco. No hay cutanes. No hay cementación. Poroso, poros muy finos y continuos. Carbonatos muy bajos. Muy salino. No hay restos de raíces.

Observaciones:

En el segundo horizonte existe un moteado blanco, debido seguramente a las sales.

En el horizonte Cgn, aparecen manchas verdes discontinuas reflejo de la existencia de condiciones hidromórficas.

Datos analíticos del perfil nº 1

DETERMINACIONES	A	Bn	Cgn
FISICAS			
Arena (%)	86.00	69.00	94.50
Limo (%)	13.00	25.00	5.00
Arcilla (%)	1.00	6.00	0.50
QUIMICAS			
pH en H ₂ O	9.40	8.40	8.10
Carbonatos (%)	9.40	2.00	<1.00
Materia Orgánica (%)	2.53	0.41	0.41
Conductividad (dS/m)	9.60	9.40	9.80
FISICO-QUIMICAS			
Fósforo (ppm)	>5.00	14.90	11.00
Nitratos (ppm)	20.00	6.10	5.60

Interpretación y comentarios

De este perfil, llaman la atención dos hechos fundamentales:

1. Su alto contenido en arenas.
2. Su alta conductividad eléctrica.

Atendiendo al primer rasgo, se pensó en la posibilidad de un Arenosol. Sin embargo, no cumple las condiciones necesarias para ser clasificado como tal " tener una textura más gruesa que franco-arenoso hasta una profundidad de 100 cm y no tener otros horizontes que un A ócrico o un E álbico" (FAO, 1989).

También se pensó en un Regosol, suelo que procede de materiales no consolidados. Sin embargo, no cumplía una de las condiciones "carecer de propiedades sálicas" (FAO, 1989).

Por otro lado, y atendiendo al segundo rasgo: la salinidad, se llegó a los Solonchaks "suelos que no muestran propiedades flúvicas y que tienen propiedades sálicas" (FAO, 1989). Dentro de éstos, dado la presencia de manchas de hidromorfismo y a la constatación en el campo de la presencia de un nivel freático a menos de 100 cm, al menos en parte del año, lo definimos como Solonchak gleico atendiendo a la nomenclatura de la FAO o como Aquic Salorthid si atendemos a la Soil Taxonomy.

PERFIL N° 2 : LAGUNA DE LA VEGA O DEL PUEBLO

Situación: Orilla de la laguna de La Vega, a 4 m del vaso lagunar.

Altitud: 656 m.

Forma del terreno: El terreno circundante podría definirse como ondulado, el lugar exacto de la calicata es llano.

Pendiente: Llana (0-2 %).

Vegetación: Quenopodiáceas y carrizo.

Material originario: Calizas.

Drenaje: Escasamente drenado (clase 1).

Humedad: Suelo húmedo exceptuando los primeros cm del perfil.

Capa freática: Durante el período de seguimiento los niveles oscilaron entre 104 cm y la superficie. Durante gran parte del año el suelo ha estado encharcado. Ver gráfico N° 4.2.

Pedregosidad: Hay algunos cantos, junto a la calicata hay un bloque de arenisca.

Erosión: Hay cierta deposición de material muy fino, seguramente transportado por arroyada difusa.

Sales: En la época estival hay eflorescencias salinas.

Influencia humana: No hay restos evidentes de influencia humana.

Clasificación: Solonchak gleico (FAO); Aquic salorthid (ST).

Descripción del perfil.

Horizonte	Profundidad	Descripción
A	0-5 cm	Color 2.5 Y 5/3 en seco (yellowish brown). Textura limo-arenosa. No hay estructura. Adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Poroso, de poros muy finos y continuos. Contenido alto en carbonatos. Muy salino. Raíces muy abundantes, con predominio de raíces gruesas y muy gruesas. Límite neto.

LA VEGA

Piezómetro

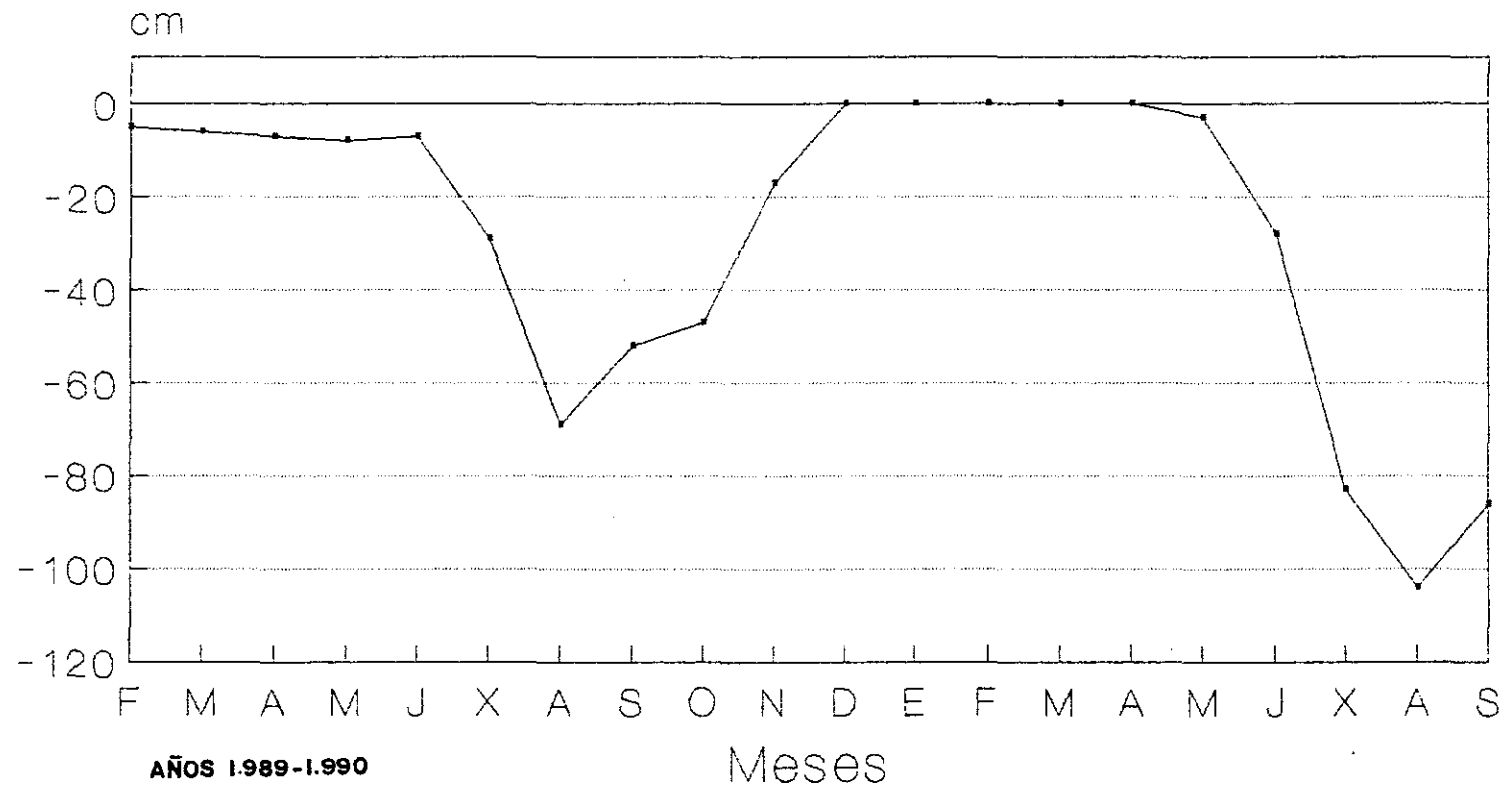


GRAFICO N° 4.2.

Bkn	5-35 cm	Color 10 YR 4/3 en seco (dull yellowish brown). Textura areno-limosa. No hay estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. No hay cutanes. No hay cementación. Poroso, con poros muy finos, continuos. Contenido en carbonatos alto. Muy salino. Raíces muy abundantes, desde muy finas hasta gruesas. Límite gradual.
Ckg(n)	35-71 cm	Color 10 YR 4/4 en seco (brown). Textura limo-arenosa. Sin estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Poroso, con poros muy finos y continuos. Fragmentos rocosos escasos, de tamaño grava. Alto contenido en carbonatos. Salino. Con raíces abundantes desde finas a medianas.

Observaciones:

En el segundo horizonte Bkn, hay acumulación de material blanquecino a lo largo de las vías de percolación del agua, debido a la acumulación de carbonatos.

También en este horizonte se observan unos tonos rojizos, junto a las raíces; seguramente se debe a la alteración de éstas.

Además, se pueden observar, también en este horizonte, manchas muy pequeñas de tonos oscuros, negruzcos, seguramente debido a la descomposición de la materia orgánica.

Datos analíticos del perfil N° 2.

DETERMINACIONES	A	Bkn	Ckg(n)
FISICAS			
Arena (%)	61.00	86.00	66.00
Limo (%)	38.00	14.00	27.00
Arcilla (%)	1.00	0.00	7.00
QUIMICAS			
pH en H ₂ O	8.90	8.40	7.90
Carbonatos (%)	27.00	32.00	20.50
Materia Orgánica (%)	3.67	1.04	0.21
Conductividad (dS/m)	19.00	9.80	7.80
FISICO-QUIMICAS			
Fósforo (ppm)	>5.00	7.10	8.60
Nitratos (ppm)	30.00	7.00	5.70

Interpretación y comentarios

Los rasgos que más destacan de este perfil son dos:

1. Su alto contenido en carbonatos.
2. La conductividad eléctrica muy alta.

Atendiendo al primer rasgo se pensó en la posibilidad de un Calcisol: tanto el horizonte B como el C son cálcicos. Sin embargo, no es un calcisol ya que no cumple uno de los requerimientos de éstos "carecer de propiedades sálicas" (FAO, 1989).

De esta forma, una vez excluido el calcisol, y atendiendo a su alto contenido en sales se llegó a los Solonchaks. Dentro de éstos se plantearon diversas posibilidades:

1. Solonchak móllico: dado el alto contenido en materia orgánica de su horizonte superior. Sin embargo, su escaso espesor hace que no cumpla las condiciones de horizonte móllico.

2. Solonchak cálcico: debido a su alto contenido en carbonatos. Sin embargo, cumple las propiedades gleycas dentro de una profundidad de 100 cm por lo que no es un solonchak cálcico, sino que es un:

3. Solonchack gleyco o un Aquic Salorthid si atendemos a la nomenclatura de la Soil Taxonomy.

PERFIL Nº 3: LAGUNA DE ALCAHOZO

Situación: Junto a la laguna de Alcahozo, sobre un pequeño escalón que impide que el suelo se encharque.

Altitud: 661 m.

Forma del terreno: Estamos en el fondo de una cubeta calcárea limitada por unos escarpes más o menos pronunciados. Sin embargo, el lugar exacto de la calicata es plano.

Pendiente: No existe, menor del 2%.

Vegetación: Pradera con vegetación halófila.

Material originario: Cubeta calcárea, que está siendo colmatada con depósitos de material muy fino.

Drenaje: Imperfectamente drenado.

Humedad: Perfil bastante húmedo.

Capa freática: Durante el período que se observó la evolución del nivel freático, éste osciló entre los 30 cm y los 104 cm. Ver gráfico N° 4.3.

Pedregosidad: No hay en las inmediaciones de la calicata.

Erosión: Aunque en el lugar exacto de la calicata no hay signos evidentes de erosión, sí se puede decir que el vaso lagunar está sufriendo un proceso de colmatación.

Sales: Importante presencia de eflorescencias salinas durante la época estival.

Influencia humana: En el terreno circundante se han hecho canales de drenaje.

Clasificación: Fluvisol calcárico (sálico).

Descripción del perfil

Horizonte	Profundidad	Descripción
A	0-7 cm	Color gris 10 Y 4/1 en seco. Textura arenosa. Sin estructura. No adherente en mojado, suelto sin coherencia en húmedo y blando en seco. Ausencia de cutanes. No hay cementación. Poroso, de poros finos y continuos. No hay fragmentos rocosos. Presencia de carbonatos. Ligeramente salino. Raíces muy finas y medianas abundantes. Límite brusco y plano.

ALCAHOZO

Piezómetro

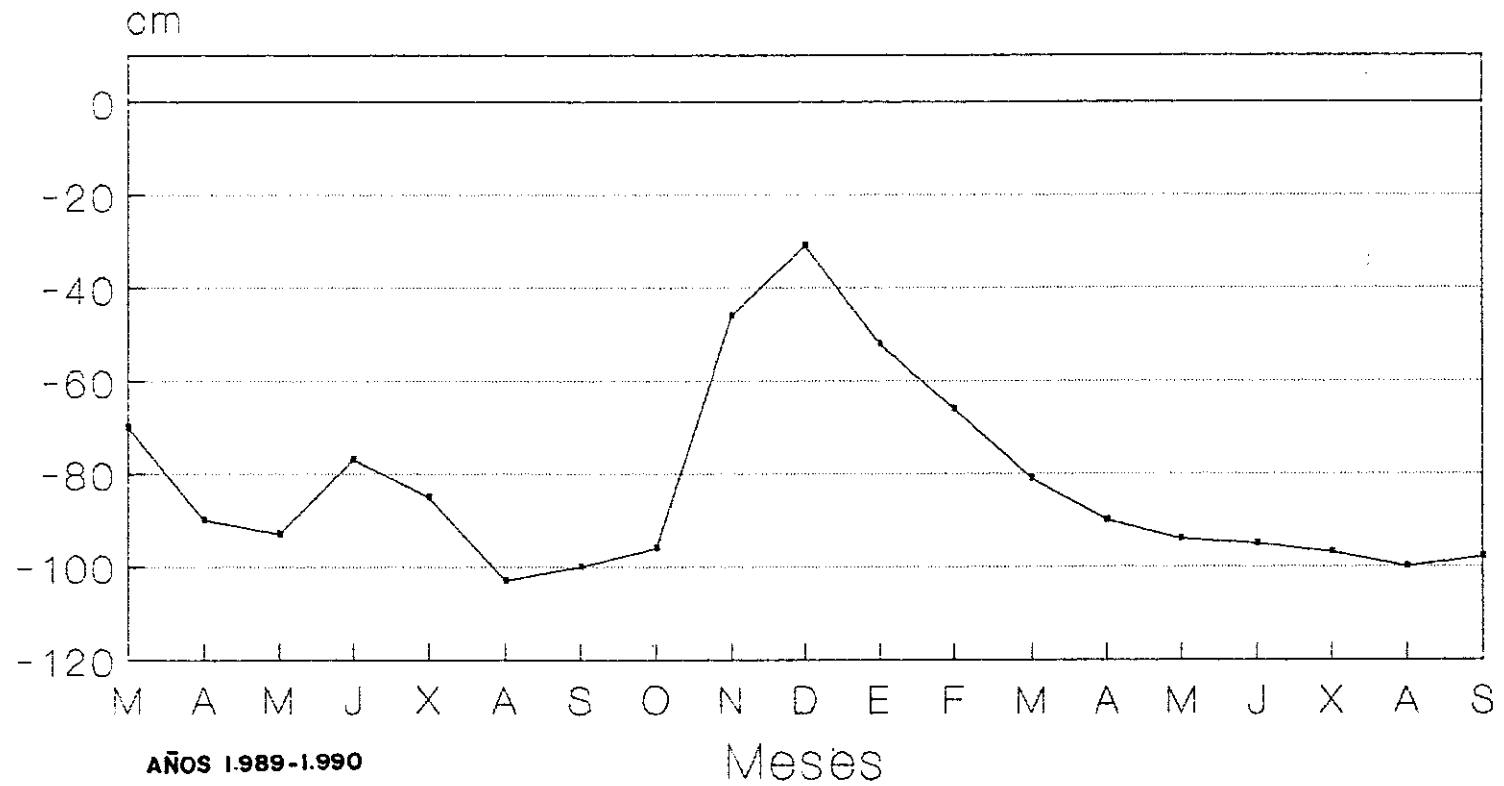


GRAFICO N° 4.3.

Bk	7-33 cm	Color gris amarillento 2.5 Y 7/2 en seco. Textura arenosa. Sin estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo, blando en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Poroso, con poros muy finos. Existen pequeños lentejones de arena más gruesa, y junto a éstas se observan pequeñas gravas. Presencia de carbonatos. Salino. Con pocas raíces, finas y medianas. Límite brusco y plano.
Bn	33-43 cm	Color gris amarillento 2.5 Y 4/1 en seco. Textura arenosa. Sin estructura. Ligeramente adherente en mojado, muy friable en húmedo y blando en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Fragmentos rocosos escasos, tamaño grava. Bajo contenido en carbonatos. Muy salino. Muy pocas raíces, finas y muy finas. Límite neto (2-5 cm).
Ck	43-75 cm.	Color marrón amarillento claro 10 YR 6/6 en seco. Textura limo-arenosa. No hay estructura. Ligeramente adherente en mojado, friable en húmedo y blando en seco. No hay cutanes. No existe cementación. Poroso, poros muy finos y continuos. Presencia de gravas, escasas, de naturaleza cuarcítica. Contenido en carbonatos alto. Muy salino. No hay restos de raíces.

Observaciones:

En el horizonte Bn se observan acumulaciones de sales aprovechando pequeñas fisuras y vías de percolación.

Datos analíticos del perfil

DETERMINACIONES	A	Bk	Bn	Ck
FISICAS				
Arena (%)	>99.0	96.00	93.00	76.00
Limo (%)	-	4.00	7.00	16.00
Arcilla (%)	-	-	-	8.00
QUIMICAS				
pH en H ₂ O	7.40	7.00	7.50	8.00
Carbonatos (%)	12.00	14.00	7.00	29.00
Materia Orgánica (%)	2.02	0.13	0.63	0.20
Conductividad (dS/m)	2.50	5.40	9.60	8.60
FISICO-QUIMICAS				
Fósforo (ppm)	5.70	4.00	6.70	12.60
Nitratos (ppm)	7.40	11.50	13.40	10.40

Interpretación y comentarios

El hecho que más llama la atención de este perfil es su alto contenido en arenas, superior al 90 % en los tres primeros horizontes, hasta una profundidad de 43 cm.

Este hecho nos lleva a pensar en dos tipos de suelo: Arenosol y Fluvisol.

Los factores que nos inclinan a definirlo como un Fluvisol son: 1. La presencia de un arroyo en las inmediaciones que drenaba la zona (actualmente no es activo).

2. Los depósitos de cuarcitas de tamaño canto y muy redondeados, próximos al vaso lagunar y por tanto al lugar de la calicata, típicos de un depósito fluvial.

3. Las pequeñas gravas cuarcíticas que hemos encontrado en el horizonte Ck, también creemos que tienen un origen fluvial.

Así pues, aunque actualmente la dinámica de depósito de materiales frescos a intervalos regulares no se produce, creemos que es un suelo de claro origen fluvial y por tanto lo definimos como un Fluvisol.

Dentro de éstos, y por su alto contenido en sales se pensó en la posibilidad de un Fluvisol sálico. Sin embargo, no cumple estrictamente las propiedades sálicas descritas por la FAO (1989): "Conductividad eléctrica superior a 15 dS/cm en una profundidad de 30 cm o superior a 4 dS/cm en una profundidad de 30 cm a partir de la superficie si el pH es superior a 8.5".

Por ello, y debido al alto contenido en carbonatos del horizonte C, hemos optado por clasificarlo como Fluvisol calcárico.

CONSIDERACIONES FINALES

Para finalizar este capítulo, nos gustaría destacar algunas ideas que, desde nuestro punto de vista, son esenciales para conocer y comprender las relaciones existentes entre los suelos y las demás características de los humedales.

Como hemos visto, los dos aspectos fundamentales que describen los suelos de los humedales son:

1. El hidromorfismo.
2. La salinidad.

En cuanto al hidromorfismo, es un rasgo que aparece íntimamente ligado a la mayor o menor permanencia de las aguas en las lagunas. Así, observamos que en La Vega el hidromorfismo es mucho más acusado, que en las lagunas de El Camino o de Alcahozo, especialmente en esta última, donde apenas sí se aprecian dichos rasgos.

Respecto a la salinidad, es muy alta en las tres calicatas realizadas, siendo excepcionalmente alta en La Vega (teniendo en cuenta el hecho de que su cuenca de drenaje es fundamentalmente carbonatada), y excepcionalmente baja en los horizontes superiores de Alcahozo. Esta diferencia tan grande, sin embargo, creemos que se debe al hecho de que la calicata realizada en La Vega se hizo muy próxima al agua, en un lugar que frecuentemente es cubierto por éstas; mientras, que la calicata realizada en Alcahozo se hizo a varios metros de su vaso lagunar, en un lugar al que nunca llegan las aguas de la laguna.

Ante estos hechos, surge la idea de que los caracteres de los suelos de los humedales, están íntimamente ligados a la dinámica de las lagunas y a las características físico-químicas de sus aguas. Es decir, la permanencia o estacionalidad de las lagunas repercute en el mayor o menor hidromorfismo de los suelos; y su mayor o menor proximidad a la lámina de agua condiciona, a su vez, el mayor o menor contenido en sales de los suelos (excluyendo aquellos humedales que se localizan sobre litologías especialmente ricas en sales como es el caso de las lagunas de las Yeguas y del Camino, que se asientan sobre materiales del Keuper).

A su vez, otro hecho evidente es que la naturaleza y las características del suelo van a condicionar profundamente el tipo de vegetación que se desarrolla sobre éste. De forma que tendremos una catena muy clara desde la vegetación acuática e hidrófila, ligadas a las orillas de las lagunas, hasta la vegetación marginal (fundamentalmente halófila) en la parte más externa de las orillas.

La conclusión que se obtiene es que existe una fuerte interrelación entre las lagunas y las características de los terrenos húmedos. Así, condicionan la aparición de unos determinados suelos, que a su vez determinan el desarrollo de una particular vegetación. Estos son los hechos claves para explicar la importancia, riqueza y variabilidad de los humedales que estamos estudiando.

**FUNCIONAMIENTO Y VARIABILIDAD
DE LOS GEOSISTEMAS DE LOS
HUMEDALES MANCHEGOS.**

2ª parte

5.- LA VEGETACION CLIMACICA DE LA MANCHA. PARTICULARIDADES DE LA VEGETACION DE LOS HUMEDALES.

Desde el punto de vista corológico, el territorio estudiado está incluido en la Región Mediterránea, provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega, sector Manchego. Nos encontramos, pues, en los dominios de la vegetación esclerófila, donde el árbol dominante es la encina Quercus rotundifolia. Dentro de las series de los encinares mesomediterráneos en La Mancha se encuentra la serie mesomediterránea castellano-aragonesa basófila de la encina; Bupleuro rigidiquerceto rotundifoliae S. (Peinado Lorca et Rivas Martínez, 1987).

Dicho encinar, cuando está inalterado, forma un bosque en el que la encina, Quercus rotundifolia Lam., es el principal componente del estrato arbóreo. En su óptimo tiene una cobertura del 90% o incluso del 100 %, siendo su altura entre 3 y 7 m. Junto a este encinar se forma un matorral denso formado por la coscoja (Quercus coccifera L.), las olivillas (Phillyrea angustifolia L.), las cornicabras (Pistacia terebinthus L.), etc. Y junto a éstos, arbustos

espinosos como la rosa silvestre (Rosa canina L.), la esparraguera (Asparagus acutifolius L.) y los cambrones (Rhamnus sp) que contribuyen a generar un sotobosque denso dificultando el acceso al interior del encinar.

Por último, y próximos a los encinares, aunque en las zonas topográficamente más desfavorables, se instalan los arbustos propios del matorral mediterráneo más degradado: romero (Rosmarinus officinalis L.), jaras (Cistus ladanifer L.), tomillo (Thymus vulgaris L.), cantueso (Lavandula stoechas L.), etc. (Peinado Lorca y Rivas Martínez, 1987).

Junto a esta serie, pero ligado a los sustratos silíceos Peinado Lorca y Rivas Martínez (1987) destacan la presencia de la serie mesomediterránea luso-extremadureña silicícola de Quercus rotundifolia Lam.(Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae S.); cuyas especies características además de la encina son Pyrus bourgaeana Decne, Paeonia broteroi Boiss et Reut.y Doricum plantagineum L.

En nuestro área de estudio, este sustrato se reduce a los pequeños cerros paleozoicos de Alcázar de San Juan y Herencia, estribaciones de los Montes de Toledo, cuyo ámbito se extiende hacia el W. En la actualidad, podríamos decir que dicha serie es prácticamente inexistente, ya que las laderas han sido cultivadas casi en su totalidad, haciendo desaparecer todo vestigio de vegetación natural. Sólo, en las partes culminantes de algunos de estos cerros, quedan algunas pequeñas manchas de matorral con Phyllirea angustifolia L., Quercus coccifera L., y Retama sphaerocarpa (L.) Boiss.

Actualmente, pues, uno de los rasgos que llaman más la atención es la profunda alteración del paisaje vegetal. Los encinares han cedido su lugar a los cultivos, y allí donde la topografía no es apta para el cultivo, la desaparición del encinar a dado paso a etapas seriales de matorral muy degradado.

Junto a los encinares, existe otra formación arbórea, fruto fundamentalmente de las repoblaciones, son los pinares. En La Mancha, ocupan muy poca extensión, sin embargo, poseen un alto valor paisajístico, ya que rompe la

monotonía de viñas y olivos, y es de gran importancia como indicador edáfico, pues se desarrolla sobre suelos arenosos (suelos que en el capítulo anterior hemos clasificado dentro del Orden Entisol, suborden Psamments). Estos pinares son fundamentalmente de pino piñonero (Pinus pinea L.) y pino carrasco (Pinus halepensis Miller) y se localizan en la parte más oriental del área de estudio, en la cuenca del Záncara, términos municipales de Pedro Muñoz, Mota del Cuervo y Las Mesas.

A continuación se citan las superficies que aparecen en los mapas de Cultivos y aprovechamientos de Alcázar de San Juan, hoja 713 (20-28), y Campo de Criptana, hoja 714 (21-28), a escala 1:50000, para dar una idea de la poca significación que tiene la vegetación natural en este área.

En Alcázar de San Juan, aparecen 4.910 has con vegetación natural, lo que supone el 9,24 % de la superficie total de la hoja. De éstas, tan sólo 407 has corresponden al matorral (0,77 %), 97 has a pastizal-matorral (0,18 %) y 4.406 has a pastizal (8,29 %).

SUPERFICIE DE LA VEGETACION NATURAL (ALCAZAR DE SAN JUAN)		
FORMACIONES VEGETALES	SUPERFICIE (Has)	PORCENTAJE
Matorral	407	0,77
Pastizal-matorral	97	0,18
Pastizal	4.406	8,29
TOTAL	4.910	9,24

En la hoja de Campo de Criptana, la superficie ocupada por la vegetación natural es aún más pequeña. Tan sólo 1007 has, lo que supone el 1,9 % de la superficie total de la hoja. De éstas, 738 has corresponden al pastizal (11,4 %), 66 has al matorral (0,1 %) y 203 has al pastizal-matorral (0,4 %).

SUPERFICIE DE LA VEGETACION NATURAL (CAMPO DE CRIPTANA)		
FORMACIONES VEGETALES	SUPERFICIE (Has)	PORCENTAJE
Matorral	66	0,10
Pastizal-matorral	203	0,40
Pastizal	738	1,40
TOTAL	1.007	1.90

La realidad que se constata, tras estudiar estas cifras, es la insignificante superficie que ocupan los terrenos de matorral y pastizal-matorral: apenas el 0,95 % en la hoja de Alcázar de San Juan y el 0,5 % en la de Campo de Criptana.

Frente a esto, destaca el predominio absoluto, dentro de la superficie ocupada por la vegetación natural, de los terrenos dedicados a pastizal. Estos se definen como "los terrenos poblados de especies espontáneas principalmente anuales, susceptibles de aprovechamiento mediante pastoreo, que no se labran periódicamente". Se localizan fundamentalmente en ambas márgenes del río Gigüela, en los términos municipales de Alcázar de San Juan, Villafranca de los Caballeros y Quero. Y en suelos que no son aptos para los cultivos agrícolas, ya que presentan problemas de encharcamiento y salinidad.

En estos mismos suelos aparece el bosque de tarayes, que constituye la vegetación potencial de los mencionados suelos húmedos y salinos. La capacidad de adaptación de estos bosquetes a los suelos salinos es conocida desde principios de siglo. Reyes Prosper, en 1915, afirmaba "las formaciones de diferentes especies del género *Tamarix*, son numerosas y a veces muy densas en las orillas de las lagunas, ríos y arroyos esteparios y en los bordes e interior de muchos salobrales y saladares". También Huguet del Villar, en 1925, mencionaba los bosques de tarayes como vegetación marginal de lagunas salinas y saladares.

En la actualidad, dentro del área de estudio, no quedan más que pequeños bosquetes y ejemplares aislados en las márgenes de los ríos, especialmente el Gigüela, y en pequeñas depresiones encharcadas temporalmente que cobijan matorral higrófilo.

Debemos destacar que actualmente, las formaciones de tarayes (*Tamarix canariensis* Willd.) están potenciándose por las repoblaciones realizadas en las lagunas del Pueblo (Pedro Muñoz) y en la del Camino de Villafranca (Alcazár de San Juan) ambas gestionadas por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Nos encontramos, pues, con una vegetación característica de los humedales, adaptada a las condiciones de hidromorfismo y salinidad de los suelos.

Según su mayor o menor adaptación al hidromorfismo, podemos clasificar esta vegetación en tres grandes grupos:

1. Vegetación acuática o hidrófila:

Plantas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotantes en la superficie.

2. Vegetación higrófila o helofítica:

Vegetales que enraizan bajo el agua, pero cuyas hojas e inflorescencias son emergentes. Plantas que se instalan con preferencia en las márgenes de las zonas húmedas.

3. Vegetación marginal vivaz y anual:

Vegetación propia de los saladares. Está constituida por especies halófilas como Puccinellia fasciculata (Torrrey) E.P. Bicknell, Salicornia ramosissima J. Woods, Microcnemum coralloides (Loscos & Pardo) Buen, etc. y halonitrófilas como Suaeda spicata (Willd.) Moq., Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron, Salsola soda L., Frankenia pulverulenta L., etc.

Son muchos los autores que han estudiado estas comunidades, entre ellos merecen destacarse: Reyes Prosper (1915), Huguet del Villar (1925, 1937), Otto Jessen (1946), Rivas Martínez y Costa (1976), Izco y Cirujano (1975), Castroviejo y Porta (1976), Castroviejo y Cirujano (1980), Castroviejo y Coello (1980), Cirujano (1980, 1981, 1982, 1986, 1990), Izco et al (1984).

La vegetación de los humedales tiene un gran valor desde diferentes puntos de vista. Se podría hablar, en primer lugar, del valor paisajístico. En cualquier región la vegetación de un humedal supone un enriquecimiento del medio, ya que sus tonos verdes dan colorido y alegría al paisaje. Pero, especialmente, es interesante destacar este papel en una región como La Mancha, donde la monotonía de los cultivos y el aspecto de secarral que ofrece durante los áridos veranos, se ve roto por la presencia de estos enclaves.

Tampoco se puede dejar de mencionar su valor como indicador ecológico, ya que la presencia o ausencia de determinadas especies nos puede dar información sobre la permanencia o estacionalidad de las aguas, el grado de salinidad de éstas e incluso la composición de las sales.

Por último, y muy ligado a las características ecológicas de los humedales y depresiones encharcables debe destacarse la variabilidad - dinamismo - que se produce en este tipo de formaciones. La vegetación, como cualquier elemento vivo, tiene una gran variabilidad. Pero aquí, no sólo presenta las variaciones estacionales propias de cualquier formación vegetal, sino que atendiendo ante todo a las variaciones interanuales del ciclo hidrológico puede presentar de un año a otro aspectos muy diferentes.

Sin embargo, los grandes cambios no siempre pueden observarse de forma inmediata. En ocasiones se necesitan períodos de tiempo suficientemente largos (10, 15 o más años) para poder apreciar cambios cualitativos en la vegetación. Estos grandes cambios han sido siempre, de un modo directo o indirecto, provocados por el hombre: desde la desaparición de especies por el laboreo de las cuencas, hasta la aparición de otras adaptadas a las nuevas características (mayor permanencia del agua, cambios de salinidad, desecación de manantiales, etc.).

Así pues, con el fin de conocer la vegetación como indicador ecológico y analizar su evolución y dinámica, se van a comparar varias catenas de vegetación: las primeras, de la situación que presentaba la vegetación hace 10-15 años (en las que todavía no se habían producido alteraciones importantes en la mayoría de estas lagunas) y las segundas, de la situación actual (julio de 1992).

5.1. LAGUNAS GRANDE Y CHICA DE VILAFRANCA

No se ha encontrado en la bibliografía ninguna catena realizada en la laguna Grande de Villafranca; pero sí una de la laguna Chica (Cirujano, 1980). Aunque el óptimo hubiera sido disponer de una catena para cada una de las lagunas, su proximidad, y por tanto, la similitud de todas las variables que determinan el desarrollo de las plantas (grado de salinidad de las aguas, altura y oscilaciones del nivel freático, características edáficas...), nos permiten generalizar la catena descrita en la Chica para ambas lagunas.

Comenzando la catena desde la orilla (Ver fig. 5.1.), la primera asociación que encontramos es el Typho-Scirpetum tabernaemontani Br.BI. & O.Bolós 1957, donde se incluyen los cañaverales densos, de gran altura, muy pobres florísticamente. En este caso la especie que domina es el carrizo Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel. La comunidad se desarrolla sobre suelos compactos, arcillosos, muy húmedos (encharcados durante la mayor parte del año) y con un gran contenido en materia orgánica.

Junto al carrizal aparece el Scirpetum compacto-littoralis (Br.BI. 1931) em.Rivas Martínez 1980. Ambas son formaciones higrófilas que comparten con la anterior comunidad los suelos inundados durante casi todo el año, con gran contenido en materia orgánica y de salinidad moderada. La especie característica es la castañuela (Scirpus maritimus L.).

Conforme nos alejamos de la orilla, sobre suelos encharcados tan sólo en primavera y por tanto con una mayor salinidad, se desarrollan los juncales, que en la catena aparecen representados por dos asociaciones: el Aeluropo-Juncetum subulatii Cirujano 1981, definida como una formación densa, de hasta 1 m de altura, con Juncus subulatus Forsskal como especie característica; y el Bupleuro-Juncetum gerardi Rivas Martínez 1976, con menor altura que la anterior, sobre suelos algo más secos y cuya especie característica es Juncus gerardi Loisel. Ambas comunidades tienen desarrollo primaveral-estival.

LAGUNA CHICA DE VILAFRANCA

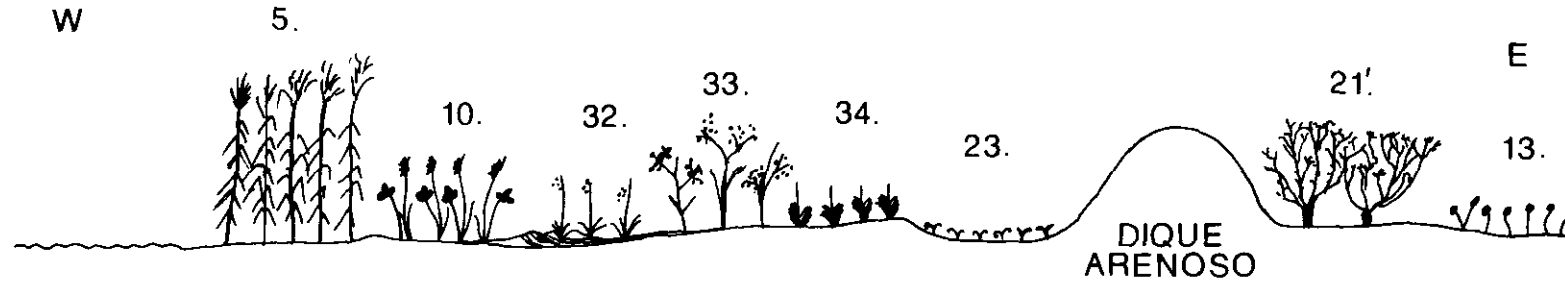


FIG. 5.1. (Cirujano, 1980)

- 5. TYPHO-SCIRPETUM TABERNAEMONTANI
- 10. SCIRPETUM COMPACTO-LITTORALIS
- 32. AELUROPO-JUNCETUM SUBULATI
- 33. BUPLEURO-JUNCETUM GERARDI
- 34. AELUROPO-PUCCINELLIETUM FASCICULATÆ
- 23. LYTHRO-HELEOCHLOETUM SCHOENOIDIS
- 21'. COM. SUAEDA VERA
- 13. PARAPHOLI-FRANKENIETUM PULVERULENTÆ

El Bupleuro-Juncetum gerardi Rivas Martínez 1976, entra en contacto con las praderas halófilas gramínoideas, representadas por la asociación Aeluropo-Puccinellietum fasciculatae (Rivas Goday 1955) Rivas Martínez y Costa 1976, cuya especie característica es Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell. Este tipo de formaciones sobre suelos salinos, muy pobres en materia orgánica, soportan períodos de encharcamiento variable pero con una sequía estival muy acusada.

La existencia de un dique arenoso, favorece la presencia del Lythro-Heleochoetum schoenoidis Rivas Martínez 1966 ,comunidad constituida por terófitos de fenología otoñal, cuya especie característica es Lythrum flexuosum Lag. Esta formación halófila y subnitrófila, constituye la vegetación pionera sobre suelos arenosos removidos.

Por último, tras el dique, y sobre un suelo salsódico, rico en sales, se desarrolla la asociación Suaedetum brevifoliae Br.-Bl. & O. Bolós 1957,cuya especie característica es Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin. Esta planta forma cepellones compactos, con una cobertura no muy densa (50-60%). Es frecuente encontrar junto a la Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin, siempre en microdepresiones, la Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo, especie que indica un nivel freático algo más elevado o un mayor período de inundación.

También es frecuente encontrar, al abrigo de los cepellones de Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin y en los claros de dicha formación, especies características de la asociación Pharapholi-Frankenietum pulverulentae Rivas Martínez ex Castroviejo y Porta 1976, en concreto Frankenia pulverulenta L.y Parapholis incurva (L.) C.E.Hubbard, plantas anuales, de carácter halonitrófilo, de pequeño porte y que se desarrollan desde principios de primavera o durante el otoño, favorecidas por las lluvias estacionales.

Así pues, se observa en la catena descrita la sucesión de una serie de orlas con plantas que se adaptan a las variaciones de humedad y salinidad. El esquema teórico que podríamos definir (de mayor a menor humedad y de menor a mayor salinidad) es el siguiente:

1. Plantas higrófilas: Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel y Scirpus maritimus L.
2. Praderas juncales: Juncus subulatus Forsskal y Juncus gerardi Loisel.
3. Praderas halófilas graminoides: Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell.
4. Comunidad de quenopodiáceas: Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo y Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin.

En la actualidad, dicho esquema se repite en la catena realizada en la laguna Grande de Villafranca, en la que tan sólo aparecen pequeñas variaciones. Sin embargo, no ocurre así en la Chica, donde las quemas periódicas que se realizan para el control de la vegetación han alterado la catena original.

La comparación de ambas catenas permite definir las semejanzas y las variaciones existentes.

La catena en la Grande de Villafranca (Ver fig. 5.2.), desde la orilla del agua hasta el camino, comienza con un denso carrizal, de gran altura (2-3 m) con dominio absoluto del Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel. Tras éste, aparece un dique arenoso, que como ya hemos visto, altera la catena teórica, introduciendo plantas nitro-halófilas que se adaptan y colonizan bien los suelos removidos. Entre estas se encuentran: Limonium cf., Bupleurum semicompositum L., Plantago coronopus L., Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin.

LAGUNA GRANDE DE VILAFRANCA

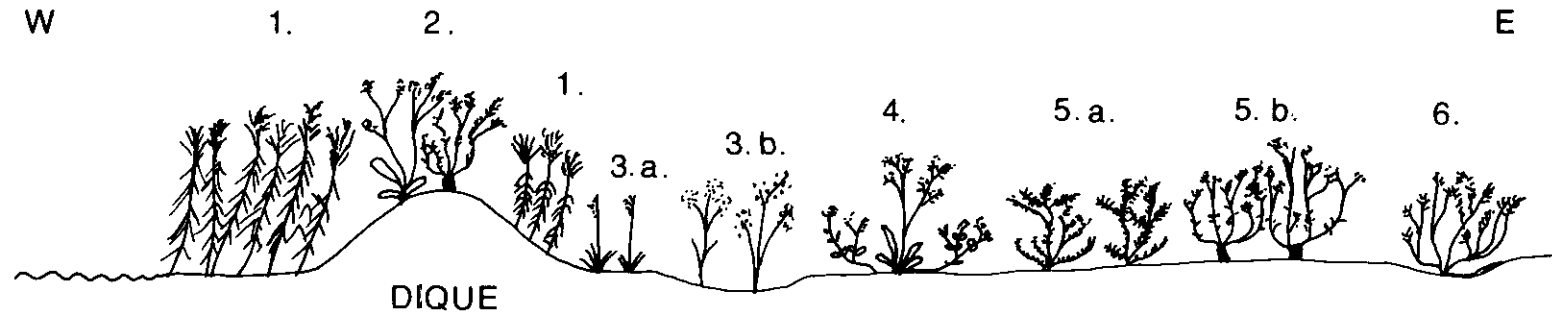


FIG. 5.2. (1992)

1. PHRAGMITES AUSTRALIS
2. ESPECIES NITROHALÓFILAS (LIMONIUM SP, SUAEDA VERA...)
- 3.a. JUNCUS SUBULATUS
- 3.b. JUNCUS GERARDI
4. AELUROPUS LITTORALIS+PUCCINELLIA FASCICULATA
- 5.a. SUÆDA SPICATA+SUÆDA SPLENDENS
- 5.b. SUÆDA VERA
6. SARCOCORNIA PERENNIS

Tras el dique quedan restos del carrizal que aparece en contacto con las praderas juncuales. Domina el Juncus subulatus Fosskal al que acompaña el Aeluropus littoralis (Gouan) Parl., ya que tan sólo en pequeñas depresiones, donde el suelo mantiene algo más de humedad, aparecen restos del Juncus gerardi Loisel acompañado a su vez del Aeluropus littoralis (Gouan) Parl.

Junto al juncal, se sitúa la pradera graminoide halófila cuyas especies características son Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Puccinellia fascicuata (Torrey) E.P.Biknell.

Entre esta pradera graminoide y la franja ocupada por quenopodiáceas vivaces, aparece en la catena de la laguna Grande de Villafranca una banda de plantas anuales halonitrófilas, entre las que destacan Suaeda spicata (Willd) Moq. y Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron.

Por otra parte, tanto en los claros de la pradera graminoide como en los claros de la banda de quenopodiáceas vivaces cabe destacarse la presencia de comunidades terofíticas donde entran a formar parte: Frankenia pulverulenta L., Hordeum marinum Hudson, Polypogon maritimus Willd.

Por último, la mencionada franja de quenopodiáceas vivaces constituida por Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo y Suaeda vera Forskal ex J.F.Gmelin, pero siempre en microdepresiones. En éstas, como ya se indicó los suelos mantienen algo más de humedad. Sin embargo, si se produjera un exceso de humedad, un período de encharcamiento superior a los dos o tres meses, la Suaeda vera Forskal ex J.F.Gmelin tiende a ser sustituida por Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo.

En cuanto a la catena de la laguna Chica de Villafranca (Ver fig 5.3.), comenzando como en la anterior por la orilla del agua, se encuentra un carrizal denso, de bastante altura (2-3 m), con predominio de Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel, aunque también se instalan otras especies como: Althaea officinalis L., Scirpus maritimus L., Calystegia sepium (L.) R.Br., Lythrum

LAGUNA CHICA DE VILLAGRANCA

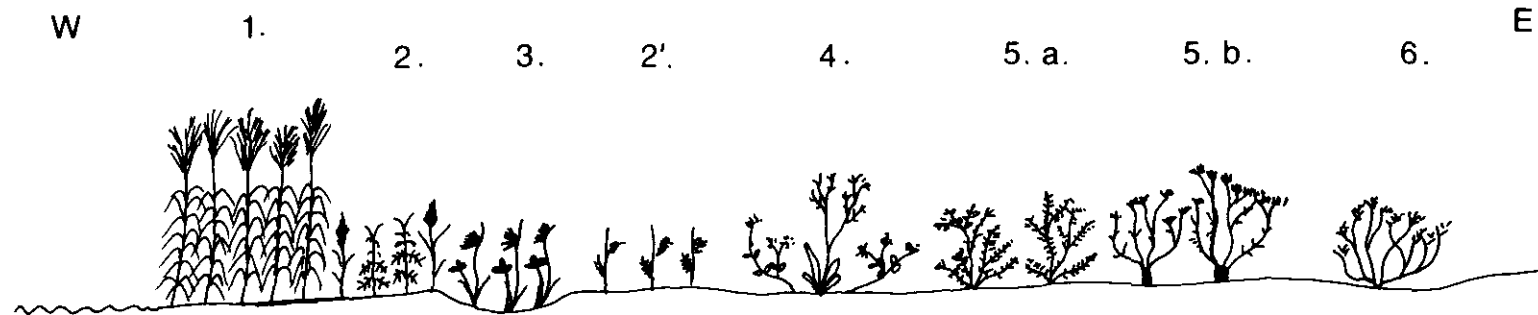


FIG. 5.3 (1992)

1. PHRAGMITES AUSTRALIS
2. PRADERA (AGROSTIS STOLONIFERA+ALTHEÆ OFFICINALIS+TEUCRIUM SCORDIUM)
3. SCIRPUS MARITIMUS
- 2'. PRADERA (ELYMUS REPENS)
4. AELUROPUS LITTORALIS + PUCCINELLIA
- 5.a. SUAEDA SPICATA+SUAEDA SPLENDENS
- 5.b. SUAEDA VERA
6. SARCOCORNIA PERENNIS

salicaria L., Agrostis stolonifera L., Phalaris arundinacea L.

Junto al carrizal, se desarrolla una extensa pradera de hemcriptófitos, cuyas especies más características son: Teucrium scordium L., Agrostis stolonifera L., Altheae officinalis L. y Elymus repens (L.) Gould. También aparecen algunos ejemplares de Sonchus maritimus L. y Juncus maritimus Lam. El suelo sobre el que se asientan es de textura arcillosa, ligeramente salino, que mantiene un nivel freático elevado durante todo el año. Conforme nos alejamos del agua, y el suelo se va haciendo más seco disminuye la presencia de Teucrium scordium L. y pasa a dominar Elymus repens (L.) Gould.

Hay que destacar también la presencia de pequeñas manchas de Scirpus maritimus L. especie higrófila que se localiza siempre en depresiones donde la humedad es mayor.

A partir de aquí, las orlas que se suceden son las mismas que se han descrito en la laguna Grande: tras el pastizal que se podría definir de vega, aparece una pradera graminoide halófila, sobre un suelo seco y de mayor salinidad, cuyas especies características son Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell. Después, se instala una orla de especies anuales halonitrófilas donde abundan las quenopodiáceas anuales, entre las que destacan Suaeda spicata (Willd.) Moq., Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron y Atriplex patula L. Esta formación da paso a la de quenopodiáceas vivaces donde se encuentran Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin y Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo, ésta última siempre en depresiones algo más húmedas y más salinas que donde se asienta la Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin.

Así pues, las diferencias más importantes que se pueden apreciar entre las catenas de la laguna Grande y la laguna Chica son dos:

1. La mayor riqueza florística dentro del carrizal de la Chica, con especies como Lythrum salicaria L., Calystegia sepium (L.) R.Br., Phalaris

arundinacea L. y Agrostis stolonifera L. frente al carrizal de la Grande que podríamos definir como monoespecífico de Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steudel.

2. La desaparición del juncal en la Chica y su sustitución por un pastizal que hemos definido "de vega".

Ambos hechos se explican por la existencia de quemadas periódicas que se realizan para el control de la vegetación. Por una parte, al quemar el carrizal se favorece la presencia de otras especies, lo que da mayor riqueza florística a esta formación. Sin embargo, tras la quema del juncal, aparecen una serie de plantas herbáceas, fundamentalmente gramíneas, de desarrollo rápido, que desplazan a los juncos, más afectados por la acción del fuego.

Por último, queda mencionar un aspecto que no se contempla en las catenas de vegetación descritas: es la presencia de plantas acuáticas.

En 1975, Armengol et al.(1975) señalaron la presencia de Tolypella nidifica var. glomerata (Desv.) R.D.Wood. Junto a ésta, Cirujano en 1980, indica la presencia de Potamogeton pectinatus L. y Zannichellia palustris L.

Tolypella glomerata (Desv.) R.D.Wood es un carófito de desarrollo vernal, que se establece en aguas someras, muy iluminadas y poco mineralizadas.

Potamogeton pectinatus L. y Zannichellia palustris L. son cormófitos, de desarrollo vernal, y que en la zona estudiada suelen colonizar aguas poco profundas, arroyos temporalmente secos, con aguas desde dulces hasta hiposalinas.

Actualmente, no se ha encontrado la presencia de ninguna de estas especies en la laguna. No así, en el canal que comunica el río Gigüela con las lagunas. En este canal, en julio de 1992, se recolectaron ejemplares de Potamogeton pectinatus L., Ranunculus trichophyllus Chaix, Chara aspera Deth. ex Willd, y Zannichellia pedunculata Reichenb.

La desaparición de las plantas acuáticas en las lagunas se ha explicado por una sobrepoblación de carpas, especie que no sólo come algas sino que remueve los fondos dificultando el desarrollo de cualquier planta hidrófita.

5.2. LAGUNA DEL CAMINO DE VILAFRANCA

Como ya se ha señalado en el capítulo 1, no se sabe cuál era la vegetación original de esta laguna, ya que, desde la década de los 20 sufrió una fuerte contaminación por el vertido de aguas residuales del vecino núcleo urbano de Alcázar de San Juan.

La conclusión que se obtiene, tras la revisión de todos los testimonios bibliográficos disponibles, es que tanto la laguna del Camino como la de las Yeguas eran lagunas permanentes y fuertemente contaminadas.

Desde el punto de vista de la vegetación, la contaminación afectaría al desarrollo de las plantas acuáticas, pero no tendría por qué afectar al desarrollo de la vegetación que se instalaba en sus márgenes ¹⁴. El aspecto, pues, de esta vegetación debía ser muy semejante al que existe hoy en día en las lagunas permanentes. Es decir, en sus orillas orlas de vegetación higrofila: carrizo, castañuela, juncales. Tras esta orla, aparecerían los matorrales halófilos con Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo, Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin y distintas especies de Limonium. Por último, se desarrollaría el albardinar con Lygeum spartum L., Senecio auricula Bourgeau ex Cosson, Lepidium cardamines L. etc.

¹⁴ *En los análisis de aguas efectuados, se observa contaminación por la presencia excesiva de fosfatos, no se ha apreciado la existencia de metales pesados u otras sustancias tóxicas de origen industrial. Este hecho, junto a la poca permeabilidad del sustrato, es lo que nos lleva a afirmar que la vegetación de las márgenes apenas si debió sufrir alteraciones.*

La primera catena que se ha encontrado es la realizada por Izco y Cirujano.(1975). Se podría decir que refleja este esquema, aunque la expansión de los cultivos ha limitado el desarrollo de la vegetación marginal y ha hecho desaparecer la orla más externa del albardinar. (Ver fig. 5.4.).

Si comenzamos la catena por el S, encontramos en la parte más exterior los cultivos de Vitis vinifera L., que se extienden hasta las zonas en que la salinidad del suelo impide su desarrollo.

En el borde de los cultivos, y adaptado a la salinidad se desarrolla un pastizal halonitrófilo, de fenología primaveral, con predominio de gramíneas Aeluropus littoralis (Gouan) Parl.y Hordeum maritimum Hudson.

Junto a este pastizal, en las pequeñas depresiones situadas en los bordes de la laguna, aparecen pequeños rodales de Scirpus maritimus L.(castañuela), especie que precisa de suelos húmedos y que soporta períodos de encharcamiento muy prolongados.

Le rodea una orla de Salicornia ramosissima J.Woods, quenopodiácea halófila anual, que se sitúa formando bandas de anchura variable en el borde de las lagunas, sobre suelos que soportan prolongados períodos de encharcamiento.

Juncus maritimus Lam. aparece de forma dispersa dando lugar a pequeñas formaciones monoespecíficas, que incluso colonizan los suelos sometidos a un encharcamiento prolongado.

La catena continúa describiendo la vegetación que ocupa las islas. Se trata de una vegetación de caméfitos y terófitos crasos, fuertemente halófilos. La primera orla, proxima al agua, la ocupa Salicornia ramosissima J. Woods, y Cressa cretica L. Esta interesante planta sólo se conoce en La Mancha en tres lagunas: laguna del Camino de Villafranca (Alcázar de San Juan), laguna del Pueblo (Pedro Muñoz) y laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo).

LAGUNA DEL CAMINO DE VILAFRANCA

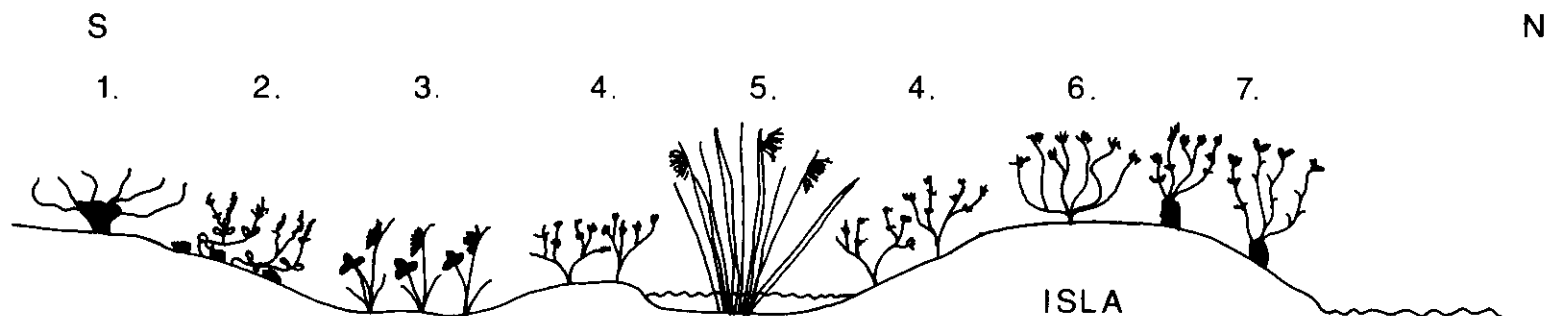


FIG. 5. 4 (IZCO & CIRUJANO, 1975)

1. VITIS VINIFERA
2. AELUROPUS LITTORALIS + HORDEUM MARITIMUM
3. SCIRPUS MARITIMUS
4. SALICORNIA RAMOSISSIMA
5. JUNCUS MARITIMUS
6. SARCOCORNIA PERENNIS
7. SUAEDA VERA

También sobre suelos inundados, en las épocas de mayor inundación, se desarrolla una orla constituida por Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo acompañada de Suaeda spicata (Willd.) Moq. Por último, un poco más arriba, en la parte más elevada de la isla aparece Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin sobre suelos más secos y de carácter salsódico.

Cinco años más tarde, el mismo autor (Cirujano, 1980) vuelve a describir esta laguna. Entre las especies que aparecen inventariadas merece la pena señalar la presencia de Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steudel y Scirpus maritimus L. dentro de la asociación Thypho-Scirpetum tabernaemontani y la de Cressa cretica L. y Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron dentro de la asociación Cressetum creticae.

Por otra parte, también en 1980, Castroviejo & Coello, destacan la presencia de ejemplares triploides de Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo. Estos ejemplares son de un gran interés, ya que, junto con una pequeña población citada en Almenara (Castellón), son los únicos enclaves que se conocen de esta planta.

Estos datos hacen suponer, que al menos hasta 1980-81, las asociaciones de higrófilas estaban relativamente bien representadas y que las orlas de vegetación marginal no habían sido todavía muy alteradas.

Frente a esto, la catena realizada en 1992 (Ver fig 5.5.), manifiesta un claro empobrecimiento del número de especies presentes. Al estudiarla, lo primero que llama la atención es la desaparición de todo rastro de especies higrófilas (carrizales y espadañales), lo que nos indica claramente que las condiciones de encharcamiento, precisas para su desarrollo, han sido alteradas produciéndose prolongados períodos de desecación.

Por otro lado, se observa el desarrollo de varias orlas de quenopodiáceas, especies halófilas que se adaptan mejor a las nuevas condiciones de aridez y salinidad.

LAGUNA DEL CAMINO DE VILAFRANCA

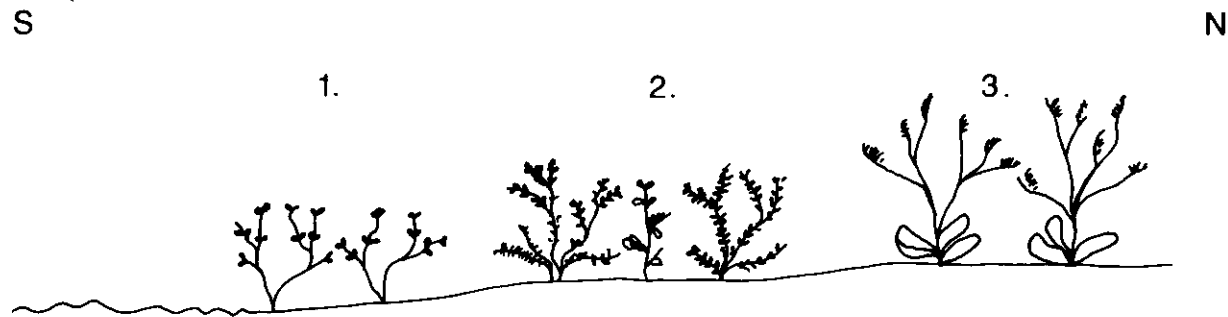


FIG. 5.5 (1992)

1. SALICORNIA RAMOSISSIMA
2. SALSOLA SODA + SUAEDA SPLENDENS + SUAEDA SPICATA
3. LIMONIUM TOURNEFORTII + L. LATEBRATEATUM + L. SUPINUM

La primera orla que se encuentra, comenzando por la orilla, es la de Salicornia ramossissima J.Woods, especie de desarrollo estival-otoñal, pionera sobre suelos salados y desnudos, que destaca por su color rojizo.

Junto a ésta, se localiza una banda de vegetación cuyas especies características son Salsola soda L., Suaeda spicata (Willd.) Moq. y Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron. Son las especies características de la asociación Suaedo splendentis-Salsoletum sodae. Se define esta comunidad por estar compuesta por terófitos halonitrófilos, con desarrollo postestival y que se localizan siempre en suelos húmedos, compactos, ricos en materia orgánica, ligados a las lagunas salobres de aguas cargadas de residuos orgánicos (Cirujano, 1981). Como especie compañera aparece Frankenia pulverulenta L. Actualmente, y tras la desaparición de esta asociación en la vecina laguna de las Yeguas, se puede afirmar que es uno de los pocos sitios en La Mancha que mantiene una buena representación de estas especies.

Por último, aparece la banda de Limonium (Limonium tournefortii (Boiss.) Erben, Limonium latebracteatum Erben, Limonium supinum (Girard.) Pignatti) dando lugar a formaciones de gran cobertura, en suelos secos, que no soportan inundaciones. La aparición de estas formaciones, frecuentemente, es el resultado de la destrucción del albardinar.

Así pues, vemos que a pesar de las alteraciones sufridas, la vegetación de la laguna del Camino de Villafranca es de gran interés. Este motivo, entre otros, fue la causa de que en 1990 la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha se hiciera cargo de su mantenimiento y de la realización de un plan de recuperación.

Ciertos aspectos, como la recuperación de la vegetación marginal (terofítica y vivaz) fueron fáciles de resolver, ya que tan sólo impidiendo el cultivo de las márgenes y el pastoreo, se favoreció su regeneración espontánea.

También la recuperación de la vegetación arbórea fue fácil: la existencia de bosquetes de tarayes (Tamarix canariensis Willd.) en los humedales

próximos confirmaba el hecho de que la vegetación arbórea potencial de los suelos húmedos y salinos correspondía a los tarayes. De aquí, la decisión de repoblar algunos pequeños enclaves con bosquetes de esta especie.

Sin embargo, otros aspectos como la recuperación de la vegetación acuática planteaba serios problemas. La ausencia de referencias bibliográficas, que ayudasen a decidir cuáles eran las especies más adecuadas para su reintroducción en la laguna, decidió a los técnicos de la Junta de Castilla-La Mancha a realizar un estudio sobre la posibilidad de regenerar la vegetación acuática. En dicho estudio (Cirujano,1990) se concluía que la ausencia de propágulos viables en los sedimentos de la laguna y la elevada eutrofización de las aguas eran los principales obstáculos para la regeneración de la vegetación acuática.

A partir de aquí, se comenzaron las experiencias de transporte de cienos cargados de propágulos de plantas acuáticas de otras lagunas vecinas, con características ecológicas semejantes a la del Camino. El resultado del primer año fue la germinación de los propágulos; sin embargo, su completo desarrollo fue impedido por el desprendimiento de las biodermas, que se depositaron sobre las plántulas inhibiendo su crecimiento.

Tras esta experiencia, el segundo año se procedió a una limpieza previa de los fondos (5-6 cms), en el lugar donde después se implantarían los cienos cargados de propágulos; sin embargo, en este segundo año la escasez de lluvias hizo que la laguna se desecara rápidamente, por lo que no se llegó a producir la germinación de los propágulos.

Se debe, pues, esperar a ver que ocurre en el próximo ciclo para poder afirmar si la recuperación de la vegetación acuática es posible o no. Sólo queda comentar, que la especie que germinó fue Ruppia drepanensis Tineo, cormófito que según el mencionado estudio, es el más apropiado dado su resistencia a la turbiedad, por su rápido desarrollo y por su poder de colonización basado en la producción de un gran número de estolones.

5.3. LAGUNA DE LAS YEGUAS

Como ya se ha comentado, la evolución de la laguna de las Yeguas está en íntima relación con la del Camino, ya que ambas lagunas están unidas por un canal. Sin embargo, hay que matizar:

1. El hecho, de que la laguna de las Yeguas este más alejada del punto de vertido de las aguas residuales, hace suponer que aunque se viese afectada por éstos, el grado de contaminación fuera menor que en la laguna del Camino.

2. Al ser una laguna de aguas someras, y el tener una superficie de encharcamiento mucho menor que la del Camino, facilitará, que tras el descenso del nivel freático y con la dependencia del régimen de precipitaciones, el carácter estacional de sus aguas sea mucho más acentuado.

Las catenas que se van a comentar fueron realizadas en 1980 (Cirujano, 1980) y en julio de 1992.

En la primera catena (Ver fig 5.6.), junto al agua, aparece descrita la asociación Puccinellio-Sarcocornietum alpini Castroviejo & Cirujano 1980, cuyas especies características son Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo, Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell. Es, pues, una comunidad halófila vivaz, de cobertura densa, que se desarrolla en un suelo húmedo durante casi todo el año, compacto y muy salino.

Junto a ésta y citada por el autor como uno de los lugares con mejor representación, está la asociación Parapholi-Frankenietum pulverulentae Rivas Martínez ex Castroviejo & Porta 1976. Las especies características son Frankenia pulverulenta L., Parapholis incurva (L.) C.E.Hubbard y Sphenopus

LAGUNA DE LAS YEGUAS

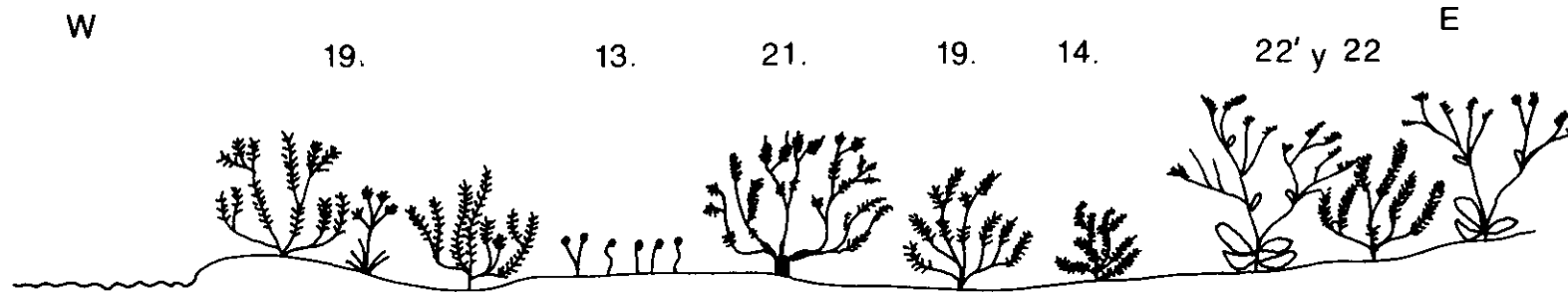


FIG. 5.6 (Cirujano, 1980)

- 19. PUCCINELLIO - SARCOcornIETUM ALPINI
- 13. PARAPHOLI - FRANKENIETUM PULVERULENTAE
- 21. SUAEDETUM BREVI-FOLIAE
- 14. SUAEDO - SALSOLE-TUM SODAE
- 22'. LIMONIETUM LATIBRACTEATO - TOURNEFORTII
- 22. LIMONIETUM LATIBRACTEATO - TOURNEFORTII

Subs. sarcocornietosum alpini

divaricatus (Gouan) Reichenb. Se trata de una comunidad terofítica, de carácter halonitrófilo, que se desarrolla a principios de primavera o en el otoño en los claros de las comunidades halófilas vivaces o colonizando suelos carentes de vegetación.

Las formaciones halófilas vivaces están representadas por el Suaedetum brevifoliae Br.-Bl. & O.Bolós 1957, comunidad de quenopodiáceas que constituye formaciones abiertas en suelos secos en verano, aunque soporta períodos de inundación variables, y ricos en sales. Junto a Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin y siempre en microdepresiones, que implican una mayor humedad, pueden aparecer pequeños rodales de Sarcocornia perennis subsp. alpini (Lag.) Castroviejo. También, en estos suelos, algo más húmedos y con mayor contenido de materia orgánica, se puede encontrar el Suaedo-Salsoletum sodae Br.Bl.1931, cuyas especies características son Salsola soda L. y Suaeda spicata (Willd.) Moq. ambas anuales y de desarrollo estival-otoñal.

La última orla que se recoge en esta catena es la de los limonium, distinguiendo dos asociaciones: Limonietum latebracteato-tournefortii Castroviejo & Porta *em nom.* Castroviejo & Cirujano 1980, que se localiza en los suelos más secos, y el Limonietum latebracteato-tournefortii subsp. sarcocornietosum alpini ss-ass. nov. de los suelos más húmedos. Las especies características son Limonium tournefortii (Boiss.) Erben, Limonium latebracteatum Erben y Limonium supinum (Girard) Pignatti. Se trata de hemicriptófitos de gran cobertura, dada la gran amplitud de sus inflorescencias. Generalmente, esta asociación entra en contacto con el albardinar, asociación Senecio-Lygeetum Rivas Goday & Rivas Martínez 1976. Sin embargo, y aunque en esta catena no aparezca representada, sí conocemos su existencia ya que se encuentra citada por Cirujano (1981) en los inventarios nº 5, 15 y 19 de la tabla 21, en la que señala la presencia de esta comunidad en diversos enclaves manchegos.

Otras asociaciones, que no aparecen en la catena, pero que sí están inventariadas son:

1. Microcnemetum coralloidis Rivas Martínez 1976. Comunidad muy interesante por la presencia del Microcnemum coralloides (Loscos & Pardo) Buen, endemismo de la región mediterránea occidental, que se localiza en suelos subsalinos más o menos húmedos, generalmente en microdepresiones dentro del albardinar.

2. Soncho-Juncetum maritimi Br.-Bl. & O. Bolòs 1957, Juncales halófilos constituidos por Juncus maritimus Lam., Sonchus maritimus L., Sonchus x novocastellanus Cirujano y Elymus curvifolius (Lange) Melderis. Esta última especie ha dado lugar a la descripción de una variante que marca la transición hacia formaciones más secas como es el albardinar.

Como se puede apreciar en esta catena, existe una gran variedad de asociaciones, tanto terofíticas como vivaces. Sin embargo, no hay ninguna referencia sobre plantas acuáticas ni higrófilas.

En la catena de julio de 1992 (Ver fig 5.7.) podemos observar que se han producido pocos cambios en lo que se refiere al tipo de vegetación que se instalaba en esta laguna. Dicha catena nos sorprende, pues frente a lo que hemos visto en otras lagunas, donde los cambios han sido importantes, en las Yeguas se pueden reconocer casi las mismas bandas de vegetación. Presentan, eso sí, un aspecto más pobre resultado fundamentalmente de la presión del pastoreo y de la sequía que se viene acusando durante estos últimos años.

En el vaso lagunar, la primera orla que se encuentra es una banda anual de quenopodiáceas, cuyas especies características son Salicornia ramossissima J. Woods y Suaeda spicata (Willd.) Moq.; especies que, como ya se ha visto en otras catenas, colonizan los suelos salinos de los bordes de las lagunas, destacando por su color rojizo.

Más alejada del agua, aparece la banda de Suaeda vera Forsskal ex J.F.Gmelin, que según la mayor o menor humedad del suelo alterna con Sarcocornia perennis subsp. alpinj (Lag.) Castroviejo; ocupa el borde más descarnado y desnudo de la laguna y se extienden algo más hacia el exterior,

LAGUNA DE LAS YEGUAS

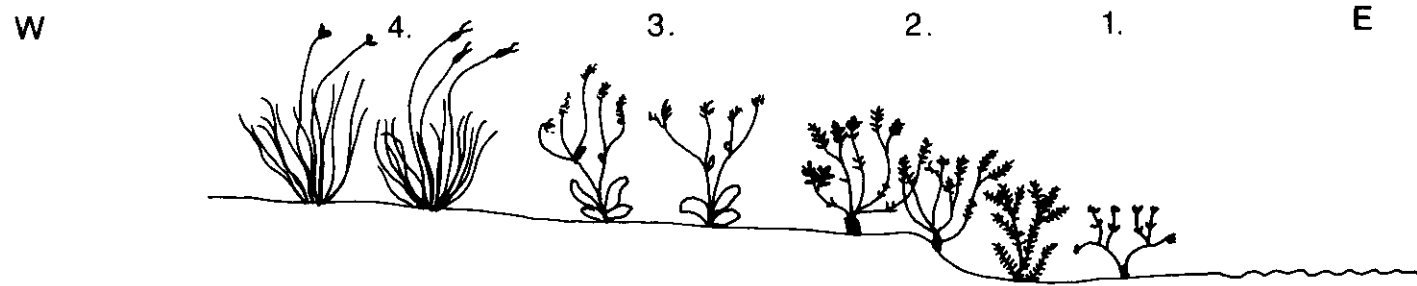


FIG. 5.7. (1992)

1. *SUAEDA SPICATA* + *SALICORNIA RAMOSISSIMA*
2. *SUAEDA VERA*
3. *LIMONIUM LATEBRATEATUM*-*TOURNEFORTII*
4. *LYGEUM SPARTUM*

apareciendo en sus claros las especies halonitrófilas anuales características de la asociación Parapholi-Frankenietum pulverulentae Rivas Martínez ex Castroviejo & Porta 1976: Frankenia pulverulenta L., acompañada aquí por Salsola kali L. y Bassia scoparia (L.) Voss.

A continuación, aparecen algunos ejemplares de Limonium sp., que forman bandas mixtas con Suaeda vera Forsskal ex J. F. Gmelin, y poco a poco dan paso a un predominio de los Limonium (Limonium tournefortii (Boiss.) Erben y Limonium latebracteatum Erben). Estos Limonium, como ya se ha visto, no soportan encharcamientos y se localizan sobre suelos secos y subhalófilos.

Por último, completa la catena un albardinar, muy alterado por el pastoreo, cuyas especies características son Lygeum spartum L. y Elymus curvifolius (Lange) Melderis, a las que acompañan: Frankenia thymifolia Desf., Suaeda vera Forsskal ex J.F. Gmelin, Limonium echioides (L.) Miller y Reseda lutea L. Como se ve, la presencia de Elymus curvifolius (Lange) denuncia que estamos en un albardinar muy alterado, y próximo a zonas removidas en barbecho. Es, pues, un albardinar que incluiríamos dentro de la subasociación elymetosum, caracterizada por la dominancia del Elymus curvifolius (Lange) y las ausencias de Senecio auricula Bourgeau ex Cosson y Lepidium cardamines L.

5.4. LAGUNA DEL PUEBLO (O DE LA VEGA)

No se ha encontrado en la bibliografía ninguna catena de vegetación de la laguna del Pueblo. Al parecer, en 1973 era ésta una laguna con aguas temporales, someras y salobres (Cirujano, comunicación personal).

Después del citado año, las características de la laguna fueron cambiando progresivamente, debido al vertido de aguas residuales.

Como ya se ha visto, el vertido de aguas residuales afecta a una laguna, provocando una serie de cambios, entre los que de forma inmediata destacan:

- Alteraciones en la calidad del agua (proceso de eutrofización).
- Disminución de la salinidad de las aguas.
- Cambios en el régimen hidrológico de las lagunas, que pasan a ser semipermanentes o incluso, dependiendo del volumen de los vertidos, permanentes.

Desde el punto de vista de la vegetación, estas nuevas condiciones provocan cambios progresivos en las formaciones vegetales. Esto se puede observar claramente, si se comparan la catena descrita para antes de 1973 y la realizada en julio de 1992.

En la primera catena (Ver fig 5.8.) destaca, dentro de la vegetación acuática, la presencia de Zannichellia sp., cormófito acuático propio de aguas someras, y lagunas poco profundas, generalmente de carácter estacional, con aguas desde dulces hasta hiposalinas. Sin embargo, "su desarrollo vernal les permite colonizar aguas y charcas salinas ya que alcanzan su óptimo cuando estos humedales tienen mayor volumen de agua y por tanto menor concentración salina" (Cirujano, 1991).

Junto a Zanichellia sp y ocupando todo el vaso lagunar aparecen formaciones de Scirpus maritimus L., especie higrófila, que aquí se desarrolla en formaciones monoespecíficas. Dicha especie es propia de aguas salobres y subsalobres con un corto período de desecación estival; los suelos que ocupa se podrían definir como hidromorfos con un horizonte A negruzco y rico en materia orgánica.

Por último, en las orillas, formando una banda al borde del agua, aparecen Salicornia ramosissima J.Woods acompañada de Cressa cretica L. En el inventario de la asociación Suaedo splendidis-Salicornietum ramosissimae Rivas Martínez & al. 1980, realizado por Cirujano (1981), además de estas dos especies cita como presentes Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron,

LAGUNA DEL PUEBLO

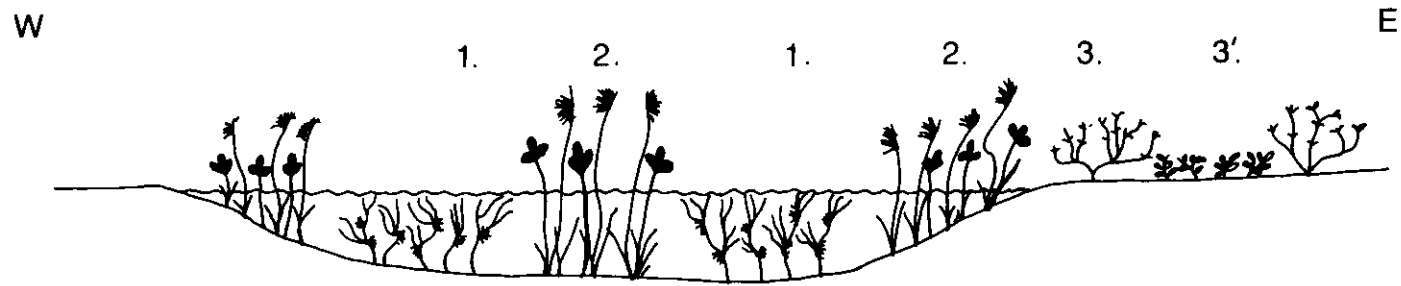


FIG. 5.8

- | | | |
|---|---|--------------------------|
| 1. ZANNICHELLIA SP | } | Por todo el vaso lagunar |
| 2. SCIRPUS MARITIMUS | | |
| 3 y 3'. SALICORNIA RAMOSISSIMA + CRESSA CRETICA | | |

Crypsis schoenoides L. y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell. Son formaciones que soportan elevadas concentraciones de sal en el suelo, de fenología primaveral-otoñal y que destacan por su color rojizo.

Frente a esto, si se observa la catena realizada en 1992 (Ver fig 5.9.), el hecho que más llama la atención es el desarrollo de una orla bastante ancha de carrizo. Como sabemos, el Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel es un helófito de gran altura (2-3 m), que coloniza márgenes de lagunas, ríos y arroyos de aguas dulces o ligeramente salobres, que da lugar a formaciones densas. Los suelos sobre los que se asienta son hidromorfos, inundados la mayor parte del año, aunque pueden quedar desecados superficialmente en verano.

Junto a esta orla de carrizo, se ven formaciones de Scirpus maritimus L.; dichas formaciones ocupaban antes todo el vaso lagunar, sin embargo, ahora han quedado desplazadas fundamentalmente a las orillas.

Tras esta banda de higrófilas, aparece una pradera halófila graminoide, cuyas especies características son Aeluropus littoralis (Gouan) Parl. y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell. Es, pues, una comunidad de carácter pionero, que coloniza suelos expuestos a un período de inundación variable, con desecación estival acusada.

A esta pradera halófila, le sucede un pastizal halonitrófilo que se localiza en el borde del camino, y donde domina Hordeum marinum Hudson, especie nitrófila anual de primavera, a la que acompañan Suaeda spicata (Willd.) Moq. y Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron. Sin embargo, en los años más secos las formaciones de Hordeum marinum Hudson por ser un terófito, cuyo desarrollo depende de las condiciones ecológicas (inundación-desecación) que se producen cada año, pueden llegar a colonizar la franja ocupada por Aeluropus littoralis (Gouan) Parl., y Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell, llegando a estar en contacto con la banda de especies higrófilas.

LAGUNA DEL PUEBLO

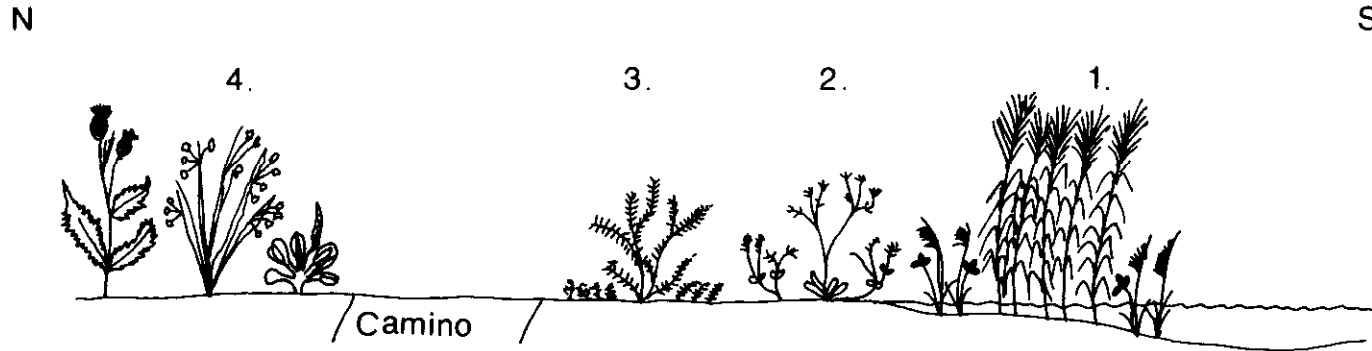


FIG. 5. 9 (1992)

1. PHRAGMITES AUSTRALIS + SCIRPUS MARITIMUS
2. AELORUPUS LITTORALIS+ PUCCINELLIA FASCICULATA
3. SUAEDA SPLENDENS + SUAEDA SPICATA + HORDEUM MARINUM
4. SCIRPUS HOLOSCHOENUS + CIRSIUM VULGARE + PLANTAGO MAJOR

Al otro lado del camino, destacaba la existencia de praderas juncuales con formaciones de Scirpus holoschoenus L., Juncus maritimus Lam. acompañados de otras especies como Plantago major L. y Cirsium vulgare (Savi) Ten., se localizaban en el borde de los cultivos en suelos subhalófilos. Actualmente, sin embargo, de estas praderas juncuales no quedan más que pequeños restos, ya que se ha puesto en cultivo todo el terreno hasta el mismo borde del camino.

Por último, queda señalar la presencia de una orla de Tamarix, que como ya se comentó, es fruto de la repoblación llevada a cabo en verano de 1989, por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. La finalidad era establecer una vegetación que frenará la erosión de las orillas, creadas tras las obras de limpieza y desescombro, y que hiciera de pantalla, aislando la laguna de las perturbaciones que provenían del pueblo y de la carretera. La especie plantada fue Tamarix canariensis Willd., que como ya se ha señalado, estaba documentada en el área y de la cual aún quedaban algunos ejemplares aislados en el área de estudio.

Así pues, al comparar las dos catenas descritas, encontramos una serie de cambios importantes. Estos se pueden resumir en:

- Desaparición de la vegetación acuática, en concreto, de Zanichellia sp.
- Desarrollo de una orla de Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel alrededor de todo el vaso lagunar.
- Desplazamiento del Scirpus maritimus L. a las orillas, antes citado en todo el vaso lagunar.
- Destrucción de la pradera juncal.
- Creación de una orla arbórea de Tamarix canariensis Willd.

Todos estos cambios han sido generados, de un modo directo o indirecto, por el hombre.

De un modo directo se produjo la destrucción de la pradera juncal, ya que éste fue el resultado del laboreo de los terrenos que rodeaban la laguna. También de una forma directa se creó la orla arbórea de Tamarix canariensis Willd., ya que fue fruto de la repoblación llevada a cabo por los técnicos de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Sin embargo, el resto de los cambios se han producido de un modo indirecto, debido a la adaptación progresiva de las formaciones vegetales a las nuevas condiciones creadas por el vertido de aguas residuales.

Así pues, la desaparición de la Zanichellia sp creemos se pudo deber al aumento de la profundidad de las aguas y al aumento de la turbiedad, factores ambos que dificultan el paso de la luz necesaria para el crecimiento de este hidrófito.

A su vez, el desarrollo de la orla de carrizo, creemos se pudo deber a las nuevas condiciones de encharcamiento, ya que el aporte del caudal de las aguas residuales, da lugar a una prolongación del período de permanencia del agua, favoreciendo el desarrollo de esta especie higrófila.

Por último, el desplazamiento del Scirpus maritimus L. a los bordes, creemos se pudo deber a la mayor profundidad de las aguas, lo que impidió el desarrollo de la especie en todo el vaso lagunar.

Como conclusión, se puede afirmar, que desde el punto de vista botánico, esta laguna es la que ha sufrido mayores cambios, alterando profundamente su fisonomía.

5.5. LAGUNA DE ALCAHOZO

En la primera catena, descrita por Cirujano (1980), se pueden distinguir dos grupos de vegetación bien diferenciados. Por un lado, la vegetación higrófila, cuya presencia está ligada a la existencia de un manantial de aguas

dulces. Por otro lado, la vegetación marginal, ligada a suelos salinos y con mucha menor humedad, que se localiza entre la vegetación higrófila y la orilla de la laguna (Ver fig.5.10).

La vegetación higrófila descrita junto al manantial está compuesta por la asociación Soncho-Claudietum marisci (Br.-Bl. & O. Bolòs 1957) em.nom. Cirujano 1980, con formaciones de Cladium mariscus (L.) Pohl casi puras, con una altura alrededor de los 2 metros. Este masegar está ligado a suelos sometidos a una inundación prolongada, incluso encharcados durante todo el año. Bordeando la masiega aparecen densos cepellones de Carex hispida Willd. a los que acompaña Cirsium monspessulanum (L.) Hill. También, esta formación aparece siempre ligada a suelos húmedos y turbosos y forma una banda exterior al Soncho-Claudietum marisci (Br.-Bl. & O. Bolòs 1957) em.nom. Cirujano 1980, como hemos visto, más húmedo.

El segundo tipo de formaciones, las marginales, están representadas por plantas que forman praderas juncales y graminoides de carácter halófilo.

Las asociaciones más destacadas son la Soncho-Juncetum maritimi Br.-Bl. & O. Bolòs 1957, que constituye juncales densos (85-100 %), de talla media, pobres en especies, y con dominancia del Juncus maritimus Lam. En esta catena aparece formando dos bandas:

1. Junto a la orilla de la laguna.
2. Junto a la orla de Carex hispida Willd., como borde de la vegetación higrófila.

Otra asociación presente es el Schoeno-Plantaginetum maritimae Rivas Martínez 1984, constituye praderas halófilas densas, de hasta 1 metro de altura, las especies características Schoenus nigricans L. y Dorycnium pentaphyllum subsp. gracile (Jordan) Rouy, se describen sobre suelos arcilloso-arenosos salinos.

La asociación Aeluropo-Puccinellietum fasciculatae (Rivas Goday 1955) Rivas Martínez & Costa 1976, forma praderas graminoides, de carácter halófilo.

LAGUNA DE ALCAHOZO

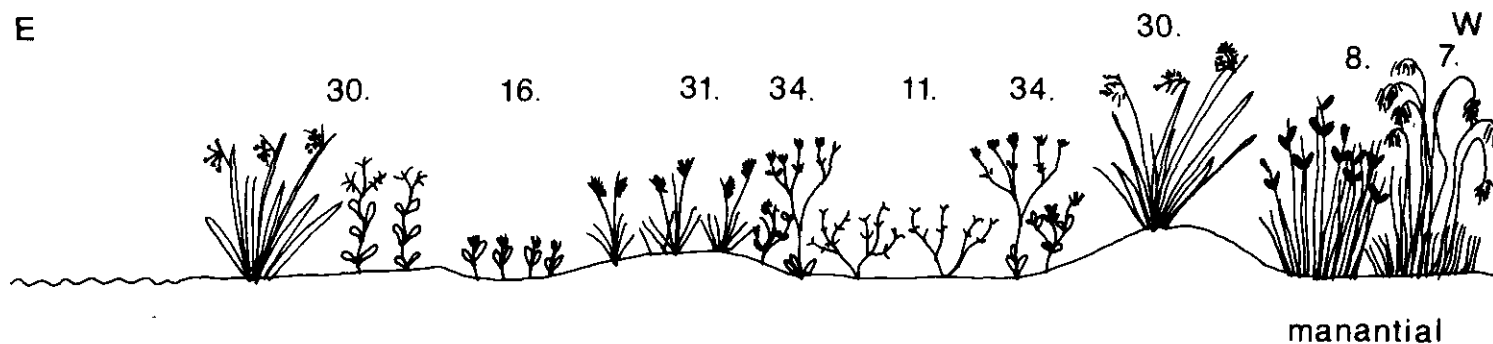


FIG. 5.10 (Cirujano, 1980)

- 30. SONCHO - JUNCETUM MARITIMI
- 16. COM. SUAEDA SPLENDENS
- 31. SCHOENO - PLANTAGINETUM
- 34. AELORUPO - PUCCINELLIETUM FASCICULATAE
- 11. COM. SALICORNIA RAMOSISSIMA
- 8. CARICETUM HISPIDAE
- 7. SONCHO - CLADIETUM MARISCI

La especie dominante es Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell, a la que aquí acompañan Aeluropus litoralis (Gouan) Parl. y Frankenia laevis L. Es una asociación de carácter pionero, que coloniza suelos encharcados temporalmente, con una sequía estival muy acusada y pobres en materia orgánica.

Junto a estas asociaciones, en la catena que estamos comentando, aparecen representadas dos comunidades de quenopodiáceas: la comunidad de Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron y la de Salicornia ramosissima J.Woods. Ambas comunidades tienen desarrollo primaveral-otoñal, y forman bandas de anchura variable sobre suelos desnudos y cubiertos de eflorescencias salinas en verano. La comunidad de Salicornia ramosissima J.Woods suele instalarse siempre en suelos sometidos a un período de inundación más prolongado que los suelos colonizados por Suaeda splendens (Pourret) Gren & Godron. Aunque esta planta, en ocasiones, cuando el encharcamiento ha sido menor, puede penetrar en los suelos colonizados por Salicornia ramosissima J.Woods.

Tras una exhaustiva revisión bibliográfica, se han encontrado citas de una asociación de plantas higrófilas y varias especies acuáticas (Cirujano, 1980), que aunque no aparecen en la catena comentada, es interesante señalar.

Dicha asociación es el Helosciadietum nodiflori Br.-Bl. 1931. Constituida por plantas jugosas sumergidas parcialmente, con gran desarrollo durante primavera y verano, que se dan en aguas limpias y bien aireadas. Las especies que aparecen en el inventario son Nasturtium officinale R.Br. y Apium nodiflorum (L.) Lag. Son, pues, especies que están ligadas a la presencia del manantial.

A su vez, entre las especies acuáticas, podemos distinguir: un primer grupo ligado a la existencia del manantial con Potamogeton coloratus Hornem y Utricularia vulgaris L., macrófitos ligados a aguas claras y no salinas; y un segundo grupo, formado por Ruppia drepanensis Tineo y Lamprothamnium

papulosum (Wallr.) J.Groves, especies exclusivas de aguas salinas y estacionales, que están localizadas en la laguna propiamente dicha.

Como se desprende de estos comentarios, es la presencia del manantial la que da a este lugar una especial riqueza florística, ya que se encuentran especies características de los saladares manchegos junto a especies que sólo aparecen ligadas a cursos de aguas claras y no salinas.

Por tanto, la desaparición del manantial, debido al lento pero continuo descenso de los niveles freáticos del acuífero nº 23, está alterando de una manera profunda e irreversible el ecosistema.

Como se puede ver en la catena realizada en 1992 (Ver fig 5.11), actualmente, aún se pueden distinguir los dos grupos de vegetación: la higrófila y la marginal.

Sin embargo, de los densos masegares descritos y de las magníficas praderas juncuales, ahora sólo quedan pequeños retazos que con el tiempo están condenados a desaparecer.

Frente a esto, las comunidades de quenopodiáceas, es decir, las comunidades de Salicornia ramosissima J.Woods y de Suaeda spicata (Willd.) Moq., especies que se adaptan mejor a las nuevas condiciones de salinidad y aridez, forman extensas bandas junto a las orillas, destacando por su coloración púrpura.

Junto a estas orlas, y ya fuera del terreno encharcable, se encuentra una banda formada esencialmente por Puccinellia fasciculata (Torrey) E.P.Bicknell, Limonium tournefortii (Boiss.) Erben y Limonium longibracteatum Erben (especie endémica de La Mancha). Destacar que estas especies de Limonium no habían aparecido recogidas en ningún inventario anterior, por lo tanto se puede suponer que han visto favorecidas su desarrollo por las nuevas condiciones edáficas.

En cuanto a las especies acuáticas, estas también han sido afectadas, ya que no sólo han desaparecido las especies ligadas a las aguas dulces del

LAGUNA DE ALCAHOZO

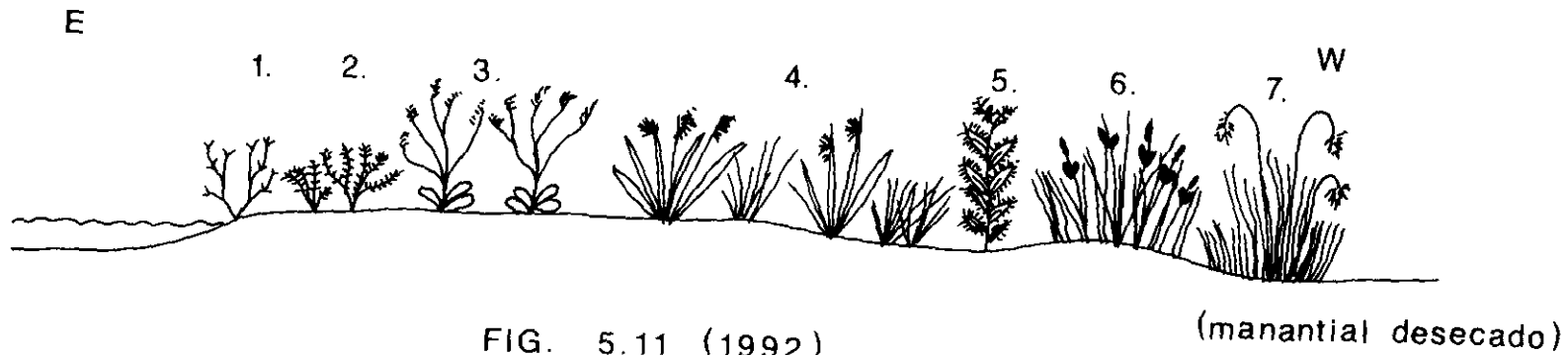


FIG. 5.11 (1992)

(manantial desecado)

1. SALICORNIA RAMOSISSIMA
2. SUAEDA SPICATA
3. LIMONIUM TOURNEFORTII + LONGIBRACTEATUM
4. JUNCUS MARITIMUS (RESTOS)
5. RESTOS CIRSIUM MONSPESSULANUM
6. CAREX HISPIDA
7. RESTOS MASEGAR

manantial, sino que también han desaparecido las especies ligadas a la laguna. Creemos que el origen de esto es el exceso de salinidad, ya que al no llegar agua dulce a la laguna, ésta se ha convertido en una auténtica salmuera, con concentraciones que superan las 180.000 ppm de T.D.S., concentraciones que impiden el desarrollo de estas especies.

Como conclusión, destacar de nuevo el papel del hombre como causante de los cambios y alteraciones producidas.

La desecación del manantial ha traído consigo la desaparición de todas las especies higrófilas y acuáticas que estaban ligadas al mismo, con el consiguiente empobrecimiento del ecosistema.

Sin embargo, como contrapartida, debemos señalar el gran interés que tienen las comunidades de caméfitos y hemcriptófitos desarrolladas a raíz de las nuevas condiciones edáficas.

6.- LA IMPORTANCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA GENESIS DE LOS HUMEDALES.

La interpretación moderna del papel que desempeñan las aguas subterráneas en la génesis de las lagunas consideradas endorreicas o esteparias, data de la década de los 30, cuando Emilio Huguet del Villar publica una serie de libros argumentando la participación de "causas hipogénicas profundas" junto a factores que actúan en superficie para explicar la presencia de lagos salinos en el interior peninsular y otros fenómenos como los volcanes de barro y los suelos salinos (Huguet del Villar, 1937; 1950).

Estas ideas, sin embargo, no encontraron plena justificación hasta la publicación por Hubbert (1940) y Toth (1962, 1963) de los modelos que explican los flujos ascendentes de las aguas subterráneas en acuíferos libres y sus manifestaciones en superficie.

A pesar de estos antecedentes, hasta la década de los 80, se manifiesta un escaso conocimiento del papel que desempeñan las aguas subterráneas en la génesis y dinámica de los humedales. Durante muchos años las zonas húmedas se estudian y gestionan ignorando el papel que tienen las aguas subterráneas.

Actualmente, nadie duda del importante papel que desempeñan las aguas subterráneas en la génesis y dinámica de un gran número de humedales.

Las teorías sobre el endorreísmo de autores clásicos como Dantín Cereceda (1940), Solé Sabaris (1954), Pedro Plans (1969), etc, sobre la acumulación de aguas llovedizas en áreas deprimidas no bastan para explicar la presencia de un numeroso grupo de humedales.

Como González Bernáldez afirma: "Actualmente se sabe, que junto a las aguas de lluvia y de escorrentía, las aguas subterráneas participan, en mayor o menor medida, junto con las meteóricas en la génesis de la mayoría de los humedales" (González Bernáldez, 1987).

Dicho esto, y antes de pasar a la descripción de las principales características hidrogeológicas de la zona de estudio, nos parece oportuno dar unas notas sobre lo que es un acuífero, los tipos de acuífero existentes y el modelo teórico de circulación de las aguas subterráneas.

Todas las definiciones se han obtenido de la obra de Emilio Custodio y Ramón Llamas (1976) *Hidrología subterránea*, obra a la que remitimos para ampliar cualquier aspecto sobre este tema.

Se denomina **acuífero** "aquella estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables". O de forma más sencilla: "formación geológica que permite el almacenamiento y transmisión del agua".

Junto a éstos, existen los **acuicludos** (del latín claudere = encerrar): se definen "como aquellas formaciones geológicas que conteniendo agua en su interior, incluso hasta la saturación no la transmiten".

Los **acuítardos** (del latín tardare = retardar): son "las formaciones geológicas que, conteniendo apreciables cantidades de agua, la transmiten muy lentamente". La alternancia de acuíferos y acuítardos da lugar a un acuífero multicapa.

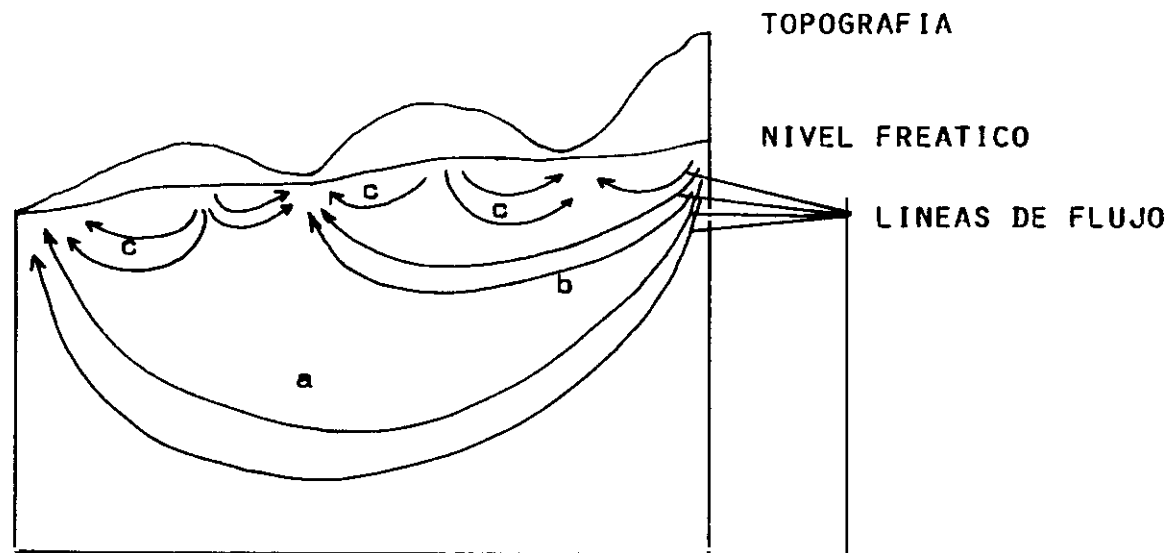
Por último, se denomina **acuífugo** (del latín fugere = huir): "a aquellas formaciones que no tienen agua ni la pueden transmitir".

Por otra parte, desde el punto de vista de la explotación, se distinguen los **acuíferos libres**: aquéllos en que el límite superior del acuífero es la superficie freática, lugar donde la presión del agua subterránea es igual a la presión atmosférica. El límite inferior es una capa mucho menos permeable, que hace de capa confinante; y los **acuíferos confinados o cautivos** consisten en una capa de material permeable intercalada entre dos capas confinantes mucho menos permeables. En este tipo de acuífero el agua tiene una presión superior a la atmosférica y no tiene una superficie libre o freática sino que se caracteriza por la superficie piezométrica (que es la superficie obtenida midiendo los niveles en piezómetros que penetran en el acuífero confinado).

En cuanto a la dinámica del agua subterránea, se puede afirmar que "el movimiento del agua subterránea en un acuífero consiste en flujos más o menos curvos, descendentes en las áreas de recarga (zonas montañosas) y ascendentes en las de descarga (frecuentemente en las depresiones del terreno y vaguadas)". (Bernáldez y Montes, 1989).

Una idea importante que hay que destacar es que no todo el agua tiene el mismo origen ni el mismo destino, sino que existen distintos flujos: locales, intermedios y regionales. (Ver fig. 6.1).

En general se puede afirmar que "cuando el relieve es pronunciado y la profundidad del acuífero escasa, se desarrollan flujos locales. Para relieves



LEYENDA: a → Flujo regional (décadas y hasta milenios)
 b → Flujo intermedio (años)
 c → Flujo local (meses)

FIGURA 6.1 : MOVIMIENTOS DEL AGUA SUBTERRANEA

FUENTE: LOS HUMEDALES DEL ACUIFERO DE MADRID
 (BERNALDEZ & MONTES, 1989)

suaves y gran profundidad, predominan los flujos regionales. Con fuertes relieves y gran profundidad del acuífero, se desarrollan sistemas de flujos locales, intermedios y regionales" (Bernáldez y Montes, 1989) ¹⁵.

Una vez reconocida la importancia de las aguas subterráneas en el origen y dinámica de la mayoría de los humedales, se van a definir las principales características hidrogeológicas de la zona, y se van a intentar describir las posibles relaciones existentes entre los flujos subterráneos y la génesis de las lagunas objeto de este estudio.

Hidrogeológicamente, nos encontramos en un área de gran complejidad, ya que se localiza en el límite de tres sistemas acuíferos. (Ver mapa 6.1). Los denominados en el Mapa Nacional de Síntesis de Sistemas Acuíferos del I.G.M.E.:

Nº 19 - Unidad caliza de Altomira.

Nº 20 - Terciario detrítico-calizo del N. de La Mancha.

Nº 23 - La Mancha Occidental.

Tanto las descripciones de los sistemas acuíferos como los valores de los parámetros hidrogeológicos han sido obtenidos del artículo "Características hidrogeológicas generales de la Cuenca Alta del Río Guadiana" (Niñerola Pla y Torrens Pla, 1979); al cual remitimos para mayor información.

¹⁵ A pesar, de que este modelo de flujo ha sido ampliamente difundido y aceptado por los hidrogeólogos, hay dos aspectos que no nos parecen acertados:

1. ¿Porqué son curvas las líneas de flujo?

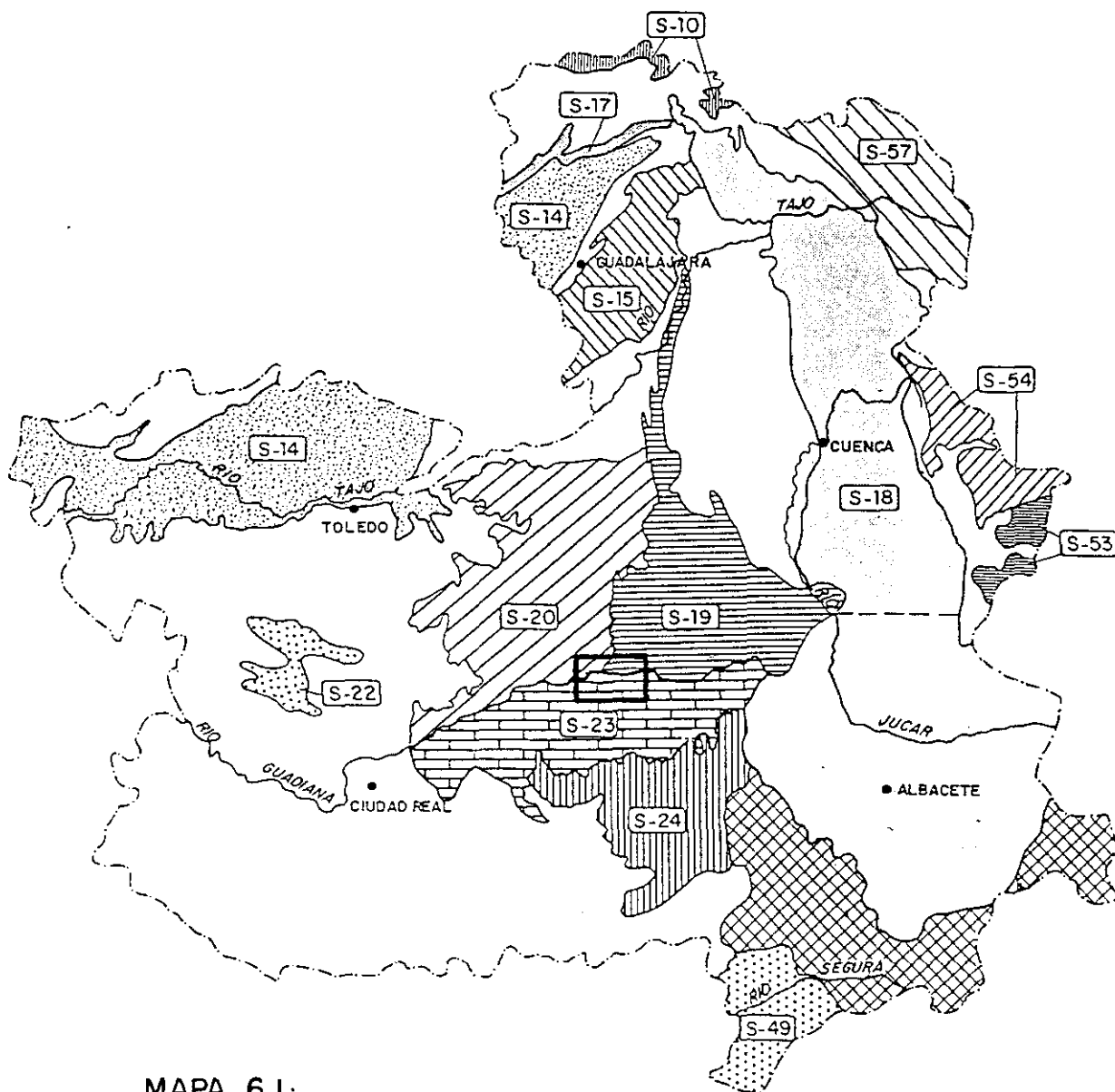
No sería más lógico pensar, que el agua desciende verticalmente desde el área de recarga (zonas montañosas) hasta encontrar una capa impermeable o una capa saturada, fluyendo desde aquí, de un modo más o menos horizontal, y aflorando posteriormente en zonas de descarga (lugares topográficamente más bajos).

2. ¿Cómo el agua del flujo regional (flujo a) puede ascender a la superficie?

Si afirmamos que dichas aguas están cargadas en sales (tras haber estado en contacto con el sustrato durante un largo período de tiempo), su densidad será mayor que la del agua que está en superficie y por tanto no podrá desplazar al agua superficial más liviana.

- S-10 - Unidad kárstica mesozoica del extremo septentrional de la Ibérica.
- S-14 - Terciario detrítico Madrid-Toledo.-Cáceres.
- S-15 - Calizas del páramo de La Alcarria.
- S-17 - Reborde mesozoico del Guadarrama.
- S-18 - Mesozoico del flanco occidental de la Ibérica (Norte) y La Mancha oriental (Sur).
- S-19 - Unidad caliza de Altomira.
- S-20 - Terciario detrítico-calizo del Norte de La Mancha.
- S-22 - Pliocuaternalio del río Bullaque.

- S-23 - Mancha occidental.
- S-24 - Calizas del Campo de Montiel.
- S-49 - Complejo calizo-dolomítico Prebético.
- S-53 - Mesozoico septentrional valenciano.
- S-54 - Calizo jurásico de Albarracín-Javalambre.
- S-57 - Mesozoico de Monreal-Gallocanta.
- XXXX Acuíferos Aislados de Albacete.



MAPA 6.1:
CASTILLA-LA MANCHA. SINTESIS DE SISTEMAS ACUIFEROS

□ AREA DE ESTUDIO

Nº 19. UNIDAD CALIZA DE ALTOMIRA




Desde el punto de vista geológico se presenta en forma de alineaciones estructurales, pliegues con anticlinales y sinclinales mesozoicos de dirección N-S, única en la cuenca del Tajo, y varias paralelas en la del Guadiana. Están formadas por una serie calcárea depositada sobre materiales triásicos, cuya potencia aumenta considerablemente de W a E. En las zonas deprimidas (sinclinales) se depositaron potentes formaciones detríticas terciarias. (Ver mapa 6.2).

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales secundarios (calizas, dolomías y margas del Jurásico y Cretácico) forman varios acuíferos, más o menos conectados entre sí o aislados. Se trata de acuíferos libres semiconfinados y quizás confinados, debajo de los materiales terciarios. La transmisividad del acuífero Jurásico se ha evaluado entre $500 \text{ m}^2/\text{día}$ y $10.000 \text{ m}^2/\text{día}$, con valores frecuentes próximos a $1000 \text{ m}^2/\text{día}$. En el acuífero Cretácico, estos valores están comprendidos entre $30 \text{ m}^2/\text{día}$ y $100 \text{ m}^2/\text{día}$. El coeficiente de almacenamiento medio se ha estimado en 0.05.









Los acuíferos formados por los materiales terciarios son pobres. Se trata de un conjunto heterogéneo de materiales en general poco permeables, que forman acuíferos mal conectados entre sí y poco importantes. Las transmisividades de dichos acuíferos son muy bajas, tan sólo de unos pocos $\text{m}^2/\text{día}$.

El movimiento del agua dentro de este sistema acuífero es el siguiente: la recarga procede fundamentalmente de la infiltración de las aguas de lluvia sobre los relieves cálizos y en mucha menor proporción de la percolación del Terciario. La descarga se produce directamente a los ríos, a través de manantiales, como aportación subterránea al sistema acuífero Nº 23 y artificialmente por medio de bombeos. (IGME, 1985).




LITOLOGIA

CUATERNARIO TERCIARIO		Arcillas, margas, arenas, areniscas, conglomerados. Semipermeable.
CRETACICO		Calizas, margas y dolomías. En la base, nivel de arenas y arcillas. Permeable.
JURASICO		Calizas, dolomías, carnioles y margas. Permeable.





SIMBOLOS GEOLOGICOS

	Contacto entre formaciones.		Anticlinal
	Límite del sistema acuífero.		Sinclinal
	Límite abierto del sistema acuífero.		Falla o fractura.
	Anticlinal volcado		Falla inversa.

CAPTACIONES Y OBRAS

	Sondeo	A: de abastecimiento.
		P: de control de la red de piezometría.
		C: de control de la red de calidad.
	Trasvase Tajo-Segura	
	Canal subterrdneo	




HIDROLOGIA SUBTERRANEA

	Línea isopiezométrica correspondiente a Septiembre-October de 1974.
	Dirección del flujo subterráneo.
	Evolución de niveles en los piezómetros característicos.
	Divisoria de aguas subterráneas.

HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

	Divisoria hidrogrática
---	------------------------

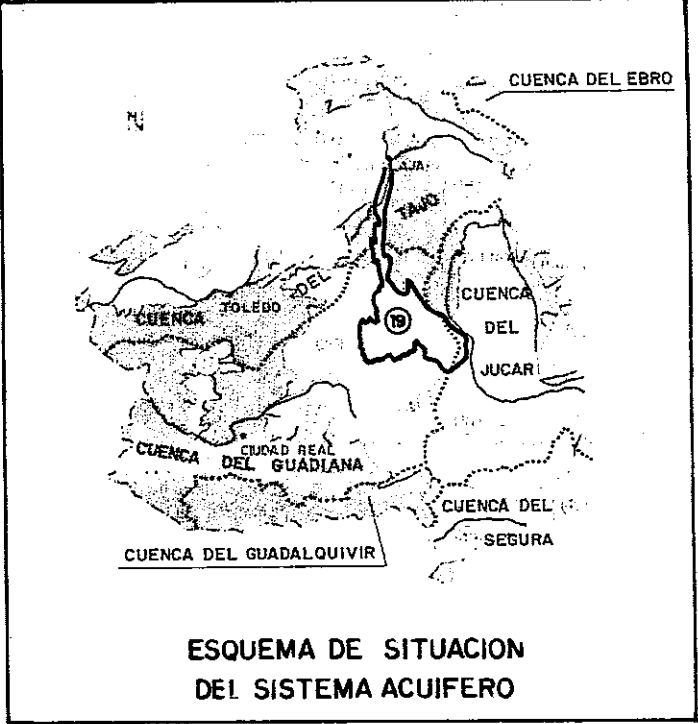
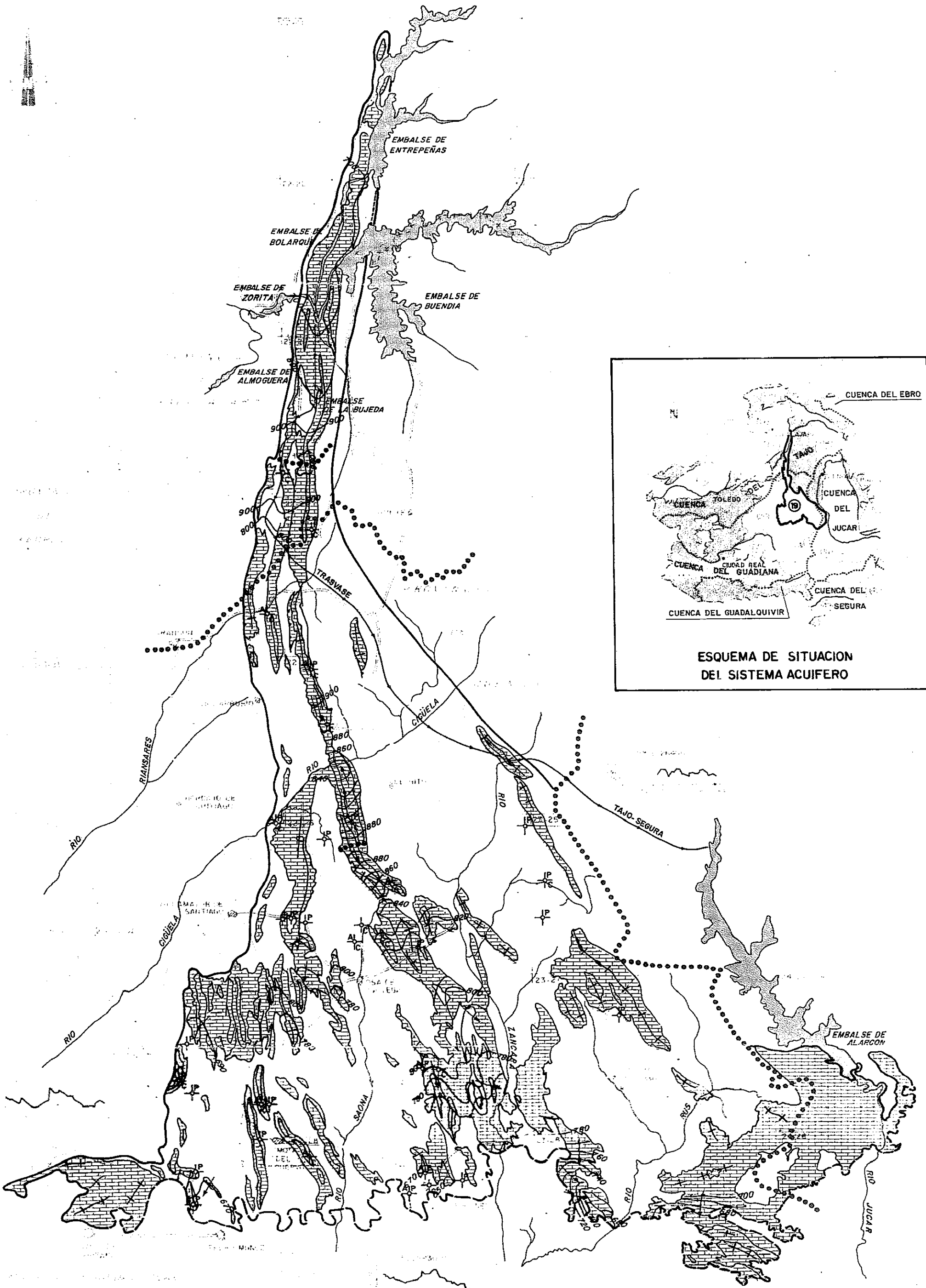
LIMITES ADMINISTRATIVOS

	Límite hoja topográfica 1:50.000 con indicación del número de la misma.
	Límite de comunidad
	Límite provincial.



MAPA 6.2:
SISTEMA ACUIFERO Nº 19
UNIDAD CALIZA DE ALTOMIRA





Nº 20. TERCIARIO DETRITICO-CALIZO DEL N. DE LA MANCHA

Este sistema tiene una litología muy complicada, ya que existen afloramientos de "calizas cámbricas, areniscas y conglomerados triásicos y calizas, arenas y areniscas terciarias, separados por niveles semi o impermeables de arcillas, margas y yesos" (IGME, 1985).

Desde el punto de vista hidrogeológico los acuíferos se pueden describir formando tres grupos (Ver mapa 6.3):

1. Acuífero de las calizas del Cámbrico.
2. Acuíferos en materiales detríticos (triásicos, miocenos y pliocuaternarios).
3. Acuíferos en calizas y margas (miocenos y pliocenos).

Calizas del Cámbrico:









Ocupan tan sólo 8 km² en la parte más suroccidental de la zona. Aislado del resto, se encuentra unido al conjunto del Sistema por el aluvial del río Amarguillo. Su potencia estimada alcanza los 200 m. Dicha caliza se encuentra karstificada de una forma irregular y ligada a la estructura. La transmisividad evaluada da valores próximos a los 300 m²/día.

Materiales detríticos:



Se extienden por toda la zona, aparecen conectados y superpuestos (los más modernos sobre los más antiguos). En conjunto, forman un acuífero, aunque por la gran heterogeneidad de los materiales existen zonas más permeables.

Los parámetros hidrogeológicos de estos acuíferos son muy dispares, la transmisividad obtenida varía desde valores casi nulos hasta valores de 1700


LITOLOGIA

-  Gravas, arenas, limos y arcillas. Permeable.
-  Arenas, gravas, limos y margas con yesos. Permeable.
-  Calizas, calizas-margosas, margo-calizas y margas. Permeable.
-  Arenas, limos, margas y yesos. Semipermeable.
-  Arcillas, yesos, areniscas y microconglomerados. Impermeable.
-  Areniscas, pizarras y cuarcitas. Impermeable.
-  Calizas, areniscas, pizarras. Permeable.
-  Granitos, aplitas y pórfidos. Impermeable.



SIMBOLOS GEOLOGICOS

-  Contacto entre formaciones
-  Límite del sistema acuífero.

CAPTACIONES Y OBRAS

-  Sondeo
- A: de abastecimiento.
 - P: de control de la red de piezometría.
 - C: de control de la red de calidad.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

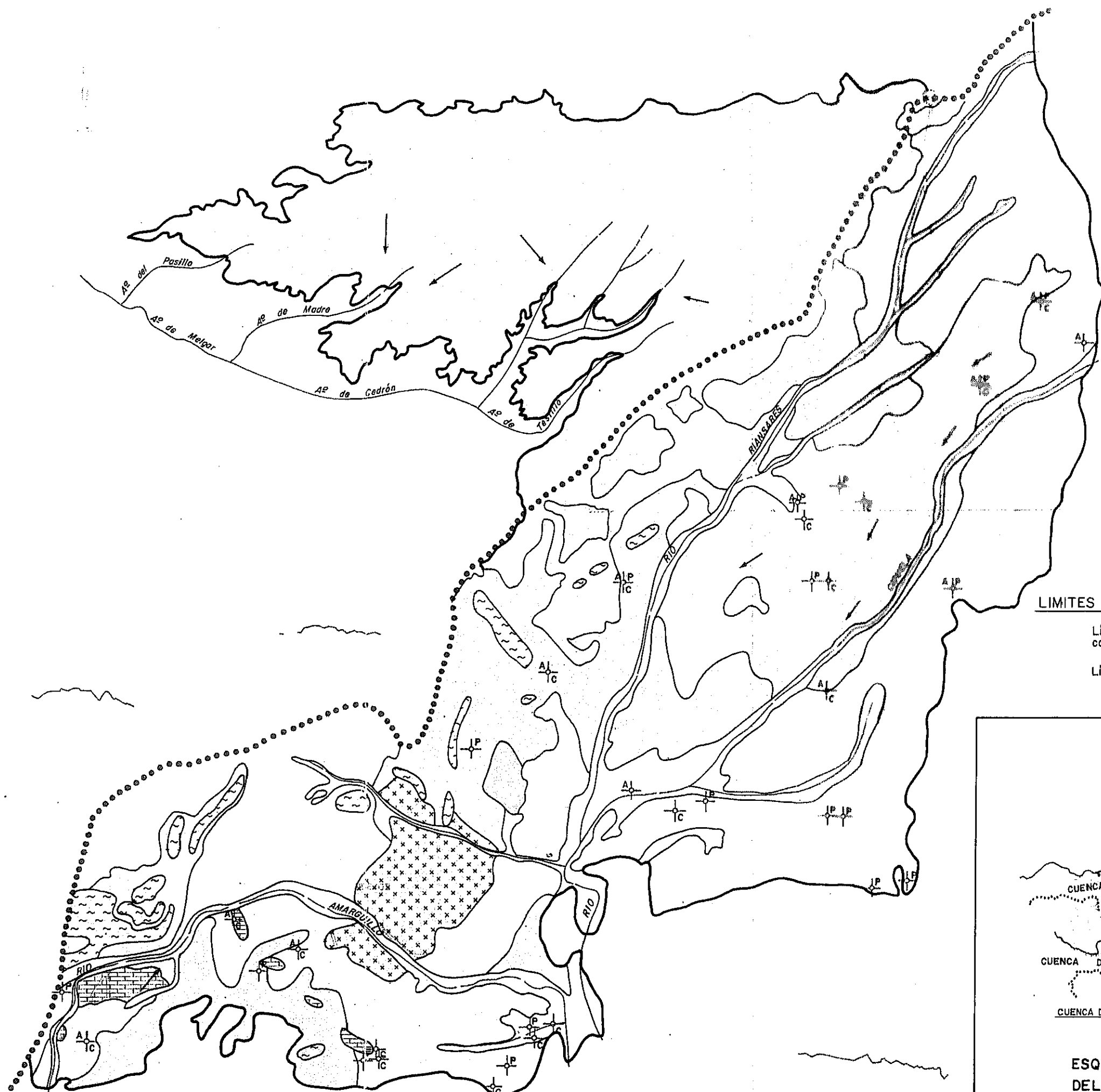
-  Dirección del flujo subterráneo.
-  Evolución de niveles en los piezómetros característicos.

HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

-  Divisoria hidrográfica.

MAPA 6.3: SISTEMA ACUIFERO N°20 SURESTE DE LA MANCHA DE TOLEDO Y MESA DE OCAÑA

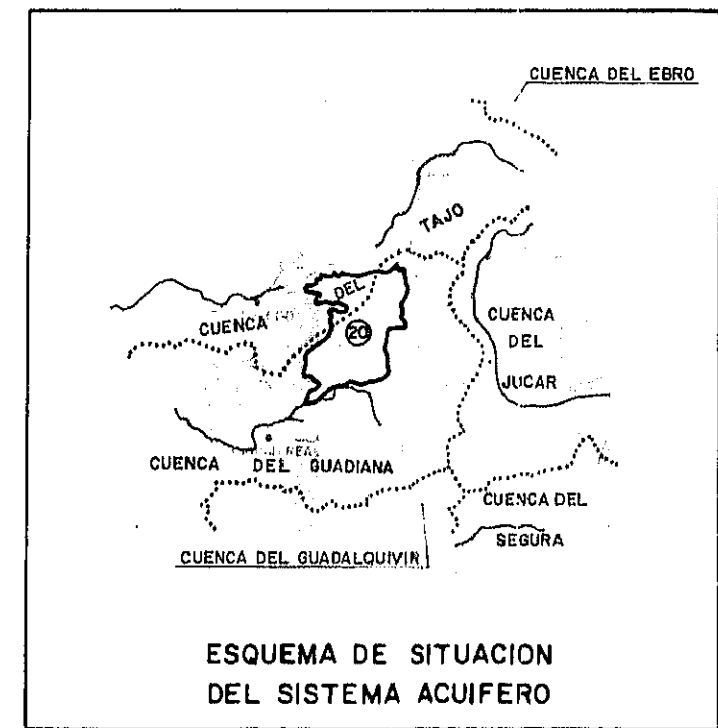




- CUATERNARIO
- PLIOCUATERNARIO
- MIOCENO
 - SUPERIOR
 - INFERIOR
- TRIASICO
- PALEOZOICO
 - ORDOVICICO
 - CAMBRICO
- ROCAS ACIDAS

LIMITES ADMINISTRATIVOS

Límites de hoja topográfica 1:50.000 con indicación del número de la misma.
 Límite provincial.



ESQUEMA DE SITUACION DEL SISTEMA ACUIFERO

m²/día; los coeficientes de almacenamiento varían desde los propios de acuíferos libres hasta los propios de acuíferos confinados.

Calizas y margas mio-pliocenas:

Se localizan sobre unos 800 km², parte en la cuenca del Tajo (Mesa de Ocaña) y parte, en la cuenca del Guadiana, aflorando fundamentalmente entre los ríos Riánsares y Gigüela, el espesor medio de las calizas puede estimarse en 20 m. Es un acuífero libre colgado, cuya transmisividad está comprendida entre 50 m²/día y 750 m²/día.

En resumen, en la cuenca del Guadiana, donde aparecen todos los niveles permeables, el sistema es asimilable a un acuífero multicapa, en general poco transmisivo.

Las entradas proceden de la infiltración de las aguas de lluvia y de las aportaciones de los ríos Gigüela y Riánsares. Las salidas se producen directamente por ríos y manantiales, por evaporación de las áreas encharcadas, como aportación subterránea hacia el sistema acuífero nº 23 y a través de bombeos (para abastecimiento y regadíos).

Nº 23. LA MANCHA OCCIDENTAL

Lo primero que debemos comentar es que el sistema acuífero Nº 23 está en contacto geológico e hidrogeológico con el acuífero Nº 18 (La Mancha Oriental), por lo que la separación adoptada, coincidiendo con la divisoria de aguas de las cuencas del Júcar y del Guadiana, tiene un carácter puramente convencional.

Desde el punto de vista geológico, La Mancha es una depresión morfoestructural, rellena por materiales terciarios, detríticos y calizos, cuyo zócalo hidrogeológico está formado de W a E por materiales paleozoicos, triásicos, jurásicos y cretácicos.

Hidrogeológicamente, en el sistema acuífero nº 23 "existen dos niveles acuíferos, uno superior que se extiende por la casi totalidad de su superficie, formado por calizas mio-pliocenas y materiales detríticos pliocuaternarios y volcánicos (en la parte más suroccidental) y uno inferior, que se extiende sobre más de la mitad oriental formado por calizas y dolomias jurásicas y cretácicas. Entre ambos niveles existe una formación detrítica, miocena, que actúa como acuífardo" (Niñerola Pla y Torrens Pla, 1979).








El acuífero superior (Ver mapa 6.4.) tiene un espesor máximo de 200 m, siendo el promedio 35 m. Es un acuífero libre, muy heterogéneo, cuya transmisividad varía entre 50 m²/día y 20.000 m²/día y su coeficiente de almacenamiento entre 0.02 y 0.20 con un valor medio de 0.1.

El acuífero inferior está formado por tres acuíferos distintos plegados y separados entre sí, por capas más o menos permeables. Se extienden por el centro y este de la Llanura y son continuación tanto geológica como hidrogeológica de los acuíferos del Campo de Montiel (sistema Nº 24) y de La Mancha de Cuenca (sistema Nº 19) con los que está directamente relacionado.




No tiene espesores constantes, ya que aumentan su potencia de W a E (conforme a la cuenca sedimentaria secundaria). Los parámetros hidrogeológicos de estos acuíferos se han estimado entre 200 m²/día y 6.000 m²/día de transmisividad y 0.005 de coeficiente de almacenamiento.

La dinámica del agua en el conjunto del sistema acuífero Nº 23 se podría resumir del siguiente modo: las entradas se producen fundamentalmente por la infiltración del agua de lluvia caída sobre las calizas mio-pliocenas y los afloramientos del Mesozoico (más al E del área de estudio), siguiendo en importancia se encuentran las entradas de aguas subterráneas procedentes de


LITOLOGIA

CUATERNARIO (Aluvial)		Gravas, arenas, limos y arcillas. Permeable.
CUATERNARIO		Arenas, limos, margas con yesos y suelos de origen calizo. Permeable.
PLIOCUATERNARIO		Piedemontes, costras calizas, suelos, coladas volcánicas. Permeable.
MIOCENO		Calizas, calizas margosas, margo-calizas, margas. Coladas volcánicas. Permeable.
CRETACICO		SUPERIOR: Calizas, margas y dolomías. Permeable. INFERIOR: Margas, arcillas, arenas, areniscas y gravas. Semipermeable.
JURASICO		Dolomías y calizas. Permeable.
PALEOZOICO		Cuarcitas y pizarras. Impermeable.


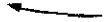


SIMBOLOS GEOLOGICOS

-  Contacto entre formaciones
-  Límite impermeable del sistema acuífero.
-  Límite abierto del sistema acuífero.

CAPTACIONES Y OBRAS

-  Sondeo
- A: de abastecimiento.
 - P: de control de la red de piezometría.
 - C: de control de la red de calidad.

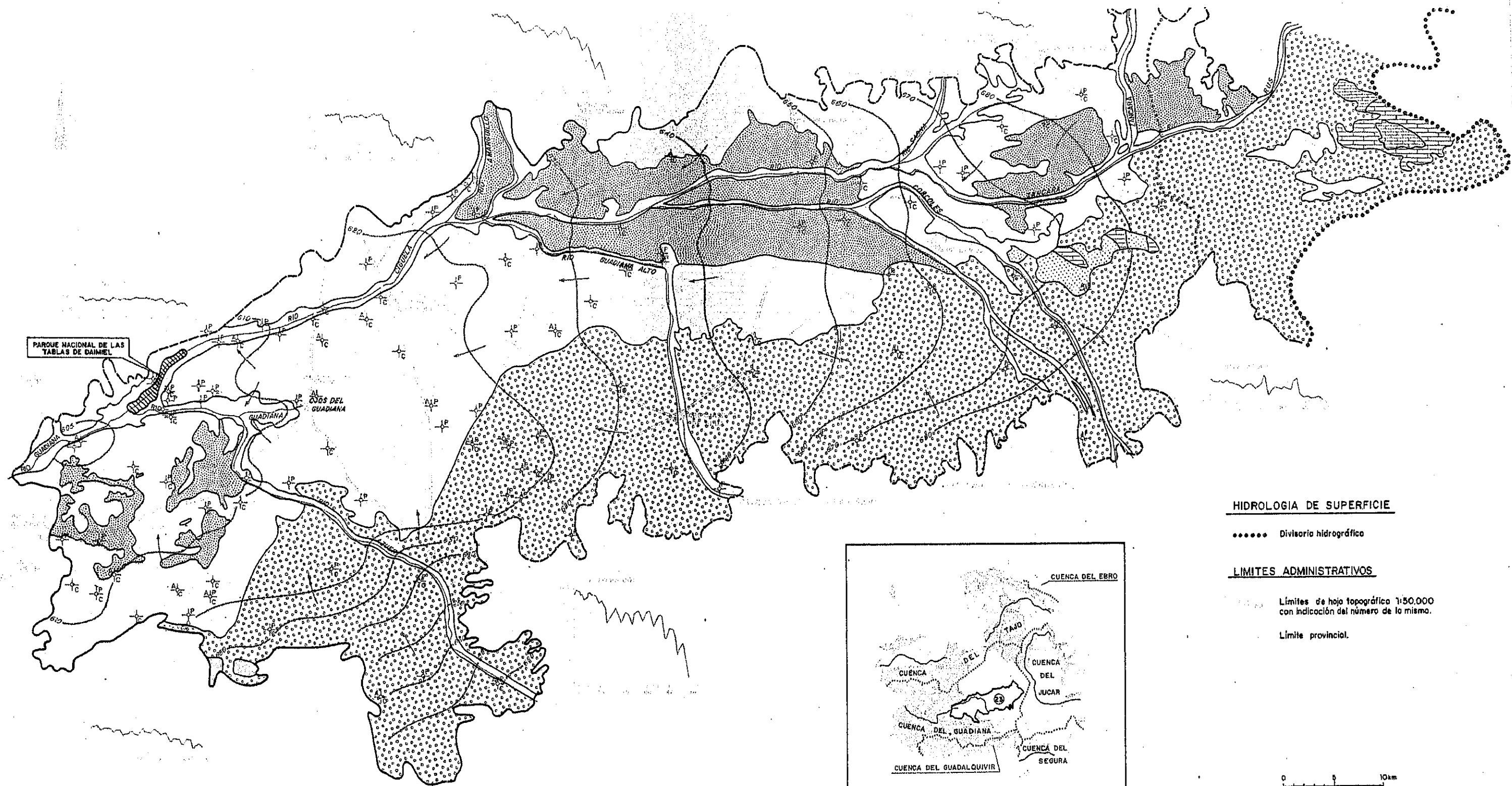
HIDROLOGIA SUBTERRANEA

-  Línea isopiezométrica correspondiente a Abril-Mayo de 1983, con cota en m.s.n.m.
-  Dirección del flujo subterráneo.
-  Divisoria de aguas subterráneas.
-  Evolución de niveles en piezómetros característicos.

MAPA 6.4: SISTEMA ACUIFERO Nº23 MANCHA OCCIDENTAL



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA



PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAINIEL

LAGUNAS DEL GUADIANA

RIO GUADIANA ALTO

HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

..... Divisorio hidrográfico

LIMITES ADMINISTRATIVOS

Límites de hoja topográfica 1:50.000 con indicación del número de la misma.

Límite provincial.



ESQUEMA DE SITUACION DEL SISTEMA ACUIFERO



ESCALA GRAFICA

los sistemas acuíferos N° 18, 19 y 20 por el N, NW y NE y del acuífero N° 24 por el S. Como recarga adicional están las aguas de los ríos que llegan al área y se infiltran total o parcialmente en los tramos permeables.

Las descargas principales se producían directamente al río Guadiana, que nacía en los Ojos, auténticos rebosaderos del acuífero y por extracciones en pozos.

Actualmente, el desequilibrio existente entre entradas y salidas en el sistema, debido al gran volumen de extracciones para regadíos, ha generado un descenso general del nivel piezométrico; los efectos inmediatos han sido la desecación de numerosos humedales y de los Ojos del Guadiana.

Bernardo López Camacho (1986) describía el balance hidráulico del acuífero en los siguientes términos: "la aportación total o entrada al embalse subterráneo de la Llanura manchega se ha cifrado en 340 Hm³/año, referidos a la media de amplios períodos (...) la mayor parte (180 Hm³/año) procede de la infiltración de las precipitaciones; 80 Hm³/año a las pérdidas de los ríos; 60 Hm³/año a la aportación lateral subterránea procedente de los sistemas acuíferos circundantes y, el resto, a la infiltración de excedentes de riegos en la zona de Peñarroya".

Este autor continúa: "En el año 1984 las extracciones por bombeo superaron los 450 Hm³/año. Además el problema se ha agravado en los últimos años, por la sequía padecida, durante los cuales la recarga del acuífero ha sido prácticamente nula (...) Como resultado de todo ello, en la última década se ha producido un descenso generalizado de los niveles del agua, que en amplias áreas supera los 20 m".

López Camacho finalizaba su comunicación en un tono esperanzador, la declaración en la Ley de Aguas 28/1985, del 2 de agosto de acuífero sobreexplotado "permitirá la ordenación de las extracciones" decía textualmente.

Hoy, en 1994, nos apena hacer constar que el problema en los últimos años no ha hecho más que agravarse. A pesar de que la nueva ley prohibía la perforación de nuevos pozos, o el riego, por ejemplo, de viñas, hemos sido testigos de éstas y otras muchas infracciones. Si a esto se añade la sequía que se está padeciendo en estos últimos años el resultado es el descenso continuo de los niveles piezométricos, y la existencia de problemas incluso para el abastecimiento de poblaciones. Desde el invierno de 1993, muchas poblaciones están sufriendo restricciones de agua, se ha prohibido el riego y se están realizando medidas de urgencia, como es el transvase de aguas de otras cuencas hacia la Llanura manchega.

Uno de los casos, más evidentes, que reflejan la grave situación a la que se ha llegado, es el lamentable estado de conservación del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (antaño máximo exponente de los humedales manchegos). A pesar de la puesta en marcha del Plan de Regeneración Hídrica (1987) el estado actual del Parque es de casi práctica desecación (no se debe olvidar las desfavorables condiciones meteorológicas de estos últimos años, lo que ha agravado considerablemente la situación actual).

El problema como estamos viendo no es, ya sólo, de conservación de un cierto número de humedales, sino que se ha convertido en un grave problema económico y político. Por esto, las autoridades del gobierno autonómico de Castilla-La Mancha tras constatar la grave situación, han desarrollado un plan de ayudas por abandono de regadíos, que ha sido aprobado y se está llevando a cabo en la actualidad.

Desde nuestro punto de vista, creemos que esta medida es la única que puede hacer recuperar los niveles del acuífero, siempre y cuando se produzcan las precipitaciones necesarias para la infiltración o recarga natural de éste. Un hecho que no se debe dejar de constatar es que dichas medidas no tendrán un efecto inmediato sino que será un proceso muy lento, quizás de décadas.

Pero, volviendo al tema que nos ocupa, las posibles relaciones de los flujos subterráneos con la génesis y dinámica de las lagunas estudiadas, revisaremos los datos de que disponemos, antes de exponer nuestras conclusiones.

Reyes Prosper (1915) comenta: "Las lagunas situadas cerca de Pedro Muñoz me dicen llevan desecadas ya algunos años, así en invierno como en la estación estival, después de la época en que las visité. El nivel del agua de los pozos en aquella comarca ha bajado mucho".

Otto Jessen (1946) afirma: "Algunas lagunas se mantienen llenas de agua en la estación seca, y sólo desciende su nivel. Esto es debido a que están bastante encajadas en el terreno, y otras llegan a cortar el nivel del agua freática o subterránea. Entre estas últimas podremos citar la laguna de Villafranca que lo mismo que la laguna de las Yeguas, queda al mismo nivel que la depresión del vecino Gigüela".

Octavio de Toledo y López Camacho (1976), en su estudio del SE de Toledo, realizan un esquema del flujo de aguas subterráneas (Ver fig. 6.2) y afirman: "Este esquema de flujo permite explicar la presencia de numerosas lagunas de aguas salobres, cuya existencia no podría explicarse considerando únicamente la impermeabilidad del terreno ya que se trata de lagunas permanentes en zonas con precipitaciones muy bajas, su nivel coincide con el de los pozos superficiales de las proximidades y el contenido en sales de sus aguas no responde al producido por evaporación de aguas de lluvia".

Olivares Taléns y Ruiz Celáa (1983) aprecian: "una tendencia acusada al descenso de los niveles particularmente a partir de 1980, tanto en el sistema acuífero N° 19, 20 como en el N° 23."

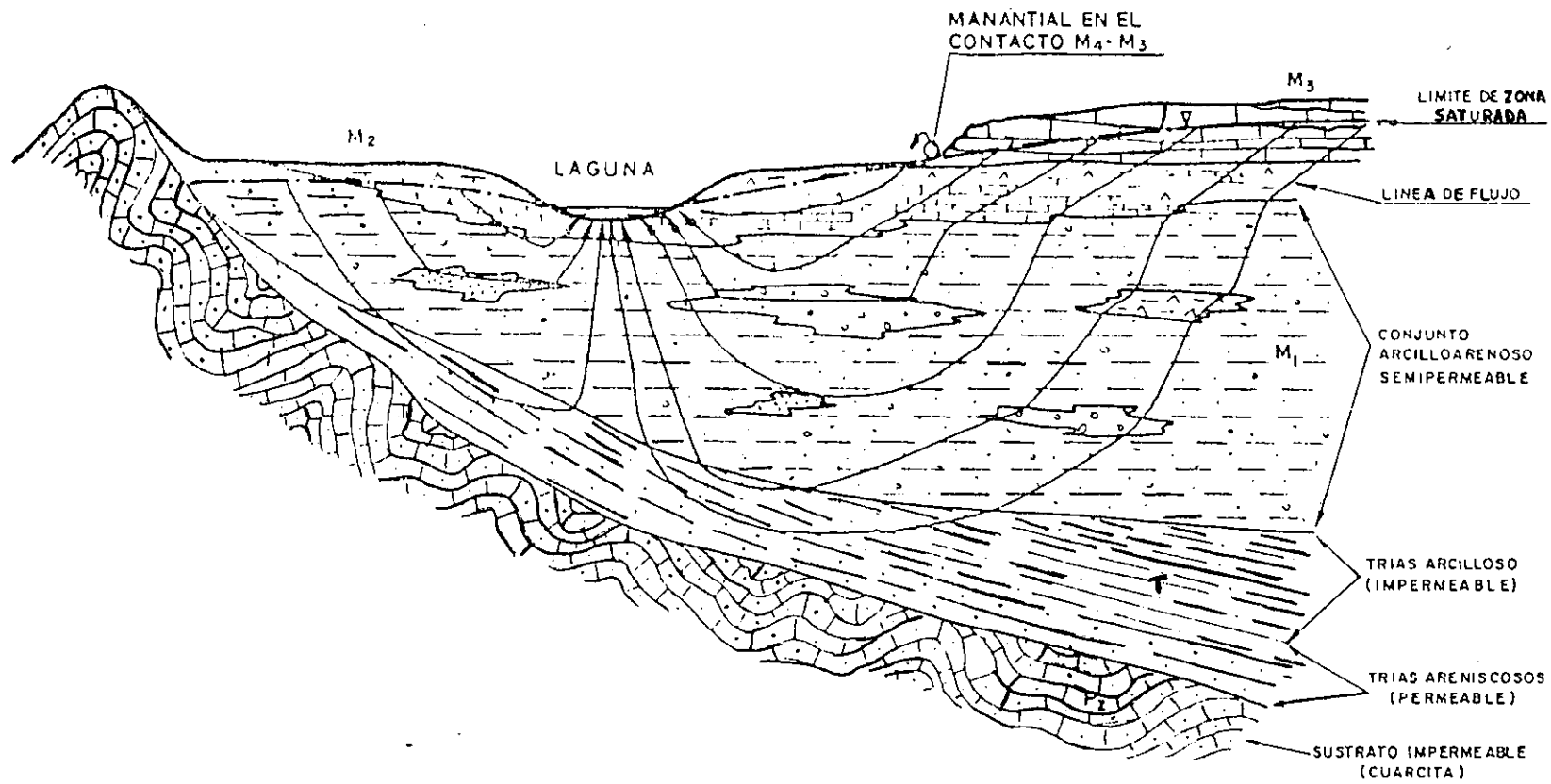


FIG. 6.2: ESQUEMA DE FLUJO

FUENTE: OCTAVIO DE TOLEDO & LOPEZ CAMACHO (1977)

De todos estos datos, del estudio de los mapas hidrogeológicos y de la posición fisiográfica que ocupan las lagunas, se puede concluir: que las lagunas tienen un origen poligénico, siendo originadas por una conjunción de factores, entre los cuales cabe destacar el aporte de aguas subterráneas.

Así, desde nuestro punto de vista, tanto la laguna **Grande y Chica de Villafranca** como las lagunas de las **Yeguas y del Camino de Villafranca**, se originaron por la difluencia de la red fluvial en época Pleistocena; aprovechando en el caso de la Grande y Chica de Villafranca fracturas del zócalo que condicionaron su localización, y en el caso de las Yeguas y del Camino la presencia de una serie de relieves que actuaban como barreras topográficas y determinaban el lugar por donde las aguas podían discurrir. Junto a esto creemos posible añadir el aporte de aguas subterráneas, de flujos locales, que provenían de los sistemas acuíferos del norte (calizas mio-pliocenas fundamentalmente).

En cuanto a la laguna de **Pedro Muñoz**, su localización al pie de las sierras calizas de Altomira, nos hace pensar de inmediato en la posible existencia de uno flujos locales desde los anticlinales (áreas de recarga) a los sinclinales o depresiones (áreas de descarga).

En **Alcahozo**, la existencia de un manantial en sus inmediaciones es la prueba más clara de la intervención de flujos locales. Desde nuestro punto de vista, dichas aguas ayudaron a diluir las calizas, dando lugar a la pequeña depresión que hoy es su vaso lagunar.

Otro tema importante, que no podemos dejar de mencionar, en relación con las aguas subterráneas es el de sus características físico-químicas.

Ya en 1955, Chevotarev estudiando numerosas cuencas sedimentarias en Australia, observó un proceso que denominó "evolución geoquímica" del agua subterránea, o progresiva salinización debido al tiempo de permanencia en el subsuelo. (En Bernáldez et al. 1989)

Este proceso de transformación también ha sido llamado "metamorfismo de las aguas naturales" y está controlado principalmente por el movimiento de las aguas subterráneas y la movilidad de los elementos químicos de los distintos tipos de rocas que atraviesan.

Sin embargo, la salinidad de las aguas subterráneas no sólo se debe a una prolongada estancia en el subsuelo o "envejecimiento" sino que también puede ser causada por el contacto con evaporitas. Así, se ha demostrado, por ejemplo, en el acuífero de Madrid (Bernáldez et al., 1989) y en el acuífero de los Arenales del Duero (Rey Benayas, 1992), donde la mineralización de las aguas subterráneas se debe a la existencia de dos causas:

- Por disolución de evaporitas (efecto litológico), es una mineralización relativamente rápida, en la que el agua al entrar en contacto con los lentes de evaporitas cambia rápidamente su composición química. Se detectan niveles altos de calcio, magnesio y sulfatos.

- Por envejecimiento (evolución geoquímica), se detecta en flujos intermedios y regionales. Se caracteriza esencialmente por el pH alcalino de sus aguas.

En cuanto a las características físico-químicas de las aguas subterráneas de los acuíferos que nos ocupan, de los diferentes estudios que se han realizado en la Cuenca Alta del Guadiana (Niñerola y Torrens, 1976; Niñerola et al., 1979; Taléns y Celáa, 1983) se puede obtener una descripción bastante completa.

Por sistemas acuíferos, las principales características son:

Nº 19. UNIDAD CALIZA DE ALTOMIRA

En los acuíferos de los materiales mesozoicos las aguas suelen ser de mineralización notable y ligera (conductividades comprendidas entre 2000 y 500 mmho/cm y 500 y 200 mmho/cm) con valores que oscilan entre 300 y 900 mmho/cm, siendo los más frecuentes 500-600 mmho/cm.

Sus aguas son duras y de dureza media (entre 65° F y 25° F las primeras y 25° F y 12° F las segundas) con valores que oscilan entre 18° F y 52° F, siendo el valor medio más frecuente 35° F- 45° F.

Los valores extremos de NO₃ oscilan entre 3-37 mg/l y los de SO₄ entre 7 y 350 mg/l.

En resumen, se puede concluir que sus aguas son bicarbonatadas sulfatadas y bicarbonatadas, cálcico-magnésicas.

También, especialmente en épocas de niveles bajos, las hay fuertemente mineralizadas (conductividades superiores a los 2000 mmho/cm); extremadamente duras (superiores a 65° F); cuya facies se define como sulfatada cálcica.

Las aguas de los acuíferos del recubrimiento (material detrítico del Terciario y Pliocuaternario) son de mineralización notable y fuerte (con conductividades que varían entre 2000 y 500 mmho/cm las primeras, y superiores a 2000 mmho/cm las segundas).

Su dureza varía mucho desde ligera, a media, a extremadamente duras (valores desde 5° F a mayores de 65° F). También destaca en estos acuíferos el elevado número de muestras con contenidos altos de NO₃.

Las facies predominantes son sulfatadas, bicarbonatadas-sulfatadas y bicarbonatadas cálcicas y cálcico-magnésicas.

Como datos más importantes destacar que los cambios más significativos en la composición química de las aguas son debidos a los sulfatos y al calcio.

Estos cambios, son tan importantes que incluso varían las facies químicas de las aguas subterráneas.

Niñerola Pla et al. (1979) con los datos de las aguas subterráneas analizadas durante el período 1974-1977 concluyen: "Aunque no existen pautas claras, las máximas mineralizaciones se corresponden con momentos en que los niveles piezométricos en el sistema han sido más bajos. En consecuencia, existe una relación entre las características químicas de las aguas y la secuencia pluviométrica".

Sin embargo, frente a esto Taléns y Celáa (1983) con los datos de los análisis realizados durante el período 1977-1982 concluyen textualmente: "No se observa ninguna relación directa entre la evolución de las calidades de las aguas y la profundidad del nivel piezométrico".

Nº 20. TERCIARIO DETRITICO DEL N. DE LA MANCHA

Dada la heterogeneidad del sistema, distinguimos:

Acuíferos formados por calizas cámbricas: Sus aguas son de mineralización notable (con conductividades entre 500-2000 mmho/cm) siendo los valores más frecuentes entre 600 y 750 mmho/cm.

La dureza oscila entre valores de dureza media y duras (entre 12º-25º F las primeras y 25º-65º F las segundas) en concreto, entre 17º-45º F, siendo los valores medios de 30º-40º F.

El contenido en NO₃ es muy variable, con valores medios de 45-55 mg/l.

En cuanto a los SO₄ sus valores varían entre 39 y 235 mg/l, siendo los valores medios más frecuentes 100-200 mg/l.

Su facies se describe como bicarbonatada cálcica y ocasionalmente como sulfatada.

Acuíferos formados por materiales detríticos, mesozoicos, terciarios y cuaternarios: sus aguas suelen estar fuertemente mineralizadas (conductividades superiores a los 2000 mmho/cm) con valores que oscilan entre 3000 y 4700 mmho/cm; en ocasiones tiene mineralizaciones más suaves (notables y rara vez ligeras).

De aguas extremadamente duras (superiores a los 65° F) con valores entre 140° y 260° F.

Los valores de NO₃ oscilan entre 35 y 94 mg/l y los de SO₄ entre 190 y 1800 mg/l.

Su facies predominante es la sulfatada cálcica.

Acuíferos formados por calizas y margas terciarias: sus aguas son de mineralización notable a fuerte (con conductividades entre 500-2000 mmho/cm las primeras y más de 2000 mmho/cm las segundas).

Suelen ser duras (entre 25°-65° F) y ocasionalmente extremadamente duras (más de 65° F) siendo los valores más frecuentes 30° -40° F.

Tanto los valores de NO₃, como los de SO₄, varían mucho, siendo los valores más frecuentes de NO₃ entre 45-55 mg/l y los de SO₄ entre 100-200 mg/l.

Su facies predominante es la sulfatada cálcica.

Niñerola et al. (1979) con los datos analizados durante el período 1974-1977 afirman: "Las variaciones en la composición química de las aguas subterráneas de este sistema acuífero son muy importantes. Los cambios más notables afectan a los sulfatos, al calcio, y en menor grado al magnesio y a los cloruros. Sin embargo, estas oscilaciones no siguen pautas claras".

Y como conclusión afirman: "En La Mancha de Toledo existe una dependencia clara entre la litología del acuífero y la composición química de sus aguas".

Nº 23. LLANURA MANCHEGA CENTRAL

Como ya hemos visto en la descripción hidrogeológica del sistema acuífero Nº 23, hay dos niveles acuíferos: el nivel acuífero superior y el nivel acuífero inferior.

Dentro del nivel acuífero superior, a su vez, se pueden distinguir los acuíferos calizos de los detríticos.

Las aguas de los acuíferos calizos son de mineralización ligera a notable con valores que oscilan entre 290 y 1350 mmho/cm, siendo los más frecuentes los comprendidos entre 400 y 800 mmho/cm.

La dureza es muy variable, oscila entre valores de media a extremadamente duras, entre 15° y 85° F, siendo los valores más frecuentes entre 25° y 40° F.

Las facies predominantes son las bicarbonatadas sulfatadas, sulfatadas y sulfato cloruradas cálcico-magnésicas.

En cuanto a las aguas de los acuíferos detríticos, suelen estar relativamente más mineralizadas (mineralización notable y fuertemente mineralizadas); son también más duras y en sus facies predominan las aguas sulfatadas.

Valores de NO_3 obtenidos indistintamente en el nivel acuífero superior, tanto en los acuíferos detríticos como en los calizos, ofrecen valores entre 25 y 110 mg/l, siendo los más frecuentes 30-50 mg/l.

Junto a esto, los valores de SO_4 obtenidos oscilan entre 60 y más de 4000 mg/l, con grandes variaciones según el tipo de acuífero.

Niñerola et al. (1979), afirman: "En líneas generales, las aguas de menores mineralizaciones tienen importantes cantidades relativas de bicarbonatos y ocupan la zona central y SE del sistema, cuyos acuíferos son de calizas francas y piedemontes formados a expensas del Campo de Montiel. Se corresponde en general con la cuenca subterránea del río Guadiana.

Mientras que las aguas de altas mineralizaciones se corresponden con las concentraciones elevadas de sulfatos. Ocupan la zona N, W, y SW y estarían relacionados con la influencia de los ríos Gigüela, Záncara y Azuer y al contenido en yesos de las margas de los acuíferos calizos del nivel superior. Se corresponderían en general con la cuenca subterránea del Gigüela, Záncara, Azuer y zonas marginales del W y SW".

En cuanto a las aguas del nivel acuífero inferior son principalmente de mineralización notable (conductividad entre 500-2000 mmho/cm); de aguas duras y de dureza media (con valores entre 12° y 65° F). También destaca el alto número de muestras de agua con elevados contenidos en NO₃. Sus facies se describen como cálcicas y en proporción muy elevada cálcico-magnésicas.

Como resumen, Niñerola et al. (1979) afirman: "Las aguas subterráneas de la Llanura Manchega presentan variaciones notables en su composición química, tanto espacial, como temporalmente. Los cambios son producidos, sobre todo, por las oscilaciones en su composición, principalmente, de sulfatos, magnesio, calcio, cloruros y nitratos, tan importantes que cambian sus facies químicas".

Por un lado, en la cuenca subterránea del Gigüela, Záncara, Azuer y zonas marginales del W, la composición química de las aguas subterráneas viene influenciada por las condiciones del entorno inmediato y tiene una relación directa con la secuencia pluviométrica.

Por otro, la cuenca subterránea del río Guadiana está sometida a influencias no puntuales del medio y parecen tener relación con los niveles piezométricos, y en consecuencia, con las explotaciones y secuencia pluviométrica interanual.

De lo expuesto sobre los tres sistemas acuíferos que nos ocupan, se puede concluir que predominan los flujos de carácter local e intermedio. A esta conclusión se llega tras verificar la estrecha relación que existe entre las

características físico-químicas de las aguas con la litología del entorno inmediato y con la secuencia pluviométrica.

Esta afirmación refuerza, pues, la hipótesis de que en el origen de las lagunas objeto de estudio intervinieron junto a otros factores la descarga de aguas subterráneas, hoy en día inexistentes.

7.- CICLO HIDROLOGICO DE LAS LAGUNAS Y PRINCIPALES CARACTERES HIDROQUIMICOS.

Como ya hemos visto en la Introducción, bajo el término de humedales quedan incluidas no sólo las lagunas (masas de agua) sino también los terrenos húmedos adyacentes.

Desde nuestro punto de vista es muy importante conocer el ciclo hidrológico de las lagunas ya que éstos van a explicar, en gran parte, las características físico-químicas de las aguas y por tanto van a condicionar los caracteres edáficos y por ende de vegetación que se desarrollan en sus orillas, ecotonos (áreas de transición entre lo acuático y lo terrestre) que como ya vimos al hablar del valor de los humedales, presentan una gran riqueza tanto ecológica como paisajística.

En la figura nº 7.1., se han representado de un modo simplificado los principales factores que influyen en el ciclo hidrológico de las lagunas y en sus características hidroquímicas. El ciclo hidrológico está condicionado, fundamentalmente, por las características climáticas del área y por el aporte de aguas subterráneas; junto a éstos, en la caracterización hidroquímica habría que añadir la importancia del factor litológico.

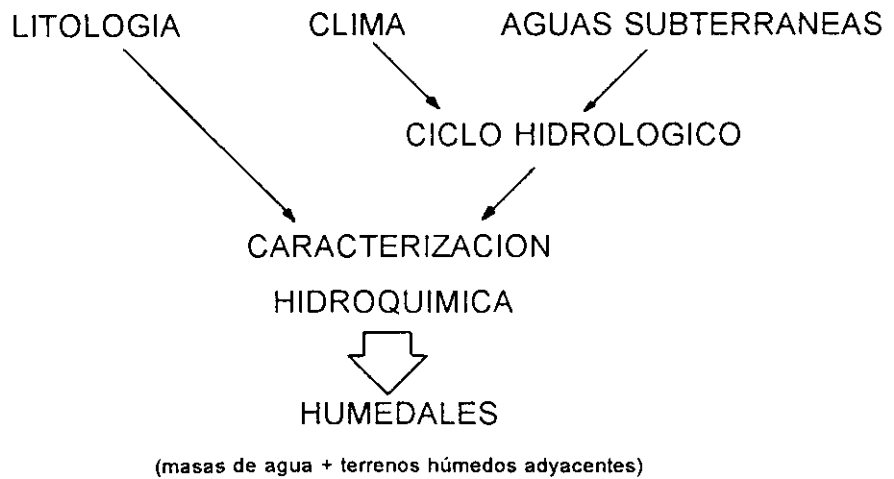


FIGURA 7.1.

Antes de describir el ciclo hidrológico y de comentar los principales caracteres físico-químicos de las lagunas, creemos conveniente explicar una serie de factores como son: qué entendemos por aguas dulces, salobres y salinas; cuáles son las principales causas de la mineralización de las aguas continentales; cuáles los procesos y qué agentes son los que contribuyen a esta mineralización.

La salinidad de las aguas

Desde que despertó, a mediados de siglo, el interés por las zonas húmedas continentales, uno de los primeros objetivos ha sido la elaboración de clasificaciones con el fin de realizar inventarios, tanto a nivel nacional como internacional. Las clasificaciones se han realizado desde los más diversos puntos de vista, siendo la salinidad de las aguas uno de los factores que se ha mostrado más difícil y complejo de definir.

La mejor definición de la salinidad sería decir que es el resultado de la suma de los ocho compuestos y elementos iónicos principales: bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio y potasio (Martino, P. 1988)

Otros métodos para conocer la salinidad serían la estimación del total de sólidos disueltos (TSD) y la medida de la conductividad eléctrica (CE).

Sin embargo, uno de los principales problemas que se plantean es la enorme variabilidad de estos compuestos según la fase del ciclo hidrológico en que se estudien. Se ha llegado a la conclusión de que los valores puntuales de la salinidad son muy poco significativos, dada la gran variedad anual e interanual de estos. Es preciso, pues, estudiar un ciclo hidrológico completo. Este se podría definir en dos fases:

1. Fase de carga: el comienzo del llenado de la laguna conlleva un proceso de disolución de las costras salinas, por lo que la concentración iónica de las aguas se hace cada vez más elevada (aproximadamente hasta tres meses después del inicio de su llenado). Posteriormente, las precipitaciones van a diluir la concentración de las aguas, hasta que comienza la fase de descarga.

2. Fase de descarga: comienza con la evaporación de las aguas y la consiguiente concentración del medio, hasta llegar a la precipitación de las sales, de acuerdo, fundamentalmente, con los productos de solubilidad de éstas.

El criterio que se ha establecido para definir si unas aguas son salinas o no, es la medida de sus compuestos en la fase de carga, tres meses después de su llenado, es decir, entre diciembre y marzo.

Nosotros dado que no disponíamos de los medios materiales necesarios para poder determinar los ocho compuestos antes mencionados, utilizamos el método de la estimación del total de sólidos disueltos (TSD). Siguiendo la clasificación de Snoeyink y Jenkins (1987) las aguas según el contenido de sólidos disueltos se clasifican del siguiente modo:

- Dulces: hasta 1000 ppm.
- Salobres: entre 1000 y 10.000 ppm.
- Saladas: entre 10.000 y 100.000 ppm.
- Salmueras: más de 100.000 ppm.

Principales causas, agentes y procesos de la mineralización

Las principales **causas** de las características físico-químicas de las aguas continentales son: la naturaleza y disposición de los materiales líticos de la cuenca; sus abundancias relativas y sus condiciones de drenaje.

Los **agentes** que más contribuyen a la mineralización de estas aguas son:

- la arroyada superficial.
- las aguas subterráneas.
- la deflación eólica.
- la evaporación.
- los seres vivos.

Los **procesos** en que actúan dichos agentes son, fundamentalmente, mediante la aportación o extracción de solutos al agua. Pudiendo distinguir, según los agentes, distintos modos:

- La arroyada superficial, también denominada aguas de escorrentia, actúan mediante el lavado y disolución de los materiales líticos de la cuenca, y su posterior arrastre y depósito en los puntos topográficamente más deprimidos. Contribuyen así, a la génesis de los humedales y a la caracterización físico-química de sus aguas.

- Las aguas subterráneas aportan caudales de aguas bastante mineralizadas. Como ya vimos en el capítulo sexto, los humedales son áreas de descarga dentro del "ciclo" de las aguas subterráneas. La mineralización de estas aguas se explica fundamentalmente por dos procesos:

- . Mineralización por contacto con evaporitas.
- . Mineralización por "envejecimiento".

Este segundo proceso se da sólo en aguas que permanecen períodos de tiempo muy largos circulando por el acuífero, disolviendo y enriqueciendo su contenido en sales, es pues, propio de flujos regionales.

P.Martino (1988) ha destacado la importancia de dichos flujos para explicar "anomalías químicas en la composición iónica de los lagos, explicables tan sólo por los aportes de las aguas subterráneas cuyas áreas fuentes están muy alejadas, no teniendo nada que ver con el área donde aflora".

En nuestro área de estudio, y como ya vimos en el capítulo seis, la salinidad de las aguas se debe, fundamentalmente, a la mineralización por contacto con evaporitas, ya que este tipo de litología existe tanto en los depósitos triásicos como en los terciarios que conforman el área.

- La evaporación, es un agente especialmente visible y eficaz en las lagunas temporales. Cuando se produce la evaporación de las aguas superficiales se genera un ascenso capilar de las aguas subsuperficiales y freáticas cargadas en sales; al evaporarse éstas, se originan eflorescencias y costras salinas. Posteriormente, con el comienzo de las precipitaciones y el llenado de las lagunas se produce la disolución de las sales, incorporándose éstas a la composición iónica de las aguas.

- La deflación eólica, es un agente que puede tanto aportar como extraer solutos del vaso lagunar. Como ya vimos en el capítulo dos, cuando se definió

el sistema morfogénico actual, se comentó que la deflación eólica era uno de los agentes más activos en la actualidad. Los factores que condicionan este hecho son: por un lado, la falta de elementos del relieve que obstruyan la circulación del viento; y por otro, la falta de cubierta vegetal que proteja el suelo. Este hecho es especialmente destacable en las lagunas estacionales cuya vegetación es excepcionalmente rara.

- Los seres vivos, fundamentalmente bacterias y algas pueden alterar no sólo el contenido iónico de las aguas (nitritos, nitratos, fosfatos, sulfatos) sino que también pueden alterar, como ya veremos más adelante, otras características físico-químicas como: la temperatura, la turbidez, el oxígeno disuelto, etc.

Una vez conocidas cuáles son las principales causas, y cuáles los procesos más comunes que explican las características físico-químicas de las aguas continentales, se van a comentar nuestros datos. Primero describiremos el ciclo hidrológico; posteriormente, analizaremos los principales parámetros físico-químicos. Como ya se explicó, estos datos se obtuvieron mediante un muestreo mensual de las seis lagunas objeto de estudio. Comenzaremos destacando, algunas de las generalidades observadas, deteniendonos luego en los rasgos que particularizan cada humedal.

7.1. CICLO HIDROLOGICO

El ciclo hidrológico de las lagunas se puede describir en dos fases:

1. Fase de carga, que se podría generalizar entre los meses de octubre a mayo, cuando las lagunas toman agua, gracias a las precipitaciones de otoño y fundamentalmente de primavera.

2. Fase de descarga, entre los meses de junio y septiembre, con un mínimo estival, fácilmente explicable por la coincidencia de las mínimas precipitaciones con los valores máximos de la ETP.

Un hecho que se ha constatado es que, en la última década, el estiaje se ha manifestado de forma mucho más acusada. En años especialmente secos, el período de descarga se ha definido entre mayo y octubre. La principal explicación de este hecho es el descenso generalizado que han sufrido los niveles freáticos del área, como ya vimos en el capítulo sexto, desde la década de los 80, tanto en el acuífero nº 19 (Sierra de Altomira); nº 20 (Calizo detrítico de Toledo); como en el nº 23 (La Mancha Occidental) los niveles han descendido de una forma acusada. Esto implica que el aporte de aguas subterráneas, elemento clave en la génesis y explicación de muchos aspectos de la hidroquímica de las lagunas, es hoy en día inexistente.

Por otro lado, este hecho nos hace conocer otro dato, la práctica dependencia del ciclo de las lagunas de las aguas meteóricas (precipitaciones directas sobre el vaso y aguas de escorrentía). Deben excluirse de esta afirmación las lagunas con aportes fluviales o con aportes artificiales, como es el caso de los vertidos de aguas residuales.

De esta forma, el primer hecho que debemos constatar es la gran variabilidad que presentan las lagunas de un ciclo a otro, en función de la gran irregularidad del régimen de precipitaciones del área.

Dicho esto, se pueden explicar las grandes diferencias que se registraron en los ciclos hidrológicos estudiados: 1988-1989 y 1989-1990.

En el primer ciclo hidrológico, se distinguen dos pautas de comportamiento:

1. La primera, se define en las lagunas de las Yeguas y del Camino de Villafranca (término municipal de Alcázar de San Juan), ambas lagunas sufrieron los efectos de una fortísima tormenta, en septiembre de 1988.

Resultado de estas precipitaciones fue el hecho de que alcanzasen su máximo nivel en octubre, comenzando a partir de noviembre un paulatino descenso, que sólo se vería algo ralentizado en primavera, para alcanzar los mínimos volúmenes en la época estival (julio, agosto y septiembre).

2. La segunda pauta, se describe en las lagunas de Alcahozo y del Pueblo, que no sufrieron las citadas tormentas y que por tanto alcanzaron sus máximos en febrero, después de las precipitaciones de otoño e invierno. En Alcahozo, a partir de este mes, comienza el descenso del nivel del agua, hasta el mes de mayo, que debido a las lluvias de primavera vuelve a ascender ligeramente, quedando definitivamente seca en junio, julio, agosto y septiembre. Frente a esto, en la laguna del Pueblo, desde febrero, se van a mantener los niveles muy altos (69-67-70 cm) teniendo un segundo máximo en junio debido a una fuerte y local tormenta. Posteriormente a ésto, los niveles descendieron alcanzando los mínimos estivales en agosto y septiembre.

Las principales diferencias entre Alcahozo y la del Pueblo se explican, fundamentalmente, por el hecho de que en la laguna del Pueblo se vierten las aguas residuales del vecino núcleo de población, lo que ayuda a mantener los niveles más altos durante todo el ciclo. Por otro lado, se ha constatado que las lagunas más someras sufren un proceso de desecación mucho más rápido debido, seguramente, al mayor calentamiento de sus aguas y por tanto, mayor evaporación de éstas; junto a este hecho, no se puede olvidar el importante papel que desempeña el viento como agente desecante, especialmente en las lagunas más someras:

Por otra parte, y debido a la ausencia de niveles en las lagunas Grande y Chica de Villafranca hasta el mes de abril, no se han podido definir sus ciclos completos. Sin embargo, y debido a que no sufrieron las tormentas de septiembre de 1988 y a su carácter de aguas permanentes, creemos que su ciclo puede ser muy parecido al de la laguna del Pueblo.

Frente a esto, en el segundo ciclo (septiembre 1989-1990), y dado que no se registraron fuertes anomalías, se observó una sola pauta de comportamiento. Esta se puede describir del siguiente modo: debido a las escasas y repartidas precipitaciones de otoño, las lagunas no adquirieron su máximo nivel hasta enero; a partir de este mes, se inicia un fuerte descenso de los niveles, que sumado a la casi ausencia de lluvias de primavera va a generar un prolongado estiaje en las lagunas más someras, Yeguas y Alcahozo, desde mayo a septiembre (cinco meses). Junto a éstas, en las lagunas permanentes se aprecia un mínimo estival durante los meses de agosto y septiembre, al igual que en el ciclo anterior. (Ver gráficos nº 7.1 al 7.6).

7.2. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS. GENERALIDADES.

7.2.1. **Temperaturas.**

Como rasgos generales se puede señalar que se observa una gran inercia entre las temperaturas del agua y del aire, algo más acusada en las lagunas más someras, lo que resulta lógico, ya que al ser menor la masa de agua ésta se calentará o enfriará con mayor rapidez dependiendo de la temperatura atmosférica.

Por otro lado, no se puede olvidar que el calentamiento del agua no se produce por la radiación directa del sol sino a través del suelo de la laguna, por lo que a menor espesor de la lámina de agua más fácilmente llegaran las radiaciones solares al suelo y por lo tanto, más rápidamente se calentará el agua.

Las temperaturas máximas y mínimas (Ver gráficos nº 7.7 al 7.12) se dan, por las mismas causas antes expuestas, en las lagunas más someras. Los valores más acusados son:

LA CHICA

Niveles

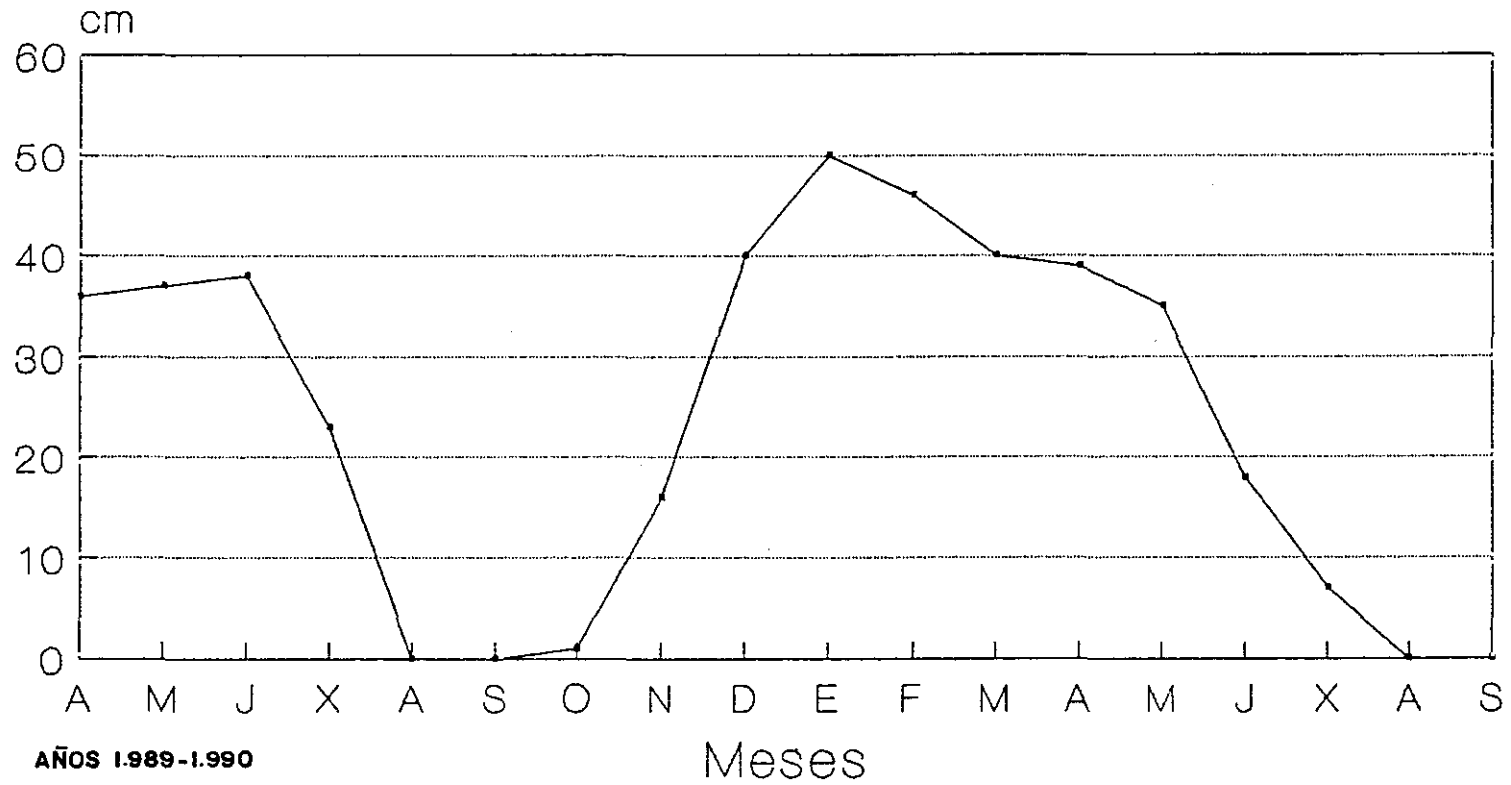


GRAFICO N° 7.1.

LA GRANDE

Niveles

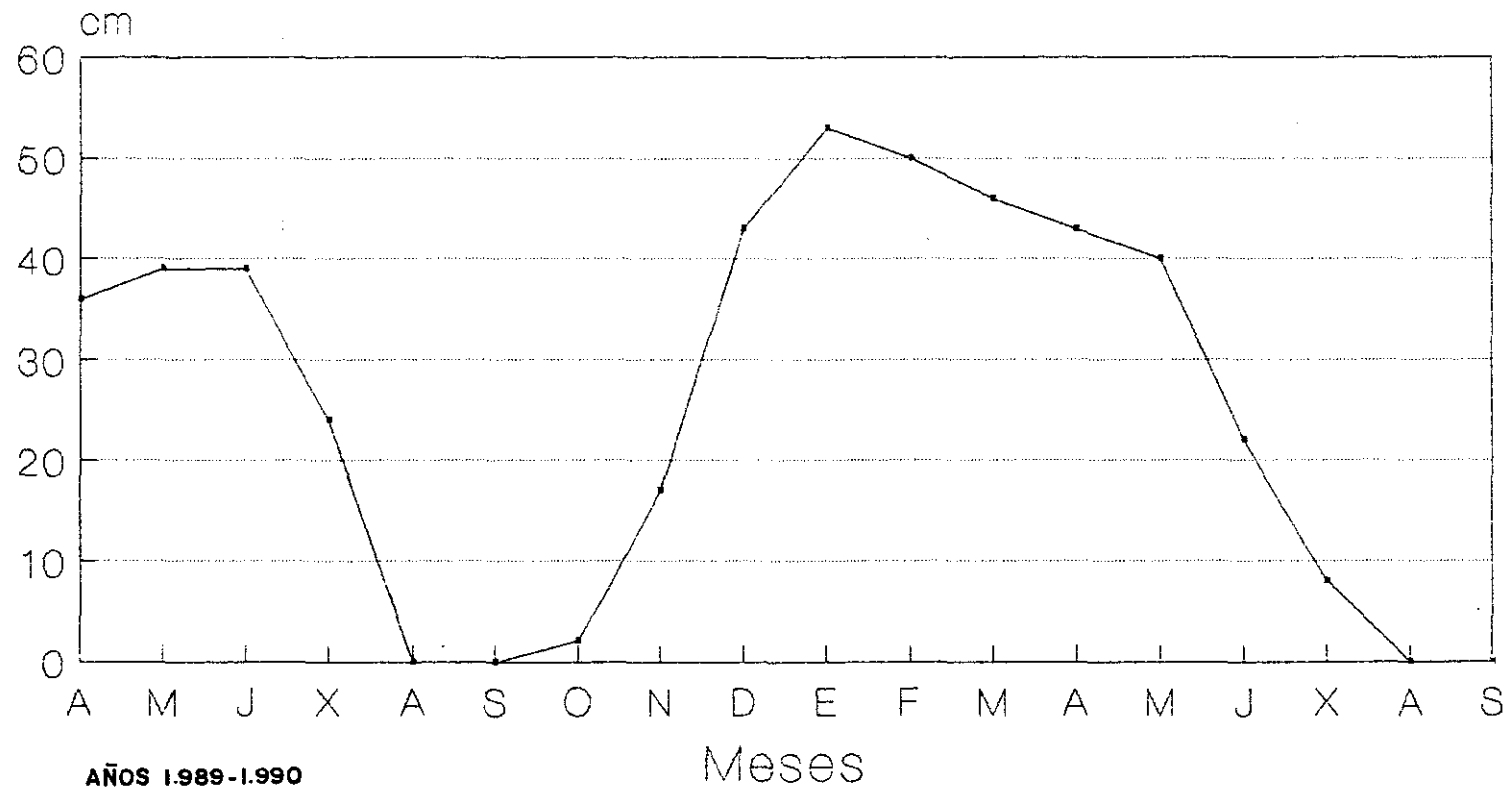


GRAFICO N° 7.2.

YEGUAS

Niveles

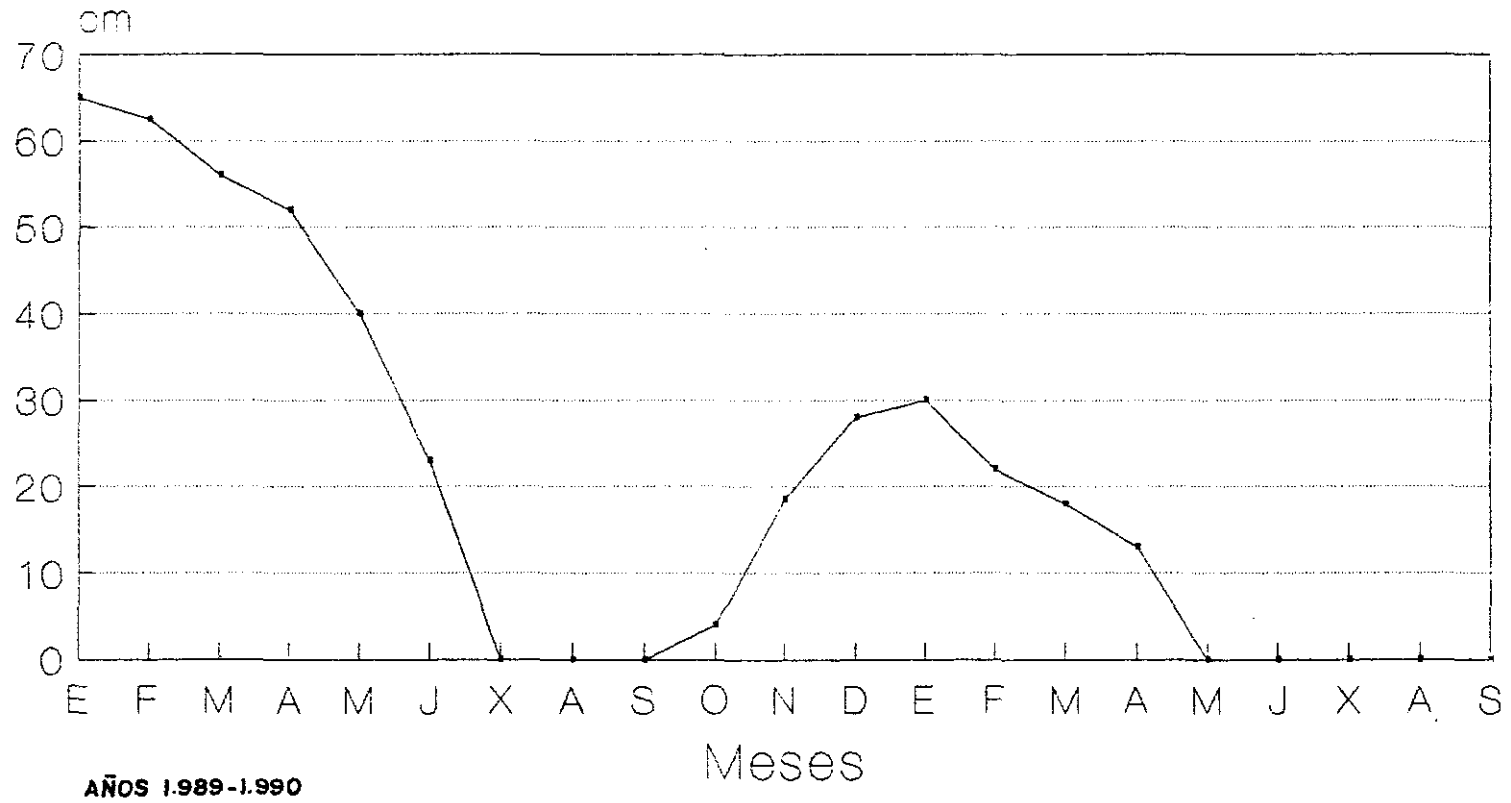


GRAFICO Nº 7.3.

CAMINO DE VILAFRANCA

Niveles



GRAFICO Nº 7.4.

LA VEGA

Niveles

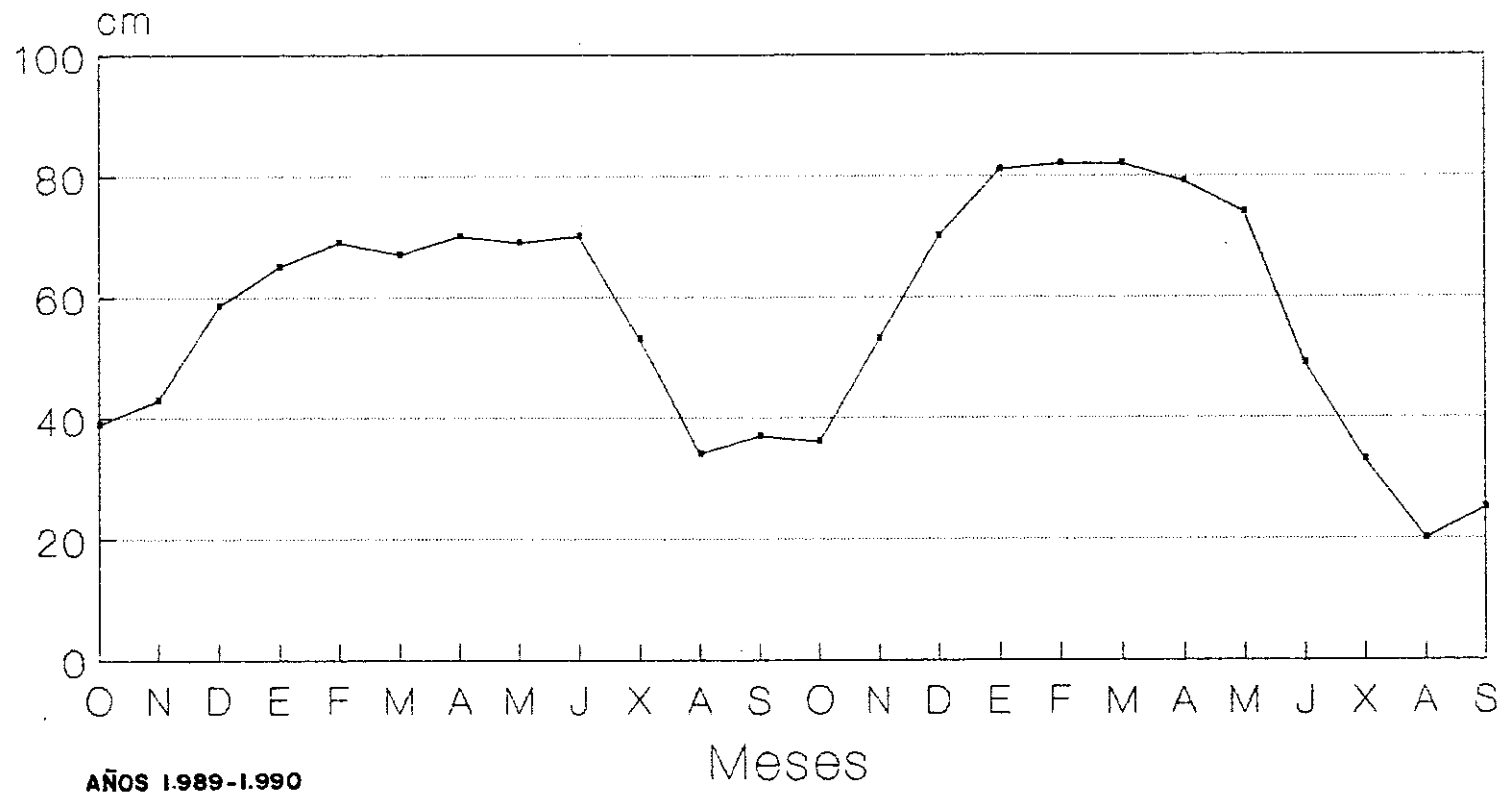


GRAFICO N° 7.5.

ALCAHOZO

Niveles



GRAFICO N° 7.6.

LA CHICA

Temperaturas

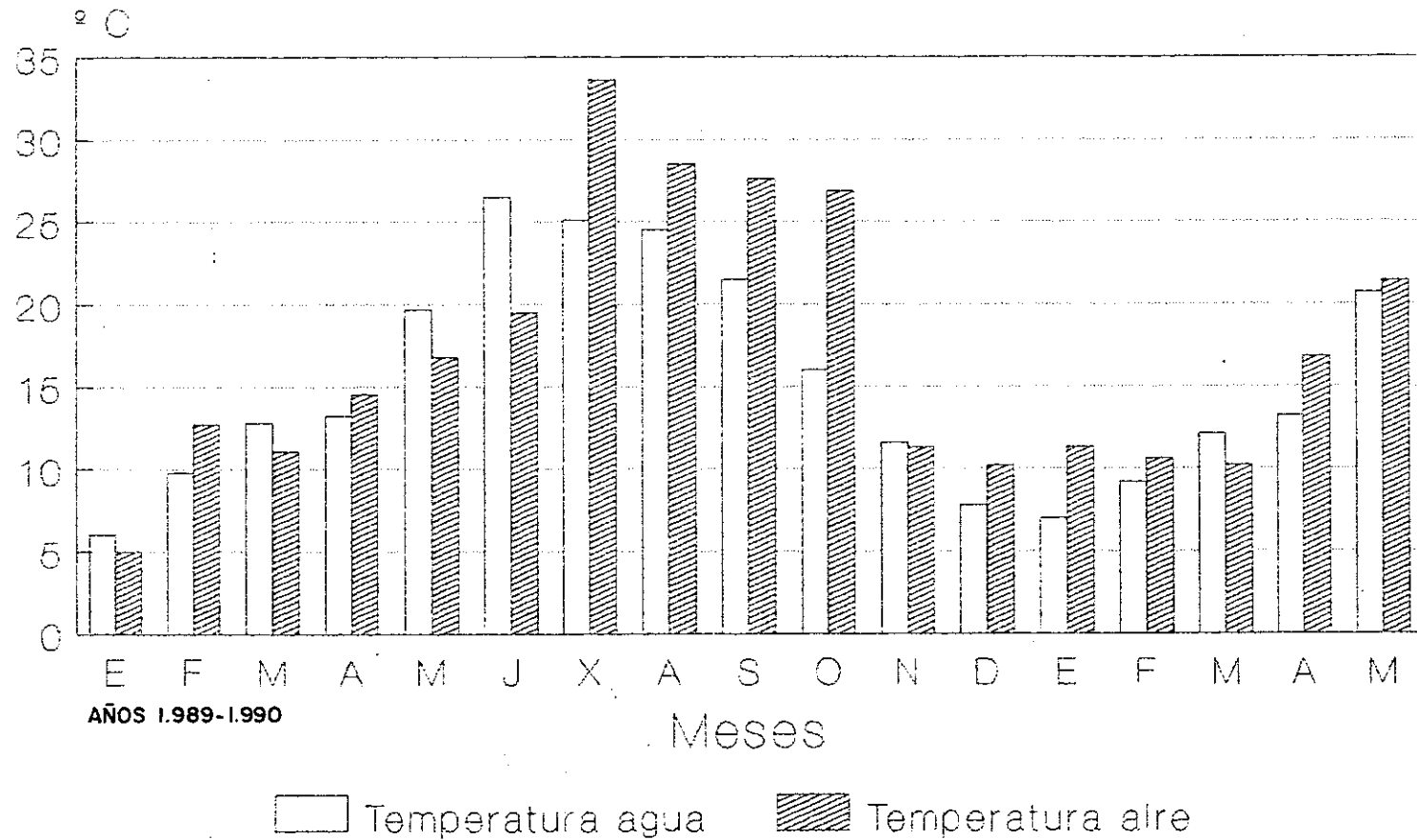


GRAFICO Nº 7.7.

LA GRANDE

Temperaturas

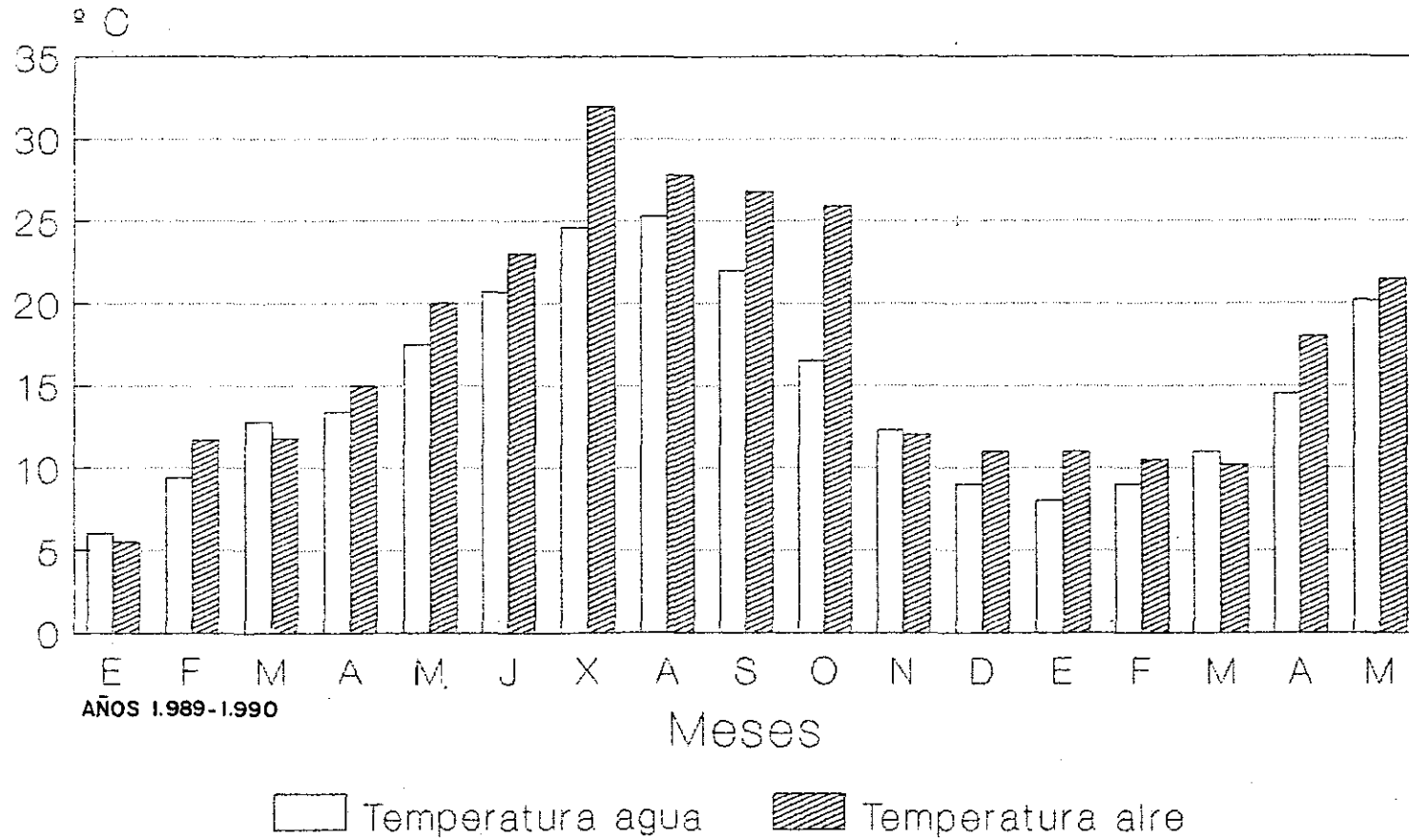


GRAFICO N° 7.8.

YEGUAS

Temperaturas

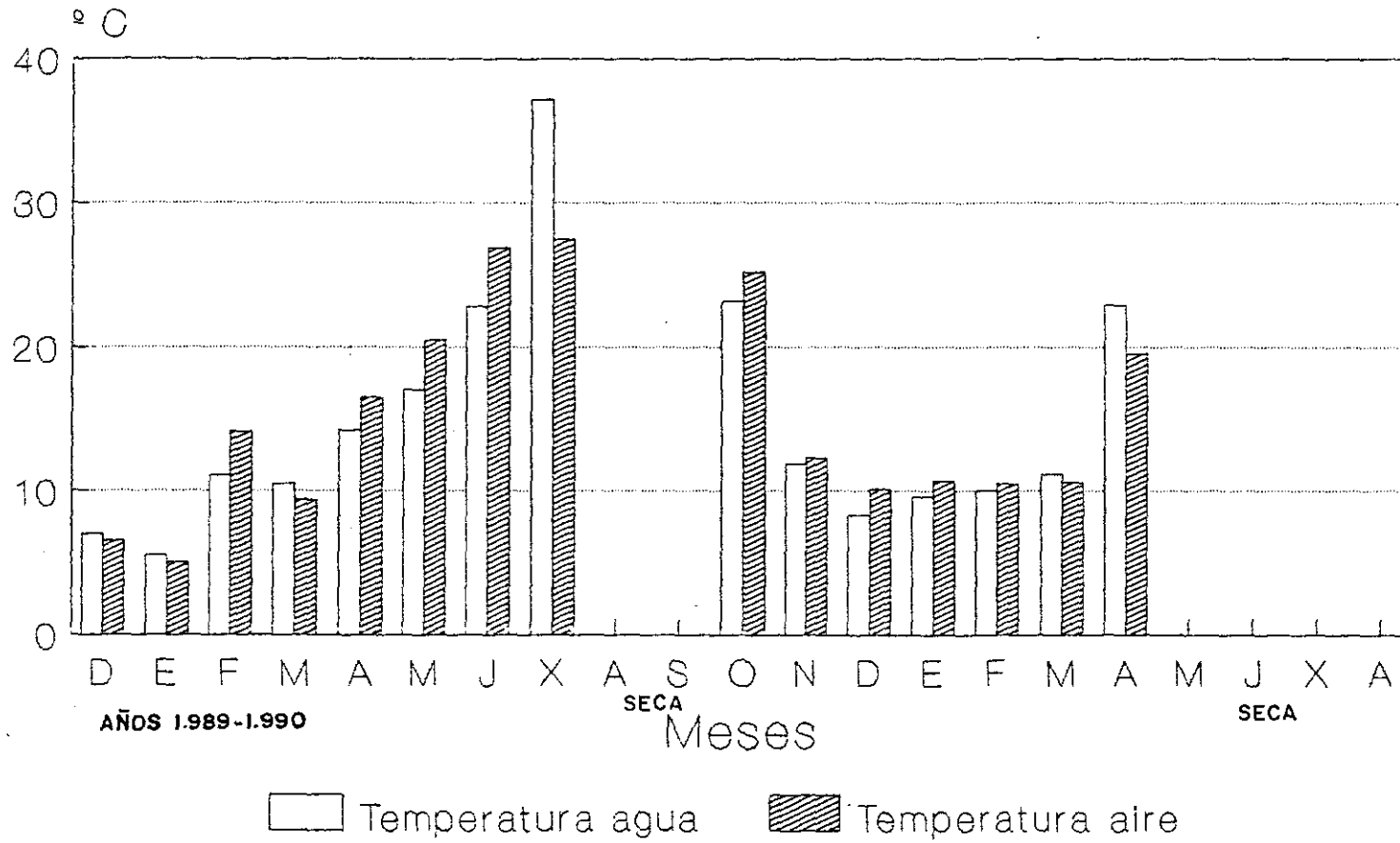
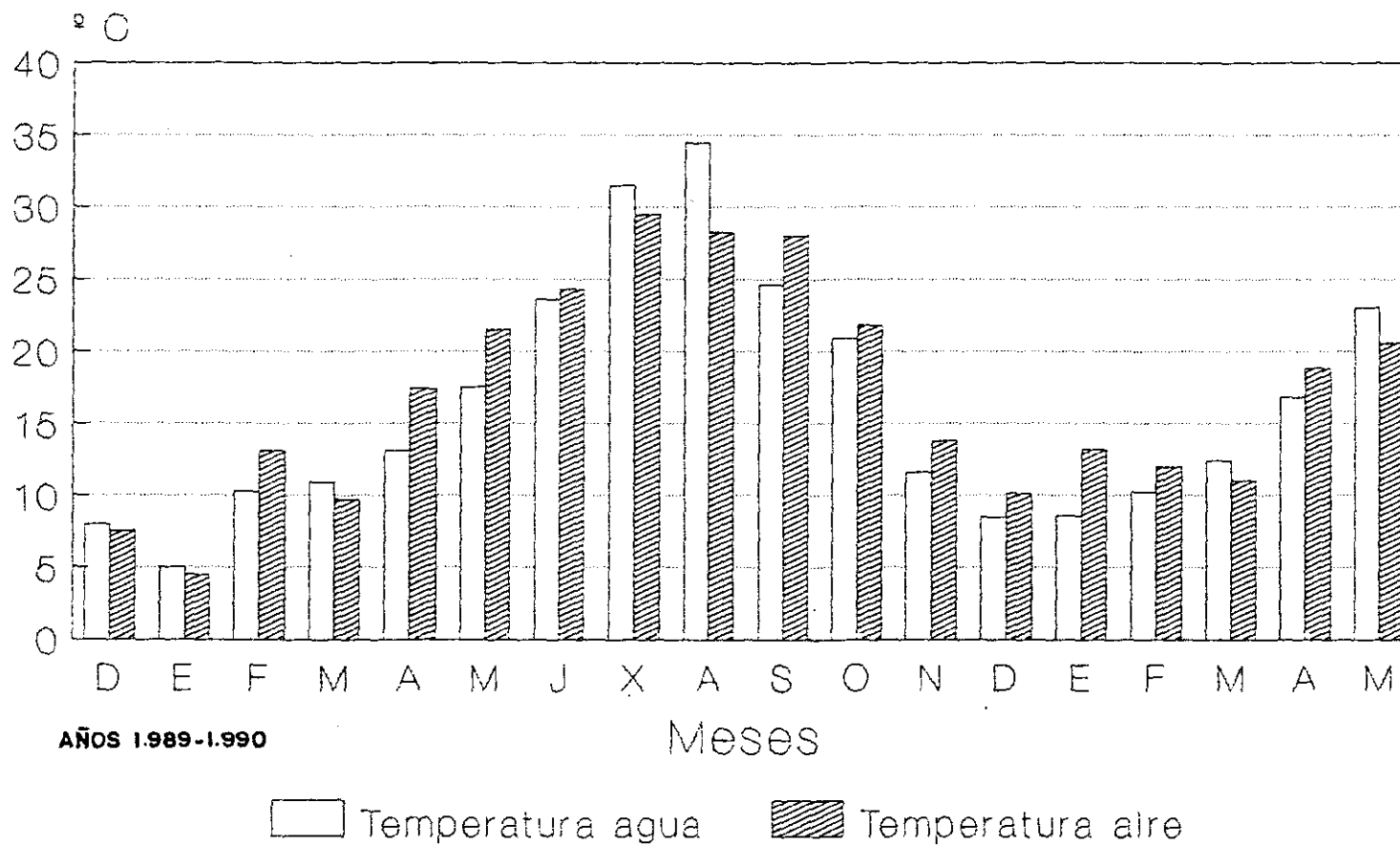


GRAFICO N° 7.9.

CAMINO DE VILAFRANCA

Temperaturas



AÑOS 1.989-1.990

GRAFICO Nº 7.10.

LA VEGA

Temperaturas

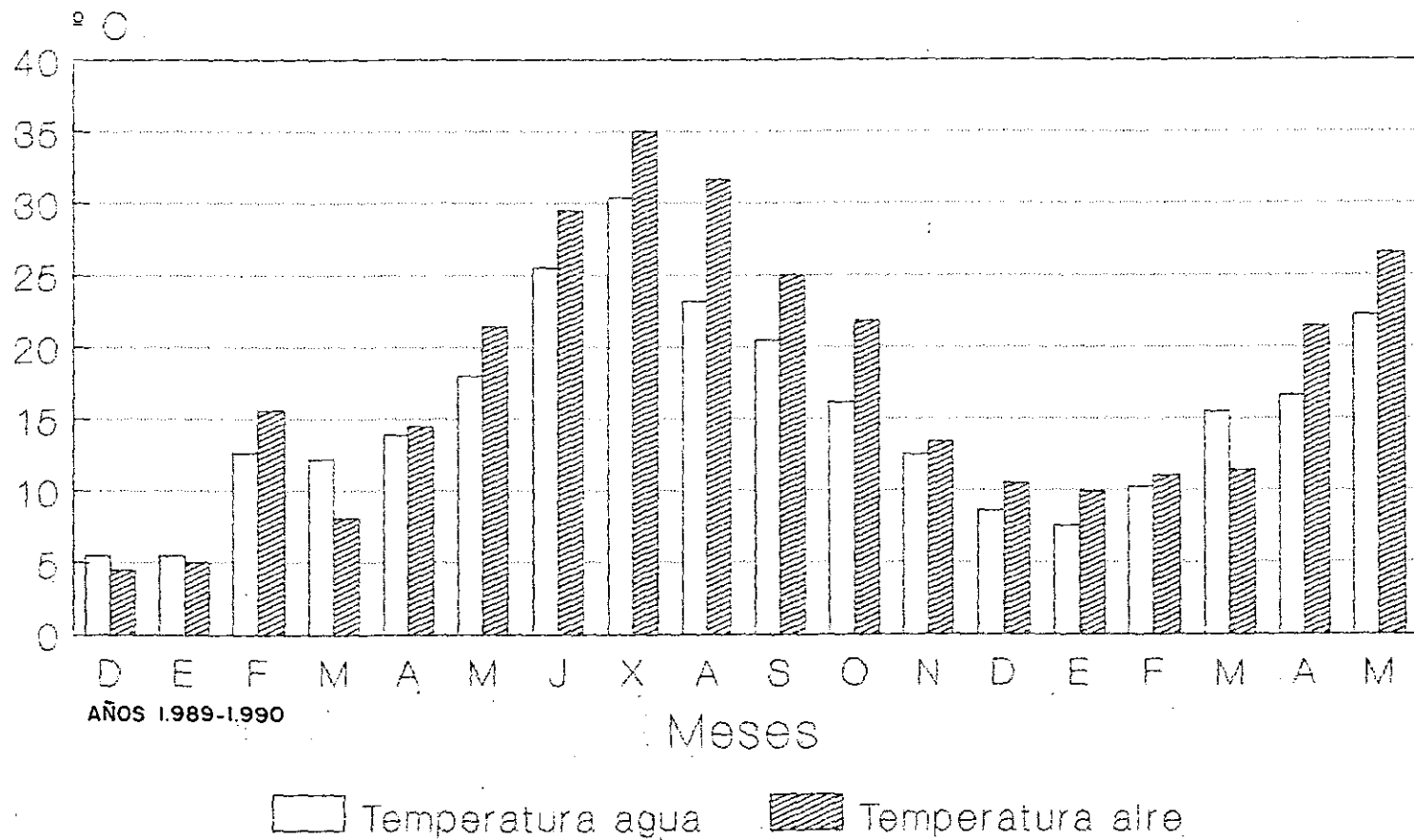


GRAFICO N° 7.11.

ALCAHOZO

Temperaturas

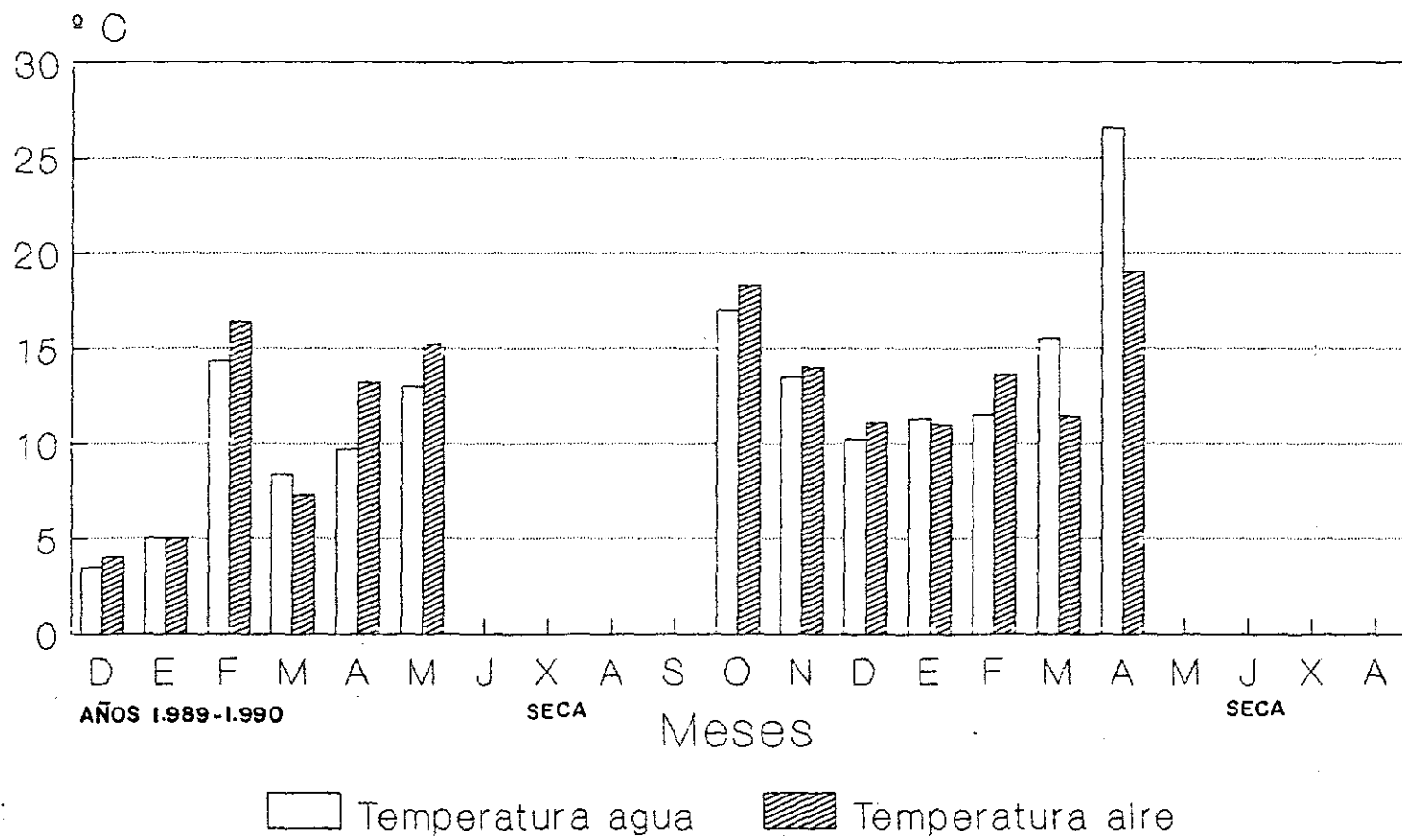


GRAFICO N° 7.12.

- Máximas: 34.5° C en el Camino (31-VIII-89).
37.2° C en las Yeguas (25-VII-89).
- Mínimas: 3.5° C en Alcahozo (2-XII-88).
5.0° C en el Camino (20-I-89).
5.5° C en las Yeguas (20-I-89).

Un hecho importante es que no se observa estratificación térmica en la columna de agua; esto es debido fundamentalmente a la inexistencia de grandes profundidades y al importante papel que desempeña el viento removiendo y homogeneizando las aguas.

Las mayores diferencias entre las temperaturas del aire y del agua se dan en los meses de octubre y abril, meses como vemos equinocciales, en los que comienza el enfriamiento de otoño y el calentamiento de la primavera. Este hecho es fácilmente explicable, ya que las masas de agua sufren un efecto de inercia térmica, variando sus temperaturas más lentamente que las masas de aire, sujetas éstas últimas a las rápidas variaciones de la dinámica atmosférica.

Por otra parte, también se pueden señalar las mayores diferencias de temperatura en los meses de verano, sobre todo en las lagunas más someras. Para explicar este hecho hay que señalar que durante los meses de julio y agosto las láminas de agua quedaban reducidas a meros charcos, como es lógico, la temperatura que aquí alcanza el agua es mucho más alta que la del aire, teniendo en ocasiones hasta 10° C más que la temperatura de éste.

Por último comentar, que aunque la temperatura en sí no parezca un factor muy interesante, sin embargo, es clave para los seres vivos. Como sabemos, al aumentar la temperatura se multiplica la solubilidad de los sólidos originándose disoluciones sobresaturadas en sales. Bajo estas condiciones, la toxicidad de las sales aumenta, de forma que muy pocos organismos pueden sobrevivir.

7.2.2. Turbidez.

Las masas de agua continentales tienen, en general, valores muy bajos de turbidez. Las causas de ésta son, fundamentalmente, el material coloidal en suspensión, la arcilla y la materia orgánica.

Por otro lado, un factor muy importante a tener en cuenta cuando se mide la turbidez es la climatología, ya que, tanto las precipitaciones como el viento, son dos de los principales agentes que contribuyen a remover los fondos y por tanto a generar turbidez.

Junto a estos factores que podríamos denominar naturales, existe otro hecho importante generador de turbidez: el vertido de aguas residuales. De las seis lagunas estudiadas, son las que sufren vertidos o han sufrido vertidos las que tienen valores más altos de turbidez.

De esta forma, y atendiendo exclusivamente al parámetro de la turbidez, se distinguen dos grupos de lagunas:

- Alcahozo, Chica y Grande, con valores muy bajos de turbidez, oscilando estos entre 5 y 33 UTF.
- Chica: entre 5 y 33 UTF.
- Grande: entre 5 y 30 UTF.
- Alcahozo: entre 5 y 23 UTF.
- La Vega, las Yeguas y Camino de Villafranca, con valores mucho más altos y variables.
- La Vega: entre 23 y 200 UTF.
- Las Yeguas: entre 117 y 160 UTF.
- El Camino: entre 125 y 440 UTF.

7.2.3. El pH.

Como sabemos, el pH indica la concentración de iones hidrógeno o de iones hidróxilo en las disoluciones acuosas. Los valores del pH varían entre 0 y 14, siendo 7 el valor de la neutralidad.

Los valores que se han dado para las aguas de los lagos salinos oscilan según Hammer (1986) entre 7.5 y 9.5; sin embargo, para el caso de las lagunas españolas Martino (1988) ha ampliado el intervalo entre 7 y 10. En general, se puede afirmar que el pH de las aguas varía según el tipo de sales que contenga. Así, por ejemplo, la halita (ClNa) origina pH neutros, mientras que los carbonatos generan pH alcalinos.

En concreto, los datos obtenidos en las lagunas muestreadas se ajustan a estos intervalos, oscilando sus valores entre 7.2 y 9.7, tan sólo existen dos excepciones:

- En el Camino, en agosto de 1989 se midió 6.7.
- En las Yeguas, en julio de 1989 se midió 6.4.

En estas fechas las lagunas estaban casi secas, tan sólo quedaban unos pequeños charcos de agua en los que introdujimos el pehachimetro. Seguramente, la gran concentración iónica existente (en las Yeguas fue imposible la toma de muestra, pero en el Camino se obtuvieron 25.000 ppm de cloruros y 34.000 ppm de sulfatos) es la causa de este brusco descenso. Por otra parte, no descartamos la posibilidad de que esta fuerte concentración interfiera en la determinación del pH, y por tanto que estos valores alberguen error de tipo analítico.

Así pues, como se puede comprobar en los gráficos nº 7.13 al 7.18., si exceptuamos estos dos casos, los valores del pH oscilaron entre:

LA CHICA

pH



GRAFICO Nº 7.13.

LA GRANDE

pH

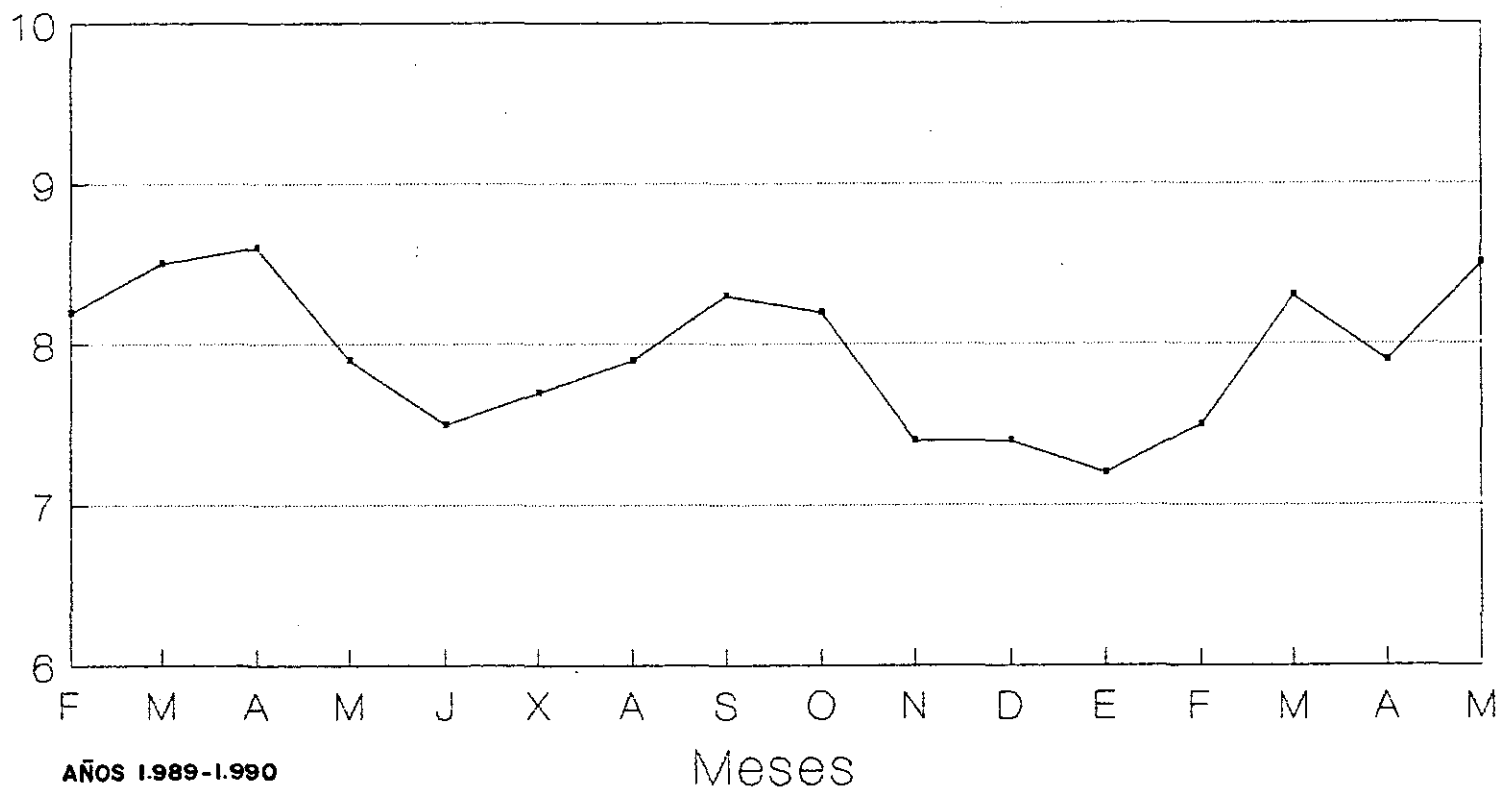


GRAFICO N° 7.14.

LAS YEGUAS

pH

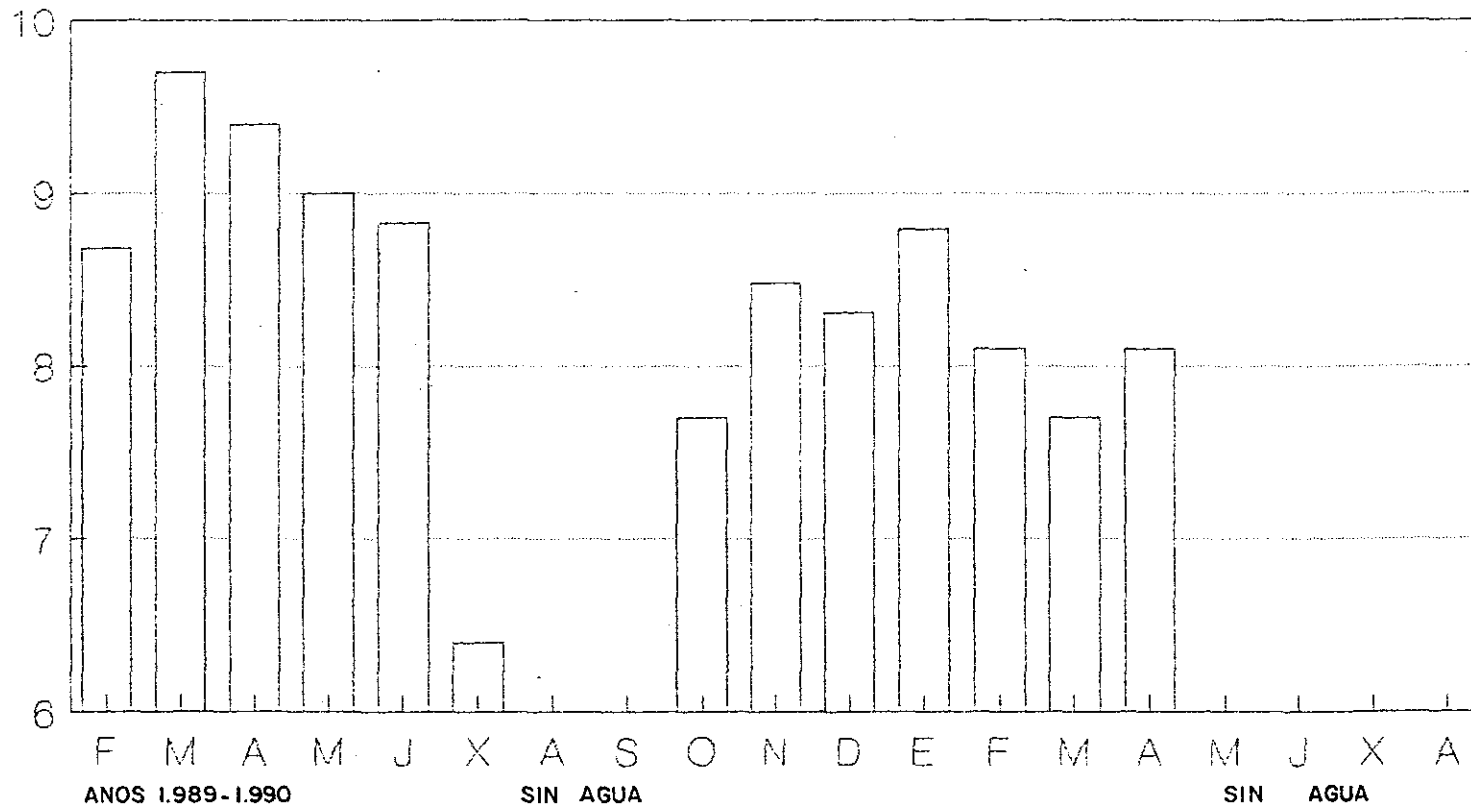


GRAFICO N° 7.15.

CAMINO DE VILAFRANCA

pH

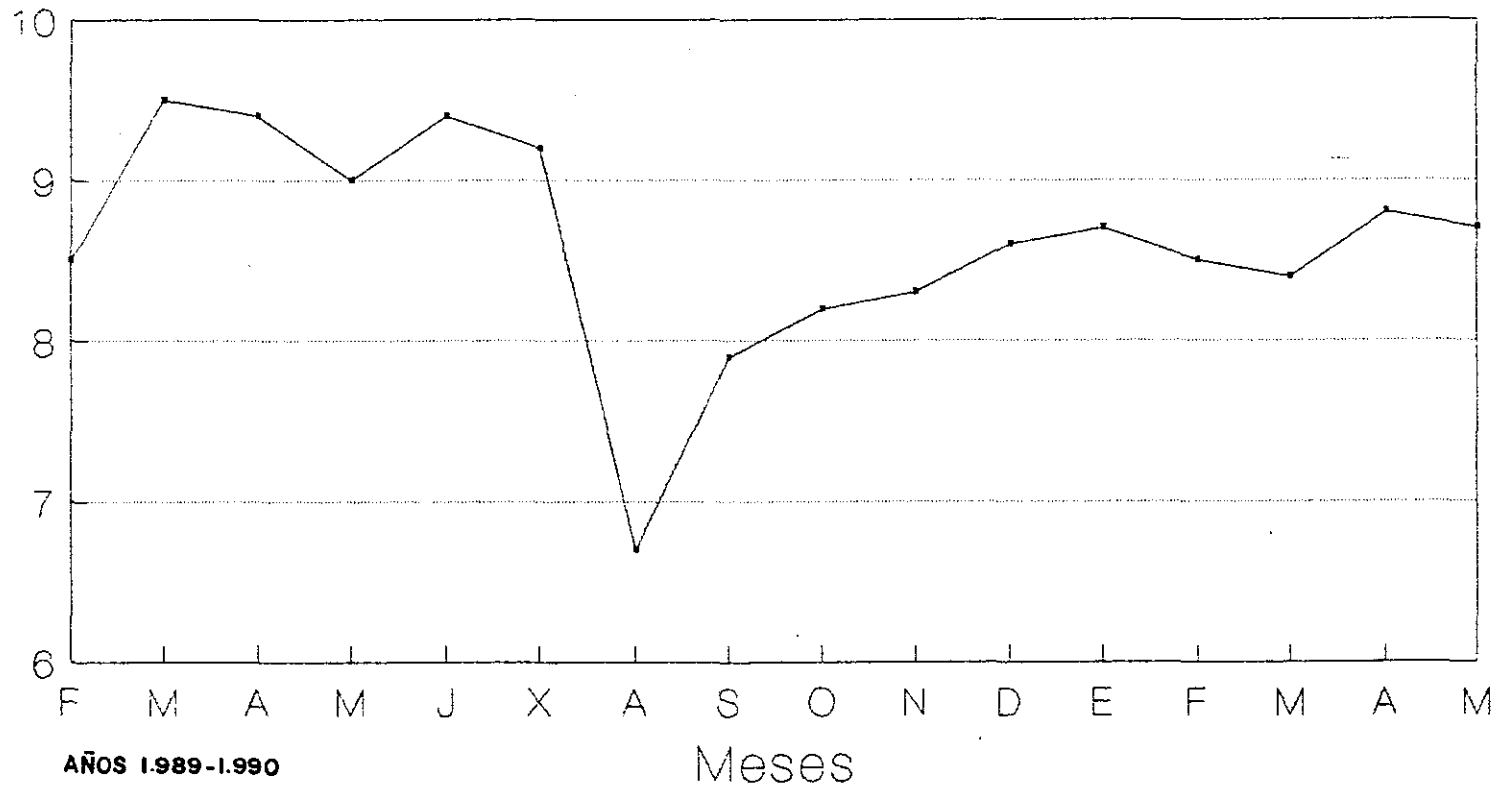


GRAFICO N° 7.16.

LA VEGA

pH



GRAFICO N° 7.17.

ALCAHOZO

pH

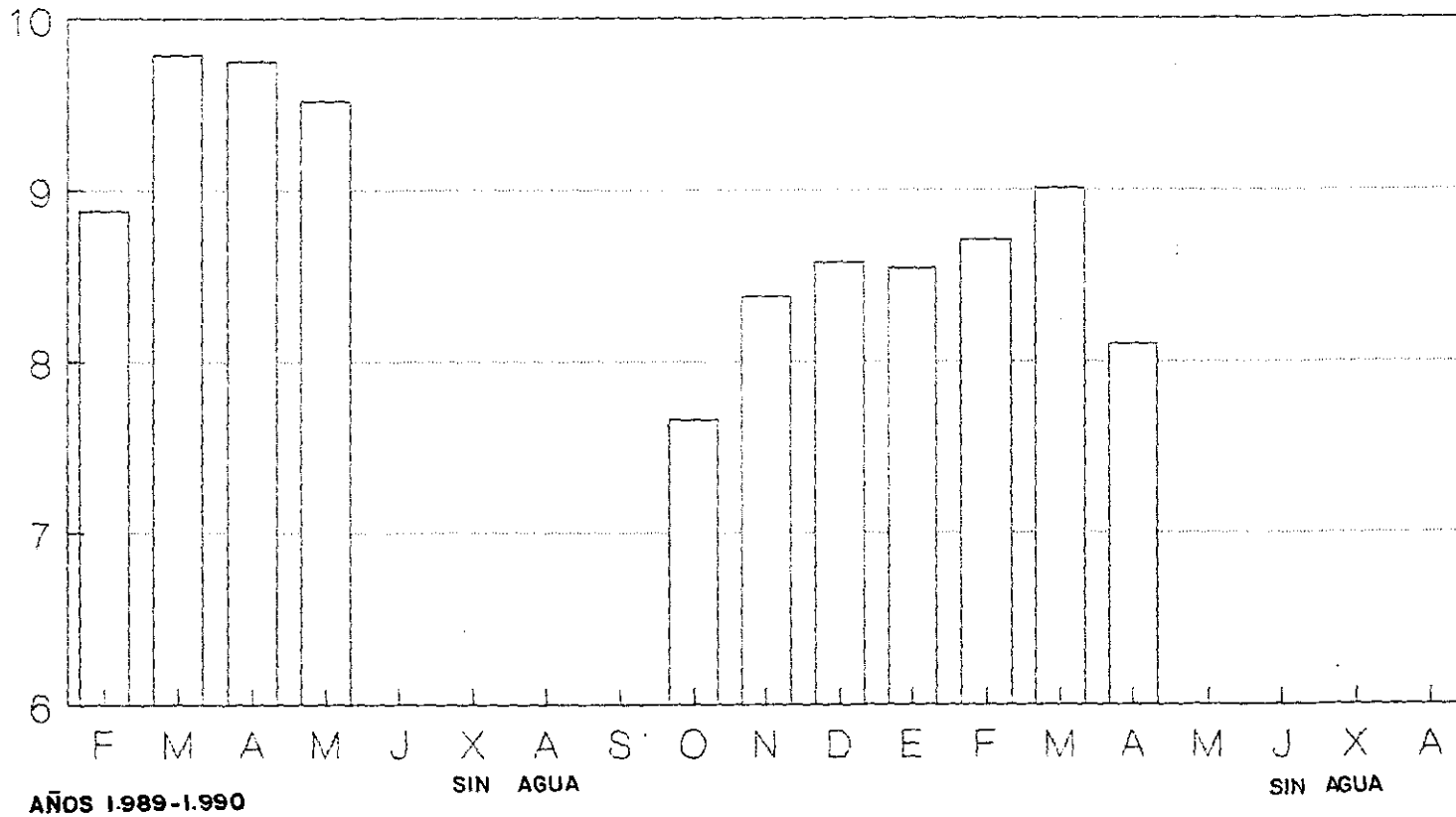


GRAFICO N° 7.18.

La Chica:	7.7 y 8.7.
La Grande:	7.2 y 8.6.
Las Yeguas:	7.7 y 9.7.
El Camino:	8.2 y 9.5.
La Vega:	7.8 y 9.6.
Alcahozo:	8.1 y 9.7.

7.2.4. Alcalinidad.

La alcalinidad total expresa el contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de una solución acuosa. Con el método empleado (método tritrimétrico valorado con ácido standard) dicha alcalinidad queda expresada en ppm de CO_3Ca .

El origen de la alcalinidad puede estar ligado a tres hechos fundamentales:

1. La presencia en la cuenca de litologías carbonatadas. Los carbonatos más habituales, y que se encuentran en cantidades más apreciables en el suelo, provienen de la calcita y la dolomita (carbonatos cálcico y cálcico-magnésico respectivamente).
2. Ascenso capilar de sales alcalinas desde la profundidad del perfil, hecho que se presenta habitualmente en áreas de climas áridos y con carácter arreico, es decir, donde no se produce la evacuación de las sales.
3. Afluencia de aguas subterráneas de carácter alcalino.

Este último hecho se ha comprobado ya en otros acuíferos, como el de Madrid (Bernáldez et al. 1989) y el de los Arenales del Duero (Benayas, 1992) quienes confirman la existencia de suelos alcalinos ligados a las áreas de descarga subregionales o intermedias, con ascenso de aguas alcalinas.

Según Snoeyink y Jenkins (1987), la mayoría de las aguas naturales se encuentran en un intervalo de alcalinidad entre 50 y 500 mg/l. Sin embargo, la presencia de uno o más de los tres factores antes mencionados creemos puede incrementar el valor de dicha alcalinidad.

Según lo expuesto, las lagunas que se encuentran en cuencas carbonatadas o que tienen aportes de acuíferos calizos, caso que se había comentado para las lagunas de Alcahozo y La Vega, deberían tener los máximos valores. Sin embargo, la realidad que se constata es otra. Se distinguen dos grupos (Ver gráficos nº 7.19 al 7.24):

1. La Vega, Chica y Grande: cuyos valores máximos de alcalinidad sobrepasan muy poco los 500 ppm. Dándose por lagunas los siguientes valores:

- La Vega: entre 162 y 730 ppm.
- La Chica: entre 120 y 650 ppm.
- La Grande: entre 130 y 665 ppm.

2. Alcahozo, Yeguas y el Camino: cuyos valores sobrepasan en la mayoría de los meses los 500 ppm, alcanzando por lagunas los siguientes valores:

- Alcahozo: entre 330 y 1250 ppm.
- Yeguas: entre 370 y 3000 ppm.
- Camino: entre 210 y 1510 ppm.

Ante estos hechos, creemos que el factor que explica la mayor alcalinidad de las lagunas está relacionado con la temporalidad de éstas, y por tanto, con el ascenso capilar de sales alcalinas en la época estival.

LA CHICA

Alcalinidad



GRAFICO N° 7.19.

LA GRANDE

Alcalinidad

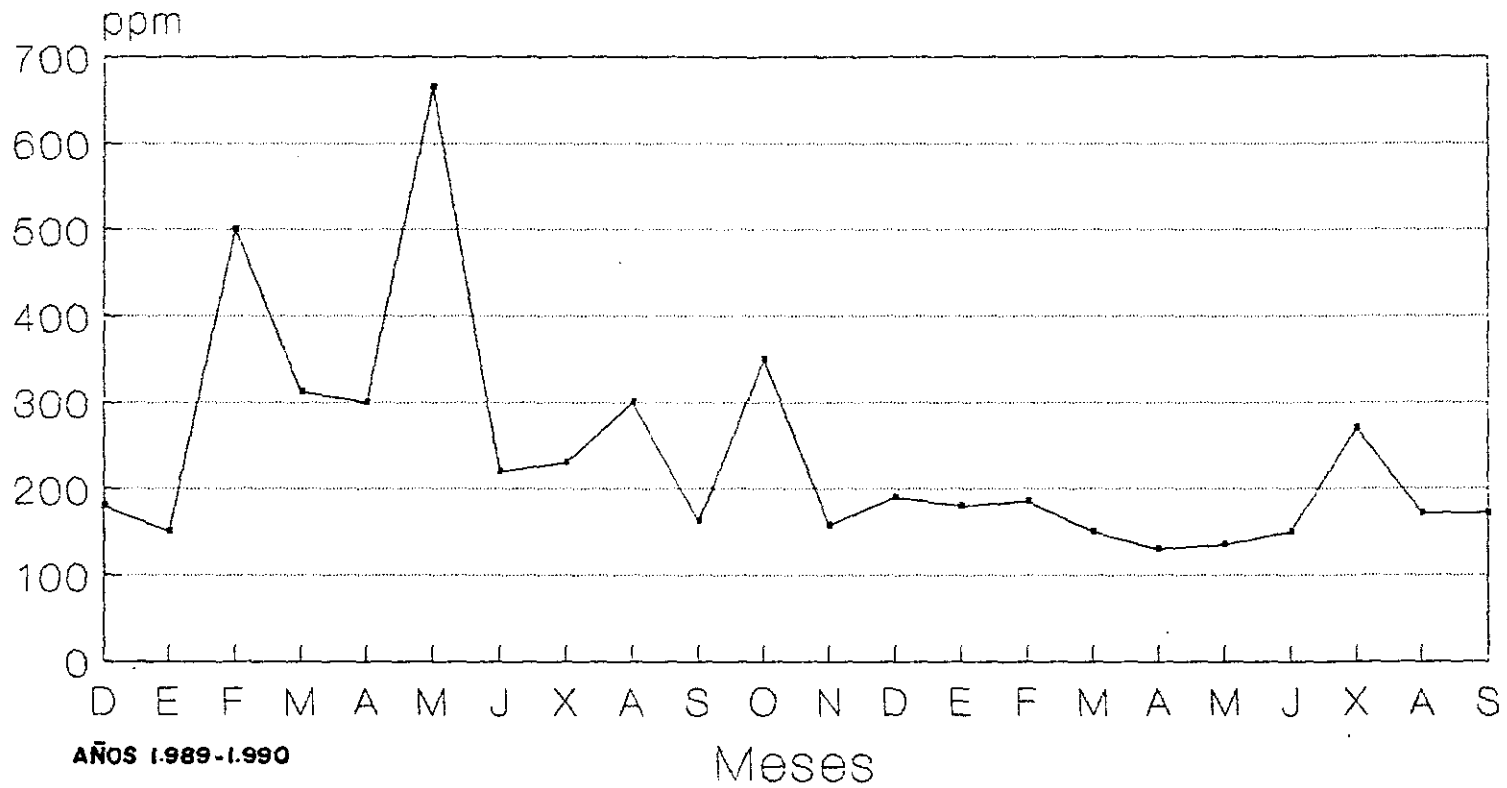


GRAFICO N° 7.20.

YEGUAS

Alcalinidad

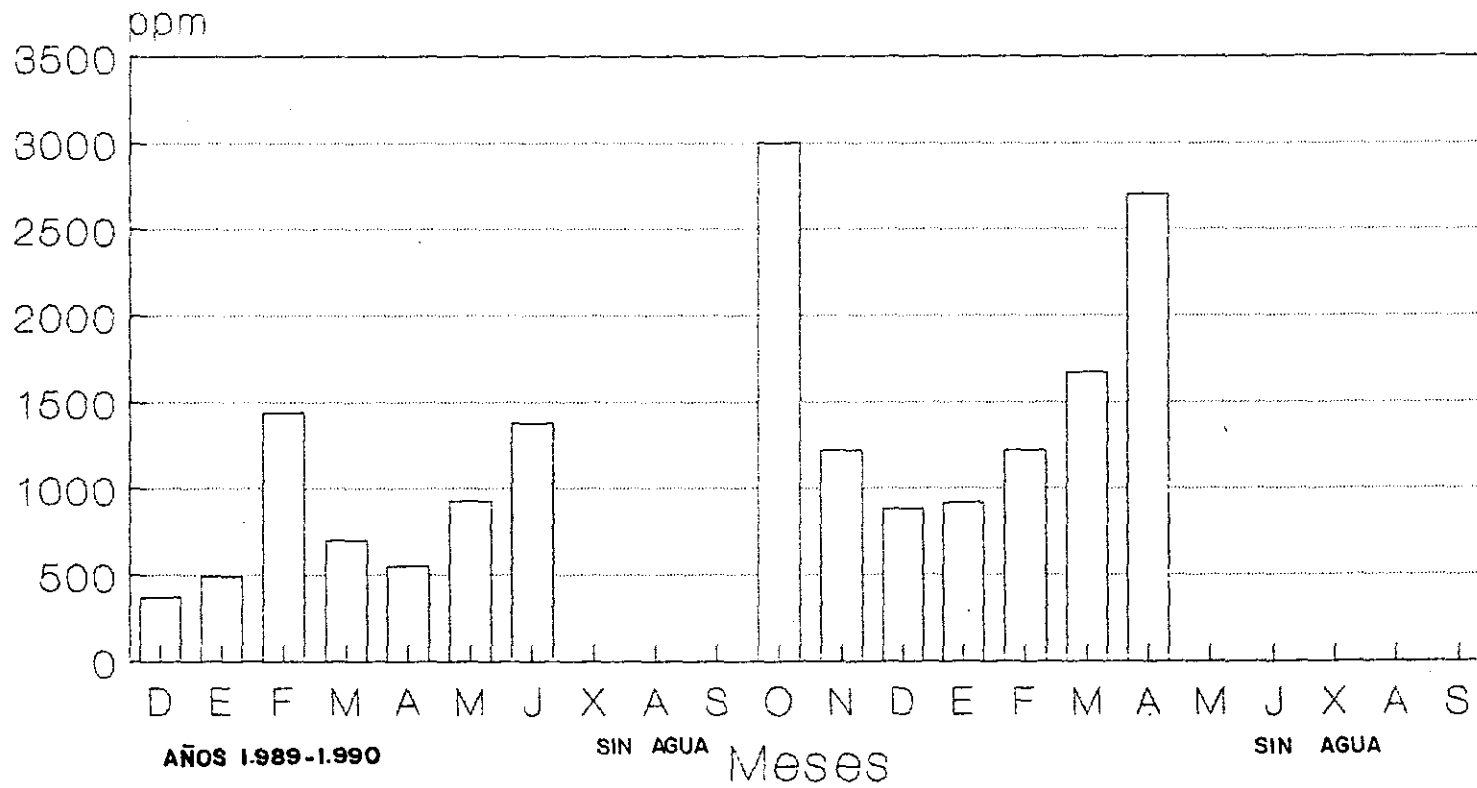


GRAFICO N° 7.21.

CAMINO DE VILAFRANCA

Alcalinidad

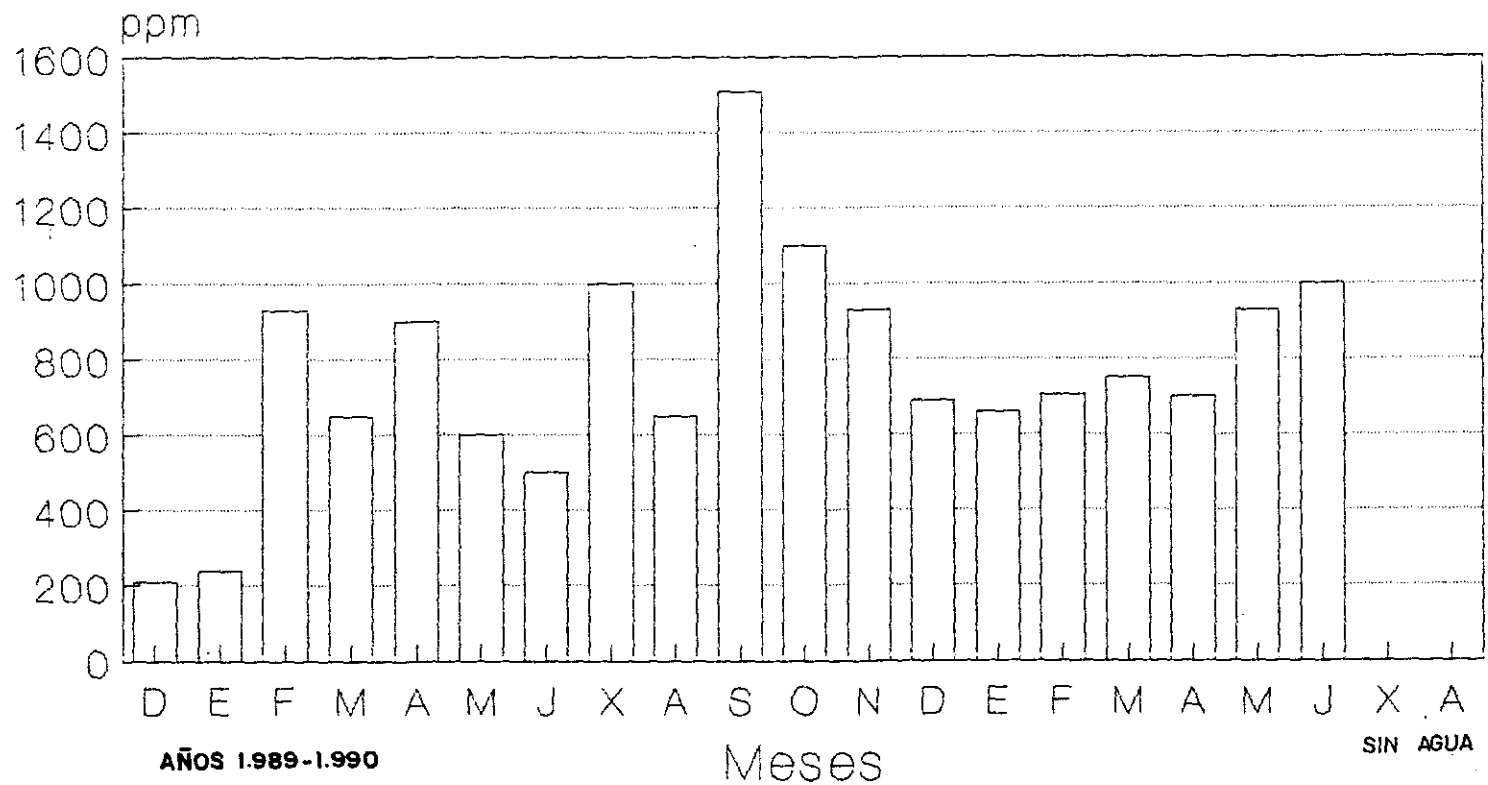


GRAFICO N° 7.22.

LA VEGA

Alcalinidad

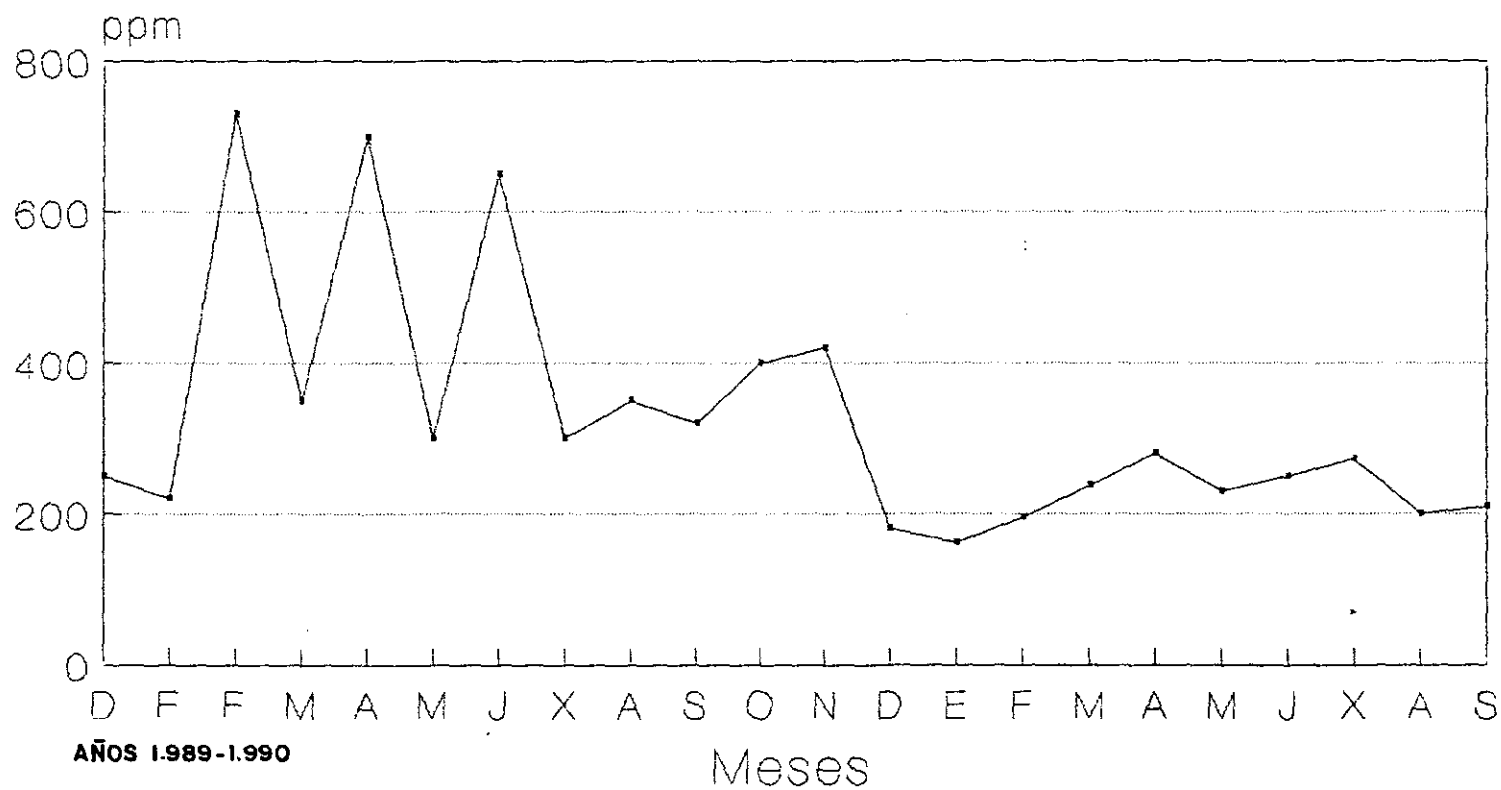


GRAFICO N° 7.23.

ALCAHOZO

Alcalinidad

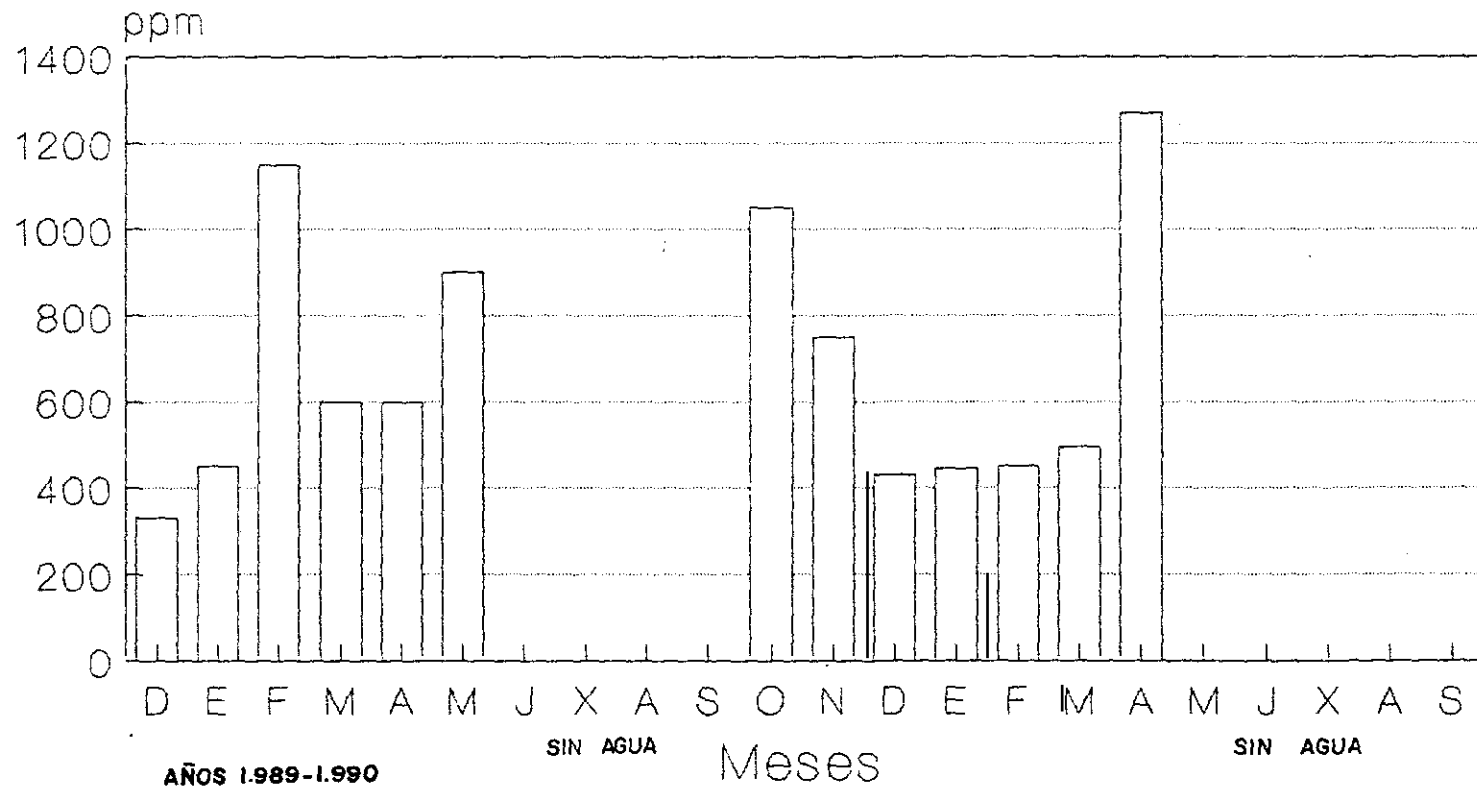


GRAFICO N° 7.24.

7.2.5. Salinidad.

Como ya se comentó en la introducción de este capítulo, la salinidad es uno de los parámetros más difíciles y complejos de definir. Es el resultado de la suma de los ocho compuestos y elementos iónicos principales: bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio y potasio. Sin embargo, dicha composición varía a lo largo del año, según un ciclo, en el que se definen, como ya vimos, dos fases: fase de carga y fase de descarga.

La fase de carga comienza en septiembre, cuando las lagunas después de la sequía estival comienzan a llenarse, se inicia la disolución de las costras salinas, adquiriendo aproximadamente tres meses después del inicio de su llenado la máxima concentración iónica; después de este momento, las precipitaciones diluirán la concentración, hasta que comienza la evaporación, y por consiguiente la fase de descarga.

La fase de descarga se inicia con el comienzo de la evaporación de las aguas; con ello, se produce progresivamente una mayor concentración del medio, hasta que una vez evaporado todo el agua, comienza la precipitación de sales y la aparición de nuevas costras salinas.

Frente a este hecho, la decisión adoptada por la mayoría de los autores es definir la salinidad dando los datos de la composición iónica de las aguas tres meses después del inicio del llenado de las lagunas, es decir, una vez diluidas las costras, en el momento de máxima concentración dentro de la fase de carga.

Pero, existe un problema: ¿ Qué ocurre con las lagunas permanentes? ¿Cuándo medimos en éstas la salinidad?.

Un hecho indiscutible es que las fases descritas en las lagunas estacionales no se definen en las permanentes. En éstas, el ciclo observado presenta la siguiente evolución: tras las máximas concentraciones de verano, en octubre cuando comienzan las lluvias equinocciales, se inicia un paulatino descenso de las concentraciones que prosigue hasta finales de primavera. A partir de este momento, finales de mayo, principios de junio (según la duración de las lluvias de primavera), las concentraciones vuelven a ascender, cerrándose el ciclo de nuevo, con las máximas concentraciones estivales.

De esta forma, vemos que si se comparan los datos de salinidad obtenidos entre los meses de diciembre a marzo, es decir, tres meses después del llenado de las lagunas, se estarán comparando los datos de máxima concentración iónica en las estacionales (dentro de la fase de carga) y los datos de menor concentración en las permanentes.

Debido a esto, y para poder comparar los datos y clasificar las aguas de las lagunas, tanto estacionales como permanentes, hemos optado por hallar la media entre el valor de máxima y mínima concentración obtenido a lo largo de todo el ciclo hidrológico. Dichos valores son:

Laguna Chica de Villafranca

Primer ciclo: Valor mínimo	4120 ppm (VIII-89).
Valor máximo	9410 ppm (III-89).
Media	6765 ppm <u>Aguas salobres</u> .
Segundo ciclo: Valor mínimo	4504 ppm (VII-90).
Valor máximo	11148 ppm (IX-90).
Media	7826 ppm <u>Aguas salobres</u> .

Laguna Grande de Villafranca

Primer ciclo: Valor mínimo	5375 ppm (I-89).
Valor máximo	10170 ppm (VIII-89).
Media	7772 ppm <u>Aguas salobres.</u>
Segundo ciclo: Valor mínimo	6822 ppm (V-90).
Valor máximo	12772 ppm (IX-90).
Media	9797 ppm <u>Aguas salobres.</u>

Laguna de las Yeguas

Primer ciclo: Valor mínimo	14570 ppm (XII-88).
Valor máximo	49505 ppm (VI-89).
Media	32037 ppm <u>Aguas saladas.</u>
Segundo ciclo: Valor mínimo	66065 ppm (XII-89).
Valor máximo	197530 ppm (IV-90).
Media	131797 ppm <u>Salmuera.</u>

Laguna del Camino de Villafranca

Primer ciclo: Valor mínimo	4410 ppm (XII-88).
Valor máximo	58375 ppm (VIII-89).
Media	31392 ppm <u>Aguas saladas.</u>
Segundo ciclo: Valor mínimo	31065 ppm (V-90).
Valor máximo	93560 ppm (IX-90).
Media	62312 ppm <u>Aguas saladas.</u>

Laguna de La Vega o del Pueblo

Primer ciclo: Valor mínimo	2400 ppm (XII-88).
Valor máximo	9080 ppm (VIII-89).
Media	5740 ppm <u>Aguas salobres.</u>
Segundo ciclo: Valor mínimo	6505 ppm (IV-90).
Valor máximo	11908 ppm (IX-90).
Media	9206 ppm <u>Aguas salobres.</u>

Laguna de Alcahozo

Primer ciclo: Valor mínimo	10630 ppm (XII-88).
Valor máximo	32525 ppm (V-89).
Media	21577 ppm <u>Aguas saladas.</u>
Segundo ciclo: Valor mínimo	43175 ppm (XI-89).
Valor máximo	193660 ppm (IV-90).
Media	118417 ppm <u>Salmuera.</u>

Así pues, quedan definidos dos grupos:

1. Las lagunas permanentes (Chica, Grande y La Vega): de aguas salobres, con un contenido inferior a los 10.000 ppm de TSD.
2. Las lagunas estacionales (Yeguas, Camino y Alcahozo), en las que debemos distinguir según los ciclos: en el primero, sus aguas se clasificarían como saladas, con un contenido inferior a los 100.000 ppm de TSD; en el segundo, sólo las aguas del Camino se mantienen como saladas, mientras que en las lagunas de las Yeguas y Alcahozo las concentraciones ascienden hasta superar los 100.000 ppm de TSD, lo que las convierte en salmueras.

Como notas importantes, destacar el predominio de los sulfatos frente a los cloruros, dato que concuerda con lo publicado en otros estudios realizados en el área (Marfil et al. 1975; Soriano et al. 1977; García Palacios et al. 1978; Bustillo et al. 1978; De la Peña y Marfil, 1986). Todos ellos destacan el carácter sulfatado-magnésico de las aguas. Lo que nos permite definir las como aguas atalasohalinas, es decir, dentro de las aguas de origen no marino, "aquellas que presentan un contenido elevado en sales, con mayor concentración en sulfatos y magnesio que la marina, y en general, con composición diferente a ella". VVAA (1987).

Más explícitamente, De la Peña y Marfil (1986) indican que los aniones principales son sulfatos y cloruros con carbonatos y bicarbonatos subordinados, destacando, entre los cationes, magnesio y sodio, con calcio y potasio subordinados.

En cuanto al origen de dichos cationes y aniones, como señalan Bustillo et al. (1978): "Se hallan perfectamente en las áreas distributivas de facies evaporíticas mesozoicas (triásicas) y cenozoicas".

Por último, y antes de finalizar el apartado de salinidad, quiero señalar dos hechos importantes:

1. Los ciclos definidos en la evolución de la salinidad, tanto en las lagunas estacionales como en las permanentes, son muy generales. Se han observado, lo que se podrían llamar anomalías, que se comentarán cuando se analice cada laguna en particular.

2. Los valores obtenidos en verano, cuando las concentraciones eran muy elevadas, se obtuvieron trabajando con una muestra muy diluida. Este hecho, creemos ha podido introducir errores de índole analítica, por lo que los datos de esos meses se tratarán con reservas.

7.2.6. Oxígeno disuelto.

Los valores de oxígeno disuelto son, en general, bastante altos, superando casi siempre los 5 mg/l, valor que se ha establecido como limitante para el desarrollo de la vida acuática. En gran número de ocasiones incluso supera los 10 mg/l, destacando sobre todo el caso de la laguna de La Vega, cuyos valores oscilan entre 10.9 y 17.2 mg/l.

Los valores de oxígeno varían tanto diariamente como de forma estacional dependiendo, fundamentalmente, de la fotosíntesis, la descomposición orgánica, la temperatura del agua y del viento.

Otro factor que repercute negativamente es la concentración salina: en general, se ha observado una disminución de los valores de oxígeno con el aumento de la salinidad, porque a mayor concentración salina menor capacidad de oxigenación. Así pues, como vimos, las altas concentraciones salinas son tóxicas y no tanto por la naturaleza de las sales en sí, como por las condiciones que conlleva: menor contenido de oxígeno, temperaturas más altas, etc.

Un hecho importante y que se produce ocasionalmente es el que se ha denominado "crisis de oxígeno" consistente en bruscos descensos de los valores de oxígeno, provocados por los intervalos de cambio de las comunidades vegetales inferiores, al producirse cambios relevantes en las características del medio.

Esto ocurrió, por ejemplo:

- En La Vega, en julio de 1989, con un valor de 1.4 mg/l.
- En las Yeguas, en noviembre de 1989, con un valor de 0.5 mg/l.
- En el Camino, en noviembre de 1989, con un valor de 0.6 mg/l.

7.2.7. Los nutrientes.

Los nutrientes más importantes son el fósforo y el nitrógeno. Ambos son elementos biogénicos y, por tanto, elementos de especial importancia ecológica, ya que frecuentemente son el factor limitante de la producción biológica.

Dada la gran importancia de estos elementos, creemos conveniente repasar someramente cuál es el origen y el ciclo de éstos, para después poder comentar que papel desempeñan en los humedales que estamos estudiando.

El nitrógeno:

Todos los seres vivos necesitan disponer en su nutrición de una fuente de nitrógeno. Este se encuentra en su mayor parte en estado gaseoso, es decir, como nitrógeno atmosférico N_2 . Sin embargo, los organismos capaces de asimilar este nitrógeno son una minoría. La mayoría de los organismos vivos precisan de nitrógeno "fijado", es decir, nitrógeno incorporado a un compuesto químico asimilable por los mismos.

De esta forma, los vegetales utilizan el nitrógeno inorgánico en forma de nitratos, nitritos o amoníaco. Entre éstos, es el ión nitrato la fuente principal de nitrógeno, ya que existen en el suelo muchas bacterias que en condiciones aerobias oxidan el amoníaco a nitritos y finalmente a nitratos.

Es pues, esencial para el crecimiento de las plantas; sin embargo, en exceso puede suponer un grave problema de contaminación.

El fósforo:

El ciclo biogeoquímico del fósforo es de tipo sedimentario: su presencia

en la litosfera está limitada a algunas rocas ígneas y a depósitos sedimentarios de fosfatos.

Este fósforo inorgánico es puesto en circulación mediante la erosión y el lixiviado de las aguas, incorporándose a la biomasa en forma de ortofosfatos PO_4 . A partir de los vegetales será transferido como fósforo orgánico por medio de las cadenas tróficas, volviendo de nuevo al suelo con la muerte de los organismos vivos o con los desechos de los mismos.

Así pues, el aporte de estos nutrientes a las masas de agua es un proceso natural y necesario para el desarrollo de la vida acuática, que se ha mantenido en equilibrio durante cientos o quizás miles de años.

Estos nutrientes, según lo referido anteriormente, describirán unos ciclos, que teóricamente podrían ser del siguiente modo: incremento en los meses otoñales e invernales, cuando apenas existe actividad vegetativa y una brusca disminución en los meses primaverales, en relación inversa con el incremento de la biomasa de fitoplacton y macrófitos; después de este descenso primaveral, el aumento de las temperaturas y el inicio de la desecación de las lagunas condicionará una nueva subida con la descomposición de los organismos fitoplanctónicos.

Sin embargo, frente a estos ciclos que hemos definido teóricamente, la realidad que se constata es la escasa concentración que existe de nitrógeno, tanto de nitritos como de nitratos, no llegando en ningún caso a exceder los límites establecidos como normales en las aguas naturales: 1 ppm de nitratos y 0.1 ppm de nitritos.

De esta forma, podría afirmarse que el contenido en nitrógeno es un factor que limita el desarrollo de la vida acuática.

No ocurre lo mismo con los fosfatos, cuyos valores en todas las lagunas, en algún momento del año sobrepasan la cifra de 0.1 ppm, establecido como cantidad normal en aguas naturales. Son excepcionalmente altos los valores de

la Vega, las Yeguas y el Camino de Villafranca, lagunas todas ellas que están siendo o han sido objeto de vertidos residuales.

Los datos y cifras concretas de estos parámetros se comentarán más pormenorizadamente cuando se estudie cada laguna en particular.

7.3. ESTUDIO PARTICULAR DE LOS HUMEDALES

7.3.1. LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA

Como ya comentamos en el capítulo primero, las lagunas Chica y Grande de Villafranca están íntimamente ligadas a la red fluvial, tanto por su origen (antigua difluencia, activa seguramente en el pleistoceno y en la actualidad abandonada) como, desde el punto de vista hidrológico, ya que ambas lagunas se alimentan directamente de las aguas del río Gigüela, a través de un canal artificial.

Este hecho confiere a las lagunas una serie de particularidades que hay que tener en cuenta para explicar la evolución de ciertos parámetros.

Comenzando por la descripción de sus ciclos hidrológicos, ambas lagunas, como era lógico esperar en lagunas que están comunicadas, han seguido la misma evolución: en el primer ciclo (dado que no dispusimos de los niveles hasta el mes de marzo, sólo se podrán comentar los datos a partir de este mes) se obtuvieron los máximos niveles en mayo y junio (37 y 38 cm en la Chica, y 39 cm en la Grande) produciéndose en julio un fuerte descenso que desembocó en los mínimos de agosto y septiembre ¹⁶.

¹⁶ Como es obvio, estos niveles no son absolutos sino relativos. Dada la profundidad de la laguna los listones se tuvieron que colocar próximos a las orillas, de esta forma sólo conoceremos los ascensos y descensos de la lámina de agua, nunca los valores absolutos del nivel de ésta.

Frente a esto, en el segundo ciclo, fueron las lluvias de otoño e invierno las que lograron el ascenso de los niveles, alcanzando el máximo en enero (50 cm en la Chica y 53 cm en la Grande), a partir de este mes, el descenso será continuado obteniendo los mínimos en agosto y septiembre de 1990 (Ver gráficos nº 7.1 y 7.2.).

En cuanto a las temperaturas, el hecho de estar muy próximas geográficamente y conectadas entre sí hace que las temperaturas observadas tanto en el agua como en el aire sean muy semejantes, poniéndose de manifiesto las mismas tendencias. Los rasgos más destacados que se pueden señalar son:

- la existencia de una inercia acusada entre las temperaturas del agua con respecto a las del aire.

- las temperaturas del agua acusan los cambios (enfriamiento o calentamiento) de forma más lenta que las temperaturas del aire, sujetas éstas a cambios más bruscos.

- las máximas diferencias entre las temperaturas del agua y del aire se han observado en octubre y abril (Ver gráficos nº 7.7 y 7.8), meses equinocciales en los que comienza el enfriamiento y el calentamiento de la atmósfera, siendo mucho más brusco el cambio de la temperatura del aire que el del agua.

Como ya se comentó, en la introducción de este capítulo, las aguas continentales tienen valores de turbidez generalmente bajos. Esta afirmación es aplicable a las lagunas que estamos tratando, ya que sus valores oscilaron entre:

La Chica: 5 y 33 UTF.

La Grande: 5 y 30 UTF.

siendo, en general, los valores algo más altos en la laguna Grande. La media de los valores obtenidos en esta, es de 19.5 UTF, frente a los 16.5 UTF de media de la Chica.

LA CHICA

Niveles

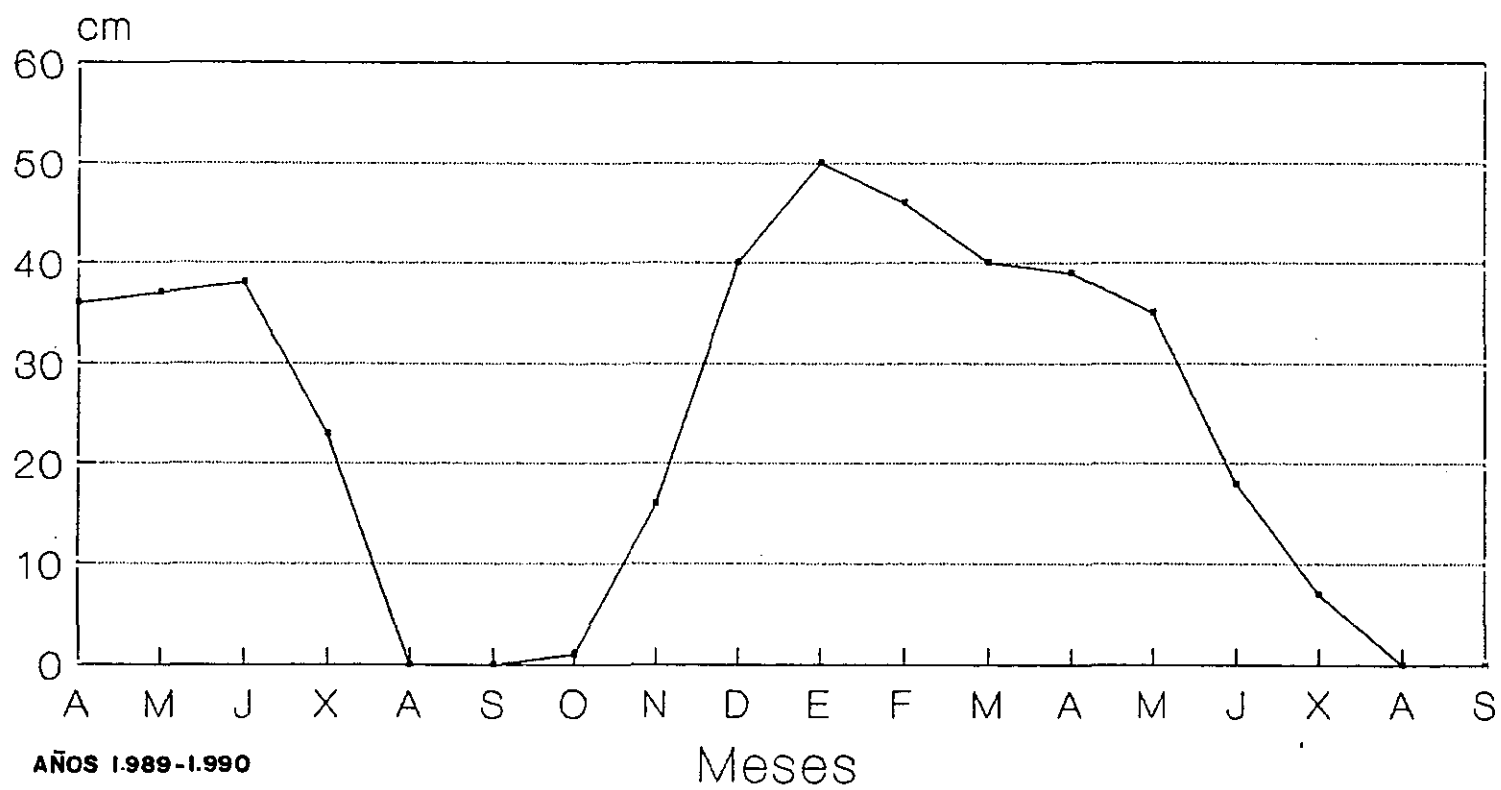


GRAFICO Nº 7.1.

LA GRANDE

Niveles

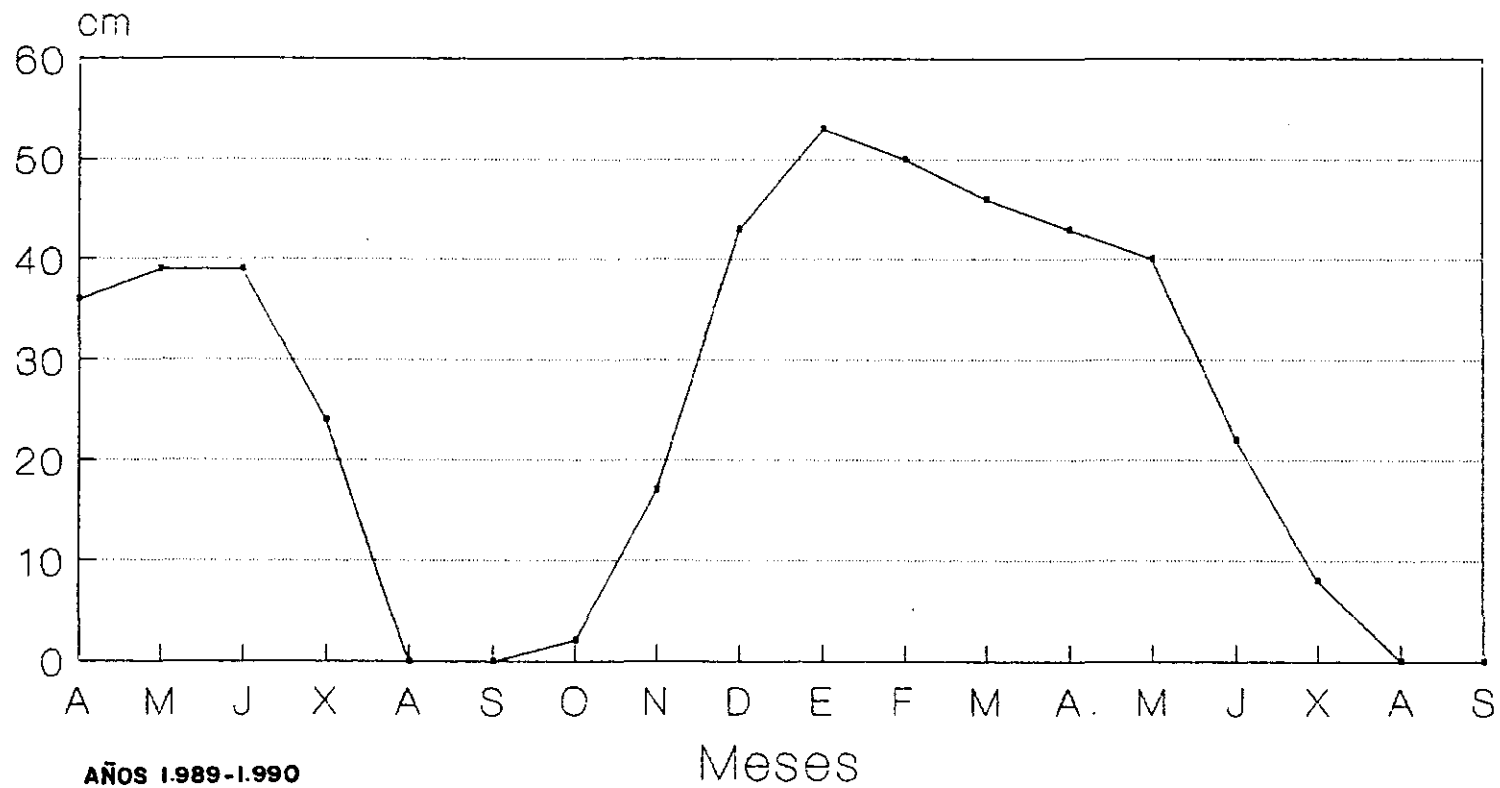


GRAFICO N° 7.2.

LA CHICA

Temperaturas

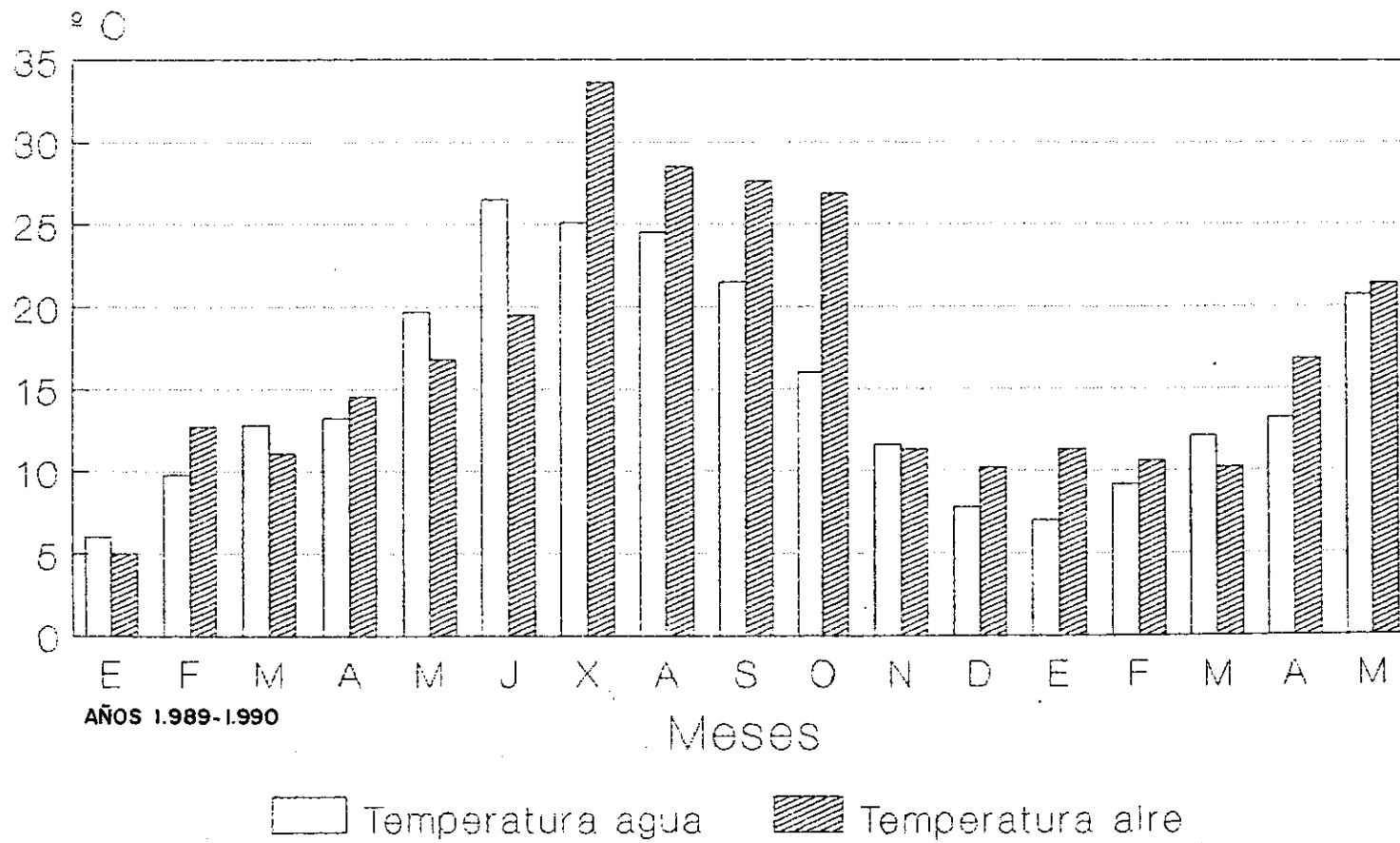


GRAFICO N° 7.7.

LA GRANDE

Temperaturas

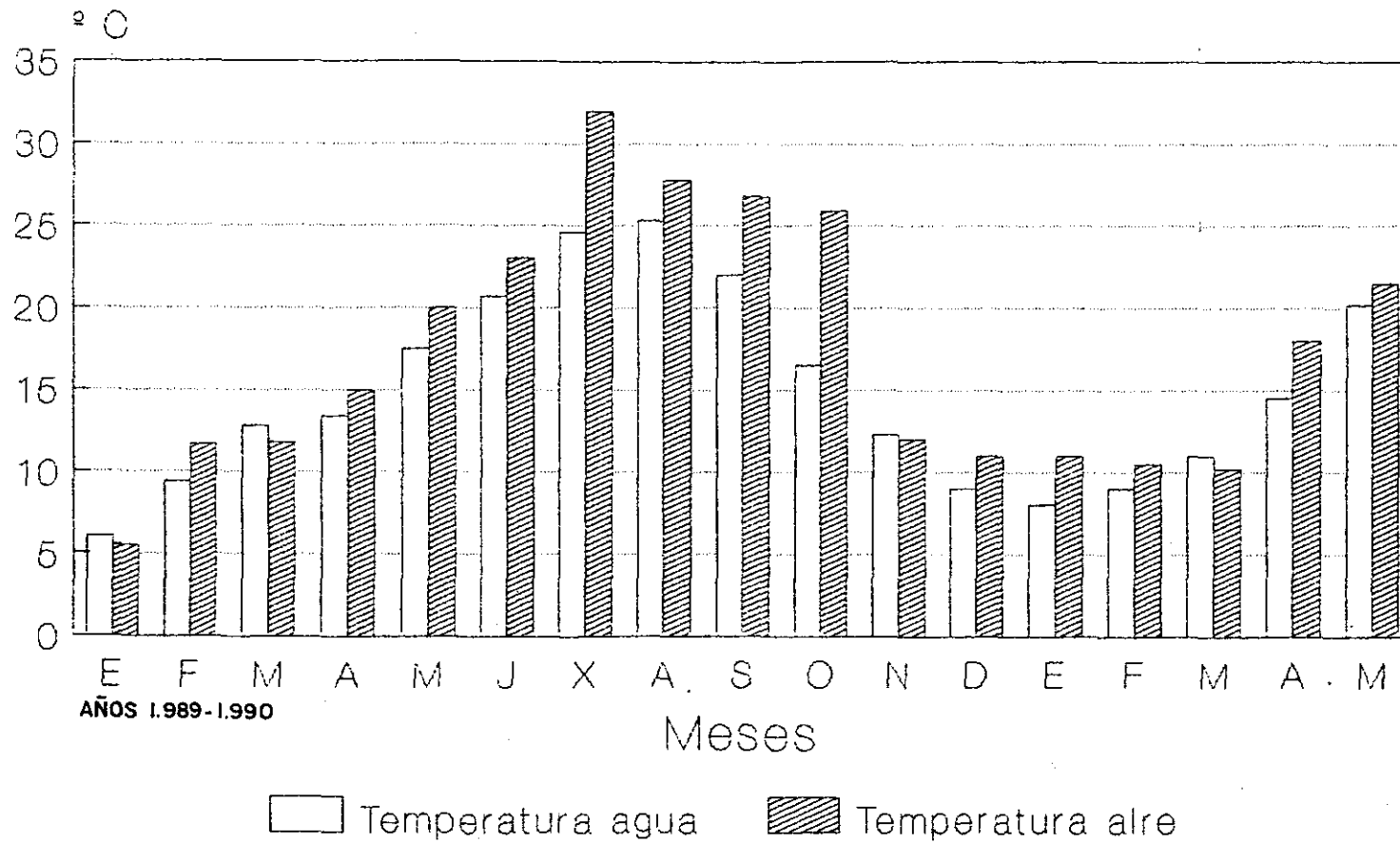


GRAFICO N° 7.8.

Los valores de máxima turbidez se observaron en los meses estivales. En el primer ciclo se obtuvieron 33 UTF en la Chica (VII-1989) y 30 UTF en la Grande (VIII-1989). Mientras que en el segundo ciclo, se obtuvieron 20 UTF en la Chica (VII-1990) y 28 UTF en la Grande (VII-1990).

Los valores de pH que se han dado para las lagunas salinas españolas oscilan entre 7 y 10 (Martino, 1988). Las lagunas que ahora estamos estudiando se ajustan a dichos intervalos, ya que los valores de los pH se encuentran entre:

La Chica 7.7 y 8.7.

La Grande 7.2 y 8.6.

Son algo más bajos los pH de la Grande, en esta laguna durante los meses de noviembre, diciembre y enero se midieron valores neutros; mientras que en la Chica nunca descendieron del pH 7.6, valor límite entre los pH neutros y alcalinos. Por otra parte, la Chica en el mes de abril sobrepasó el valor de 8.6, límite entre el pH alcalino y muy alcalino, mientras que la Grande nunca sobrepasó dicho límite (Ver gráficos nº 7.13 y 7.14.).

Por lo demás, la evolución de los pH en las dos lagunas es muy similar, observándose en ambas las mismas tendencias: máximos valores en primavera (marzo-abril) y mínimos en invierno (diciembre y enero).

La alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales se encuentra en un intervalo de 50 y 500 mg/l (Snoeyink y Jenkins, 1987).

Este hecho se confirma en las lagunas Chica y Grande de Villafranca, con una única excepción a lo largo de los dos ciclos estudiados: en mayo de 1989. En este mes, tanto la laguna Chica como la Grande, sobrepasaron dicho valor alcanzando, respectivamente 650 ppm y 665 ppm; en el resto de los

LA CHICA

pH

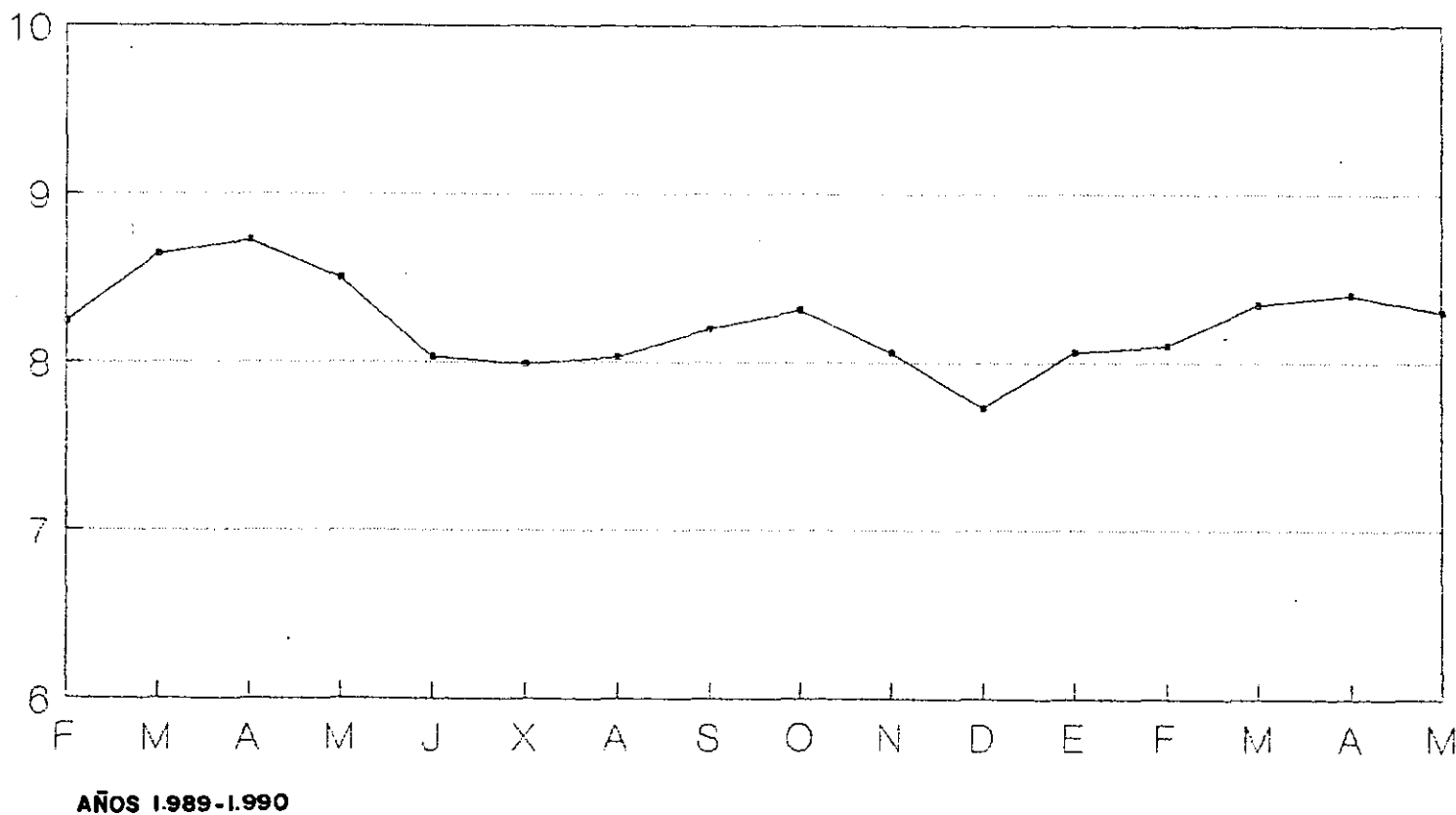


GRAFICO Nº 7.13.

LA GRANDE

pH

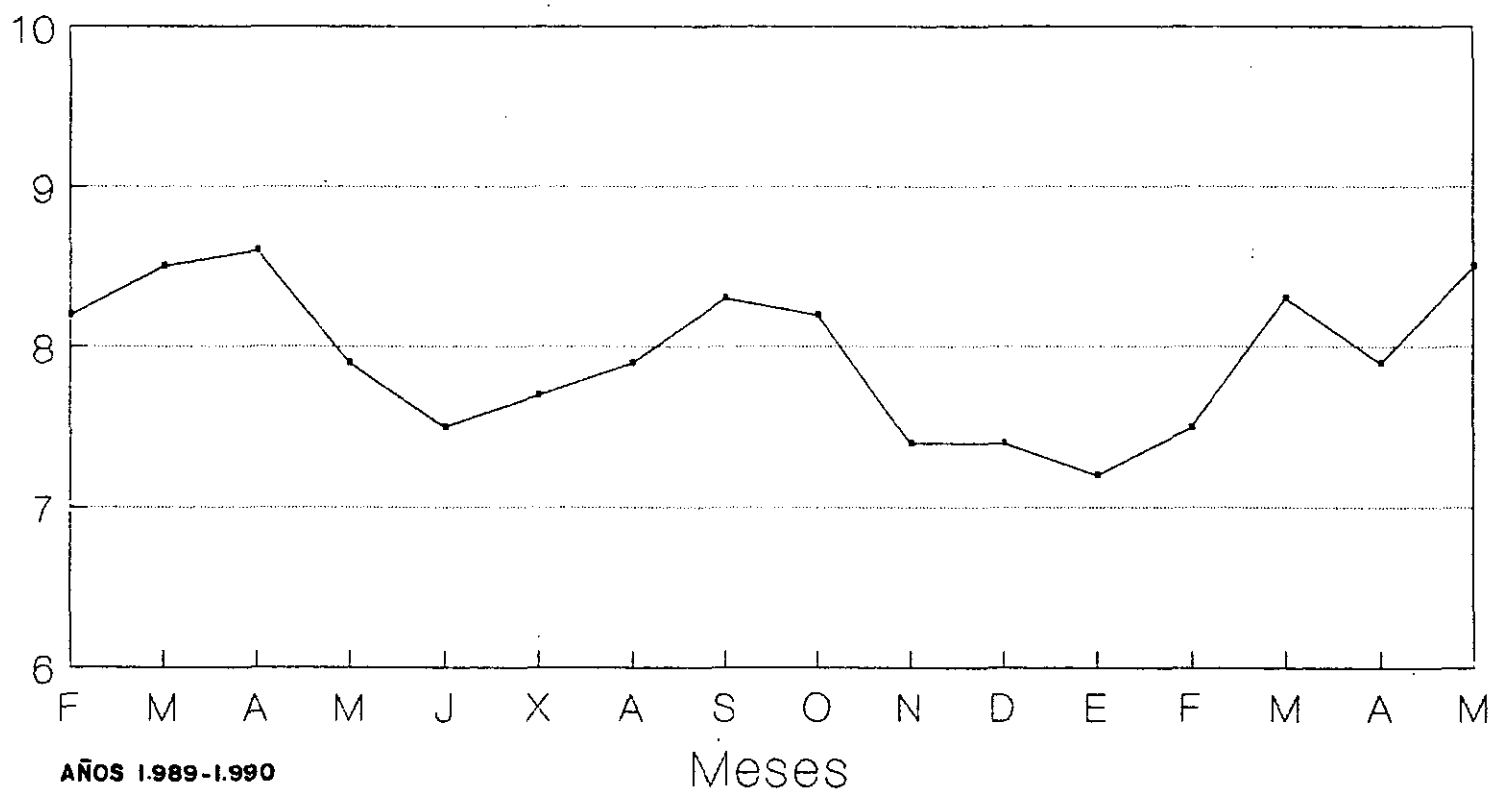


GRAFICO N° 7.14.

meses, como puede observarse en los gráficos n° 7.19 y 7.20., los valores obtenidos fueron bastante inferiores.

Por otra parte, puede observarse en los gráficos que la evolución a lo largo de los dos ciclos en ambas lagunas son casi idénticos.

Llama, sin embargo, la atención el descenso generalizado de los valores del segundo ciclo. En la Chica, durante el primer ciclo los valores de alcalinidad oscilaron entre 150 ppm en enero y 650 ppm en mayo. Frente a éstos, durante el segundo ciclo, los valores oscilaron entre 120 ppm de mayo y 200 ppm de octubre y enero. Mientras en la Grande, durante el primer ciclo los valores oscilaron entre 150 ppm en enero y 665 ppm en mayo; y en el segundo ciclo, éstos oscilaron entre 130 ppm en abril y 350 ppm en octubre.

Respecto a la salinidad, como ya vimos en la introducción de este capítulo, tanto la laguna Chica como la Grande poseen aguas salobres, es decir, poseen una concentración iónica inferior a los 10000 ppm de TSD. Siendo los valores medios obtenidos:

En el primer ciclo: La Chica 6765 ppm TSD.

La Grande 7772 ppm TSD.

En el segundo ciclo: La Chica 7826 ppm TSD.

La Grande 9797 ppm TSD.

Estos valores son, como ya explicamos en su momento, la media entre el valor de la máxima y la mínima concentración obtenida a lo largo del ciclo hidrológico.

Distinguiendo entre los dos ciclos, se observa en el primero una evolución de las sales muy semejante en las dos lagunas, sólo con algunas pequeñas variaciones. Las mínimas concentraciones se dan en invierno, en los meses de enero y febrero, y las máximas en verano, meses de agosto y septiembre.

LA CHICA

Alcalinidad

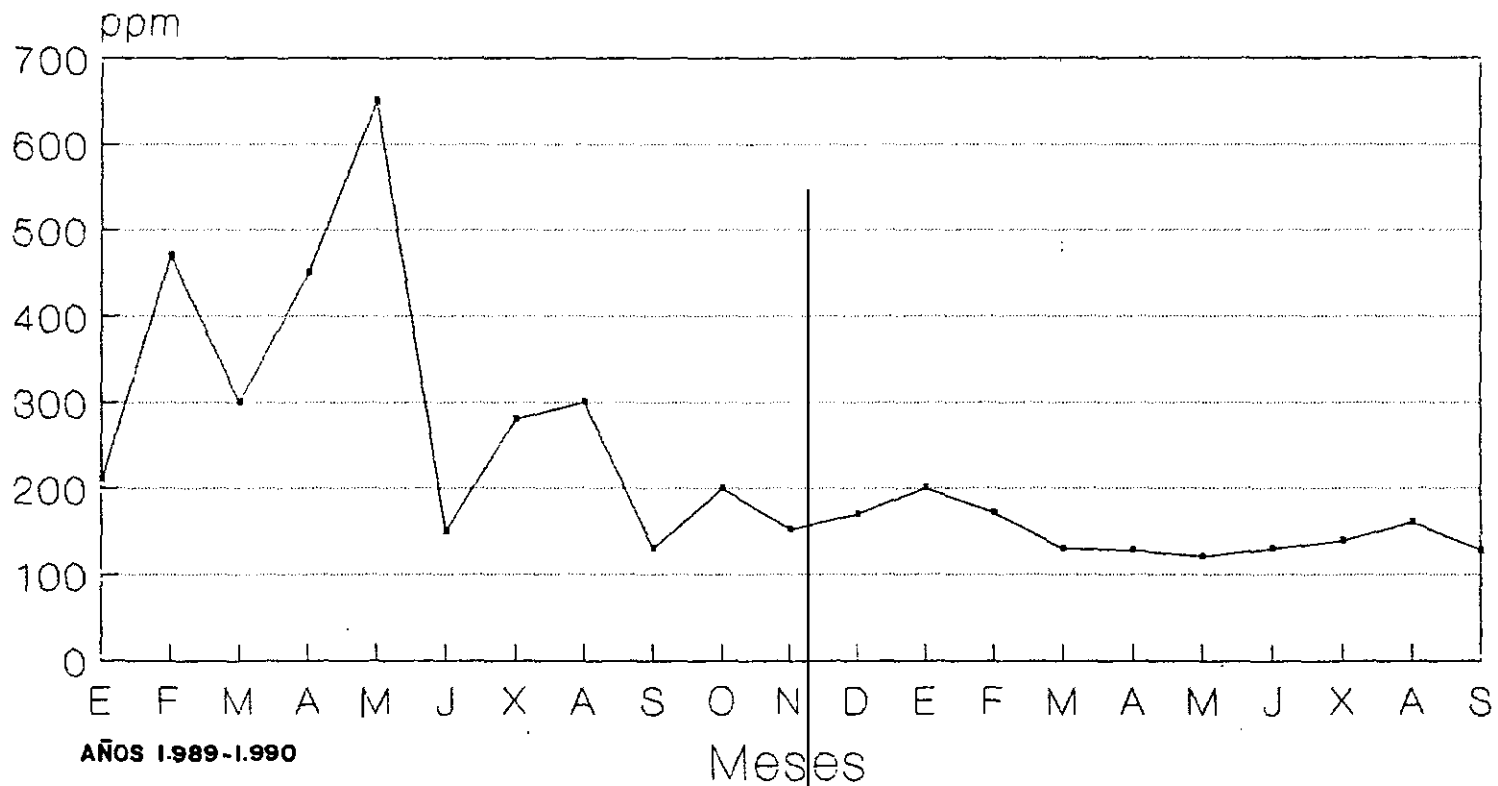


GRAFICO Nº 7.19.

LA GRANDE

Alcalinidad

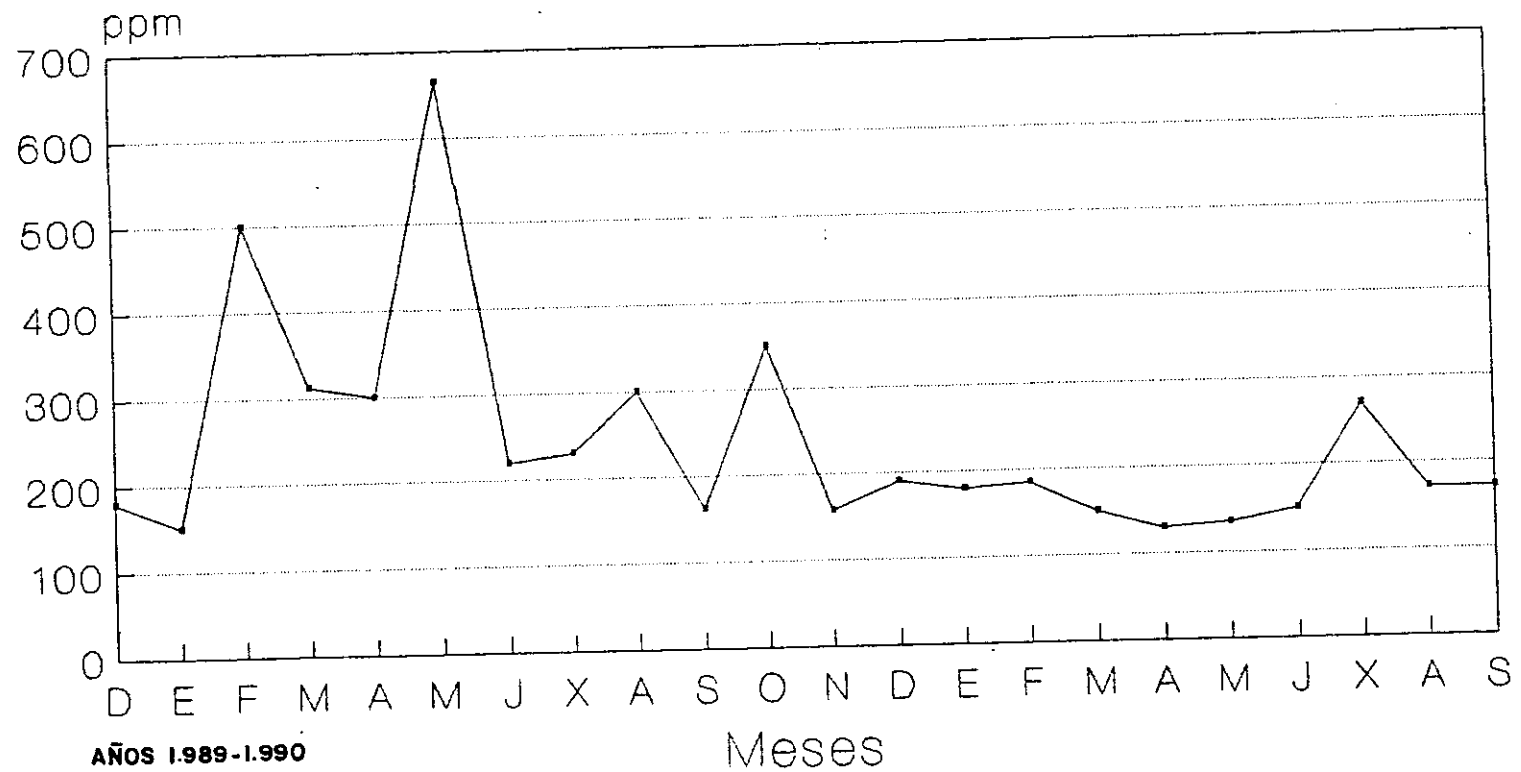


GRAFICO N° 7.20.

Los valores concretos de la Chica oscilaron en cloruros entre los 600 ppm (febrero) y los 3550 ppm (septiembre). Y en sulfatos entre los 3220 ppm (marzo) y 6910 ppm (agosto).

En la Grande los cloruros oscilaron entre 720 ppm (febrero) y los 3195 ppm (septiembre). Y los sulfatos entre los 4250 ppm (febrero) y los 7270 ppm (agosto).

Frente a esto, las concentraciones de sales en el segundo ciclo han manifestado evoluciones dispares y hasta cierto punto contradictorias.

La Chica ha tenido las máximas concentraciones de cloruros en marzo (3905 ppm) siendo incluso superior a la concentración de septiembre (3200 ppm). Y un mínimo de sulfatos en julio (1880 ppm).

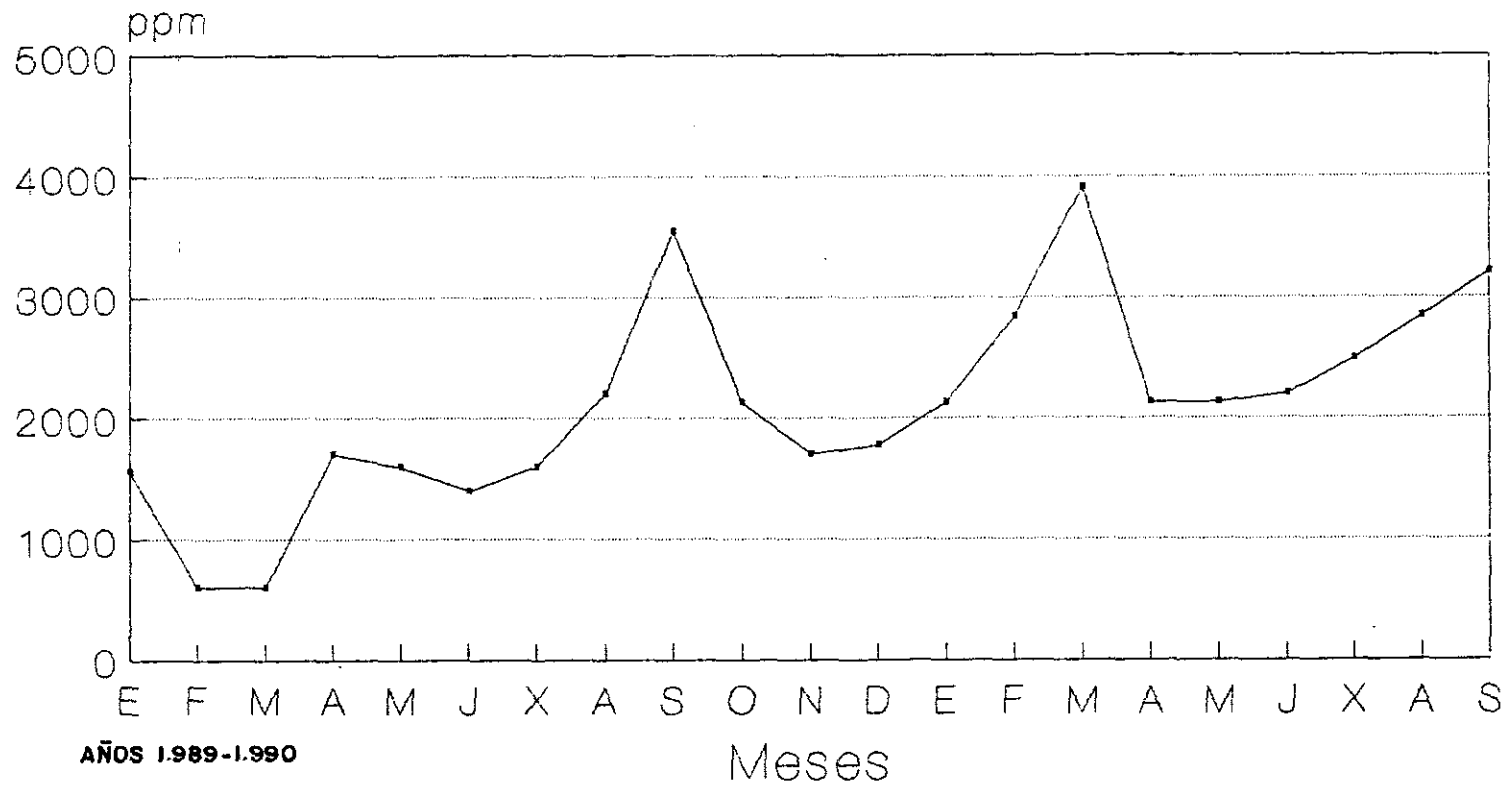
La Grande ha mantenido los máximos en verano, 3600 ppm de cloruros y 9000 ppm de sulfatos en septiembre, y las mínimas en febrero con 2308 ppm de cloruros. Sin embargo, se han producido importantes anomalías con respecto a los ciclos que se habían descrito como normales. Se han producido ascensos en la concentración salina en enero cuando la lámina de agua alcanzaba su máximo nivel, y se han producido descensos cuando la lámina de agua estaba sufriendo una fuerte evaporación (Ver gráficos nº 7.25 y 7.26).

Todos estos datos, nos hacen ver que la realidad es muy compleja, y que los ciclos que habían sido descritos, sólo se pueden defender de un modo muy generalizado. La complejidad que se observa en estos casos concretos, puede provenir del aporte de las aguas del río Gigüela, aguas que como ya se ha comentado son de carácter salino, concretamente sulfatado-magnésicas (Octavio de Toledo et al. 1976).

Por otra parte, no se puede olvidar que es un río manejado por el hombre, ya que la derivación de caudales que se realiza desde el Transvase Tajo-Segura hasta el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel se efectúa a través de dicho río. Esto supone que el régimen del río ha sido alterado, existiendo importantes caudales entrando de abril a junio de un modo "artificial".

LA CHICA

Cloruros



AÑOS 1.989-1.990

GRAFICO N° 7.25.

LA GRANDE

Cloruros

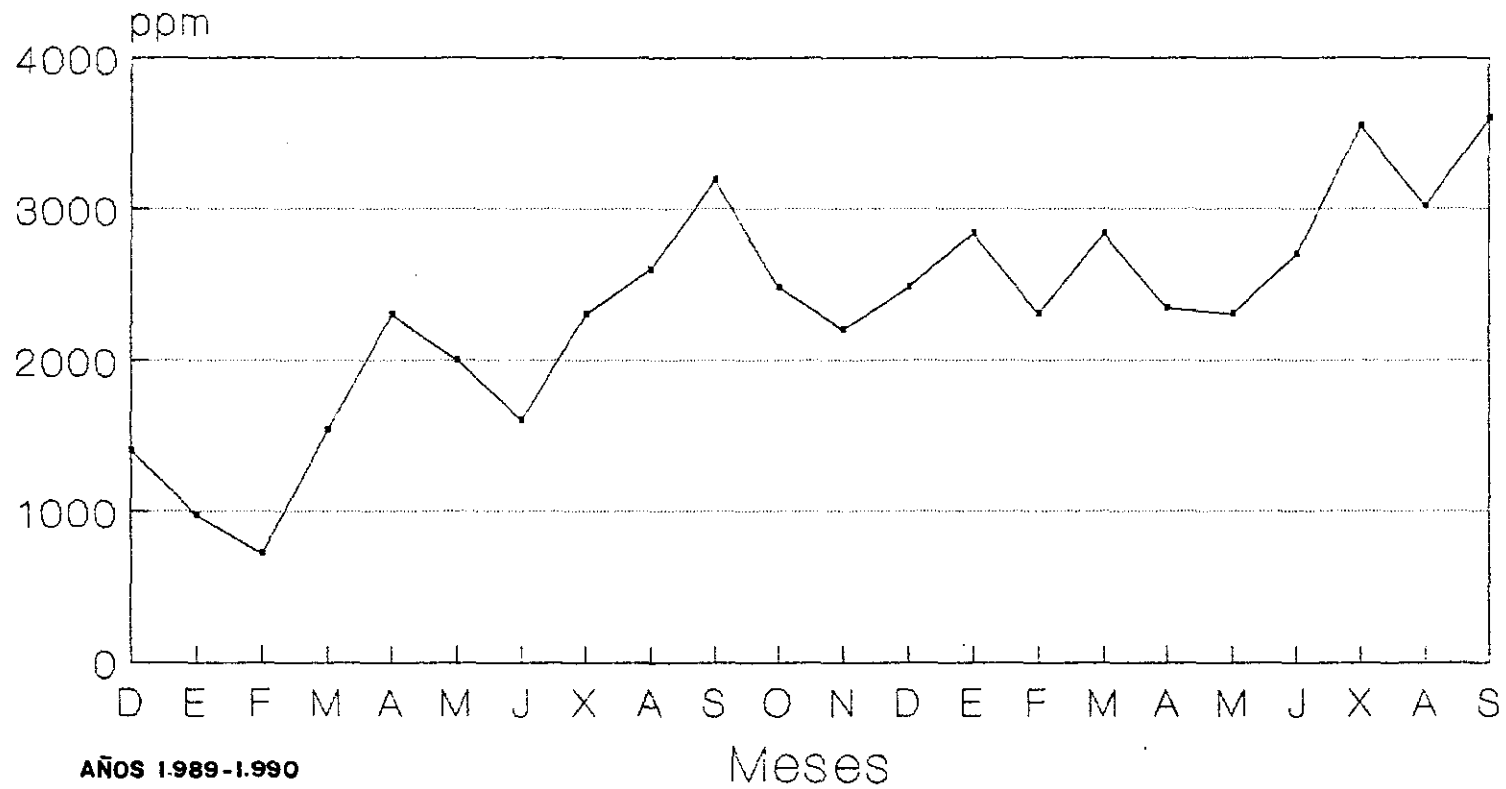


GRAFICO N° 7.26.

Debido a que no se dispuso de un oxímetro hasta julio de 1989, no se pueden ofrecer más que los datos de oxígeno disuelto obtenidos desde esta fecha. Es decir, los valores del verano del primer ciclo y el segundo ciclo completo.

En general, se puede afirmar que los valores de oxígeno de ambas lagunas son altos, superándose en la laguna Chica durante todos los meses muestreados los 5 mg/l, valor establecido como limitante para el desarrollo de la vida acuática; no ocurre así, en la laguna Grande, donde tanto en el mes de noviembre de 1989, como en el de julio de 1990 se obtuvieron valores muy bajos, 4.2 mg/l y 2.3 mg/l respectivamente.

No se ha observado unas tendencias claras en la evolución de este parámetro, manifestándose como uno de los más variables y difíciles de interpretar. Ver gráfico nº 7.31.

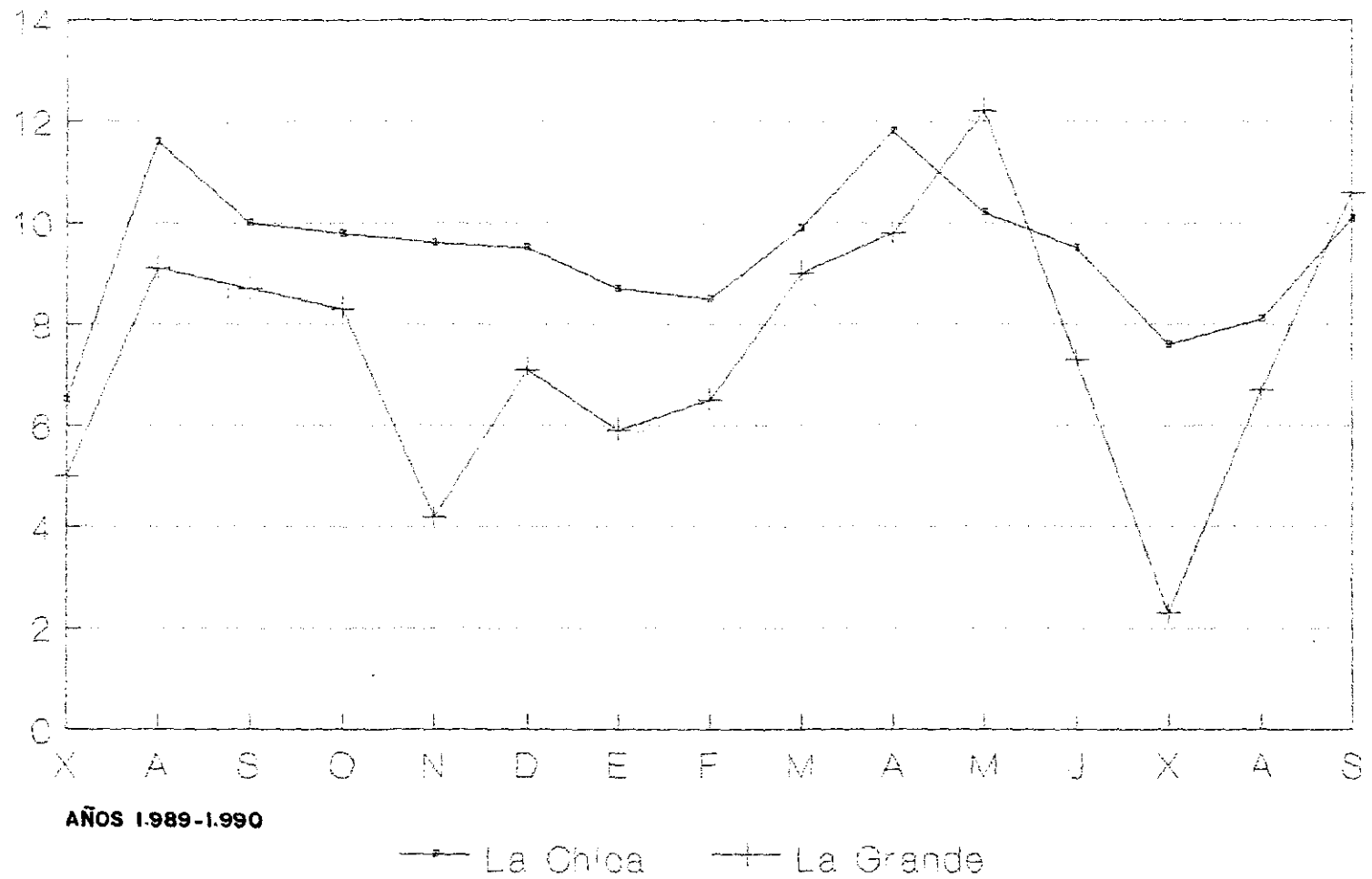
En general, se observan, tan sólo, coincidencias en los momentos de máximos y mínimos niveles de oxígeno. Ver Tabla nº 7.1.

La Chica:	Máximos	11.8 mg/l (IV-1990).
		10.2 mg/l (V-1990).
	Mínimos	6.5 mg/l (VII-1989).
		7.6 mg/l (VII-1990).
La Grande:	Máximos	9.8 mg/l (IV-1989).
		12.2 mg/l (V-1990).
	Mínimos	5.0 mg/l (VII-1989).
		2.3 mg/l (VII-1990).

**TABLA N° 7.1.: CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO (mg/l)
EN LAS LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA.**

	La Chica	La Grande
VII- 1989	6.5	5.0
VIII	11.6	9.1
IX	10.0	8.7
X	9.8	8.3
XI	9.6	4.2
XII	9.5	7.1
I- 1990	8.7	5.9
II	8.5	6.5
III	9.9	9.0
IV	11.8	9.8
V	10.2	12.2
VI	9.5	7.3
VII	7.6	2.3
VIII	8.1	6.7
IX	10.1	10.6

OXIGENO DISUELTO (mg/l)



AÑOS 1.989-1.990

—◆— La Chica —+— La Grande

GRAFICO Nº 7.31

Como ya vimos, los nutrientes más importantes son el nitrógeno y el fósforo. Para conocer cuáles son las concentraciones de estos nutrientes en las lagunas se han analizado tres parámetros: nitritos, nitratos y fosfatos.

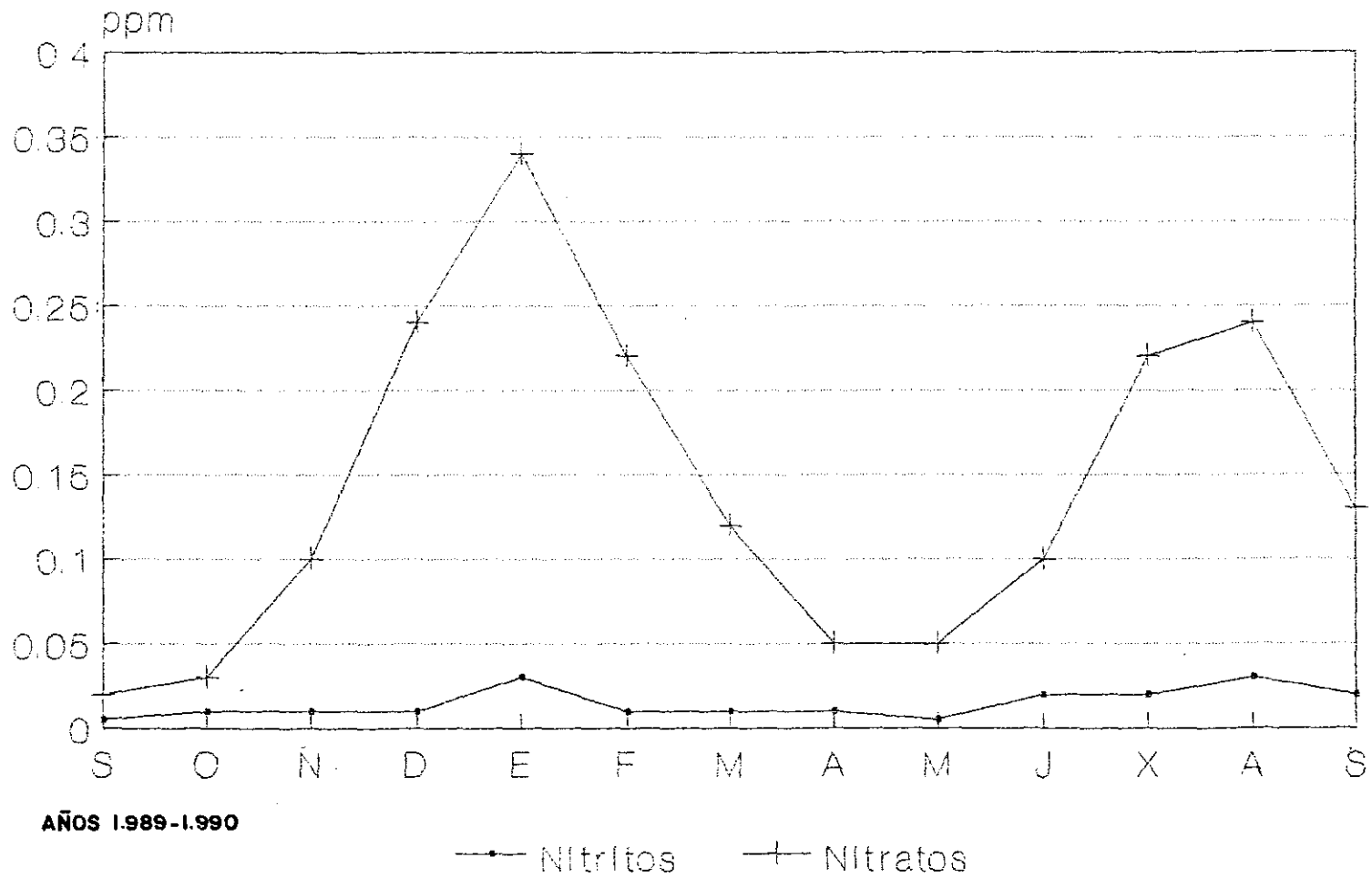
La realidad que se constata es que tanto en la laguna Chica como en la Grande, el contenido en nitrógeno (nitritos + nitratos) es muy bajo. Los nitritos nunca superan la cifra de 0.1 ppm cantidad normal en aguas naturales y los nitratos nunca superan la cifra de 1 ppm.

No se observan evoluciones regulares sino oscilaciones mensuales muy débiles, y que además no muestran las mismas tendencias en ambas lagunas. Los valores tanto de nitritos como de nitratos son algo más altos en la Grande. Sin embargo, siguen siendo muy bajos por lo que suponemos pueden llegar a ser un factor limitante para el desarrollo de la vida acuática. Ver Tabla nº 7.2. y gráficos nº 7.32. y nº 7.33.

**TABLA N° 7.2.: CONTENIDO EN NITRATOS Y NITRITOS (ppm)
EN LAS LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA.**

	NITRITOS		NITRATOS	
	La Chica	La Grande	La Chica	La Grande
IX- 1989	0.005	0.01	0.02	0.36
X	0.010	0.01	0.03	0.43
XI	0.010	0.02	0.10	0.41
XII	0.010	0.02	0.24	0.64
I- 1990	0.030	0.02	0.34	0.35
II	0.010	0.02	0.22	0.12
III	0.010	0.01	0.12	0.31
IV	0.010	0.01	0.05	0.08
V	0.005	0.01	0.05	0.05
VI	0.020	0.01	0.10	0.20
VII	0.020	0.02	0.22	0.38
VIII	0.030	0.02	0.24	0.41
IX	0.020	0.01	0.13	0.30

LA CHICA



AÑOS 1.989-1.990

GRAFICO N° 7.32.

LA GRANDE

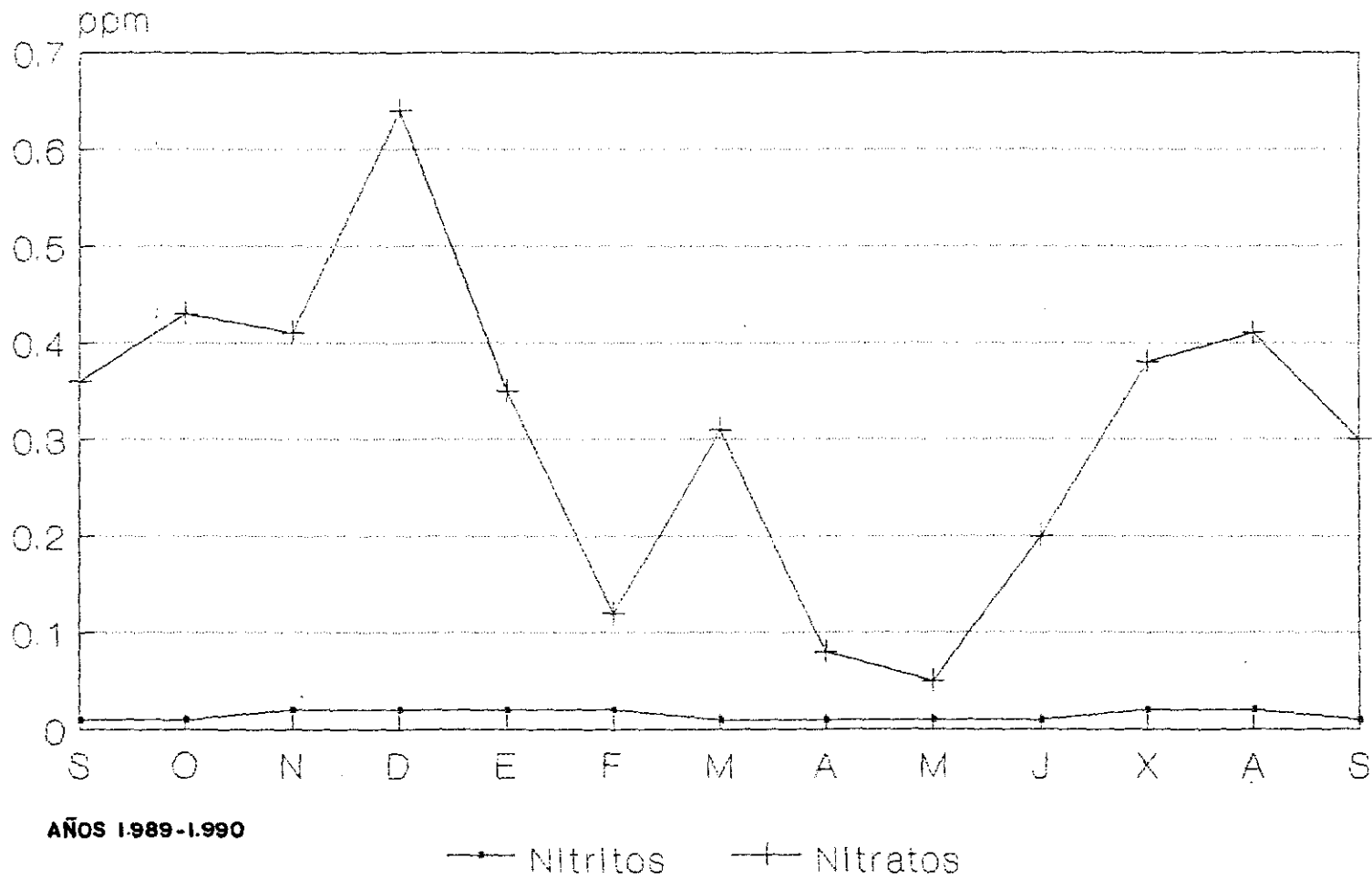


GRAFICO N° 7.33.

No ocurre lo mismo con los fosfatos, nutriente que se encuentra con valores algo más altos. Las tendencias que se observan son comunes a ambas lagunas: existe un período de mínimos, llegando hasta la completa ausencia de fosfatos en el agua durante los meses de primavera (marzo, abril y mayo); y un período de máximas concentraciones en verano (fundamentalmente julio); posteriormente, en otoño e invierno se aprecian valores bajos y bastante estables.

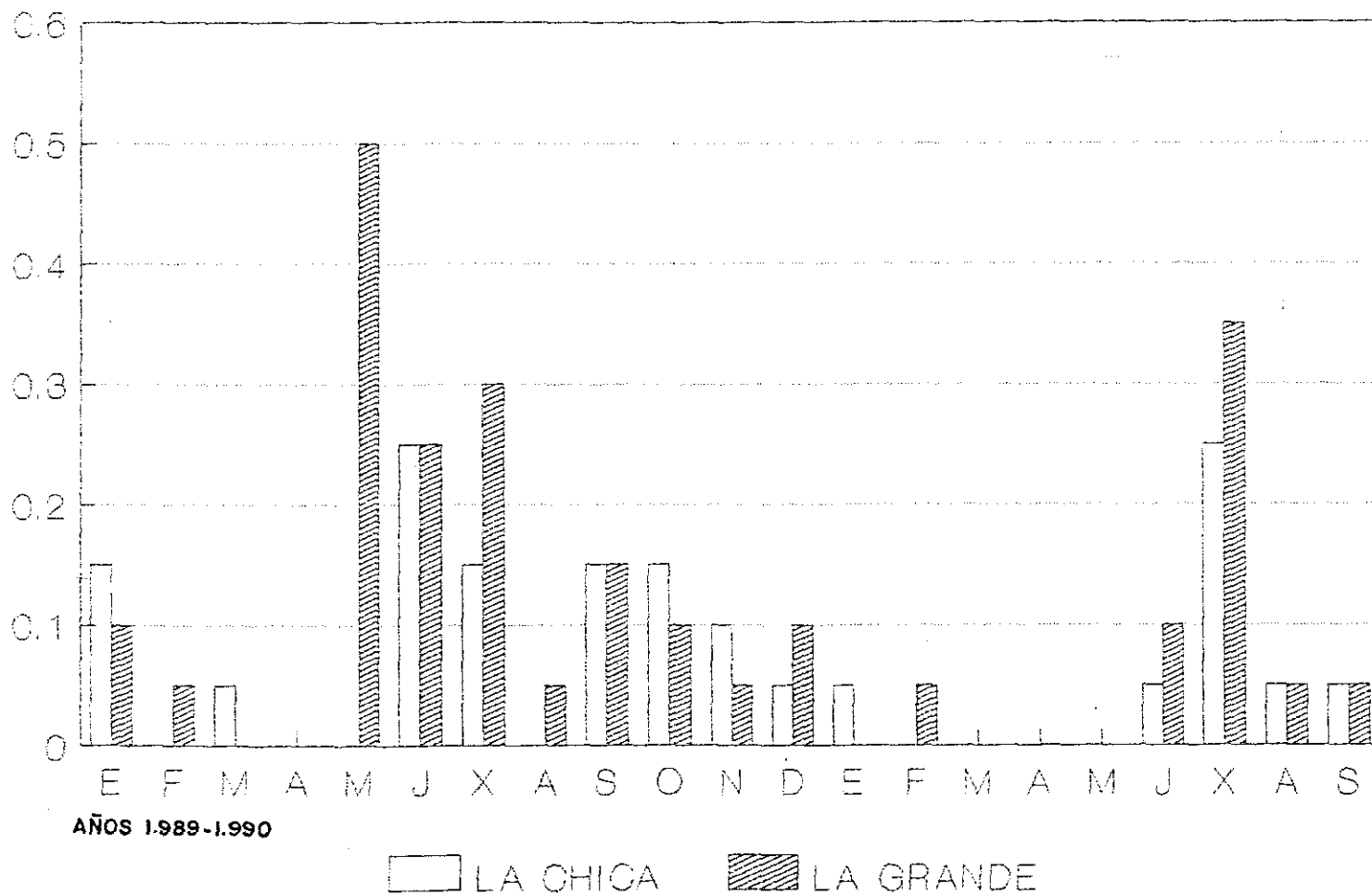
Seguramente la ausencia de fosfatos en primavera responda a la máxima demanda que existe por parte de algas y organismos fitoplanctónicos; posteriormente, el aumento del verano puede corresponder con el inicio de la descomposición de materia orgánica, que se produce debido a las altas temperaturas; los bajos niveles y la estabilidad de estos en otoño e invierno, seguramente, responderá a la paralización de la actividad vegetativa durante estas fechas.

Los valores concretos de este parámetro se pueden observar en la Tabla nº 7.3. y en el gráfico nº 7.34.

**TABLA N° 7.3.: CONTENIDO EN FOSFATOS (ppm)
EN LAS LAGUNAS CHICA Y GRANDE DE VILAFRANCA.**

	La Chica	La Grande
I- 1989	0.15	0.10
II	0.00	0.05
III	0.05	0.00
IV	0.00	0.00
V	0.00	0.05
VI	0.25	0.25
VII	0.15	0.30
VIII	0.00	0.05
IX	0.15	0.15
X	0.15	0.10
XI	0.10	0.05
XII	0.05	0.10
I- 1990	0.05	0.00
II	0.00	0.05
III	0.00	0.00
IV	0.00	0.00
V	0.00	0.00
VI	0.05	0.10
VII	0.25	0.35
VIII	0.05	0.05
IX	0.05	0.05

FOSFATOS (ppm)



AÑOS 1989-1990

GRAFICO N° 7.34

7.3.2. LAGUNA DE LAS YEGUAS Y DEL CAMINO DE VILLAFRANCA

El hecho de comentar la evolución y las particularidades físico-químicas de estas lagunas de forma conjunta, responde, fundamentalmente, a dos razones:

1. Por un lado, su proximidad geográfica. Lo que las hace compartir no sólo el sustrato geológico, sino también las condiciones climáticas (temperaturas, precipitaciones, tormentas, vientos, etc).

2. Por otro, el hecho de haber sido objeto de vertidos residuales. En un principio estos sólo se efectuaron en la laguna del Camino. Sin embargo, muy pronto y como bien recoge Blasco (opus cit, 1942), se hizo un canal que comunicó ambas lagunas:

"con el objeto de ampliar la superficie, contando con que los inconvenientes higiénicos disminuirían".

Son muchos los testimonios que recogen el problema de la contaminación de las lagunas de Alcázar. Blasco (1942), Otto Jessen (1946), hablaban de la presencia de aguas sucias y malolientes. Por otra parte, Margalef (1947), apuntó que la elevada producción planctónica de estas lagunas podía relacionarse con el aporte de aguas residuales.

Todos estos datos nos llevan a constatar el hecho de que ambas lagunas han sufrido un fuerte proceso de eutrofización.

La eutrofización es un trastorno del equilibrio del ecosistema acuático, con la alteración de su flora y de su fauna características. Los síntomas más evidentes son:

- un rápido y excesivo crecimiento de las poblaciones de algas y plantas acuáticas.
- pérdida de transparencia de las aguas.

- adquisición de una coloración verdosa, más o menos amarillenta (debido a los pigmentos de las plantas).

- disminución del oxígeno disuelto por la descomposición de la biomasa vegetal.

Como ya se ha comentado, las aguas residuales se dejaron de verter, por problemas de salubridad, en 1986. Desde esta fecha, una gran cantidad de biomasa se ha sedimentado en los lechos de ambas lagunas, lo que ha favorecido que algunos de los síntomas más evidentes de la eutrofización hayan desaparecido (disminución del oxígeno disuelto, adquisición color verdoso, mal olor). Sin embargo, el hecho de estar sedimentado en el fondo supone una importante reserva de nutrientes, por lo que se mantiene el carácter hipertrófico de sus aguas (Cirujano, S. 1990).

Por último, y para conocer cuál es el estado actual de las lagunas, nos quedaría por señalar que desde 1990, año en que la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha se hizo cargo de su gestión, en la laguna del Camino se han vuelto a producir vertidos, esta vez de aguas depuradas, con el fin de emular la dinámica natural de esta laguna, sustituyendo con este caudal el que antes fluía desde los arroyos que drenaban la zona. No ocurre lo mismo en la laguna de las Yeguas, ya que en 1990 se obstruyó el canal que comunicaba ambas lagunas, con lo cual, la dinámica que mantiene esta laguna depende completamente del régimen de precipitaciones.

Una vez conocida la situación actual de las lagunas, creemos se puede interpretar mejor los datos que se obtuvieron durante el seguimiento de los ciclos hidrológicos 1988-89 y 1989-90.

Los ciclos hidrológicos, como vamos a comprobar, fueron muy distintos. El hecho que provocó estas diferencias fue la gran tormenta del 30 de septiembre de 1988, en la cual se registraron 156,5 mm (gran parte de ellos en forma de granizo).

Esta tormenta hizo que las lagunas que se encontraban secas, se llenaran prácticamente en un día. De esta forma, los máximos niveles se obtuvieron en octubre, con 68 cm en el Camino y 65 cm en las Yeguas. Los niveles se mantuvieron bastante altos hasta diciembre-enero; comenzando, a partir de este mes, un progresivo descenso de la lámina de agua hasta su práctica desaparición en el mes de julio. Debemos señalar, que durante este verano aunque los niveles quedaron en seco, en el centro de las lagunas, algo más hundidas topográficamente, se mantuvieron pequeñas láminas de agua durante todo el verano.

Frente a esto, el segundo ciclo comenzó casi sin agua, siendo las lluvias de diciembre de 1989 y de enero de 1990 las que hicieron que adquiriese su máximo en enero (38 cm en el Camino y 30 cm en las Yeguas). A partir de este mes, y como en el ciclo anterior, sufriran un paulatino descenso hasta su práctica desecación. Las Yeguas estuvo prácticamente seca desde el mes de mayo al de septiembre; mientras que el Camino quedo seca durante los meses de junio-julio y agosto (Ver gráficos nº 7.3 y 7.4.).

El hecho más importante que se puede apreciar es la diferencia tan grande en el volumen de agua acumulado de un ciclo a otro, siendo la diferencia de niveles de 30 cm en la del Camino y de 35 cm en la de las Yeguas.

Este hecho condicionará que la efectividad de la evaporación sea mayor durante el segundo ciclo, ya que al haber menos agua el calentamiento de ésta será más rápido. Esto, unido a la escasez de precipitaciones de primavera serán los factores condicionantes de la mayor duración del período de estiaje en el segundo ciclo.

Las temperaturas del aire, como era lógico esperar en lugares tan próximos geográficamente son casi idénticas. Frente a éstas, las temperaturas del agua ascienden y descienden manteniendo una constante respuesta a las

YEGUAS

Niveles

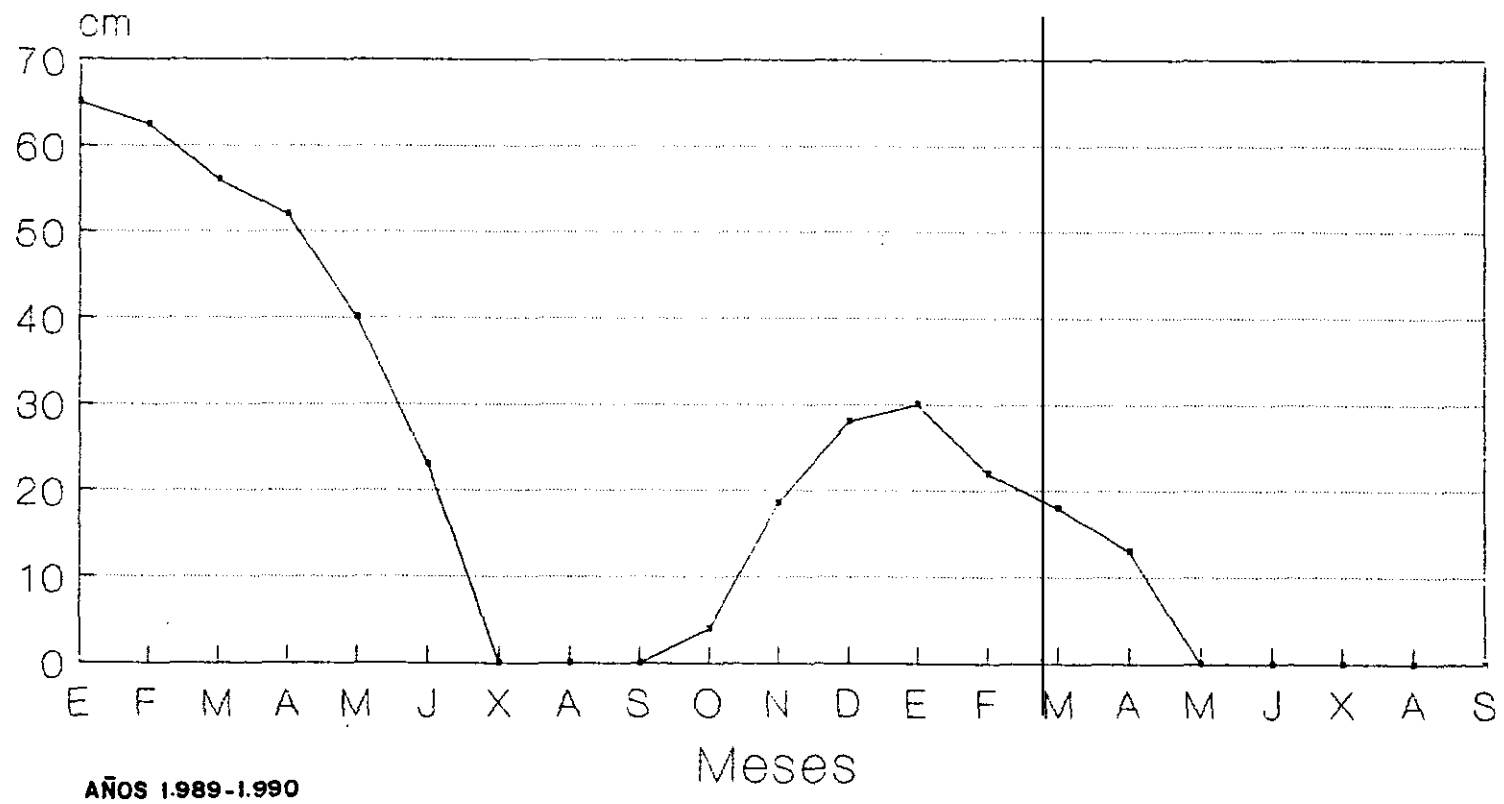
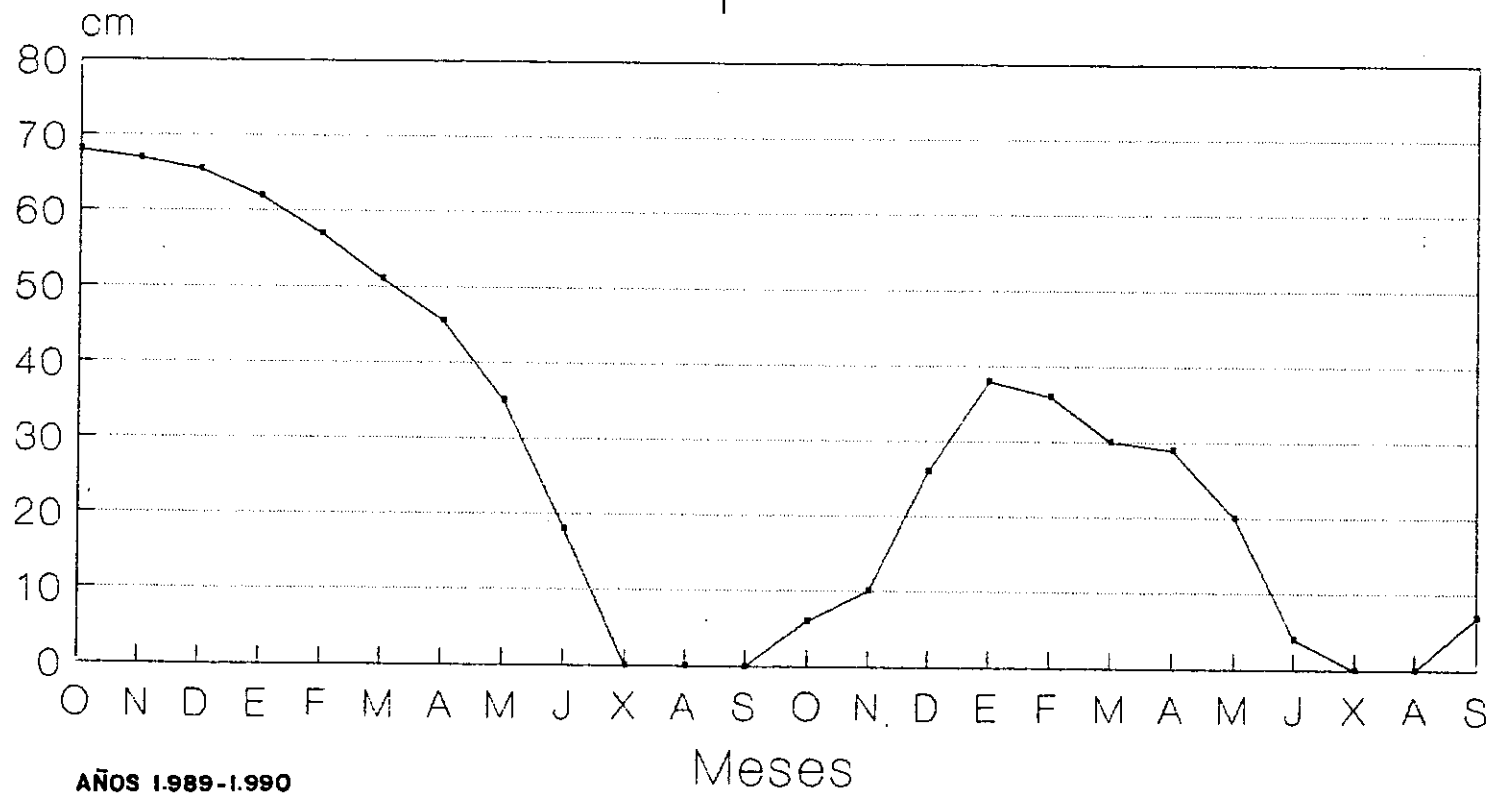


GRAFICO Nº 7.3.

CAMINO DE VILAFRANCA

Niveles



AÑOS 1989-1990

GRAFICO Nº 7.4.

variaciones de la temperatura atmosférica. El único rasgo que las diferencia es que estos cambios son siempre más suaves en el agua que en el aire, hecho que se ha comentado anteriormente, ya que las masas de agua tienen una mayor inercia térmica. Sólo se han observado fuertes aumentos de temperaturas en el agua en los meses en que la lámina de agua era más somera y estaba muy próxima su desecación (Ver gráficos nº 7.7 y 7.8.).

En cuanto a la turbidez, no disponemos de un gran número de datos. Sin embargo, frente a los datos de la Chica y la Grande son cifras ciertamente elevadas.

Estos datos no nos sorprenden, ya que como se había comentado al inicio de este capítulo, ambas lagunas sufrieron un fuerte proceso de eutrofización, y por lo tanto, es lógico esperar valores altos de turbidez debidos, fundamentalmente, a la gran cantidad de algas y materia orgánica coloidal en suspensión.

De ambas lagunas, los valores obtenidos en la laguna del Camino son más altos que los de las Yeguas. En la primera, los valores de turbidez obtenidos oscilaron entre 125 UTF y 440 UTF; mientras que en la segunda los valores oscilaron entre 117 UTF y 160 UTF. Estas diferencias ponen de manifiesto que los vertidos se realizaban en el Camino y que luego, sólo parte de éstos, llegarían a la laguna de las Yeguas, lo que explica su menor turbidez.

Si se observan los gráficos del pH (Nº 7.15. y 7.16.) se puede afirmar que existe una coincidencia en las tendencias de ambas lagunas, tanto en el primer ciclo como en el segundo, algo más acusada en el primero.

Destacan, sin embargo, los valores algo más elevados del primer ciclo (a excepción de los del mes de julio en la de las Yeguas y el del mes de agosto en el Camino); éstos oscilaron entre:

LA CHICA

Temperaturas

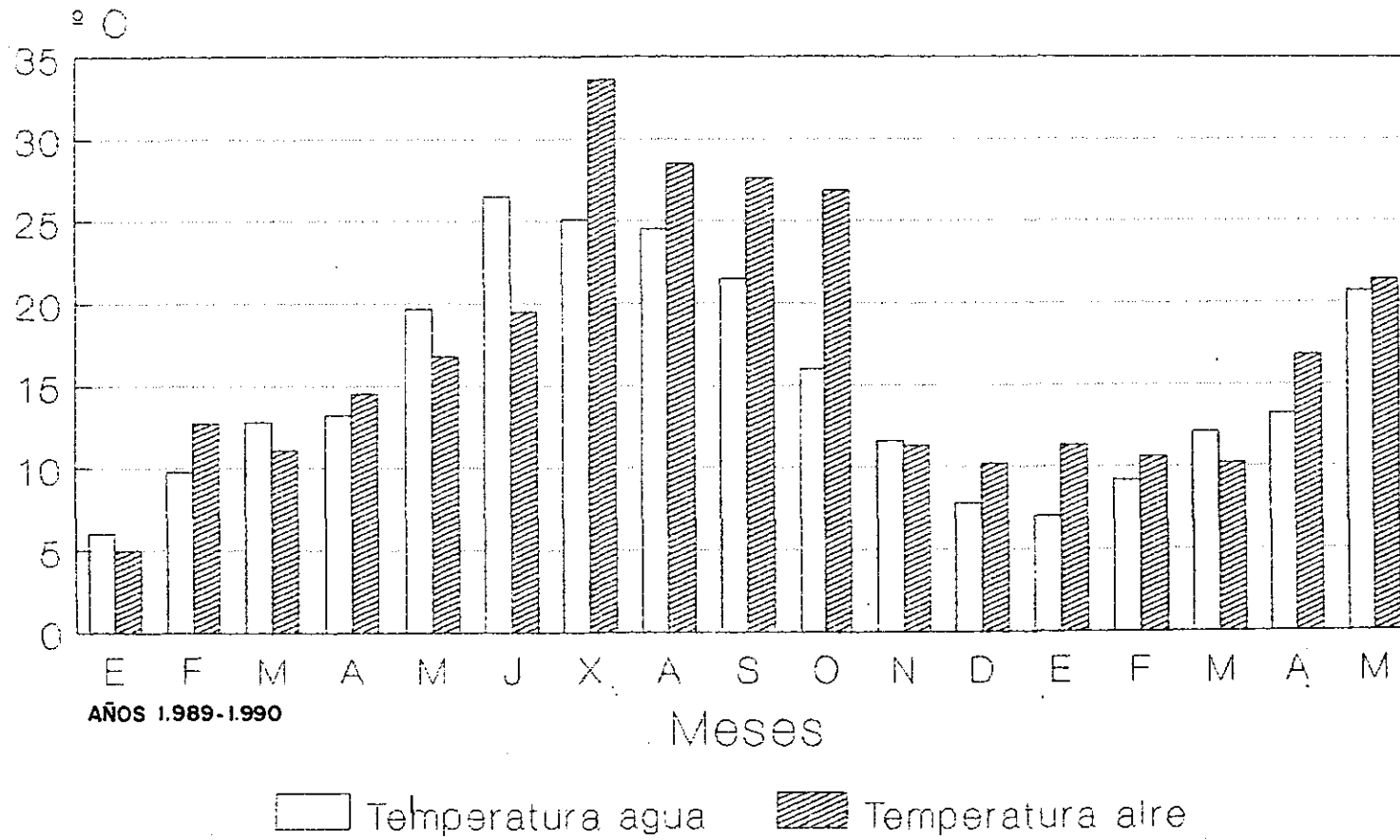


GRAFICO N° 7.7.

LA GRANDE

Temperaturas

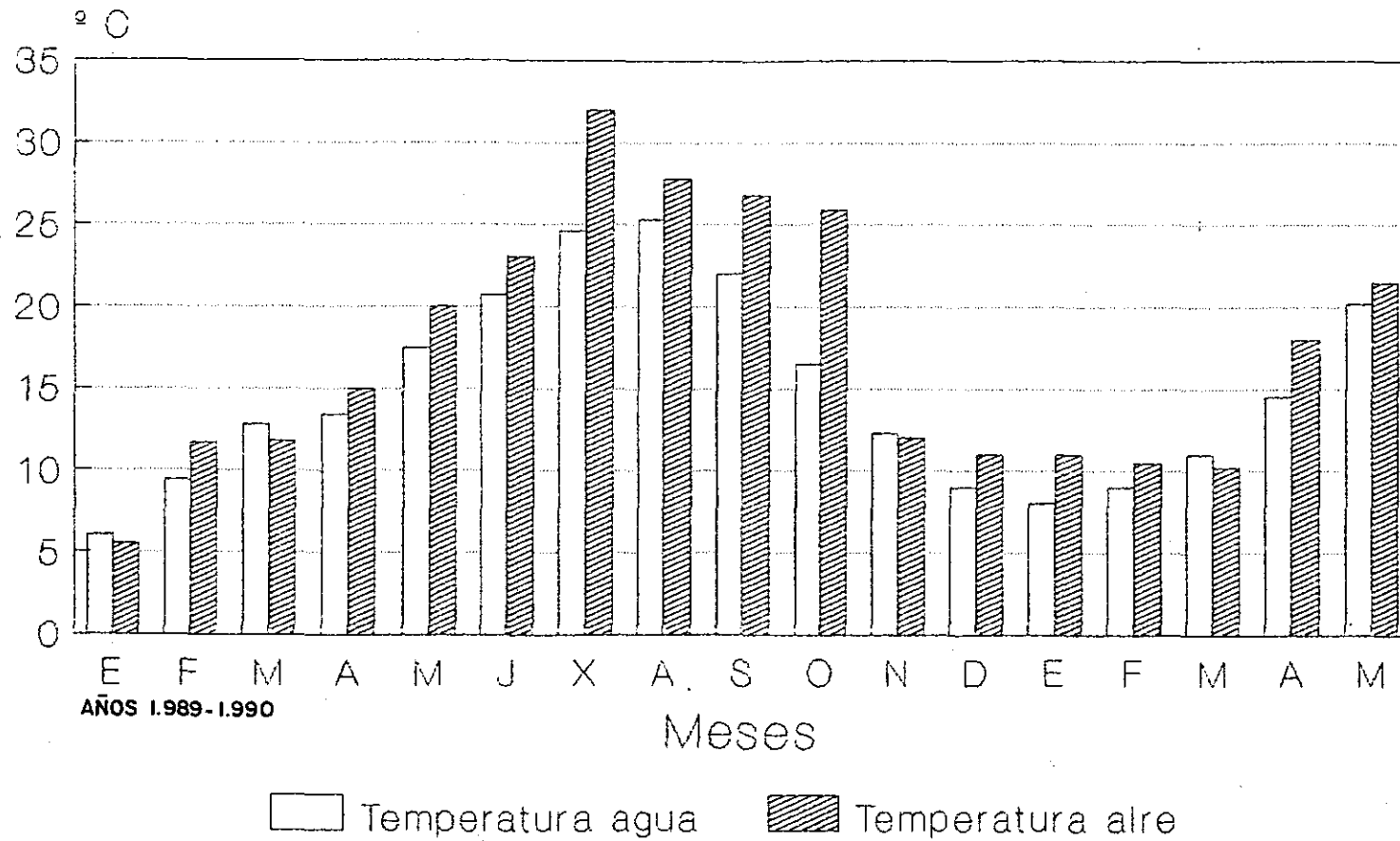


GRAFICO N° 7.8.

LAS YEGUAS

pH

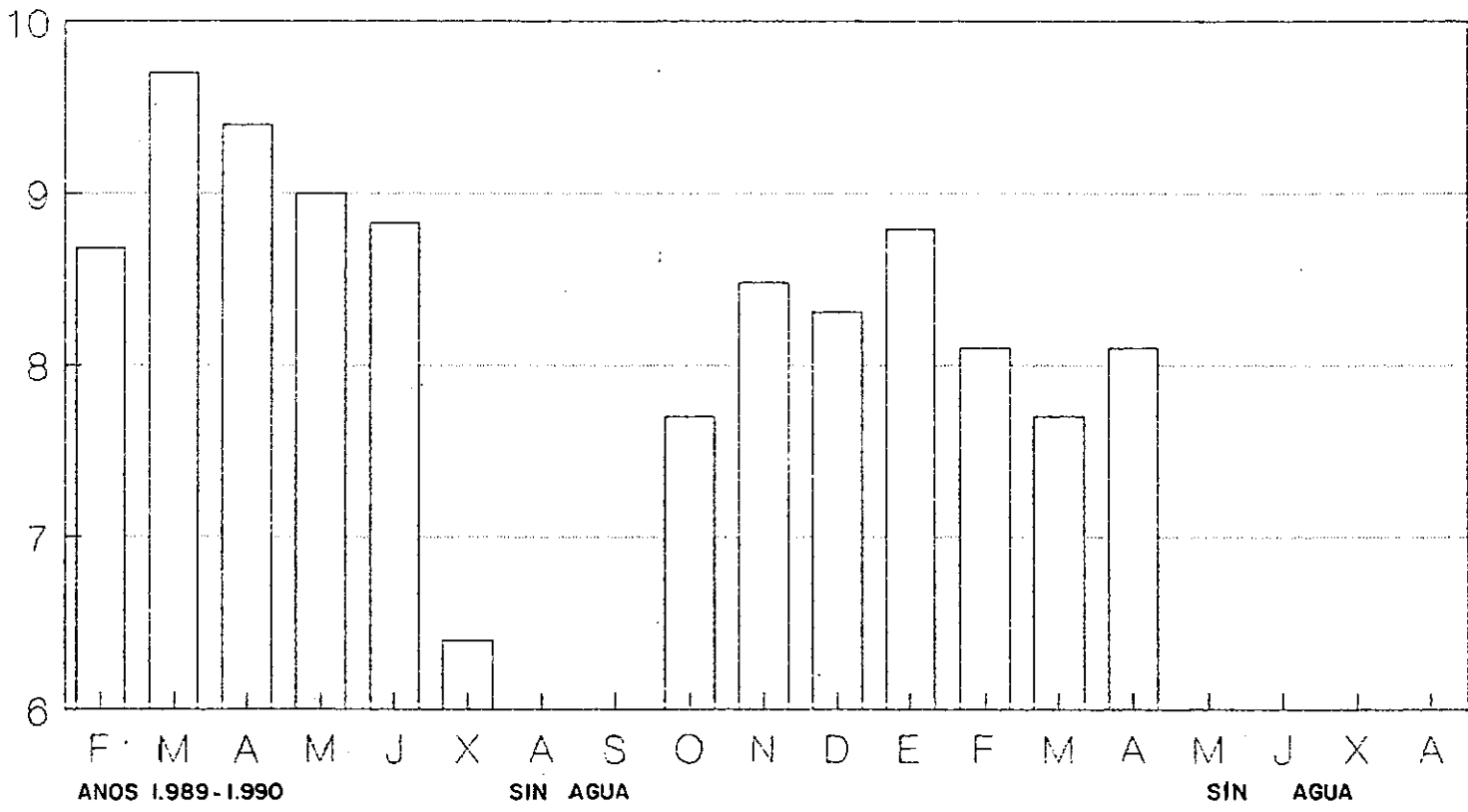


GRAFICO N° 7.15.

CAMINO DE VILAFRANCA

pH

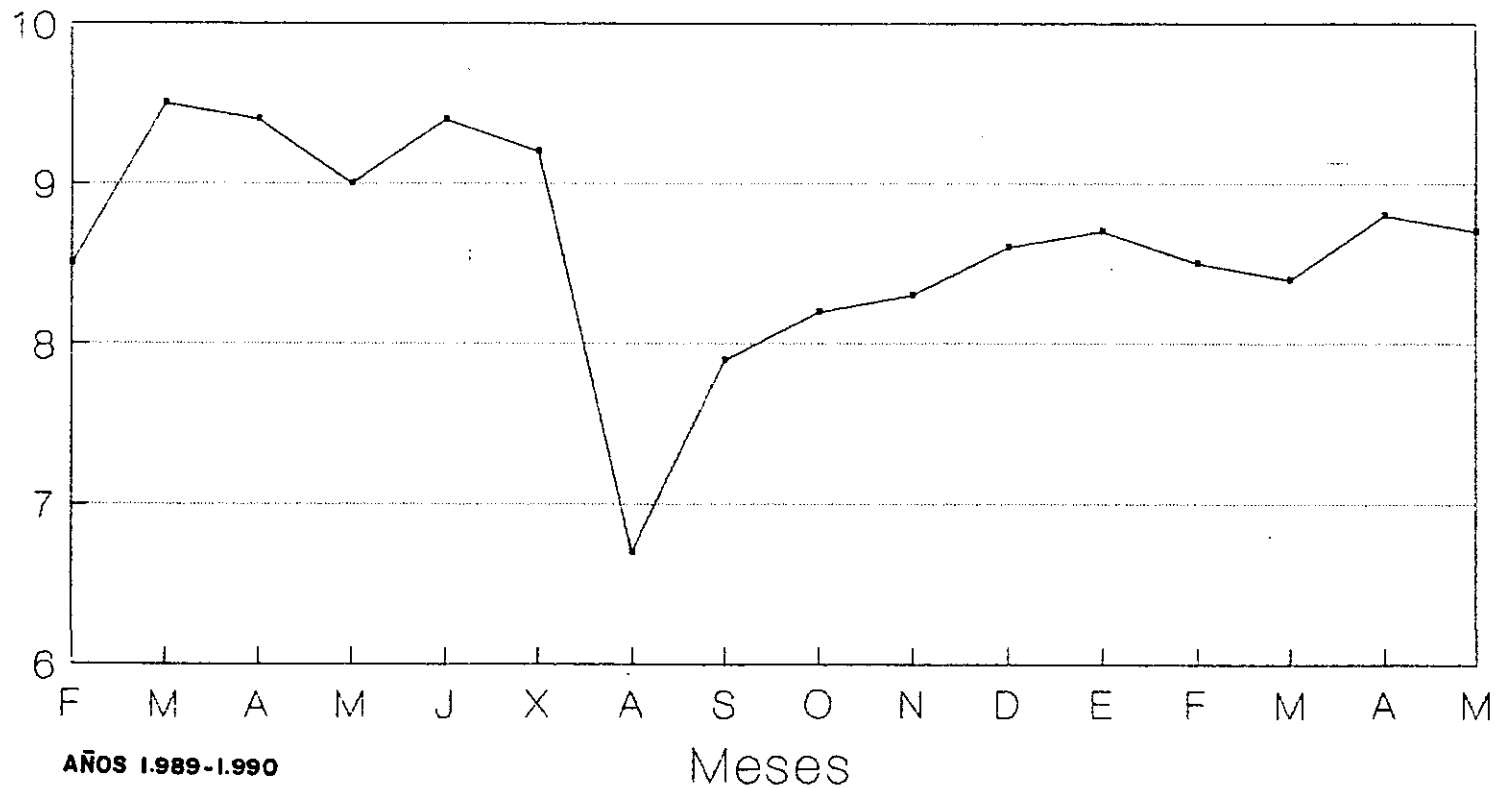


GRAFICO N° 7.16.

- En el Camino: 8.5 y 9.4.
- En las Yeguas: 8.6 y 9.7.

son por tanto aguas muy alcalinas.

Frente a estos valores, los del segundo ciclo fueron más bajos, oscilando entre:

- En el Camino: 8.2 y 8.7.
- En las Yeguas: 7.7 y 8.7.

son por tanto aguas alcalinas.

La excepción fueron los meses ya comentados, con valores de 6.4 en las Yeguas y 6.7 en el Camino. Como ya señalamos anteriormente, estos valores se midieron en pequeños charcos en los que apenas sí se podía introducir el pehachímetro. Seguramente, la gran concentración iónica existente en dichos charcos es el factor que condicionó este brusco descenso. Aunque, por otra parte, tampoco se descarta la posibilidad de que esta fuerte concentración interfiriera en la determinación del pH y por tanto, que estos valores alberguen algún error de tipo analítico.

Como recordamos, al hablar de la alcalinidad de las lagunas se distinguieron dos grupos:

1. Lagunas con valores alrededor de 500 mg/l que es el valor que Snoeyink y Jenkins (1987) habían dado como máximos en las aguas naturales, caso de La Vega, La Chica, y La Grande.

2. Lagunas con valores que casi durante todo el ciclo superaron los 500 mg/l, entre las que se incluyen las lagunas de las Yeguas, el Camino y Alcahozo.

Estas lagunas poseen, pues, valores inusualmente altos de alcalinidad, siendo de las dos, la de las Yeguas la que presenta unos valores más elevados. Por otra parte, se observa en ambas lagunas un incremento de los valores en el segundo ciclo con respecto a los valores que se obtuvieron en el primero (Ver gráficos nº 7.21. y 7.22.)

De esta forma, los valores observados en el primer ciclo oscilaron:

En el Camino: entre 210 ppm y 1000 ppm.

En las Yeguas: entre 370 ppm y 1440 ppm.

Mientras que en el segundo ciclo los valores oscilaron:

En el Camino: entre 660 ppm y 1510 ppm.

En las Yeguas: entre 880 ppm y 3000 ppm.

Al estudiar los gráficos no se ha podido generalizar ninguna tendencia, ni siquiera se ha observado una coincidencia entre la evolución de una y otra laguna. El único hecho común, es que los máximos valores de alcalinidad se dan en el mes en que se inicia el llenado de las lagunas, es decir, en septiembre en el Camino y en octubre en las Yeguas, coincidiendo con el inicio de la disolución de las costras salinas que se han formado durante la época estival.

Por tanto, creemos que esta fuerte alcalinidad está originada por la presencia de sales alcalinas en las costras que se forman en los vasos lagunares durante el verano.

En cuanto a la salinidad, tanto las aguas de las Yeguas como las del Camino son saladas. De las dos, es la de las Yeguas la que presenta valores más altos. Por otra parte, llama la atención la gran diferencia de valores entre el

YEGUAS

Alcalinidad

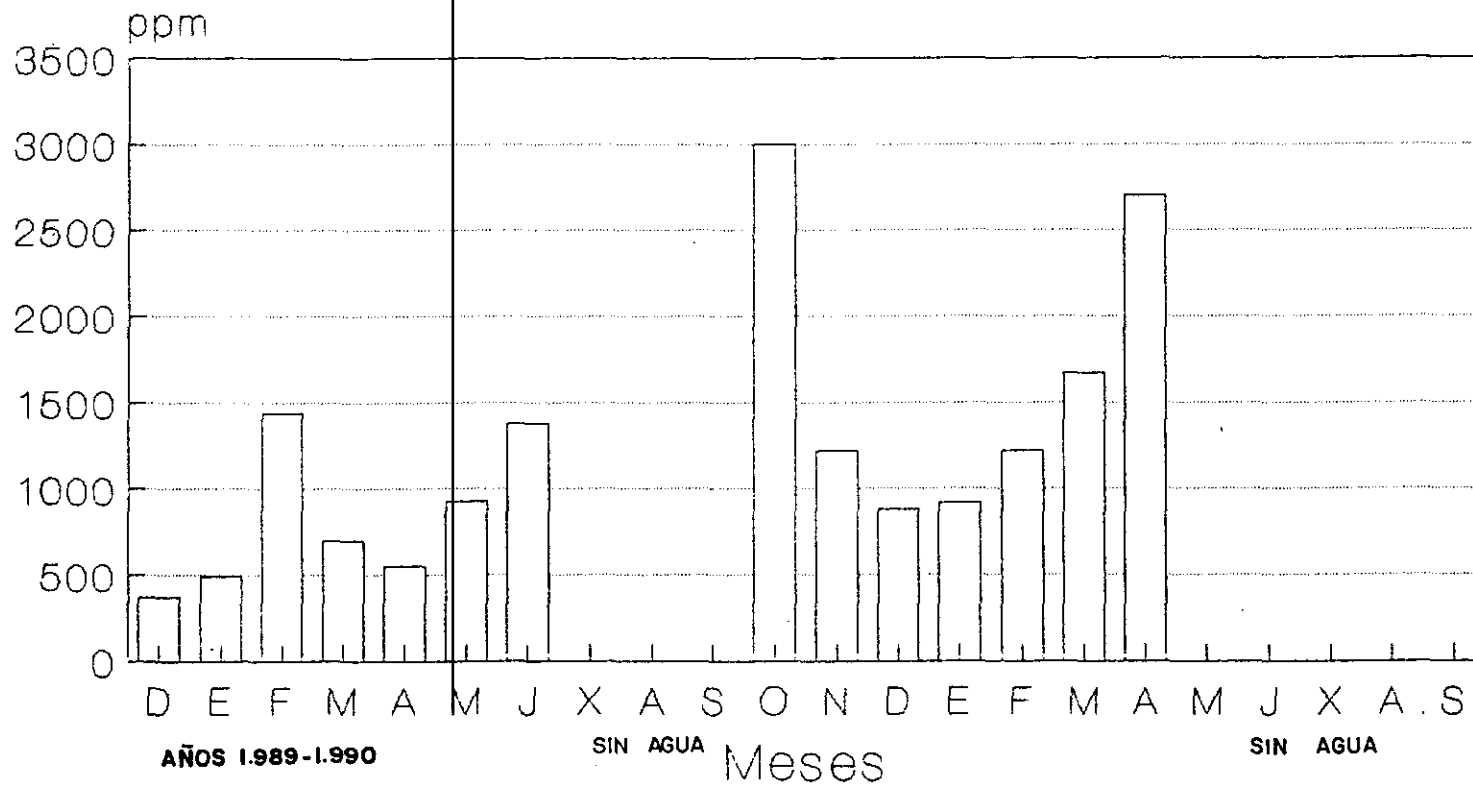


GRAFICO N° 7.21.

CAMINO DE VILAFRANCA

Alcalinidad

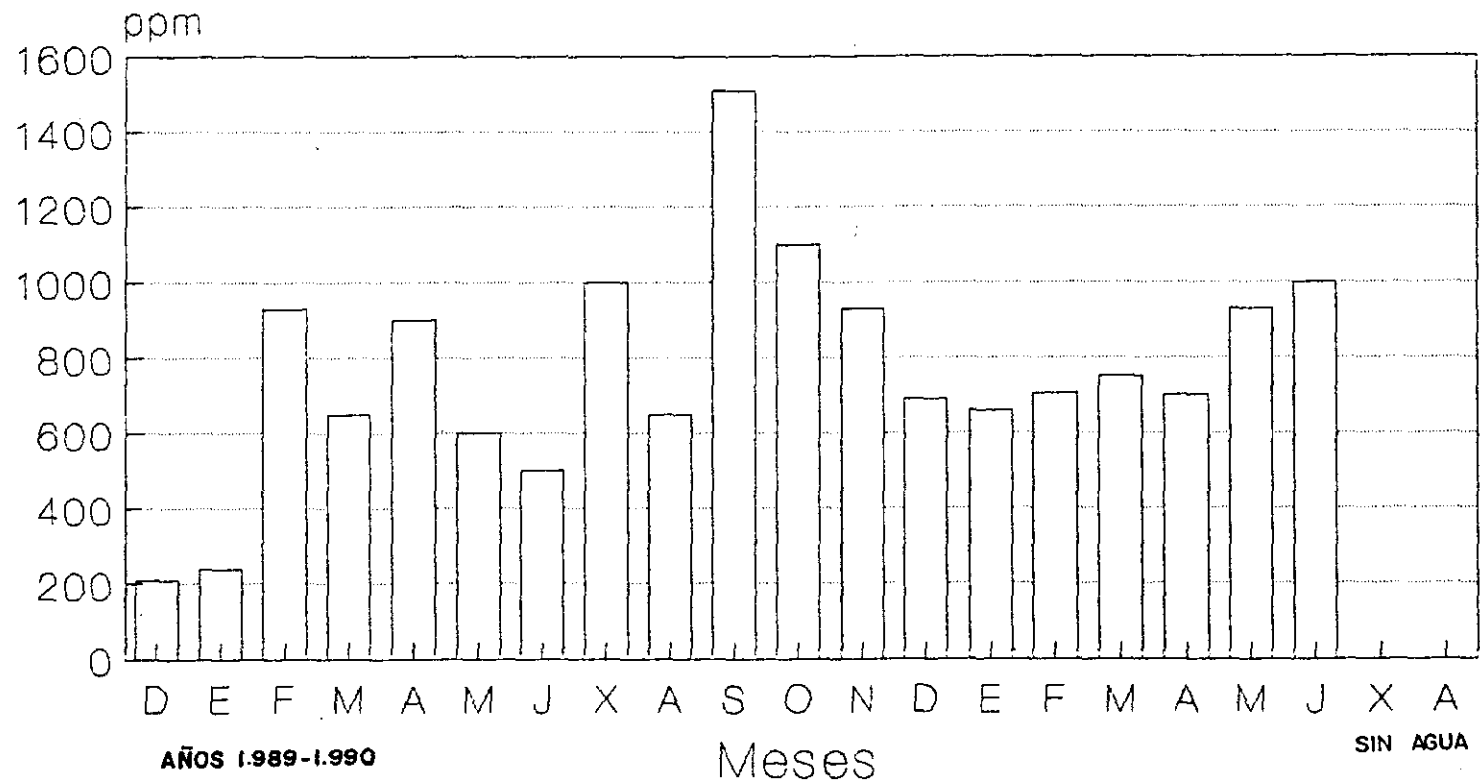


GRAFICO N° 7.22.

primer ciclo y el segundo en ambas lagunas, siendo los de este último mucho más altos.

Los valores de máximas y mínimas concentraciones, a lo largo de los dos ciclos, son los siguientes:

En la laguna del Camino:

Primer ciclo: Valor mínimo	4410 ppm TSD.
Valor máximo	58375 ppm TSD.
Media	31392 ppm TSD.
Segundo ciclo: Valor mínimo	31065 ppm TSD.
Valor máximo	93560 ppm TSD.
Media	62312 ppm TSD.

En la laguna de las Yeguas:

Primer ciclo: Valor mínimo	11490 ppm TSD.
Valor máximo	49505 ppm TSD.
Media	30497 ppm TSD.
Segundo ciclo: Valor mínimo	66065 ppm TSD.
Valor máximo	197530 ppm TSD.
Media	131797 ppm TSD.

Como vemos los valores, a excepción del de las Yeguas en el segundo ciclo, se han mantenido por debajo de los 100000 ppm de TSD, lo que nos permite clasificarlas como aguas salinas. Por otra parte, el valor alcanzado por las aguas de las Yeguas en el segundo ciclo, superando los 100000 ppm de TSD, nos hace clasificar sus aguas como salmueras.

De este total de sólidos disueltos, los iones más importantes son los cloruros y los sulfatos, por lo que nos vamos a centrar en sus evoluciones.

Durante el primer ciclo, en las Yeguas, como se puede observar en el Gráfico nº 7.27., los cloruros oscilaron entre 2600 ppm (II-89) y 7400 ppm (III-89), siendo el ascenso del mes de junio, último mes con agua, muy acusado ya que alcanzó los 25000 ppm. Junto a esto, los valores de los sulfatos han sido más elevados, oscilando entre 7820 ppm (IV-89) y 20875 ppm (V-89), siendo, pues, el ascenso de verano más progresivo, ya que la máxima concentración de sulfatos se dió en el mes de junio con 23125 ppm.

No se ha observado una tendencia común en las evoluciones de los cloruros y los sulfatos, lo que es fácilmente explicable ya que sulfatos como la mirabilita o la epsomita alcanzan su máxima concentración en invierno y precipitan, mientras que los cloruros son evaporitas típicas que precipitan fundamentalmente en verano.

Frente a esto, en la laguna del Camino (Ver gráfico nº 7.28.) durante el primer ciclo, los valores de cloruros han oscilado entre 2200 ppm (XII-88) y 32725 ppm (VIII-89); y los sulfatos han oscilado entre 2000 ppm (XII-88) y 25000 ppm (VIII-89) mostrando una tendencia claramente ascendente durante todo el ciclo.

En el segundo ciclo, los valores de las Yeguas oscilaron entre 20235 ppm (XII-89) y 87330 ppm (IV-90) de cloruros; en cuanto a los sulfatos, debido a un problema de material no se pudieron obtener todos los datos de este ciclo pudiendo afirmar, tan sólo, que los valores fueron mucho más altos que en el ciclo anterior, oscilando entre 45000 ppm (XII-89) y 107500 (IV-90).

Respecto a los valores del Camino en este segundo ciclo, los cloruros oscilaron entre 9585 ppm (XII-89) y 63900 (X-89) mientras que los sulfatos oscilaron entre 13450 ppm (IV-90) y 28700 (V-90).

El hecho que más llama la atención sobre este segundo ciclo es que la obtención de los máximos tiene dos momentos, uno al principio del ciclo,

YEGUAS

Cloruros

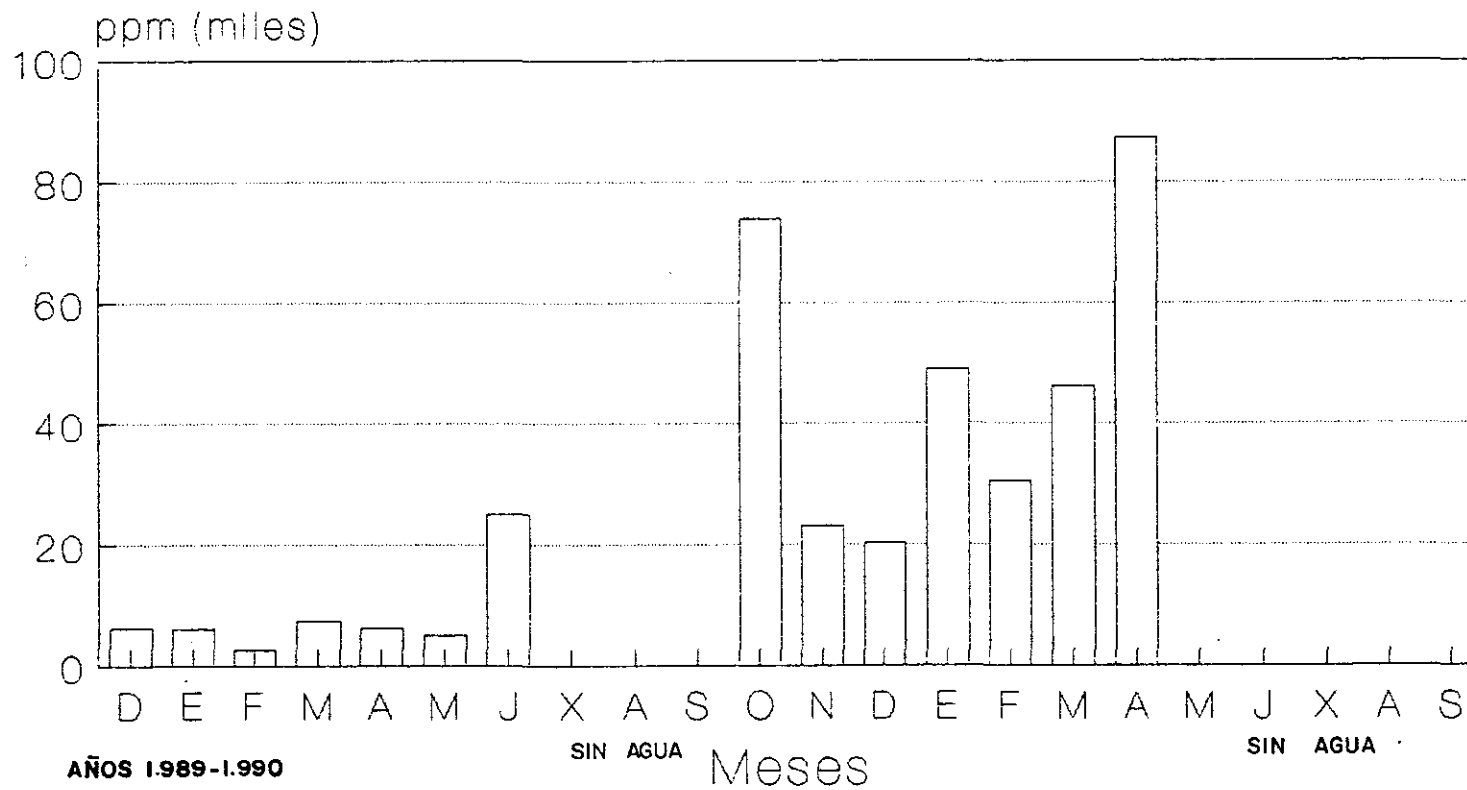


GRAFICO N° 7.27.

CAMINO DE VILAFRANCA

Cloruros

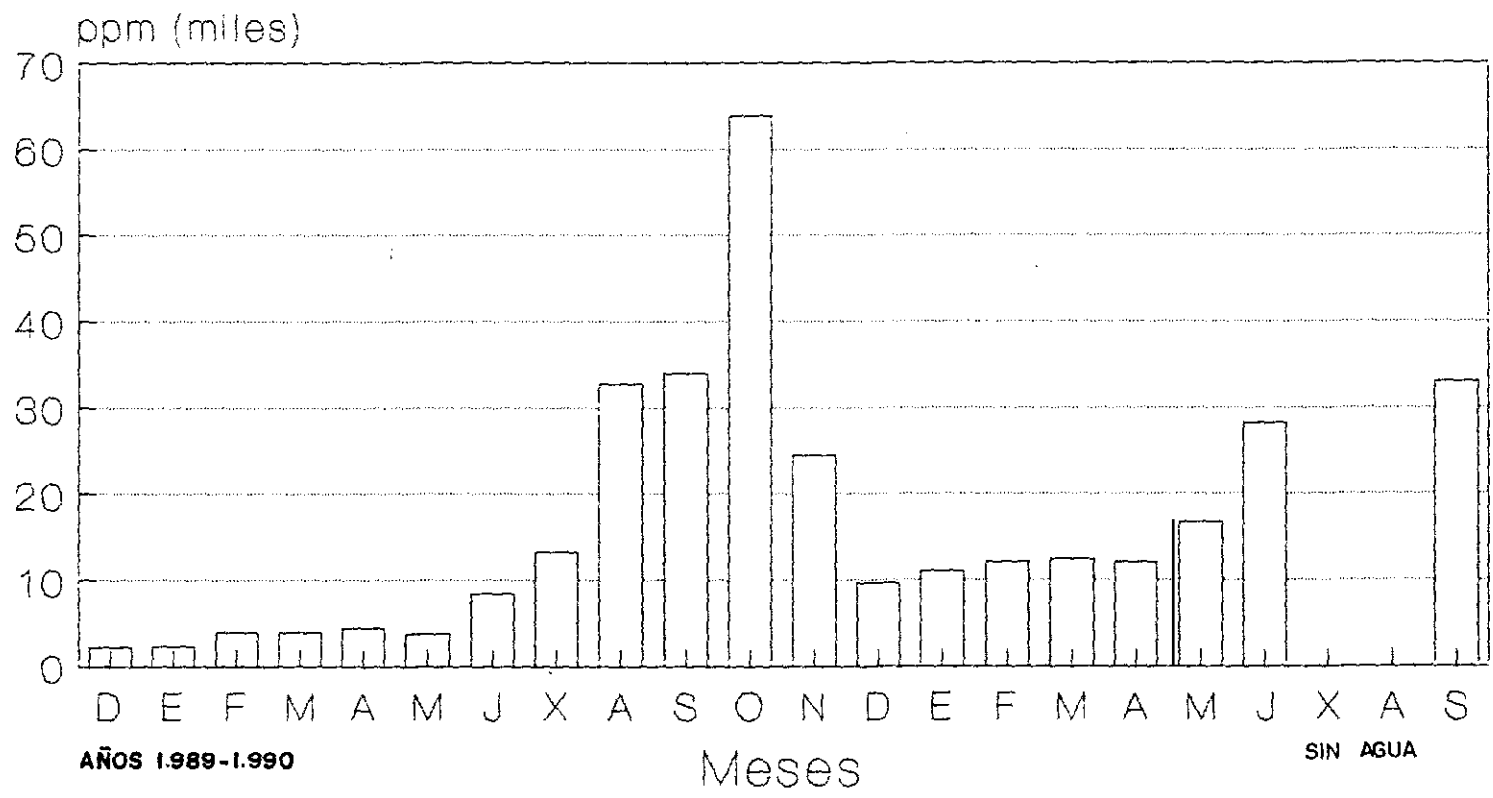


GRAFICO N° 7.28.

cuando la laguna está comenzando a llenarse (Octubre de 1989), y el segundo, al final del ciclo (en abril en las Yeguas y en junio en el Camino) últimos meses en que pudieron muestrearse las aguas. Es pues, cuando la laguna tiene una menor lámina de agua cuando las concentraciones son más importantes tanto al principio como al final del ciclo.

Por otra parte, la única razón posible que encontramos para explicar las diferencias tan grandes de salinidad entre un ciclo y otro es el modo en que se desarrolló el ciclo hidrológico. El hecho de que las lagunas, durante el primer ciclo se llenaran prácticamente en un sólo día y alcanzasen un volumen tan importante de agua (65 cm en las Yeguas y 68 cm en el Camino), creemos puede ser la causa de una mayor dilución del medio e incluso de la aparición de una estratificación con aguas más saladas y densas en el fondo y aguas más dulces y menos salinas en superficie; mientras que en el segundo ciclo, el llenado progresivo de las lagunas y su menor volumen de agua, han podido condicionar una más efectiva disolución de las costras y una mayor homogeneidad de la salinidad de las aguas.

Los valores que se han obtenido de oxígeno disuelto en ambas lagunas son, en general, bastante elevados. Tan sólo, se ha observado en el mes de noviembre de 1989, lo que se ha denominado una "crisis de oxígeno" que consiste en un brusco descenso del contenido de oxígeno en las aguas de forma estacional.

Los valores, a excepción de los del citado mes de noviembre, han oscilado entre:

En las Yeguas: 5.4 y 10.3 mg/l.

En el Camino: 9.0 y 15.6 mg/l.

Son, pues, valores elevados; como se puede comprobar en la tabla nº 7.4. y en el gráfico nº 7.35.

No se ha observado ninguna regularidad en sus tendencias, sus valores ascienden o descienden sin poder verificar ninguna evolución común entre ambas lagunas.

Como único hecho común, destacar la ya mencionada crisis de oxígeno del mes de noviembre, cuando se obtuvieron valores de tan sólo 0.6 mg/l en el Camino y 0.5 mg/l en las Yeguas; valores que contrastan drásticamente con el del mes de diciembre en el que se obtuvieron 13.2 mg/l en el Camino y 10.3 mg/l en las Yeguas (este último, fue el máximo registrado en dicha laguna a lo largo de todo el ciclo).

En general, son valores excepcionalmente altos para unas lagunas, que como ya se había comentado han sufrido un fuerte proceso de contaminación. La explicación de este hecho pensamos que puede ser el tiempo transcurrido, ya que desde hace siete años no se producen vertidos. En este tiempo creemos que *la mayor parte de la biomasa se ha podido sedimentar en los fondos*, dejando más o menos oxigenada la lámina superficial de agua.

TABLA N° 7.4.: CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO (mg/l) EN LAS YEGUAS Y EL CAMINO DE VILAFRANCA		
	Las Yeguas	El Camino
VII- 1989	Seca	15.0
VIII	Seca	Seca
IX	Seca	9.0
X	6.5	11.2
XI	0.5	0.6
XII	10.3	13.2
I- 1990	8.6	12.4
II	7.2	10.0
III	9.0	11.6
IV	5.4	15.6
V	Seca	14.7
VI	Seca	10.2
VII	Seca	Seca
VIII	Seca	Seca

En cuanto a los nutrientes, como ya se ha comentado anteriormente, existe en las lagunas objeto de estudio un contenido muy bajo de nitrógeno (nitritos y nitratos) siendo significativamente más apreciable el contenido en fosfatos.

OXIGENO DISUELTO (mg/l)

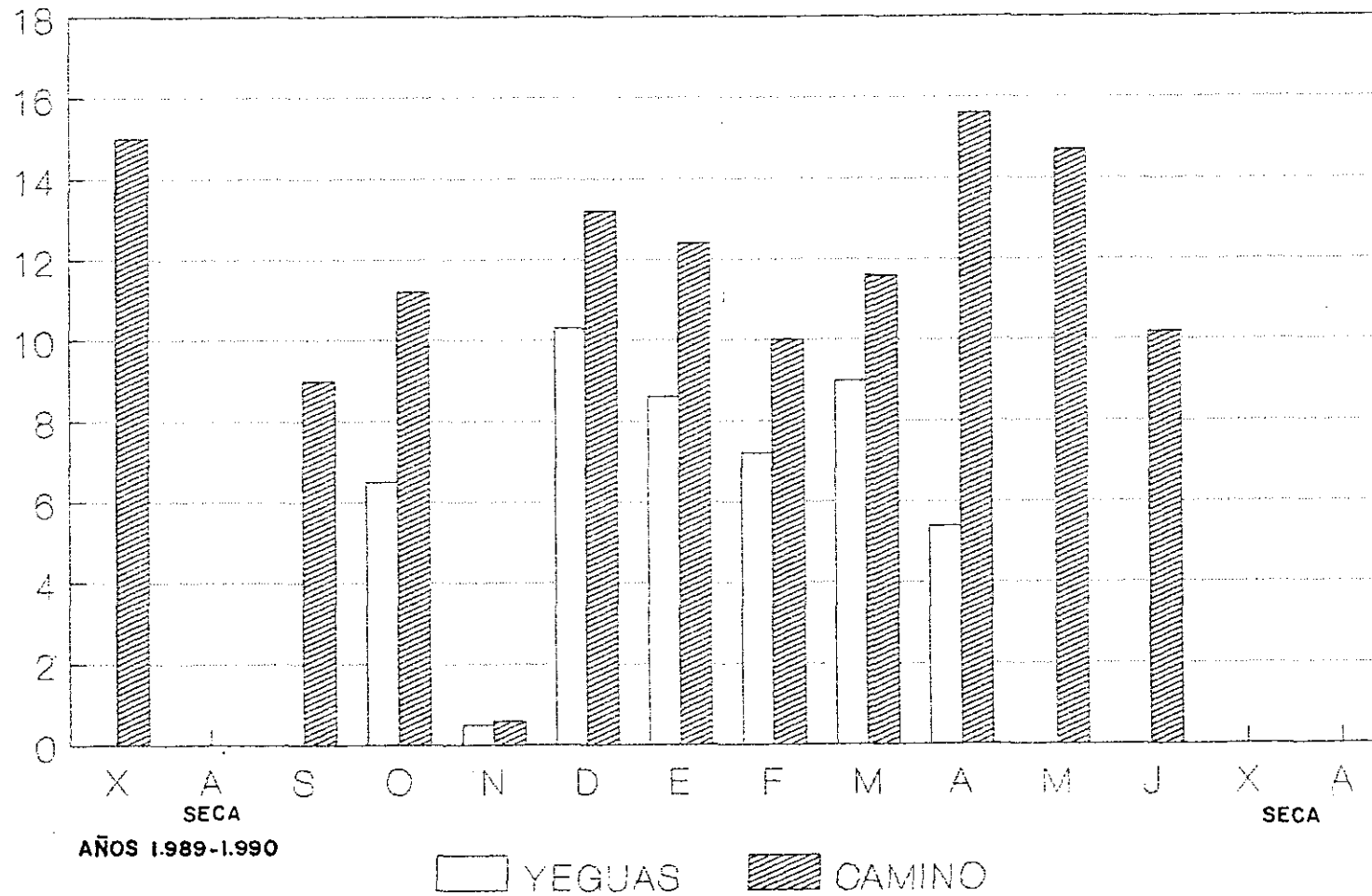


GRAFICO N° 7.35

Los valores de nitrógeno se pueden observar en la tabla nº 7.5. y en los gráficos nº 7.36 y nº 7.37. En éstos, se puede comprobar que los nitritos en la laguna del Camino oscilaron entre 0 y 0.04 ppm y los nitratos entre 0.05 y 0.25 ppm; mientras que en la laguna de las Yeguas, los nitritos oscilaron entre 0.01 y 0.03 ppm, y los nitratos entre 0 y 0.29 ppm. Son, pues, valores realmente bajos, ya que no exceden en ninguna ocasión los 0.1 ppm de nitritos y el 1 ppm de nitratos, reconocidos como valores normales en las aguas naturales.

TABLA Nº 7.5.: CONTENIDO EN NITRITOS Y NITRATOS (ppm) EN LAS YEGUAS Y EL CAMINO DE VILLAFRANCA.				
	NITRITOS		NITRATOS	
	Yeguas	Camino	Yeguas	Camino
IX- 1989	Seca	0.01	Seca	0.10
X	0.02	0.04	0.29	0.20
XI	0.01	0.01	0.00	0.16
XII	0.03	0.01	0.29	0.24
I- 1990	0.01	0.01	0.00	0.05
II	0.02	0.00	0.08	0.10
III	0.01	0.00	0.16	0.10
IV	0.01	0.00	0.24	0.08
V	Seca	0.01	Seca	0.10
VI	Seca	0.01	Seca	0.18
VII	Seca	Seca	Seca	Seca
VIII	Seca	Seca	Seca	Seca

LAS YEGUAS

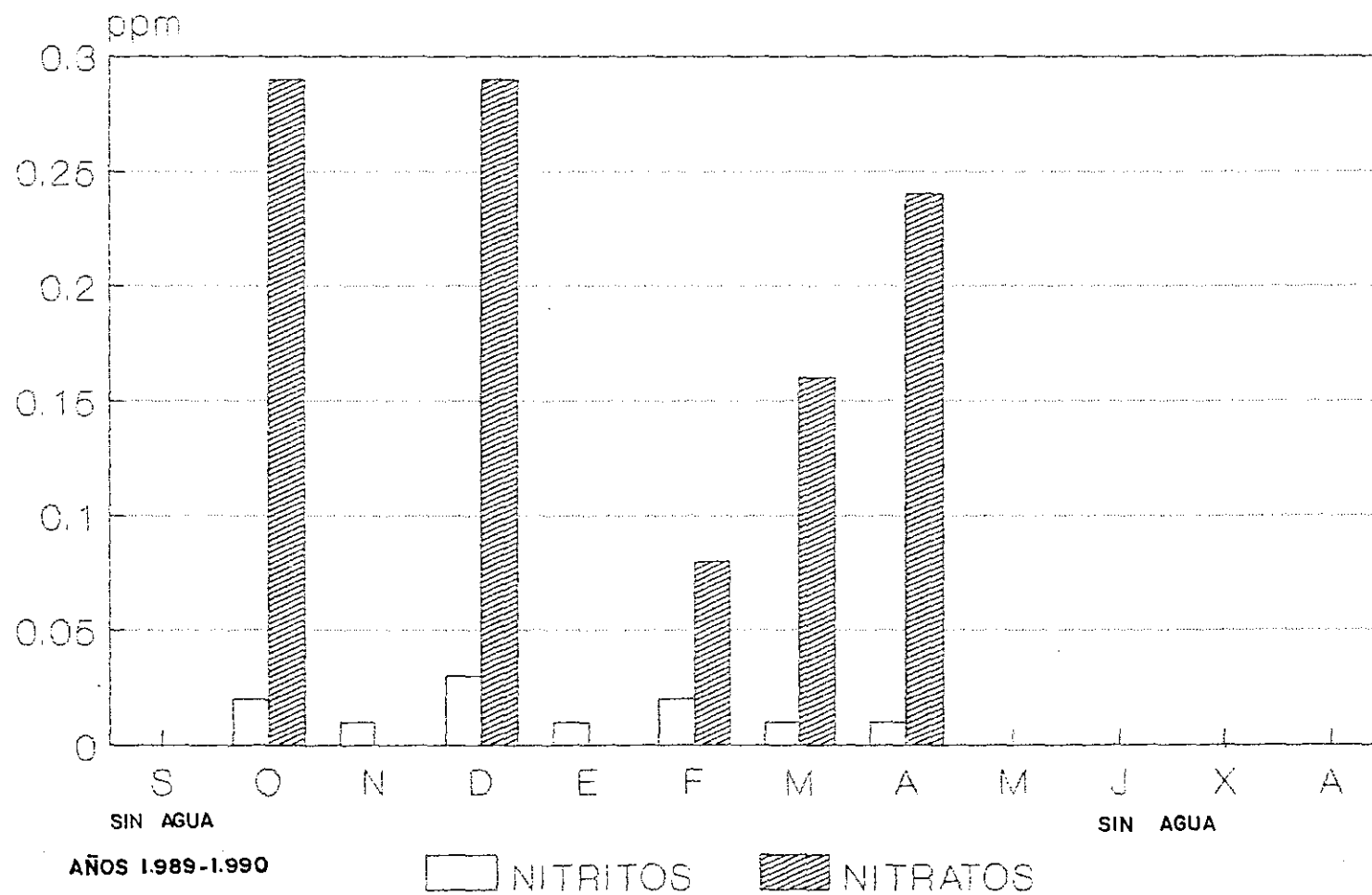


GRAFICO N° 7.36.

CAMINO DE VILAFRANCA

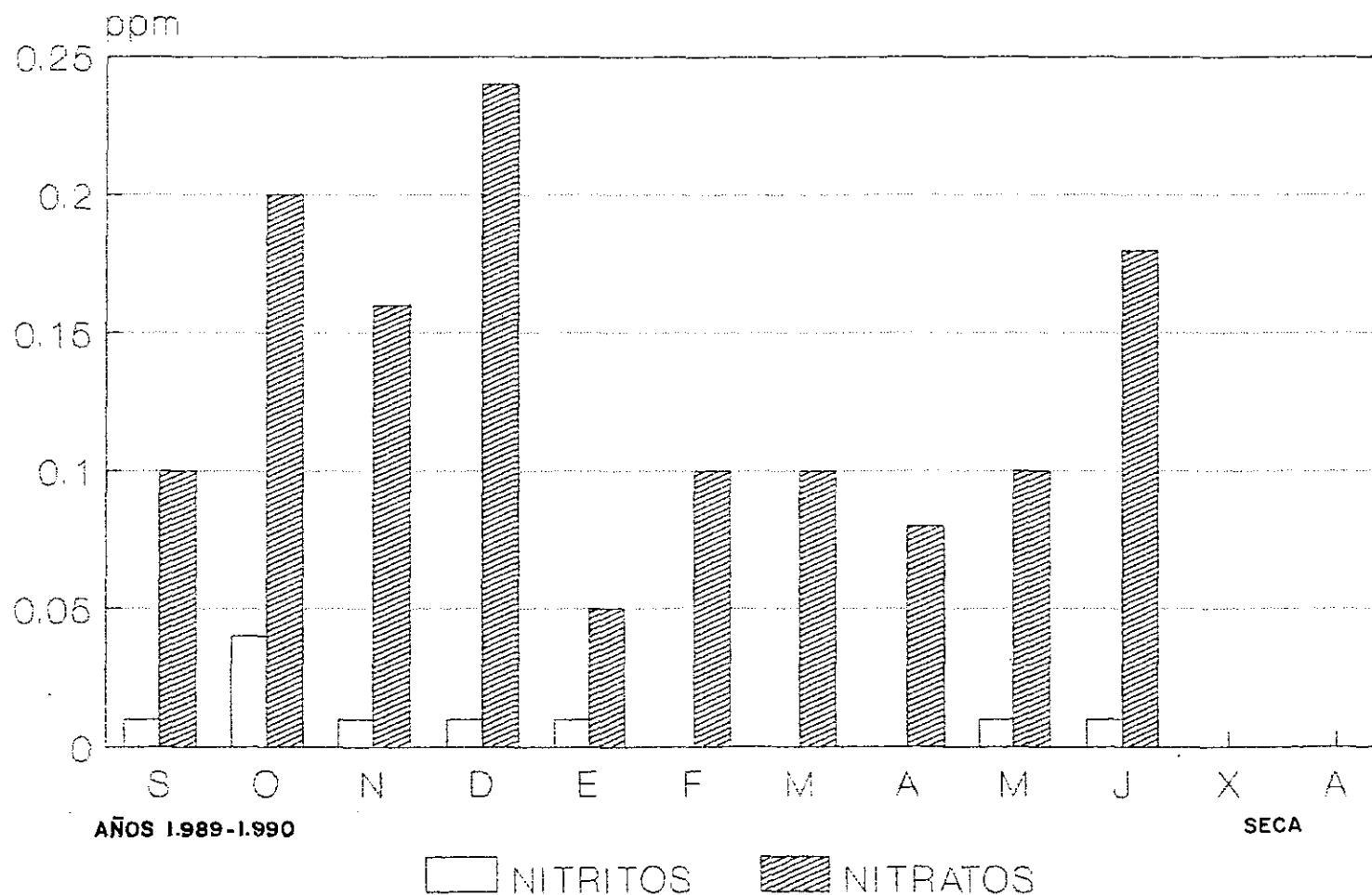


GRAFICO N° 7.37.

Frente a esto, los valores de los fosfatos son muy elevados, destacando, especialmente, los del segundo ciclo. Estos se pueden observar en la tabla nº 7.6. y en el gráfico nº 7.38.

En el Camino, como vemos, en el primer ciclo los fosfatos oscilaron entre 0 y 1.94 ppm; mientras que en el segundo ciclo éstos variaron entre 0.3 y 4.2 ppm. En las Yeguas, durante el primer ciclo los valores de fosfatos se encontraron entre 0.6 y 2.5 ppm; siendo en el segundo ciclo ostensiblemente más altos, oscilando entre 3.2 y 5.2 ppm.

No se ha observado ninguna regularidad en sus evoluciones, ni hemos podido describir un ciclo como el que se definió en las lagunas Chica y Grande. El hecho de su gran abundancia se explica por la existencia de vertidos de aguas residuales, este tipo de vertidos son con mucho los más cargados en fosfatos ¹⁷, lo que afecta a los ciclos naturales alterándolos de forma drástica.

¹⁷ Los contenidos en fósforo en el agua, según Snoeyink y Jenkins (1987), son:

- aguas superficiales (lago)	0.01- 0.04 mg/l.
- drenaje agrícola	0.05- 1 mg/l.
- vertidos domésticos	3- 15 mg/l.

**TABLA N° 7.6.: CONTENIDO EN FOSFATOS (ppm)
EN LAS YEGUAS Y EL CAMINO**

	Yeguas	Camino
XII- 1988	0.90	0.05
I- 1989	1.09	0.00
II	0.90	0.53
III	0.67	0.60
IV	1.00	1.19
V	1.66	1.94
VI	2.54	0.73
VII	Seca	1.47
VIII	Seca	Seca
IX	Seca	3.90
X	3.20	1.80
XI	3.40	1.20
XII	5.20	0.40
I- 1990	4.57	0.30
II	4.71	3.54
III	4.90	1.60
IV	5.20	1.80
V	Seca	0.60
VI	Seca	4.20
VII	Seca	Seca
VIII	Seca	Seca

FOSFATOS.

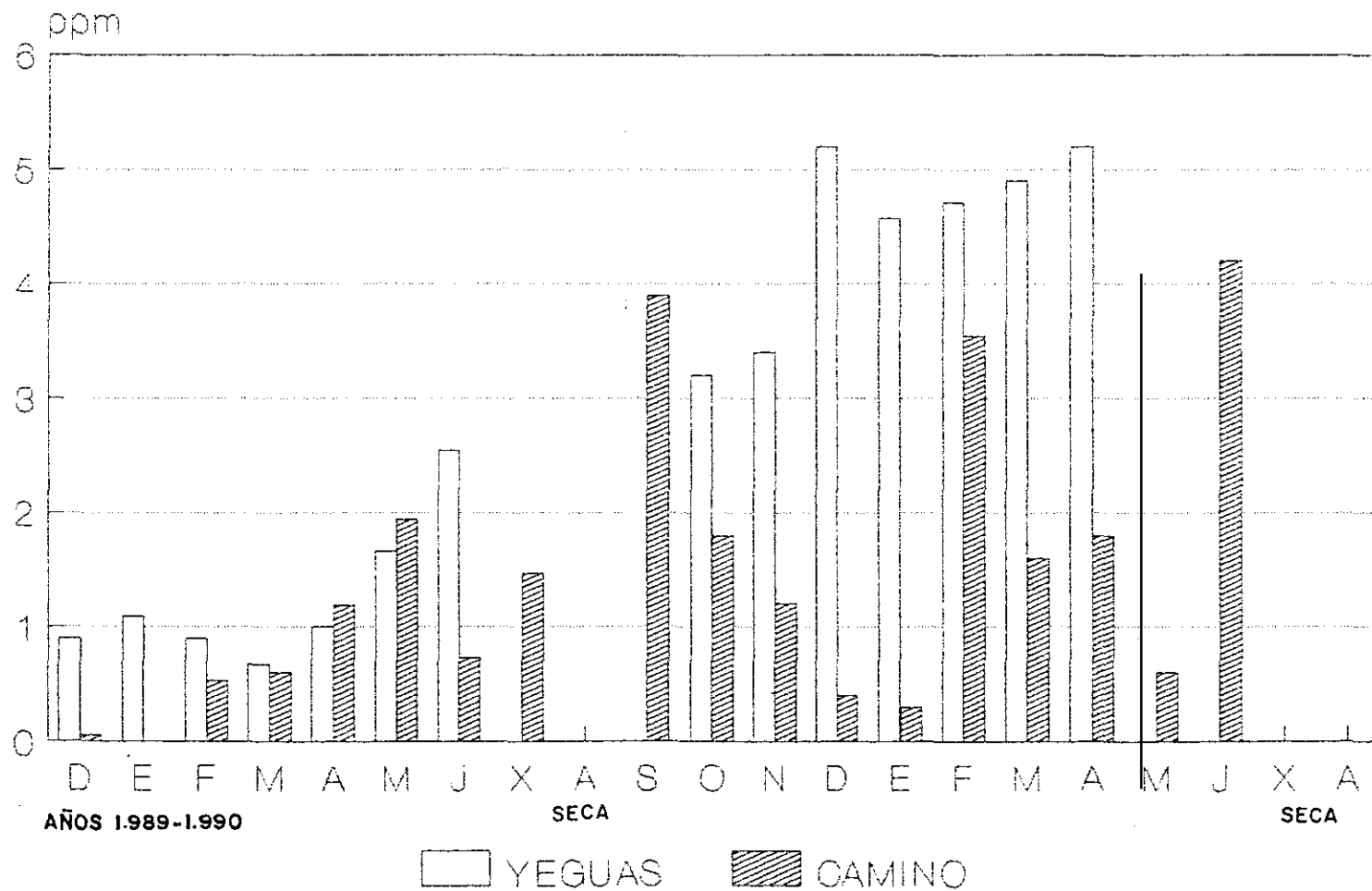


GRAFICO N° 7.38.

7.3.3. LAGUNA DEL PUEBLO O DE LA VEGA

Como ya se comentó en el capítulo primero, esta laguna fue escogida, fundamentalmente, por dos hechos:

1. Por ser una laguna que sufre en la actualidad el vertido de aguas residuales del vecino núcleo de población.

2. Para observar y hacer un seguimiento de la evolución de la laguna tras la realización del proyecto de restauración que han llevado a cabo los técnicos de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Desafortunadamente, no poseemos datos de las características físico-químicas de las aguas antes de 1973, año en que comenzaron los vertidos. Debido a esto, no podemos cuantificar, exactamente, los cambios que se han producido.

Sin embargo, si comparamos el estado actual de la laguna con el que se describe hace 10-15 años, sí podemos observar una serie de indicadores ecológicos, que nos permiten concluir que los cambios más importantes que han tenido lugar son:

- la prolongación del periodo de encharcamiento, llegando incluso, en los años más húmedos al mantenimiento de la lámina de agua durante todo el ciclo hidrológico.

- la obtención de una menor concentración salina en éstas.

- un aumento en el contenido de nutrientes de sus aguas.

Conocer estos cambios es muy importante para poder explicar la actual dinámica y las principales características físico-químicas de sus aguas.

Si atendemos al ciclo hidrológico, se observa que éste es muy similar al descrito en las lagunas permanentes: lagunas Chica y Grande de Villafranca.

Durante el primer ciclo, y debido fundamentalmente a las precipitaciones de primavera se obtuvo el máximo nivel en junio, alcanzando los 76 cm; posteriormente, se produjo un descenso bastante brusco durante los meses de julio y agosto, mes en el que se alcanzó el mínimo nivel con 34 cm.

Frente a esto, en el segundo ciclo fueron las lluvias de otoño y fundamentalmente de invierno las que hicieron alcanzar el máximo durante el mes de febrero, con 82 cm; hasta el mes de mayo, se mantuvieron los niveles bastante altos, comenzando en junio el descenso propio de los meses estivales hasta alcanzar el mínimo nivel en agosto con 20 cm (Ver gráfico nº 7.5.).

Como vemos, pues, las aguas residuales aportan un caudal extra, que hace que los niveles obtenidos sean excepcionalmente altos. Sin embargo, creemos que al ser muy constantes a lo largo del año no suponen una alteración grave de lo que podríamos llamar su ciclo natural, ya que como se ha observado, sus máximos y mínimos están condicionados, fundamentalmente, por el régimen de precipitaciones del área.

Respecto a las temperaturas vuelven a manifestarse las mismas pautas que para el resto de las lagunas hasta ahora tratadas. Se aprecia una fuerte inercia de las temperaturas del agua con respecto a las del aire, manifestándose siempre de forma más brusca las variaciones de la temperatura en el aire que en el agua, hecho explicable, como ya hemos comentado, por la mayor inercia de las masas de agua, y por tanto, manifestar los cambios (enfriamiento o calentamiento) de una manera más lenta.

Otro hecho que hemos apreciado, y que también es común a la dinámica de las demás lagunas es que las diferencias de temperaturas en los meses más fríos son siempre inferiores a las diferencias que se producen en los meses estivales. Sin embargo, nunca durante estos meses (junio, julio y agosto) se ha observado un hecho que es frecuente en las lagunas temporales, que es la superación de las temperaturas del agua de los valores de las temperaturas del

LA VEGA

Niveles

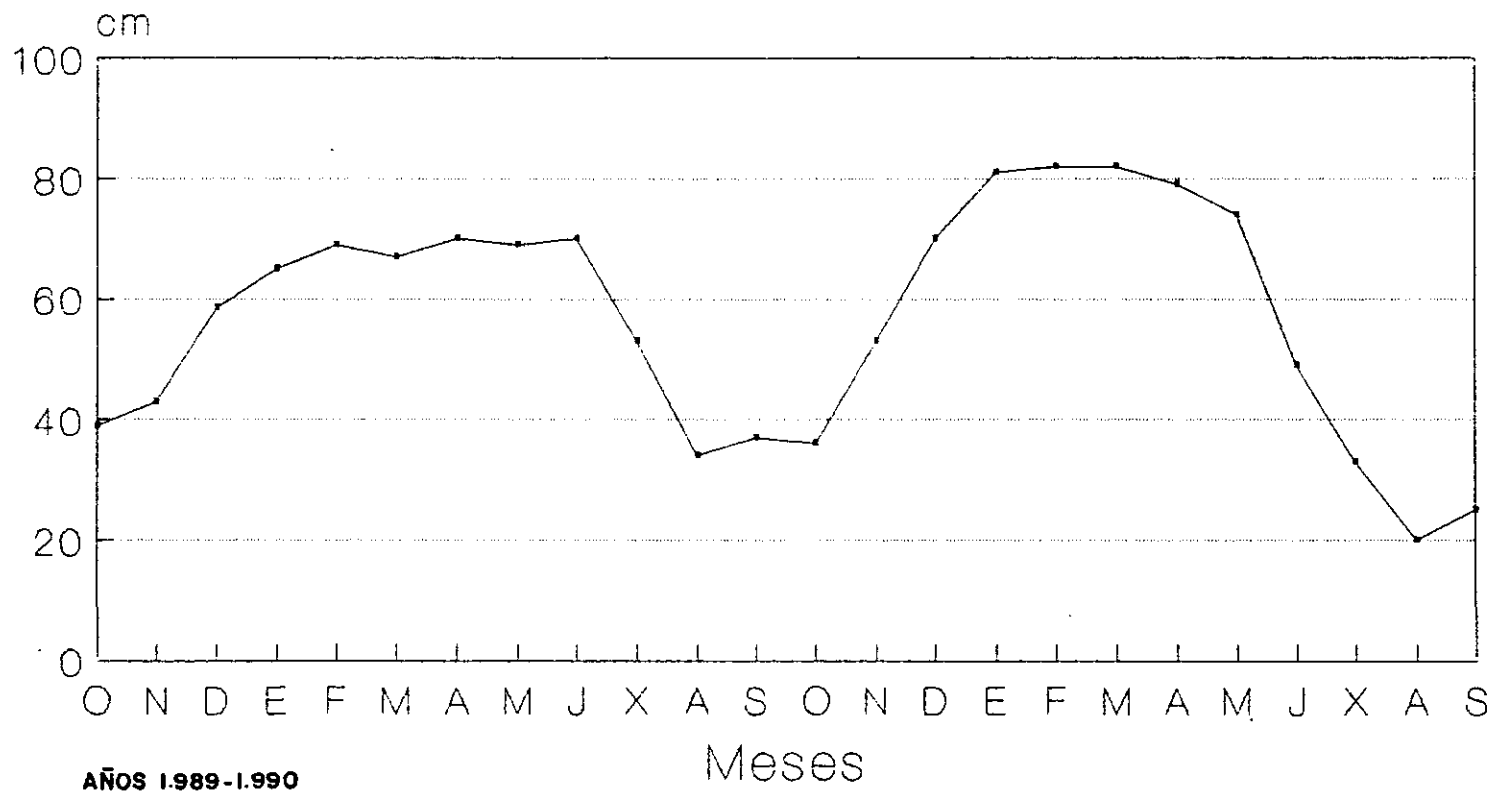


GRAFICO N° 7.5.

aire. Esto es debido, a que en esta laguna el volumen de agua que queda en verano todavía es importante, no produciéndose el recalentamiento que sufren las láminas de agua en las estacionales (Ver gráfico nº 7.11).

Tan sólo durante el mes de marzo de 1990, se ha observado una anomalía: fue una subida brusca de la temperatura del agua, superando incluso la temperatura del aire en 4.1° C.

En cuanto a la turbidez, y como ya vimos en la introducción de este capítulo, las lagunas objeto de estudio quedan clasificadas en dos grupos:

1. Las de aguas claras, con valores de turbidez muy bajos, entre 5 y 35 UTF. Son las lagunas Chica, Grande y Alcahozo.

2. Las de aguas más turbias, con valores que sobrepasaban los 35 UTF. Son las lagunas del Camino, Yeguas y La Vega.

Dentro de este grupo, sin embargo, hay que distinguir entre la laguna de La Vega y la de las Yeguas y de la del Camino, esta última con valores mucho más altos. Los valores concretos de estas lagunas oscilaron entre:

- La Vega 23 y 200 UTF.
- Las Yeguas 117 y 160 UTF.
- El Camino 142 y 440 UTF.

Los valores más altos de turbidez que se han alcanzado en La Vega son 108 y 200 UTF durante los meses de julio y agosto de 1989; valores que contrastan drásticamente con los 38 y 23 UTF que se midieron en julio y agosto de 1990.

No disponemos de todos los datos por lo que nos es imposible describir un ciclo. De todos modos la impresión que tenemos es que es un parámetro puntual muy afectado por la existencia de vertidos residuales, lo que alteraría en gran medida los posibles ciclos naturales.

LA VEGA

Temperaturas

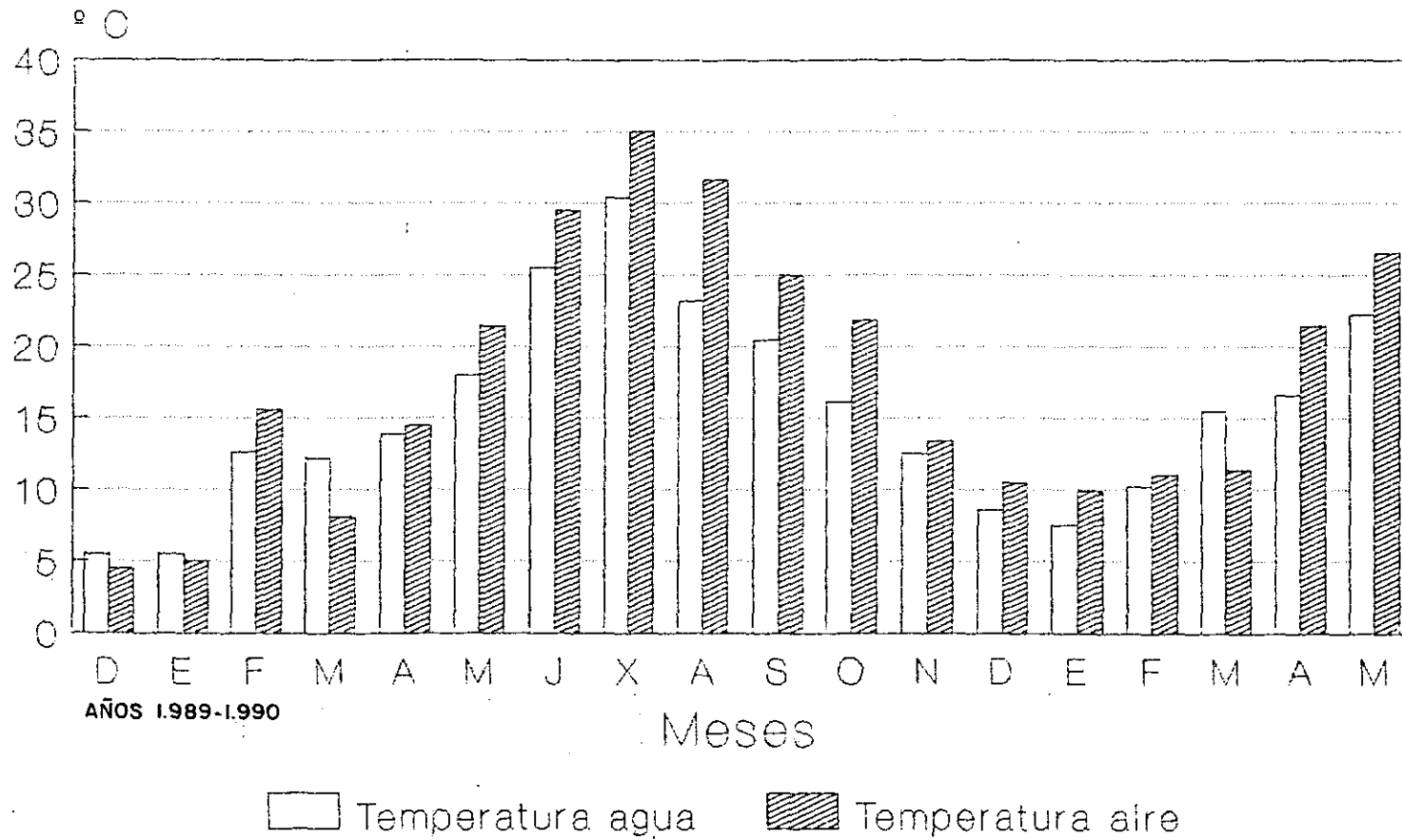


GRAFICO N° 7.11.

Los valores de pH de las lagunas salinas españolas oscilan entre 7 y 10 (Martino P., 1988). A este intervalo se ajustan los valores obtenidos en La Vega, ya que como se puede comprobar en el gráfico nº 7.17, los valores de ésta oscilaron entre 7.7 y 9.6 a lo largo de los dos ciclos.

Sin embargo, hay varios hechos que nos llaman la atención:

1. Los valores tan elevados que se obtuvieron durante el segundo ciclo. Exceptuando dos meses (marzo y abril), todos los demás superaron el valor de 8.6, considerado límite entre las aguas alcalinas y muy alcalinas.

Este hecho contrasta con los datos obtenidos en el primer ciclo, donde los pH obtenidos, en la mayoría de los meses, están por debajo del 8.6.

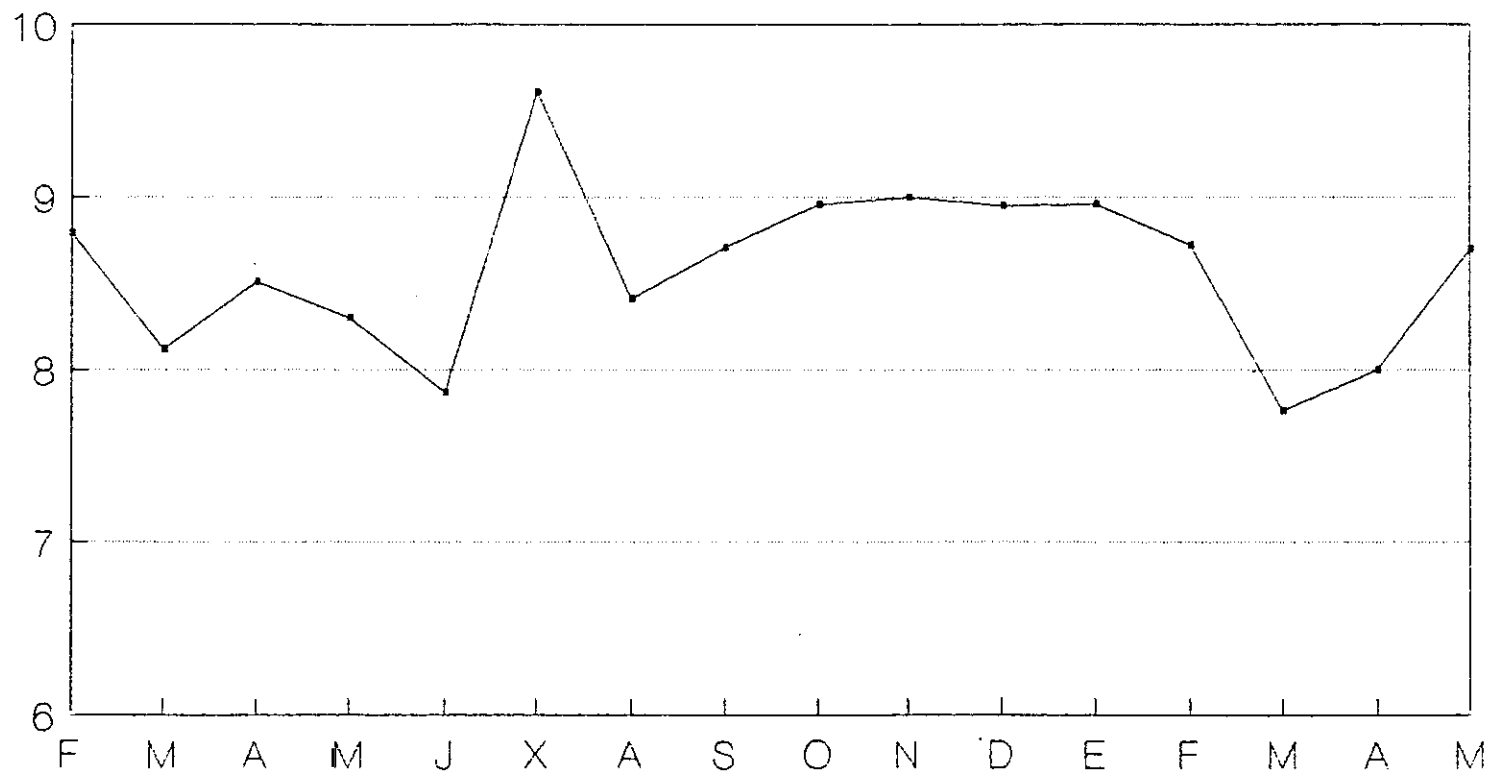
2. Hay dos momentos que nos resultan bastante difíciles de comprender: por un lado, el brusco ascenso que se produjo en el mes de julio de 1989, alcanzando un valor de 9.6; y por otro, el fuerte descenso del mes de marzo de 1990 con un valor de 7.7.

En un principio, pensamos que podía estar relacionado con los descensos del nivel del agua (debido al consiguiente aumento de la concentración salina del medio), ya que en el mes de julio se inició una fuerte tendencia descendente de la lámina de agua. Sin embargo, de ser éste el motivo, también en agosto debía haberse mantenido alto el pH, puesto que fue en ese mes cuando se obtuvo el mínimo nivel de agua, y sin embargo, el pH de agosto descendió hasta 8.4. Por otro lado, el descenso del pH de marzo tampoco tiene relación con los aumentos-descensos de la lámina de agua, ya que desde enero hasta abril la laguna mantuvo unos niveles bastante estables.

Como ya ha ocurrido al estudiar otros parámetros, con respecto a la alcalinidad también se establecen diferencias notables entre dos grupos de lagunas.

LA VEGA

pH



AÑOS 1.989-1.990

GRAFICO Nº 7.17.

Por una parte, las lagunas Chica, Grande y la Vega, con valores entre 120 y 730 ppm, superando en muy pocas ocasiones los 500 ppm que es el valor que se ha establecido como cantidad normal en aguas naturales.

Por otro, las lagunas de Alcahozo, Yeguas y el Camino, con alcalinidades que oscilan entre los 210 y los 3000 ppm, superando la mayor parte del año el valor de 500 ppm establecido.

Así pues, se puede afirmar que la Vega tiene valores normales de alcalinidad. Sin embargo, y pese a esta aparente normalidad se ha observado una serie de hechos que llaman la atención (Ver gráfico nº 7.23):

1. Durante el primer ciclo, los valores oscilaron, subiendo y bajando, sin encontrar para ello justificación alguna.

2. Además de esta inexplicable irregularidad, la alcalinidad del primer ciclo fue mucho más acusada que en el segundo, siendo los valores obtenidos de 220 - 730 ppm en el primer ciclo y de 162 - 420 ppm en el segundo.

Este hecho resulta además especialmente curioso cuando se comparan los datos de alcalinidad y pH (parámetros que "a priori" tienen una fuerte correlación positiva en las aguas naturales). Sin embargo, aquí lo que se observa es que mientras la alcalinidad del segundo ciclo se manifestó especialmente baja, los pH de este mismo ciclo destacaban por sus altos valores, habiéndose definido durante todo el ciclo sus aguas como muy alcalinas.

En cuanto a la salinidad, las aguas de la laguna de la Vega son de carácter salobre, es decir, no presentan concentraciones superiores a los 10000 ppm de TSD.

Los valores de máximas y mínimas concentraciones obtenidos en esta laguna son:

LA VEGA

Alcalinidad

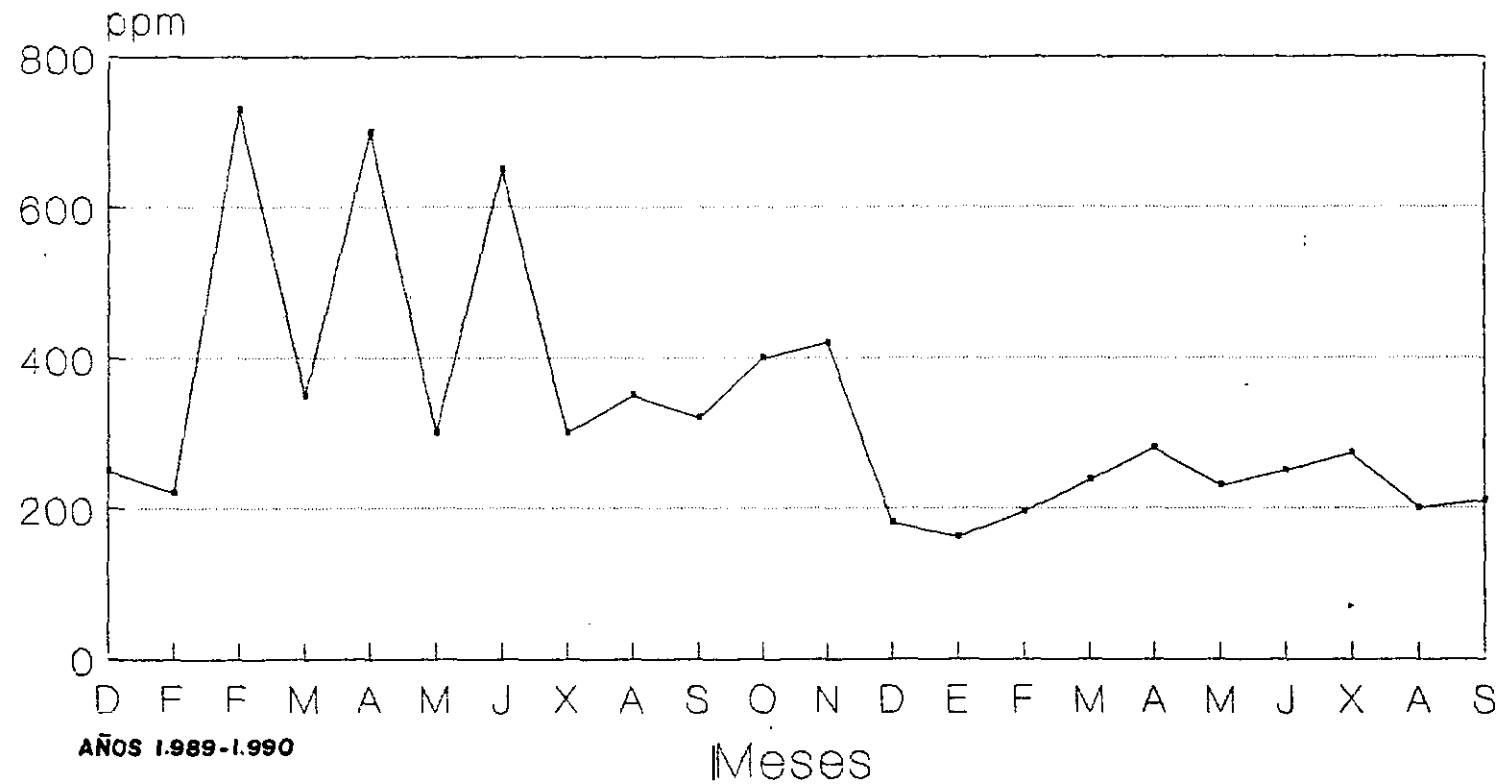


GRAFICO N° 7.23.

En el primer ciclo:	Valor mínimo	2400 ppm
	Valor máximo	9080 ppm
	Media	5749 ppm
En el segundo ciclo:	Valor mínimo	6505 ppm
	Valor máximo	11908 ppm
	Media	9206 ppm

Entre los iones más destacados se encuentran los sulfatos y los cloruros. En cuanto a los primeros, como ya comentamos, sólo disponemos de los datos del primer ciclo. En éste los valores oscilaron entre 900 ppm y 5630 ppm, siendo la tendencia observada la de un progresivo aumento desde el mes de mínimos (diciembre) hasta el mes de máxima concentración (agosto). Sin embargo, no podemos dejar de llamar la atención sobre la existencia de un segundo máximo en el mes de marzo, situación que nos es difícil explicar ya que la laguna se encontraba en el momento de máximos niveles de agua.

En cuanto a los cloruros, el hecho más interesante es destacar la mayor concentración del segundo ciclo, donde los valores oscilaron entre 2010 ppm y 4438 ppm; frente a los del primer ciclo, que variaron entre 1000 y 3100 ppm. Este hecho, sin embargo, se había observado en otras lagunas como la de las Yeguas, el Camino y Alcahozo.

Las tendencias que se pueden describir en el primer ciclo son de progresivo descenso hasta el mes de febrero (1000 ppm) para posteriormente, comenzar un ascenso continuado hasta el mes de máximas concentraciones, agosto con 3100 ppm. Frente a esto, en el segundo ciclo se observa un descenso desde el mes de septiembre a noviembre, luego la tendencia es ascendente hasta el mes de febrero, estabilizándose los valores de primavera, para comenzar de nuevo el ascenso desde mayo hasta agosto (Ver gráfico nº 7.29).

LA VEGA

Cloruros

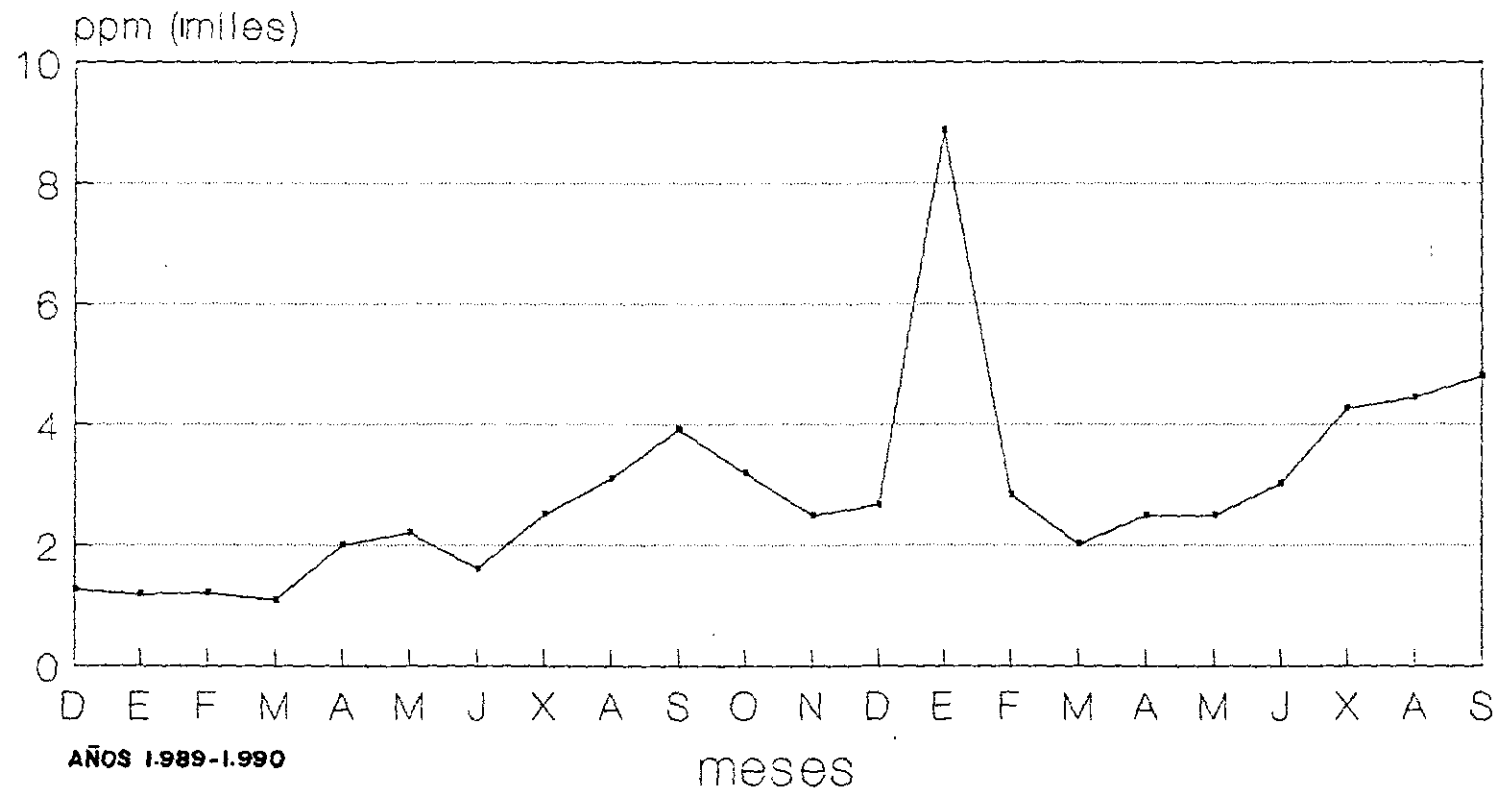


GRAFICO N°7.29.

No hemos comentado en este segundo ciclo un valor que, sin embargo, si hemos reflejado en el gráfico, es el valor de enero de 1990, mes en que se obtuvieron 8875 ppm. Este valor como podemos comprobar distorsiona las tendencias descritas, por otra parte no hemos encontrado ninguna causa que haya podido desencadenar este brusco ascenso, por lo que creemos quizá sea fruto de un error analítico.

Como vemos en la tabla nº 7.7. y en el gráfico 7.39. los valores de oxígeno disuelto observados en la laguna de La Vega son muy altos. Estos superan siempre los 10 mg/l oscilando entre 10.9 y 17.2 mg/l. Sólo existe un excepción, que es la del mes de julio de 1989, en el que tan sólo se obtuvieron 1.4 mg/l. Es pues, uno de esos momentos en los que hemos definido una crisis de oxígeno, es decir, un descenso del contenido de oxígeno de forma muy brusca y estacional.

Por otra parte, no se ha encontrado ninguna tendencia regular, sino que se han observado leves aumentos o descensos de una forma un tanto anárquica.

TABLA N° 7.7.: CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO (mg/l) EN LA VEGA.	
VII-1989	15.0
VIII	16.5
IX	12.6
X	11.2
XI	17.2
XII	13.8
I- 1990	12.8
II	13.0
III	12.6
IV	10.9
V	13.5
VI	11.3
VII	1.4
VIII	14.4
IX	11.5

Respecto a la presencia de nutrientes, la realidad que se constata es la práctica ausencia de nitrógeno (nitritos y nitratos) frente a la presencia, incluso en este caso podríamos decir excesiva presencia, de los fosfatos.

LA VEGA

Oxígeno disuelto (mg/l)

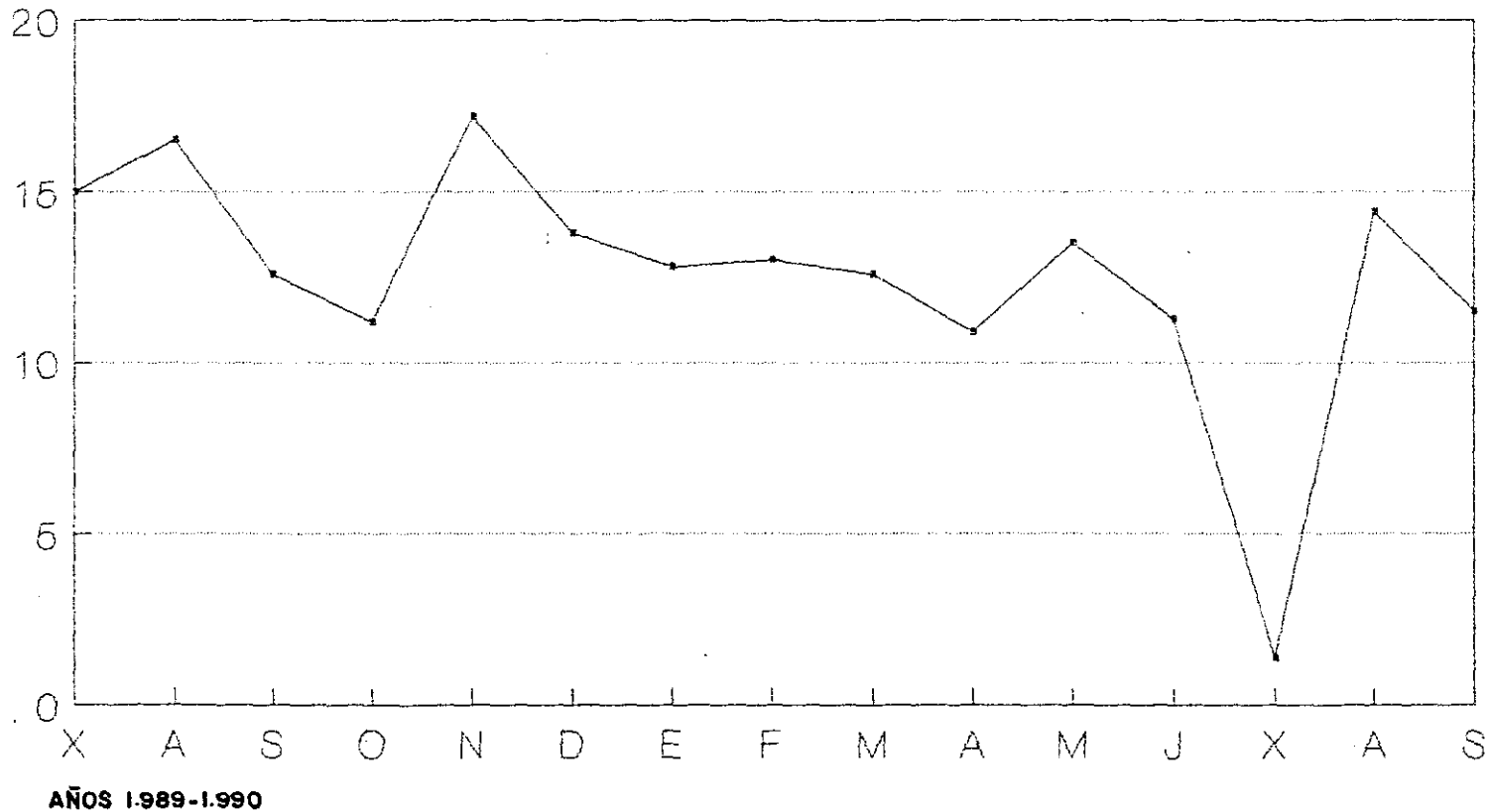


GRAFICO N° 7.39.

Los valores de nitritos y nitratos se pueden observar en la Tabla nº 7.8. y en el gráfico nº 7.40. En estos se aprecia que los nitritos tan sólo oscilaron entre 0.01 y 0.06 ppm; mientras que los nitratos tan sólo oscilaron entre 0.08 y 0.7 ppm, no excediendo en ningún momento los valores de 0.1 ppm de nitritos y el 1 ppm de nitratos que se consideran valores normales en las aguas naturales.

TABLA Nº 7.8: CONTENIDO EN NITRITOS Y NITRATOS (ppm) EN LA LAGUNA DE LA VEGA.		
	NITRITOS	NITRATOS
IX- 1989	0.02	0.20
X	0.01	0.08
XI	0.06	0.56
XII	0.05	0.7
I- 1990	0.03	0.30
II	0.02	0.16
III	0.01	0.29
IV	0.02	0.43
V	0.02	0.30
VI	0.03	0.40
VII	0.05	0.50
VIII	0.04	0.30
IX	0.03	0.34

LA VEGA

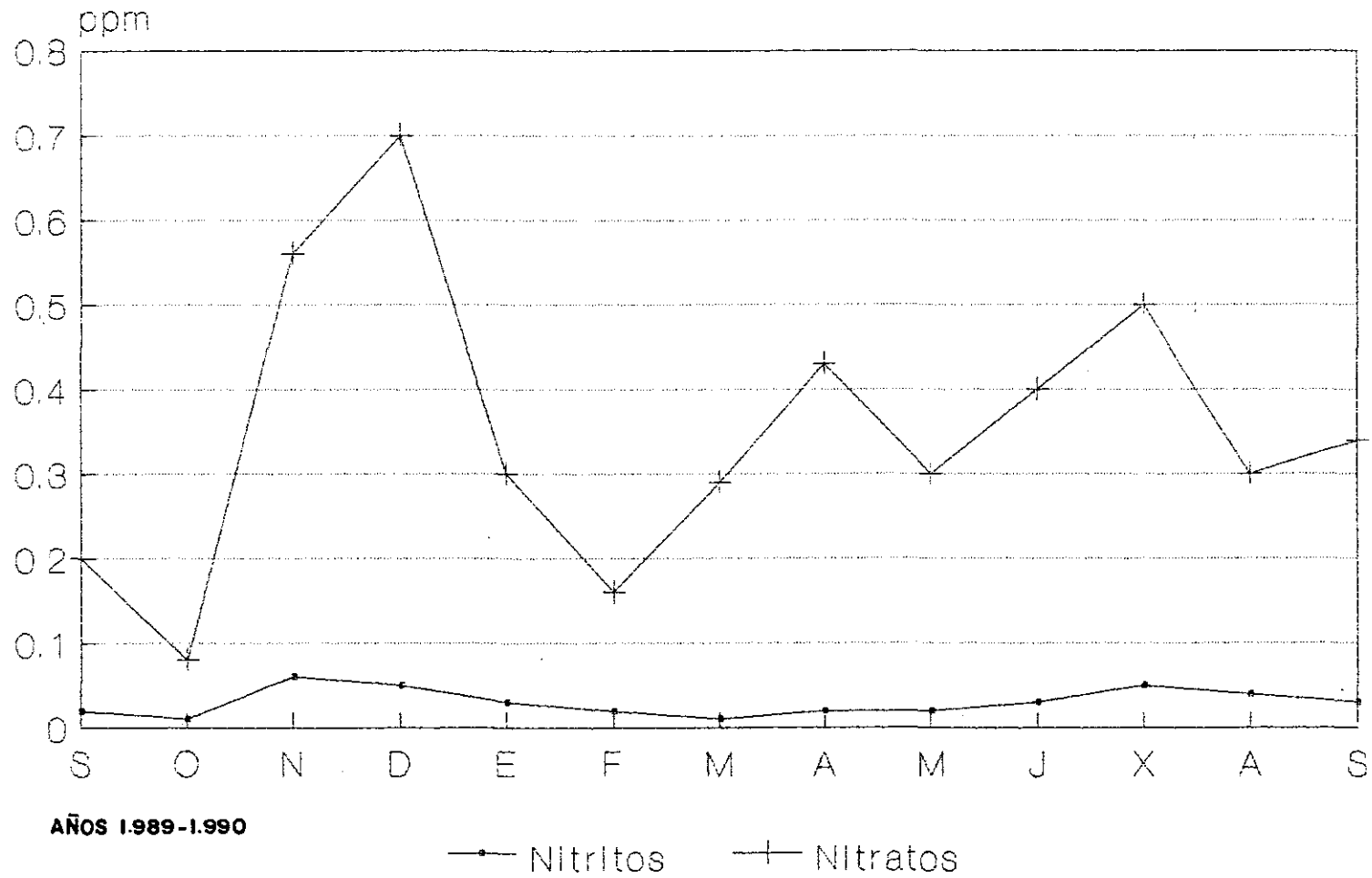


GRAFICO N° 7.40.

Frente a esto, podríamos afirmar que existe contaminación por exceso de fosfatos, ya que los valores obtenidos han oscilado entre 0.6 y 3.5 ppm, cuando la cantidad admitida como normal en aguas naturales es de 0.1 ppm. Ver tabla nº 7.9. y gráfico nº 7.41.

El origen de este nutriente está sin duda en los vertidos residuales del vecino núcleo de población. El riesgo que se observa es el del peligro de una progresiva eutrofización (como ocurrió en las Yeguas y el Camino) por lo que se hace necesario tomar algún tipo de medidas que lo impidan.

Para nuestra satisfacción podemos decir que el proyecto de una estación depuradora fue aprobado en 1993; y que en la actualidad, dicho proyecto ya se está ejecutando.

**TABLA N° 7.9.: CONTENIDO EN FOSFATOS
(ppm) EN LA VEGA.**

XII- 1988	3.50
I- 1990	1.66
II	1.14
III	2.07
IV	3.00
V	2.47
VI	3.35
VII	1.00
VIII	1.00
IX	1.85
X	2.00
XI	2.40
XII	2.27
I- 1990	0.60
II	2.00
III	2.40
IV	3.00
V	3.20
VI	3.00
VII	2.27
VIII	1.09

LA VEGA

Fosfatos (ppm)



GRAFICO Nº 7.41.

7.3.4. LAGUNA DE ALCAHOZO

Como recordamos, la laguna de Alcahozo fue escogida como representativa de unos geosistemas de aguas someras, muy salinas y de marcado carácter estacional. Los rasgos más interesantes que han marcado su ciclo hidrológico y sus principales características físico-químicas se exponen a continuación.

En cuanto al ciclo hidrológico es de gran sencillez. La laguna comenzó a llenarse en octubre, adquiriendo, tras las lluvias de otoño y de invierno su máximo; en el primer ciclo, el máximo nivel que alcanzó fueron 18.5 cm (XII-1988), mientras que en el segundo, llegó a alcanzar los 25 cm (I-1990). A partir de este momento, comienza un descenso paulatino hasta perder la lámina de agua en verano (Ver gráfico nº 7.6).

La única excepción que se ha producido fue un ligero aumento de su lámina de agua en mayo de 1989 (primer ciclo), cuando alcanzó 9 cm, después de que en abril tan sólo se habían registrado 2 cm. Esto fue debido a unas fuertes tormentas, de carácter muy local que se produjeron en dicho mes.

El rasgo más llamativo es su acusado estiaje; en el primer ciclo, se mantuvo sin agua desde junio hasta septiembre (cuatro meses). Y en el segundo ciclo, desde mayo a septiembre (cinco meses). Hay que recordar, para explicar este hecho, que el año 1990 fue un año especialmente seco, ya que tan sólo se registraron 210 mm.

Respecto a las temperaturas como se puede observar en el gráfico nº 7.12., existe una gran inercia entre las temperaturas del aire y del agua. Llama la atención sobre todo, la similitud de las temperaturas en los meses más fríos (octubre, noviembre, diciembre y enero) teniendo diferencias tan sólo de 1° C o de 2° C; mientras que las diferencias en los meses de primavera, cuando

ALCAHOZO

Niveles

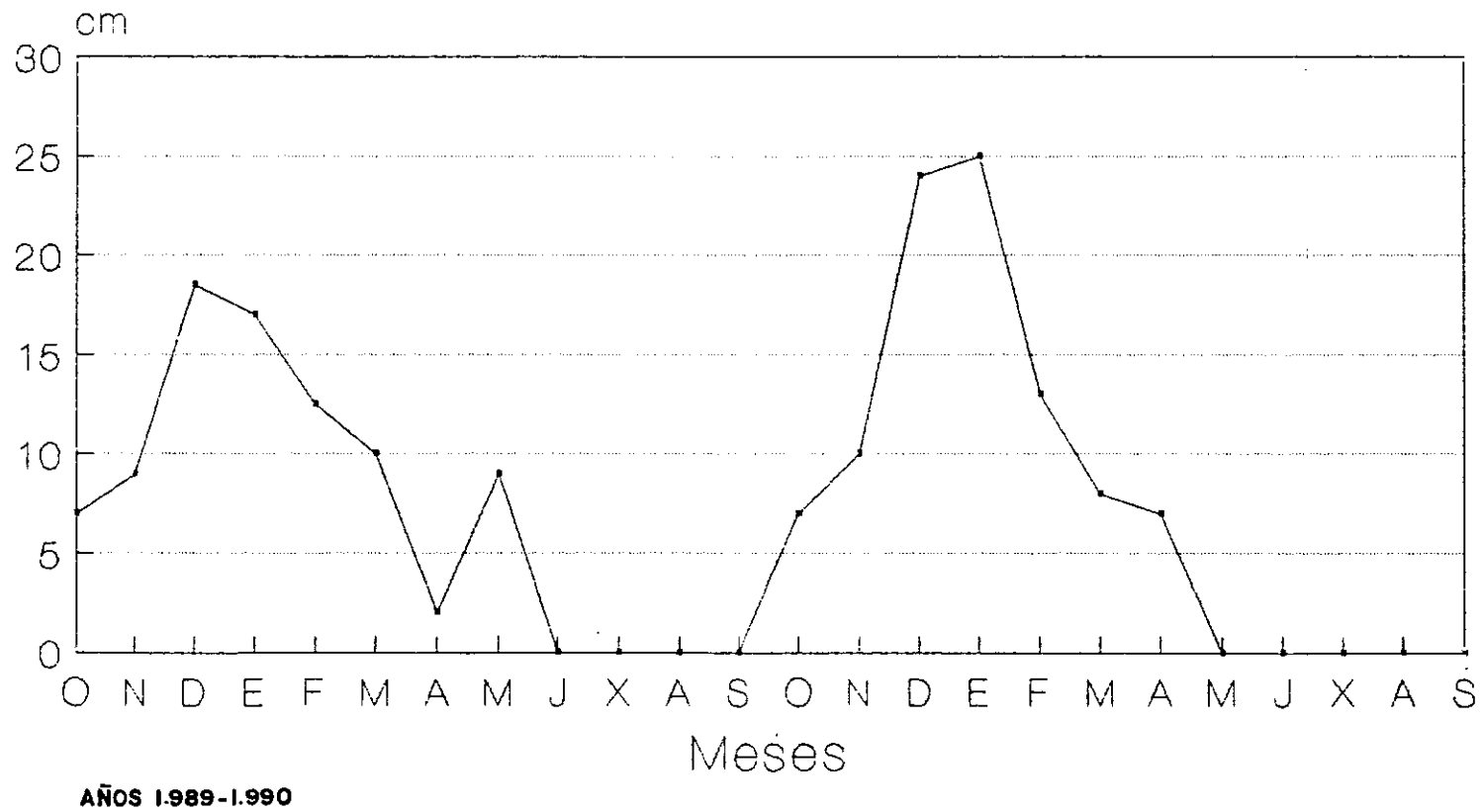


GRAFICO Nº 7.6.

ALCAHOZO

Temperaturas

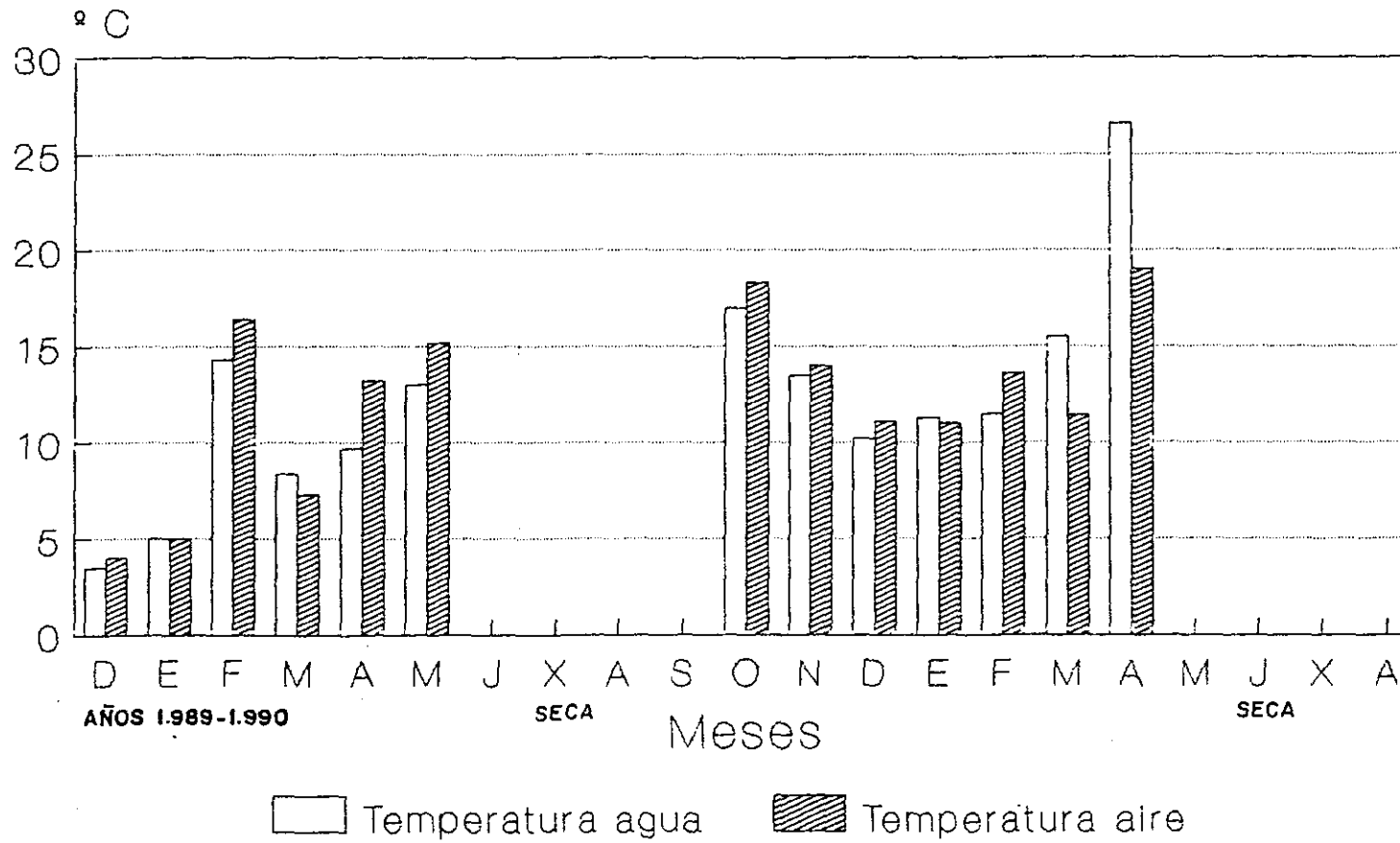


GRAFICO N° 7.12.

comienza el ascenso de las temperaturas se acentúan, siendo en el segundo ciclo, incluso 7°C más alta la temperatura del agua que la del aire. Este hecho, el mayor calentamiento de la lámina de agua frente a la del aire es fácilmente explicable cuando la lámina de agua es muy somera, como ocurre en esta laguna.

El pH de las aguas de la laguna de Alcahozo es alto. Todos los valores superan la neutralidad. Sin embargo, y como se puede observar en el gráfico nº 7.18., hay una diferencia acusada entre los dos ciclos: en el primero, todos los valores sobrepasaron el valor de 8.6, valor establecido como límite entre las aguas alcalinas y muy alcalinas, oscilando entre 8.8 y 9.5; mientras que en el segundo ciclo, tan sólo en los meses de febrero y marzo se sobrepasó el valor de 8.6, con valores de pH de 8.7 y 9 respectivamente; los demás meses oscilaron entre 7.6 y 8.5.

A su vez, los valores de alcalinidad son, en general, altos como se puede observar en el gráfico nº 7.24., durante el primer ciclo los valores oscilaron entre 330 y 1150 ppm mientras que en el segundo ciclo éstos oscilaron entre 430 y 1270 ppm.

Se manifiesta, pues, como una de las variables más estables a lo largo de los dos ciclos. En general, podría afirmarse que los valores más altos se observan cuando la laguna está comenzando a llenarse o cuando está empezando a secarse, es decir, cuando la lámina de agua es más baja, lo que se puede atribuir a una mayor concentración de los carbonatos en el medio.

Sin embargo, existen excepciones como la de febrero del primer ciclo, mes en el que se produjo la máxima alcalinidad (1150 ppm) cuando la lámina de agua estaba alta (12.5 cm).

ALCAHOZO

pH

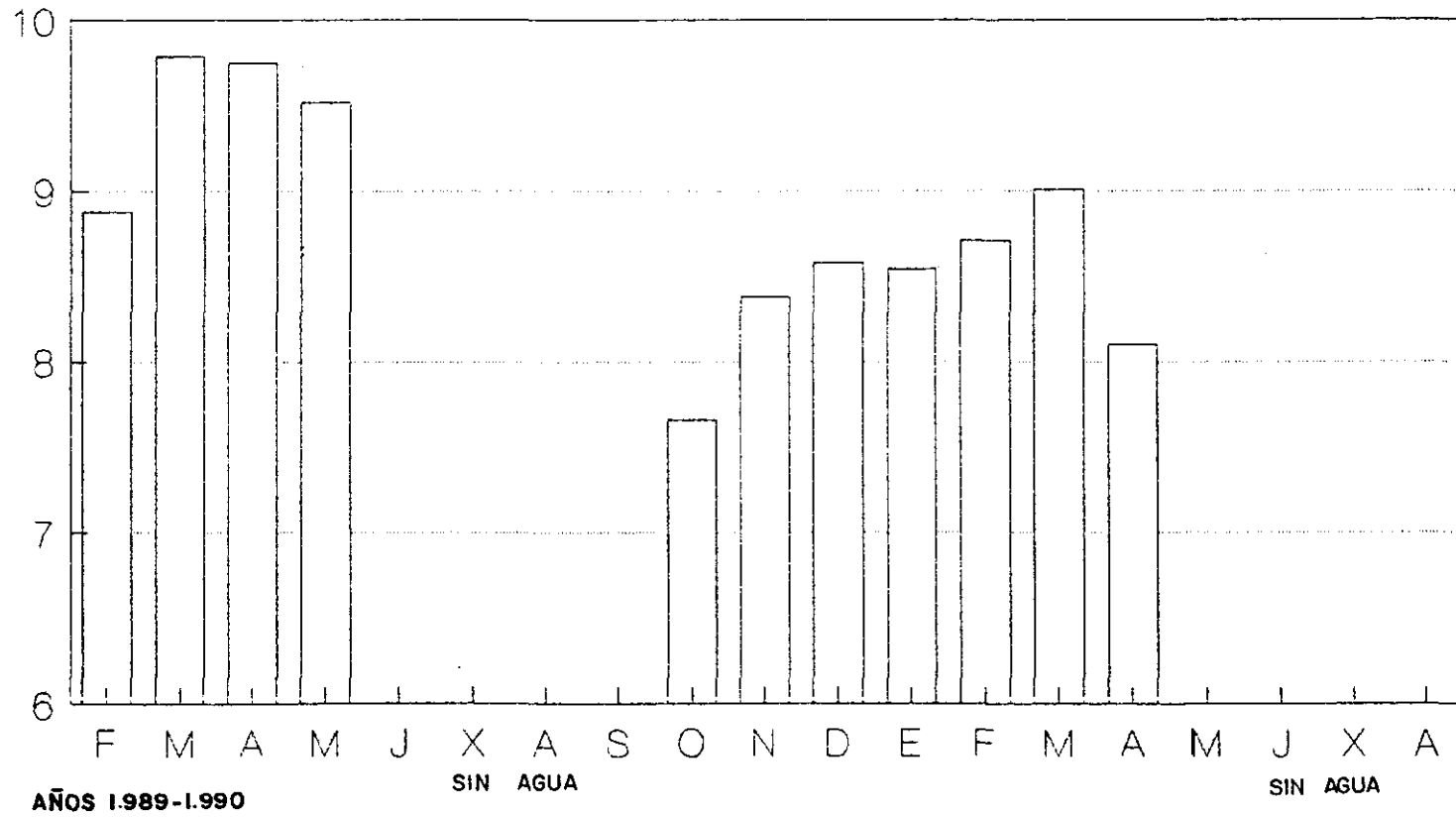


GRAFICO N° 7.18.

ALCAHOZO

Alcalinidad

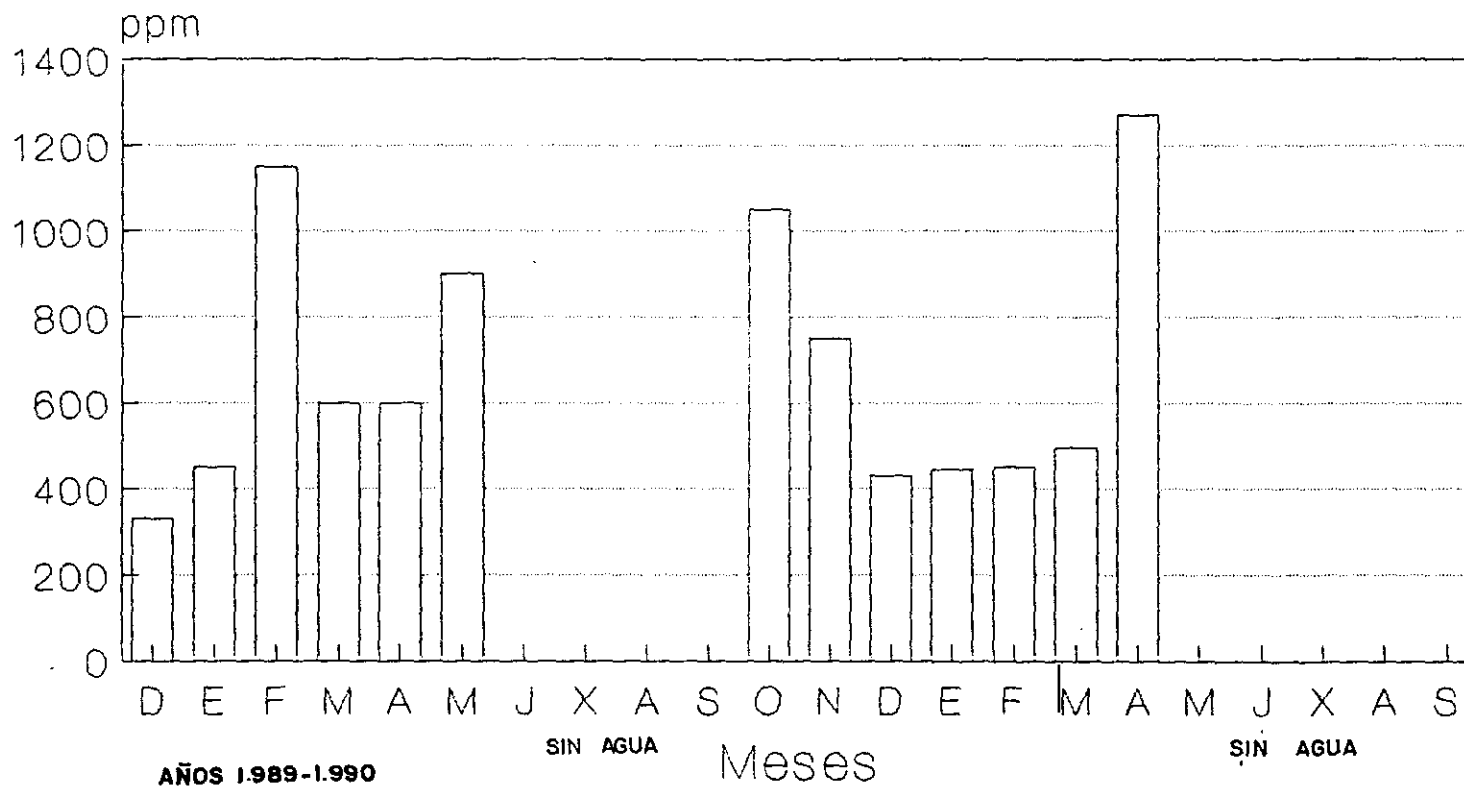


GRAFICO N° 7.24.

Los hechos que condicionan estos valores de alcalinidad son, desde nuestro punto de vista, dos:

1. La presencia de abundantes carbonatos en la cuenca de drenaje.
2. El ascenso capilar de sales, en este caso, alcalinas que se produce en el vaso lagunar durante los meses de estío.

Aunque, por otra parte, no podemos dejar de señalar el hecho que se ha observado en las otras lagunas estacionales (Yeguas y Camino), que es que una fuerte concentración iónica genera siempre una alta alcalinidad, independientemente de la naturaleza lítica de la cuenca.

En cuanto a la salinidad, como ya vimos en la introducción, muchas de las referencias bibliográficas consultadas hacían referencia al carácter salino de las aguas de Alcahozo. Esto, unido a la presencia de gruesas costras durante los meses estivales nos hacían prever fuertes concentraciones de sales.

Sin embargo, hay un hecho que nos sorprende al observar la evolución de los dos ciclos y es la gran diferencia de concentraciones que existe entre un ciclo y otro.

Haciendo una valoración del total de sólidos disueltos, las concentraciones que encontramos son:

Primer ciclo: Valor mínimo	10630 ppm TSD (XII-88).
Valor máximo	32525 ppm TSD (V-89).
Media	21577 ppm TSD
Segundo ciclo: Valor mínimo	43175 ppm TSD (XI-89).
Valor máximo	193660 ppm TSD (IV-90).
Media	118417 ppm TSD.

Son, por tanto, aguas saladas en el primer ciclo y salmueras en el segundo, ya que superan los 100000 ppm de TSD.

Como ya hemos comentado anteriormente, entre los iones mayoritarios están los cloruros y los sulfatos, de forma que vamos a centrarnos en estos parámetros:

En el primer ciclo (Ver gráfico nº 7.30) los cloruros oscilaron entre 2600 ppm (XII-88) y 18600 ppm (IV-89); mientras que los sulfatos con valores sensiblemente superiores oscilaron durante este mismo ciclo entre 7700 ppm (XII-88) y 30000 ppm (IV-89). Se observan pues similares tendencias en la evolución de los dos iones y una coincidencia en los meses de mínimas y máximas concentraciones.

Durante el segundo ciclo, como ya se comento, debido a problemas de material, no se han podido obtener los valores de los sulfatos para todo el ciclo, por lo que sólo se pueden comentar los datos de cloruros y algunos valores puntuales de sulfatos. Lo que llama inmediatamente la atención, es el formidable ascenso tanto de cloruros como de sulfatos, los valores obtenidos en este segundo ciclo oscilan entre: 12425 ppm de cloruros y 30000 ppm de sulfatos como mínimos y 77390 ppm de cloruros y 115000 ppm de sulfatos como valores máximos.

En el ciclo de los cloruros la tendencia que se observa es la de un incremento constante desde noviembre a abril (último mes que se pudo muestrear la laguna). Siendo junto a este mes el segundo máximo en octubre, mes en que la laguna comenzaba a llenarse. Este hecho confirmaría la idea, antes expuesta para las Yeguas, de una máxima salinidad coincidente siempre con los momentos en que las láminas de aguas son más someras.

Por lo demás, no encontramos ninguna hipótesis que pueda explicar la diferencia tan grande que existe entre las concentraciones de uno y otro ciclo.

ALCAHOZO

Cloruros

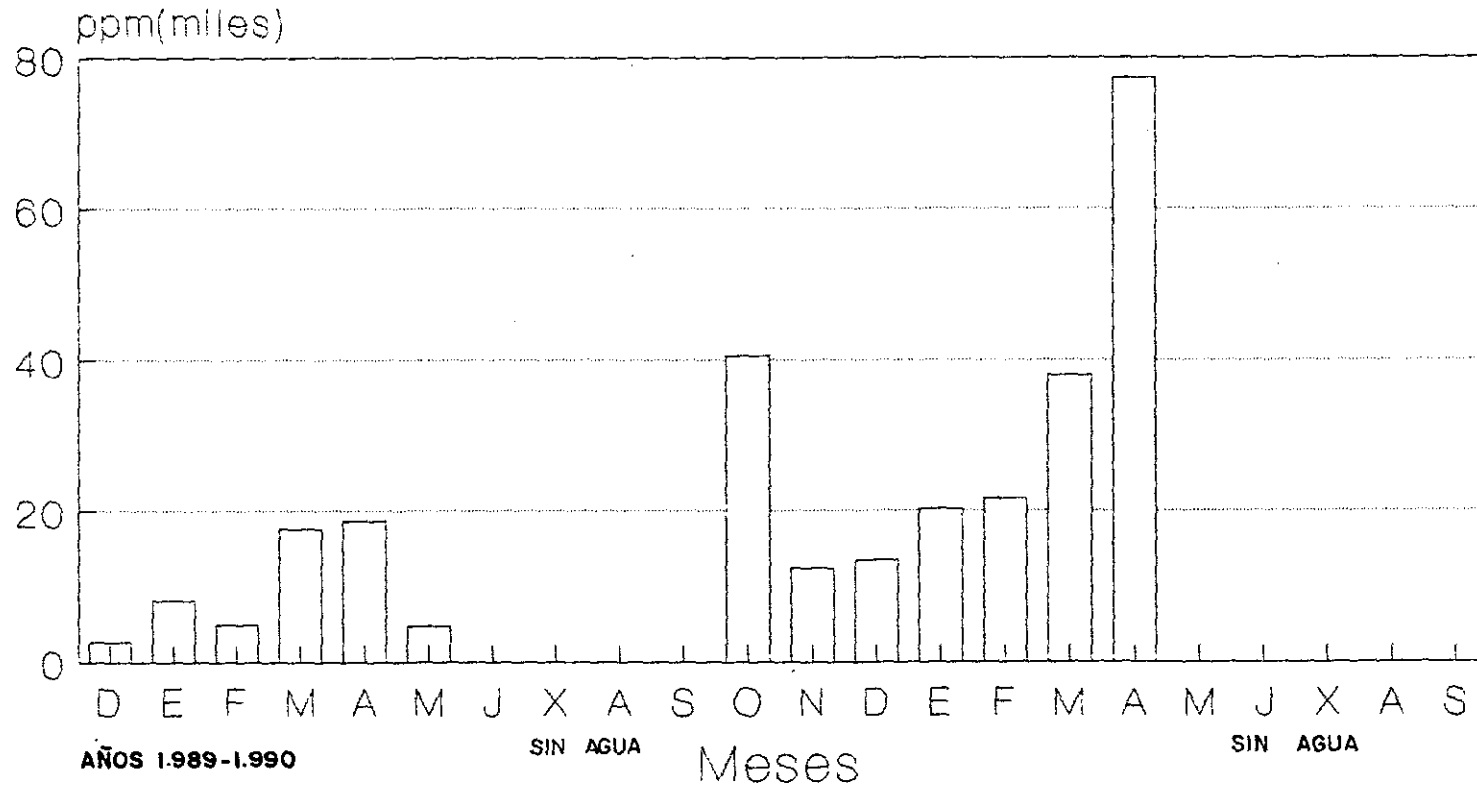


GRAFICO N° 7.30.

En cuanto a los valores de oxígeno disuelto obtenidos en la laguna de Alcahozo podríamos decir que, en general, son altos. Estos oscilan, como se puede apreciar en la Tabla nº 7.10. y en el gráfico nº 7.42., entre 5.6 y 12.2 mg/l. Observándose como única excepción la del mes de abril de 1990, con tan sólo 0.9 mg/l, es pues, una crisis de oxígeno que seguramente está condicionada por la fuerte concentración salina del medio.

TABLA Nº 7.10.: OXIGENO DISUELTO (mg/l) EN LA LAGUNA DE ALCAHOZO	
IX- 1989	Seca
X	6.5
XI	12.2
XII	11.0
I- 1990	10.6
II	12.0
III	5.6
IV	0.9
V	Seca
VI	Seca
VII	Seca
VIII	Seca

Como ya se ha comentado en otras lagunas, se deben distinguir dos nutrientes fundamentales: el nitrógeno (nitritos y nitratos) y los fosfatos.

ALCAHOZO

Oxígeno disuelto (mg/l)

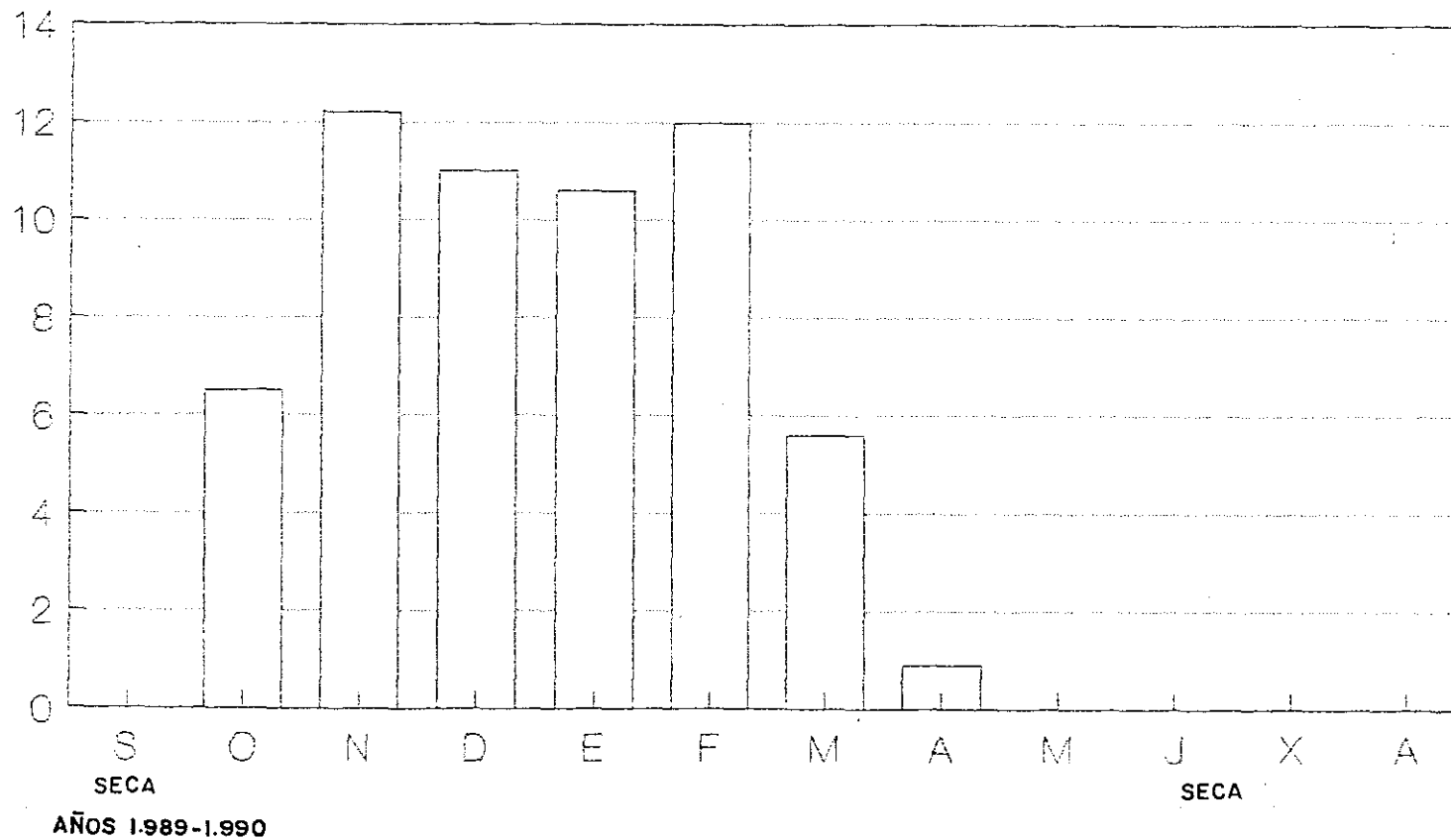


GRAFICO N° 7.42.

Los valores, en general, son excepcionalmente bajos, sobre todo, los de nitritos y nitratos, que como se puede ver en la Tabla nº 7.11. y en el gráfico nº 7.43., oscilaron entre 0.01 y 0.02 ppm de nitritos y entre 0 y 0.08 ppm de nitratos, no excediendo en ningún mes los valores de 1 ppm de nitratos y 0.1 ppm de nitritos considerados como normales en aguas naturales.

TABLA N° 7.11.: CONTENIDO DE NITRITOS Y NITRATOS (ppm) EN ALCAHOZO.		
	NITRITOS	NITRATOS
IX- 1989	Seca	Seca
X	0.01	0.05
XI	0.01	0.03
XII	0.01	0.00
I- 1990	0.02	0.00
II	0.01	0.00
III	0.02	0.08
IV	0.01	0.00
V	Seca	Seca
VI	Seca	Seca
VII	Seca	Seca
VIII	Seca	Seca

ALCAHOZO

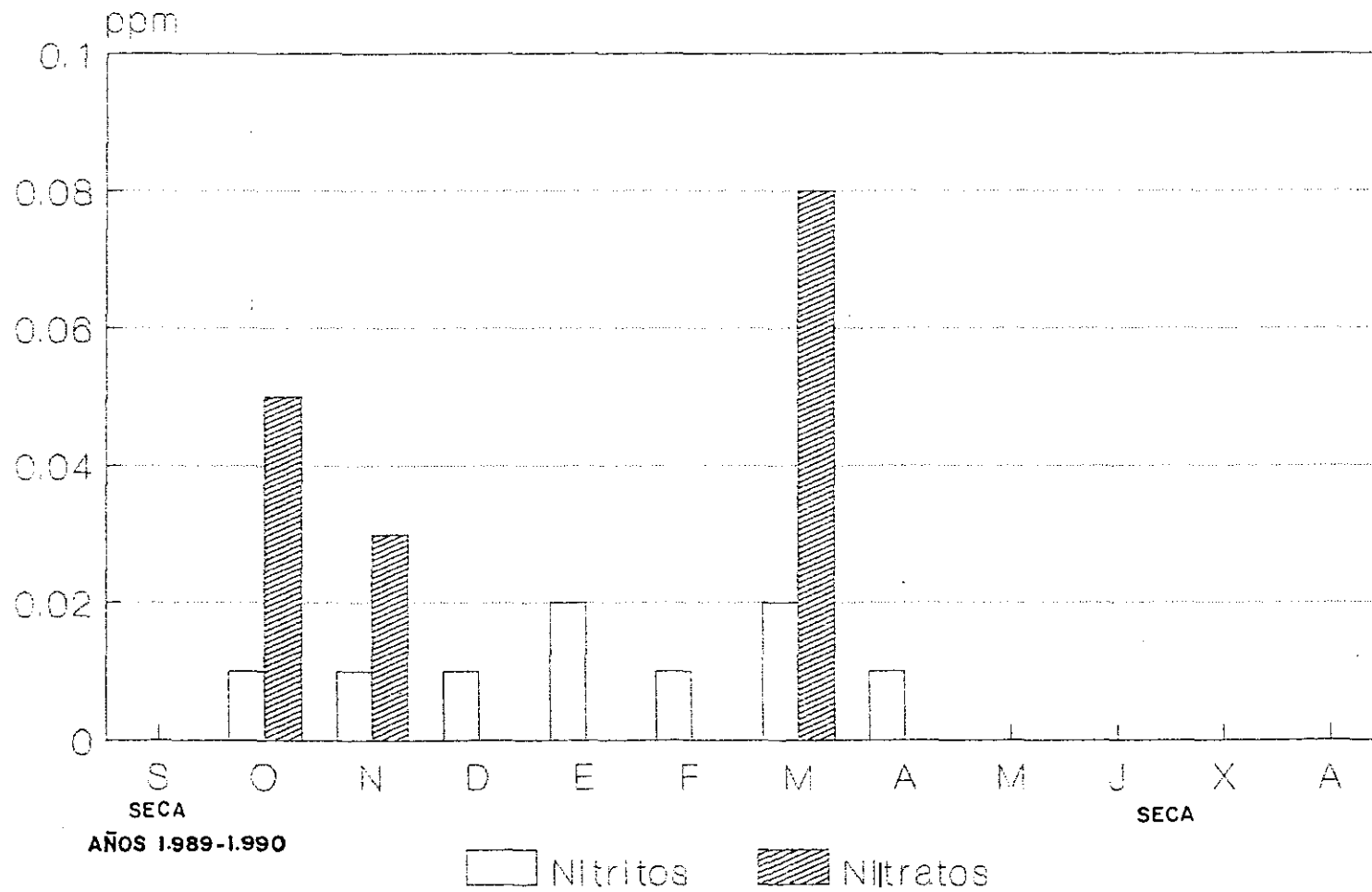


GRAFICO N° 7.43.

Por otra parte, los fosfatos, como se puede observar en la Tabla nº 7.12. y en el gráfico nº 7.44., durante el primer ciclo son casi inexistentes, oscilando entre 0 y 0.2 ppm; mientras que en el segundo oscilaron entre 0.05 y 0.15 ppm.

Se puede decir, por tanto, que ambos son factores limitantes para el desarrollo de la vida acuática. Aunque creo, que sería mejor decir que la alta concentración salina del medio es el principal factor limitante, y que como consecuencia de esto los nutrientes son casi inexistentes.

**TABLA N° 7.12: FOSFATOS
(ppm) EN ALCAHOZO.**

XII- 1988	0.00
I- 1990	0.00
II	0.00
III	0.05
IV	0.20
V	0.00
VI	Seca
VII	Seca
VIII	Seca
IX	Seca
X	0.05
XI	0.10
XII	0.15
I- 1990	0.05
II	0.05
III	0.05
IV	0.05
V	Seca
VI	Seca
VII	Seca
VIII	Seca

ALCAHOZO

Fosfatos (ppm)

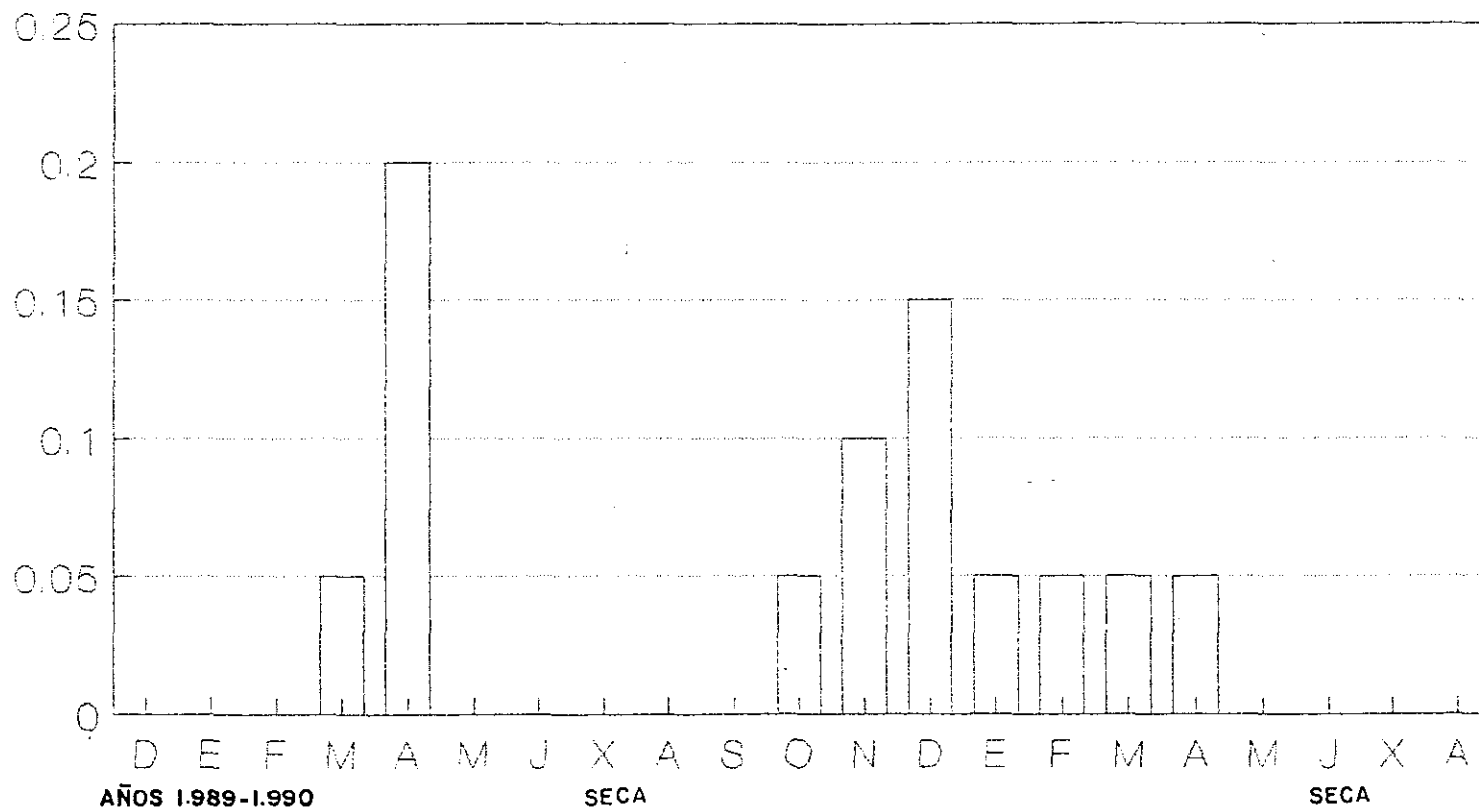


GRAFICO N° 7.44:

7.4. CONSIDERACIONES FINALES.

En cuanto al ciclo hidrológico, en la actualidad, se puede afirmar que dicho ciclo está íntimamente ligado al factor precipitaciones. Este factor, junto con la evapotranspiración, son los dos parámetros claves para explicar las variaciones que se establecen de un ciclo a otro.

Así pues, la realidad que se constata es la existencia de unos ciclos hidrológicos sumamente variables e irregulares, consecuencia de la variabilidad interanual de las precipitaciones.

Por otro lado, en cuanto a la caracterización físico-química de las lagunas, se debe distinguir según los parámetros:

- Si atendemos a la salinidad, a la alcalinidad y al pH, se distinguen dos grupos:

1. Las lagunas permanentes (La Chica, la Grande y la Vega) con aguas salobres, con valores bajos de alcalinidad y pH, en general, alcalinos.

2. Las lagunas estacionales (Yeguas, Camino y Alcahozo) con aguas saladas o incluso salmueras según los ciclos, con alcalinidades muy elevadas y pH muy alcalinos.

- Si atendemos al contenido en fosfatos y a la turbidez. Se distinguen otros dos grupos:

1. Yeguas, Camino y La Vega: lagunas que han sufrido o sufren el vertido de aguas residuales, y por tanto, con un alto contenido en fosfatos y con valores, en general, altos de turbidez.

2. Chica, Grande y Alcahozo: con contenidos mucho más bajos de fosfatos y aguas más claras.

Frente a esto, sin embargo, existen otros parámetros como el contenido en nitrógeno (nitritos y nitratos) o como el oxígeno disuelto y la temperatura, que muestran unos valores muy similares en las seis lagunas, y unas tendencias, más o menos, comunes en sus evoluciones.

Por lo tanto, los factores fundamentales que se presentan como condicionantes de las características físico-químicas de las aguas son dos:

1. La estacionalidad o permanencia de las aguas lo que condiciona, fundamentalmente, el grado de salinidad de éstas.
2. El hecho de haber sufrido o de sufrir vertidos residuales.

El segundo factor no precisa más comentarios, ya que es evidente que el vertido de aguas residuales supone un importante aporte de nutrientes, especialmente fosfatos.

Sin embargo, *sí* queremos puntualizar algunos datos del primer factor: si recordamos, entre las causas de la salinidad que se habían citado en la introducción de este capítulo destacamos el papel de la litología. A priori, desde nuestro punto de vista, litologías como la del Keuper, rica en yesos deberían generar aguas muy salinas. Sin embargo, el hecho que se ha constatado, caso de las lagunas Chica y Grande de Villafranca, es que esto no se manifiesta de una manera tan evidente.

Frente a ello, en las lagunas estacionales, independientemente de la litología de la cuenca, se dan las máximas concentraciones salinas. La respuesta a este hecho está en que en dichas lagunas, durante la época estival, se produce una sedimentación salina, fruto fundamentalmente de tres procesos (De la Peña et al. 1986):

1. Precipitación directa de sales en forma de costras salinas.
2. Ascenso capilar de salmueras, con la formación de eflorescencias.
3. Reacciones entre los minerales formados según el primer y segundo proceso, y la formación de minerales diagenéticos.

Evidentemente, dichas sales cuando comienza el llenado de las lagunas se incorporan a sus aguas dando así lugar a las altas concentraciones ya comentadas.

Junto a estos datos, se pueden comentar también una serie de observaciones que nos permiten hablar de ciertas tendencias; así, por ejemplo, en las lagunas de las Yeguas y de Alcahozo, durante el segundo ciclo (septiembre 1989-90), se ha observado un fuerte incremento de la salinidad de las aguas, llegando incluso a definirse como salmueras.

Este hecho nos confirma la existencia de ciertas tendencias, que como recordamos en la introducción, expusimos como hipótesis a comprobar. Dichas hipótesis hablaban de dos posibles líneas de evolución:

1. La evolución desde un estado lagunar (con aguas saladas) a un estado de saladar o salmuera (con una acusada estacionalidad y un incremento fuerte de la concentración salina). Este sería el caso de las lagunas de las Yeguas y de Alcahozo.

2. El paso de un estado lacustre (aguas dulces o ligeramente salobres y con gran contenido en oxígeno disuelto) a un estado palustre (con un importante descenso en la lámina de agua y un fuerte incremento en el contenido de materia orgánica). Este sería el caso de las lagunas Chica y Grande de Villafranca.

Sin embargo, la evolución que hemos constatado en estos últimos años no verifica dicha hipótesis.

En concreto, durante este último ciclo (1993-94) la laguna Chica de Villafranca ha llegado a desecarse, tras producirse durante los años anteriores un descenso lento pero continuo de sus niveles. Las principales causas de este hecho son, como ya se ha comentado: la desaparición de los aportes del río Gígüela y la falta de precipitaciones, debido a los años excepcionalmente secos que se están padeciendo en la zona.

Así pues, y frente a la evolución que habíamos supuesto con la génesis de un medio cenagoso, con gran cantidad de materia orgánica acumulada en sus fondos, lo que se ha observado es la aparición en su vaso de una costra salina. Es decir, la evolución hacia un estado de saladar o incluso podríamos decir de salmuera.

Tan sólo en las orillas donde se desarrollan los carrizales y demás vegetación higrófila se podría hablar de un estado palustre, aunque también con un fuerte componente salino ya que los fangos están cubiertos de eflorescencias salinas.

Por otro lado, en la laguna de La Vega, se ha observado una evolución que no contemplábamos entre nuestras hipótesis. Esta ha sido el paso de un estado lagunar (con aguas salinas) a un estado lacustre (con mayor lámina de agua, aguas salobres, y más contenido en oxígeno disuelto). Dicha evolución, que podríamos definir contraria a los procesos naturales, nos permite, sin embargo, verificar otro de nuestros objetivos: comprobar la capacidad del hombre para alterar el estado actual y la evolución natural de las lagunas. Ya que ha sido la mano del hombre la que ha favorecido, a través del vertido de aguas residuales, dicha evolución.

8. CONCLUSIONES.

Aunque al finalizar los diferentes capítulos, ya se han realizado algunas reflexiones, creemos conveniente resaltar cuáles son las conclusiones más importantes que se han extraído tras la realización de este estudio.

Siguiendo los objetivos que nos planteamos en el capítulo de la introducción, las ideas más relevantes que queremos señalar son:

En cuanto a los parámetros que han condicionado la aparición de los humedales, es preciso destacar la existencia tanto de factores estructurales (o endógenos), como exógenos en la genésis de las cubetas.

Así, dentro de nuestro área de estudio, señalamos entre los factores estructurales:

- . La presencia de karst
- . Procesos pseudokársticos
- . Localización en sinclinales
- . Localización en cuevas
- . En líneas de contacto litológico
- . Condicionadas por la presencia de fracturas

Y entre los factores exógenos:

- . La dinámica fluvial
- . La acción eólica

Sin embargo, un hecho importante que se ha observado es que son pocas las cubetas que responden a un solo factor genético; en general, se puede afirmar que la mayoría de las cubetas son fruto de la interacción o combinación de varios de estos factores.

En cuanto a la evolución morfológica de dichas cubetas, existe en la mayoría de ellas una progresiva tendencia a la colmatación.

Dicha tendencia es muy lenta pero inexorable, ya que en un clima como el actual, con escasas precipitaciones, el sistema morfogenético que se define tiene como principales agentes modeladores las aguas y el viento, ambos con una capacidad de erosión lenta pero progresiva (como recordamos, al hablar de la erosión hídrica nos referimos a formas de esorrentía laminar y en pequeños regueros, que aunque en la comarca son especialmente importantes, no se pueden comparar con la erosión fluvial propiamente dicha).

Debe señalarse como excepción a dicha tendencia el caso de las cubetas de deflación, por ejemplo: la laguna de Cerro Mesado, donde el viento en vez de depositar materiales tiene una capacidad erosiva de arrastre y evacuación de finos, permitiendo así el mantenimiento e incluso profundización de la actual cubeta.

Respecto al origen de sus aguas, señalar que originariamente se podían distinguir tres fuentes:

1. Flujos de aguas subterráneas, que provenían de las zonas de recarga (Sierra de Altomira y mesas calizas) y afluían en los puntos topográficamente más bajos de las cuencas, es decir, en las cubetas de los humedales.

2. El aporte de ríos como el Gigüela en el caso de las lagunas Chica y Grande de Villafranca y de otros pequeños arroyos que avenaban la cuenca, como por ejemplo: Arroyo de Juana Jiménez, Arroyo del Albardial, Arroyo de la Serna, etc.

3. El aporte directo de las precipitaciones sobre el vaso y su cuenca de drenaje, que en forma de escorrentía superficial fluía a las lagunas.

Actualmente, sin embargo, en nuestro área de estudio, se puede afirmar que tras el descenso generalizado de los niveles en los acuíferos de la región el volumen de agua de los humedales proviene casi exclusivamente de las precipitaciones.

Queremos destacar como un hecho alarmante la desaparición de los pequeños arroyos que fluían a las lagunas e incluso la progresiva desecación que ha sufrido la laguna Chica de Villafranca, cuando hasta 1993 era de carácter permanente, dado que ya no recibe los aportes del río Gigüela. Dicho río, como recordamos, alimentaba a las lagunas Chica y Grande de Villafranca a través de un canal. Actualmente, sin embargo, y debido a la escasez de precipitaciones y sobretodo a la abusiva explotación que de las aguas está haciendo el hombre durante estos últimos años, ha dejado de correr. (A excepción del caudal que se ha derivado desde el transvase Tajo-Segura hacia el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel; dicha medida fue adoptada por el Consejo de Ministros para intentar paliar la grave situación que está sufriendo dicho enclave).

Frente a esta progresiva disminución de los caudales aportados de forma natural, se debe hacer hincapié en la presencia en algunas lagunas de un aporte antrópico de caudales: nos referimos a las aguas residuales que se vierten en lagunas como La Vega o Manjavacas. En estos casos, la tendencia progresiva hacia una mayor estacionalidad se ve algo atenuada, aunque como contrapartida se está produciendo una contaminación del medio, con un elevado riesgo de eutrofización.

El resultado de todos estos hechos es un rápido deterioro y la constatación de una clara tendencia a la desecación de los humedales.

Esta idea nos permite enlazar con otro de los objetivos planteados en la introducción de este trabajo, que es comprobar la existencia de determinadas líneas evolutivas.

Como recordamos dichas líneas son:

1. El paso de un estado lacustre, de aguas dulces a ligeramente salobres y rico en oxígeno, a un estado palustre, donde al desaparecer la lámina de agua se produce un fuerte descenso en la cantidad de oxígeno disuelto y un incremento importante de la materia orgánica.

2. El paso de un estado lagunar con aguas saladas y bien oxigenadas, a un saladar donde al desaparecer la lámina de agua se genera un medio con una fuerte concentración salina o salmuera.

De estas dos líneas evolutivas que planteábamos sólo se ha verificado la segunda. Sería el caso de lagunas como la de Las Yeguas o de Alcahozo, lagunas saladas en donde se ha ido acentuando el carácter estacional hasta dar lugar a un medio caracterizado por la fuerte concentración salina. Esto ha condicionado la aparición de formas de vida muy especializadas y adaptadas a la rigurosidad del medio.

En cuanto a la primera línea de evolución (el paso de un estado lacustre a uno palustre), nuestra idea es que dicha evolución se produciría en lagunas como La Chica y La Grande de Villafranca, lagunas permanentes, con aguas ligeramente salobres y bien oxigenadas.

Sin embargo, durante este último año, la realidad que se ha constatado ha sido muy diferente: como ya se ha comentado, la desaparición de los aportes del río Gigüela, junto con la escasez de precipitaciones y la fuerte evapotranspiración que se produce en la comarca, ha generado que el volumen

de aguas tanto de La Chica como de La Grande se haya visto drásticamente disminuido, hasta tal punto que La Chica (debido a que posee un menor volumen de agua) se ha desecado.

Frente a la evolución que suponíamos -la génesis de un medio cenagoso, con gran cantidad de materia orgánica acumulada en sus fondos-, lo que se ha observado es la aparición en su vaso de una costra salina (con grandes cristales de yeso) y por tanto, la descripción de un estado de fuerte concentración salina o saladar. Sólo en las orillas donde crece el carrizo y demás especies higrófilas se puede hablar de un estado palustre, con gran cantidad de materia orgánica, aunque no sería un estado palustre puro sino que se definiría como un estado palustre-salino, ya que toda su superficie aparece cubierta por eflorescencias salinas.

De esta forma, la conclusión que se obtiene es que, sin la aportación antrópica de caudales, existe una sola línea evolutiva: la que desemboca en la génesis de un saladar o incluso de una salmuera, según el grado de concentración salina que adquiera el medio.

Frente a ésta, y bajo la intervención humana como ya vimos en el capítulo 7, se puede producir una evolución distinta que es el paso de un estado lagunar (de aguas salinas) a un estado lacustre (de aguas salobres). Esta sería la evolución que ha sufrido la laguna de La Vega, fruto fundamentalmente del vertido de aguas residuales.

Después de verificar los rápidos cambios que se han producido en las lagunas no hace falta que insistamos mucho en otro de los objetivos que nos planteábamos, y que es la constatación del dinamismo y variabilidad de dichos geosistemas.

Como hemos tenido ocasión de comprobar, los humedales son geosistemas que responden con bastante rapidez a los cambios ecológicos que se producen en el medio. Así, se podría citar la gran variabilidad que presentan los humedales según el volumen de agua. Como ejemplo: las importantes

diferencias que existieron en las lagunas de las Yeguas y del Camino de Villafranca en el ciclo 1988-89, a raíz del gran volumen de agua recogido tras las tormentas de septiembre de 1988; frente a la dinámica hidrológica e hidroquímica que han presentado en años posteriores, con una menor entrada de agua en el sistema.

A su vez es conveniente insistir en la importancia de estos cambios no sólo desde el punto de vista hidrológico e hidroquímico sino por su repercusión en los suelos, y de éstos sobre las formaciones vegetales.

De esta forma, se puede citar como ejemplo la rápida evolución que han sufrido los suelos de la llanura de inundación del río Gigüela. Estos suelos aparecían clasificados como fluvisoles en el estudio agrobiológico de la provincia de Toledo, llevado a cabo por Monturiol et al. en 1984, caracterizándose fundamentalmente por la existencia de una dinámica de desbordamientos y la consiguiente hidromorfía; tan sólo ocho años más tarde, en el estudio de la provincia de Ciudad Real, llevado a cabo por Carlevaris et al (1992) esa misma llanura de inundación (sólo un poco más al S) aparece cartografiada con suelos descritos como solonchaks, es decir, suelos cuya característica esencial es la salinidad.

Estos cambios edáficos repercuten no inmediatamente, pero sí de un modo paulatino e inexorable sobre la vegetación. De esta forma, se observa el deterioro y desplazamiento de las especies higrófilas y su sustitución por especies halófilas y halonitrófilas que se adaptan mejor a las nuevas condiciones del medio (para comprobar la importancia de estos cambios remitimos al capítulo 5 donde se han analizado las variaciones más relevantes que se han observado desde este punto de vista).

Otro de los objetivos de este trabajo era demostrar la riqueza de las formas de relieve existente en nuestro área de estudio.

No debemos confundir la idea de riqueza de formas con la de espectacularidad. Nunca se ha pretendido demostrar la presencia de formas de relieve

abruptas y sobresalientes; la impresión de planitud y monotonía a la que muchos autores aluden es un hecho real.

Sin embargo, no debemos dejar que esta primera impresión enmascare la realidad: la existencia de unas formas de relieve variadas y, por tanto, la de una geomorfología de gran complejidad. Para verificar este hecho remitimos al capítulo 3, donde se estudian pormenorizadamente las distintas unidades de relieve que conforman dicho área.

Por último, no queríamos dejar de mencionar la importancia del hombre como agente que ha modificado y alterado estos geosistemas, pero también como el único capaz de promover su restauración y futura conservación.

Como hemos visto, los humedales son ecotonos, zonas de transición o de contacto entre el medio acuático y el medio terrestre; son, por tanto, medios muy ricos pero, a su vez, muy delicados, que manifiestan muy pronto cualquier desajuste entre las variables que participan en su intrincada dinámica.

De esta forma, se puede afirmar que la actual situación de deterioro de los humedales se debe, fundamentalmente, a la acción del hombre, quien al explotar las aguas subterráneas, ha provocado un fuerte desequilibrio entre los inputs y los outputs de estos complejos geosistemas.

No queremos ser pesimistas, pero desde luego la recuperación de los humedales manchegos no es fácil. Una medida imprescindible que ha de tomarse es la paralización de la explotación de las aguas subterráneas, y de una forma drástica, si queremos que los acuíferos puedan recuperarse.

Otro hecho imprescindible, y que no está en manos del hombre, es que llueva; es necesario que se produzca una entrada de agua en el sistema para que los acuíferos puedan recargarse.

El actual periodo de sequía no ha hecho sino empeorar la situación ya crítica de muchos humedales.

Por último, no queremos finalizar este trabajo sin mencionar los grandes esfuerzos que se están llevando a cabo por parte de técnicos y administraciones para intentar salvaguardar las riquezas y valores de estos geosistemas. En esta línea resulta imprescindible subrayar los distintos proyectos de limpieza y restauración de lagunas como la de La Vega; el plan de regeneración de la vegetación acuática de la laguna del Camino de Villafranca; la protección de que están siendo objeto al declararse Refugios de Caza, o al incluirles en listas como la de Ramsar; etc. Sin embargo, si no hay agua, todas estas acciones serán vanas por lo que desde aquí nos permitimos hacer una llamada para que se adopten todas las medidas necesarias para propiciar la recuperación de los acuíferos. Hecho que, aunque sabemos será difícil y lento no es imposible.

.- ANEXO: LEYENDA GEOMORFOLOGICA ¹⁸

Formas de origen denudativo (D)

D 1 Colinas y laderas denudativas	Laderas de pendiente moderada a suave. Topografía ondulada a más ondulada. Poco o medianamente disecada.
D 2 Colinas y laderas denudativas	Laderas medianamente empinadas a empinadas. Topografía montañosa a colina.
D 3 Montañas y colinas denudativas	Top. colina a montañosa con pendientes empinadas a muy empinadas. Disección mediana a grande.
D 4 Montañas residuales/inselbergs	Colinas empinadas a muy empinadas. Disección mediana.
D 5 Penillanuras	Top. casi plana, ondulada a bastante ondulada. Ligeramente disecada.
D 6 Penillanuras o mesetas levantadas	Top. casi aplanada, ondulada a moderadamente ondulada. Disección ligera o moderadamente.
D 7 Laderas basales	Laderas casi horizontales relativamente cortas. Top. casi horizontal a ondulada. Apenas disecada.
D 8 Piedemontes	Top. con pendientes suaves a moderadas, ondulada a bastante ondulada, al pie de áreas montañosas o colinas. Moderadamente disecada.

¹⁸. Fuente: VAN ZUIDAM et al. (1985/86)

D 9 Escarpes	Laderas empinadas a muy empinadas. Moderadamente o muy disecadas.
D10 Laderas y abanicos de derrubios	Laderas suaves a muy pendientes. Disecadas ligeramente o con moderación.
D11 Areas con movimientos en masa muy pronunciados	Top. irregular con pendientes moderadas a empinadas. Disecada moderadamente (deslizamientos, derrumbamientos y flujos)
D12 Badlands	Top. de pendiente empinada a muy empinada. Disección muy pronunciada.

Formas de origen estructural y denudativo (S)

- | | | |
|-----|--|--|
| S 1 | Top. ondulada a bastante ondulada, con sistemas de drenaje que se asocian a modelos de fracturas, fallas y de esquistosidad. | Pendientes suaves a moderadas. Disección moderada. |
| S 2 | Top. de cuencas y montañas onduladas a bastante onduladas con sistemas de drenaje relacionados con los afloramientos de rocas estratiformes. | Top. de pendientes suaves a moderadamente empinadas con aspecto lineal. |
| S 3 | Top. colina a bastante ondulada con sistemas de drenaje ligados a las líneas de fractura, falla o esquistosidad. | Pendientes moderadas a empinadas. Disección moderada a pronunciada. |
| S 4 | Top. montañosa a colina de cuencas y crestas; sistema de drenaje relacionado con los afloramientos de rocas estratiformes | Top. de pendiente empinada a muy empinada, con hábito lineal. Disección moderada a pronunciada. |
| S 5 | Mesas (mesetas estructurales) | Top. plana u ondulada; casi horizontal o con pendientes suaves en la mesa y con pendientes escarpadas en los escarpes. |
| S 6 | Cuestas | Dorsos con pendientes suaves y frentes empinados. Disección entre ligera y moderada. |
| S 7 | Hogbacks y chevrons | Crestas de pendiente moderada a empinada. Disección moderada. |

S 8 Terrazas estructurales	Pendientes suaves a moderadamente empinadas. Disección entre ligera y moderada.
S 9 Crestas anticlinales y sinclinales. Zonas de flexión.	Crestas de pendiente moderada a empinada. Disección moderada.
S10 Domos o colinas residuales	Colinas de pendientes moderadas a empinadas. Disección moderada.
S11 Diques	Crestas de pendiente moderada a muy empinada. Disección moderada.
S12 Escarpes de falla y de línea de falla.	Pendientes moderadas a muy empinadas. Disección entre moderada y pronunciada.
S13 Depresiones de fosa tectónica	Pendientes moderadas o suaves o topografía ondulada a bastante ondulada. Disección pequeña.
S14 Elevaciones por horst	Pendientes moderadas o topografía ondulada a colina. Disección pequeña a moderada.

Formas de origen fluvial (F)

- | | |
|---|--|
| F 1 Lecho del río | Top. casi plana, irregular con cubierta de agua variable y con partes de erosión y partes de acumulación. |
| F 2 Lagos y canales abandonados con agua estancada. | Cuerpos de agua. |
| F 3 Llanuras de inundación y canales abandonados latentes sin agua. | Top. casi llana, irregular, inundada regularmente o estacionalmente; susceptible de acumulación fluvial de limos. |
| F 4 Malecones fluviales, crestas fluviales y zonas de barra de punta. | Top. de pendiente suave con inundaciones raras a estacionales, susceptible de acumulación fluvial de limos. |
| F 5 Pantanos de llanura de inundación, cuencas fluviales y fondos de antiguos lagos | Top. llana a casi llana, de inundación estacional o rara, susceptible de acumulación lacustre de limos (vegetación de sotos de pantano, marismas). |
| F 6 Terrazas fluviales | Top. casi llana a suaves pendientes (escalonada). Disección entre ligera y moderada. |
| F 7 Abanicos fluviales activos | Pendiente suave a moderadamente empinada; de inundación regular y susceptible de acumulación fluvial de limos. |
| F 8 Abanicos fluviales inactivos | Igual al anterior, pero con disección ligera a mediana. |
| F 9 Crestas y malecones fluvio-deltaicos. | Top. casi llana, ligeramente irregular, susceptible de inundación por las acciones fluvial, lacustre y marina; con acumulación de limos. |

F10 Pantanos y cuencas fluvio-
deltaicas.

Top. llana a casi llana, inundación rara a regular y acumulación de limo por acción fluvial, lacustre o marina.

F11 Márgenes de los deltas

Top. casi llana, a veces con crestas o escalonadas de inundación rara a regular.

Formas de origen kárstico (K)

- K 1 Llanuras kársticas
- Top. ondulada a bastante ondulada con depresiones de disolución menores y valles orientados por las fracturas.
- K 2 Colinas y laderas kársticas/ de denudación
- Top. de pendiente suave a moderada, colina o bastante ondulada, con superficies irregulares. Frecuentemente con lapiaz, depresiones de disolución y valles secos menores.
- K 3 Colinas y montañas kársticas/ de denudación
- Igual al anterior, pero con más energía de relieve, lapiaz, depresiones de disolución y superficie rocosa y abrupta.
- K 4 Laberinto o zona de karst estrellado
- Con pendientes empinadas a muy empinadas, superficie muy rugosa, con crestas agudas, divisorias de aguas acuchilladas y con depresiones de disolución irregulares.
- K 5 Karst cónico
- Top. de pendiente moderada a muy empinada, ondulada a colina, de colinas redondeadas y con depresiones poligonales (cockpits).
- K 6 Zonas colinas o colinas aisladas de karst de torres/residuales de calizas.
- Colinas muy empinadas a extremadamente empinadas (torres, hums, mogotes) elevándose de una topografía casi llana.

K 7 Llanuras kársticas aluviales	Top. llana a casi llana que bordea los cerros residuales calcáreos o los karst de torres. Disección ligera o nula. Inundación rara o estacional.
K 8 Llanuras marginales o de borde	Pendiente casi llana a suave, de escasa disección y de inundación entre rara y estacional.
K 9 Uvalas principales	Depresiones de disolución de forma poligonal, con bordes empinados y de inundación entre rara y estacional.
K10 Poljes	Depresiones alargadas y anchas, resultado de contactos litológicos o fallas e inundados regularmente por el río, la lluvia o las fuentes kársticas.
K11 Valles secos principales	Valles de pendiente suave a moderada, con laderas muy empinadas, a veces con depresiones de disolución.
K12 Cañones kársticos/ valles desplomados	Valles de pendiente suave a moderada, con laderas extremadamente empinadas. Con fondos irregulares.

Formas de origen eólico (A)

- | | |
|--|--|
| A 1 Campos saturados de dunas | Top. ondulada a muy ondulada, con dunas colinas de varias formas, desarrolladas sobre una cubierta de arena continua. |
| A 2 Campos de dunas no saturados | Igual al anterior, pero con una cubierta de arena discontinua. |
| A 3 Complejos aislados de dunas o complejos menores/dunas aisladas de gran envergadura | Areas relativamente reducidas y aisladas de top. ondulada a bastante ondulada con dunas aisladas de grandes dimensiones. |
| A 4 Láminas de arena | Top. casi llana a ondulada, con montículos de arena relativamente bajos y en domo. Con pequeñas depresiones someras. |
| A 5 Reg/ serir. | Top. casi llana a ondulada, cubierta con el pavimento del desierto. |

.- BIBLIOGRAFIA.

ALCAZAR, A; MARTINEZ, A; REY BENAYAS, J.M. Y RUIZ J.P. (1988). "Toponimia y léxico relacionados con las descargas de aguas subterráneas en la Cuenca del Duero." *Revista Estudios Geográficos*, vol. XLIX, 192, págs. 329-339.

ALONSO, C; Y MOREY, M. (1978). "Distribución de la vegetación en relación con gradientes de encharcamiento y salinidad en las lagunas salobres de Villafafila (Zamora)". *Boletín de la Estación Central de Ecología*. Vol 7. nº 14. Madrid.

ALONSO, M; AMAT, J.A; Y MONTES, C. (1986). "Aspectos ecológicos de las zonas palustres de España". *Información ambiental* nº 8, págs. 1-15.

ALONSO, M. (1987). "Clasificación de los complejos palustres españoles". En Bases Científicas para la Protección de los Humedales en España. *Real Academia de Ciencias*. Págs. 65-78.

ARMENGOL, J; ESTRADA, N; GUISET, A; MARGALEF, R; PLANAS, D; TOJA, J; Y VALLESPINOS, F. (1975). "Observaciones limnológicas en las lagunas de La Mancha". *Boletín de la Estación Central de Ecología*. Vol 4. nº 8. Madrid.

BIEL LUCEA, A. (1962). "Heladas". *Boletín mensual climatológico*. Septiembre, páginas 3-7. S.M.N. Ministerio del Aire.

BLASCO, F. (1942). "La explotación de las sales magnésicas en la zona endorreica manchega". *Boletín de la Universidad de Granada*. nº 14. Págs. 585-604.

BUSTILLO, M.A; GARCIA, M.A; MARFIL, R; ORDOÑEZ, S; DE LA PEÑA, J.A. (1978). "Estudio sedimentológico de algunas lagunas de la región manchega, sector Lillo-Villacañas-Quero. (Provincia de Toledo). *Estudios geológicos*, nº 34. Págs. 187- 191.

CARLEVARIS J.J.; DE LA HORRA J.L.; RODRIGUEZ J.; SERRANO F. (1992). *La fertilidad de los principales suelos agrícolas de la zona oriental de la provincia de Ciudad Real. La Mancha y Campo de Montiel*. Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales. Edita C.S.I.C. y Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Madrid. 294 Págs.

CARPIO, J; RODRIGUEZ, V. (1986). "Factores naturales del espacio agrario". *Revista el Campo*. Boletín de información agraria, nº 102, abril-septiembre, págs. 7-16.

CASTROVIEJO, S; Y PORTA, J. (1976). "Apport a l'écologie de la vegetation des zones saeles des rives de la Gigüela (Ciudad Real- Espagne)". *Colloques Phytosociologiques* (Lille) nº 4. Págs. 115-139.

CASTROVIEJO, S; Y COELLO, P. (1980). "Datos cariológicos y taxonómicos sobre las Salicorniinae A. J. Scott Ibéricas". *Anales del Jardín Botánico*. Madrid 37 (1). Págs. 41-73.

CASTROVIEJO, S; Y CIRUJANO, S. (1980). "Sarcocornietea en La Mancha (España)". *Anales del Jardín Botánico*. Madrid 37 (1). Págs. 143-154.

CIRUJANO, S. (1980). "Las lagunas manchegas y su vegetación I". *Anales del Jardín Botánico*. Madrid 37 (1). Págs. 155-192.

CIRUJANO, S. (1981). "Las lagunas manchegas y su vegetación II". *Anales del Jardín Botánico*. Madrid 38 (1). Págs. 187-232.

CIRUJANO, S. (1981,b). *Estudio florístico, ecológico y sintaxonómico de la vegetación higrófila de la Submeseta Sur*.

Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

CIRUJANO, S. (1982). "Aportaciones a la flora de los saladares castellanos". *Anales del Jardín Botánico*. Madrid 39 (1). 167-173.

CIRUJANO, S. (1986). "El género *Ruppia* (Potamogetonaceae) en La Mancha". *Bol. Soc. Brot. Serie 2*, nº 59. Págs. 293-303.

CIRUJANO, S. (1990). "Composición, viabilidad y regeneración del banco de semillas de la laguna del Camino de Villafranca (Ciudad Real. Alcázar de San Juan)". Informe inédito. 75 Págs.

CLAVER & al. (1982). *Guía para la elaboración de estudios de medio físico: Contenido y metodología*. MOPU-CEOTMA. Madrid.

CORONADO, R. (1972). "Informe sobre los recursos naturales de la Mancha Húmeda". Informe inédito.

CUSTODIO, E; Y LLAMAS, M.R. (1976). *Hidrología Subterránea*. Editorial Omega. Barcelona.

CUSTODIO, E. (1987). "Peculiaridades de la hidrología de los complejos palustres españoles". En Bases Científicas para la Protección de los Humedales en España. *Real Academia de Ciencias*. Madrid. Pág 43-63.

- DANTIN CERECEDA, J. (1929). "Localización de las zonas endorreicas de España". *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural*. Vol. 15, págs 829-836.
- DANTIN CERECEDA, J. (1932). "La población de la Mancha española en el centro de su máximo endorreismo". *Boletín Real Sociedad Geográfica*. Vol. 72 (1), págs 25-45.
- DANTIN CERECEDA, J. (1940). "La aridez y el endorreismo en España". *Revista Estudios Geográficos*. Nº 1, págs. 75-117.
- DIAZ ALVAREZ, Mª D. (1993). "Estudio descriptivo y geomorfológico de una selección de humedales de la Cuenca Alta del río Guadiana". Proyecto de investigación. Inédito. Facultad de Geografía e Historia. U.C.M.
- DIAZ MOLINA, M. (1974). "Síntesis estratigráfica preliminar de la serie terciaria de los alrededores de Carrascosa del Campo (Cuenca)". *Estudios Geológicos*. Vol. 30, págs 63-67.
- DIAZ MOLINA, M. (1978). *Bioestratigrafía y Paleografía del Terciario al E. de la Sª de Altomira (Cuenca)*. Tesis doctoral. Inédita. Universidad Complutense de Madrid.
- DUCHAUFOR, P. (1975). *Manual de Edafología. Primera edición, enero 1975. Ed. TORAY-MASSON. S.A. Barcelona.*
- DUPUY DE LOME, E. (1955). Mapa geológico de España. Escala 1/50.000. El Provencio (715). I.G.M.E.
- ELIAS CASTILLO, F; RUIZ BELTRAN, L. (1973). "Clasificación agroclimática de España". *Instituto Nacional de Meteorología*, S.M.N. A-53. Pág 5-145.
- ELIAS CASTILLO, F; RUIZ BELTRAN, L. (1981). *Estudio agroclimático de la región de Castilla-La Mancha*. Departamento de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 247 págs.
- F.A.O.-U.N.E.S.C.O. (1989). Mapa mundial de suelos (Leyenda revisada). Roma, 202 págs.
- FERRERAS CHASCO, C. (1986). "Los tarayes españoles y su significación paisajística". *Anales de geografía de la Universidad Complutense*. Nº 6, pág 181-201.
- FONTBOTE, J.M.; Y RIBA, O. (1956). "Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo (Cuenca)". *Notas y comunicaciones*. Nº 44. I.G.M.E.
- GARCIA ABBAD, F.J. (1975). *Estudio geológico de la región del Pantano de Alarcón (Cuenca)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 475 págs.

GARCIA ABBAD, F.J. (1978). "Implicaciones geomorfológicas de la estratigrafía de los enlaces meridionales Altomira-Ibérica".

Estudios Geológicos. Vol 34, págs. 215-229.

GARCIA PALACIOS, M.C.; MARFIL, R.; Y DE LA PEÑA, J.A. (1978) "Medio evaporico continental: Influencia de las salmueras sobre los sedimentos arcillosos". *Tecniterrae*, año IV -nº 23. Abril-mayo 1978.

GARCIA RODRIGUEZ, J.J.; Y JORISSEN, R. (1969). Mapa geológico de España. Escala 1/50.000. Quintanar del Rey (688). I.G.M.E.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1987). "Las zonas encharcables españolas: El marco conceptual". *Bases Científicas para la Protección de los Humedales en España*. Real Academia de Ciencias. Madrid. Págs. 9-30.

GONZALEZ BERNALDEZ, F.; Y PEREZ PEREZ, C. (1988). "Los humedales en las zonas áridas". *Revista Quercus*. Nº 34, págs 14-15.

GONZALEZ BERNALDEZ, F; Y MONTES, C. (1989). "Variedad de los humedales mediterráneos: Bases de una clasificación genético-funcional". Seminar on the management of Mediterranean wetlands. Doñana, noviembre 13-18 de 1989. Inédito.

GONZALEZ BERNALDEZ, F; Y MONTES, C. (1989). *Los humedales del acuífero de Madrid. Inventario y Tipología basada en su origen y funcionamiento*. Canal de Isabel II. 92 páginas.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1992). *Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales*. J.M. Reyero Editor. Madrid. 257 págs.

GONZALEZ MAS, F.J.; Y LOPEZ VERA, F. (1979). "Elementos alcalinos y alcalino terrosos en los acuíferos de la Mancha". *II SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA*. Pamplona. Págs. 577-596.

GUITIAN OJEA, F.; Y CARBALLAS FERNANDEZ (1975). *Técnicas de análisis de suelos*. Editorial Pico sacro. Segunda edición ampliada.

GUMUZZIO, J.; BATLLE, J.; Y GUERRA, A. (1981). "Contribución al estudio de suelos salinos en la Submeseta Sur (Toledo)". *Anales de Edafología y Agrobiología*. Nº 40. Págs 1073-1088.

GUMUZZIO, J.; Y ALVAREZ, J.B. (1984). "Características de los Gypsiorthids en la región central española". *Anales de Edafología y Agrobiología*. Nº 43. Págs. 93-110.

HAMMER, U.T. (1986). *Saline lakes ecosystems of the world*. Junk Publishers. 616 págs.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1928). "Los cinco ríos principales de España y sus terrazas". *Trab. Mus. Nac. Cienc. Natu.* (serie Geología), nº 36, págs. 5-149.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1932). "Síntesis fisiográfica y geológica de España". *Trab. Mus. Nac. Cienc. Natu.* (serie Geología), nº 38.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1947). "Las estepas subdesérticas de España". *Revista Montes* 3 (13), págs 7-15.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1949). La Mancha. *Publicaciones extraordinarias de la Real Acad. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, conmemoración del centenario de su fundación*. Nº 10, págs. 29-61.

HERNANDEZ PACHECO, E. (1955-56). "Fisiografía del solar hispano". *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Madrid*. Tomo XVI, 1ª parte, págs 657, y 2ª parte 793 págs.

HUBBERT, M.K. (1940). "The theory of ground-water motion". *Journal of Geology*. Nº 48 (8): 725-944 págs.

HUGUET DEL VILLAR, E. (1929). *Geobotánica*. Editorial Labor. Barcelona. 339 págs.

HUGUET DEL VILLAR, E. (1937). *Los suelos de la Península luso-ibérica*. Thomas Marphy & Co., Madrid-Londres. 416 págs.

HUGUET DEL VILLAR, E. (1950). *Geo-Edafología*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. Editado en 1983.

I.G.M.E. "Estudio hidrogeológico al abastecimiento de Campo de Cripana". Informe inédito. 1981.

Síntesis hidrogeológica de Castilla La Mancha. Colección Informe. Madrid, 1985. 107 págs.

Mapa geológico de Toledo. Nº 53. Esc. 1/200.000. 2ª Edición. 1986.

Mapa geológico de Campo de Criptana. Nº 54. Esc. 1/200.000. 2ª Edición. 1987.

Mapa geológico de Villarta de San Juan. Nº 738 (20-29). Esc. 1/50.000. Segunda serie. 1ª edición 1988.

IZCO, J.; Y CIRUJANO, S. (1975). "Vegetación halófila de la Meseta Sur española". *Colloques phytosociologiques IV*. Lille 1975. Págs 99-114.

IZCO, J.; FERNANDEZ, F.; Y MOLINA, A. (1984). "El Orden Tamaricetalia Br.-Bl. & Bolòs 1957 y su ampliación con los tarayales hiperhalófilos". *Documents phytos*. Nº 7. Págs. 337-392.

JESSEN, O. (1946). "La Mancha". Traducido al español por J. Gómez de Liarena. "La Mancha: contribución al estudio geográfico de Castilla La Nueva". *Estudios Geográficos*, año VII, nº 23, págs 269-321 y nº 24, págs 479-524.

KUBIENA, W. (1944). *Suelo y formación del suelo desde el punto de vista biológico*. Ed. Nuevas Gráficas. Madrid.

LAUTENSACH, H. (1962). "Características y ritmo anual de las temperaturas de la Península Ibérica. Una contribución a la geografía regional". *Estudios Geográficos*, nº 87, pág 259-292.

LAUTENSACH, H. (1964). *Geografía de España y Portugal*. Ed. Vicens Vives. 814 págs.

LOPEZ BERMUDEZ, F. (1978). "El sector pantanoso al W. de Albacete y su desecación" *Revista Al-Basit de Estudios Albacetenses*.

LOPEZ CAMACHO, B. (1981). "Las aguas subterráneas y la ecología"
En *Ingeniería Civil y Medio Ambiente*. C.E.O.T.M.A.-M.O.P.U. Madrid. Págs 645-653.

LOPEZ CAMACHO, B. (1986). "Los recursos hidráulicos de La Mancha y la explotación de las aguas subterráneas". Comunicación en el Congreso de Parques Nacionales. Almagro 1986.

LOPEZ GOMEZ, J. y A. (1959). "El clima de España según la clasificación climática de KOPPEN". *Estudios Geográficos*. Nº 75, págs 167-188.

LOPEZ RITAS, J; Y LOPEZ MELIDA, J. (1978). *El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio*. Ediciones Mundi-Prensa. Tercera edición. Madrid.

LLOPIS LLADO, N. (1970). *Fundamentos de hidrogeología kárstica*.
Ed. Blume. 269 Págs.

MADOZ, P. (1845-50). *Diccionario Geográfico-Histórico-Estadístico*.

MARFIL, R; BERMEJO, E.P; DE LA PEÑA, J.A. (1975). "Sedimentación salina actual en las lagunas de la zona Corral Rubio-La Higuera. Provincia de Albacete". *Estudios Geológicos*. Vol XXXI. Págs 545-553.

MARGALEF, R. (1947). "Estudios sobre la vida en las aguas continentales en la región endorreica manchega". *Instituto de biología aplicada*. Nº 4, Págs. 5-51.

MARGALEF, R. (1955). *Los organismos indicadores en limnología. Biología de las aguas continentales XII*. Inst. For. Inv. Exp. Ministerio de agricultura. Madrid, 300 págs.

MARTIN ESCORZA, C. (1977). "Estructuras anulares en el noreste de La Mancha (Meseta central española)". *Estudios geológicos*. Nº 33, págs 447-457.

MARTINEZ PARRA, P. (1988). "Las zonas húmedas en la Ley de Aguas". *Revista Quercus*. Cuaderno 34. Págs 43-45.

MARTINO, P. (1988). *Limnología de las lagunas salinas españolas*
Tesis doctoral. Universidad Autónoma. Madrid.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Mapa de cultivos y aprovechamientos de Alcázar de San Juan. Nº 713 (20-28). Esc. 1/50.000. Madrid 1976.

- Mapa de cultivos y aprovechamientos de Campo de Criptana. Nº 714 (21-28). Esc. 1/50.000. Madrid 1976.

MONTURIOL, F. & al. (1984). *Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo*. Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Ed. Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

MUÑOZ JIMENEZ, J.; PALACIOS ESTREMER, D. (1990). "El significado de los meandros encajados sobre calizas en la interpretación del establecimiento y evolución de la red hidrográfica en La Mancha y Campo de Montiel". I Reunión Nacional de Geomorfología. Teruel del 17 al 20 de septiembre, Vol. II, págs. 469-478.

MUÑOZ JIMENEZ, J.; PALACIOS ESTREMER, D. (1990). "Significado geomorfológico de una paleored de canales meandriformes impresa en las altiplanicies de La Alcarria, Mesa de Ocaña y La Mancha Nororiental" *Revista Eria*, nº 21, pp 97-120.

NIÑEROLA PLA, S.; TRAC, N.; TORRENS PLA, J.; BATLLE, A.; Y CALVIN, J. (1976). "El embalse subterráneo de la Llanura Manchega". I Simposium Nacional de Hidrogeología. Valencia, 1976.

NIÑEROLA PLA, S.; Y TORRENS PLA, J. (1976). "Las aguas subterráneas de la Llanura manchega. Aspectos Hidroquímicos". I Simposium Nacional de Hidrogeología. Valencia, 1976.

NIÑEROLA, S; Y TORRENS, J. (1979, a). "Características hidrológicas generales de la Cuenca Alta del Río Guadiana". II Simposium Nacional de Hidrogeología. Pamplona. Págs. 309-326.

NIÑEROLA, S; TORRENS, J; Y VILLANUEVA MARTINEZ, E. (1979,b). "Las aguas subterráneas de la Cuenca Alta del Guadiana. Características hidroquímicas generales". II Simposium de Hidrogeología. Pamplona. Págs. 599-619.

OCTAVIO, F; LOPEZ-CAMACHO, B. (1976). "Relaciones entre flujo subterráneo y la calidad química de las aguas en formaciones continentales: Caso del S.E. de Toledo". I Simposium Nacional de Hidrogeología. Valencia. II Volumen. Págs 1079-1101.

OLIVARES TALENS, J; Y RUIZ CELAA (1983). "Evolución de la calidad química de las aguas subterráneas con el tiempo en los sistemas acuíferos definidos en la Cuenca Alta del Guadiana". III Simposium de Hidrogeología. Madrid. págs. 339-353.

ORDOÑEZ, S; MINGARRO, F; GARCIA DEL CURA M.A.; Y LOPEZ DE AZCONA, M.C. (1983). "Sedimentología e hidroquímica de lagunas castellano-manchegas: cuencas del Gigüela y del Zancara". X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca, 1983.

OTERO, C. (1980). "Contribución al estudio de las lagunas de Alcázar de San Juan". *Boletín de la Estación Central de Ecología*. Nº 9 (18) págs 63-79.

PARDO, L. (1948). *Catálogo de los lagos de España. Biología de las aguas continentales*. Ministerio de Agricultura. Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Madrid. 522 págs.

PEINADO LORCA, M; Y MARTINEZ-PARRAS J.M. (1985). *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha. Toledo.

PEINADO MARTIN-MONTALVO, M. (1989). "Aproximación a algunos de los parámetros físico-químicos de las lagunas manchegas. Sector Alcázar de San Juan-Pedro Muñoz". *Actas del IX Congreso Nacional de Geografía*. Vol II. Madrid. Págs 429-439.

PEINADO MARTIN-MONTALVO, M. (1992). Estudio geosistémico de algunos humedales manchegos. Trabajo de Investigación. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid.

PELTIER, L.C. (1950). "The geographic cycle in Periglacial regions as it is related to climatic geomorphology". *Ann. Ass. Am. Geogr.* Nº 40, págs 214-236.

- PEÑA DE LA, J.A.; Y MARFIL, R. (1986). "La sedimentación salina actual en las lagunas de La Mancha: una síntesis". *Cuadernos Geología Ibérica*. Vol 10. Págs 235-270. Madrid 1986.
- PEÑA DE LA, J.A. (1987). "Las lagunas de La Mancha: un ejemplo de sales en ambiente continental". En Bases Científicas para la Protección de los humedales en España. *Real Academia de Ciencias*. Madrid. Págs 79-94.
- PEREZ GONZALEZ, A. (1982). *Neogeno y Cuaternario de la Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Colección Tesis doctorales Nº 179/82. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid. 727 págs.
- PEREZ GONZALEZ, M^a E. (1989). "Estudio preliminar de los factores genéticos de la laguna de Tirez y su entorno". IX Congreso Nacional de Geografía. Madrid, del 25 al 29 de septiembre. Vol. II, págs. 439-447.
- PLANS, P. (1969). "Problemas del endorreísmo español". *Revista de la Real Academia de Ciencias*. Tomo LXII, págs 271-309. Madrid.
- PORTA, J; LOPEZ ACEVEDO, M; Y ROQUERO C. (1977). "Morfometría y clasificación de algunos Gypsiorthids en España". *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie General*, nº 5: 85-111.
- REY BENAYAS, J.M. (1991). *Aguas subterráneas y ecología. Ecosistemas de descarga de acuíferos en Los Arenales*. ICONA- CSIC. Colección Técnica. 141 págs.
- REYES PROSPER, E. (1915). *Las estepas de España y su vegetación*. Madrid. 302 pág.
- RIVAS-MARTINEZ, S; Y COSTA, M. (1975). "Datos sobre la vegetación halófila de La Mancha (España)". *Colloques phytosociologiques IV*. Lille 1975. Págs 81-97.
- SANZ, T. (1946). "Investigaciones en la cuenca hidrológica de La Mancha". *Extracto de Notas y Comunicaciones del I.G.M.E.* Nº 15. Madrid.
- SANZ DONAIRE, J.J.; Y PEREZ GONZALEZ M^a.E. (1991). Dinámica de nutrientes y evaluación final de ciertos ecosistemas de humedales españoles. Report enviado a Bruselas. Proyecto STEP de la CEE. 230 págs.
- SANZ DONAIRE, J.J. (1992). "Descriptive and functional wetland typology and clasification. Workshop on wetland analysis and management". University of Harvard, E.E.U.U. 21 págs.

SANZ DONAIRE, J.J.; Y DIAZ ALVAREZ, M^a D. (1992). "Génesis y funcionalidad geomorfológica de los humedales". *Anales de Geografía de la U.C.M.* Nº 12, Págs. 93-103.

SERRANO COMINO, F.; RODRIGUEZ SEÑAS, J.; Y GONZALEZ PONCE, R. (1988). "Contribución al conocimiento de la fertilidad de los suelos de la comarca de La Mancha (Ciudad Real)". II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sevilla, 26 al 30 de Septiembre. Págs 210-216.

SNOEYINK & JENKINS (1987). *Química del agua*. Editorial Limusa. Mexico.

SOLE SABARIS, L. (1952). *España. Geografía Física*. Tomo I de Geografía de España y Portugal por Manuel de Terán. Edita Montares y Simón. Barcelona. 500 Págs.

SORIANO, J.; MARFIL, R.; Y DE LA PEÑA, J.A. (1977). "Sedimentación salina actual en las lagunas del norte de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)". *Estudios Geológicos*. Nº 33. Págs 123-130.

STRAHLER, A.N. (1965). "Introduction to Physical Geography". Págs. 111-116. John Wiley and sons. N.Y.

TORRENS, J.; BATLLE, A.; NIÑEROLA, S.; GONZALEZ FERMOSE, F.; Y CALVIN, J. (1976). "Contribución al conocimiento de relaciones entre los acuíferos del Campo de Montiel y la Llanura Manchega. La Leyenda del Guadiana". I Simposium Nacional de Hidrogeología. Valencia. II Vol. Págs 398-420.

TOTH, J. (1962). "A theory of groundwater motion in small drainage basins in Central Alberta, Canada". *J. Geophys. Res.*
Nº 67 (11): Págs. 4375-4387.

TOTH, J. (1963). "A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins". *J. Geophys. Res.* Nº 68 (10): Págs. 4795-4812.

TROYA, A. (1989). "El convenio de Ramsar". *Quercus*, febrero 1989. Págs 36-40.

VAN ZUIDAM, R.A. *et al.* (1985/86). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publishers. The Hage.

VVAA (1982). *Las zonas húmedas en Andalucía*. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. M.O.P.U.

VVAA (1985). *El espacio geográfico de la provincia de Ciudad Real*. Biblioteca de Autores Manchegos. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo.

VVAA (1987). *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, ecología y paisaje*. Estructura y coordinación Angel Ramos. Espasa-Calpe. 1015 Págs.

VVAA (1987). *La vegetación de España*. Editores Manuel Peinado Lorca y Salvador Rivas- Martínez. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares. Págs. 544.

WILSON, L. (1969). "Morphogenetic classification". *The Encyclopedia of Geomorphology*. Ed. R.W. FAIRBRIDGE. D. H. Y R.

YEBENES, A.; MARFIL, R.; SORIANO, J.; DE LA PEÑA, J.A.; Y DIAZ MOLINA, M. (1977). "El Trias de Alcázar de San Juan (Región de La Mancha)" *Cuadernos de Geología Ibérica*. Vol. 4. Págs 495-508. Madrid 1977.

.- AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas que a lo largo de estos años me han ayudado y sin cuyo apoyo y colaboración no hubiera podido terminar esta tesis

Mi agradecimiento mas profundo a mi familia, y especialmente a **mis padres**; a mi marido **José Jiménez**, que me acompañó en los trabajos de campo y me aconsejó en diversos aspectos; a mi hermana **Julieta** y a mi cuñado **Javier**, sin cuyo empuje final no hubiese visto la luz este trabajo.

Un especial recuerdo a **Margarita Pérez Peñasco** y a **Elvira Castro Plaza** del CSIC, quienes me iniciaron en el conocimiento de las principales técnicas de análisis de suelos, con mucha paciencia y cariño.

Asimismo mi agradecimiento a:

mis compañeras, **Almudena**, **Loli** y especialmente a **Ena**, por su gran ayuda y colaboración.

Pilar García Rodríguez, por su ayuda en la identificación de los perfiles de suelos y su permanente disponibilidad.

Santos Cirujano, por su valiosa ayuda en la identificación y realización de las catenas de vegetación.

Carmen Muñoz, profesora de la E.T.I.A de Ciudad Real, quien me abrió las puertas de su laboratorio, y con quien consulté diversas dudas.

Ramón Martín Calvo, quién me matizó las muestras de arena.

Nieves Fernández y **Miguel García Pérez**, por su trabajo de delineación.







Jesus Muñoz, de quien guardo un especial recuerdo, por iniciarme en el manejo y conocimiento de los principales programas de ordenador.

Por último, mi más sincero agradecimiento, a mi Director de tesis, **Juan José Sanz Donaire**, por su incondicional y constante apoyo, y por su permanente disponibilidad y ayuda.









A todos ellos, **GRACIAS.**

LEYENDA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO


UNIDADES DE ORIGEN DENUDATIVO (D)

-  D1 -Colina y laderas denudativas
-  D5 -Penillanuras (superficies de erosión)
-  D7 -Laderas basales
-  D8 -Piedemonte (glacis de Campo de Criptana)
-  D9 -Escarpe
-  D10 -Ladera y abanico de derrubios

UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL (S)

-  S1 -Topografía ondulada
-  S5 -Mesas
-  S6 -Cuestas
-  S8 -Terrazas estructurales
-  S9 -Areas de flexión
-  S10
S10/S9 -Colinas y relieves residuales
-  S5/S1 -Plataforma de Campo de Criptana
-  S9/D5 -Area de flexión aplanada

ORIGEN KÁRSTICO (K)

-  K9 -Dolinas

ORIGEN FLUVIAL (F)



F1 -Lecho de río



F2 -Cuerpos de agua (lagunas)



F3 -Llanuras de inundación



F5 -Lagunas desecadas (antiguos humedales)



F6 -Terrazas fluviales



F7 -Abanico fluvial activo



F8 -Abanico fluvial inactivo



F12 -Paleocanales y llanuras de inundación



F13 -Relieves origen fluvial invertidos

ORIGEN EÓLICO (A)



A2 -Campos de dunas no saturados



A3 -Complejos aislados de dunas

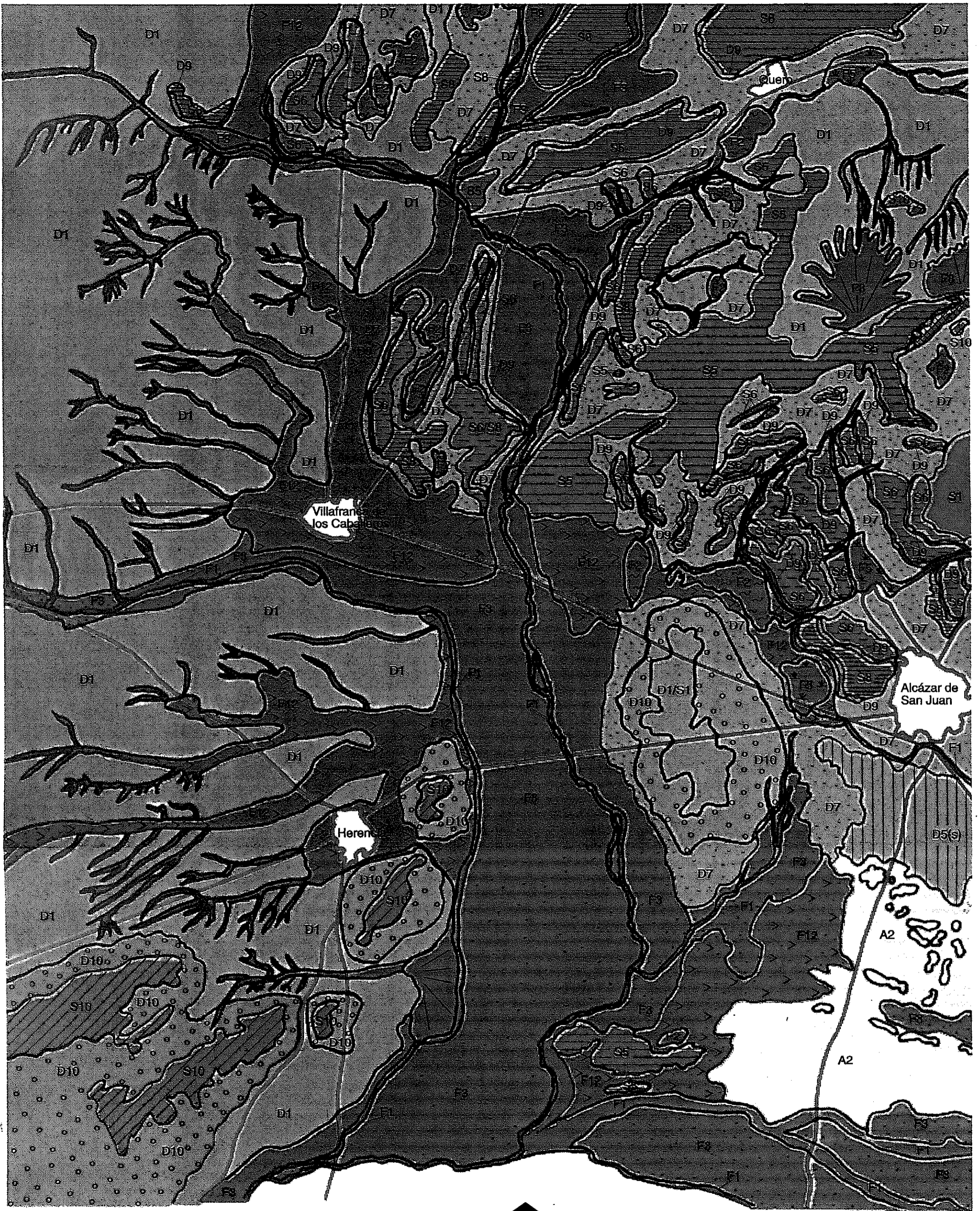


A4 -Láminas de arena

ORIGEN ANTROPICO (H)



H1 -Cantera



Escala gráfica



0

5 Km

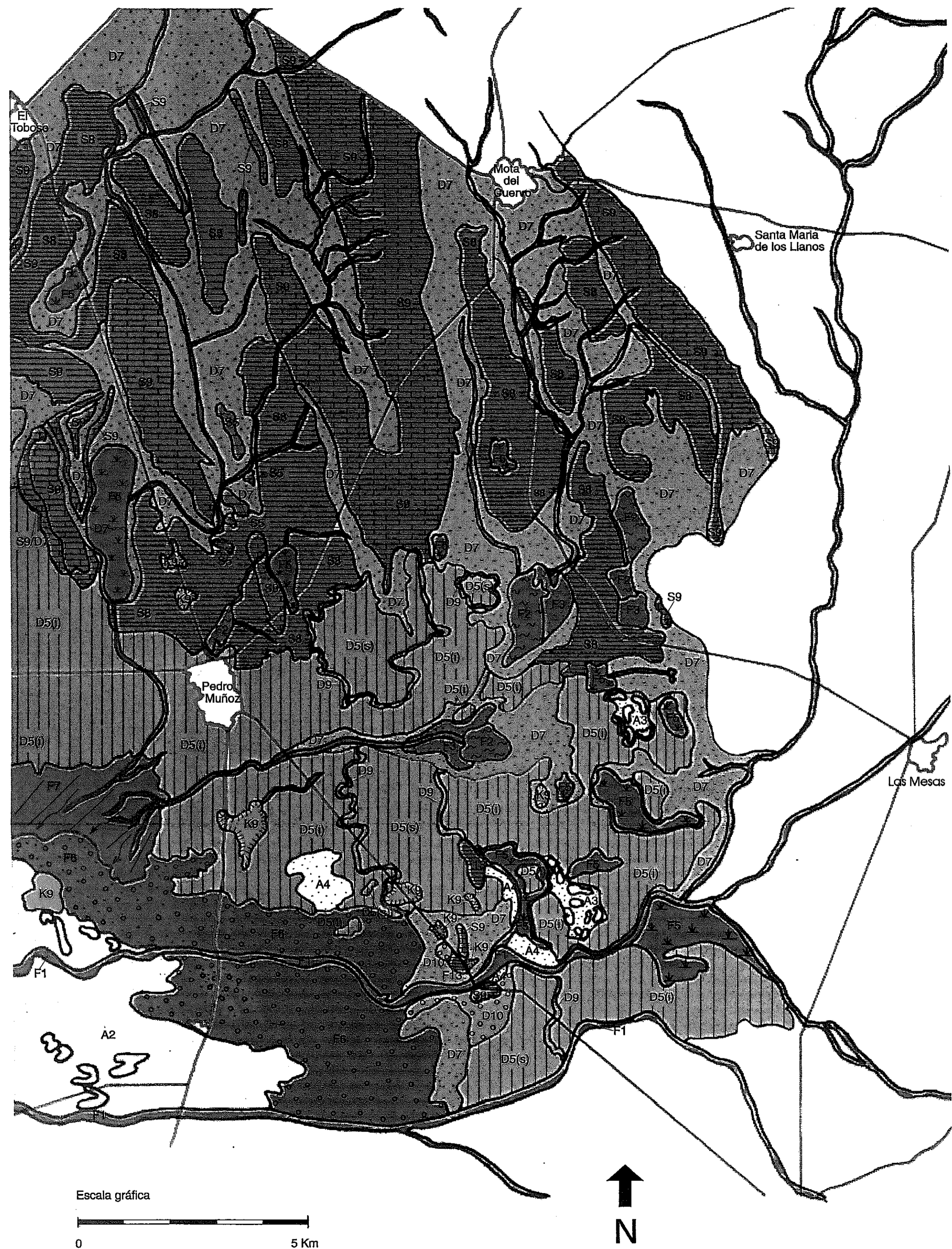


N

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO