Universidad de Huelva

Departamento de Geología

Caracterización de las salinidades en el Preparque Norte del Parque Nacional de Doñana

Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:

Emilio Manuel Romero Macías

Fecha de lectura: mayo de 1998

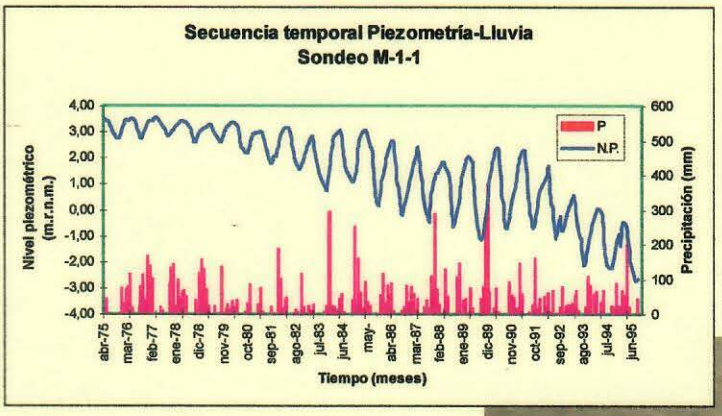
Bajo la dirección del doctor:

Arsenio González Martínez

Huelva, 1998

Caracterización de las salinidades en el Preparque Norte del Parque Nacional de Doñana

Tesis Doctoral



Autor:
Emilio Manuel Romero Macías

Director:
Dr. Arsenio González Martínez

Universidad de Huelva
1998

CARACTERIZACIÓN DE LAS SALINIDADES EN EL PREPARQUE NORTE DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

Tesis que presenta el licenciado **EMILIO MANUEL ROMERO MACÍAS** para obtener el Título de Doctor en Ciencias (Sección Geología) por la Universidad de Huelva

Mayo de 1998

Fdo.: Emilio Manuel Romero Macías

V° B°

Dr. D. Arsenio González Martínez
Catedrático Universidad
Universidad de Huelva
DIRECTOR

Dr. D. Jesús Damián de la Rosa Díaz
Profesor Titular Universidad
Universidad de Huelva
TUTOR

A mi familia y
a Rocío por su
compañía

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 1
AGRADECIMIENTOS 4

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTE GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS
1.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS 9
1.2. ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS 12

CAPÍTULO 2. GEOLOGÍA
2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA 17
2.2. ENCUADRE GEOLÓGICO 17
2.3. ESTRATIGRAFÍA 17
2.3.1. El neógeno en la Depresión Inferior del Guadalquivir 19
2.4. GEOLOGÍA DEL SECTOR DE ESTUDIO 24
2.5. DEFORMACIONES NEOTECTÓNICAS 30
2.6. HISTORIA GEOLÓGICA DE LA CUENCA 33

CAPÍTULO 3. CLIMATOLOGÍA
3.1. JUSTIFICACIÓN 37
3.2. PRECIPITACIÓN 37
3.2.1. Consideraciones sobre los datos existentes 37
3.2.2. Estaciones 40
3.2.3. Estimación del periodo óptimo 41
3.2.4. Tratamiento de datos 41
3.2.5. Completado inicial de datos 42
3.2.6. Estudio estadístico de los grupos de estaciones 44
3.2.6.1. Grupo 8 44
3.2.6.1.1. Introducción 44
3.2.6.1.2. Regresión simple. Modelo lineal 44
3.2.6.1.3. Verificación estadística 48
3.2.6.1.4. Distribución de frecuencias 52
3.2.6.1.5. Prueba de normalidad 52
3.2.6.1.6. Regresión lineal múltiple 52
3.2.6.2. Resto de grupos 56
3.2.7. Cálculo de la precipitación media en el sector 56
3.2.7.1. Introducción 56
3.2.7.2. Modelo de la media aritmética 57
3.2.7.3. Método de las isoyetas 58
3.2.7.4. Método de los polígonos de Thiessen 62
3.2.7.5. Discusión de los métodos empleados 67
3.3. TEMPERATURA 68
3.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN 71
3.4.1. Introducción 71
3.4.2. Evapotranspiración potencial 71
3.4.3. Evapotranspiración real 71

CAPÍTULO 4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL
4.1. TOPOGRAFÍA ... 79
4.2. SUPERFICIE DE LA MARISMA ... 80
4.3. APORTES DE LA RED FLUVIAL ... 80
4.4. PROCESO DE INUNDACIÓN DE LA MARISMA ... 83
4.5. FUNCIONAMIENTO DE LA MARISMA ... 84
4.6. ANÁLISIS DE LA RED FLUVIAL ... 85
4.7. RÉGIMEN HIDROLÓGICO ... 86
4.8. ACTUACIONES HUMANAS ... 87

CAPÍTULO 5. SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA
5.1. INTRODUCCIÓN ... 91
5.2. FORMACIONES PERMEABLES Y LÍMITES DEL ACUÍFERO ... 91
5.3. MURO DEL ACUÍFERO ... 93
5.4. ESPESOR DEL ACUÍFERO ... 94
5.5. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA ... 94
5.6. SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA ... 100
5.7. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS ... 103
5.8. BALANCE DEL SISTEMA ... 103
5.9. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS ... 107

CAPÍTULO 6. ESTUDIO HIDRODINÁMICO
6.1. INTRODUCCIÓN ... 111
6.2. METODOLOGÍA EMPLEADA ... 113
6.2.1. Establecimiento de la red de control ... 113
6.2.2. Adquisición de datos ... 114
6.2.3. Toma de datos en el campo ... 114
6.2.4. Elaboración y tratamiento de datos ... 116
6.3. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS ... 116
6.4. EVOLUCIÓN ESPACIAL: ISOPIEZAS ... 118
6.5. ANÁLISIS CRÍTICO DE RESULTADOS ... 129

CAPÍTULO 7. ESTUDIO HIDROQUÍMICO
7.1. INTRODUCCIÓN ... 133
7.2. PROCESOS QUE CAUSAN LA SALINIZACIÓN DE LAS AGUAS ... 134
7.2.1. Mezcla con aguas saladas de diferentes orígenes ... 134
7.2.2. Disolución de sales por contacto agua-roca ... 136
7.2.3. Condiciones hidrodinámicas específicas ... 136
7.2.4. Salinización en condiciones áridas ... 136
7.3. EL PROCESO DE MEZCLA ... 137
7.3.1. Fenómenos que acompañan a la mezcla ... 137
7.3.2. Cambios en la composición química del agua ... 138
7.4. INVESTIGACIÓN SOBRE LOS IONES MINORITARIOS ... 140
7.4.1. Boro ... 140
7.4.2. Bromuro ... 142
7.4.3. Estroncio ... 143

7.4.4. Litio ... 145
7.4.5. Yoduro ... 146
7.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR DE ESTUDIO ... 148
7.5.1. Metodología empleada ... 148
7.5.1.1. Establecimiento de la red de control ... 148
7.5.1.2. Tipos de controles realizados ... 149
7.5.1.3. Adquisición de datos ... 149
7.5.1.4. Análisis químico ... 151
7.5.1.5. Elaboración y tratamiento de los datos ... 152
7.5.2. Características físico-química de las aguas ... 153
7.5.2.1. Introducción ... 153
7.5.2.2. Rasgos hidroquímicos generales ... 154
7.5.2.3. Variaciones temporales ... 162
7.5.2.3.1. Estudio de la red de control ... 162
7.5.2.4. Variaciones espaciales ... 176
7.5.2.4.1. Mapas de isocontenido ... 177
7.5.3. El fenómeno de mezcla ... 195
7.5.4. Procesos modificadores ... 201
7.5.5. Los iones minoritarios como indicadores de procesos de salinización 202
7.6. REGISTROS VERTICALES ... 211
7.6.1. Introducción ... 211
7.6.2. Registros de conductividad y temperatura ... 211
7.6.3. Perfiles hidroquímicos ... 223
7.7. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO ... 228

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO
8.1. INTRODUCCIÓN ... 233
8.2. ANÁLISIS FACTORIAL ... 233
8.2.1. Introducción ... 233
8.2.2. Matriz de correlación ... 235
8.2.3. Matriz de covarianza ... 235
8.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ... 238
8.3.1. Análisis factorial ... 238
8.3.2. Análisis en Componentes Principales ... 241
8.3.3. Análisis cluster ... 249
8.3.3.1. Análisis de variables ... 250
8.3.4. Análisis de observaciones ... 252
8.4. ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES ... 260
8.4.1. Aplicación del AST al sondeo M-1-1 ... 267
8.4.1.1. Correlogramas muestrales ... 268
8.4.1.2. Estimación del modelo ... 268
8.4.1.3. Validación del modelo ... 271
8.4.1.4. Predicción del modelo ... 272
8.5. ANÁLISIS CORRELATORIO Y ESPECTRAL ... 277
8.5.1. Análisis correlatorio. Interpretación de resultados ... 279
8.5.2. Análisis espectral. Interpretación de resultados ... 284

8.6. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIABLE 284

CAPÍTULO 9. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
9.1. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 289
9.1.1. Criterios utilizados 289
9.1.2. Calidad química para consumo humano 296
9.1.3. Calidad para uso agrícola 296
9.2. CONCLUSIONES ACERCA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 299

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
10.1. CONCLUSIONES 303
10.2. RECOMENDACIONES 304
10.2.1. De carácter general 304
10.2.2. Seguimiento y control 305
10.2.3. Infraestructura y lucha contra la contaminación 305

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 309

ANEXO 1. CLIMATOLOGÍA
ANEXO 2. INVENTARIO PUNTOS DE AGUA
ANEXO 3. MAPAS DE ISOPIEZAS Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS
ANEXO 4. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO
ANEXO 5. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE AGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU UTILIZACIÓN PARA RIEGO (PROGRAMA AGUAS)

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

2.1. Mapa de situación de la zona de estudio (basado en IGME, 1988)
2.2. Mapa geológico de Andalucía
2.3. Mapa geológico general (RAMÍREZ, 1986, modificado)
2.4. Serie tipo del sector (VELA, 1984, modificado)
2.5. Evolución del Estuario del Bajo Guadalquivir en el periodo 6.500 BP a la actualidad
2.6. Clasificación de varios sistemas deltáicos basados en la influencia relativa de los procesos fluviales, de oleaje y mareales (ORTON, 1988)
2.7. Serie estratigráfica local de los materiales de la zona de estudio
2.8. Mapa de fracturas recientes, modificado de VIGUIER y MAGNA (DABRIO et al., 1980)
2.9. Esquema de alineaciones neotectónicas de la zona de estudio (FLORES, 1994, modificado)
2.10. Bloque diagrama de las fallas de Matalascañas y El Asperillo (DABRIO et al., 1996, modificado)

CAPÍTULO 3

3.1. Mapa de estaciones termo-pluviométricas
3.2. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 8 (P anuales en mm)
3.3. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 8
3.4. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 8
3.5. Mapa de isoyetas para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)
3.6. Mapa de isoyetas para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)
3.7. Mapa de isoyetas para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)
3.8. Mapa de polígonos de Thiessen para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)
3.9. Mapa de polígonos de Thiessen para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)
3.10. Mapa de polígonos de Thiessen para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)
3.11. Mapa de isotermas medias para el periodo de estudio (valores en °C)
3.12. Variación espacial de la ETP para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)
3.13. Variación espacial de la ETP para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)
3.14. Variación espacial de la ETP para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)
3.15. Mapa de isolíneas de ETR para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)
3.16. Mapa de isolíneas de ETR para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)
3.17. Mapa de isolíneas de ETR para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)

CAPÍTULO 4

4.1. Principales redes de drenaje del extremo sur-oriental de la provincia de Huelva
4.2. Principales cauces (ríos, arroyos, caños, etc.) del Parque Nacional de Doñana y su entorno
4.3. Esquema del funcionamiento de la marisma
4.4. Estado actual de la marisma en la margen derecha del Río Guadalquivir

CAPÍTULO 5

5.1. Límites del sistema acuífero Almonte-Marismas (modificado de BAONZA et al., 1984)
5.2. Mapa de isobatas del impermeable de base del acuífero (profundidad referida a la superficie topográfica)
5-2bis. Morfología de la superficie impermeable de base del acuífero (reconstruida en base a datos de sondeos)
5.3. Mapa de isopacas del acuífero
5.3bis. Variaciones de espesor y espesor saturado del acuífero (en base al mapa de isopacas y a medidas de profundidad hasta el agua)
5.4. Mapa de inventario de puntos de agua (según IARA, 1974)
5.5. Características más relevantes de los sondeos por sectores
5.6. Esquema representativo del perfil de un sondeo (según datos IARA, 1976)
5.7. Mapa piezométrico. Mayo 1974 (según datos IARA, 1974)
5.8. Mapa de isotransmisividades. Mayo 1974 (según datos IARA, 1974)

CAPÍTULO 6

6.1. Mapa de sectores de riego y ubicación de los sondeos del PTAAM
6.2. Mapas de sondeos en la zona de estudio y red piezométrica
6.3. Evolución temporal nivel piezométrico-precipitación (periodo 1975-1995)
6.4. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año seco del periodo de estudio
6.5. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año medio del periodo de estudio
6.6. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año húmedo del periodo de estudio
6.7. Mapa de situación de sondeos y cortes hidrogeológicos

CAPÍTULO 7

7.1. Mapa de sondeos de control pertenecientes a la red hidroquímica
7.2. Representación gráfica de los datos de la 1ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER
7.2bis. Representación gráfica de los datos de la 2ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER
7.3. Representación gráfica de los datos de la 3ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER
7.3bis. Representación gráfica de los datos de la 4ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER
7.4. Mapa hidrogeoquímico
7.5. Representación gráfica de los datos de análisis de octubre-75 en diagramas triangulares de PIPER
7.5bis. Representación gráfica de los datos medios de las 4 campañas en diagramas triangulares de PIPER
7.6. Evolución temporal de los principales parámetros ficio-químicos para las 4 campañas de muestreo

7.7. Mapas de isocontenido en cloruros
7.8. Mapas de isoconductividades
7.9. Mapas de isocontenido en sodio
7.10. Mapas de isocontenido en sulfatos
7.11. Mapas de isocontenido en bicarbonatos
7.12. Mapas de isocontenido en sílice
7.13. Mapas de i.c.b.
7.14. Mapas de isocontenido en calcio
7.15. Mapas de isocontenido en magnesio
7.16. Mapas de relación Mg/Ca
7.17. Mapas de isocontenido en potasio
7.18. Mapas de relación Br/Cl
7.19. Relación entre las concentraciones de Br y Cl (mg/l) para las cuatro campañas
7.20. Mapas de relación Cl/HCO3
7.21. Mapas de relación SO4/Cl
7.22. Relaciones entre el TSD, cloruros y sulfatos
7.23. Relaciones entre cloruros e iones
7.24. Mapa de isontenido en ΔSO4 (meq/l)
7.25. Mapa de isocontenido en porcentaje de agua de mar
7.26. Evolución del Δión en las aguas según el contenido creciente del ión Cl (D es el Δiónico)
7.27. Correlaciones entre ΔCa y (ΔNa+ΔK), para la explicación de un proceso de intercambio iónico
7.28. Mapa de isocontenido en ΔBr (meq/l)
7.29. Relación entre las concentraciones de B y Cl para las cuatro campañas
7.30. Mapa de isocontenido en ΔB (meq/l)
7.31. Relación entre las concentraciones de Sr y Cl para las cuatro campañas
7.32. Mapa de isocontenido en ΔSr (meq/l)
7.33. Mapas de isocontenido en estroncio
7.34. Relación entre las concentraciones de Cl y Li en meq/l
7.35. Mapa de isocontenido en ΔLi (meq/l)
7-35bis. Mapa de isocontenido en Litio para las cuatro campañas
7.36. Mapa de registros verticales de conductividad-temperatura en sondeos de la red de control de salinidad
7.37 a 7.45. Registros verticales de conductividad-temperatura de los sondeos de la red de control
7.46. Mapa de situación de sondeos y perfiles hidroquímicos
7.47. Perfil hidroquímico I-I
7.48. Perfil hidroquímico II-II
7.49. Perfil hidroquímico III-III

CAPÍTULO 8

8.1. Mapas de posición de variables (sin y con rotación Varimax)
8.1bis. Mapas de posición de observaciones (sin y con rotación Varimax)
8.2. Mapas de posición de observaciones y variables hidroquímicas
8.2bis. Mapa de variables-observaciones
8.3. Dendrogramas de variables hidroquímicas

8.4. Análisis cluster (K.means) de variables hidroquímicas
8.5. Secuencia Temporal piezometría-lluvia. Sondeo M-1-1. Periodo abril/74 a noviembre/95
8.6. Serie original y funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para el sondeo M-1-1
8.7. Serie original y funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para el sondeo M-1-1 con diferenciación estacional de orden 1
8.8. Prueba de ajuste a la normalidad y predicción del modelo a 24 meses
8.9. Residuales de la FA y FAP. Función de predicción del modelo
8.10. Ejemplo de salinización localizada del acuífero, por la transferencia de agua salada por recarga vertical desde lentejones colgados y zonas de marismas (a mayor potencial de carga). La inversión de gradientes favorece y acelera el fenómeno
8.11. Ejemplo de relación entre señal de entrada (lluvia) y respuesta impulsional del sistema (nivel piezométrico)
8.12. Función de autocorrelación de la lluvia y nivel piezométrico
8.13. Correlación cruzada precipitación-nivel piezométrico
8.14. Análisis espectral. Lluvia y nivel piezométrico

CAPÍTULO 9

9.1. Diagramas de potabilidad química (1975 y 1995)
9.2. Diagrama para la clasificación de las aguas de riego. Diagrama BLASCO y DE LA RUBIA. Abril de 1975 y Noviembre de 1995.

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 3

3.1. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación anual (Grupo 8)
3.2. Datos para el cálculo de la precipitación media en el sector de estudio (periodo 1950-51/1994-95)
3.3. Resultado de los cálculos de la precipitación media por el método de las isoyetas
3.4. Cálculos de la precipitación media por los polígonos de Thiessen
3.5. Valores de la Pm (mm) obtenida por los diferentes métodos
3.6. Pluviometrías medias entre los distintos métodos de cálculo (año medio, seco y húmedo)
3.7. Temperaturas, ETP y ETR anuales medias (periodo de estudio 1950-51/1994-95)

CAPITULO 4

4.1. Superficie de las principales cuencas vertientes del Parque Nacional de Doñana
4.2. Aportaciones medias anuales de los principales cauces (ITGE, 1993)

CAPITULO 7

7.1. Condiciones para la recogida y conservación de las muestras
7.2. Relación de los métodos de análisis aplicados a la determinación de los diferentes parámetros fisico-químicos
7.3. Periodo de control y fecha de realización de los registros verticales en los sondeos de la red

CAPITULO 8

8.1. Matriz de correlación entre variables hidroquímicas
8.2. Matriz de covarianza entre variables hidroquímicas
8.3. Extracción de los factores (componentes principales)
8.4. Matriz factorial de las variables hidroquímicas
8.5. Matriz factorial rotada (método Varimax)
8.6. Matriz de transformación factorial
8.7. Extracción de componentes principales
8.8. Matriz factorial de las componentes principales
8.9. Matriz factorial rotada (método Varimax)
8.10. Análisis cluster de observaciones y agrupaciones bidimensionales
8.11. Valores de los parámetros para el modelo (1,0,0) (0,1,1)12
8.12. Valores obtenidos de los diferentes test para los distintos modelos considerados
8.13. Error de estimación del modelo para el periodo enero/95-septiembre/95
8.14. Valores de predicción del modelo para el nivel piezométrico del sondeo M-1-1
8.15. Datos del coeficiente de correlación cruzada (r) para los lags considerados (k) entre las variables lluvia-nivel piezométrico

CAPITULO 9

9.1. Resumen del Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 3

3.1. Relación de estaciones meteorológicas objeto de estudio
3.2. Grupo de estaciones establecidas en el área
3.3. Estaciones del Grupo 8. Datos corregidos y completados (P anual en mm)
3.4. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 8
3.5. Modelo de regresión lineal múltiple para el Grupo 8
3.6. Análisis de la varianza de la regresión múltiple
3.7. Matriz de correlación simple del Grupo 8

CAPITULO 5

5.1. Principales características de los sondeos por sectores
5.2. Características de los sondeos localizados en el P.N. Doñana (ITGE, 1992)
5.3. Datos del Balance de investigaciones previas

CAPITULO 6

6.1. Periodo de información de los distintos sondeos de la zona de estudio

CAPITULO 7

7.1. Concentraciones de los iones mayoritarios en el agua de mar según diversos autores (mg/l)
7.2. Características más importantes de los iones mayoritarios
7.3. Valores característicos de la relación I/Cl en aguas naturales (WONG, 1991).

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. CLIMATOLOGÍA

Anexo 1. Estaciones del Grupo 1 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 1. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 2 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 2. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 3 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 3. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 4 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 4. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 5 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 5. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 6 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 6. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 7 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 7. Totales y acumulados
Anexo 1. Estaciones del Grupo 8 completadas y corregidas
Anexo 1. Estaciones del Grupo 8. Totales y acumulados
Figura 1. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 1 (P anual en mm)
Figura 2. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 1. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 3. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 1. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 1. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 1)
Tabla 1. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 1
Figura 4. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 2 (P anual en mm)
Figura 5. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 2. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 6. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 2. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 2. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 2)
Tabla 2. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 2
Figura 7. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 3 (P anual en mm)
Figura 8. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 3. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 9. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 3. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 3. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 3)
Tabla 3. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 3

Figura 10. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 4 (P anual en mm)
Figura 11. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 4. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 12. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 4. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 4. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 4)
Tabla 4. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 4
Figura 13. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 5 (P anual en mm)
Figura 14. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 5. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 15. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 5. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 5. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 5)
Tabla 5. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 5
Figura 16. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 6 (P anual en mm)
Figura 17. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 6. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 18. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 6. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 6. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 6)
Tabla 6. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 6
Figura 19. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 7 (P anual en mm)
Figura 20. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 7. Valores: Precipitación anual en mm
Figura 21. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 7. Valores: Precipitación anual en mm
Cuadro 7. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 7)
Tabla 7. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 7
Cuadro 8. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Abalario
Cuadro 9. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones
Cuadro 10. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos
Cuadro 11. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo
Cuadro 12. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar

Cuadro 13. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena
Cuadro 14. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva
Cuadro 15. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa
Cuadro 16. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma
Cuadro 17. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito
Cuadro 18. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mediana
Cuadro 19. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mimbrales
Cuadro 20. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas
Cuadro 21. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 22. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Abalario (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 23. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 24. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 25. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 26. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 27. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 28. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 29. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 30. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 31. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Mediana (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 32. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Mimbrales (capacidad de campo=75mm)
Cuadro 33. Cálculo de los valores de ETR para los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas (capacidad de campo=75mm)
Figura 22. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación El Abalario
Figura 23. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones

Figura 24. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos
Figura 25. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar
Figura 26. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo
Figura 27. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena
Figura 28. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva
Figura 29. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa
Figura 30. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma
Figura 31. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito
Figura 32. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación La Mediana
Figura 33. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Los Mimbrales
Figura 34. Balance hídrico de los años húmedo, seco y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas

ANEXO 2. INVENTARIO PUNTOS DE AGUA

Tabla 1. Datos técnicos de los sondeos de la zona regable Almonte-Marismas (según IARA, 1974)
Figura 1. Corte geológico I-I´
Figura 2. Corte geológico II-II´

ANEXO 3. MAPAS DE ISOPIEZAS Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS

Figura 1. Mapas de isopiezas del mes de Enero para las 4 campañas
Figura 2. Mapas de isopiezas del mes de Febrero para las 4 campañas
Figura 3. Mapas de isopiezas del mes de Marzo para las 4 campañas
Figura 4. Mapas de isopiezas del mes de Abril para las 4 campañas
Figura 5. Mapas de isopiezas del mes de Mayo para las 4 campañas
Figura 6. Mapas de isopiezas del mes de Junio para las 4 campañas
Figura 7. Mapas de isopiezas del mes de Julio para las 4 campañas
Figura 8. Mapas de isopiezas del mes de Agosto para las 4 campañas
Figura 9. Mapas de isopiezas del mes de Septiembre para las 4 campañas
Figura 10. Mapas de isopiezas del mes de Octubre para las 4 campañas
Figura 11. Mapas de isopiezas del mes de Noviembre para las 4 campañas
Figura 12. Mapas de isopiezas del mes de Diciembre para las 4 campañas
Figura 13. Mapas de isopiezas de los meses Enero a Abril de 1995
Figura 14. Mapas de isopiezas de los meses Mayo a Agosto de 1995

Figura 15. Corte hidrogeológico I-I´(nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 16. Corte hidrogeológico II-II´(nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 17. Corte hidrogeológico III-III´(nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 18. Corte hidrogeológico IV-IV´(nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 19. Corte hidrogeológico I-I´(nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 20. Corte hidrogeológico II-II´(nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 21. Corte hidrogeológico III-III´(nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 22. Corte hidrogeológico IV-IV´(nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 23. Corte hidrogeológico I-I´(nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 24. Corte hidrogeológico II-II´(nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 25. Corte hidrogeológico III-III´(nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)
Figura 26. Corte hidrogeológico IV-IV´(nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)

ANEXO 4. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO

Cuadro 1. Resultados analíticos de la 1ª campaña
Cuadro 2. Resultados analíticos de la 2ª campaña
Cuadro 3. Resultados analíticos de la 3ª campaña
Cuadro 4. Resultados analíticos de la 4ª campaña
Cuadro 5. Principales relaciones iónicas de las 4 campañas de muestreo
Cuadro 6. Valores de los Δiónicos para las muestras de las 4 campañas
Cuadro 7. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 1ª campaña de muestreo
Cuadro 8. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 2ª campaña de muestreo
Cuadro 9. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 3ª campaña de muestreo
Cuadro 10. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 4ª campaña de muestreo
Figura 1. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-11
Figura 2. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-13
Figura 3. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-14
Figura 4. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-16
Figura 5. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-17
Figura 6. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo 1-5-20
Figura 7. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-1-1
Figura 8. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-2-6
Figura 9. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-4-3
Figura 10. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-7-6

Figura 11. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo 1-6-10

ANEXO 5. INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU UTILIZACIÓN PARA RIEGO (PROGRAMAS AGUAS)

Cuadro 1. Sondeo AM-12, 26-11-94
Cuadro 2. Sondeo AM-12, 30-04-95
Cuadro 3. Sondeo AM-12, 06-08-95
Cuadro 4. Sondeo AM-12, 03-11-95
Cuadro 5. Sondeo AM-13, 26-11-94
Cuadro 6. Sondeo AM-13, 30-04-95
Cuadro 7. Sondeo AM-13, 06-08-95
Cuadro 8. Sondeo AM-13, 03-11-95
Cuadro 9. Sondeo AM-14, 26-11-94
Cuadro 10. Sondeo AM-14, 30-04-95
Cuadro 11. Sondeo AM-14, 06-08-95
Cuadro 12. Sondeo AM-14, 03-11-95
Cuadro 13. Sondeo AM-16, 26-11-94
Cuadro 14. Sondeo AM-16, 30-04-95
Cuadro 15. Sondeo AM-16, 06-08-95
Cuadro 16. Sondeo AM-16, 03-11-95
Cuadro 17. Sondeo AM-17, 26-11-94
Cuadro 18. Sondeo AM-17, 30-04-95
Cuadro 19. Sondeo AM-17, 06-08-95
Cuadro 20. Sondeo AM-17, 03-11-95
Cuadro 21. Sondeo 1-5-5, 26-11-94
Cuadro 22. Sondeo 1-5-5, 30-04-95
Cuadro 23. Sondeo 1-5-5, 06-08-95
Cuadro 24. Sondeo 1-5-5, 03-11-95
Cuadro 25. Sondeo M-4-8, 26-11-94
Cuadro 26. Sondeo M-4-8, 30-04-95
Cuadro 27. Sondeo M-4-8, 06-08-95
Cuadro 28. Sondeo M-4-8, 03-11-95
Cuadro 29. Sondeo AM-8, 26-11-94
Cuadro 30. Sondeo AM-8, 30-04-95
Cuadro 31. Sondeo AM-8, 06-08-95
Cuadro 32. Sondeo AM-8, 03-11-95
Cuadro 33. Sondeo M-1-1, 26-11-94
Cuadro 34. Sondeo M-1-1, 30-04-95
Cuadro 35. Sondeo M-1-1, 06-08-95
Cuadro 36. Sondeo M-1-1, 03-11-95
Cuadro 37. Sondeo M-2-6, 26-11-94
Cuadro 38. Sondeo M-2-6, 30-04-95
Cuadro 39. Sondeo M-2-6, 06-08-95
Cuadro 40. Sondeo M-2-6, 03-11-95
Cuadro 41. Sondeo M-7-6, 26-11-94
Cuadro 42. Sondeo M-7-6, 30-04-95

Cuadro 43. Sondeo M-7-6, 06-08-95
Cuadro 44. Sondeo M-7-6, 03-11-95
Cuadro 45. Sondeo 1-4-18, 26-11-94
Cuadro 46. Sondeo 1-4-18, 30-04-95
Cuadro 47. Sondeo 1-4-18, 06-08-95
Cuadro 48. Sondeo 1-4-18, 03-11-95
Cuadro 49. Sondeo 1-6-12, 26-11-94
Cuadro 50. Sondeo 1-6-12, 30-04-95
Cuadro 51. Sondeo 1-6-12, 06-08-95
Cuadro 52. Sondeo 1-6-12, 03-11-95

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional de Doñana, como parte representativa de las marismas del Guadalquivir, es una de las zonas húmedas de mayor importancia ecológica tanto de España como de Europa; esta riqueza faunística es posible gracias a la existencia de distintos ecosistemas, que son consecuencia de un difícil equilibrio de distintos factores, entre los que tiene primordial importancia el agua.

La vulnerabilidad de este conjunto y la importancia cultural y científica del parque Nacional de Doñana han tenido como consecuencia el que haya surgido un sentimiento de conservación que ha trascendido de la comunidad científica y ha alcanzado a toda la sociedad. Sin embargo, para conservar es necesario conocer; solamente con información de cómo es la realidad hidrológica del parque y de su entorno será posible tomar decisiones, en el sentido de poder compaginar los intereses de conservación con los de satisfacer las demandas humanas y económicas de la zona.

Los distintos ecosistemas existentes en el Parque presentan un conjunto de particularidades estrechamente ligadas a la cantidad y calidad de las aguas; además coexisten zonas permanente o temporalmente inundadas, junto a otras áridas, en una gran variedad de situaciones hidrológicas diferentes, que se hacen necesario mantener.

En el entorno del Parque existe también una importante demanda de agua, tanto para el consumo de la población como para desarrollar las actividades económicas que se realizan, principalmente la agricultura. A igual que en otras muchas partes de España, el agua fue requerida como motor de desarrollo agrícola y, por tanto, social de las poblaciones del entorno. Fueron muchas las expectativas que la transformación de las marismas y su posterior puesta en regadío habían levantado, aunque bastantes resultaron frustradas.

No obstante, es la transformación en regadío de parte de la marisma lo que ha supuesto una mayor incidencia en el entorno del Parque nacional de Doñana. Las zonas pantanosas eran consideradas, en siglos pasados, perjudiciales para la salud y su transformación en zonas de cultivo fue un deseo que perduró hasta hace pocos años y del que hay multitud de ejemplos en España y otros países del mundo. Con este espíritu se comenzaron a realizar, a finales del siglo XVIII y principios del XIX, los primeros proyectos de desecación de las marismas para su transformación en terrenos de cultivo.

Esta intervención del hombre ha reducido considerablemente la superficie de la marisma en estado natural. Se estima que de una superficie inicial de 150.000 ha se ha pasado a las 27.000 ha actuales, todas ellas incluidas dentro del Parque.

En el año 1969 se creó el Parque Nacional de Doñana, con una superficie inicial de 40.000 ha, que se amplió, en el año 1978, hasta 50.000 ha, complementadas con un preparque dotado de unas 23.000 ha.

Si la transformación en terrenos de cultivo ha supuesto la mayor afección a las marismas del

Guadalquivir, la creación del Parque Nacional de Doñana significa un cambio radical en la postura de la Administración española respecto a las marismas. Así, en el año 1969, justamente el 14 de agosto se crea por decreto-ley el Parque Nacional de Doñana, aunque con anterioridad, en el año 1964, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas constituyó la Reserva Biológica de Doñana adquiriendo 7.000 ha para tal fin. Años más tarde, ADENA-WWF adquiere 3.000 ha constituyendo con ellas la conocida Reserva del Guadiamar.

En 1978 se fortalece el parque con la Ley 91/78 de 28 de diciembre de 1978, en la que se establece el régimen jurídico de Doñana; en esta ley se fijan los límites actuales del parque y se crean cinco zonas de protección (entre ellas el Preparque Norte, objeto de estudio en esta Tesis Doctoral), con lo que la superficie actual es de unas 73.000 ha, lo que lo convierte en el mayor de los parques nacionales españoles.

El 12 de diciembre de 1984, por Real Decreto 2421/1984, se crea el Plan Rector de Uso y Gestión, en donde se "*incluirán las directrices generales de ordenación y usos del Parque Nacional, así como las normas de gestión de las actuaciones necesarias para la conservación y protección de los valores naturales y para garantizar el cumplimiento de las finalidades de investigación, interpretación de los fenómenos de la naturaleza, educación ambiental y de uso y disfrute por los visitantes*".

A raíz de esta ley se crea el Patronato, integrado por 27 miembros electivos y siete natos. Su organización se estructura en órganos unipersonales y colegiados. Dentro de las competencias del Patronato, el Grupo de Aguas aporta su opinión especializada en "*velar por el cumplimiento de las normas para la más eficaz defensa del Parque nacional y realizar cuantas gestiones estime beneficiosas para el mismo*" sobre cualquier aspecto relacionado con los recursos hídricos.

De todas formas, el conflicto de mayor trascendencia, desde el punto de vista público, es sin duda, el que suscita las acciones entorno al Parque, por su repercusión internacional. La más conocida es el Plan de Riegos Almonte-Marismas, inadecuado en su dimensionalidad y en su ubicación, sostenido por la extracción de aguas del antes llamado acuífero nº 27, y que actualmente se llama Unidad Hidrogeológica 05-51 (Almonte-Marismas), una zona costera urbanizada de forma dudosa, alimentada por las aguas de esta unidad, y una población que supera los 200.000 habitantes (22 núcleos de población de las provincias de Huelva y Sevilla).

Este Plan de Riegos tuvo su inicio cuando la F.A.O. en 1996, establece con el Gobierno Español, un convenio para efectuar un estudio regional de recursos hidrogeológicos en el valle del Guadalquivir. En el "Proyecto del Guadalquivir" intervienen, además, el antiguo Instituto Geológico y Minero de España (actual ITGE), el Instituto Nacional de Colonización (hoy IRYDA) y la Dirección General de Obras Hidráulicas. Como consecuencia de las investigaciones del proyecto del Guadalquivir, se declara de interés nacional la transformación de la zona regable Almonte-Marismas (Mayo de 1971).

En julio de 1972 se aprueba la primera parte del Plan General de Transformación de Riegos Almonte-Marismas, que incluye la captación y evaluación de los caudales de agua subterránea

necesarios para transformar la zona de riego. En agosto de 1974, se aprueba la segunda parte del Plan General de Transformación que establece las directrices para la puesta en riego de la zona Almonte-Marismas.

A partir de los estudios realizados por el Proyecto Guadalquivir se decide la puesta en riego de 24.000 ha con aguas subterráneas, eligiéndose dentro del acuífero la zona con mayores posibilidades de captación, zona al norte del Parque Nacional de Doñana, en el límite de contacto de las arenas con las marismas (La Vera).

Inicialmente se divide la zona en seis sectores de riego, eliminándose casi de inmediato el número 6, entre Almonte e Hinojos, por no dar los caudales esperados. El primer sector que se entrega parcialmente en riego a los agricultores es el nº 3, situado al norte de El Rocío, con una superficie prevista de riego de 4.575 ha sobre un total de 4.799 ha totales posibles.

Actualmente están en explotación la mayor parte de los sectores, a excepción del sector Marismas por el alto grado de salinización de sus aguas.

Es sin duda, por tanto, un gran problema la sobreexplotación que viene sufriendo la unidad Almonte-Marismas desde hace varias décadas, lo que se hace necesario, por parte de la Administración, la puesta en marcha de un plan de regadíos con aguas superficiales tal y como se viene haciendo en otro sistema acuífero de idénticas características (Acuífero Ayamonte-Huelva).

Este trabajo de investigación pretende contribuir al conocimiento de los procesos de salinización de las aguas del acuífero en un sector del Preparque Norte, y aportar recomendaciones que contribuyan a mejorar la gestión del agua por parte de la Administración.

AGRADECIMIENTOS

Es bastante difícil enumerar a todas las personas que de una manera u otra han hecho posible esta investigación, como tampoco es fácil resumir en pocas palabras lo que su ayuda ha supuesto. A lo largo de todo el periodo de preparación, planteamientos, realización y redacción del trabajo he necesitado la ayuda de varias personas, de las cuales he recibido palabras de apoyo, quitándoles tiempo de su trabajo. A todos y a cada uno quiero brindarles el fruto de ese tiempo y dedicarles este apartado como muestra de mi infinita gratitud.

En primer lugar quiero agradecer al **Dr. Arsenio González Martínez**, amigo personal y Director de esta Tesis Doctoral, la confianza que, desde un primer momento, puso en mí y en mi trabajo, sus palabras de aliento, el entusiasmo con que dirigió la investigación y sus oportunos consejos. Su dirección ha constituido un punto de referencia sólido, refugio de dudas y desánimos. Sirvan estas palabras como prueba de reconocimiento a quien confió en mi y me inició en la investigación.

Debo expresar asimismo mi más sincero agradecimiento al **Departamento de Geología** de la Universidad de Huelva, que aceptó aprobar el Proyecto de Tesis, integrado en el Programa de Doctorado que imparte. Especialmente al **Dr. Jesús Damián de la Rosa Díaz**, compañero de promoción, por su aceptación incondicional al ser el Tutor de esta Tesis en dicho Departamento.

También debo expresar mi más sincero agradecimiento al **Dr. Diego Luis Orihuela Calvo**, gran amigo y compañero del Grupo de Investigación en el cual investigo, por enseñarme esos maravillosos conocimientos de Doñana y saber querer esa naturaleza, además de haber compartido conmigo los duros días de reconocimiento del terreno y sus opiniones sobre los estudios estadísticos aplicados.

Mi más sincero agradecimiento a **Juan Antonio López Geta**, del Instituto Tecnológico y Geominero de España, en Madrid, porque fue él quién me dio la idea y aconsejó sobre el estudio a realizar en Doñana, después de haber barajado varias hipótesis de trabajo.

Mi gratitud al Dr. **Luigi Tulipano** de la Universitá Politécnica di Bari (Italia), por haberme acogido bajo su tutoría durante mi estancia en el Instituto di Geología Applicata e Geotecnica de dicha Universidad. Sus indicaciones sobre la metodología hidrogeológica, sus oportunas críticas y saber han sido para mí de inestimable ayuda y apoyo.

A la Dra. **Dolores Fidelibus**, de la cual me honro haber trabajado junto a una persona con inestimables conocimientos de hidroquímica, así como sus inquietudes investigadoras. Siempre recordaré las horas de trabajo compartidas, como una de las experiencias más entrañables de mi trayectoria investigadora.

Asimismo a dos grandes compañeras y amigas, la Dra. **Elena Giménez Forcada**, la cual conocí en la defensa de su Tesis Doctoral en Granada pues su trabajo ha sido para mí el punto de partida en la investigación que he llevado a cabo, y **Patricia González Hernández** del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de La Habana (Cuba) que no escamotéo ni un segundo para darme sus opiniones sobre el capítulo de hidroquímica durante mi estancia en dicho centro.

A dos compañeros de promoción y grandes investigadores de la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva, los **Dres. José Borrego Flores y Juan Antonio Morales González** por su visión y aportación sobre la geología y sedimentología de la zona.

A mis estimados amigos, e inseparables compañeros en las duras tareas de campo, **Juan Manuel Fernández, Rocío Reales y Ramón Garrido**, que sin su ayuda hubiera sido casi imposible realizar las distintas campañas en unas tierras tan difíciles como son las marismas del Guadalquivir.

Entre los organismos públicos mi especial gratitud al **IARA** (Sevilla), en la persona del **Dr. Joan Corominas**, que no puso trabas en facilitarme todo lo referente al Proyecto de Transformación Agraria Almonte-Marismas.

A la empresa **TRAGSATEC**, en la persona del **Dr. Juan Martínez Rubio**, gran amigo y compañero que me facilitó todos los datos sobre la ejecución de los sondeos en el entorno de Doñana.

Al ITGE, en las personas de **Miguel Martín Machuca** y **Diego Martín Sosa**, ambos de las oficinas de Sevilla, por haberme facilitado cuanto he necesitado de los sondeos de la zona y bibliografía necesaria.

Al **Centro Meteorológico Territorial de Andalucía Occidental** por haberme ofrecido la base de datos termo-pluviométricos necesarios para el estudio climatológico en la zona.

A la **Asociación de Industrias Químicas y Básicas de Huelva**, así como a la **Universidad de Huelva**, que hizo posible esta investigación por medio de la concesión de sendas becas en el convenio AIQB-Universidad de Huelva y Ayuda a Doctorandos.

No puedo olvidar a **Alfonso Roldán** y **Esteban**, amigos que me enseñaron palmo a palmo la marisma y ofrecieron toda la ayuda que necesité durante mis visitas de reconocimiento y toma de muestras, ya que para mí fue primordial haberlos conocido cuando por primera vez me introduje en la marisma. También a **Antonio Domínguez Larios**, guarda de Doñana, ya jubilado, que me regaló un libro manuscrito de su puño y letra sobre su vida en Doñana.

Es mi deber, también, agradecer a la **Estación Biológica de Doñana** del CSIC (Sevilla) en la persona de **Franca Jordá**, por haberme facilitado todo lo necesario para inscribir este Proyecto de Investigación en el Patronato de Doñana, así como facilitarme los distintos permisos para la realización de la investigación en el Parque.

Sólo me queda agradecer el ánimo y apoyo encontrado en mi familia, a mi mujer **Pepa** que supo apoyarme en los momentos más dificiles durante este largo trabajo y a mis hijos **Almudena y Sergio** que con su presencia me alentaron a seguir adelante, por lo que cada palabra, cada línea, cada espacio en blanco de este trabajo es un homenaje a su valor, a sus ternuras y a sus vidas.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

1.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Como es bien conocido, el Parque Nacional de Doñana es una reserva faunística y de vegetación de características únicas en Europa. Lo que es menos conocido es que este enclave es también un punto de gran interés geológico.

El estado actual de la geología superficial del entorno del Parque es consecuencia de la evolución que ha sufrido la cuenca desde su formación, y no puede describirse sin remontarse a períodos muy antiguos. Esta evolución está íntimamente ligada tanto a los procesos que han intervenido en la formación de la gran depresión del Guadalquivir como a los fenómenos geológicos más locales que han actuado durante los últimos millones de años, cerca de la línea de costa actual, cuya posición ha variado mucho durante este tiempo. Esta intensa actividad a que se ha visto sometida la zona se ha debido a varios fenómenos que han actuado conjuntamente: esfuerzos tectónicos, variaciones del nivel del mar, procesos de sedimentación, etc.

Los primeros conocimientos que tenemos de esta zona, se atribuyen a GONZALO Y TARIN (1877-1888), que fue el primer autor que realizó un estudio geológico sobre los materiales de la provincia de Huelva. En este estudio diferencia entre los materiales del Mioceno y Plioceno.

CALDERÓN (1988) realiza un estudio estratigráfico de las calcarenitas y margas del Mioceno de la depresión del Guadalquivir basándose en el estudio de los foraminíferos.

GAVALA y LABORDE (1916) inician las primeras investigaciones petrolíferas en la provincia de Cádiz y los primeros ensayos de tipo tectónico.

PACHECO (1926) en su trabajo de síntesis geológica de Sierra Morena, describe los depósitos miocenos y plantea la dificultad de situar el límite Mioceno-Plioceno.

HERNÁNDEZ-PACHECO (1932) realiza las primeras investigaciones acerca de la formación y evolución de los depósitos cuaternarios de las líneas de costa de la provincia de Huelva.

SOLE SABARIS (1952) afirma que a principios del Plioceno tuvo lugar un levantamiento de la línea de costa, con posterior erosión de los terrenos emergidos debido al descenso del nivel de base de la red fluvial, seguido a finales de este período con otro levantamiento de la línea de costa en el arco bético, tras la activa sedimentación que produjo una subsidencia generalizada y un ensanchamiento de la plataforma continental hacia el Este.

En la década de los años 60 la F.A.O. establece con el Gobierno Español un convenio para efectuar un estudio regional de los recursos hidrogeológicos en el valle del Guadalquivir; en este proyecto intervienen además el I.G.M.E., el IRYDA y la Dirección General de Obras Hidráulicas. Para ello se llevaron a cabo la ejecución de varios sondeos, los cuales han ayudado a conocer mejor las características del subsuelo de las Marismas del Guadalquivir.

PERCONIG (1961), en el primer Congreso Hispanoamericano de Geología Económica,

admite el carácter transgresivo de los materiales Neógenos marinos de la depresión del Guadalquivir, pero duda de la existencia de la supuesta falla que discurre por debajo del río que da nombre a esta depresión.

Hacia 1971 se pone en marcha el Proyecto de Transformación Agraria Almonte-Marismas (PTAAM), que resultó como consecuencia de las investigaciones del proyecto del Guadalquivir, al declarar de interés nacional la transformación de la zona regable Almonte-Marismas. Para ello se realizaron un total de 462 sondeos, distribuidos en varios sectores, con una profundidad media de 110 metros.

VIGUIER (1974) en su Tesis Doctoral realiza un amplio estudio estratigráfico y tectónico en la parte occidental de la cuenca del Guadalquivir.

COULLAUT SÁEZ DE SICILIA et al. (1978) dividen los materiales neógenos en dos tramos diferentes, ambos de edad miocena; el tramo inferior formado por un conjunto de brechas calcáreas y conglomerados calizos que engloban cantos de pizarras, rocas volcánicas y cuarzo, y el tramo superior formado por una serie monótona de margas azules compactas.

RAMBAUD (1978) estudia por teledetección la distribución de focos volcánicos y yacimientos en la faja pirítica onubense, en relación con alineaciones estructurales.

DABRIO (1982) estudia la evolución de la costa oeste onubense en los últimos 2500 años, haciendo una reconstrucción evolutiva de la misma.

SIERRO et al. (1982) estudian el afloramiento de Niebla donde aparecen las margas azules directamente en contacto con el zócalo mesozoico.

MORENO (1982) realiza un estudio detallado sobre la estratigrafía, paleogeografía, génesis y modelos sedimentarios de las series carboníferas de las facies CULM.

MARTÍNEZ DEL OLMO et al. (1984) elaboran estudios muy completos de toda la depresión del Guadalquivir, estableciendo nuevos modelos deposicionales en base a la aplicación de modernas teorías del análisis de cuencas.

PORTERO et al. (1984) deduce que la cuenca del Guadalquivir, una de las principales cuencas terciarias de la Península Ibérica, fue configurada durante el Neógeno y rellenada por sedimentos marinos, generada por subsidencia isostática y flexión de la litosfera a consecuencia de la formación de las Béticas.

RODRÍGUEZ VIDAL y PENDÓN (1985) con ayuda de datos sedimentológicos y geomorfológicos han contribuido al establecimiento del límite Plio-Pleistoceno, muy confuso en algunas zonas de la provincia.

CIVIS et al. (1987) realizan un trabajo paleontológico en las unidades estratigráficas del mioceno onubense, proponiendo las denominaciones formales de "Formación Calcarenita de

Niebla" y "Formación Margas Azules de Gibraleón" para los términos anteriormente citados por COULLAUT.

GONZÁLEZ DÍEZ (1986) realiza estudios de índole mineralógica de los sedimentos arcillosos y su relación con las condiciones de formación y evolución dentro de la cuenca sedimentaria.

ZAZO et al. (1986) llevan a cabo importantes investigaciones sobre el Cuaternario, especialmente las referentes al litoral (variaciones de las líneas de costa y del nivel del mar).

GONZÁLEZ-REGALADO (1986) estudia las asociaciones de foraminíferos presentes en las arenas Pliocenas de los alrededores de Huelva.

MAYORAL y PENDÓN (1986) estudian las icnofacies de las arenas basales proponiendo para este término la denominación de "Arenas de Bonares", destacando el origen marino de foreshore de la misma.

PENDÓN y RODRÍGUEZ VIDAL (1987) realizan un modelo de circulación fluvial en la red inicial cuaternaria que originó la llamada formación roja o "glacis", concluyendo que su origen es un río trenzado caracterizado por numerosos aportes clásticos groseros del área fuente que se encontraría en el norte de la Provincia, denominando a esta formación "Alto Nivel Aluvial".

FLORES (1989) estudia las deformaciones tectónicas recientes y pone de manifiesto la existencia de una actividad compresiva, que tuvo lugar posteriormente a la distensión de los materiales neógenos. Esta actividad afectó a los materiales del Neógeno marino y a los depósitos pleistocénicos antiguos, pero no se manifiesta en el Alto Nivel Aluvial, por lo que deduce una edad Pleistocena para esta actividad compresiva.

CIVIS et al. (1990) realizan estudios micropaleontológicos y establecen la sistemática de numerosos fósiles importantes en la provincia de Huelva.

SIERRO et al. (1990) dividen el Neógeno de toda la cuenca en cinco secuencias deposicionales, que coinciden en gran medida con los resultados obtenidos por MARTÍNEZ DEL OLMO et al. (1984).

En 1990 y bajo la coordinación del Dr. CUSTODIO, se llevaron a cabo estudios sobre las muestras de los sondeos del PTAAM, con el fin de elaborar un análisis de la estratigrafía y sedimentología de varios sondeos representativos en relación con el Parque Nacional de Doñana, como estudio encargado por la Junta de Andalucía a una Comisión de Expertos sobre el Entorno de Doñana.

RODRÍGUEZ RAMÍREZ (1996), realiza (en su Tesis Doctoral) un amplio estudio geomorfológico de la zona, donde pone de manifiesto las deformaciones neotectónicas que afectan a los materiales cuaternarios, datación de varios niveles de terrazas fluviales y la variación sufrida por la costa en los últimos años.

1.2. ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS

Los estudios hidrogeológicos en la Cuenca del Guadalquivir (por parte del IGME) datan de la década de los años 60, por lo que se puede decir que son anteriores al comienzo de la evaluación de los recursos subterráneos por la puesta en marcha del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

GEA et al. (1965) realizan el primer trabajo de exploración y evaluación de recursos subterráneos; su trabajo se centra principalmente en la provincia de Huelva y más concretamente en los acuíferos detríticos costeros de Ayamonte-Huelva y Almonte-Marismas.

F.A.O. (1966) establece con el Gobierno Español un convenio para efectuar un estudio regional de recursos hidrogeológicos en el valle del Guadalquivir. En el "Proyecto del Guadalquivir" intervienen, además, el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.), el Instituto Nacional de Colonización (hoy IRYDA) y la Dirección General de Obras Hidráulicas. Como consecuencia de las investigaciones del Proyecto del Guadalquivir, se declara de interés nacional la transformación de la zona regable Almonte-Marismas (Mayo-1971).

COVIAN (1967 y 1978) pone de manifiesto la relación entre las marismas del Guadalquivir y el Parque Nacional de Doñana así como con los proyectos para aprovechamiento agrícola de las mismas, incluyendo un estudio amplio sobre las marismas y mapas ilustrativos de la evolución de toda la zona a través de diferentes períodos geológicos.

A comienzos de 1969 se elabora por parte del IGME el proyecto "Utilización de las aguas subterráneas para el desarrollo agrícola en la Cuenca del Guadalquivir".

VANNEY (1970) realiza un estudio sobre la hidrología de superficie en toda la zona del Bajo Guadalquivir, donde incluye climatología, características de los suelos, características de la ría, régimen fluvial del Guadalquivir y meteorología local.

En 1972 se elabora el "Anteproyecto de transformación en regadío de la zona Almonte-Marismas (margen derecha).

A mediados de 1974 se realiza la segunda parte del Plan General de Transformación, en la que se determinan las directrices para la puesta en riego.

COROMINAS et al. (1976) en el "Informe final de sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas", realizan un estudio pormenorizado del desarrollo constructivo del plan de sondeos, realizando un informe sobre la hidrogeología del acuífero.

El I.G.M.E. (1978) publica un segundo "Informe sobre el control y vigilancia del acuífero Almonte-Marismas durante los años 1975-1977", centrado principalmente en la zona regable. También en 1978 el IGME realiza un modelo matemático, con malla variable, siendo más densa en la zona de transformación de regadío, con el fin de contrastar los datos obtenidos en el estudio hidrogeológico.

LUCENA y GARCÍA (1978) realizan un modelo numérico de previsión para evaluar las repercusiones que puede tener la explotación en el funcionamiento del acuífero. Es una realización a nivel local de la evolución del sistema y la posibilidad de transformación en regadío
del acuífero nº 27; en este estudio se determinan los recursos renovables, procedencia y cuantificación, se estudian los mecanismos de drenaje, los efectos provocados por la explotación, y se fija el nivel de sector, subsector y sondeo de explotación.

A finales de 1979 la Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.U., elabora un informe que comprende un estudio sobre la Hidrología Superficial y Subterránea de la zona correspondiente al Parque Nacional de Doñana y área de influencia, así como las modificaciones que pueden producirse en el ecosistema por efecto del vertido a los cauces del Parque de aguas procedentes de riegos, de las minas de Aznalcóllar y de otras procedencias.

La D.G.O.H. (1979), perteneciente al M.O.P.U., elabora el "Informe hidrogeológico y de recursos hidráulicos. Desagües y vertidos, y posibles incidencias de los mismos en el Parque Nacional de Doñana", destacando los estudios realizados sobre los distintos vertidos que puedan tener incidencia en la ecología del Parque.

MENANTEAU (1980), en su Tesis Doctoral, estudia las Marismas del Guadalquivir como ejemplo de transformación de un paisaje aluvial en el transcurso del Cuaternario reciente.

BAONZA et al. (1982) estudian la "Hidrogeología isotópica de las aguas del Parque Nacional de Doñana y su zona de influencia", en donde se datan las aguas subterráneas y la formación acuífera, a la vez que se realizan hipótesis sobre el funcionamiento hidrogeológico.

El I.G.M.E. (1981) publica una "Síntesis Hidrogeológica de la Cuenca del Guadalquivir" resumiéndose las características más notables de todos los acuíferos que incluye.

El I.G.M.E. (1982) publica el "Estudio Hidrogeológico del acuífero Palos-Moguer (Huelva)", describiendo las aguas subterráneas de la parte más occidental del subsistema Almonte-Marismas.

PORRAS MARTÍN (1983), como director del proyecto "Estudio de la calidad de las aguas subterráneas de Andalucía: situación actual y focos potenciales de contaminación", por encargo del I.G.M.E, realiza un estudio en el que se valoran la calidad de las aguas subterráneas para abastecimiento público, y los posibles focos de contaminación que podrían presentarse.

E.P.T.I.S.A. (1988-1989) realiza un inventario de puntos de aguas de la provincia de Huelva para la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

ORIHUELA (1992) estudia la piezometría y la calidad química del agua del sector III (PTAAM)[1] para el riego, donde pone de manifiesto que el volumen de extracción es superior a la capacidad de recuperación por retorno y pluviometría, así como presencia de nitratos en zonas de cultivos intensivos (fresas y cítricos).

OLÍAS ÁLVAREZ (1995) valora, entre otros parámetros, aquellos que contribuyen a caracterizar, tanto de forma cuantitativa como cualitativa, la recarga del sistema acuífero, con especial énfasis en la identificación de las peculiaridades que a este proceso muestran las principales formaciones litológicas que integran el acuífero.

[1]Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas.

CAPÍTULO 2

GEOLOGÍA

2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuadra en los sectores I y Marismas del Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas (PTAAM) y se sitúa entre las coordenadas geográficas 37°-05/37°-15´ de latitud norte y 6°-12´/6°-25´ de longitud oeste. Está comprendida dentro de un polígono regular, que incluye parte de las provincias de Huelva y Sevilla y, más concretamente, dentro del Preparque Norte del Parque Nacional de Doñana (figura 2.1).

2.2. ENCUADRE GEOLÓGICO

La cuenca del Guadalquivir, una de las principales cuencas terciarias de la península Ibérica, constituye una extensa depresión de morfología alargada, con orientación OSO-ENE, cubierta de materiales marinos y continentales del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, que han ido evolucionando paralelamente al levantamiento de las Cordilleras Béticas (Figura 2..2), y constituye un buen ejemplo de cuenca de antepaís, limitada al norte por el Macizo Ibérico y al sur por las Cordilleras Béticas.

La configuración de la cuenca tuvo lugar durante el Neógeno, rellenándose por sedimentos marinos, como consecuencia de la subsidencia isostática y flexión de la litosfera, resultado de la formación de las Béticas (PORTERO, et al., 1984). La disposición de los materiales es bastante asimétrica y está condicionada por la geometría morfoestructural del sustrato.

2.3. ESTRATIGRAFÍA

Para tener una visión adecuada sobre los diferentes aspectos que conforman el gran número de estudios geológicos sobre el Cuaternario, no basta solo con exponer el conjunto de procesos-fenómenos de reciente actuación, sino que es también necesario conocer la naturaleza del sustrato sobre el cual se va a desarrollar todo el conjunto anterior.

Desde el punto de vista geológico, la zona de trabajo se encuentra localizada en la Cuenca o Depresión inferior del Guadalquivir. En líneas generales, la geología está básicamente constituida por una serie de formaciones cuaternarias (continentales y marinas) que culminan el relleno de la cuenca (Figura 2.3).

En la Figura 2.4 se muestra la columna estratigráfica general del sector.

A continuación se describen las características estratigráficas de las formaciones del sistema Almonte-Marismas, donde se enclava el Parque Nacional de Doñana, el Preparque y el "Entorno de Doñana", que influyen de gran manera en el funcionamiento hidráulico del conjunto. Para ello utilizaremos las denominaciones dadas por diferentes autores en los últimos estudios realizados en la zona y alrededores.

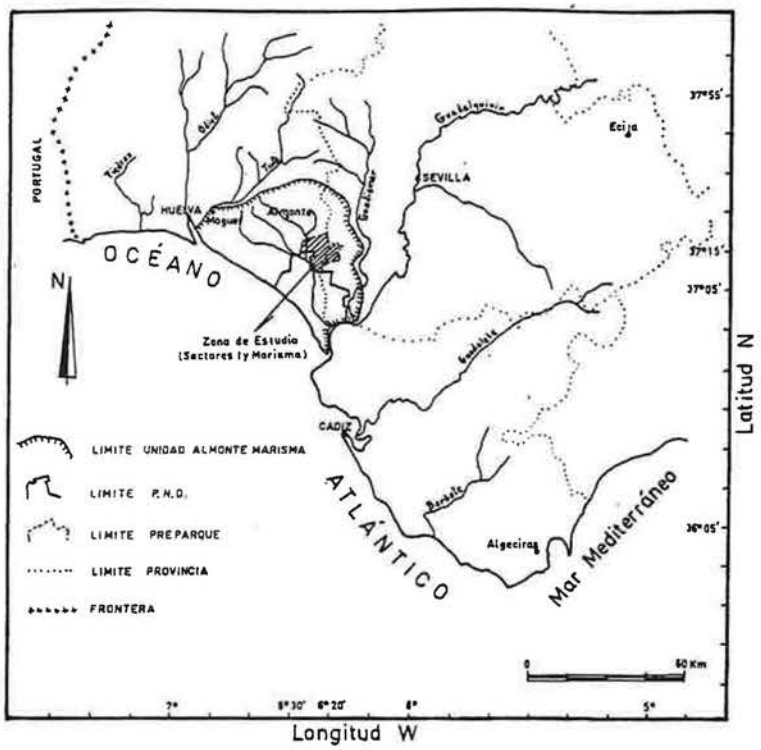


Figura 2.1. Mapa de situación geográfica de la zona de estudio (basado en IGME, 1988)

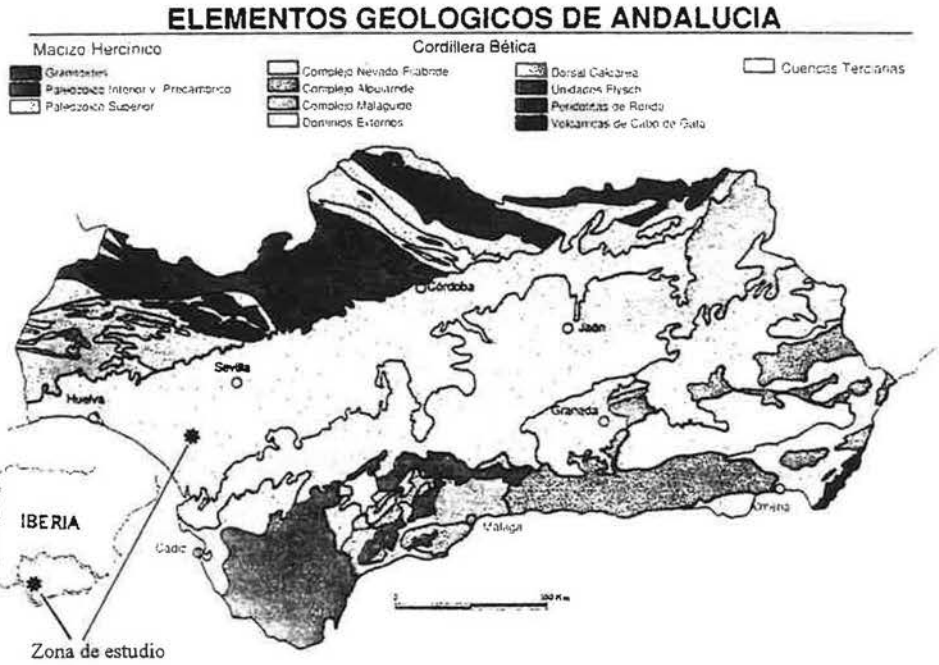


Figura 2.2. Mapa geológico de Andalucía

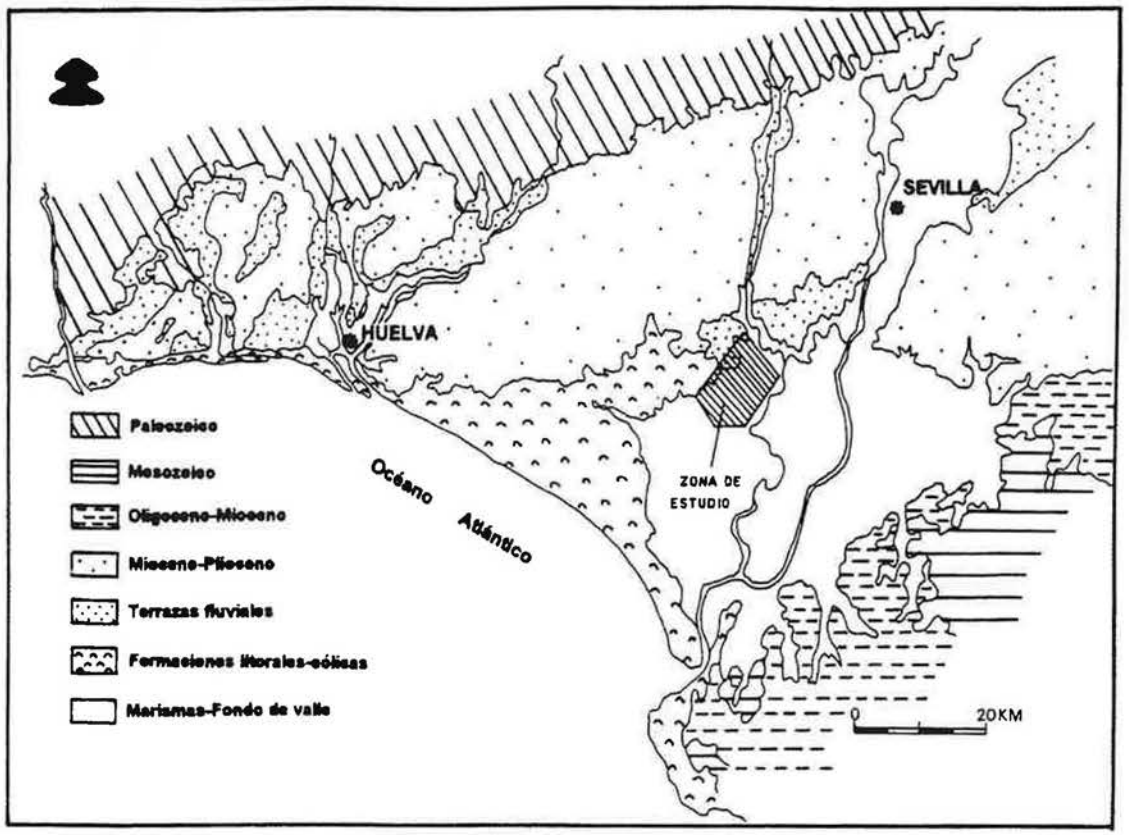


Figura 2.3. Marco geológico general (RAMÍREZ, 1986, modificado)

2.3.1. El Neógeno en la Depresión Inferior del Guadalquivir

Los materiales marinos que rellenan la depresión inferior del Guadalquivir son de edad Neógeno (Mioceno-Plioceno) y afloran a lo largo de amplias extensiones con potencias variables. El contacto de estos materiales con el borde septentrional de la depresión es muy neto, con una dirección SO-NE, debido a un "supuesto" accidente tectónico ("Falla del Guadalquivir"). Por el contrario, el contacto con el borde meridional, a pesar de mantener en general la misma dirección, no es tan neto como el anterior.

Estos materiales neógenos pueden definirse, en función de su génesis y modo de emplazamiento, en dos clases:

* Materiales formados en la propia cuenca, que no han sufrido ningún tipo de traslación (autóctonos) o que lo han hecho ligeramente (parautóctonos).

* Materiales procedentes de otras áreas, que se han emplazado dentro de la cuenca en algún momento determinado (alóctonos).

Los materiales alóctonos aparecen en el borde suroriental de la depresión, constituyendo las denominadas Unidades del Campo de Gibraltar y otras similares. Estas unidades enlazan lateralmente hacia el NO con las formaciones neógenas autóctonas de la depresión.

Los materiales parautóctonos reciben el nombre de Moronitas y están representadas por amplias extensiones en las zonas suroriental de la cuenca. Son unas arcillas blancas bien estratificadas, de baja densidad, con contenido alto en diatomeas y otros organismos silíceos. Estos materiales constituyen el límite oriental de las Marismas del Guadalquivir.

Figura 2.4. Serie tipo del sector (VELA, 1984, modificado)

Los materiales autóctonos están muy bien representados en las provincias de Huelva y Sevilla y algo en la de Cádiz. La litología y las denominaciones de las diferentes formaciones estratigráficas, así como las edades, corresponden a las denominaciones establecidas en trabajos previos realizados por diferentes autores.

De más antiguo a más moderno se distinguen las siguientes formaciones estratigráficas:

- A) Terciario de la Depresión del Guadalquivir.

Dispuestos sobre el Zócalo Hercínico y fosilizando un paleorelieve (RODRÍGUEZ VIDAL, 1992), están presentes unas formaciones detrítico-carbonatadas, de edad Mioceno superior (Formación Calcarenitas de Niebla, Calizas conglomeráticas, etc.) que en su términos más bajos suelen presentar niveles conglomeráticos, con numerosos clastos de rocas paleozoicas. Hacia techo de estas formaciones aparecen niveles de potencias reducidas de arenas fosilíferas que pasan gradualmente a limos y margas arcillosas. Dentro de estas formaciones son muy frecuentes las variaciones laterales de facies.

Formación Calcarenitas de Niebla. Fue definida por CIVIS et al. (1987), y se dispone discordante sobre el zócalo Paleozoico o Mesozoico. Comienza con un conglomerado de base formado por bloques arrancados del basamento, cuya potencia alcanza 1,5 m. Este conglomerado, junto con la existencia de mallas de rodoficeas y otros fósiles de alta energía, indican una transgresión sobre el zócalo. Sobre este conglomerado se disponen unos depósitos calcareníticos característicos, blanco-amarillentos y con gran riqueza de macrofauna, en general mal conservada (bivalvos, equinodermos, etc.). La formación termina con unos niveles de arenas glauconíticas verde oscuras (2-4 m de potencia).Su espesor de conjunto es de unos 30 m, y la edad que se le asigna es Tortoniense (CIVIS et al., op. cit.)

Hacia la zona septentrional y central afloran de forma amplia por toda la depresión unas formaciones margo-arcillosas, que aumentan de potencia de forma considerable hacia el Sur. Se conocen clásicamente por el nombre de Margas Azules o Arcillas Azules y su denominación formal es la de *Formación Arcillas de Gibraleón.*

Formación Arcillas de Gibraleón. Fue definida por CIVIS et al. (op.cit); se trata realmente de arcillas-limosas de color gris-azulado, dispuestas de forma masiva, con horizontes más limosos y/o arenosos ocasionalmente. Presentan un contenido variable de carbonatos entre el 5% y 15%.

Afloran al norte del Parque, en Sanlúcar la Mayor, Paterna del Campo, La Palma del Condado, y hacia el Oeste, bordeando el río Tinto casi hasta Moguer. Son muy ricas en microfauna del Tortoniense (IGME, 1972).

La potencia de esta formación no es muy precisa, dado que hacia techo crece progresivamente su granulometría, haciéndose más arenosa hasta confundirse con la formación superior. Sin embargo varía entre unos 100 m en la zona norte antes mencionada y 1.200 m (IGME, 1972) cortados en sondeos profundos en el Asperillo y Moguer.

En base a la litología y la fauna parece que la transgresión continuó y sin interrupción aparente, pues esta unidad se dispone concordante con la formación anterior.

La edad para esta formación es Tortoniense final-Plioceno inferior (SIERRO, 1984, 1985). El ambiente de deposición es típicamente marino y la estratificación es masiva (IGME, 1983).

Para el periodo correspondiente con estas formaciones (Mioceno final), VIGUIER (1977) describe un hundimiento del zócalo con asiento de la depresión.

En el Tortoniense, se inicia un periodo distensivo regional (ARMIJO et al., 1977), que tendrá una importante repercusión en la geometría de la cuenca neógena, presentando la sedimentación y la tectónica vertical una estrecha relación. Esta distensión se manifiesta principalmente según una dirección N-S (BOUSQUET, 1977), con fallas normales a favor de antiguos accidentes y dará lugar a depresiones, favoreciendo además la transgresión generalizada que alcanza su máximo en el Tortoniense superior.

Formación Arenas de Huelva. Se dispone sobre las dos formaciones anteriores, y fue definida por CIVIS et al. (op.cit). Son unas arenas de grano fino, color amarillo-grisáceas, masivas, sueltas y limosas en la base. La potencia suele ser de unos 20-25 m. Es característico la acumulación, en su parte basal, de glauconita, que llega a constituir un auténtico nivel guía. La edad dada para esta formación es la de Plioceno inferior.

En el Plioceno, la tectónica extensiva Tortoniense N-S pasa a ser E-O (BOUSQUET, 1977) y se manifiesta por medio de fallas N-S. La dirección de estructuras de extensión mio-pliocenas varía en estilo e intensidad en las diferentes partes del Arco de Gibraltar y revela direcciones de extensión que están en función de la curvatura de las Cadenas Béticas. Es decir, cuando estas direcciones son submeridianas las estructuras están orientadas E-O, y cuando se sitúan al nivel de la curvatura máxima del Arco, con direcciones de extensión E-O, las estructuras se desvían y se convierten en N-S.

Formación Arenas de Bonares. Formación constituida por sedimentos detríticos de edad Plioceno, que se disponen de forma erosiva sobre los términos anteriores. En las provincias de Huelva y Sevilla pasan gradualmente a niveles de arenas gruesas, conglomerados y/o gravas.

Fueron definidas por MAYORAL y PENDÓN (1986) en las proximidades de la localidad de la que toman su nombre; con anterioridad fueron denominadas "Arenas Rojas" (VIGUIER, 1974) y "Arenas Basales" (TORRES et al. 1975).

Se trata de un conjunto de arenas de naturaleza siliciclástica de potencia variable, aunque no superior a los 20 m, y tamaño de grano variable de forma progresiva, pues va aumentando desde arena fina, en la base, hasta arena media y gruesa hacia techo, llegando a alcanzar, en algunos puntos, tamaño grava en su límite superior. Está definida por sus características sedimentarias, físicas y orgánicas como un medio de *foreshore* e indicios de *backshore* hacia techo (MAYORAL y PENDÓN, op. cit.)

El contacto con la formación infrayacente es de forma discordante erosiva y muy suave, aunque en algunos puntos el paso de una a otra se hace de forma gradual.

La unidad infrayacente es, en general, la *Formación Arenas de Huelva*, aunque en algunas zonas se disponen directamente sobre los materiales paleozoicos (TORRES et al., 1975). La edad geológica dada para esta formación es de Plioceno inferior-¿superior?.

El final del Plioceno se caracteriza, desde el punto de vista tectónico, por una vuelta al régimen compresivo en todo el sector occidental de las Cordilleras Béticas, posible resultado del acercamiento entre las placas Ibérica y Africana (VIGUIER, 1974).

La tendencia regresiva del Plioceno da lugar a que parte de los depósitos anteriores queden expuestos a la actividad de procesos subaéreos y se desarrollan por tanto, procesos de meteorización y alteración edáfica. Así pues, marcan el inicio de la continentalización en la zona de Huelva y se sitúan, a falta de datos paleontológicos continuos en la serie estratigráfica, en el Plioceno superior (RODRÍGUEZ VIDAL, 1989).

- B) Cuaternario de la Depresión Inferior del Guadalquivir.

Al final del Plioceno tuvo lugar la retirada definitiva del mar en la depresión inferior del Guadalquivir, como consecuencia de un descenso relativo del nivel del mar y, tal vez, un posible ascenso tectónico del continente. Esto, junto con el paso de un medio de carácter biostático a otro de carácter rexistático, dio lugar a la instauración de la red fluvial en esta zona.

Los valles fluviales iniciales fueron excavados sobre el horizonte alterado del Plioceno superior. Eran valles transversalmente amplios, de trazados generalizados NE-SO, con pendientes en torno al 6 ‰ y arenas interfluviales extensas y sometidas, a su vez, a procesos de meteorización subaérea.

Los materiales transportados, dada la elevada capacidad de carga y poder erosivo de estos primeros sistemas fluviales, consistían en arenas gruesas y conglomerados procedentes de los materiales del zócalo paleozoico, bastante redondeados y con dominio de la naturaleza silícea en la mayoría de los casos. Hacia el Este (desde Bonares hasta Sevilla), la textura se hace más arenosa, resultado del retrabajamiento de las arenas pliocenas infrayacentes y de la posible menor competencia de los ríos. Estos materiales eran depositados en los valles amplios dando lugar, en la actualidad, a morfología de terrazas en el margen de los paleovalles y a plataformas acumulativas en el resto.

Los primeros depósitos aparecidos en el sector occidental fueron estudiados por VIGUIER (1974), denominándolos "Nivel Superior de Glacis", aunque estudios más recientes demuestran su correspondencia con las terrazas aluviales de los ríos mencionados (RODRÍGUEZ VIDAL, 1989).

Todo este conjunto se dispone sobre los depósitos marinos precedentes *(Formación Arenas de Bonares)* mediante una discordancia erosiva.

Al no haberse aportado criterios cronológicos precisos, se le ha asignado de manera relativa una edad Pleistoceno inferior.

A lo largo de todo el Pleistoceno, la red fluvial se jerarquiza y va originando valles bien definidos, con amplio desarrollo de terrazas escalonadas. Mientras parte de esta red es afluente

del Guadalquivir, otros ríos menores se independizan y vierten directamente al océano, como es el caso del Tinto-Odiel en Huelva.

Durante el último periodo glacial (Würm), la Ría de Huelva estaba ocupada por lechos fluviales que se extendían a lo largo de una ancha franja de la plataforma, la cual se encuentra en la actualidad ocupada por el mar. La transgresión Flandriense, ocasionada por el deshielo postglacial würmiense, se inició en el Golfo de Cádiz hace unos 13.500 años (MÉLIÉRES, 1969). Por tanto, en el paso Pleistoceno-Holoceno tiene lugar, en esta región, la elevación del nivel del mar. Este ascenso paulatino provocó la invasión marina del continente, dando lugar a una costa de aspecto recortado con entrantes y salientes.

La dinámica generada, una vez estabilizado el nivel del mar, supuso la tendencia a la regularización del trazado costero, con relleno de entrantes y erosión de salientes. De esta manera, se construyeron playas adosadas a los acantilados que, asociadas al desarrollo de flechas y cordones arenosos, irían progresivamente cerrando los entrantes costeros (OJEDA, 1988). Al dorso de estas barreras, y en ambientes restringidos, influenciados por las mareas, se desarrollaron amplias marismas en las zonas de estuario (Guadiana, Piedras, Tinto-Odiel, Guadalquivir, Guadalete) que se encuentran en la actualidad en franco proceso de colmatación natural y antrópica (figura 2.5).

En la figura 2.5 se ha reconstruido la evolución del estuario bajo del Guadalquivir desde 6.500 BP hasta la actualidad, a partir de datos de RAMÍREZ (1996) y columnas de sondeos del IARA (1976).

Se puede apreciar que en la fase de 4.200 BP existe una influencia fluvial-mareal, dando lugar a la formación de llanuras de inundación fluviales y a barras fluviales, las cuales en el tiempo han ido evolucionando debido a la disminución de la influencia fluvial sobre el estuario, por una parte, y al aumento de la influencia mareal, por otra, lo que ocasiona la formación de la barra o "spit" de Doñana y el proceso de colmatación entre los 2.600 y 1100 BP.

Si comparamos estas reconstrucción, en las fases de 4.200 BP hasta la actualidad, con la figura 2.6 en donde se representa (ORTON, 1988) la clasificación de varios sistemas deltáicos basados en la influencia relativa de los ríos, olas y mares, podemos apreciar que el Estuario del Guadalquivir pasa de una influencia por procesos mareales-fluviales en los 4.200 BP, hasta la actualidad donde está ligado a los procesos puramente de oleaje.

2.4. GEOLOGÍA DEL SECTOR DE ESTUDIO

Como hemos mencionado anteriormente, la cuenca del Guadalquivir se encuentra rellena de materiales marinos y continentales del Mioceno, Plioceno y Cuaternario. Estos rellenos configuran un cuerpo sedimentario de morfología en cuña, correspondiendo las mayores acumulaciones de materiales a la margen meridional (Prebético) y menores acumulaciones a la margen septentrional (Macizo Ibérico), de tal manera que por su posición paleogeográfica podría considerarse una cuenca de antepaís.

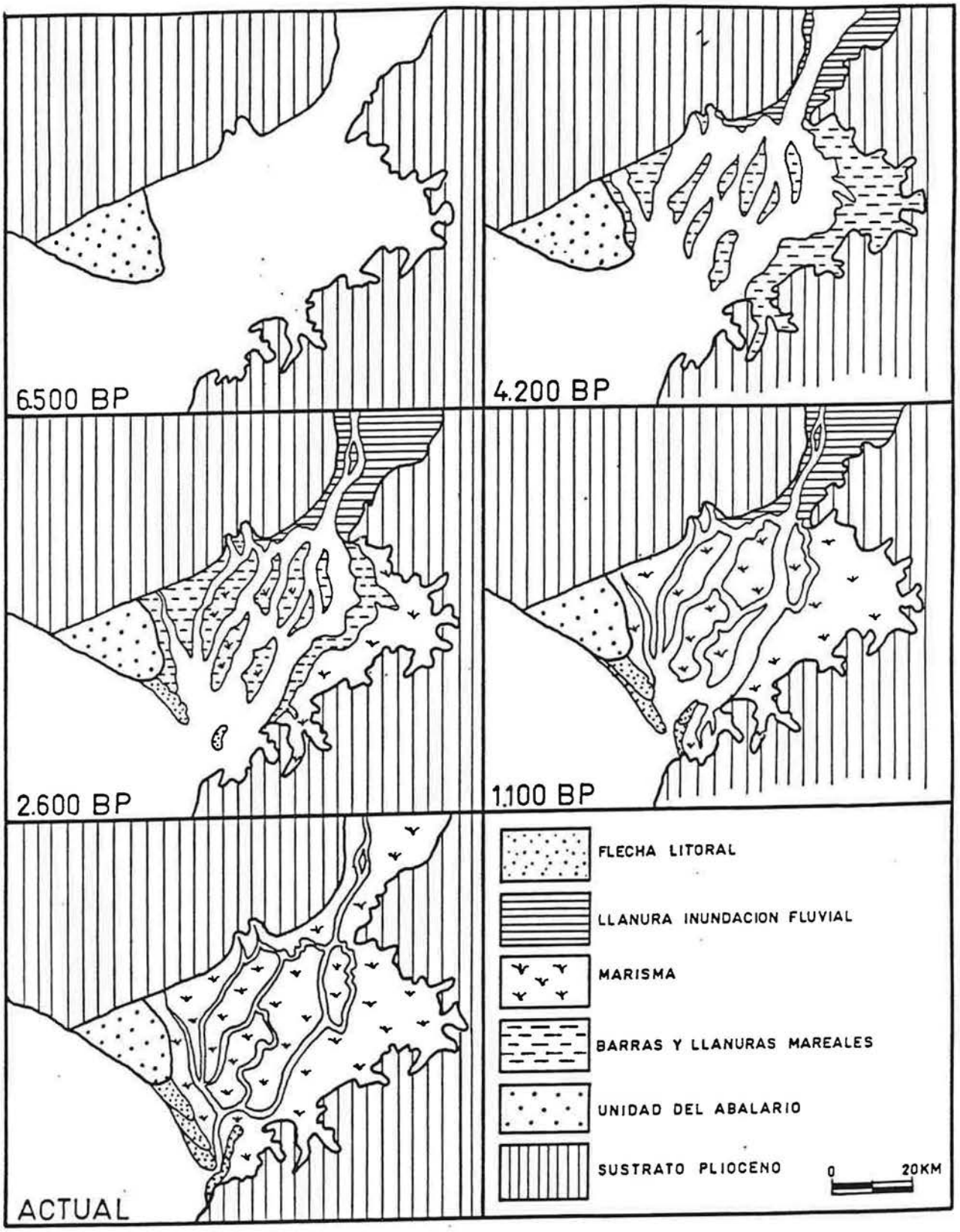
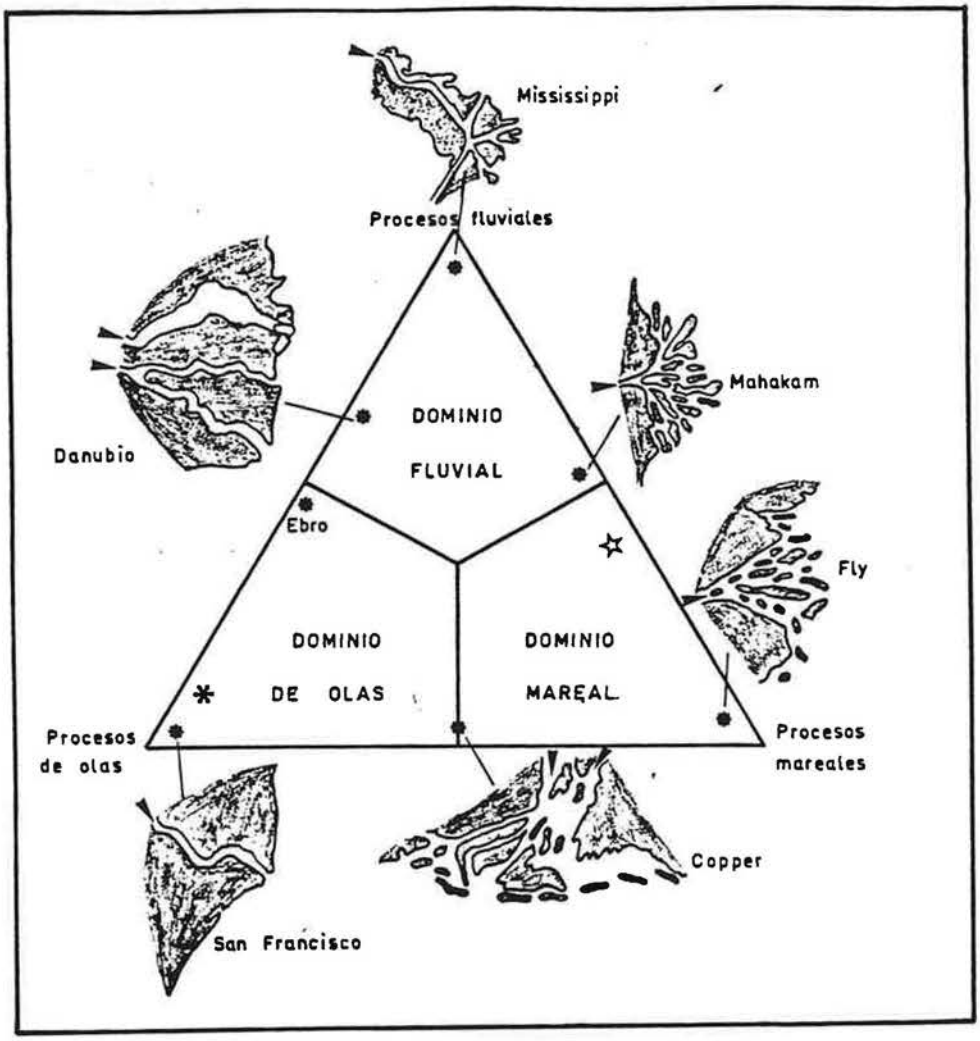


Figura 2.5. Evolución del Estuario del Bajo Guadalquivir en el periodo 6.500 BP a la actualidad

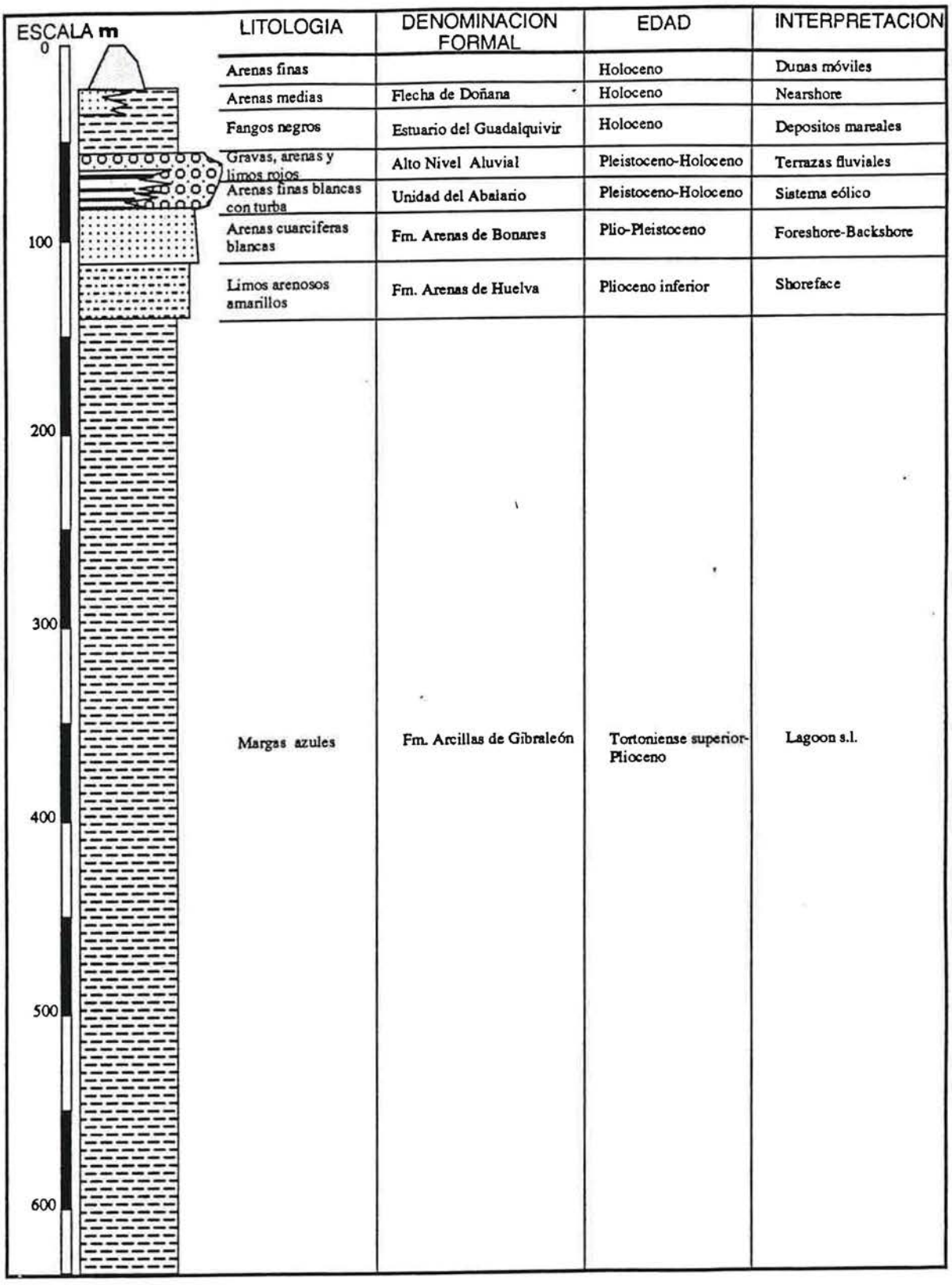


☆ Ubicación del Estuario del Guadalquivir (4.200 y 1.100 BP)
✻ Ubicación del Estuario del Guadalquivir en la actualidad

Figura 2.6. Clasificación de varios sistemas deltáicos basados en la influencia relativa de los procesos fluviales, de oleajes y mareales (ORTON, 1988)

En el entorno de las marismas del Guadalquivir la serie estratigráfica tipo ha sido descrita a partir de los numerosos sondeos realizados durante el desarrollo del "Plan de Regadío Almonte-Marismas".

Todos estos sondeos, al tener fines hidrogeológicos, alcanzan la unidad que puede considerarse impermeable y que constituye la base del sistema acuífero: las margas azules del Mioceno superior. La serie local presenta pues, las siguientes unidades (figura 2.7):



LITOLOGIA	DENOMINACION FORMAL	EDAD	INTERPRETACION
Arenas finas		Holoceno	Dunas móviles
Arenas medias	Flecha de Doñana	Holoceno	Nearshore
Fangos negros	Estuario del Guadalquivir	Holoceno	Depositos mareales
Gravas, arenas y limos rojos	Alto Nivel Aluvial	Pleistoceno-Holoceno	Terrazas fluviales
Arenas finas blancas con turba	Unidad del Abalario	Pleistoceno-Holoceno	Sistema eólico
Arenas cuarciferas blancas	Fm. Arenas de Bonares	Plio-Pleistoceno	Foreshore-Backshore
Limos arenosos amarillos	Fm. Arenas de Huelva	Plioceno inferior	Shoreface
Margas azules	Fm. Arcillas de Gibraleón	Tortoniense superior-Plioceno	Lagoon s.l.

Figura 2.7. Serie estratigráfica local de los materiales de la zona de estudio

- Margas azules. La denominación formal propuesta para esta unidad es *Formación Arcillas de Gibraleón* (CIVIS et al., 1987) y le ha sido atribuida una edad Tortoniense superior-Plioceno inferior, llegando incluso en algunas localidades hasta el Plioceno inferior. Presenta una litología arcilloso-limosa, en la mayoría de los casos de color gris azulado, aunque en ocasiones puede presentar también color marrón oscuro. Incluye episodios localizados de gravas y en algunos niveles cantos dispersos que pueden alcanzar tamaños mayores al centímetro.

La base de la formación es difícil de observar a nivel de afloramiento, aunque se ha observado en algunos sondeos y es discordante sobre la formación calcarenítica del Tortoniense infrayacente. Su espesor puede alcanzar los 1000 metros en este sector (QUESADA, 1983).

En base a su contenido en Foraminíferos planctónicos (SIERRO, 1985), bentónicos (GONZÁLEZ-REGALADO, 1987) así como también de Radiolarios, Nannoplancton, polen, Bivalvos y Equinodermos (CIVIS et al., 1987) y de la actividad orgánica de Crustáceos (MAYORAL, 1986 a y b) se ha interpretado esta formación como una zona litoral de poca energía, protegida de la acción del oleaje (PENDÓN y BORREGO, 1987). Por su extensión podría tratarse de un extenso sistema de lagoon-llanura de marea situado en un área subsidente que existiría entre las zonas estables del Macizo Ibérico y la Cordillera Ibérica, en periodo de levantamiento y cabalgamiento hacia el Norte.

- Limos arenosos amarillos. CIVIS et al. (1987) propusieron como denominación formal para esta unidad *Formación Arenas de Huelva*, atribuyéndole una edad Plioceno inferior. Se sitúa sobre la unidad anterior mediante una paraconformidad, pudiendo tratarse de un contacto neto o gradual. La litología dominante es arenosa, con cantidades variables de limos y su color es amarillento, aunque localmente puede ser gris o gris-verdoso. Presenta abundante fauna entre las que destacan un gran número de géneros de Bivalvos, Gasterópodos, Escafópodos y restos de vertebrados como vértebras de cetáceos y dientes de escualos. La fauna puede presentarse dispersa o en niveles conchíferos lenticulares. La potencia total no supera los 30 metros.

El origen de esta formación ha sido atribuido por PENDÓN Y BORREGO (op.cit.) a sedimentación en un *shoreface*.

- Arenas cuarcíferas blancas. Denominadas formalmente *Arenas de Bonares* por MAYORAL Y PENDÓN (1986/87), estos autores le atribuyen una edad Plioceno inferior-Pleistoceno. Litológicamente son arenas blancas con alto contenido en cuarzo y de tamaño que varía entre microconglomerados a arenas finas, de forma que el total de la formación constituye una secuencia granodecreciente. Hacia el techo está presente una abundante bioturbación, predominantemente a causa de la actividad de anélidos y crustáceos, que excepcionalmente pueden llegar a fosilizar. El contacto con la unidad infrayacente es también transicional y la potencia se encuentra entre 30 y 40 metros.

Se observan en algunos afloramientos estructuras en cresta y surco interpretadas como correspondiente a condiciones de *foreshore*. Hacia techo aparecen estratificaciones cruzadas complejas en arenas de grano fino, con frecuentes intercalaciones de niveles de turba de poca

extensión lateral; en este caso las facies son atribuidas a dunas eólicas, correspondiendo los niveles de turba a zonas pantanosas situadas en las depresiones interdunares. Toda la secuencia representaría el cambio de condiciones litorales (*foreshore*) a condiciones continentales (*backshore*).

- Arenas finas blancas y amarillas con turba. Esta formación aflora en el acantilado de El Asperillo, entre la Torre del Loro y Matalascañas, habiéndose propuesto como denominación formal *Unidad del Abalario* (RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, 1996) y ha sido estudiada recientemente por DABRIO et al. (1996). La unidad queda limitada al Norte por una falla de dirección E-O situada al Sur de la Torre del Loro, siendo éste el bloque hundido respecto al bloque Norte. Al Sur la unidad queda limitada por otra falla de dirección SO-NE situada en Matalascañas, que constituye un bloque aún más hundido. Esta unidad consiste en estratos de 1,5 a 4 metros de arenas medias, generalmente blancas, con estratificación cruzada tabular de gran escala (aunque los muros son ligeramente curvos); estas arenas alternan con niveles métricos también arenosos con laminación paralela y laminación ripple, apareciendo también niveles decimétricos discontinuos interdigitados de arenas finas, con arcillas y turba, y niveles de arenas finas rojizas intensamente bioturbadas por raíces.

DABRIO et al. (op. cit.) interpretan a esta formación como un apilamiento de dunas eólicas de gran extensión sobre las facies de *backshore* de las Arenas de Bonares, aprovechando el hundimiento del bloque Sur de la falla de Torre del Loro. En este modelo las arenas con ripples corresponderían a áreas arenosas interdunares, los niveles de turba a episodios de fijación edáfica de las dunas eólicas y los niveles de arenas rojizas a suelos hidromorfos desarrollados en las depresiones interdunares encharcadas y vegetadas. Estos autores atribuyen a la formación edades comprendidas entre 40.000 y 7.000 años (Pleistoceno-inicios del Holoceno) en base a dataciones con C14 en las turbas.

- Gravas, arenas y limos rojos. Se trata de una formación que puede aparecer emergida en las cimas de las lomas o debajo del actual sistema de marismas. Son gravas, arenas, limos y arcillas de color rojo, que se asocian en una o varias secuencias granodecrecientes. Las gravas constituyen la fracción más abundante y son de composición cuarcítica, muy bien redondeadas, y siempre aparecen en el tramo inferior de las secuencias, con una base erosiva y con morfología de paleocanal, de 15 o 20 metros de espesor y decenas de metros de extensión lateral. El contacto inferior es discordante, pudiendo esta unidad estar en contacto directamente con las margas azules. La potencia total de la formación puede alcanzar los 200 metros. La edad de estos depósitos varía desde el Pleistoceno inferior hasta el tránsito Pleistoceno-Holoceno.

Fueron denominadas formalmente como *Alto Nivel Aluvial* por PENDÓN Y RODRÍGUEZ VIDAL (1986), aunque posteriormente algunos autores han distinguido hasta quince niveles de terrazas fluviales en la formación (BAENA, 1993; CÁCERES, 1995), de los cuales en la zona de estudio afloran sólo 6 de ellos -T6, T7, T8, T9, T10 y T11 de BAENA (1993)- (in RODRÍGUEZ RAMÍREZ, 1996). Las gravas encontradas en los sondeos realizados en la zona de estudio, en niveles topográficamente inferiores y por debajo de los depósitos holocenos del estuario del Guadalquivir, corresponderían a los niveles de terraza inferiores (T12, T13 y T14

de BAENA) no identificados por RODRÍGUEZ RAMÍREZ (op. cit.) y cuyas edades estarían comprendidas entre el Pleistoceno superior y el principio del Holoceno.

Estas terrazas corresponden al encajamiento de la red fluvial desde condiciones de abanico aluvial con canales trenzados existentes en la T1 hasta su trazado actual, teniendo en cuenta que el nivel de base se encontraba unos 100 metros por debajo del actual hasta hace unos 11.000 años.

- Arenas medias y fangos negros. Esta unidad la constituyen arenas blancas o, en ocasiones, pardas junto con los sedimentos actuales de marisma. Su potencia es muy variable y llegan a alcanzar como máximo 30 metros.

Sobre la barra costera se formaron sucesivas generaciones de dunas que, o bien fueron arrasadas por la erosión (dando lugar a un manto eólico), o bien han sido fijadas por la vegetación, constituyendo lo que se conoce como dunas fósiles.

Se caracterizan por el dominio de los granos de cuarzo sobre los restantes componentes y por su redondeamiento, que varía entre 0,7 a 0,9 (subredondeados a redondeados); se trata pues de cuarzoarenitas.

- Arenas finas. Son las que forman los barjanes, dunas transversales y brazos de dunas parabólicas que se desarrollan sobre la barra costera y el manto eólico, con una velocidad media de avance hacia el NE (hasta llegar a la marisma) de 3 m/año. En el Parque Nacional de Doñana se han llegado a diferenciar hasta cuatro trenes dunares, separados por depresiones interdunares o "corrales". Son sedimentos típicamente eólicos, constituidos por arenas finas silíceas y carbonáticas, que proceden del arrasamiento de las formaciones infrayacentes (sobre todo de las arenas basales).

2.5. DEFORMACIONES NEOTECTÓNICAS

Con los datos actuales sobre la geología del sector, es difícil constatar como y cuales han sido las deformaciones neotectónicas que han afectado a los sedimentos marinos neógenos y continentales cuaternarios. De los estudios previos (figura 2.8; VIGUIER, 1974) se han podido establecer una serie de alineaciones tectónicas, que en la actualidad, a la luz de los nuevos conocimientos, no se pueden considerar concluyentes como para establecer un modelo neotectónico reciente.

La neotectónica regional en el litoral onubense ha sido estudiada por FLORES (1989), poniendo de manifiesto la existencia de deformaciones abundantes de carácter leve o poco definidas y escasas evidencias de movimiento (figura 2.9). A pesar de la dificultad para poder elaborar un modelo neotectónico completo sobre la deformación reciente, sí que se han podido establecer las relaciones espacio-temporales entre las deformaciones y su atribución a los regímenes tectónicos que han podido producirlas.

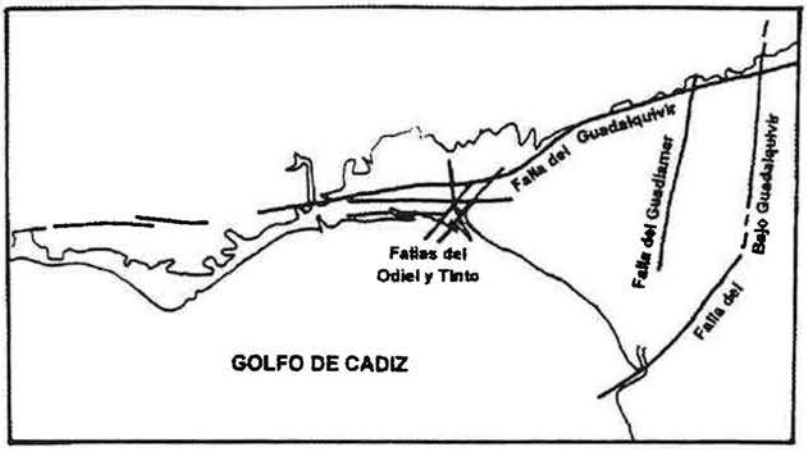


Figura 2.8. Mapa de fracturas recientes, modificado de VIGUIER y MAGNA (DABRIO et al., 1980)

En este trabajo, los mejores resultados de la actividad son los que se encuadran en el Cuaternario, cuya tectónica se enmarca dentro del continuado acercamiento entre la subplaca Ibérica y la placa Africana (RAMÍREZ, 1996). De este modo, tras la etapa extensional del Neógeno el régimen pasa a ser compresivo y es durante el tránsito Plio-Cuaternario o al comienzo del Cuaternario cuando comenzaría un régimen de desgarres, que dio lugar a una deformación absorbida por un gran número de fracturas (tanto previas del zócalo, como recientes de la cobertera).

Hacia el Cuaternario reciente, mientras en el entorno regional se manifiesta una situación de acortamiento hasta la actualidad, en la zona más litoral la mayoría de los rasgos morfoestructurales recientes son basculamientos y desniveles tectónicos, que en apariencia se enmarcan en regímenes extensionales, como resultado del contacto entre placas y el carácter rotacional de la placa Africana, la cual habría dado lugar a un proceso local de cizalla con cierta transtensión.

Los basculamientos son de gran extensión, en cuanto a la horizontal, y leves en relación al desnivel vertical (RAMÍREZ op. cit.); a estas formas se adapta la red fluvial principal, de tal forma que los ríos más importantes se han ido desplazando hacia el SE, dejando depósitos de terrazas en sus márgenes occidentales y paralelamente conformando una costa con morfología alternante (acantilados que disminuyen hacia el E pasando a zonas inundables y con marismas).

Trabajos más recientes (DABRIO et al., 1996) ponen de manifiesto, en base a los estudios realizados sobre los materiales eólicos del acantilado del Asperillo (dunas antiguas fosilizadas) y sus facies pleistocenas y holocenas asociadas, la localización de una falla de dirección E-O situada a 2 km al sur de Torre del Loro (GOY et al. 1994), la cual interrumpe los niveles de arenas y areniscas blanco-amarillentos de origen eólico que forman el acantilado y sufren un basculamiento hacia el O-SO (figura 2.10).

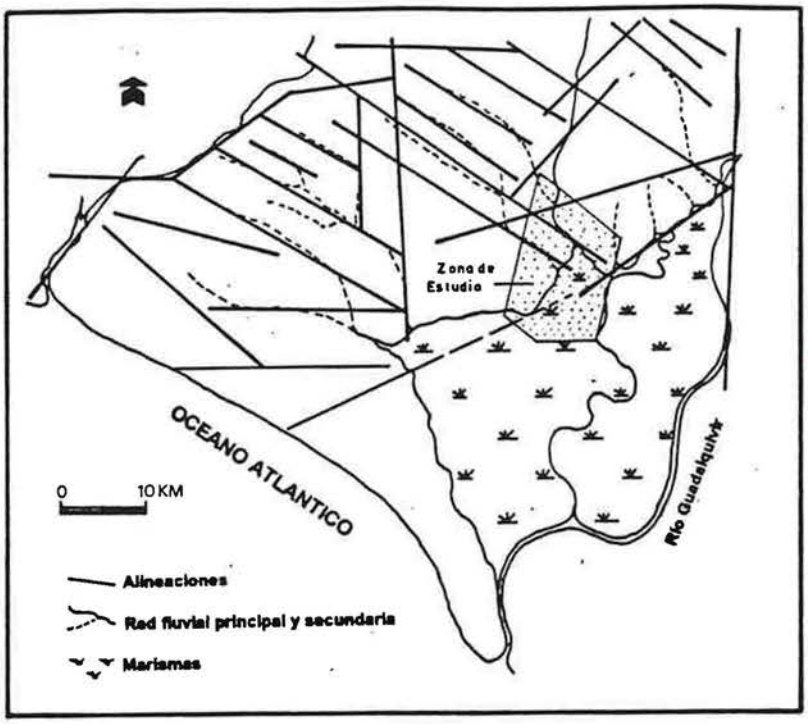


Figura 2.9. Esquema de alineaciones neotectónicas de la zona de estudio (FLORES, 1994, modificado)

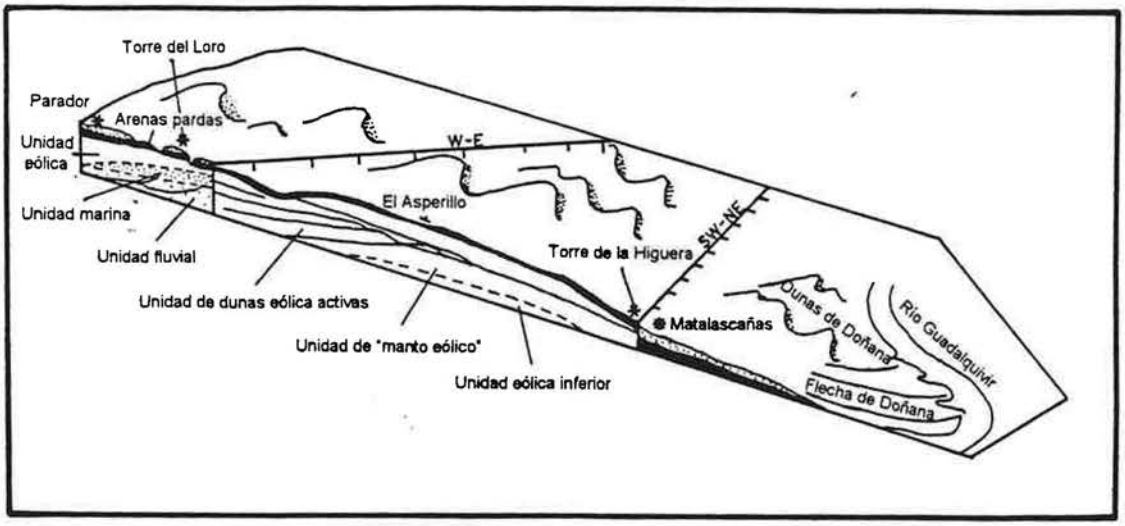


Figura 2.10. Bloque diagrama de las fallas de Matalascañas y El Asperillo (DABRIO et al., 1996, modificado)

En el bloque levantado de ésta, los materiales eólicos se encuentran cubriendo a unos depósitos marinos, los cuales no se encuentran (en los cortes del acantilado) en el bloque hundido que se extiende hasta Matalascañas.

Las formaciones de dunas más recientes son las activas de Doñana y el Médano del Asperillo, que sólo se forman en el bloque hundido de la falla de Torre de la Higuera-Matalascañas, de dirección SO-NE, que es ya de edad moderna.

2.5. HISTORIA GEOLÓGICA DE LA CUENCA

El neógeno del extremo occidental de la cuenca del Guadalquivir representa un conjunto de secuencias con afinidades litorales, tal como se interpreta a partir del estudio de sus principales características: a) litofacies y secuencias de estructuras físicas, b) icnofacies y c) fósiles.

Durante el Tortoniense superior y hasta el Plioceno inferior, en la cuenca existieron condiciones tranquilas de nearshore reflejadas en la Formación Arcillas de Gibraleón; es posible que en las partes más basales de la serie estratigráfica que aparecen en los sondeos bajo las marismas del Guadalquivir las condiciones sedimentarias fuesen de plataforma continental, sin embargo la información reflejada por los afloramientos nos da idea de un depósito de lagoon sensu lato (PENDÓN y BORREGO, 1987).

En algún momento del principio del Plioceno se produce una transgresión que hace solapar sedimentos arenosos sobre el paleozoico del Macizo Ibérico; en principio las condiciones fueron de *shoreface* (*Arenas de Huelva*), pero posteriormente se va produciendo una regresión progresiva por simple agradación sedimentaria, pasando a condiciones de *foreshore* y posteriormente *backshore* (*Arenas de Bonares*). Si en el sector de estudio las condiciones sedimentarias fueron las expresadas, hacia el NO se producen cambios de facies que reflejan condiciones características de áreas protegidas de lagoon. Aunque algunos autores han interpretado el conjunto de ambas formaciones como propio de condiciones deltáicas (CUSTODIO et. al, 1994), sin embargo consideramos más acertada la interpretación de PENDÓN y BORREGO (1987), que atribuyen su origen a un sistema de barreras externas (SE) que protege a una zona de lagoon interno (NO).

A principios del Pleistoceno, comienza a desarrollarse una red fluvial muy importante que discurría de un modo no encajado desde el NE al SO, prolongándose hacia la actual costa del Algarve portugués en forma de un enorme abanico aluvial de canales trenzados. A partir del Pleistoceno inferior, la red fluvial se fue desplazando progresivamente hacia el SE a medida que se encajaba, dejando amplias terrazas escalonadas en el margen derecho del río. Durante este periodo el río Piedras se independiza de la red fluvial principal como un arroyo de pequeña entidad, mientras el Guadalquivir desarrolla sus propias terrazas en relación con los piedemontes del Macizo Ibérico y de las Cordilleras Béticas; estas terrazas se escalonan alternativamente en ambos márgenes debido a la migración de la incisión principal del cauce.

En el Pleistoceno medio debieron independizarse los sistemas fluviales del Odiel y Tinto desarrollando sus propias terrazas fluviales individuales; también durante este periodo se produjo la remontada de todos los sistemas fluviales.

Paralelamente al desarrollo de estas terrazas fluviales, en la zona más próxima a la costa se desarrolla hace 40.000 años un amplio sistema de dunas eólicas que se apilan en varias secuencias gracias al hundimiento del bloque de una falla localizada en la Torre del Loro, y a la transgresión Flandriense, que comenzó a elevar el nivel del mar hace unos 11.000 años permitiendo un mayor apilamiento de sistemas dunares nuevos. Este sistema eólico del Abalario continuó activo hasta hace unos 7.000 años.

Hace unos 6.500 años, el nivel del mar se estabilizó en su posición actual, a la vez que se produjo un nuevo hundimiento, esta vez a favor de una falla de dirección SO-NE situada en Matalascañas, estableciéndose en el bloque hundido condiciones eólicas similares a las que existieron más al Norte durante el Pleistoceno; al mismo tiempo, la elevación del nivel marino originó la inundación de los principales sistemas fluviales, de manera que las terrazas más bajas de los mismos quedaron sumergidas. Ambos hechos permitieron que en el sector de estudio se desarrollase una importante bahía conectada con el río Guadalquivir y donde comenzó a producirse una rápida sedimentación de características estuarinas. Actualmente el antiguo sistema estuarino se encuentra colmatado en su totalidad existiendo sobre el mismo un sistema de marismas muy bien desarrollado, cuya sedimentación prosigue en la actualidad, aunque ralentizada. La velocidad de sedimentación se ha calculado por técnicas isotópicas y varía entre 5 mm/año para el período comprendido entre los 7.000 y 8.000 años antes del momento presente (BP) y 2 mm/año para los 2.000 a 3.000 años antes del momento presente. El cambio de la velocidad de sedimentación se justifica por la progresiva colmatación del medio y la disminución de la lámina de agua (BAONZA et al., 1984).

CAPÍTULO 3

CLIMATOLOGÍA

3.1. JUSTIFICACIÓN

El presente capitulo se justifica por la importancia que tiene el estudio y evaluación de los elementos climáticos para el cálculo del balance de un acuífero. Es de vital necesidad conocer, con la mayor fiabilidad posible, la precipitación caída en el sector de estudio con el fin de calcular los valores de la infiltración directa de la lluvia y su variación tanto en el espacio como en el tiempo.

Existen otras fracciones de la lluvia caída, como es el caso de la evapotranspiración, que inciden en la recarga del acuífero restando posibilidades a la infiltración.

Por tanto, el clima de una zona determinada resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan típicamente a lo largo de un periodo de tiempo bastante amplio. Dentro de los caracteres generales del clima influyen distintos factores geográficos, la latitud, el mar, las corrientes marinas, el relieve, etc., por lo que se tienen que tener en cuenta estos factores antes de elaborar un balance hídrico de un acuífero.

No obstante, según consenso ampliamente aceptado por la comunidad científica, el clima de una localidad queda definido por las estadísticas a largo plazo de los factores más importantes que definen el tiempo en ese sector (AUSTIN, 1975).

Pretendemos pues establecer las principales características del clima en el sector estudiado, sobre todo aquellas con incidencia en las transferencias de agua. El estudio, exhaustivo, se ha elaborado partiendo de datos obtenidos en diversas estaciones, tanto del área de estudio como de zonas circundantes a ella.

Los datos de precipitación y temperaturas han sido facilitados principalmente por el INM[1] (Observatorio de Huelva y Centro Zonal de Sevilla), así como recopilados de trabajos anteriores (ORIHUELA, 1993). Dichos datos se refieren a las medias mensuales tanto de P y T, correspondiente a un periodo de tiempo determinado. Estos han sido tratados y completados por métodos estadísticos (regresión simple, regresión múltiple, etc.). El área en la cual se ha centrado el estudio comprende una extensión de 203,125 km^2. Sin embargo, debido a la laguna de estaciones pluviométricas, y sobre todo termométricas, para el estudio se ha procedido a recopilar datos de estaciones en un área mayor (7792,969 km^2) con lo que pretendemos realizar un estudio más fiable.

3.2. PRECIPITACIÓN

3.2.1. Consideraciones sobre los datos existentes

Como hemos mencionado anteriormente, los datos han sido obtenidos a través de varias fuentes. Las estaciones empleadas en el presente trabajo (figura 3.1 y tabla 3.1) se pueden clasificar en tres órdenes en función del tipo de observaciones que realizan y la frecuencia de

[1]INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA

las mismas:

- Estaciones completas o de primer orden, que efectúan toda clase de observaciones.
- Estaciones termo-pluviométricas o de segundo orden, que se denotan con la terminología T-P.
- Estaciones de tercer orden o pluviométricas, que como su nombre indica sólo registran precipitaciones, y se denotan con la letra P.

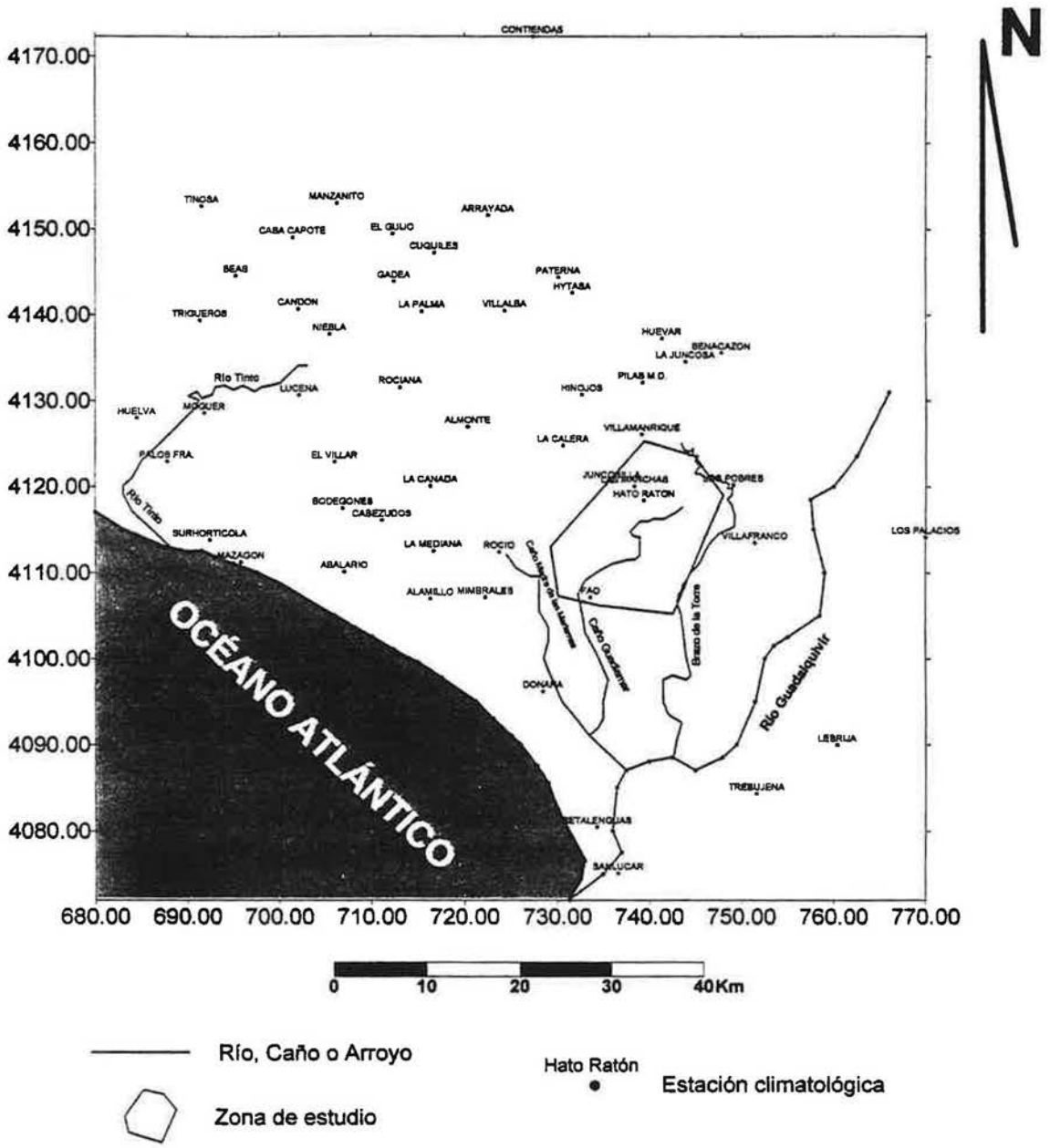


Figura 3.1. Mapa de estaciones termo-pluviométricas

Nº	NOMBRE	LONG. W	LAT. N	X	Y	ALT.	Nº AÑOS	TIPO
573	BONARES-EL VILLAR	6-40-40	37-13-45	706.025	4.122.889	82	1958-1983	T-P
578	BEAS-LA TIÑOSA	6-50-00	37-30-00	691.532	4.152.615	182	1965-1984	P
605	ESCACENA-HYTASA	6-23-00	37-24-00	731.627	4.142.529	172	1955-1987	P
619	NIEBLA-U-LAS ARENAS	6-41-00	37-32-00	704.703	4.156.630	320	DESECHADA	P
617	PATERNA-LA ARRAYADA	6-29-00	37-29-00	722.526	4.151.536	189	1964-1984	P
618	LA PALMA-LOS CUQUILES	6-33-00	37-26-45	716.739	4.147.218	105	1964-1984	P
619	VILLALBA DEL ALCOR	6-28-00	37-23-00	724.299	4.140.478	159	1955-1975	P
620	NIEBLA-EL GUIJO	6-36-00	37-28-00	712.256	4.149.416	193	1962-1986	T-P
621	NIEBLA-EL MANZANITO	6-40-00	37-30-00	706.268	4.152.967	200	1962-1980	T-P
622	NIEBLA-E-CASA GRANDE	6-42-00	37-28-00	703.411	4.149.195	198	DESECHADA	P
622	LA PALMA DEL CONDADO	6-34-02	37-23-05	715.390	4.140.397	92	1955-1986	T-P
623	VILLARRASA-GADEA	6-36-00	37-25-00	712.398	4.143.868	72	1964-1984	P
624	NIEBLA-EL PARPAJOSO	6-41-10	37-21-00	704.730	4.145.527	150	DESECHADA	P
625	NIEBLA-A-SEGUNDAS	6-41-10	37-21-00	704.957	4.136.280	39	DESECHADA	P
625	NIEBLA	6-40-47	37-21-48	705.486	4.137.773	39	1958-1986	P
628	LUCENA DEL PUERTO	6-43-10	37-18-00	702.138	4.130.659	80	1964-1986	P
633	NIEBLA-CASA CAPOTE	6-43-19	37-27-55	701.474	4.148.994	160	1969-1983	P
635	CANDON	6-43-03	37-23-25	702.068	4.140.681	40	1964-1984	P
636	BEAS	6-47-35	37-25-35	695.284	4.144.529	119	1964-1986	P
642	MOGUER	6-50-10	37-17-00	691.838	4.128.566	51	1964-1984	P
643	PALOS-ALMADRABA VIEJA	6-54-10	37-10-00	686.214	4.115.488	20	DESECHADA	P
644	MOGUER-TURBA HUMER	6-52-10	37-12-00	689.091	4.119.253	36	DESECHADA	P
645	PALOS DE LA FRONTERA	6-53-00	37-14-00	687.775	4.122.924	24	1969-1985	P
826	ESCACENA-LAS CONTIENDAS	6-25-20	37-40-10	727.364	4.172.335	417	1950-1987	T-P
830	PATERNA DEL CAMPO	6-24-00	37-25-00	730.100	4.144.338	183	1950-1987	P
837	HINOJOS-TORRE CUADROS	6-22-00	37-19-00	733.360	4.133.322	110	DESECHADA	P
838	HINOJOS	6-22-30	37-17-35	732.695	4.130.681	81	1950-1981	P
839	VILLAMANRIQUE	6-18-10	37-15-00	739.235	4.126.083	32	1950-1987	P
842	HINOJOS-LA CALERA	6-24-00	37-14-25	730.639	4.124.764	41	1961-1984	P
842	VILLAMANRIQUE-U-IRYDA	6-20-10	37-12-00	736.434	4.120.451	22	DESECHADA	P
843	VILLAMANRIQUE-LA JUNCOSILLA	6-20-30	37-12-05	735.936	4.120.591	20	1950-1987	P
844	VILLAMANRIQUE-LAS MANCHAS	6-18-50	37-11-45	738.420	4.120.044	15	1958-1987	P
845	BOLLULLOS-EL MAJUELO	6-32-00	37-19-00	718.588	4.132.923	105	DESECHADA	P
846	ROCIANA	6-35-45	37-18-20	713.080	4.131.548	97	1964-1982	P
848	ALMONTE	6-30-55	37-15-45	720.347	4.126.954	75	1950-1978	P
851	ALMONTE-BODEGONES	6-40-10	37-10-50	706.897	4.117.513	40	1950-1982	T-P
852	ALMONTE-EL ABALARIO	6-40-10	37-06-50	707.079	4.110.116	65	1951-1976	T-P
857	ALMONTE-G-LA CAÑADA	6-33-45	37-12-05	716.333	4.120.064	40	1971-1991	P
857	ALMONTE-CABEZUDOS	6-37-20	37-10-00	711.128	4.116.076	35	1961-1987	T-P
854	ALMONTE-LA ROCINA	6-34-00	37-10-00	716.062	4.116.202	20	DESECHADA	P

Tabla 3.1. Relación de estaciones meteorológicas objeto de estudio (X,Y: coordenadas UTM; ALT.: Altitud en m; T: Termométrica; P: Pluviométrica)

856	ALMONTE-LA MEDIANA	6-33-40	37-08-00	716.651	4.112.515	40	1952-1982	T-P
857	ALMONTE-EL ROCIO	6-28-55	37-07-50	723.693	4.112.391	35	1959-1976	P
858	ALMONTE-DOÑANA	6-26-00	36-59-00	728.452	4.096.169	5	1974-1993	P
859	ALMONTE-E-LAS MARISMILLAS	6-22-00	36-50-00	734.848	4.079.687	10	DESECHADA	P
859	ALMONTE-BETALENGUAS	6-22-00	36-50-25	734.331	4.080.443	20	1959-1978	P
859	MOGUER-SURHORTICOLA	6-50-00	37-09-00	692.423	4.113.777	20	1969-1985	P
860	MAZAGON	6-47-00	37-07-00	695.815	4.111.234	10	1968-1984	P
605	HUELVA	6-56-10	37-15-00	684,50	4128,00	26	1950-1993	T-P
895	LEBRIJA	6-04-37	36-55-10	760.399	4089,99	37	1961-1993	P
836	PILAS MEDINA GARVEY	6-18-00	37-18-15	739.309	4.132.102	67	1967-1993	T-P
833	AZNALCAZAR LA JUNCOSA	6-14-50	37-19-30	743.921	4.134.548	20	1977-1993	T-P
834	AZNALCAZAR DEHESA NUEVA	6-14-05	37-16-40	745.182	4.129.341	39	1976-1993	P
900	TREBUJENA	6-10-37	36-52-15	751,648	4084,331	69	1961-1993	P
906	SANLUCAR DE BARRAMEDA	6-20-56	36-46-25	736.617	4.073.103	22	1951-1993	P
845	AZNALCAZAR "CANTARITAS"	6-03-35	37-03-10	761.476	4.104.839	2	DESECHADA	P
845A	AZNALCAZAR "F.A.O."	6-22-20	37-04-50	733.595	4.107.107	4	1971-1984	P
844	AZNALCAZAR "HATO RATON"	6-18-10	37-10-50	739.454	4.118.377	15	1971-1984	P
841	AZNALCAZAR "LOS POBRES"	6-11-35	37-11-40	749.152	4.120.201	20	1952-1980	P
871	LOS PALACIOS "LOS VILLARES"	5-54-42	37-08-35	770.000	4.114.163	27	1953-1990	P
638	TRIGUEROS	6-50-20	37-22-50	691.345	4.139.349	60	1963-1987	P
833	HUEVAR	6-16-30	37-21-00	741.378	4.137.251	76	1960-1986	P
833A	BENACAZÓN	6-12-10	37-20.00	747.832	4.135.589	100	1962-1980	P
864	VILLAFRANCO GUADALQUIVIR	6-10-10	37-08-00	751.451	4.113.481	4	1961-1984	P

Tabla 3.1. (Continuación)

3.2.2. Estaciones

Inicialmente se seleccionaron un total de 65 estaciones (tabla 1) pertenecientes a tres provincias diferentes, Huelva, Sevilla y Cádiz, y a dos Confederaciones Hidrográficas distintas, Guadiana y Guadalquivir. De las referidas estaciones, 1 es de primer orden, 14 de segundo orden y 50 de tercer orden.

Se desecharon aquellas estaciones que no poseían un periodo de observación mayor de 10 años. De todas ellas, 4 caen dentro de la zona de trabajo y el resto posee una distribución bastante heterogénea, y por tanto existen áreas como las situadas al Sur y Sureste de la zona con poca densidad de estaciones y las mayores densidades se encuentran al Oeste y Noroeste de la misma.

Los periodos de observación son también muy diferentes, no sólo en cuanto a duración sino también en cuanto a los años de comienzo y de finalización de la serie, ya que existen varias que se encuentran cerradas desde los años 80.

3.2.3. Estimación del periodo óptimo

Al ser desconocidos los valores normales de los factores climáticos, se realizan estimaciones muestrales de las mismas (SPIEGEL, 1986) lo que obliga a determinar el tamaño de la muestra que nos ofrece mayores garantías de representatividad.

Los periodos óptimos que aquí se toman son los indicados por las publicaciones de la OMM[2], que recomiendan un periodo mínimo de 30 años, realizándose, en fechas posteriores, una modificación a 40 años para estudios climáticos de zonas costeras (CASTILLO, 1989).

El periodo aquí considerado es de 45 años, desde 1950 a 1995, teniendo en cuenta que el año hidrológico comienza en Octubre y finaliza en Septiembre del siguiente año, por lo que el periodo ha sido desde 1950-51 hasta 1994-95.

3.2.4. Tratamiento de datos

La escasez de datos en algunas estaciones y la poca representatividad de las mismas, nos obliga a justificar las metodologías seguidas en la depuración y completado de datos.

Las estaciones consideradas para la elaboración de este estudio, están o estuvieron atendidas por un personal, en este caso muy homogéneo, constituido en su mayoría por guardas forestales del ICONA[3], guardas de fincas o encargados de las mismas; sin excepción cumplen o cumplieron su función por vocación o por obligación, según los casos, con notable perseverancia y entrega, pero son colaboradores que no pueden o no pudieron poner al servicio de la ciencia más que una formación intelectual, en la mayoría de los casos, muy elemental cuando no casi nula, y una gran dosis de buena voluntad.

La circunstancia anterior, totalmente objetiva, hay que hacerla notar con la suficiente honradez científica como para que exista constancia de que cualquier información que se obtenga de la inmensa mayoría de las estaciones de este tipo existentes, por muy bonito que se presente o por muy sofisticado tratamiento informático del que proceda, tiene su origen en datos que ya nacieron o pudieron nacer con esa grave limitación.

La estadística es factible de aplicación a todos los fenómenos, tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo, pero en todos ellos han de entrar los números o datos que los representan. La axiomática de la ciencia estadística, lo mismo que la de la ciencia probabilística, son las regularidades, las leyes aproximadas con que se presentan determinados fenómenos, siendo la base de ellas las pruebas repetidas.

---

[2] ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL

[3] INSTITUTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

3.2.5. Completado inicial de datos

En los análisis de la precipitación, existen gran variedad de métodos para completar y corregir series pluviométricas afectadas de datos insuficientes o errores. El proceso a seguir es el propuesto por HERAS (1976):

* Recopilación de valores mensuales de precipitación de las estaciones y series del periodo de estudio a considerar.
* Análisis de datos, con el fin de desechar posibles estaciones anómalas o muy incompletas (menos de 10 años).

Los observatorios que poseen series originales con falta de datos en tres o menos meses se completan aplicando el método del U.S. Weather Bureau (BENÍTEZ, 1972), que consiste en completar los datos ausentes por atribución de la media aritmética de tres estaciones cercanas, de características similares y aproximadamente equidistantes.

Sin embargo en aquellas que presentan ausencia de datos en algunos años, o muy pocos datos mensuales, hemos efectuados el completado como se explica a continuación.

Una vez localizadas las estaciones sobre un mapa base (figura 3.1), se divide la totalidad de las estaciones objeto de estudio en un conjunto de grupos, y para asegurarse que guardan una relación lineal se les hace reunir los requisitos siguientes (HERAS, op. cit.):

* el número de estaciones por grupo debe de estar comprendido entre 3 y 10,
* la media de las estaciones del grupo debe de ser similar,
* cada grupo debe tener una estación con datos suficientes para el periodo considerado,
* la cota topográfica de cada estación del grupo debe de ser similar (menos de 300 m de diferencia de unas a otras), y
* las estaciones deben de estar lo suficientemente próximas entre sí (como máximo 50 km).

Atendiendo a estos criterios se han formado 8 grupos de estaciones (tabla 3.2):

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7	GRUPO 8
HUELVA	ABALARIO	ROCIANA	MANZANITO	VILLALBA	SANLUCAR	BENACAZON	LAS MANCHAS
MOGUER	EL ROCIO	LA CAÑADA	EL GUIJO	GADEA	BETALENGUA	HUEVAR	LA JUNCOSILLA
PALOS	BODEGONES	ALMONTE	TIÑOSA	LA PALMA	TREBUJENA	HINOJOS	LA CALERA
MAZAGON	LA MEDIANA	LUCENA	CANDON	CUQUILES	LEBRIJA	VILLAMANRIQUE	LOS POBRES
SURHORTICOLA	CABEZUDOS	EL VILLAR	BEAS	ARRAYADA	DOÑANA	FILAS M.G.	HATO RATON
	EL ALAMILLO		C.CAPOTE	PATERNA	LOS PALACIOS	LA JUNCOSA	VILLAFRANCO
	LOS MIMBRALES		NIEBLA	ESCACENA			P.A.O.
			TRIGUEROS	HITASA			

Tabla 3.2. Grupos de estaciones establecidas en el área

Las series de datos de precipitación anual (completada y corregida) para cada grupo figuran en el Anexo 1.

Este procedimiento se basa en que dos estaciones, situadas en la misma región climática, a distancia pequeña una de otra, tienen una relación significativa entre sus totales anuales pluviométricos (la probabilidad de que una serie sea independiente de otra no es superior al 5%).

Esta relación es tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre ellas, menos accidentada sea la topografía y menor diferencia de cota exista.

Se sabe, de forma experimental, que para estaciones con pluviometría superior a los 500 mm, la precipitación presenta una distribución normal de frecuencias, como se comprobará posteriormente.

Lo anterior implica que la regresión entre dos series de totales pluviométricos, tiene una probabilidad muy alta de ser lineal, o sea, que si se representa en una gráfica esta relación (dos series homogéneas) debe de aparecer una recta.

En el caso de que se presenten alteraciones a estas hipótesis (tales como que la recta cambie de pendiente a partir de un punto determinado, que la relación sea una línea quebrada, o que existe un desplazamiento paralelo a partir de un determinado año en la pendiente de la recta) se realizará una discusión detallada de la causa y de su posible corrección.

Dentro de cada grupo se elige una estación tipo o modelo, que es la media aritmética de las estaciones que forman el mismo, con la idea de que en esta estación ficticia se diluyan los errores individuales.

El tratamiento estadístico se ha realizado con el programa SYSTATWIN 5.0[4] (1992) y STATISTICA 5.0[5] para Windows (1994).

En un primer análisis de regresión se completa hasta donde es posible, correlacionando cada una de las estaciones con la media del grupo al cual pertenecen y obteniendo la recta de regresión.

El completado se realiza a partir de las estimadas de estas estaciones, siempre que el coeficiente de correlación sea superior a 0,7.

Una vez completada toda la serie (45 años) de todas las estaciones de cada grupo, se procede a calcular los totales acumulados de las mismas, con el fin de poder representar en gráficas cartesianas estos valores para detectar posible errores, sistemáticos o accidentales y

[4]SYSTAT, Inc. USA, 1990-1992.

[5]STATSOFT, Inc. USA, 1995.

corregirlos.

Se lleva sobre el eje de ordenadas los totales acumulados de la estación MEDIA y en el de abscisas los de las estaciones de su grupo que se quiere investigar o completar, de forma que cada punto de la representación esté formado por el par de coordenadas correspondientes a la precipitación total caída desde el comienzo del periodo de estudio hasta el final del periodo en la que ambas sean coincidentes.

3.2.6. Estudio estadístico de los grupos de estaciones

3.2.6.1. Grupo 8

3.2.6.1.1. Introducción

Las estaciones de este grupo son las que se encuentran en el interior del área de estudio y sus proximidades, por lo que nos vamos a centrar en ellas para un exhaustivo estudio estadístico. El tratamiento del resto de las estaciones se deja para continuar en el futuro la línea de investigación emprendida en este trabajo.

Este grupo comprende un número de estaciones con una gran uniformidad, tanto altimétrica como topográfica, siendo sólo las masas vegetales que rodean algunas estaciones (Pinus pinea, Eucaliptus) las que muy localmente podrían alterar las distribuciones pluviométricas.

La tabla 3.3 muestra los datos originales sobre los que se procede a realizar el completado, tomando los valores de la estación MEDIA como variable independiente y, en cada caso, la estación correspondiente, en los años que son comunes, como variable dependiente.

3.2.6.1.2.- Regresión simple. Modelo lineal

Este estudio permite cuantificar la estrechez de las relaciones en las distintas estaciones del grupo.

El criterio en que se basa se centra en la comparación lineal de las precipitaciones anuales de cada estación (variable dependiente) con la media del grupo (variable independiente).

En otro apartado calcularemos esta relación en base a un modelo de regresión múltiple.

Los resultados estadísticos numéricos de esta regresión se reflejan en el cuadro 3.1, juntos con los resultados gráficos (recta de regresión lineal de las estaciones con la MEDIA del grupo, figura 3.2).

AÑO	LAS MANCHAS	LA JUNCOSILLA	LA CALERA	LOS POBRES	HATO RATON	VILLAFRANCO	FAO	MEDIA
1950-51	542,10	511,70	576,20	474,37	505,22	451,18	492,26	507,58
1951-52	617,11	683,00	633,35	463,55	562,43	493,11	549,53	571,73
1952-53	403,13	416,20	470,32	379,00	399,22	373,47	386,15	403,93
1953-54	323,59	348,60	409,72	316,00	338,56	329,01	325,42	341,56
1954-55	457,15	460,90	511,47	423,00	440,42	403,68	427,40	446,29
1955-56	712,75	699,60	706,22	604,00	635,37	546,59	622,56	646,73
1956-57	229,69	276,40	338,17	234,00	266,93	276,50	253,72	267,92
1957-58	363,70	325,90	404,37	290,00	333,20	325,08	320,06	337,47
1958-59	547,10	606,40	651,19	624,00	580,28	506,20	567,41	583,23
1959-60	463,10	626,70	643,55	663,00	572,64	500,60	559,71	575,61
1960-61	634,00	549,20	694,00	550,00	593,57	515,94	580,71	588,20
1961-62	1006,60	820,60	975,60	1021,00	877,58	738,80	865,03	900,74
1962-63	1100,40	899,40	932,50	796,00	855,79	717,00	843,21	877,76
1963-64	848,60	755,30	906,00	783,00	772,88	706,20	760,22	790,31
1964-65	456,60	379,10	455,00	340,00	406,56	396,80	393,50	403,94
1965-66	642,70	555,80	663,50	547,00	574,19	520,70	561,31	580,74
1966-67	405,40	387,80	401,00	396,72	399,34	373,56	386,27	392,87
1967-68	640,30	558,00	699,50	469,00	543,18	396,00	529,98	547,99
1968-69	894,20	835,10	706,70	710,00	713,89	535,60	701,16	728,09
1969-70	1169,90	814,00	798,20	685,00	774,55	541,00	761,89	792,08
1970-71	650,30	557,80	660,50	415,00	563,03	533,63	580,35	565,80
1971-72	467,80	418,00	572,50	418,00	460,00	414,19	408,00	451,21
1972-73	543,00	481,30	509,50	444,00	576,00	524,10	554,00	518,84
1973-74	412,00	336,20	474,50	379,00	393,00	425,80	417,00	405,36
1974-75	484,60	366,90	570,50	545,37	469,88	454,90	449,00	477,31
1975-76	536,40	464,40	636,00	260,62	544,66	390,70	492,00	474,97
1976-77	598,90	565,10	712,20	554,10	473,00	396,30	518,00	545,37
1977-78	633,00	665,80	831,40	591,92	661,98	669,80	598,00	664,56
1978-79	620,10	555,20	647,00	659,77	608,59	512,30	509,00	587,42
1979-80	360,80	316,30	396,10	237,00	284,64	265,00	304,65	309,21
1980-81	292,50	242,40	326,30	249,34	368,10	231,50	288,09	285,46
1981-82	474,80	479,90	514,20	427,51	462,75	395,00	449,74	457,70
1982-83	228,90	281,50	265,00	222,60	231,64	352,00	237,37	259,86
1983-84	660,80	602,40	659,00	526,37	449,00	505,40	498,00	557,28
1984-85	666,80	933,60	677,90	728,29	735,36	619,88	722,65	726,35
1985-86	505,10	445,80	546,70	461,56	493,61	442,66	480,64	482,30
1986-87	605,50	519,10	679,00	566,11	588,37	512,13	575,50	577,96
1987-88	862,70	743,90	776,50	764,11	767,82	643,67	755,15	759,12
1988-89	375,46	240,20	509,55	334,13	378,11	358,00	365,02	365,78
1989-90	985,15	883,89	875,45	847,21	843,14	698,89	830,55	852,04
1990-91	459,30	489,01	538,00	460,99	493,10	442,29	480,13	480,40
1991-92	465,40	375,20	449,60	390,70	429,39	395,59	416,35	417,46
1992-93	234,23	238,96	341,25	217,00	271,84	279,82	257,84	262,99
1993-94	184,00	195,90	302,92	174,97	233,75	251,85	219,80	223,32
1994-95	134,14	167,45	188,57	149,61	120,10	168,41	106,32	104,94

Tabla 3.3. Estaciones del Grupo 8. Datos corregidos y completados (P anual en mm)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: LA JUNCOSILLA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-46.443	29.519	-1.573	0.124	
Pendiente	1.085	0.053	20.609	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1340270.416	1	1340270.416	424.731	0.000
Error	126223.017	44	3155.575		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.956			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 56.175					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: LAS MANCHAS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-98.719	35.487	-2.782	0.008	
Pendiente	1.266	0.063	19.999	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1824095.522	1	1824095.522	399.958	0.000
Error	182428.908	44	4560.723		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.953			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 67.533					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: LA CALERA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	87.190	25.835	3.375	0.002	
Pendiente	0.966	0.046	20.962	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1062063.768	1	1062063.768	439.398	0.000
Error	96683.566	44	2417.089		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.957			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 49.164					

Cuadro 3.1. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación anual (Grupo 8)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: LOS POBRES			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-61.542	30.804	-1.998	0.053	
Pendiente	1.059	0.055	19.275	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1276612.369	1	1276612.369	371.507	0.000
Error	137452.442	44	3436.311		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.950			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 58.620					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: HATO RATÓN			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	19.345	15.617	1.239	0.223	
Pendiente	0.960	0.028	34.464	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1049059.489	1	1049059.439	1187.754	0.000
Error	35329.174	44	883.229		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.984			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 29.719					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= a + b X					
Variable dependiente: VILLAFRANCO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	94.441	22.047	4.284	0.000	
Pendiente	0.705	0.039	17.923	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	565445.239	1	565445.239	321.233	0.000
Error	70409.449	44	1760.236		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.943			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 41.955					

Cuadro 3.1. (Continuación)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN. MODELO LINEAL: Y= aX + b					
Variable dependiente: F.A.O.			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 8		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	5.701	10.636	0.536	0.595	
Pendiente	0.959	0.019	50.530	0.000	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1046022.574	1	1046022.574	2553.283	0.000
Error	16387.098	44	409.677		
Total (correlación)					
Coeficiente de correlación: 0.992			Variabilidad explicada: 95%		
Error estándar de estimación: 20.240					

Cuadro 3.1. (Continuación)

En cada una de las regresiones se indican cuales son los valores que se comparan, la pendiente de la recta, la intersección en el origen, la t-Student, la estimada de la pendiente y su intersección en el origen, el error típico para cada estimada y el valor de la probabilidad. También se incluye un análisis de la varianza para cada modelo de regresión, donde la F(de Fisher) es el cociente entre el cuadrado de medias. El coeficiente de correlación se refiere al valor r de Pearson.

El comentario más significativo que podemos hacer, en cuanto a estos modelos de regresión lineal, es que todas las estaciones del Grupo 8 presentan coeficientes de correlación superiores a 0,7 y próximos a la unidad (el coeficiente de correlación más bajo es de 0,943).

Por tanto, los valores de los coeficientes de correlación del Grupo 8 superan 0,9, indicando que los valores calculados y los de la estación MEDIA están correlacionados linealmente, según una ecuación del tipo y=ax+b.

El error estándar es un parámetro de medida de la dispersión alrededor de la recta, de cada una de las estaciones (variable dependiente) respecto a la MEDIA (variable independiente). Es la encargada de medir la variabilidad de cada una de las variables dependientes.

En las gráficas se muestran las rectas de regresión y dos líneas más a distancias verticales de la recta de regresión de una o dos veces el error típico de estimación (entre ellas se incluye aproximadamente el 95% de los puntos de la muestra). A tenor de estos resultados podemos decir que es un grupo bastante homogéneo y con ajustes bastante importantes.

3.2.6.1.3.- Verificación estadística

A continuación trataremos de justificar y cuantificar cual ha sido el valor de estos ajustes, sometiendo estos valores a una serie de comprobaciones estadísticas.

En primer lugar (tabla 3.4) se presenta una información resumida de los valores medios de los estadísticos más importantes de las estaciones del Grupo 8.

Variable	La Calera	FAO	Hato Ratón	La Juncosilla	Las Manchas	Los Pobres	Villafranco	Media
N° Observ.	42	42	42	42	42	42	42	42
Mínimo	265	237.37	231.64	240.2	228.9	222.6	231.5	259.86
Máximo	975.6	865.03	877.58	933.6	1169.9	1021	738.8	900.74
Rango	710.6	627.66	645.94	693.4	941	798.4	507.3	640.88
Media	604.856	519.443	533.833	535.086	579.701	506.008	472.161	535.87
Varianza	28262.13	25912.431	26448.503	35768.133	48939.62	34489.386	15508.651	27757.826
Desv. estándar	168.113	160.973	162.63	189.125	221.223	185.713	124.534	166.607
Error estándar	25.94	24.839	25.094	29.183	34.135	28.656	19.216	25.708
Sesgo	0.183	0.410	0.360	0.430	0.879	0.559	0.395	0.433
Kurtosis	-0.415	-0.440	-0.501	-0.698	0.428	-0.073	-0.337	-0.453
Sum	25403.96	21.816.59	22420.97	22473.6	24347.43	21252.34	19830.75	22506.53
Mediana	634.675	503.5	524.2	515.4	542.55	466.275	453.04	532.105

Tabla 3.4. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 8

Teniendo en cuenta las resultados obtenidos, se trata de una distribución con un pequeño sesgo positivo (que significa la presencia de una cola más larga hacia la derecha del máximo central) presuponiendo una distribución normal (en la cual la representación gráfica es simétrica respecto de un valor central).

El coeficiente de cuarto orden respecto a la media, expresado de forma adimensional, nos daría el coeficiente de kurtosis, o grado de alargamiento de la distribución, que se puede estandarizar restando de 3, que es su valor para una distribución normal, lo que indica que es una curva ligeramente platicúrtica a excepción de LAS MANCHAS que es leptocúrtica.

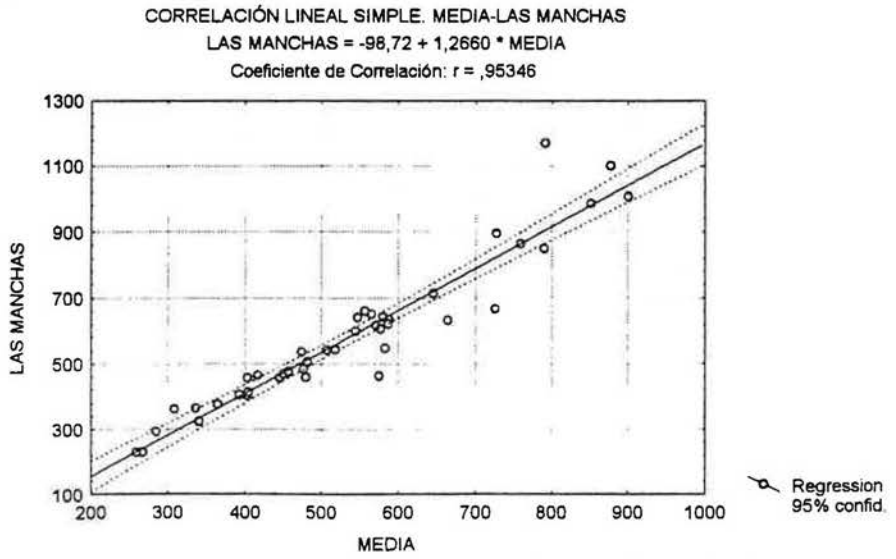


Figura 3.2. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 8 (P anual en mm)

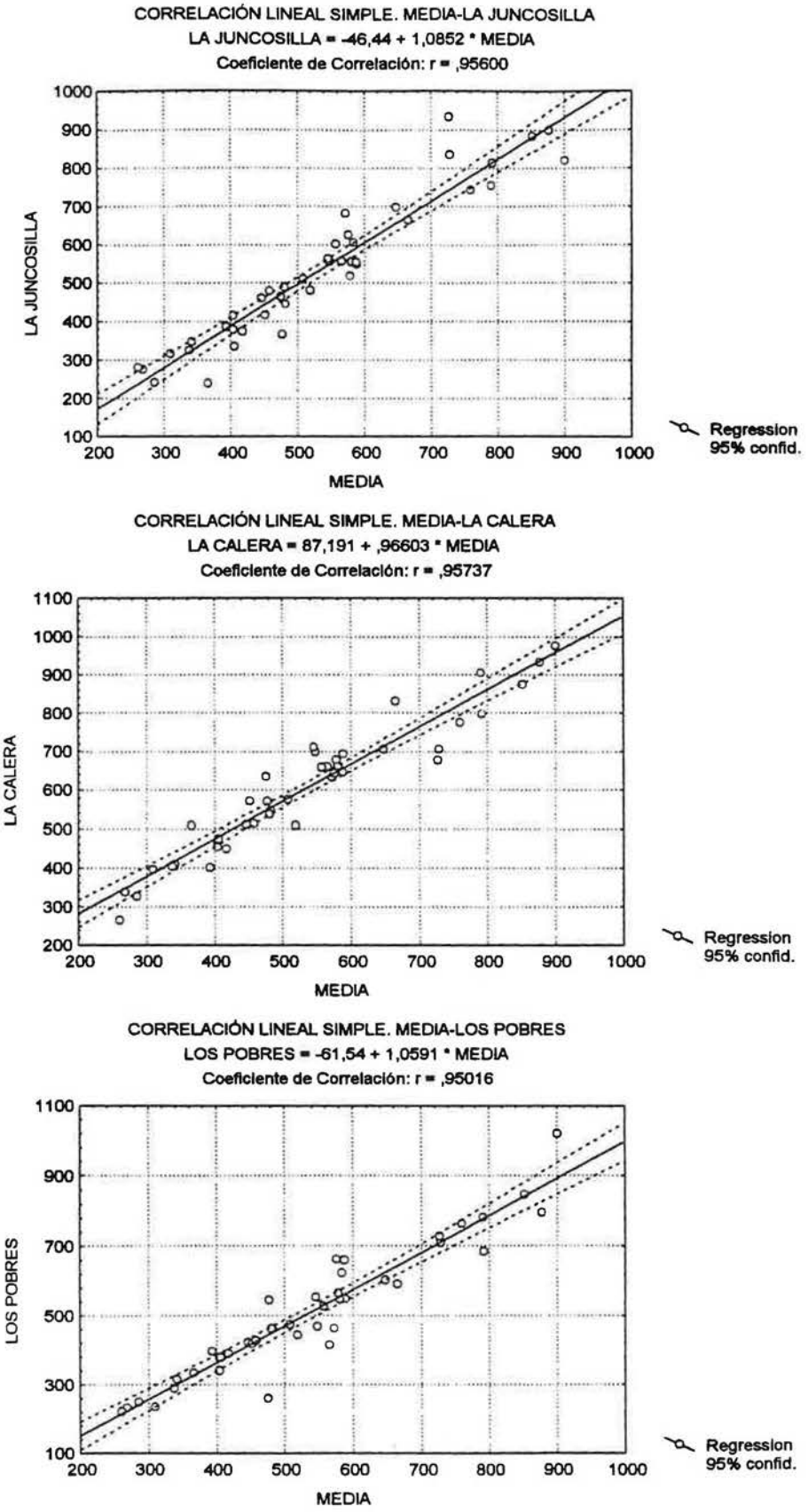


Figura 3.2. Continuación

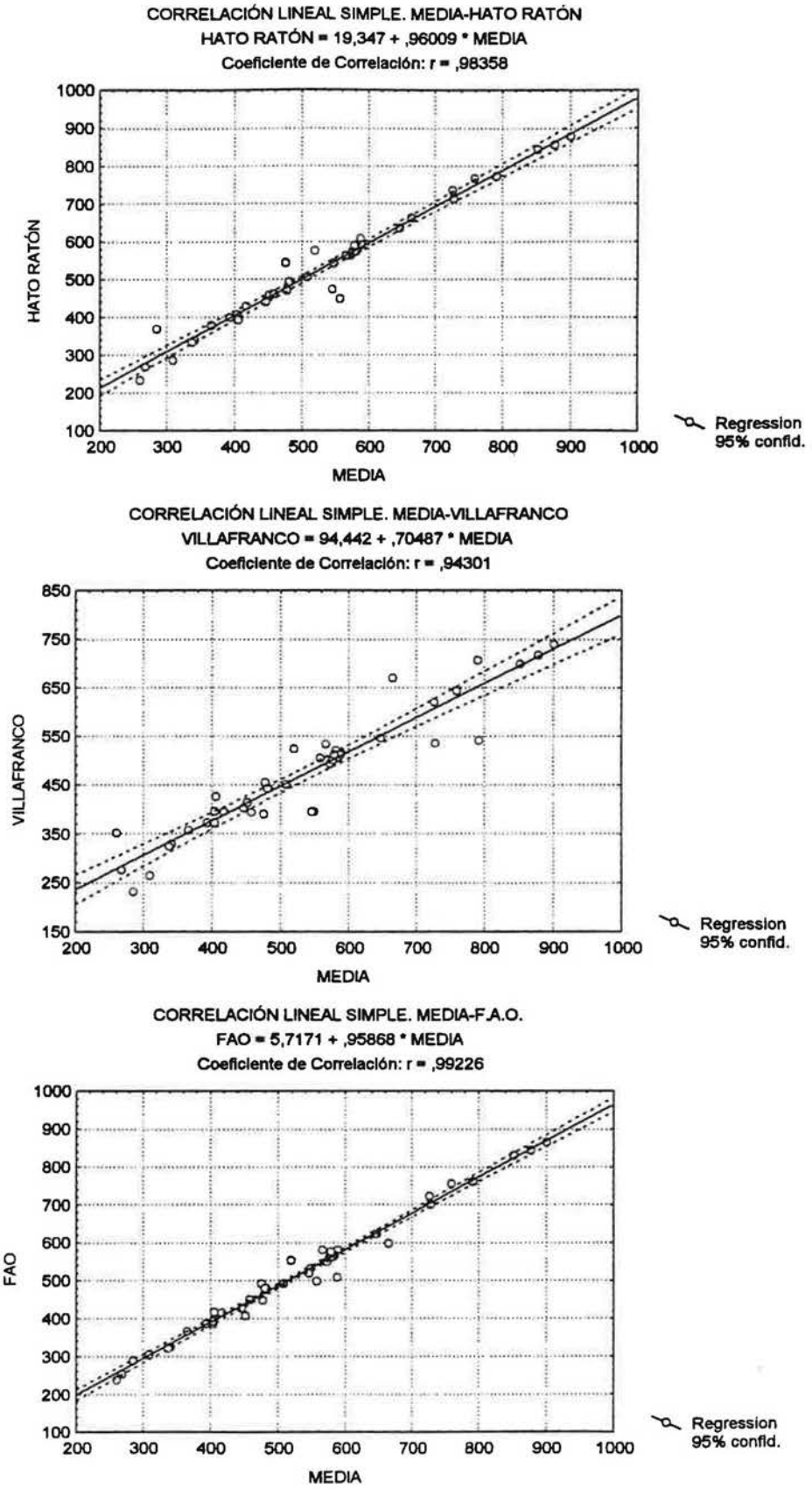


Figura 3.2. Continuación

3.2.6.1.4.- Distribución de frecuencias

Las relaciones que puedan presentar los datos son factibles de ser obtenidos por aplicaciones de métodos estadísticos, tales como la distribución de frecuencia.

En la figura 3.3 se muestran los polígonos e histogramas de frecuencia y frecuencia acumulada para los valores de la precipitación anual de la MEDIA del Grupo 8.

3.2.6.1.5.- Prueba de normalidad

Esta prueba trata de verificar estadísticamente la normalidad del estudio realizado. Para la comprobación gráfica del ajuste, se lleva a cabo la transformación de una curva normal en una recta. En la figura 3.4 se representa dicho ajuste, el cual nos muestra que la distribución tiene un pequeño sesgo a la derecha y que es de naturaleza platicúrtica (índice de kurtosis negativo) hacia mesocúrtica.

La calidad de dicho ajuste también se puede apreciar en el gráfica "en caja"; se trata de un gráfico que muestra unos extremos laterales (valores mínimos y máximos de la distribución) y una "caja" cuyo lado inferior corresponde al valor del cuartil inferior (25%) y el superior al valor del cuartil superior (75%), y por tanto la anchura de la "caja" indica el valor del rango intercuartílico.

En esta figura se observa la "cola" hacia la parte superior de la distribución y cómo no aparecen valores más allá de una vez y media el rango intercuartílico.

El centro de la "caja" corresponde a la media y la línea vertical que divide a la "caja" es la mediana, comprobándose por su posición la pequeña magnitud del sesgo ya comentado.

3.2.6.1.6.- Regresión lineal múltiple

En la regresión múltiple se toma un modelo donde la variable dependiente es la MEDIA del Grupo y cada una de las estaciones que lo forman son consideradas como variables independientes, tomando como nivel de confianza un 95%.

En la tabla 3.5 se muestran los valores de este modelo; en la primera columna aparecen las estaciones como variables independientes.

En la segunda aparecen, de arriba a abajo, los coeficientes estimados para cada variable, es decir, los valores de a, b_1, b_2, etc.; en la tercera columna el error estándar; en la cuarta t, como cociente de las dos anteriores columnas, es decir, el cociente entre el coeficiente y el error estándar, y en la última columna el nivel de significación para cada valor de t.

Var. Ind.	Coeficiente	Error Estándar	t-Student	Nivel sig.
	-2,7353	2,0688	-1,3270	0,1939
Juncosilla	0,157717	0,183699	0,859	0,3960
Las Manchas	0,099234	0,160310	0,619	0,5396
La Calera	0,077704	0,200249	0,388	0,7002
Los Pobres	0,043306	0,163430	0,265	0,7925
Hato Ratón	0,020491	0,419038	0,049	0,9613
Villafranco	0,053866	0,278781	0,193	0,8478
FAO	0,811276	0,582120	1,394	0,1715
	Coeficiente de correlación: 0,91343; Error estándar estimado: 70,4346			

Tabla 3.5. Modelo de regresión lineal múltiple para el Grupo 8

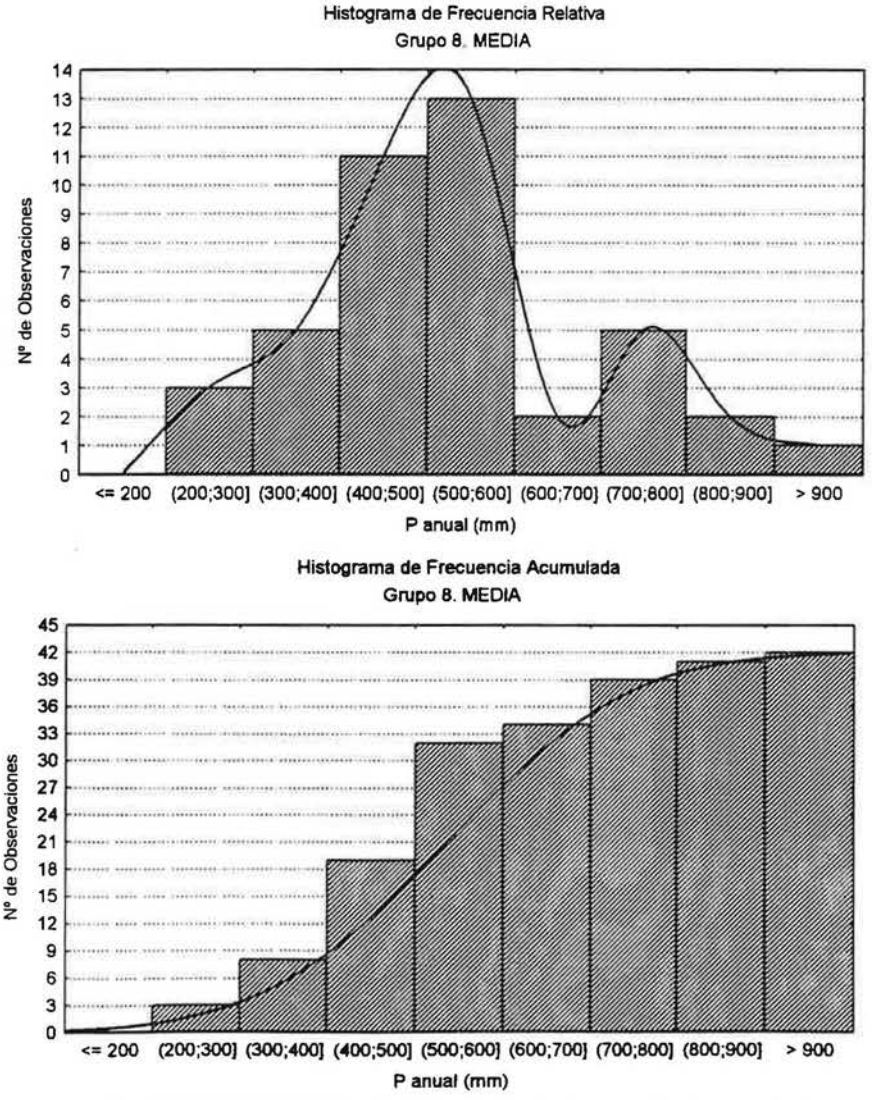


Figura 3.3. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 8

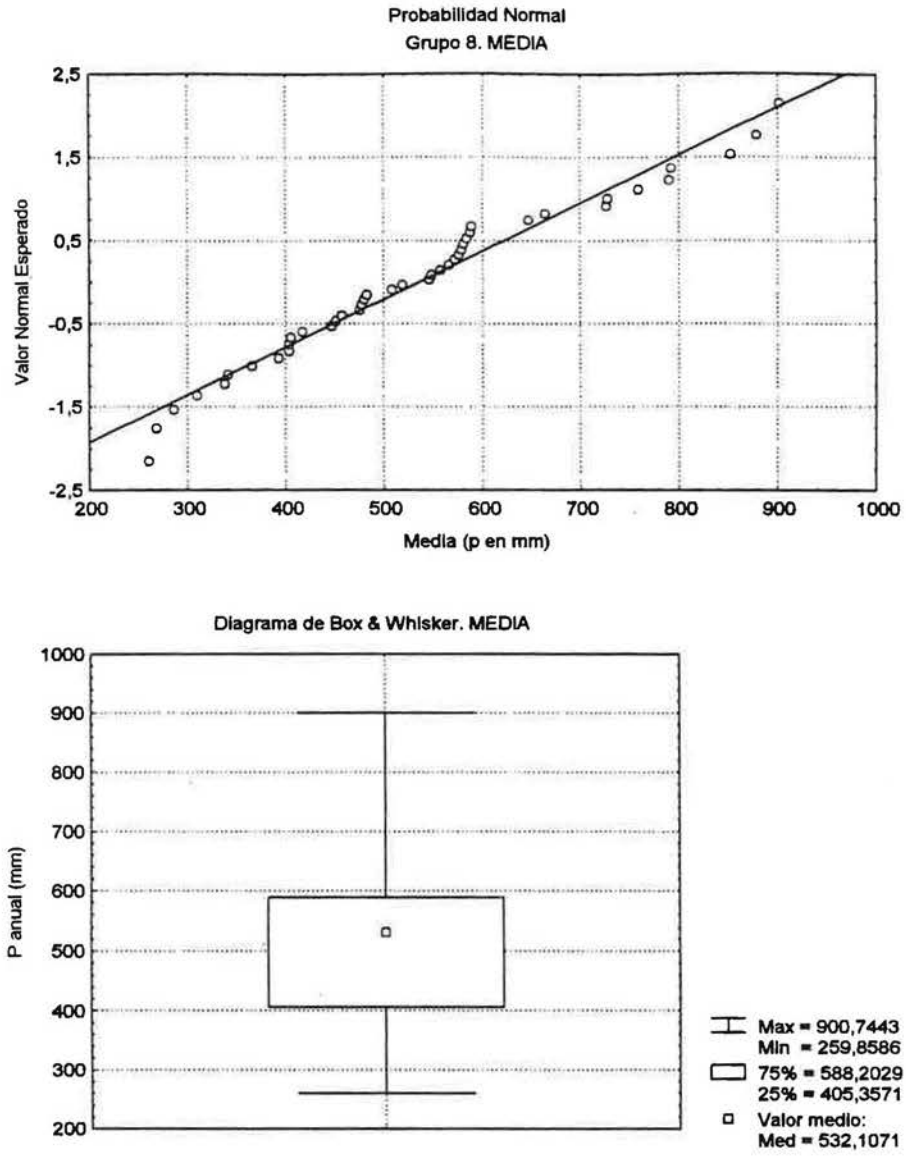


Figura 3.4. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 8

En resumen, lo que pretendemos es predecir el comportamiento de un modelo que responda a una Y poblacional de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Y(\text{Poblacional}) = A + B_1X_1 + B_2X_2 + \ldots\ldots\ldots B_nX_n$$

El modelo que se ha seguido es único, y para comprobarlo basta con alterar el orden de las variables, para obtener el mismo resultado.

La primera columna calculada, representa el valor de la constante "a" que predice A, y los valores de b(i) que miden el cambio promedio o esperado en Y cuando X se aumenta una unidad, permaneciendo constante las demás X, y que predicen los valores de la B(i).

Ello implica que la ecuación de predicción para la Y muestral sería la siguiente:

$$Y(\text{Muestral}) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots\ldots\ldots b_nx_n$$

Los valores de "a" y "b" están calculados para hacer mínima la expresión anterior, es decir la suma de los cuadrados de la diferencia entre los valores reales y los predichos por el modelo (desviaciones):

$$\sum(Y_m - Y_p)^2$$

Los valores estimados de Y, a, b_1, b_2,....b_n, son imparciales y con un error estándar más pequeño que cualquier estimado imparcial que sea expresión lineal de Y.

En la tabla anterior se puede decir que, por ejemplo, por cada litro que cae de más en Hato Ratón se aumenta la lluvia en la estación MEDIA 0,020 litros.

Por otro lado, la suma de cuadrados de las desviaciones se divide en dos factores:

- a) Suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores ajustados a su media (regresión).
- b) Suma de cuadrados de valores ajustados (residual).

Esto aparece en el análisis de la varianza del modelo que se expone en la tabla 3.6.

Fuente	Sum. Cuadr.	G.L.	Media Cuadr.	t	Nivel
Modelo	949568,02534	7	135652,57505	27,34359	0,0000
Error	188519,45418	38	4961,03827		
Total	1138087.47952				

Tabla 3.6. Análisis de la Varianza de la regresión múltiple

El primer valor se denomina suma de cuadrados debido a regresión y el segundo es la suma de cuadrados de desviaciones (residual).

La media cuadrada de desviaciones (Media cuadrada del residual), con 38 grados de libertad, es 4961,03, por lo que el error estándar sería su raíz cuadrada, o sea 70,4, que da una medida aceptable de que se ajusta la regresión (modelo) propuesta a los datos. Así pues éste modelo predice la lluvia en la estación MEDIA con un error despreciable.

El cociente entre la media cuadrada del residual y la media cuadrada de regresión (4961,03/135652,57), que estima la fracción de varianza que no es atribuible al modelo de regresión múltiple, es 0,036, lo que significa que la fracción explicada por el modelo supera el 99%.

Se podrían seguir realizando comprobaciones para la determinación, con más precisión, de la bondad del ajuste; sin embargo, el que los valores obtenidos confirmen un elevado ajuste, permiten evitar la continuación de los cálculos.

Para concluir este estudio de correlación lineal múltiple, y confirmar lo anteriormente expuesto, se adjunta la matriz de correlación (tabla 3.7) entre variables independientes de cada grupo referida a los coeficientes estimados en cada uno de los modelos propuestos.

Variables	Juncosilla	Las Manchas	La Calera	Los Pobres	Hato Ratón	Villafranco	F.A.O.
Juncosilla	1						
Las Manchas	0.899	1					
La Calera	0.88	0.906	1				
Los Pobres	0.891	0.859	0.895	1			
Hato Ratón	0.93	0.93	0.932	0.924	1		
Villafranco	0.881	0.845	0.902	0.908	0.928	1	
F.A.O.	0.947	0.946	0.941	0.931	0.987	0.934	1

Tabla 3.7. Matriz de correlación simple del Grupo 8

3.2.6.2.- Resto de grupos

De forma análoga a como se ha hecho para el Grupo 8, se podrían hacer los mismos comentarios para los demás grupos, sólo que variando algunos matices. Por esta razón obviamos la discusión del tratamiento seguido en su estudio estadístico y sólo incluimos los resultados; estos se recogen en las siguientes figuras y tablas del Anexo 1:

- Grupo 1: Figuras 1, 2 y 3; Cuadro 1 y Tabla 1
- Grupo 2: Figuras 4, 5 y 6; Cuadro 2 y Tabla 2
- Grupo 3: Figuras 7, 8 y 9; Cuadro 3 y Tabla 3
- Grupo 4: Figuras 10, 11 y 12; Cuadro 4 y Tabla 4
- Grupo 5: Figuras 13, 14 y 15; Cuadro 5 y Tabla 5
- Grupo 6: Figuras 16, 17 y 18; Cuadro 6 y Tabla 6
- Grupo 7: Figuras 19, 20 y 21; Cuadro 7 y Tabla 7

3.2.7. Cálculo de la precipitación media en el sector

3.2.7.1. Introducción

Tras realizar el completado de precipitaciones, procedemos al cálculo de la precipitación media en el sector durante el periodo considerado (1950/51-1994/95), por los métodos de la media aritmética, de las isoyetas y de los polígonos de Thiessen.

Este cálculo lo hemos realizado para el año medio, año húmedo[6] (1962/63) y año seco (1982/83) de la serie considerada, para un grupo de estaciones que engloba a las que se encuentran en el interior de la zona de estudio y las 10 más próximas a la misma. Los datos de éstas se muestran en el cuadro 3.2.

Nº	ESTACIÓN	LONG.	LAT.	COTA (m)	PRECIPITACIÓN AÑO MEDIO (mm) 1950-1995	PRECIPITACIÓN AÑO HÚMEDO (mm) 1962-63	PRECIPITACIÓN AÑO SECO (mm) 1982-83
838	HINOJOS	6-22-30	37-17-35	81	583,55	969,10	322,11
839	VILLAMANRIQUE	6-18-10	37-15-00	32	553,47	911,40	206,00
842	HINOJOS-LA CALERA	6-24-00	37-14-25	41	604,86	632,50	265,00
843	LA JUNCOSILLA	6-20-30	37-12-05	20	535,09	899,40	281,50
844	LAS MANCHAS	6-18-50	37-11-45	15	579,70	1100,40	228,90
848	ALMONTE	6-30-55	37-15-45	75	579,33	981,20	289,06
856	LOS MIMBRALES	6-30-00	37-05-00	20	586,85	1022,77	266,50
857	EL ROCIO	6-28-55	37-07-50	35	526,15	1013,50	339,60
858	DOÑANA	6-26-00	36-59-00	5	575,00	1109.85	265.3
836	PILAS MEDINA GARVEY	6-18-00	37-18-15	67	600,56	1060,65	241,50
845A	FAO	6-22-20	37-04-50	4	519,45	843,21	237,37
844	HATO RATON	6-18-10	37-10-50	15	533,83	855,79	231,64
841	LOS POBRES	6-11-35	37-11-40	20	506,01	796,00	222,60
861	VILLAFRANCO	6-10-10	37-08-00	4	472,16	717,00	352,00
	MEDIA				554	922.34	267.79

Cuadro 3.2. Datos para el cálculo de la precipitación media en el sector de estudio (Periodo 1950/51-1994/95)

3.2.7.2. Método de la media aritmética

Consiste en calcular la media aritmética de las precipitaciones registradas en las estaciones del área (a partir de los datos reflejados en el cuadro 3.2) en el período de estudio (1951/52-1994/95), y asignarle ese valor medio al área estudiada.

Por este método, la precipitación media del año medio del periodo considerado es de 554 mm.

Del mismo modo, la precipitación media del año húmedo (1962-63) para este periodo es de 922,34 mm, y la del año seco (1982-83) es de 267,79 mm.

Aún tratándose de un simple método de cálculo, en verdad presenta algunos inconvenientes, especialmente al darle excesiva importancia a los posibles valores extremos, cuando el número de puntos de observación no es demasiado grande, o cuando la altimetría de cada uno de los

[6]Como año húmedo(seco)se ha considerado aquél en que coincide el valor más elevado(pequeño) de la precipitación en el mayor número de estaciones

distintos observatorios es un factor que se necesita tener en cuenta en el efecto de la precipitación.

En nuestro estudio, éste último factor tiene una contribución relativamente escasa en la precipitación, ya que las diferencias de cotas de las estaciones son mínimas. No obstante podría considerarse como un método válido en regiones cuyo relieve sea prácticamente llano y la localización de las estaciones posea una gran uniformidad.

3.2.7.3. Método de las isoyetas

Este es un método que da unos excelentes resultados, ya que responde mejor a mayores gradientes pluviométricos y a diferencias notables de altitud.

A partir de los datos disponibles (cuadro 3.2) se han construido los mapas de isoyetas para los años medio, húmedo y seco (figuras 3.5, 3.6 y 3.7). El trazado se ha efectuado de forma automática con el programa WINSURF[7], empleando el método de interpolación del *"mínimo de la curvatura"*, por ser el que mejor se adecua a las características del sector de estudio, y comparándolo parcialmente con el método de *"kriging"*.

Para el cálculo de la precipitación media, se ha tenido en cuenta una zona más reducida que la original mostrada en la Figura 31, en donde se engloban las estaciones que caen dentro de la zona de trabajo y las diez más cercanas a ella, a fin de tener unos valores más reales y precisos en el estudio.

De este modo, la precipitación media caída en el sector viene dada por la expresión (MARTÍN-ARNÁIZ, 1976):

$$P_m = \frac{\frac{P_1+P_2}{2}S_1 + \frac{P_2+P_3}{2}S_2 + \ldots\ldots \frac{P_{n-1}+P_n}{2}S_{n-1}}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

Siendo:	$P_1, P_2, \ldots P_n$	Valores en mm asignados a cada isoyeta
	$S_1, S_2, \ldots S_n$	áreas en km^2 entre isoyetas P_1-P_2, P_{n-1}-P_n
	P_m	precipitación media en el sector en mm

El trazado de las isoyetas medias no posee un verdadero significado real, pues probablemente nunca se producirá dicha distribución; sin embargo, gracias a ellas, es posible detectar ciertos sectores donde las precipitaciones van adquiriendo valores más o menos elevados en los distintos años del período de estudio.

[7]GOLDEN SOFTWARE LIMITED. USA, 1995

Si observamos el mapa de isoyetas del año medio (figura 3.5) se puede comprobar que las precipitaciones en el sector son menos intensas en la zona SE, y a medida que nos desplazamos hacia el N-NW se produce un progresivo aumento en la pluviometría.

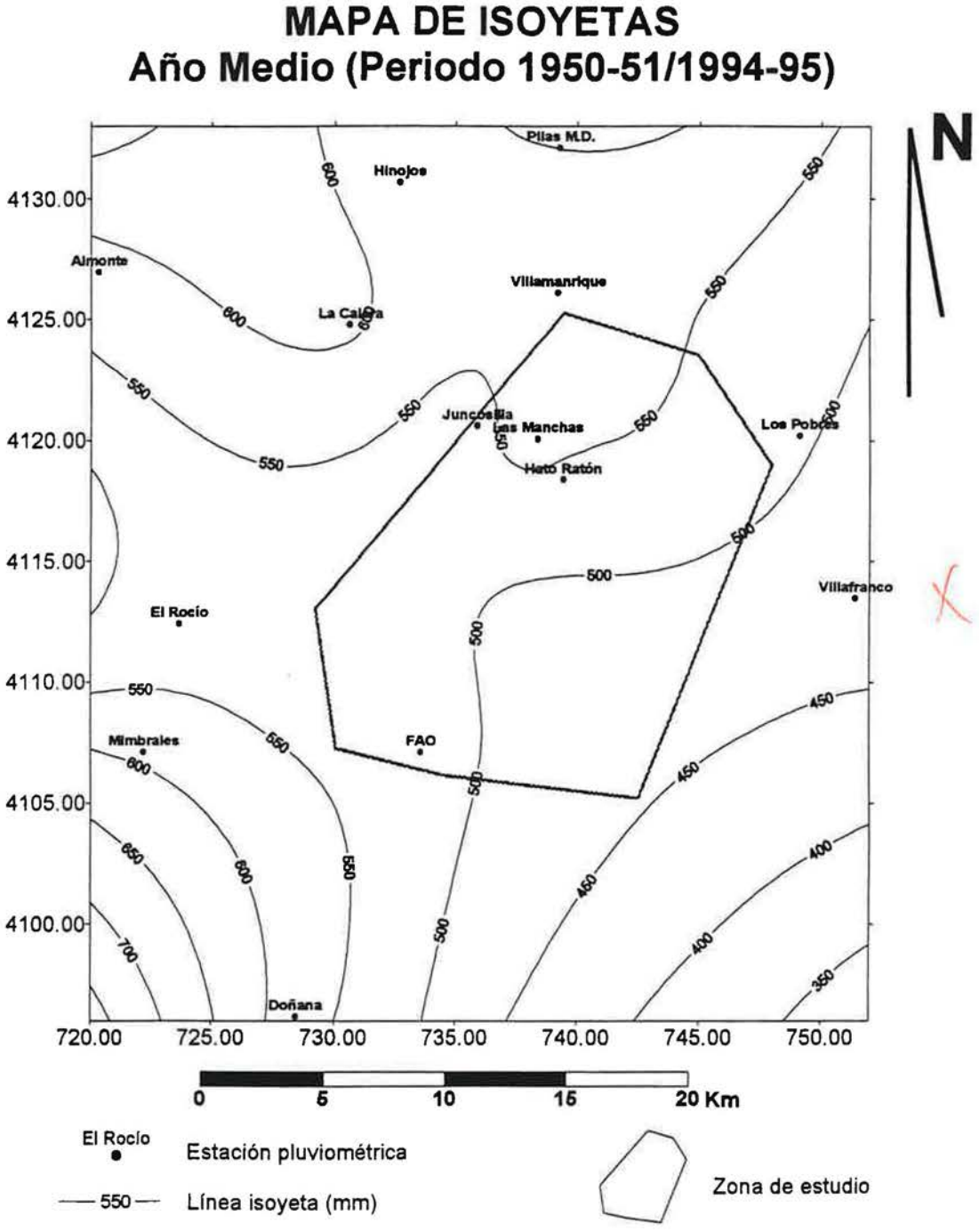


Figura 3.5. Mapa de isoyetas para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)

En el mapa de isoyetas del año húmedo (1962-63, figura 3.6) se puede apreciar que la precipitación aumenta de SE a N-NW, aunque en la zona de estudio se localiza un sector máximo en los alrededores de la estación de Las Manchas que se puede interpretar por la diferencia de altitud entre esta estación y la de sus alrededores y posiblemente a precipitaciones muy puntuales que es muy típico en esta zona.

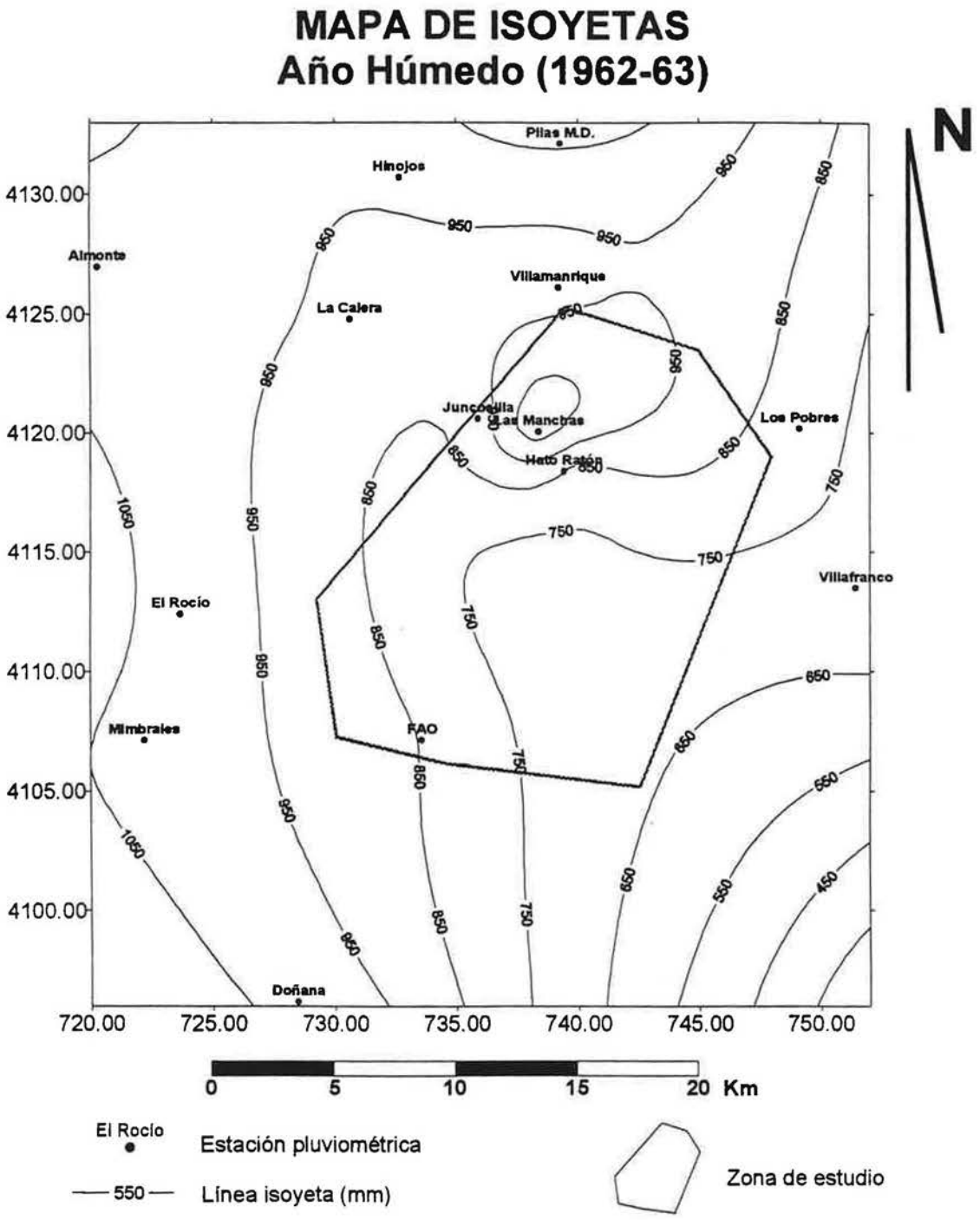


Figura 3.6. Mapa de isoyetas para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)

Respecto a las isoyetas del año seco (1982-83, figura 3.7) se observa que las precipitaciones mínimas oscilan entre 200 mm y 330 mm, correspondiendo las más elevadas a los sectores orientales y occidentales de la zona.

En el cuadro 3.3 se incluye el desarrollo seguido para el cálculo de la precipitación media del sector por este método. La planimetría para dicho cálculo se ha realizado con un planímetro digital PLANIX 7.

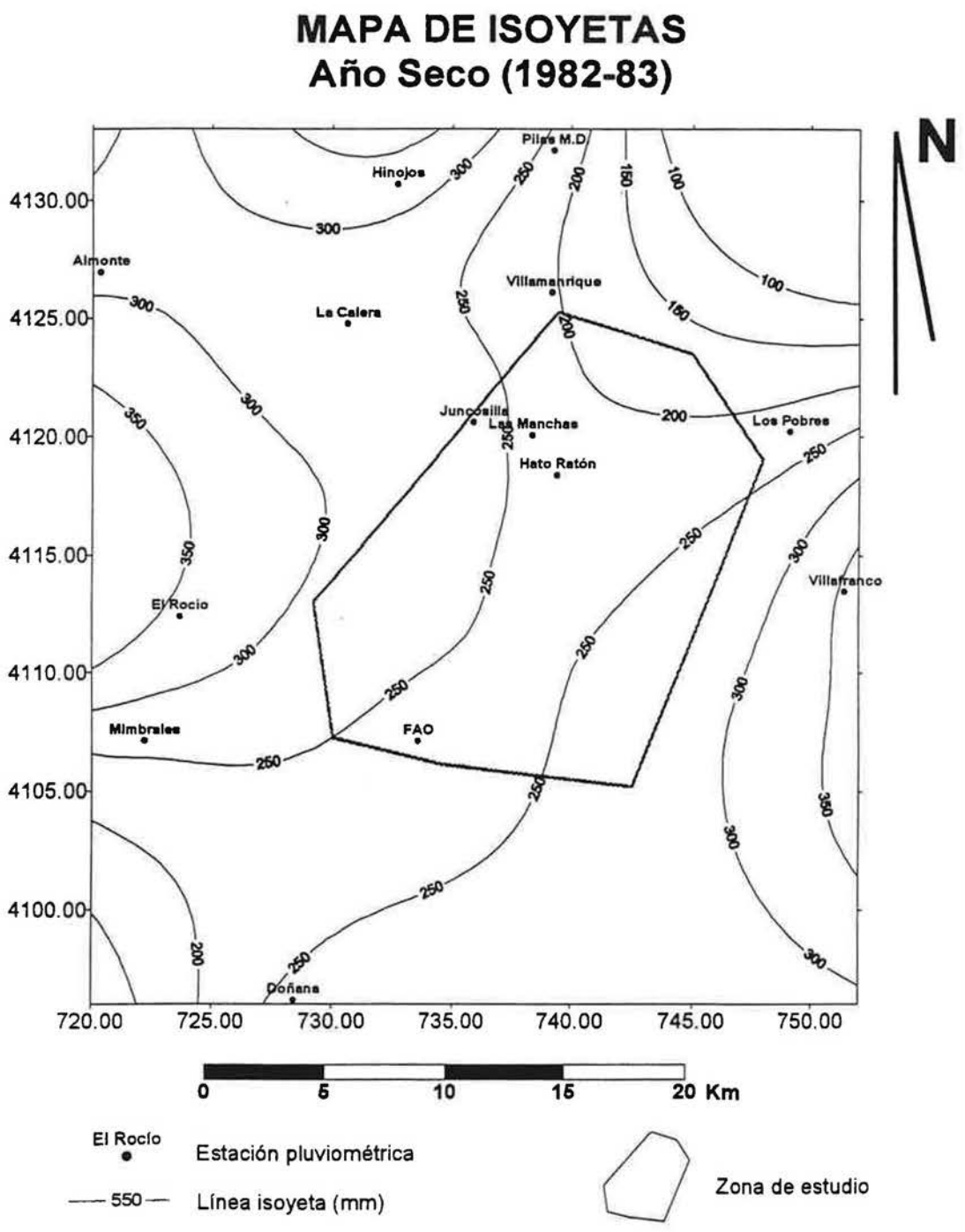


Figura 3.7. Mapa de isoyetas para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)

ISOYETAS AÑO SECO (1982-83)				ISOYETAS AÑO HÚMEDO (1962-63)			
Isoyetas	Precipitación (mm) Pi	Superficie (km^2) Si	Pi x Si	Isoyetas	Precipitación (mm) Pi	Superficie (km^2) Si	Pi x Si
450-400	425	3.12	1326	1150-1050	1100	60.5	65550
400-350	375	45.62	17107,5	1050-950	1000	330,15	330150
350-300	325	151,87	49357,75	950-850	900	284,75	256275
300-250	275	434,29	119429,75	850-750	800	135,37	108296
350-200	225	265,5	59737,5	750-650	700	128,12	89684
200-150	175	70,98	12421,5	650-550	600	65,12	39072
150-100	125	36,87	4608,75	550-450	500	31,12	15560
100-50	75	48,75	3656,25	450-350	400	16.25	6500
				350-250	300	5.62	1686
TOTAL		1057	267645	TOTAL		1057	913773
PRECIPITACIÓN MEDIA: 253.21 mm				**PRECIPITACIÓN MEDIA: 864.5 mm**			

Cuadro 3.3. Resultado de los cálculos de la precipitación media por el método de las isoyetas.

ISOYETAS AÑO MEDIO			
Isoyetas	Precipitación (mm) Pi	Superficie (km^2) Si	Pi x Si
800-750	775	0,6	465
750-700	725	18,12	13137
700-650	675	23,12	15606
650-600	625	104,1	65062,5
600-550	575	285,12	163944
550-500	525	354,79	186264,75
500-450	475	150,5	71487,5
450-400	425	75,6	32130
400-350	375	38,8	14550
350-300	325	6,25	2031,25
TOTAL		1057	564678
PRECIPITACIÓN MEDIA: 534,23 mm			

Cuadro 3.3. Continuación

3.2.7.4.- Método de los Polígonos de Thiessen

Es un método más útil cuando la distribución de las estaciones no es uniforme y la variación entre estaciones es relativamente grande.

El criterio en que se basa es asignar a cada punto del área la precipitación registrada en el pluviómetro más cercano. Para su aplicación, se unen mediante líneas las estaciones adyacentes, resultando una serie de triángulos. Se dibujan las mediatrices de los lados de estos triángulos, y las intersecciones de estas mediatrices definen un conjunto de polígonos a los que se les asigna la precipitación correspondiente a la estación que está en su interior.

Se calcula el área de cada polígono y se expresa como una fracción decimal del área total, es decir, si las áreas de los polígonos son S_1, S_2, S_3,....S_n y las precipitaciones respectivas P_1, P_2, P_3,....P_n, la P_m, sobre la superficie total considerada S sería:

$$P_m = \frac{S_1}{S} P_1 + \frac{S_2}{S} P_2 + \ldots\ldots + \frac{S_n}{S} P_n$$

En las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 se representan los mapas de polígonos para los años medio, húmedo y seco y en el cuadro 3.4 los resultados de los cálculos de la Pm para los años medio, húmedo y seco en el sector considerado.

POLÍGONO DE THIESSEN AÑO SECO (1982-83)				POLÍGONO DE THIESSEN AÑO HÚMEDO (1962-63)			
N° Polígono	Superf. (km²) Si	Precip. (mm) Pi	Pi x Si	N° Polígono	Superf. (km²) Si	Precip. (mm) Pi	Pi x Si
1	64,3	289,06	18586,56	1	64,3	981,2	63091,16
2	39,05	322,11	12578,4	2	39,05	969,1	37843,36
3	40,8	241,5	9853,2	3	40,8	1060,65	43274,52
4	90,55	222,6	20156,43	4	90,55	796	72077,8
5	59,3	206	12215,8	5	59,3	911,4	54046,02
6	66,42	265	17601,3	6	66,42	932,5	61936,65
7	43,3	281,5	12188,95	7	43,3	899,4	38944,02
8	10	228,9	2289	8	10	1100,4	11004
9	76,17	231,64	17644,02	9	76,17	855,79	65185,52
10	86,6	339,6	29409,36	10	86,6	1013,5	87769,1
11	139,92	362	50651,04	11	139,92	352	49251,84
12	198,49	237,37	47115,57	12	198,49	843,21	167368,75
13	59,55	266,5	15870,08	13	59,55	1022,77	60905,95
14	82,55	265,3	21900,52	14	82,55	1019,85	84188,62
TOTAL	1057		288060,21	TOTAL	1057		896887,31
PRECIPITACIÓN MEDIA: 272,53 mm				**PRECIPITACIÓN MEDIA: 848,52**			

Cuadro 3.4. Cálculos de la precipitación media por los polígonos de Thiessen

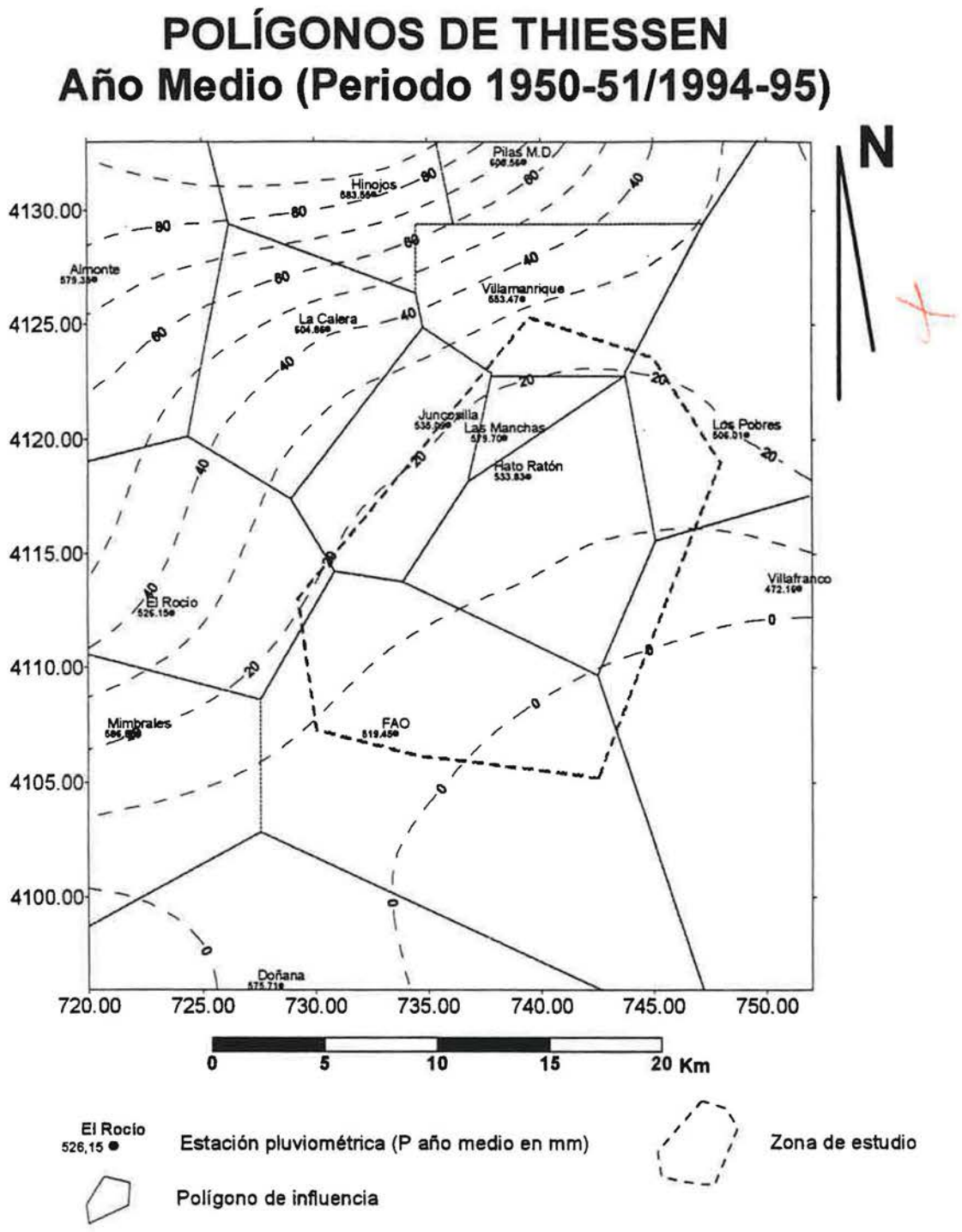


Figura 3.8. Mapa de polígonos de Thiessen para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)

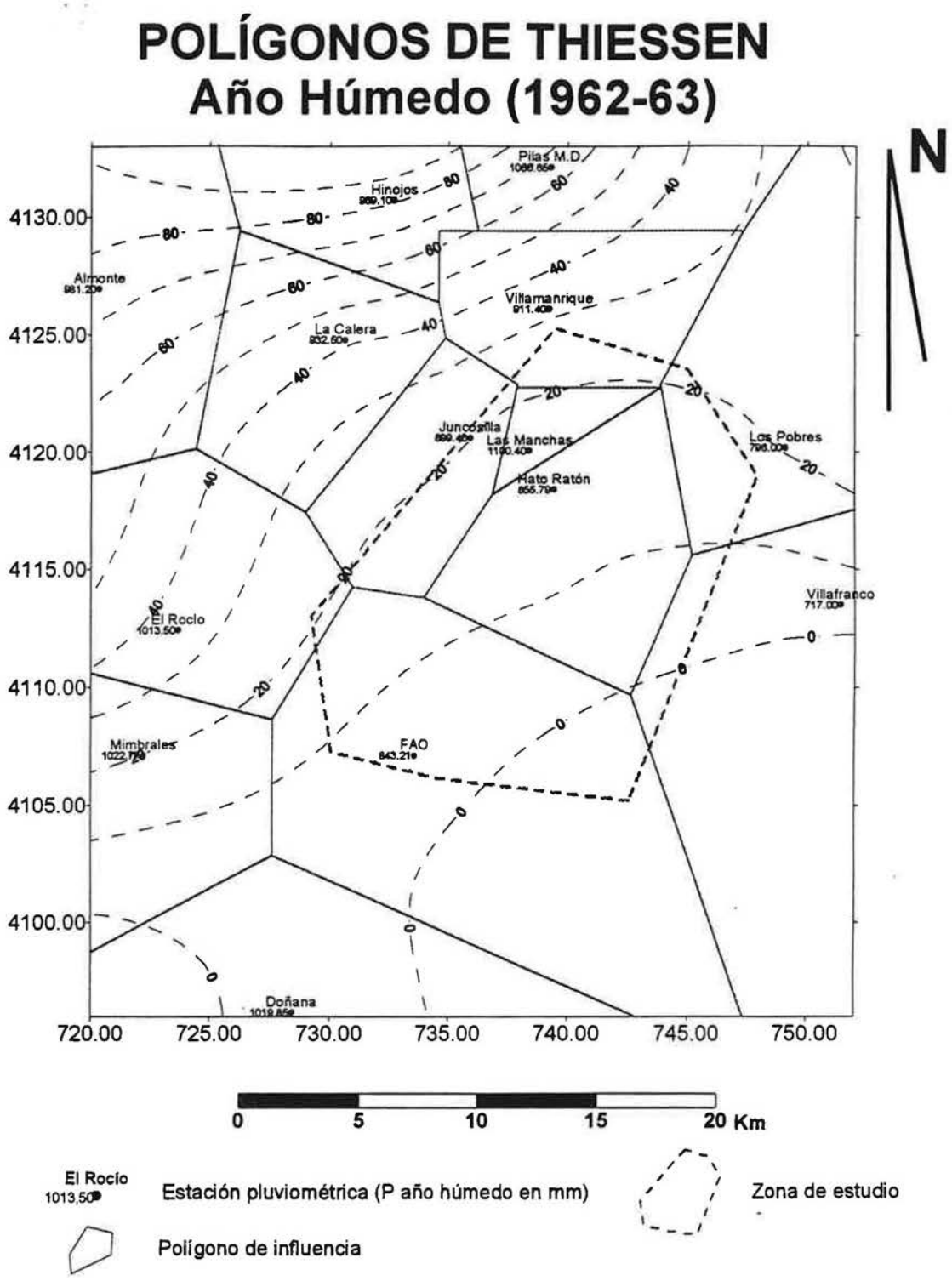


Figura 3.9. Mapa de polígonos de Thiessen para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)

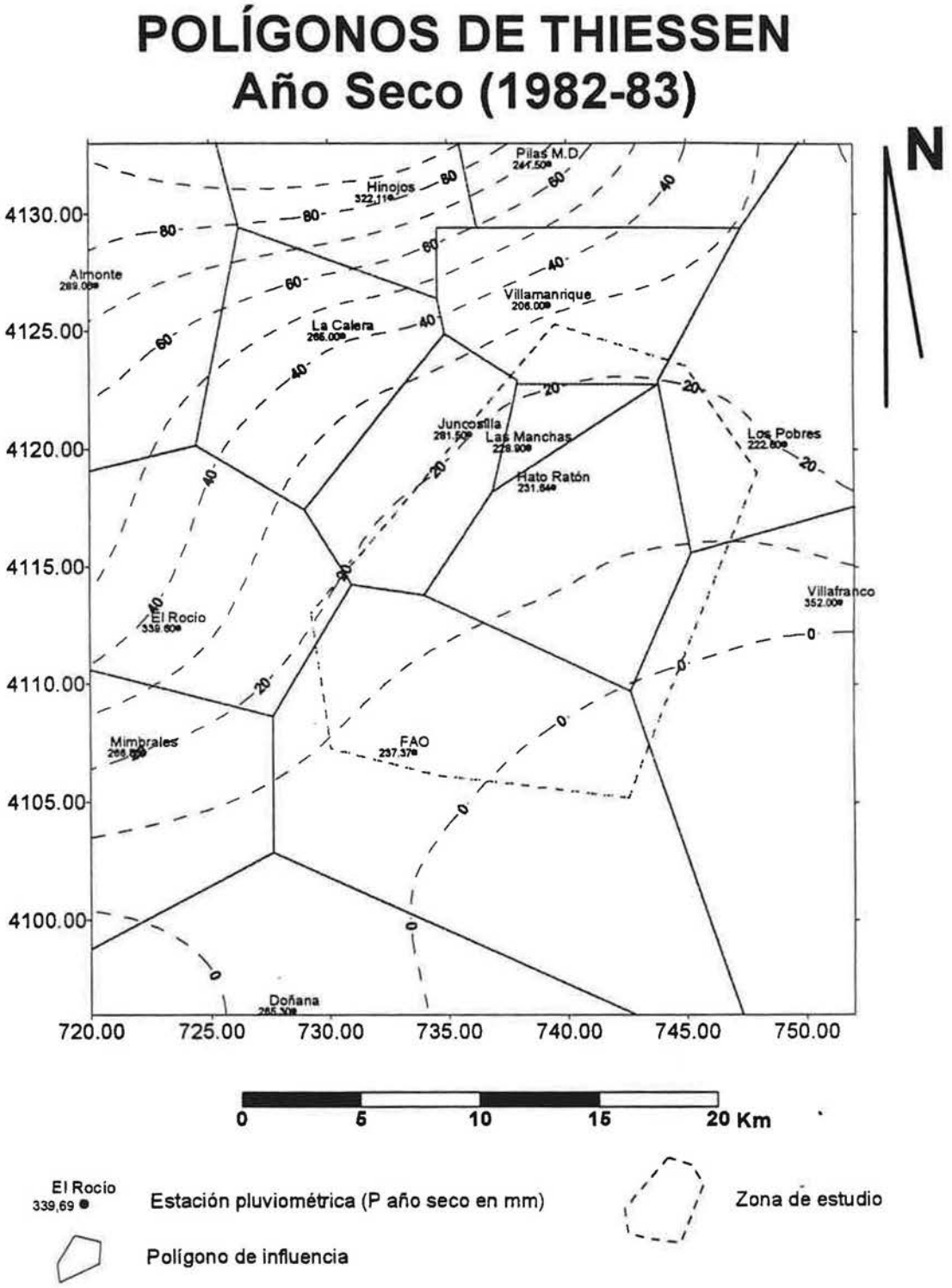


Figura 3.10. Mapa de polígonos de Thiessen para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)

POLÍGONO DE THIESSEN AÑO SECO (1982-83)			
Nº Polígono	Superficie (km²) Si	Precipitación (mm) Pi	Pi x Si
1	64,3	579,33	37250,92
2	39,05	583,55	22787,63
3	40,8	600,56	24502,85
4	90,55	506,01	45819,21
5	59,3	553,47	32820,77
6	66,42	604,86	40174,8
7	43,3	535,09	23169,4
8	10	579,7	5797
9	76,17	533,83	40661,83
10	86,6	526,15	45564,59
11	139,92	472,16	66064,63
12	198,49	519,45	103105,63
13	59,55	586,85	34946,92
14	82,55	575,71	47524,86
TOTAL	1057		570191,03
PRECIPITACIÓN MEDIA: 539,44 mm			

Cuadro 3.4. Continuación

3.2.7.5. - Discusión de los métodos empleados

Los valores de precipitación media (año seco, húmedo y medio) obtenidos para el sector de estudio por los distintos métodos presentan leves variaciones. Sus resultados se presentan en el cuadro 3.5.

Año	Media Aritmética	Isoyetas	Polígonos de Thiessen
Medio	554	534,23	539,44
Seco	267,79	253,21	272,53
Húmedo	922,34	864,50	848,52

Cuadro 3.5. Valores de la Pm (mm) obtenida por los diferentes métodos

Las diferencias existentes entre la pluviometría (media, del año seco y del año húmedo) obtenida por los métodos de isoyetas, polígonos de Thiessen y por el de la media aritmética se refleja en el cuadro 3.6.

	Media Aritmética versus Isoyetas	Isoyetas versus Polígonos de Thiessen	Media Aritmética versus Polígonos de Thiessen
Año Medio	19,77	5,21	14,56
Año Seco	14,58	19,32	4,74
Año Húmedo	57,84	15,98	73,82

Cuadro 3.6. Diferencias pluviométricas entre los distintos métodos de cálculo (año medio, seco y húmedo)

No siendo las variaciones grandes, para diluir en la medida de lo posible los errores, se considera como valor de la precipitación media sobre el sector objeto de estudio la media de los valores obtenidos por los tres métodos, es decir:

* Precipitación media: 542,55 mm
* Precipitación del año húmedo: 878,51 mm
* Precipitación del año seco: 264,51 mm

De este modo, el valor de la precipitación media del sector de estudio para el período 1950-51/1994-95 es de 542,55 mm, que corresponde a 873,50 hm^3/año.

De igual forma, para el año húmedo (878,45 mm) le corresponden 1414,3 hm^3/año y para el año seco (264,51 mm) 425,86 hm^3/año.

Resumiendo se puede decir que el sector de estudio presenta una precipitación anual moderada con máximos de lluvia, por lo general, en los meses de diciembre a febrero y mínimos de junio a agosto, cuyo valor medio rara vez se puede medir (< 1 mm) en las distintas estaciones, produciéndose, por tanto, durante estos meses unas fuertes sequías.

3.3. TEMPERATURA

El conocimiento de la temperatura, al igual que el de la precipitación, también es de gran importancia a la hora de conocer las transferencias hídricas en el sector.

Para el estudio termométrico se ha partido de trece estaciones, cuyas características se reflejan en el cuadro 3.7.

Todas las estaciones son termo-pluviométricas y no existe ninguna que sea sólo de control de temperaturas.

Los valores de estas estaciones se presentan de una forma muy irregular y con grandes lagunas en distintos períodos de tiempo. Todas ellas llevan un control tanto de temperatura máxima como de mínima y media, donde se toma ésta última como la media de las dos anteriores.

Nº	Estación	X	Y	Cota	Tª anual media (°C)	ETP anual media (mm)	ETR anual media (mm)
826	Escacena	727.365	4172.335	417	17,15	911	438,57
621	Manzanito	706,268	4152,967	200	17,26	930,02	466,68
620	El Guijo	712,56	4149,416	193	18,20	988,96	439,33
622	La Palma	715,390	4140,397	92	18,99	1019,88	426,28
833	Juncosa	743,921	4134,548	20	17,78	916,11	398,05
605	Huelva	684,5	4128	26	18,14	928,96	299,81
836	Pilas	739,309	4132,102	67	19,02	1033,97	433,7
573	El Villar	706,025	4122,889	82	17,05	915,99	926,33
851	Bodegones	706,897	4117,513	40	16,97	881,08	419,33
857	Cabezudos	711,128	4116,076	35	17,37	910,19	404,67
856A	Mediana	716,651	4112,515	40	16,68	861,99	398,48
852	Abalario	707,079	4110,116	65	16,32	840,56	480,68
856	Mimbrales	722,227	4107,108	20	17,08	882,42	409,79
MEDIA					17,74	924,7	457,05

Cuadro 3.7. Temperatura, ETP y ETR anuales medias (período de estudio 1950-51/1994-95)

A partir de las temperaturas medias de cada año en las distintas estaciones se ha obtenido la temperatura media anual del área de estudio (17,74 °C) para el período de estudio (1950-51/1994-95).

Al ser la temperatura un factor climático que no presenta la variabilidad espacial que caracteriza a la precipitación, no se ha realizado el completado de datos.

A partir de los valores de temperatura anual media se ha elaborado el mapa de isotermas medias (figura 3.11) que muestra la distribución aproximada de la temperatura anual media en el sector de estudio.

Este trazado de isotermas sólo ofrece un valor orientativo, dado que no existe uniformidad en el período en que cada estación posee datos. Las isotermas con valores más altos (máximas) se distribuyen por la zona suroriental, disminuyendo éstas hacia la zona noroccidental.

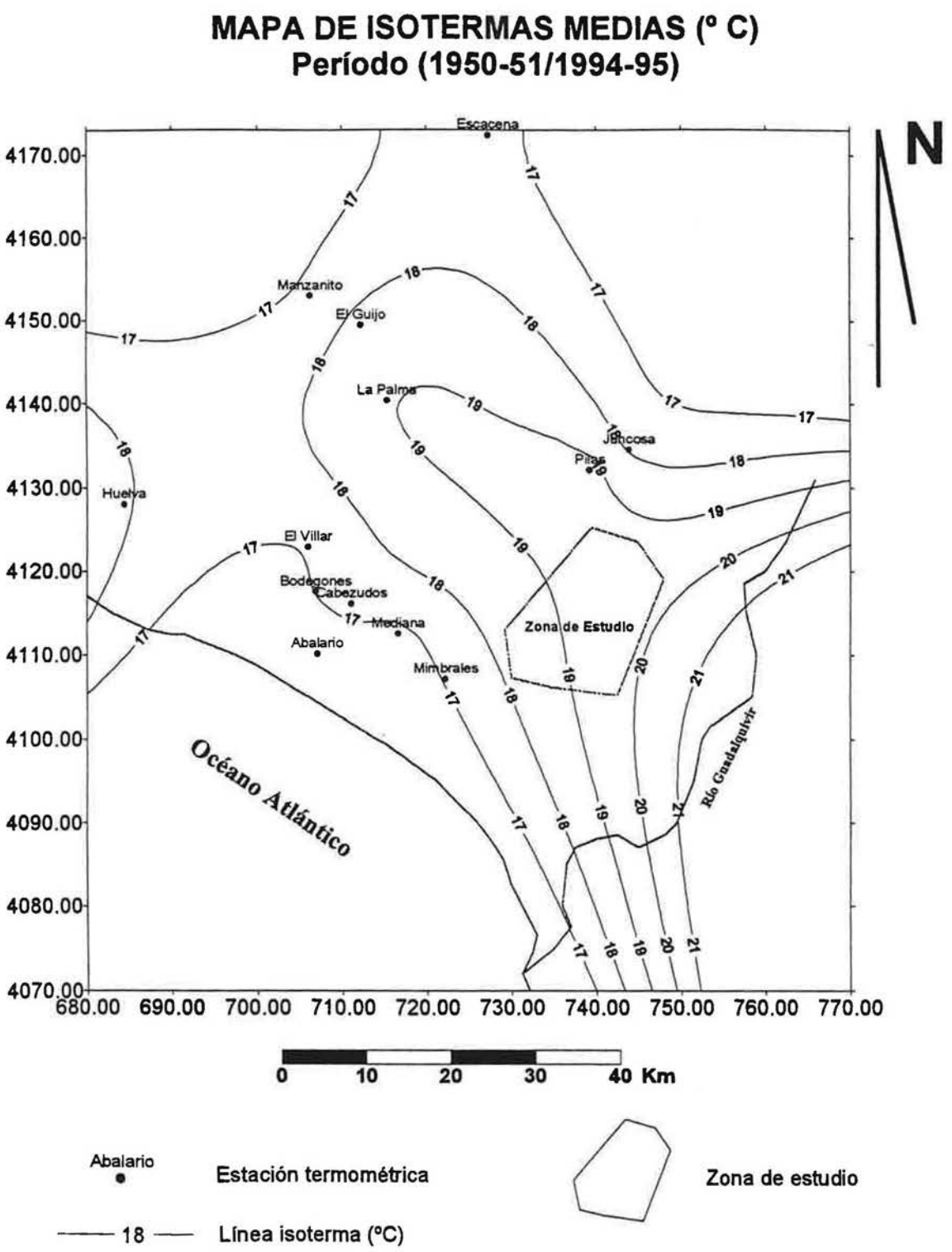


Figura 3.11. Mapa de isotermas medias para el periodo de estudio (valores en °C)

3.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN

3.4.1. Introducción

Para el estudio de la evapotranspiración (potencial y real) en el sector de estudio, hemos tenido en cuenta sólo las estaciones termo-pluviométricas anteriormente citadas (cuadro 3.7).

Los resultados de los cálculos figuran en el Anexo 1.

3.4.2. Evapotranspiración potencial

El término evapotranspiración procede de agrupar dos conceptos (evaporación y transpiración del agua por las plantas). Por tanto se define como "la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo, si en todo momento hay humedad suficiente en el suelo para su uso máximo por las plantas" (ELÍAS y GIMÉNEZ, 1965).

Normalmente se suele aplicar algún método empírico para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) debido en casi todos los casos a la falta de lisímetros; entre ellos cabe mencionar el método de THORNTHWAITE, el cual permite calcular este valor a partir de datos meteorológicos con cierta facilidad.

Los resultados pueden verse en el anexo 1 (cuadros 8 a 20). A partir de ellos se obtienen los valores de ETP y ETR anual media para el período de estudio (cuadro 3.7). Los valores más elevados de ETP corresponden a la estación de Pilas, con 1033,97 mm, mientras que los mínimos pertenecen a la estación de El Abalario con 840,56 mm.

En las figuras 3.12, 3.13 y 3.14 se observa la variación espacial de la ETP anual media (mm) para los años húmedo, seco y medio del período de estudio.

Los mayores valores de ETP anual media se localizan en el sector central y suroriental y los menores en la zona noroccidental.

La evapotranspiración potencial anual media para este período es de 924,70 mm, que suponen un volumen total evapotranspirado de 1488,77 hm^3/año.

3.4.3. Evapotranspiración real

Es el valor que refleja lo que suponen realmente las pérdidas por evapotranspiración del área de estudio, ya que la ETP no tiene en cuenta aspectos tales como la capacidad de campo, reserva inicial y final, escorrentía total, etc.. Por ello, el valor de la evapotranspiración real (ETR) está limitado y sólo será real cuando exista suficiente agua en el suelo.

Para el cálculo de la ETR existen diversos métodos, entre los que mencionamos (como más usual) el de THORNTHWAITE:

$$P = ETR + Ex \pm \Delta r \text{ (balance hídrico del suelo)}$$

Los resultados del cálculo (para una capacidad de campo de 75 mm) y su representación gráfica se reflejan en el anexo 1 (cuadros 21 a 33 y figuras 22 a 34).

Según los datos del cuadro 3.7, se puede ver que la estación de El Villar presenta una ETR de 926,33 mm, que corresponde a la más elevada de la zona, mientras que la más baja 299,81 mm corresponde a la estación de Huelva.

La ETR anual media del área de estudio posee un valor de 457,05 mm, lo que supone unas pérdidas de 735, 85 hm^3/año.

En las figuras 3.15, 3.16 y 3.17 se representan las isolíneas de ETR para los años seco, húmedo y medio del período considerado en el estudio.

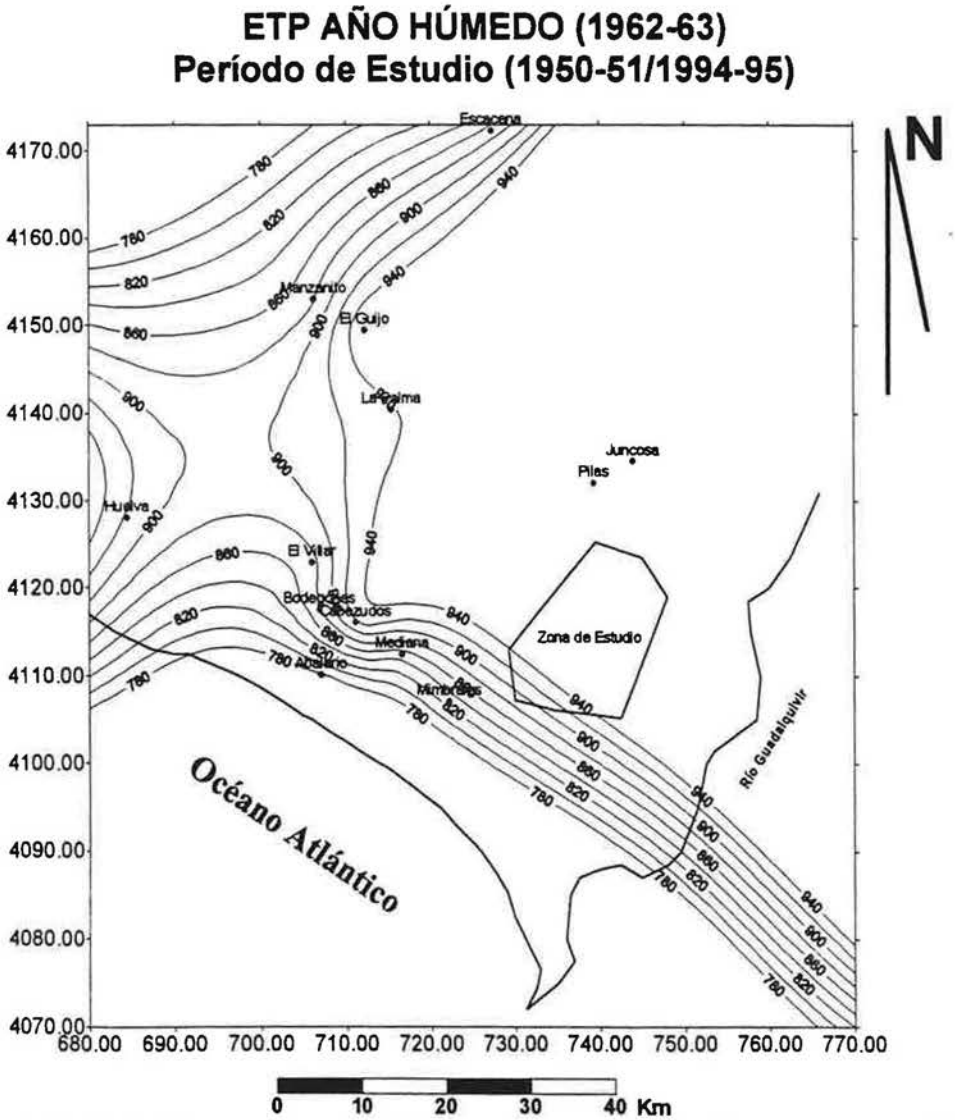


Figura 3.12. Variación espacial de la ETP para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)

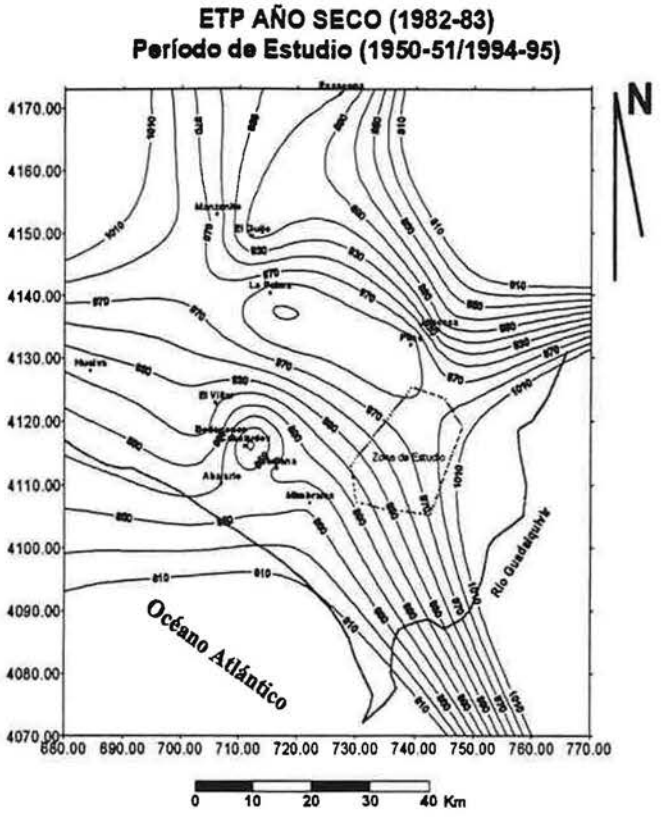


Figura 3.13. Variación espacial de la ETP para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)

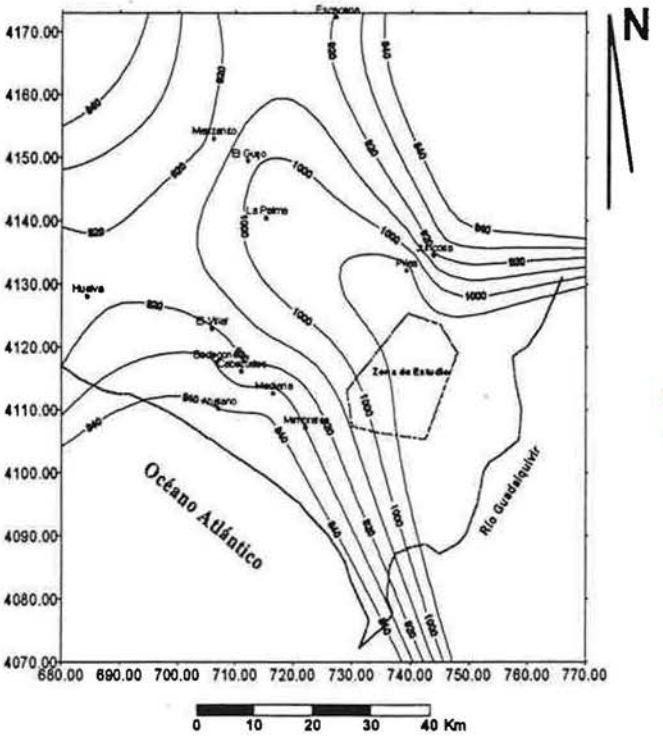


Figura 3.14. Variación espacial de la ETP para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)

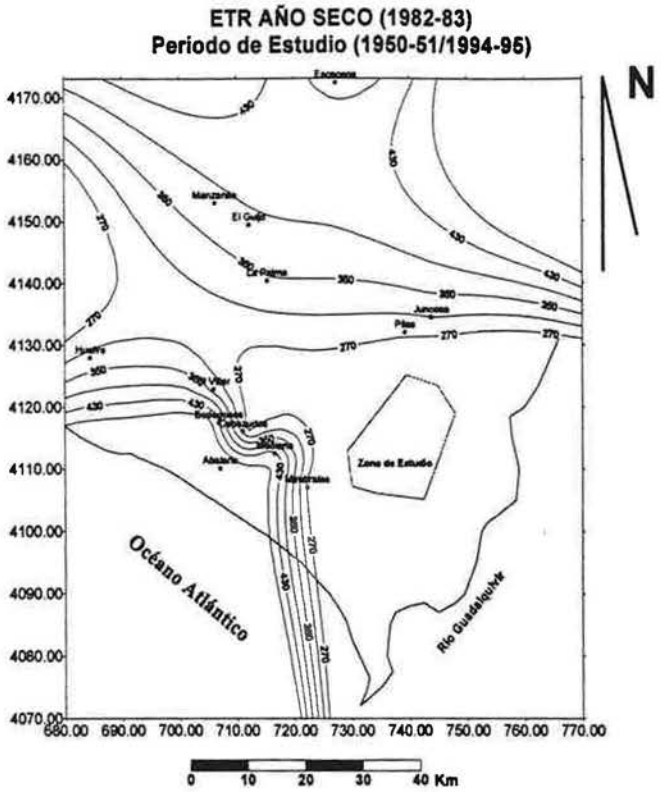


Figura 3.15. Mapa de isolíneas de ETR para el año seco del periodo de estudio (valores en mm)

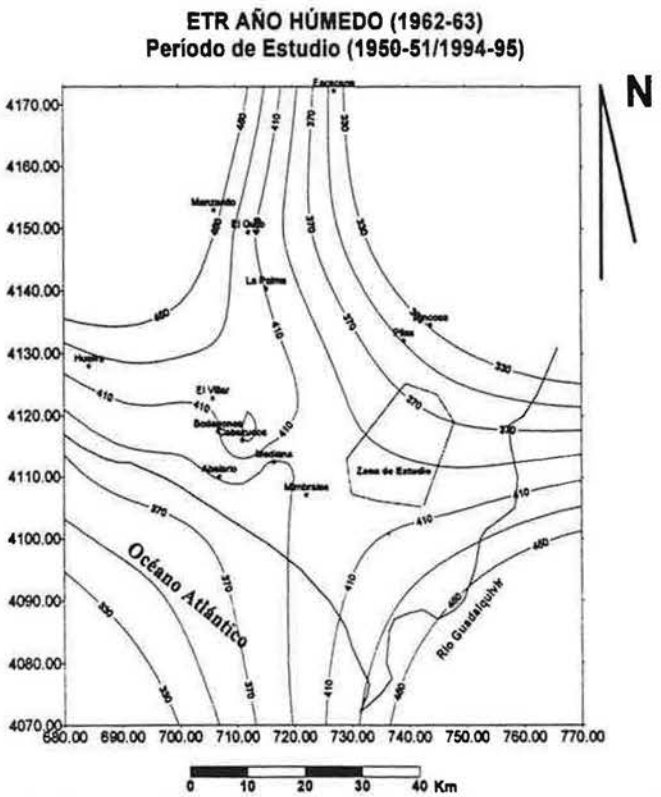


Figura 3.16. Mapa de isolíneas de ETR para el año húmedo del periodo de estudio (valores en mm)

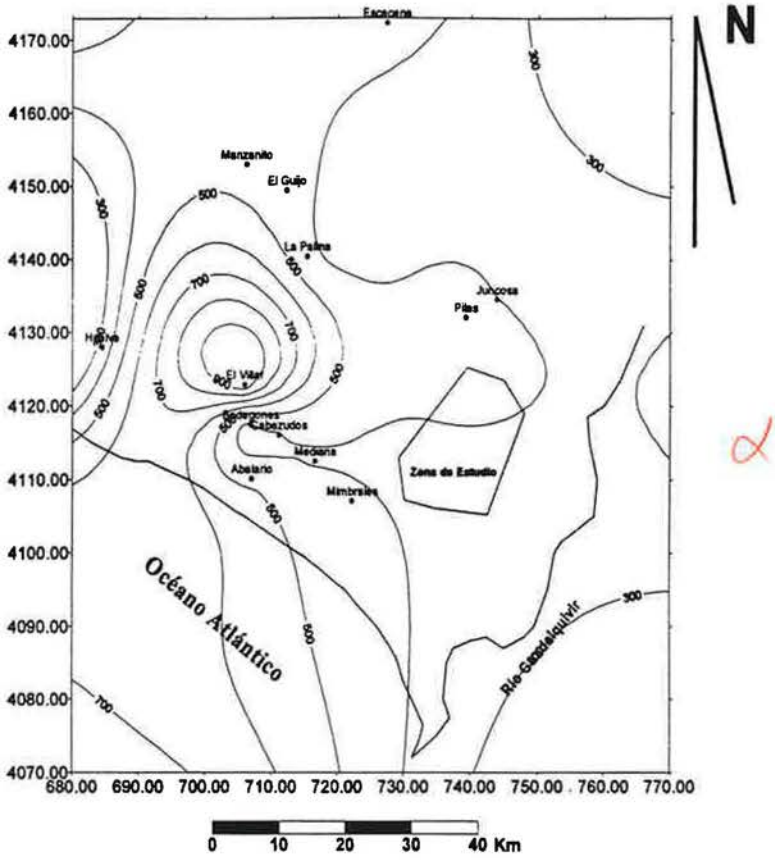


Figura 3.17. Mapa de isolíneas de ETR para el año medio del periodo de estudio (valores en mm)

CAPÍTULO 4

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

4.1. TOPOGRAFÍA

La marisma es fundamentalmente una llanura con altitudes medias de 3,6 m.s.n.m., en la que los accidentes topográficos se pueden considerar como mínimos, aunque diferencias de nivel del orden de centímetros pueden marcar diferentes comportamientos frente a la inundación, así como tipos de vegetación bien señalados. Posee una pendiente media de 0,15% desde la cota 5 sobre el nivel del mar hasta el Guadalquivir (IRYDA, 1976).

Gran parte de la superficie de la marisma englobada en el Parque se encuentra a cotas inferiores a los 3 m (DRAIN, 1977; MENANTEAU, 1980) y, dentro de esta variación de cota, son muy importantes los pequeños desniveles que, en conjunto, condicionan la hidrología de la marisma. Por ello es necesario conocer y describir las características de tales elementos:

a) **Elevaciones**

a.1. *Paciles*: Son auténticos "*levees*" naturales que han sido originados por el desbordamiento, tanto del río Guadalquivir, como de sus tributarios. Poseen una geometría en cuña formados por materiales de una granulometría mayor que la de los limos de la marisma.

a.2. *Vetas*: Son elevaciones más o menos arenosas de orden decimétrico y de varios metros de longitud, que pueden ser el resultado de los truncamientos de los *paciles*.

Sobre estos elementos es interesante resaltar, que por la posición de antiguos *levees*, se puede reconstruir el cambio de trazado que han sufrido algunos caños y el propio río Guadalquivir (COTA et al., 1977); de este modo parece que el Caño Guadiamar debía de tener una salida propia al mar, hasta que el arroyo Madre de las Marismas del Rocío, que es posterior, lo recondujo hacia el río Guadalquivir, tal y como aparece actualmente.

b) **Depresiones**

b.1. *Albinas*: Son pequeñas cubetas, restos de "*slikkes*" de la época mareal, que han quedado restadas a la acción de las mareas y han dado lugar a los lucios.

b.2. *Lucios*: Son las depresiones más importantes, por su extensión y su influencia en la ecología. En términos generales no sobrepasan los 50 cm de profundidad y suelen estar por debajo de la cota de 2 m (Lucio de los Ansares, Lucio de Mari López, Lucio del Lobo, etc.).

b.3. *Caños*: Se les llama así a los cursos de aguas estacionales, con régimen torrencial, que afluyen a la marisma o la cruzan. Posiblemente puedan derivar de antiguos canales de marea, pero actualmente han perdido esa morfología (que hoy se puede observar en las marismas del Odiel). Entre ellos están el Caño Madre de las Marismas del Rocío, Caño Travieso, Caño Guadiamar, etc.

b.4. *Ojos de las marismas*: Son pequeñas depresiones circulares, de hasta varios metros de diámetro, que se encuentran dispersas por la superficie de la marisma. Estas son surgencias de las aguas subterráneas, no conectadas hidráulicamente con el acuífero profundo (BAONZA et al., 1982), y que se caracterizan por tener una cierta cantidad de agua o humedad durante

todo o casi todo el año.

4.2. SUPERFICIE DE LA MARISMA

Existe gran discrepancia en cuanto a la evaluación de la superficie total de la marisma, bien sea en estado natural o transformada: 1.120 km^2 (FAO, 1970), 2.000 km^2 (CASTROVIEJO, 1982), 1.400 km^2 (BAONZA et al., 1982), aunque los valores medios oscilan entre 1.400 y 1500 km^2. Esta variabilidad se debe principalmente a las distintas definiciones del medio, bien sea desde el punto de vista agronómico, geológico o hidrogeológico.

Existen dos conceptos a tener en cuenta a la hora de poder evaluar la superficie total de la marisma y son: las áreas transformadas, que llegan a alcanzar un total de 121.800 ha, y las áreas sin transformar (Parque Nacional de Doñana) que ocupan una superficie de 27.000 ha (TENAJAS, 1984).

4.3. APORTES DE LA RED FLUVIAL

Las marismas del bajo Guadalquivir, en su margen derecha, hasta hace algunas décadas recibían aportes de agua que llegaban de cuatro cursos principales: el arroyo de la Rocina, el caño Guadiamar, el caño Travieso y el Brazo de la Torre, así como de varios cursos de menor entidad (figura 4.1). Hoy día, y debido a diferentes actuaciones humanas, han sufrido un cambio de estructura. De este modo, el encauzamiento del río Guadiamar, del arroyo de la Cigüeña y la desaparición del caño Travieso, han originado una situación en la que las aportaciones fluviales a la marisma se reducen tan solo al arroyo de la Rocina (arroyo Madre de las Marismas del Rocío) que es el único que mantiene un curso natural (figura 4.2).

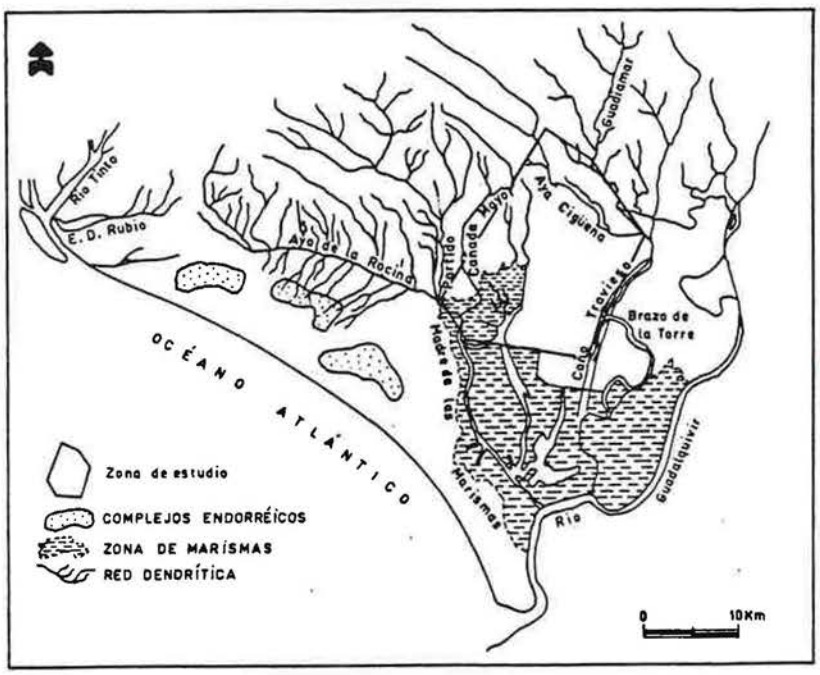
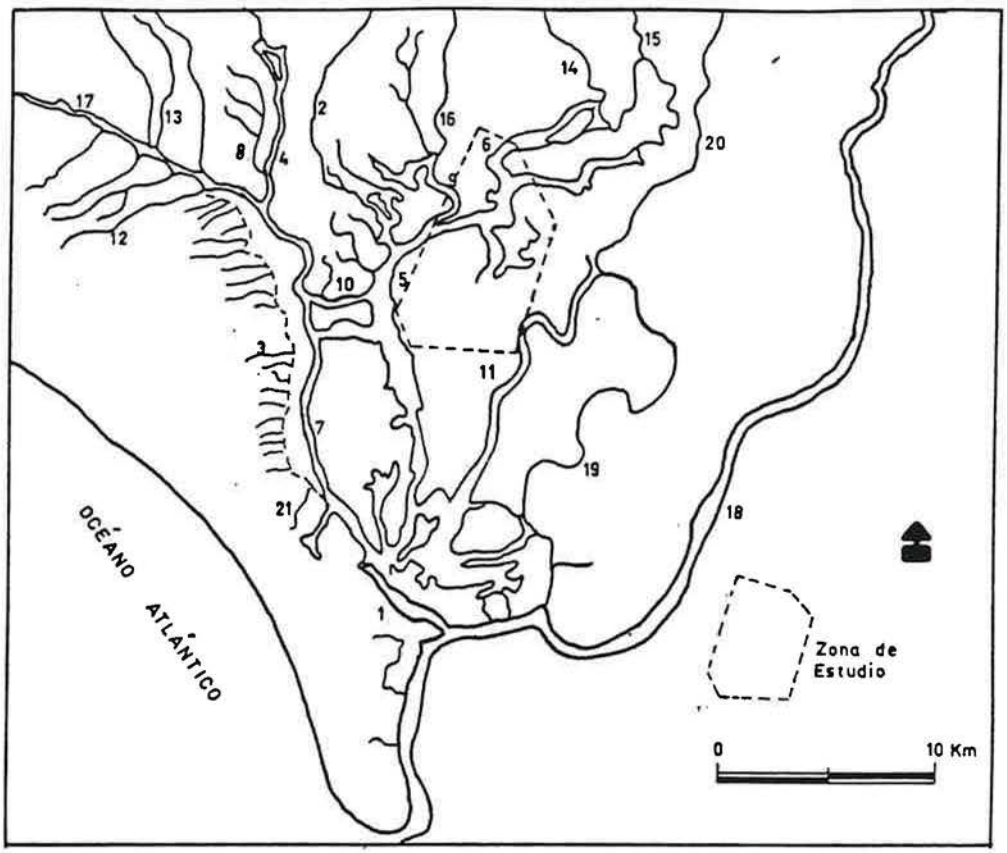


Figura 4.1. Principales redes de drenaje del extremo sur-oriental de la provincia de Huelva



Leyenda de números

1. Caño de Brenes
2. Caño de la Cañada Mayor
3. Caño de la Algaida
4. Arroyo del Partido
5. Caño del Guadiamar
6. Caño Junta de los Caños
7. Caño de la Madre de las Marismas
8. Caño Marín
9. Caño del Pescador
10. Caño de Resolimán
11. Caño Travieso
12. Arroyo del Alamillo
13. Arroyo de la Cañada
14. Arroyo de la Cigüeña
15. Arroyo del Membrillo
16. Arroyo de la Juncosilla
17. Arroyo de la Rocina
18. RÍO GUADALQUIVIR
19. Brazo de la Torre
20. Río Guadiamar

Figura 4.2. Principales cauces (ríos, arroyos, caños, etc.) del Parque Nacional de Doñana y su entorno

Este cambio de régimen se traduce en variaciones en el proceso natural del relleno sedimentario de la marisma, reducido considerablemente, así como en el tiempo que permanece inundada la zona.

La aportación de agua de los arroyos mencionados a la marisma es de difícil cuantificación debido a la carencia de estaciones de aforo en los puntos de entrada, aunque en la actualidad se están instalado, por mediación de la Confederación Hidrográfica de Guadalquivir, una serie de estaciones de aforos en las principales entradas a la marisma (arroyo de la Rocina, arroyo del Ajolí, arroyo de la Cigüeña, caño Guadiamar, etc.) de cuyos datos no disponemos, debido a su reciente implantación.

Existen una serie de datos de evaluación de aportes a la marisma pertenecientes a la FAO (1971), en donde al arroyo de la Rocina se le ha estimado un caudal medio de 296 l/s, con punta superior a 1.840 l/s en Enero y caudales nulos entre Agosto y Octubre.

Como hemos mencionado anteriormente, los arroyos incidentes en el Parque Nacional de Doñana son, por orden de importancia, el arroyo de la Rocina, Partido, Cañada Mayor y otros de menor entidad. En cuanto a las superficies de las distintas cuencas vertientes se reflejan en el cuadro 4.1.

Nombre de la cuenca	Arroyo de la Rocina	Arroyo del Partido	Cañada Mayor
Superficie en km²	370	252	68

Cuadro 4.1. Superficie de las principales cuencas vertientes al Parque Nacional de Doñana.

El régimen de estos arroyos es muy irregular, dependiendo de las precipitaciones que los alimentan. Sus aportaciones son hoy día difíciles de evaluar, aunque se ha estimado la aportación media anual a partir de los datos de lluvia para el período 1951-52 a 1991-92 (ITGE, 1993) y que se resume en el cuadro 4.2.

Cauce	Arroyo de la Rocina	Arroyo del Partido	Cañada Mayor
Precipitación (hm³/año)	227	149	40
Aportación (hm³/año)	45	30	8

Cuadro 4.2. Aportaciones medias anuales de los principales cauces (ITGE, 1993)

En la actualidad, los ríos Guadiamar y Guadalquivir no aportan agua a las marismas debido a las obras de protección del Parque. Únicamente en crecidas de cierta importancia el Guadiamar puede llegar a inundar parte de éstas, tal como ocurrió en el año 1989. Esto también podría ocurrir con el Guadalquivir pero en crecidas muy extraordinarias.

Desde la década de los 40 diferentes actuaciones han modificado la red hidrográfica de las marismas de la margen derecha del Guadalquivir, cambiando su estructura. Entre las principales obras realizadas cabe destacar el encauzamiento del río Guadiamar, el del Arroyo de la Cigüeña, la construcción de un recinto dentro del cual el antiguo Caño Travieso ha desaparecido por completo, etc.

El encauzamiento del río Guadiamar, al impedir el paso de sus aguas superficiales a las marismas, ha contribuido a que permanezcan menos tiempo inundadas y a reducir considerablemente el proceso natural de relleno y de elevación de cota en las mismas.

En la actualidad, las aportaciones hídricas provienen de las aguas de lluvia caídas directamente sobre la zona y de las superficiales procedentes de los arroyos de La Rocina, del Partido, de la Mayor y, en menor proporción, el del Gato. Estos recursos se han visto incrementados con

la utilización de las aguas del Caño Guadiamar, aportadas mediante bombeo, en lo que se ha llamado "Regeneración Hídrica del Parque Nacional de Doñana".

El Guadalquivir, que antiguamente inundaba la marisma, ha visto sustancialmente modificada su red y comportamiento hidrológico con la rectificación de su cauce a efectos de mejorar la navegabilidad. Complementariamente, los arroyos de la Cigüeña y el propio Guadiamar han sido encauzados de forma tal que ya no vierten sus aguas a la marisma, sino al propio Guadalquivir. Debido a estos acontecimientos, las marismas del Guadalquivir han quedado reducidas durante las últimas décadas a menos de una tercera parte de su extensión primitiva.

No obstante, para detener y revertir la situación de deterioro que de esta transformación se ha ido derivando sobre los complejos marismeños posteriormente englobados en el Parque Nacional de Doñana, recientemente se ha abordado el Plan de Regeneración Hídrica, a través del cual principalmente se intenta recuperar la funcionalidad de los aportes del Guadiamar a las marismas del Parque, así como los aportes de aguas mareales a través del Guadalquivir. El Plan de Regeneración Hídrica contempla la ejecución de las llamadas soluciones "Centro-Norte" y "Sur" (CASTROVIEJO, 1993).

La primera consiste en un trasvase de hasta 6 m^3/sg de aguas del río Guadiamar al Caño del mismo nombre, que las vierte directamente al Parque. Estas obras han sido realizadas y están en funcionamiento en la actualidad.

Con la segunda se procura la regeneración de una amplia zona de marisma en torno al Caño Travieso. Para ello se trabaja en la conexión del río Guadiamar con el Caño Travieso, a través de un cauce artificial.

4.4. PROCESO DE INUNDACIÓN DE LA MARISMA

La marisma englobada en el Parque Nacional de Doñana se comporta como una cubeta en la que las principales entradas son la precipitación y los aportes fluviales, y las salidas son las fugas por rebosamiento de la cota de desagüe y la evapotranspiración. Todos estos factores van a depender, en mayor o menor cuantía, de la época del año.

Al comienzo del año hidrológico (Octubre) nos encontramos con una marisma totalmente desecada, salvo quizás en los "ojos", y agrietada, con una gran concentración de sales en superficie y con la reserva de agua del suelo agotada.

Con las primeras lluvias otoñales, y una vez satisfecha la capacidad de retención del suelo, que ocurre cuando se alcanzan los primeros 75 mm, comienza realmente la inundación. A partir de este momento, la precipitación directa, junto con las aportaciones fluviales, contribuyen a inundar la marisma hasta alcanzar la superficie máxima, evaluada en 27.000-30.000 ha por observación de imágenes Landsat (COTA et al., 1977).

Desde ese máximo, que suele producirse en Diciembre-Enero y/o Marzo-Abril, las pérdidas por evaporación la van desecando progresivamente hasta que al final del verano solamente los

lucios más profundos retienen algo de agua (aunque no siempre), comenzando de nuevo el ciclo.

En los años con precipitaciones próximas a la media (542,55 mm), la inundación suele ser máxima durante cerca de 6 meses (invierno y primavera), habiendo agua en la marisma hasta julio. Si las precipitaciones son superiores a la media, la inundación puede prolongarse casi en su totalidad durante ocho meses aproximadamente.

Respecto a la velocidad de llenado y vaciado, los resultados que se han obtenido (TENAJAS, 1984) reflejan un llenado bastante rápido en otoño e invierno, dependiendo de las lluvias, así como un vaciado más progresivo en verano como consecuencia del alto índice de evaporación y las escasas precipitaciones.

El volumen de inundación se ha venido reduciendo considerablemente desde épocas históricas, hecho confirmado por una serie de pruebas arqueológicas tales como el hallazgo de ánforas romanas a tres metros de profundidad por GAVALA y LABORDE en 1931 (in DRAIN, 1977) y las numerosas aportadas por MENANTEAU (1980), donde indica que desde el *"Lago Ligustinus"* de la época romana, hasta la actualidad, los numerosos aporte detríticos de los cursos fluviales, ha cambiado el régimen de la marisma, de un pantano fluviomarino a un pantano fluvial, por progresiva colmatación.

En trabajos más recientes (BAONZA et al. 1982), datación con C14 en conchas de moluscos a distintas profundidades en los limos de marisma obtienen una velocidad de sedimentación de 5 mm/año para el período de 7.000-8.000 años BP y unos 2 mm/año para 2.000-3.000 años BP, con lo que queda justificado el proceso de relleno y consiguiente disminución del volumen de agua que puede retener la marisma.

4.5. FUNCIONAMIENTO DE LA MARISMA

La marisma del Parque Nacional de Doñana ocupa una extensión de 270 km^2, e hidrológicamente su funcionamiento se muestra en la figura 4.3.

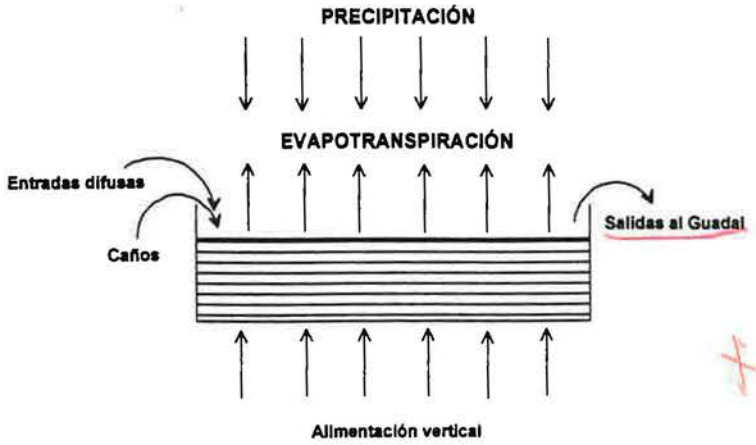


Figura 4.3. Esquema del funcionamiento de la marisma.

Como hemos mencionado anteriormente, la marisma se comporta como una cubeta en la que las entradas son la precipitación, la red fluvial y las entradas desde el acuífero confinado (alimentación vertical), mientras que las salidas son las debidas a la evapotranspiración y a los desagües al Guadalquivir por rebose de la cuenca.

Durante la evolución anual de la inundación de la marisma hay varias etapas:

- a) Inundación. En años de precipitación media, la inundación comienza tras las primeras lluvias otoñales, cuando se rellenan las grietas del suelo, lo cual suele ocurrir tras los primeros 75 mm. Esta etapa suele prolongarse hasta Diciembre.

- b) Estancamiento. Se produce cuando se detiene la inundación, pero se mantiene el nivel, e incluso hay desagües al Guadalquivir, dependiendo del régimen pluviométrico. Se produce en los meses de Enero a Mayo y, en el caso de no haber desagües, está compensada la relación precipitación-evaporación.

- c) Evaporación. La evolución finaliza con la desecación total por evaporación. Las aportaciones fluviales se reducen o se anulan y la pluviometría es mínima, por lo que la evaporación tiene lugar rápidamente.

Según estos procesos, existen datos orientativos sobre la cuantificación de los mismos (TENAJAS, 1984), en donde se pone de manifiesto que las entradas proceden principalmente de: precipitaciones (70-190 hm^3/año, con un valor medio de unos 150 hm^3/año), aportaciones del arroyo de La Rocina y otros caños (20-140 hm^3/año), alimentación vertical desde el acuífero confinado (unos 15 hm^3/año según IGME,1983), y los desbordamientos del Guadalquivir hacia la marisma (cantidad difícil de cuantificar). Las salidas son debidas a la evaporación en lámina libre y a la evapotranspiración por la vegetación (unos 95-128 hm^3/año) y a los desagües al Guadalquivir al rebosar el agua sus bordes (entre 0 y 140 hm^3/año, dependiendo del régimen pluviométrico).

4.6. ANÁLISIS DE LA RED FLUVIAL

A grandes rasgos podemos decir que toda la red fluvial de la zona se ordena en tres cursos principales, con sus respectivas áreas hidrográficas, disponiéndose de E a O, tal como sigue: Guadalquivir, Guadiamar y Tinto. Todos ellos, a excepción del Tinto, presentan una trayectoria prácticamente N-S, que se torna NNE-SSO para el Guadiamar y Guadalquivir en sus tramos bajos. Otra característica, común a todos, es que presentan inundados los tramos bajos de sus valles por el mar, en forma de estuarios con desarrollo de marismas. Hay que añadir, además, el fuerte condicionamiento litológico de la red fluvial, pues donde las litologías son más groseras (gravas y arenas gruesas consolidadas), ésta es más densa y dendrítica (RAMÍREZ, 1996).

El Guadalquivir es el curso más importante. Presenta un trazado muy antropizado por las numerosas "cortas" que ha sufrido desde finales del siglo XVIII, en los meandros que lo conformaban. Su trayectoria SSO-NNE está condicionada por un supuesto accidente tectónico

(VIGUIER, 1974; FLORES, 1994). Su pendiente es prácticamente inexistente, con un valor aproximado de 0,008%.

De los tributarios el más importante es el Guadiamar, afluente en su tramo bajo, con una pendiente media de 0,15%, hasta llegar a la marisma donde pasa a ser de 0,008%. La cuenca del Guadalquivir, abarca en su tramo inferior la mayor parte de la plataforma detrítica pliocena, la cual es seccionada por el Guadiamar (dirección SSO-NNE) en dos bloques, para pasar justo antes de entrar en la marisma a una dirección NO-SE. Esta orientación del Guadiamar y Guadalquivir (en sus cuencas bajas) es debida a unas lineaciones SO-NE/SSO-NNE de edad reciente, que representarían basculamientos y saltos locales a favor de este plano tectónico (FLORES, op.cit.).

Otro de los arroyos de importancia es el de La Rocina, con una pendiente de 0,26%, y que vierte a la marisma y se adapta al contacto entre los depósitos eólicos de El Abalario y la plataforma detrítica pliocena con un ligero desplazamiento al N por avance de los frentes dunares, lo que hace suponer que su recorrido primitivo era más similar a los arroyos NO-SE. Por el N vierten a él los arroyos de la plataforma y por el sur una serie de arroyos de perfil longitudinal y escaso desarrollo, sobre los sucesivos frentes eólicos (figura 4.1).

4.7. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El modelado marismeño está condicionado por el régimen hidrológico con el cual está íntimamente relacionado y que condiciona su evolución y la naturaleza del régimen sedimentario.

El agua que recibe esta zona, bien sea de origen pluvial, mareal o fluvial, se desplaza lentamente, salvo en el caso de riadas. Estos desplazamientos no siempre se realizan a favor de la escasa pendiente del terreno, ya que el viento, la marea, la vegetación o los caudales que entran por los diferentes cauces pueden actuar de freno o de émbolo, resultando así difícil predecir en muchos casos los desplazamientos de la masa líquida.

Hoy día, en un año normal, la altura de agua en la marisma alcanza fácilmente los 40 cm, lo cual significa que las aproximadamente 17.000 ha de marisma baja actual, situadas por debajo de la cota de desagüe, retienen un mínimo de 64-65 hm^3 (CASTROVIEJO, 1993). Esta capacidad de retención de agua embalsada ha ido decreciendo progresivamente, debido a la menor diferencia de cota entre las zonas más bajas y los "*paciles*" como consecuencia de la colmatación.

En condiciones naturales, en las marismas continentalizadas actuales, las entradas de agua procedían principalmente de las precipitaciones y de las aportaciones de la red fluvial incluyendo los desbordamientos del Guadalquivir, desbordamientos por mareas vivas y, en una mínima parte, procedente de la descarga de los niveles freáticos. Las salidas son debidas principalmente a la evaporación en lámina libre, evapotranspiración por la vegetación y a los desagües hacia el Guadalquivir, al rebosar el agua sus bordes. Sin embargo esto no siempre ha sido así, ya que esta continentalización actual es el resultado de una larga evolución desde

ambientes más estuarinos, que dejaban sentir en gran medida la influencia de la dinámica marina, decreciendo progresivamente hasta la actualidad, a partir del desarrollo de los cuerpos litorales progradantes, tendentes a cerrar la comunicación con el medio marino.

El régimen natural de las actuales marismas, las comprendidas dentro del Parque Nacional de Doñana, ha cambiado enormemente por las diferentes actividades realizadas por el hombre, tanto fuera como dentro del Parque. Estas han afectado fundamentalmente al importantísimo aporte de la red fluvial, principalmente del Guadalquivir y Guadiamar, que se ha reducido en su mayoría, tan solo con descargas del arroyo de La Rocina y otros menores, con un valor estimado por TENAJAS (1984) en unos 20-140 hm^3/año.

4.8. ACTUACIONES HUMANAS

En un principio las actividades humanas en este espacio se centraban en la pesca y la caza; conforme se fue continentalizando el medio, las actividades dominantes pasaron a ser la ganadería y la agricultura, siendo la base de la transformación del medio, especialmente ésta última, con la requerida construcción de muros y canales para encauzar, evitar riadas y desalinizar.

A partir del siglo XVII es cuando se dan los primeros pasos para llevar a cabo actividades agrícolas serias, especialmente en la margen izquierda; sin embargo, los ganaderos se opusieron a las transformaciones estudiadas, predominando sus intereses hasta principios del siglo XX. Es a partir de aquí cuando comienzan las primeras obras, que van a hacer posible la transformación de gran parte de las Marismas del Guadalquivir para su aprovechamiento agrícola. Así, se intenta la desecación de las marismas en la margen izquierda (GONZÁLEZ ARTEAGA, 1992). Las marismas del margen derecho del Brazo de la Torre son las que han sufrido una transformación menor y más tardía, dedicándose con más profusión a la ganadería y otra parte a la agricultura en las últimas décadas con el Plan Almonte-Marismas (figura 4.4).

Especialmente significativo fue el encauzamiento del Guadiamar, hasta el Brazo de la Torre, y el de éste hasta las proximidades del Guadalquivir, a finales de los años 50, impidiendo el ciclo de inundaciones naturales producidas por este sistema fluvial. Esto privó del principal aporte fluvial de la margen derecha del Guadalquivir, que inundaba, incluso en años no muy lluviosos, todo el caño Guadiamar hasta la porción de marisma más deprimida, la constituida por la confluencia de éste con el arroyo Madre de las Marismas y el caño Travieso. Estos aportes de agua dulce eran especialmente importantes, ya que conseguían mantener los niveles salinos por debajo de los que presumiblemente se podrían alcanzar, al estar en una posición muy cercana al litoral. Hoy día, los aportes procedentes de La Rocina, y en menor cuantía de la serie de arroyos comprendidos entre éste y el Guadiamar, no logran equipararse con las antiguas aportaciones de éste último.

Ya de forma más reciente, una vez creado el Parque Nacional de Doñana, se han llevado a cabo numerosas actuaciones, en favor del teórico mejor manejo del agua dentro de este espacio. Como más significativo se construyó, a finales de los 80, un muro de contención desde la flecha litoral de Doñana, siguiendo la margen derecha del río Guadalquivir hasta la

desembocadura del Brazo de la Torre (figura 4.4), con el fin de lograr niveles más altos de inundación. Este muro trae como resultado una sobreelevación natural del nivel del agua, inundándose las zonas altas ("*paciles y vetas*") durante periodos excesivamente prolongados; los drenajes naturales fueron cerrados parcialmente y regulados por compuertas, con lo cual éstos se realizan en avenidas fuertes por el tramo no amurallado del Brazo de la Torre, destruyéndose esta zona alta debido a la formación de caños remontantes.

A simple vista, en la actualidad, existe un notable contraste entre unas zonas muy transformadas y a pleno rendimiento, como la dedicada al arroz y la zona regable de la margen izquierda del bajo Guadalquivir, con otras zonas a medio transformar, como es la del Plan Almonte-Marismas y, por último, con una marisma "virgen" de escasa transformación.

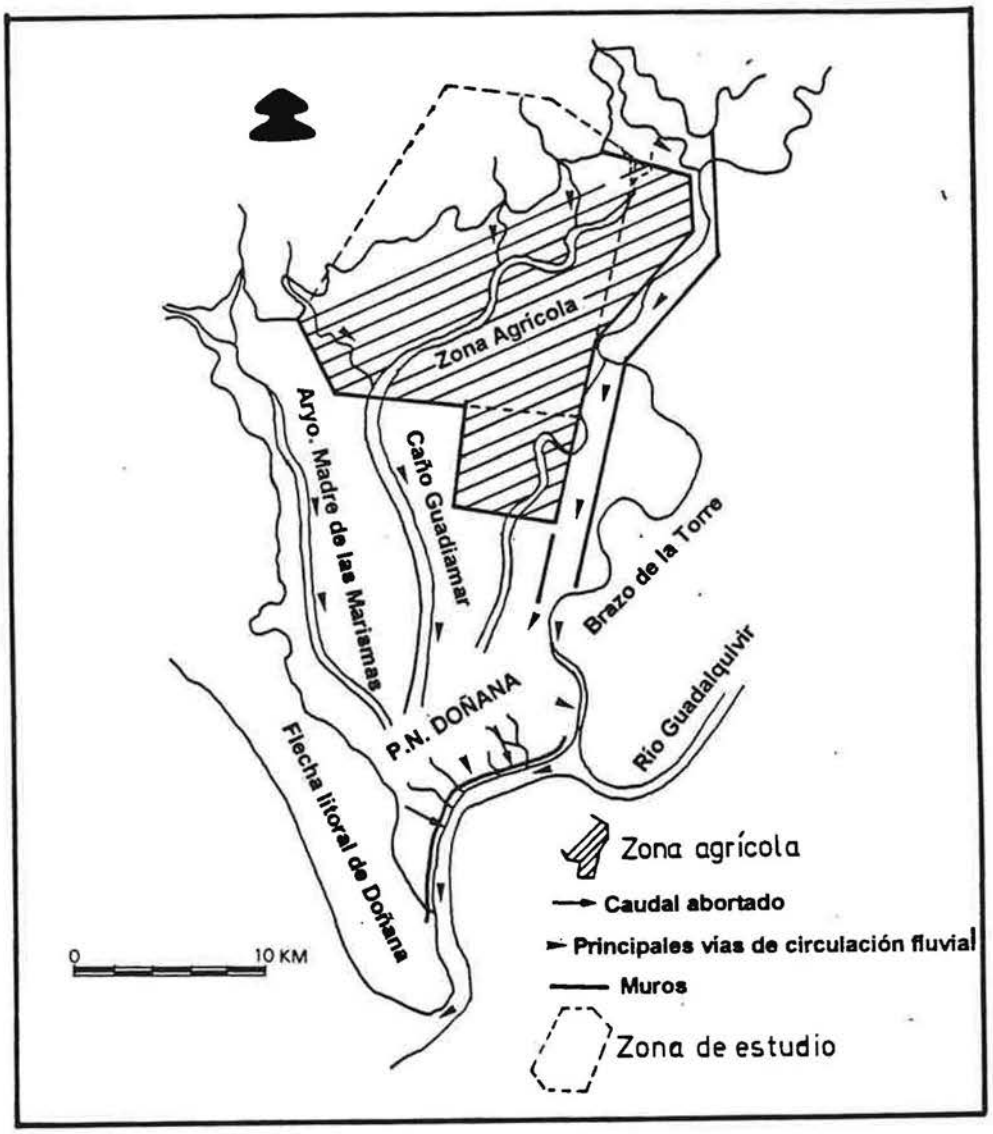


Figura 4.4. Estado actual de la marisma en la margen derecha del Río Guadalquivir

CAPÍTULO 5

SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA

5.1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre el sistema acuífero Almonte-Marismas, desde el punto de vista hidrogeológico, datan de la década de los 60, cuando la FAO, en colaboración con el Gobierno español, llevó a cabo una serie de estudios a fin de poder evaluar la posibilidad de transformar en regadío extensas zonas del acuífero. A partir de esta fecha, han sido numerosos los estudios realizados sobre la hidrogeología del sistema, así como también la diversidad de organismos que han intervenido en los mismos (IGME, IRYDA, MOPU, Universidades, etc.).

Para centrar el conocimiento hidrogeológico sobre la zona de estudio, se describen a continuación las distintas formaciones permeables del sistema acuífero y los límites del mismo. Esta descripción se hace en base a las características litoestratigráficas de los materiales (capítulo 2).

5.2. FORMACIONES PERMEABLES Y LÍMITES DEL ACUÍFERO

De entre los materiales acuíferos que componen el relleno de la cuenca, las formaciones permeables presentes en el sistema, dentro del área estudiada, son las que a continuación se describen:

a) "*Arenas basales*". Materiales del Pliocuaternario, las cuales forman el cuerpo principal del acuífero y cuyos espesores varían desde los 20 m en los alrededores de Almonte hasta los 80-100 m en los bordes de las marismas.

b) "*Formación Roja*". Perteneciente al Cuaternario antiguo y compuesta por gravas, arenas y conglomerados; presenta una potencia variable, pero nunca llega a superar los 15 o 20 m (IGME, 1983).

c) Depósitos fluviomarinos del Cuaternario. Conjunto de cantos rodados y gravas situados bajo las actuales marismas con potencias entre los 10 y 30 m los más profundos, y 5 y 30 m los más superficiales. Son depósitos correspondientes a las antiguas terrazas fluviales del Guadalquivir.

d) Barra costera. Formada por el sistema de dunas actuales y antiguas.

e) "*Limos basales*". Pertenecientes al Plioceno y que afloran extensamente en la zona septentrional del sistema. Al respecto hay que decir que aunque se incluyen en el sistema acuífero, su comportamiento es semipermeable-permeable.

El conjunto de todas estas formaciones están interconectadas hidráulicamente, constituyendo el sistema acuífero Almonte-Marismas, el cual en parte es libre y en parte confinado bajo los sedimentos de la marisma (más exactamente semiconfinado). En él pueden existir localmente niveles colgados ligados a capas impermeables con una cierta continuidad (IGME, op. cit.).

En cuanto a los límites del sistema son los siguientes (figura 5.1):

* Por el norte y noroeste, los afloramientos de margas azules del Tortoniense.

* Por el este, los ríos Guadiamar y Guadalquivir, aunque el primero constituye una divisoria de aguas subterráneas, siendo el límite convencional el río Guadalquivir.

* Por el sur y suroeste el Océano Atlántico y,

* Por el oeste, el río Tinto.

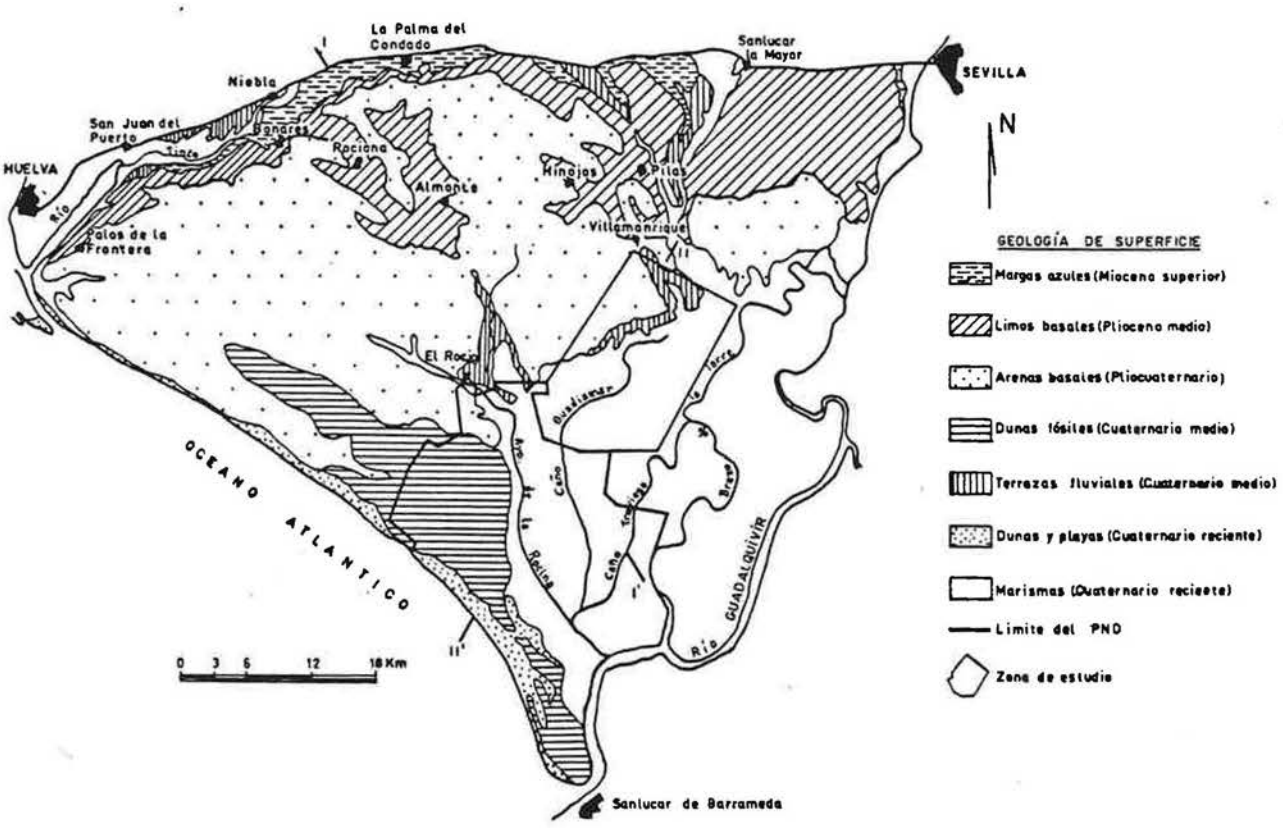


Figura 5.1. Límites del sistema acuífero Almonte-Marismas (modificado de BAONZA et al., 1984)

Geométricamente el sistema acuífero presenta una extensión de 1840 km^2 de materiales aflorantes, que constituyen la parte libre del mismo, mientras que bajo las actuales marismas pasa a ser semiconfinado por la formación de limos y arcillas con una superficie de 560 km^2.

El sustrato impermeable lo constituyen las margas azules del Tortoniense que se disponen con un suave buzamiento hacia el sur. La superficie del techo de las mismas presenta unos surcos de dirección NE-SW, evidenciado por los numerosos sondeos realizados en la región, que se

alargan hacia el norte, bajo la vertical del río Guadiamar, y hacia el oeste, por el arroyo de la Rocina (IGME, op. cit.). Debido a este leve buzamiento de las margas azules, la potencia del acuífero aumenta de norte a sur, alcanzando espesores de hasta 200 m bajo las marismas. Los cortes I-I´y II-II´se muestran en el anexo 2 (figuras 1 y 2).

5.3. MURO DEL ACUÍFERO

En el apartado anterior, hemos comentado que el sustrato impermeable lo constituyen las margas azules del Tortoniense; estas adoptan una morfología de relleno del estuario.

A partir de los datos aportados por los numerosos sondeos de la zona se puede apreciar (figuras 5.2 y 5.2bis) que estas margas se van hundiendo cada vez más hacia el SE, como consecuencia de la tectónica sufrida en la zona. Se observan también se puede apreciar una serie de protuberancias en la parte central del área de estudio que delimitan a sendas vaguadas de direcciones NE-SW y NW-SE que podrían haber coincidido en el tiempo con algunos de los trazados de la primitiva red de encajamiento del río Guadalquivir.

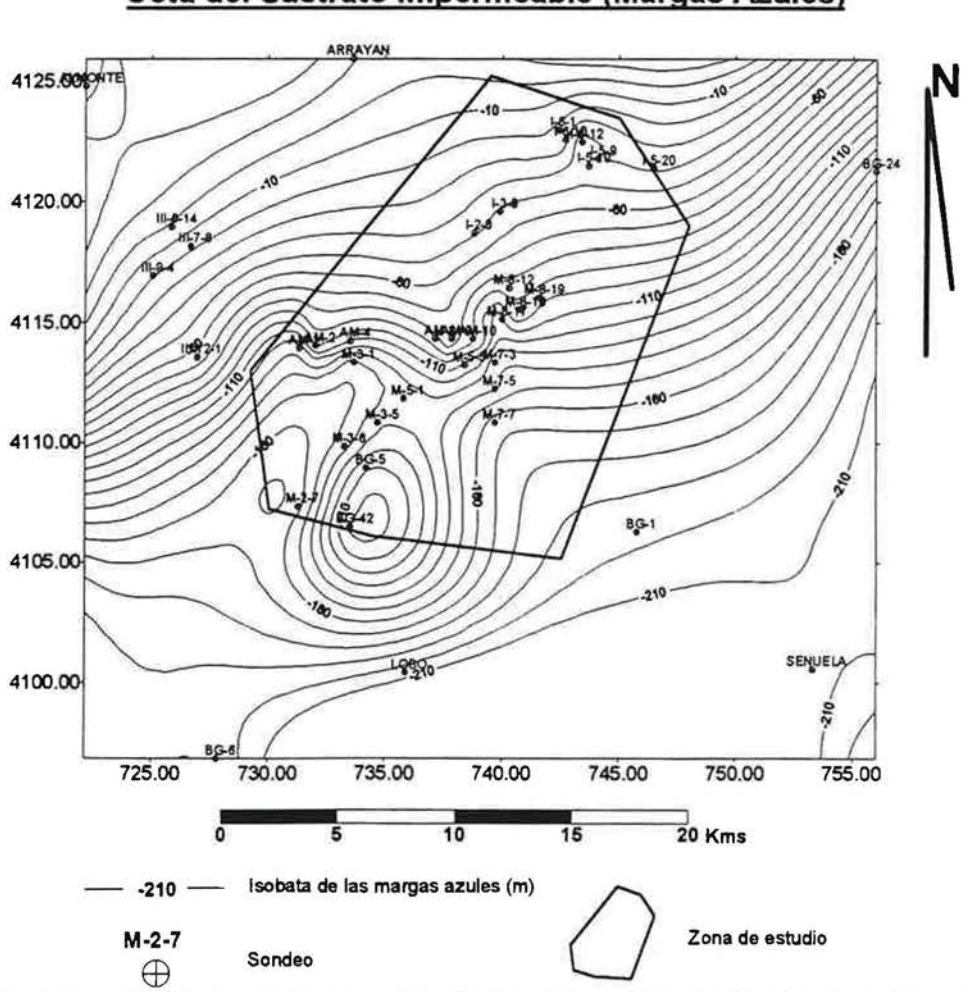


Figura 5.2. Mapa de isobatas del impermeable de base del acuífero (profundidad referida a la superficie topográfica)

5.4. ESPESOR DEL ACUÍFERO

Como consecuencia de los basculamientos sufridos en la zona, que dieron lugar a que el sustrato impermeable del acuífero se fuera hundiendo progresivamente hacia el SE, los materiales posteriores de relleno, que forman el acuífero, poseen las mayores potencias hacia esta dirección, ya que se van adaptando a la morfología de este fondo impermeable (figura 5.3 y 5.3bis).

Como espesor del acuífero se han tenido en cuenta datos de sondeos completos que cortan a los diferentes materiales acuíferos del estuario, aunque en el próximo apartado del estudio hidrodinámico se diferenciarán los distintos niveles o cuerpos de agua que están presentes en la zona de estudio y que conforman el acuífero semiconfinado o en carga bajo los materiales de marismas.

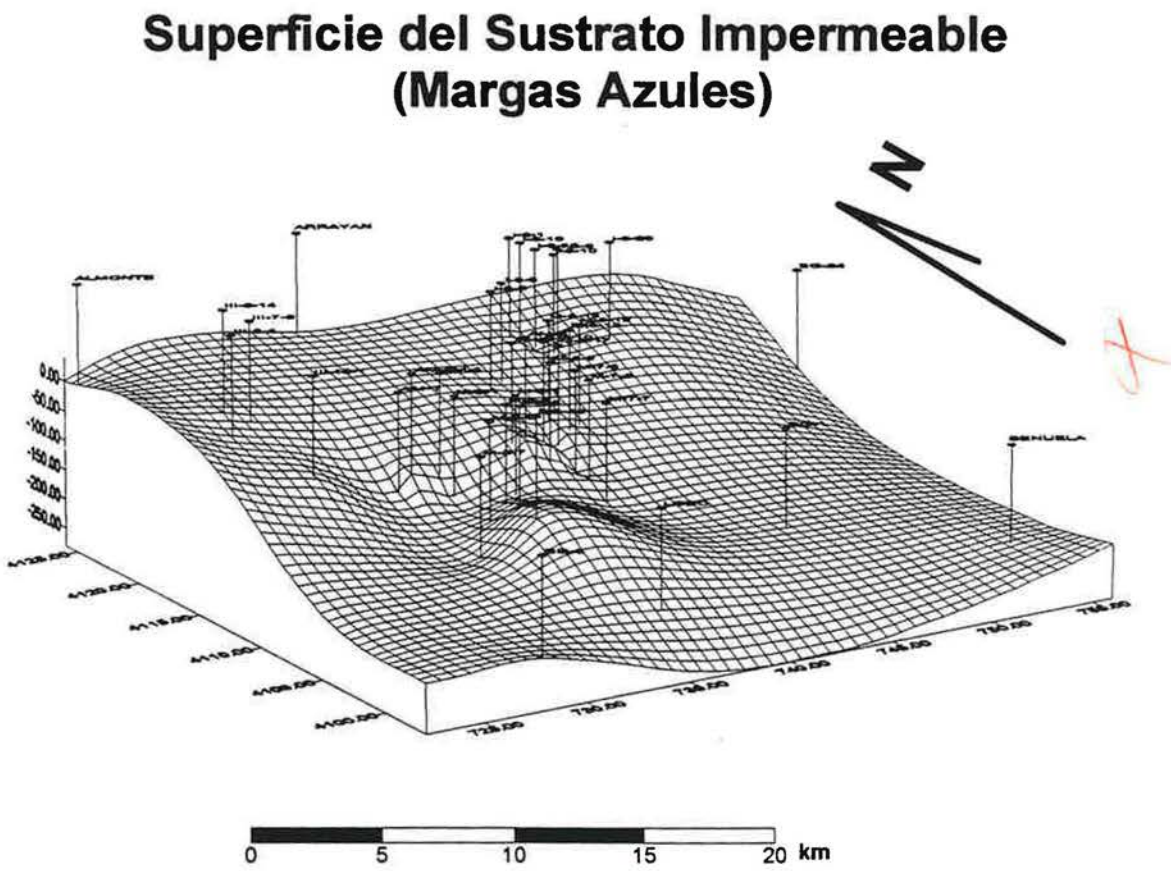


Figura 5.2bis. Morfología de la superficie del impermeable de base del acuífero (reconstruida en base a datos de sondeos)

5.5. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

En el sistema acuífero Almonte-Marismas se han inventariado más de 1000 puntos de agua (ITGE, 1992), de los cuales aproximadamente el 50% corresponden a sondeos y el resto a pozos y pequeños manantiales.

La profundidad media de los pozos es inferior a los 10 m y la mayoría se sitúan en la zona norte del acuífero, presentando generalmente caudales inferiores a los 2 l/s. En la zona de estudio no hay manantiales significativos, pero sí una serie de surgencias temporales poco localizadas ("*ojos de marismas*").

Los sondeos se encuentran situados en una franja al norte del PND[1] (figura 5.4). Sus profundidades son variables en función de la localización, pero, por regla general, los ubicados en la zona del acuífero libre no sobrepasan los 70 m y los ubicados en la zona del acuífero en carga llegan alcanzar hasta los 150 m o más.

Los caudales medios son del orden de 70 a 80 l/s variando entre unos mínimos de 20-30 l/s y unos máximos de hasta 120 l/s. En muchos de ellos se han realizado los correspondientes ensayos de bombeo, lo que ha permitido obtener los valores de transmisividad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento.

Del total de 449 sondeos que se realizaron en el PTAAM[2], 401 fueron considerados útiles y 48 fueron nulos (bien por no obtener el caudal deseado o bien por derrumbamiento). En el anexo 2 (tabla 1) se reflejan los datos correspondientes a estos sondeos y en la tabla 5.1 y figura 5.5 las características más relevantes de los mismos por sectores.

Sector	N° Sondeos			Profundidad media (m)	Superficie (ha)	Transmisividad (m^2/s)
	Total	Útiles	Nulos			
I	83	83	–	68.2	5875	0.0087
III	107	84	23	51.4	4600	0.0031
IV	100	94	6	99.5	5010	0.003
V	67	50	17	73.1	2950	0.0032
Marismas	92	90	2	143.5	6130	0.015
TOTAL	449	401	48	87.8	24565	0.005

Tabla 5.1. Principales características de los sondeos por sectores

[1]Parque Nacional de Doñana

[2]Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas

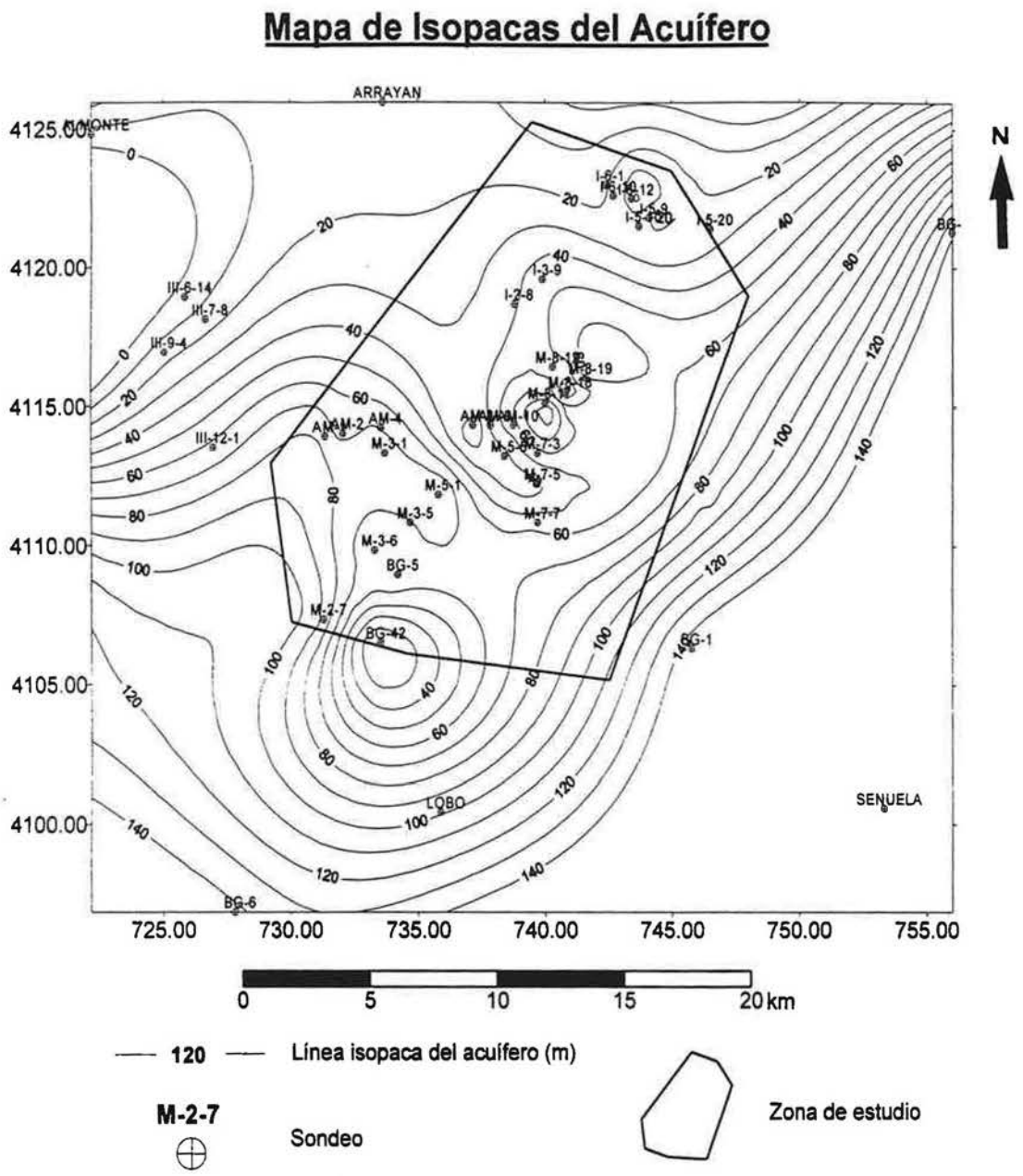


Figura 5.3. Mapa de isopacas del acuífero

Existen otra serie de sondeos (tabla 5.2) perforados dentro del recinto del Parque Nacional y cuyo objetivo es explotar las aguas subterráneas que se utilizan para el llenado de los lucios, como el del Lobo, Mari López y Caño Travieso, que en épocas de estiaje pueden quedar prácticamente secos.

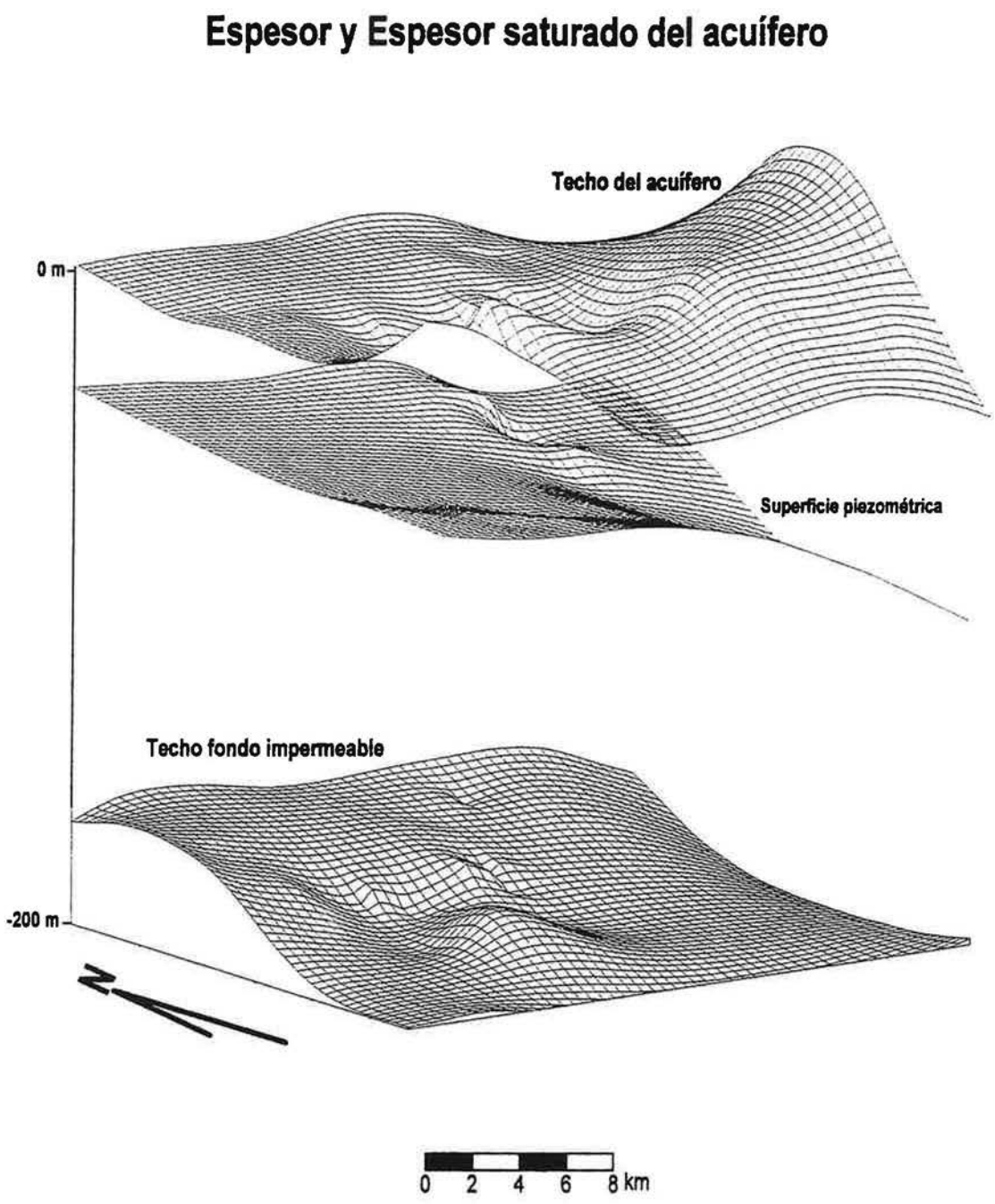


Figura 5.3bis. Variaciones de espesor y espesor saturado del acuífero (en base al mapa de isopacas y a medidas de profundidad hasta el agua)

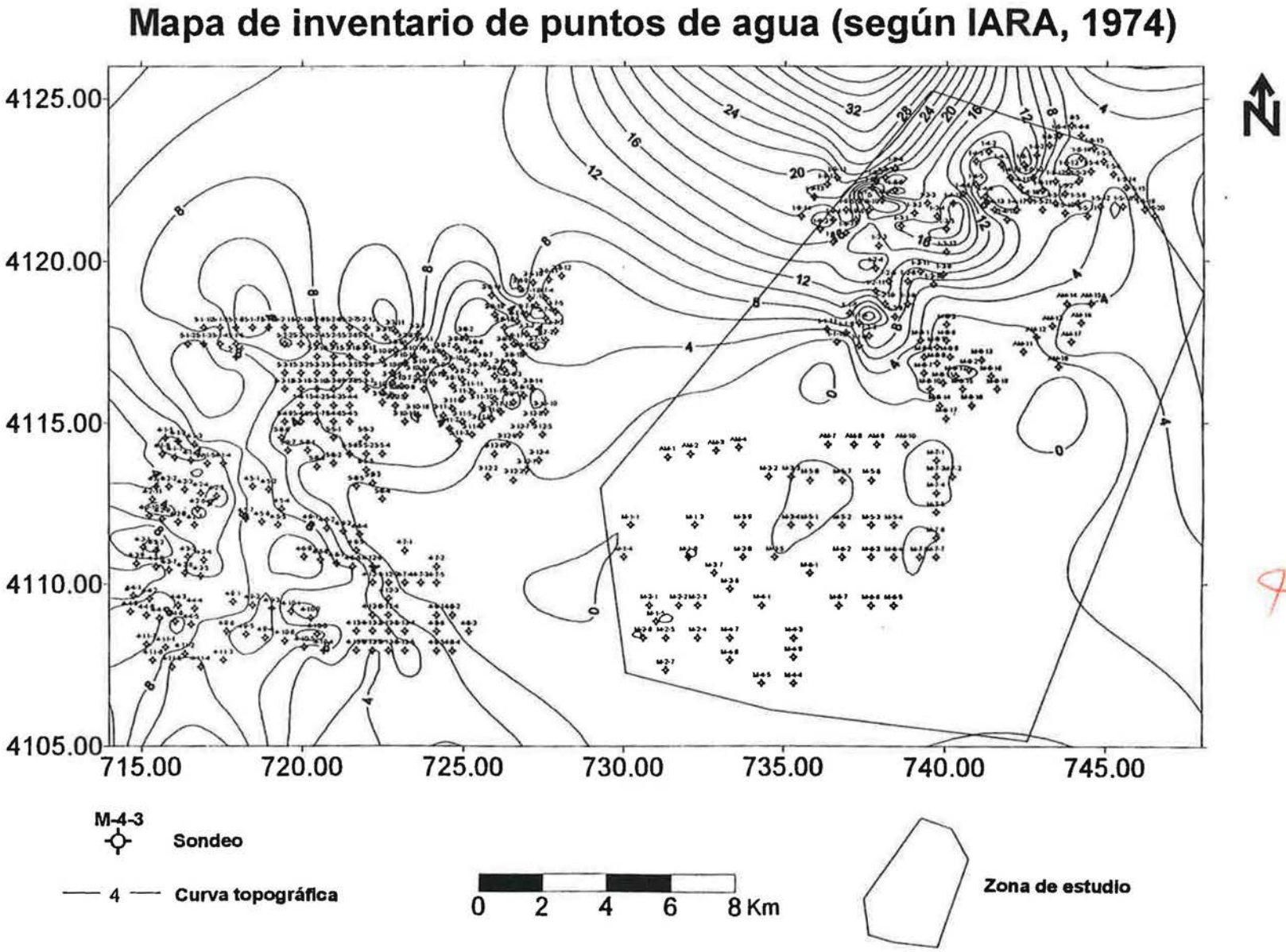


Figura 5.4. Mapa de inventario de puntos de agua (según IARA, 1974)

Situación sondeos	Profundidad (en m)	Cota del nivel estático (en m.s.n.m.)	Cota de la base impermeable (en m.r.n.m.)	Cota del techo del acuífero (en m.r.n.m.)	Caudales aforados (en l/s)
Lucio del Lobo	238	1,89 (1)	-223	-104,96	110,47 (1)
Lucio de Mari López	153,85	1,50 (2)	-153	-114	135,41 (2)
Caño Travieso 1	210	0,27 (1)	-205	-95	125,98 (1)
Caño Travieso 2	182	Surgente (1)	-184	-77	131,66 (1)
Al Sur del Rocío	40 a 120	16-0 (2)	-113 a -20	-39 a 7	30 a 115 (2)
Palacio	210	1,1 (2)	-193	-48	30 (2)

(1) Octubre 1974; (2) Octubre 1975

Tabla 5.2. Características de los sondeos localizados en el P.N. Doñana (ITGE, 1992)

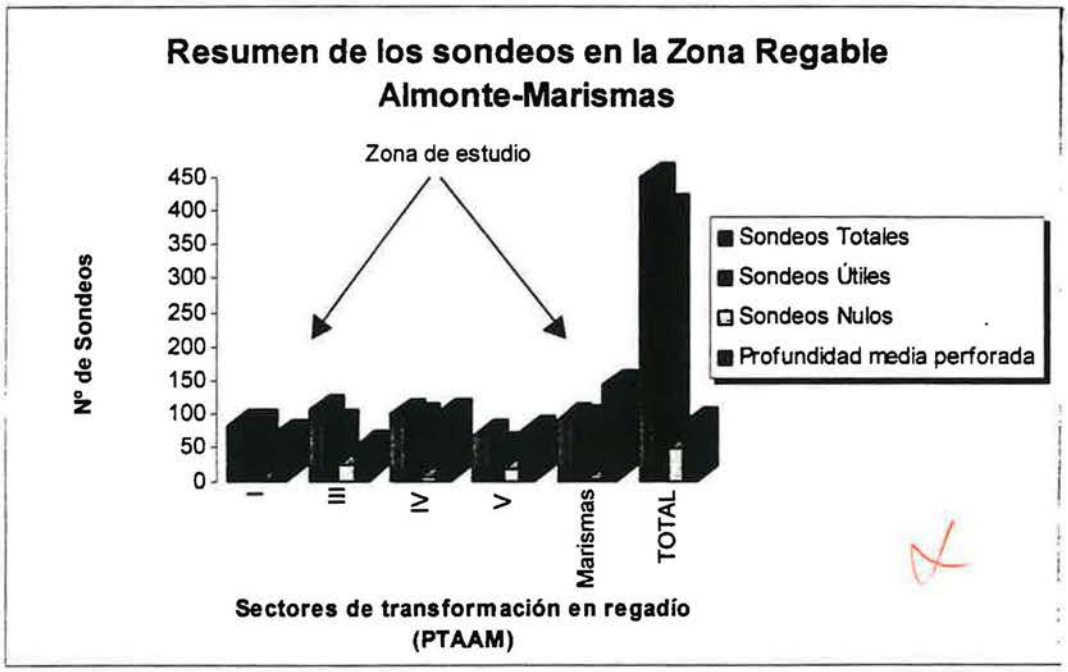


Figura 5.5. Características más relevantes de los sondeos por sectores

La perforación de los sondeos (IARA, 1976) se llevó a cabo por medio de sondas tipo Failing Jed-A a circulación inversa, ya que se trataban de sondeos de gran diámetro (24" y 30"), aunque dependiendo de los sectores y las características del terreno, existen sondeos con reducciones en el entubado. El tipo de rejilla usado fue el Nold (rejilla de puentecillo) con un tratamiento superficial de galvanizado para alargar su vida útil evitando así incrustaciones. El macizo de grava filtrante fue colocado por gravedad previo estudio granulométrico en los sondeos para la posterior elección del tamaño de grava a utilizar.

La entubación de los sondeos (figura 5.6) se llevó a cabo en los 4 primeros metros con tuberías de emboquille de diámetro interior de 875 mm para servir de guía y cimiento de la

perforadora. En ciertos sondeos se dedujo la existencia de un acuífero salado en marismas (FAO, 1972), por lo que fue necesario aislarlo y para ello se cementó el tramo correspondiente con una lechada de cemento de d=1,8 kg/dm^3 inyectada a presión.

5.6. SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA

La superficie piezométrica sigue a grandes rasgos la topografía del terreno, manifestándose un drenaje subterráneo claro en la zona del arroyo de la Rocina que coincide con el curso de éste, mientras que el resto de los arroyos apenas tienen influencia.

Los niveles estáticos presentan una zona claramente diferenciada, que corresponde al sector Marismas, en donde el acuífero se comporta como semiconfinado bajo los sedimentos de relleno de la marisma, con un nivel medio de unos 50 centímetros sobre el nivel del suelo (surgente) desapareciendo esta surgencia en la franja entre la marisma y la zona de arenas (La Vera); conforme el acuífero se va haciendo más libre (N-NE) estos niveles alcanzan profundidades medias de 6 m (IGME, 1983) e incluso llegan a los 24 m en la zona norte de captación.
Los mayores espesores no saturados se alcanzan en la zona de Almonte-Hinojos-Villamanrique y los menores en la superficie ocupada por el Parque Nacional de Doñana.

Todo esto viene reflejado en la variación de los gradientes de la superficie piezométrica, en donde lo más destacado es:

* Zona de Marismas: el gradiente es muy pequeño, oscilando entre 0,5 a 0,1 ‰ y disminuyendo en dirección NW-SE.
* Sectores III, IV y V: comprendido entre 2 y 10‰ disminuyendo hacia la marisma.
* Sector I: con un gradiente medio entre el 2 y 3‰.

Dada la relación inversa entre el gradiente y la transmisividad, los datos indican una mayor transmisividad en los sectores de Marismas y I, respecto a los sectores III, IV y V.

Del mapa de isopiezas (figura 5.7), se deduce que la circulación preferente del flujo es hacia el SSE que es el sector más transmisivo.

Las fluctuaciones estacionales de los niveles, en régimen natural, son del orden de 3 m (IGME, op. cit.). No obstante, los datos obtenidos en esta investigación demuestran que, en condiciones de intensas precipitaciones, estas oscilaciones pueden ser mucho mayores. En el acuífero confinado estas variaciones, son por lo general, inferiores a 1 m (FAO, 1972). En la zona de contacto entre el acuífero libre-semiconfinado, las oscilaciones son menores a 1 m entre el Rocío y la desembocadura del Guadalquivir; en cambio, en la zona norte, entre el Rocío y el río Guadiamar, las oscilaciones varían entre 2,5 y 3 m (RODRÍGUEZ ARÉVALO, 1984).

PERFIL TIPO DE UN SONDEO (SONDEO AM-11)

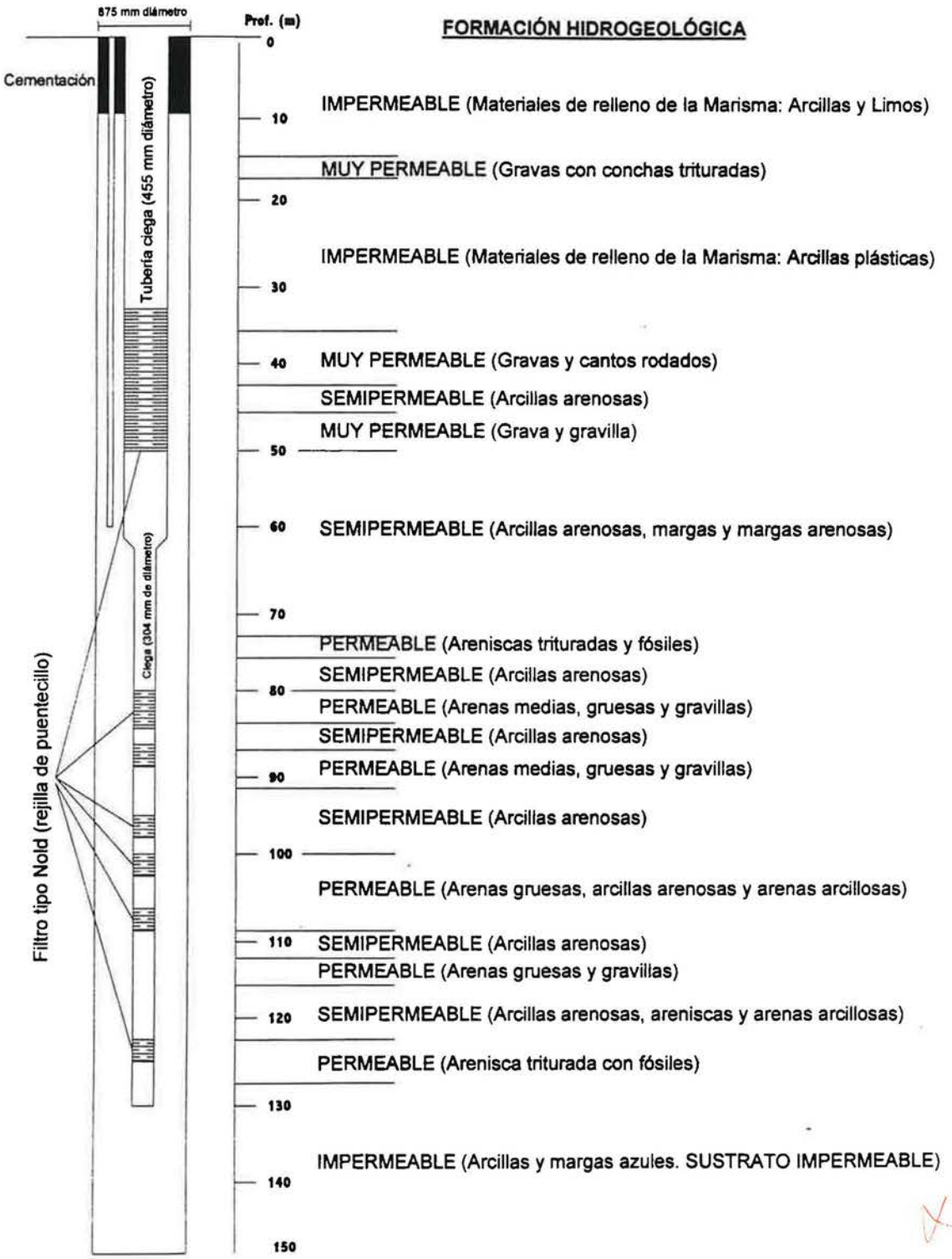


Figura 5.6. Esquema representativo del perfil de un sondeo (según datos IARA, 1974)

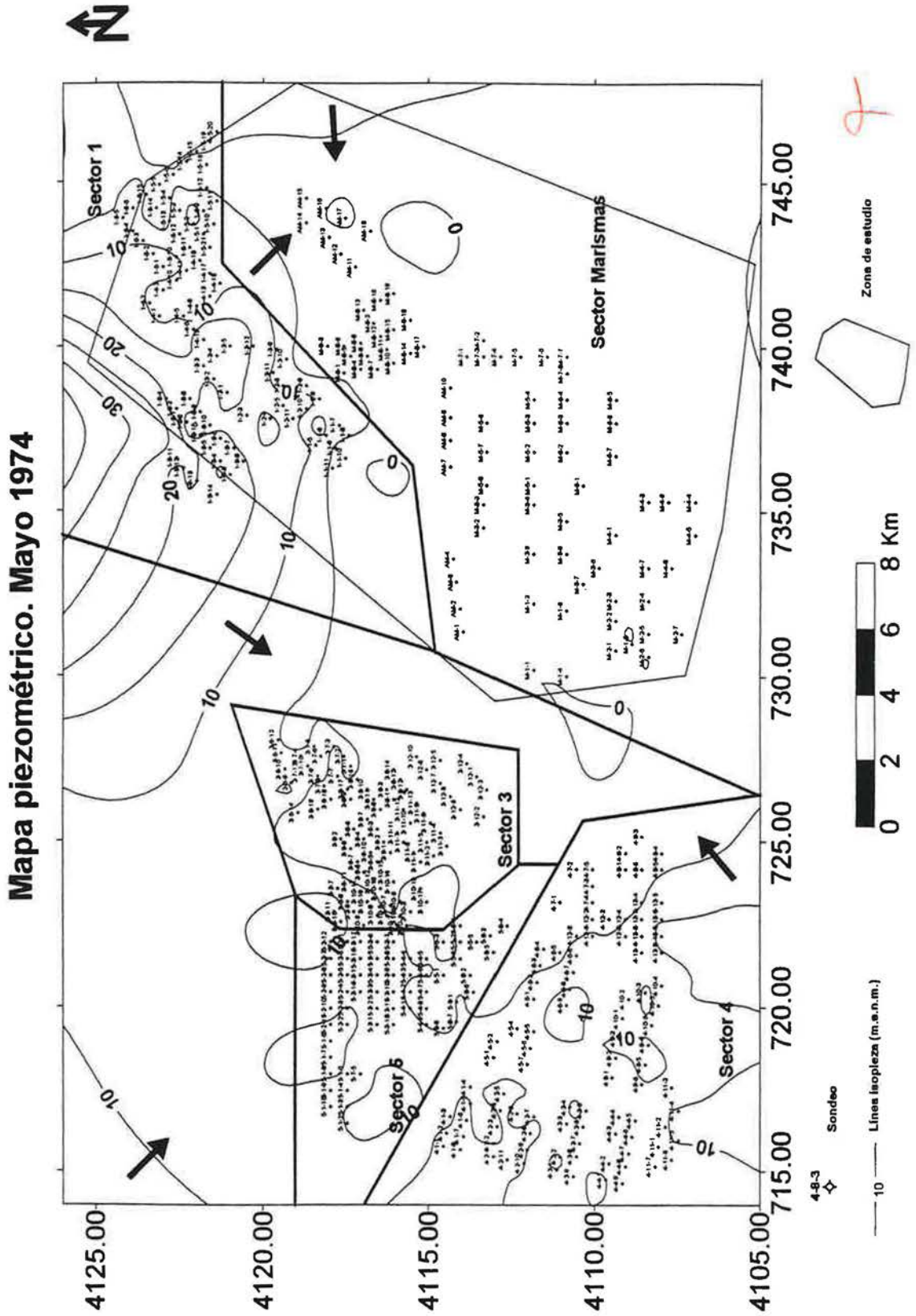


Figura 5.7. Mapa piezométrico. Mayo 1974 (según datos IARA, 1974)

5.7. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS

De los datos obtenidos en la interpretación de ensayos de bombeo en los sondeos realizados (IARA, 1976) se desprende que el borde norte de la zona declarada apta para captaciones posee transmisividades del orden de 10^{-3} m^2/s. Esta transmisividad va aumentando en la dirección S-E, como consecuencia del aumento de espesor saturado del acuífero (figura 5.8).

En los sectores III, IV y V los valores máximos de transmisividades llegan a 6.10^{-3} m^2/s, coincidente con la franja de separación de las arenas y la marisma. Una excepción la constituye una zona aislada al norte de los sectores III y V con valores de transmisividades de hasta 15.10^{-3} m^2/s.

En lo referente al sector I, el aumento de la transmisividad es más acusado cuanto más nos acercamos a la marisma, alcanzándose valores de $20\text{-}30.10^{-3}$ m^2/s, en donde coinciden con las vaguadas y depresiones en el fondo impermeable del acuífero (figura 5.2 y 5.2bis).

En el sector marismas el aumento de la transmisividad es de oeste a este, oscilando dentro del sector entre 10 y 30.10^{-3} m^2/s.

Las permeabilidades aparentes, obtenidas por el cociente entre las transmisividades calculadas en los ensayos de bombeo y la potencia del acuífero (englobando los lentejones arcillosos de la formación) dan unos valores para los sectores III, IV y V de 10^{-5} m/s en el borde NW y hasta $8\text{-}10^{-5}$ m/s en el contacto con las marismas.

En el sector I son notablemente mayores, oscilando entre 5.10^{-5} m/s en la zona norte hasta 20.10^{-5} m/s en el contacto con la marisma.

En el sector Marismas los valores de la permeabilidad oscilan entre $10\text{-}60.10^{-5}$ m/s.

5.8. BALANCE DEL SISTEMA

Existe una gran discrepancia en cuanto al balance del sistema, según la bibliografía consultada (tabla 5.3). De estos datos se constata que los valores de evapotranspiración oscilan entre 60 y 270 hm^3/año y los drenajes a ríos y arroyos entre 7 y 166 hm^3/año. Estas discrepancias se deben a que las salidas son difíciles de cuantificar como consecuencia de la escasa información que se posee sobre extracciones hasta la fecha actual, así como del resto de los componentes del balance.

- ***Alimentación***: Esta es principalmente debida a las precipitaciones sobre la zona libre del acuífero, aunque se pueden considerar otras fuentes como la infiltración de la escorrentía generada sobre las margas azules que constituyen el borde norte del sistema y el retorno de regadíos.

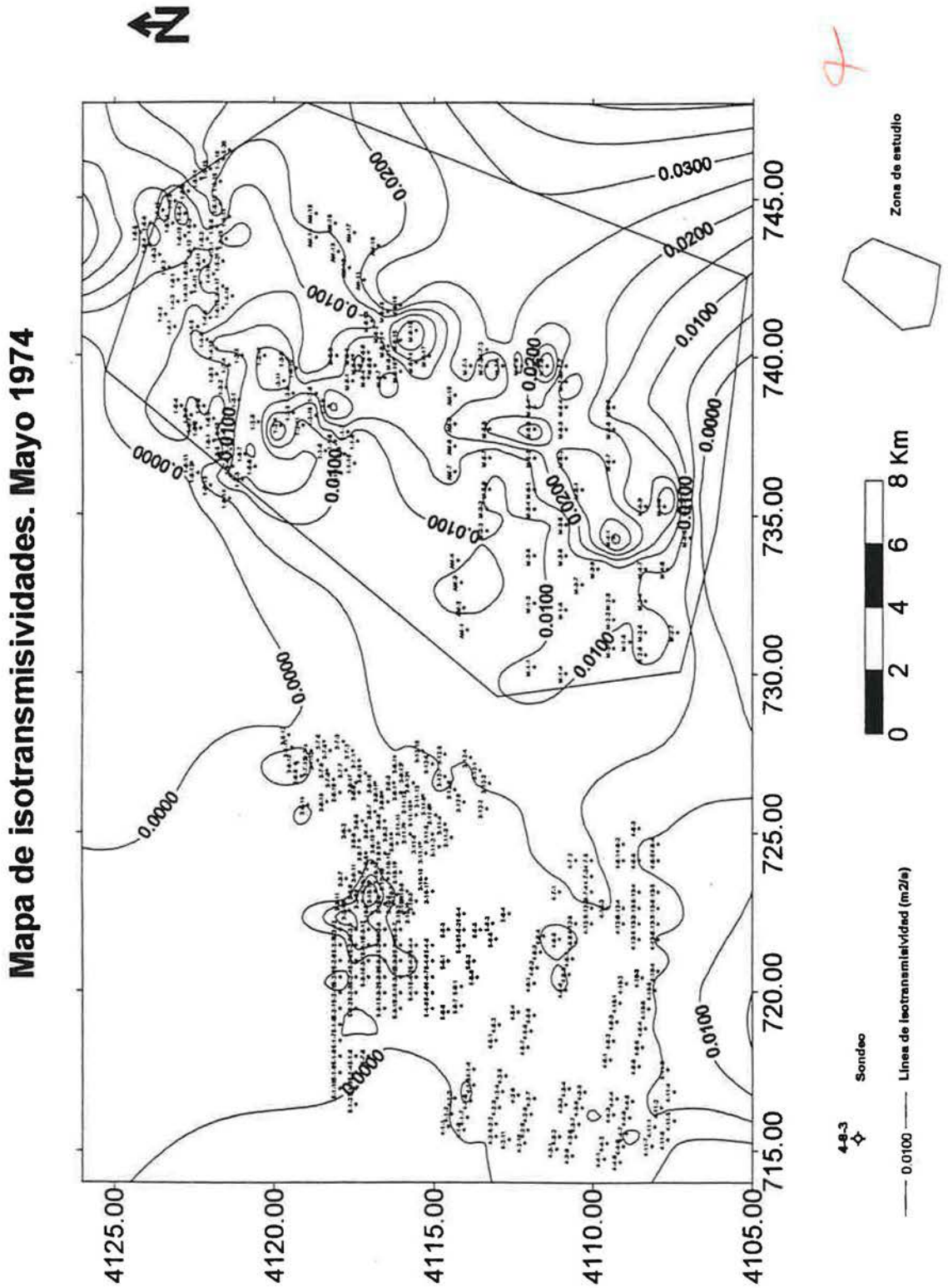


Figura 5.8. Mapa de isotransmisividades. Mayo 1974 (según datos IARA, 1974)

	FAO 1972	FAO(*) 1972	IRYDA(*) 1976	Lucena y García(*) 1978	IGME 1982(*)	IGME 1983
Superficie (km^2)						
Acuífero libre	1963	2030	218	2500	1840	1840
Acuífero semiconfinado	1400	1400	1525		560	560
ENTRADAS (hm^3/año)						
Infiltración	301	450	148	427	200	278(2)
Retorno de riegos					10	
SALIDAS (hm^3/año)						
Evapotranspiración (1)	139	270	95	154	73	60
Drenaje a ríos y arroyos	59		7.6	166	30	80
Descarga al acuífero semiconfinado	80	120	19	36	15	40
Descarga al océano		50	27	47	38	50
Extracciones por bombeo	6	6	0	8	54	50

(*) Valores obtenidos de la aplicación de un modelo matemático
(1) Evaporación y consumo por la vegetación a partir del acuífero
(2) Considerada la alimentación como la lluvia útil

Tabla 5.3. Datos del balance de investigaciones previas

Según los trabajos consultados del IGME (1983) y FAO (1972), se pueden distinguir tres zonas atendiendo a su capacidad de infiltración, lo cual condicionará en alguna manera la recarga:

* Zona oeste y barra costera, con permeabilidades altas debido al carácter arenoso de los materiales.

* Franja que bordea a la marisma, donde la infiltración se ve favorecida a causa de la suavidad de la topografía.

* Zona norte, con menos infiltración debido a las mayores pendientes e intercalaciones de paquetes limo-arcillosos.

En los trabajos más recientes también existe cierta discrepancia en cuanto a la estimación de la recarga. Así, BAONZA et al. (1984), a partir del contenido en tritio de las aguas subterráneas, estiman la recarga en 56 mm/año (106 hm^3/año); GUIMERÁ et al. (1991) mediante una experiencia de trazador en la zona no saturada, deducen una recarga del 70% de la precipitación entre diciembre de 1989 y junio de 1990. SAMPER et al. (1991), por medio de un balance diario del agua en el suelo, obtienen una estimación de 300 mm para la recarga media. COLETO y GÓMEZ MARTOS (1992) obtienen, durante 1989-90, un valor superior a los 700 mm para la recarga mediante la utilización de isótopos estables y perfiles de humedad en la zona no saturada. OLÍAS (1995) estima que la recarga está comprendida entre 142 mm (con 382 mm de precipitación) en el año 1992-93 y 563 mm (con 753 mm de

precipitación) en el año 1989-90, y propone que la recarga anual presenta una relación lineal con la precipitación de la forma siguiente (valores en mm):

Recarga = 0,944 x Precipitación - 148

- ***Salidas***: Las descargas del sistema se producen por:

* Drenajes a ríos y arroyos: A partir de una serie de aforos puntuales realizados por la FAO (1972) durante los años 1969 a 1971 en los arroyos de la Rocina y del Gato, se calculó el caudal por unidad de superficie extrapolando la media de estos resultados al resto de la cuenca y se estimó una escorrentía superficial de 59 hm^3/año.

En un trabajo posterior elaborado por el IGME (1982) y partiendo de los mismos datos de la FAO, se obtuvieron datos de 50 hm^3/año, a excepción de la cuenca del Guadiamar, en donde las salidas se calcularon a partir del gradiente hidráulico y la transmisividad media, totalizando 30 hm^3/año. Por tanto, la descarga a ríos y arroyos suponen 80 hm^3/año según el mencionado informe del IGME (1983).

* Evapotranspiración: La FAO (op.cit) distingue dos zonas, una forestal con pinos y eucaliptos, con nivel piezométrico a menos de 2m de profundidad, de 215 km^2 de superficie, y otra de arbustos con nivel piezométrico a profundidades mayores de 2m, con una superficie de 100 km^2. Las cantidades que se calcularon de evapotranspiración para cada una fueron respectivamente de 136 y 3 hm^3/año.

El IGME (op cit.) estima en 220 km^2 la superficie cubierta por zonas forestales con niveles piezométricos inferiores a 2m y en ella se supone que la ETR=ETP con un consumo adicional por la vegetación de 60 hm^3/año.

* Descarga al mar: Según el trabajo de la FAO (op. cit.) no se tienen en cuenta las salidas subterráneas al mar, sin embargo dichas salidas son contempladas por el modelo matemático realizado en el mismo trabajo y que son evaluadas en 50 hm^3/año, mientras que el IGME en la implantación de su modelo matemático estima la cantidad en 38 hm^3/año.

* Extracciones por bombeo: Estos datos son difíciles de cuantificar, aunque en todos los informes consultados se han obtenido por medio de encuestas puntuales de acuerdo con los datos relativos a las necesidades hídricas de los tipos de cultivos y su superficie ocupada. Recientemente, CASTELL et al. (1992) evalúan las extracciones por bombeo entre 73 y 82 hm^3/año.

* Flujo hacia el acuífero semiconfinado: La FAO (op. cit), a partir de un modelo analógico de tipo Hele-Shaw, estima un valor de 80 hm^3/año; sin embargo tras la aplicación de su modelo matemático éste se incrementa hasta 120 hm^3/año. En cambio, en los estudios del IGME (1983) se da un valor de 40 hm^3/año, que en su modelo matemático se reduce hasta 15 hm^3/año.

5.9. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

El IGME (1983) distingue tres sectores, en función de la calidad del agua subterránea:

- En el acuífero libre, los contenidos en cloruros son inferiores a 25 ppm, aunque existen zonas que pueden llegar hasta las 350 ppm. Los sulfatos están por debajo de las 400 ppm, existiendo grandes zonas donde no llegan a las 25 ppm. En lo que respecta al total de sólidos disueltos (TSD) es inferior a las 750 ppm. En la parte norte, las aguas tienen una facies bicarbonatada cálcica-magnésica, fundamentalmente debido a la presencia de los limos arenosos calcáreos del Plioceno.

- En la zona de Marismas existe una interfase NNE-SSW entre las aguas dulces (al W) y aguas saladas o salobres (al E) congénitas de los sedimentos. Esta interfase se viene desplazando lentamente hacia el este, debido en parte a la continua recarga de agua dulce en la parte libre del acuífero. Las facies hidroquímicas en el acuífero semiconfinado con agua dulce son similares a las del acuífero libre.

- Los lentejones permeables intercalados en los sedimentos arcillosos de las marismas y en las margas azules infrayacentes, tienen unos contenidos en cloruros similares a las aguas salobres del acuífero semiconfinado, existiendo una gradación en cuanto al contenido en sales debido al flujo ascendente de agua dulce a través de las formaciones semipermeables de las marismas (efecto de lavado inverso) que hacen que se vayan cargando progresivamente en sales hasta alcanzar la superficie.

Si nos limitamos a las aguas en el Parque Nacional de Doñana, poseen unos contenidos en cloruros similares a las anteriores, aunque al Este de la interfase las aguas van evolucionando de una primitiva facies clorurada cálcico-magnésica a clorurada sódica, donde ya los cloruros superan claramente las 2000 ppm. Los sulfatos están comprendidos entre 25 y 400 ppm, y el total de sólidos disueltos (TSD) no llega a las 750 ppm, aunque en los sondeos que alcanzan el fondo impermeable muestran valores de hasta 1500 ppm.

CAPÍTULO 6

ESTUDIO HIDRODINÁMICO

6.1. INTRODUCCIÓN

La FAO estableció en 1966 con el Gobierno Español un convenio para efectuar un estudio a escala regional de los recursos hidrogeológicos en la cuenca del Guadalquivir, al que se le conoció como "Proyecto del Guadalquivir", donde, además de la FAO, intervinieron el IGME[1], IRYDA[2] y DGOH[3].

En un principio se tuvo en cuenta la suceptibilidad de explotación de la citada cuenca, y se dedujo que el acuífero Almonte-Marismas era una unidad importante. Hacia 1969 se comenzaron las investigaciones preliminares, de las cuales se extrajeron las primeras características hidrogeológicas, que se pueden resumir en las siguientes:

- superficie del acuífero: 1960 km^2 en la zona de arenas y 800 km^2 en las marismas,
- reservas: cerca de 7.000 hm^3,
- recursos explotables: 170 hm^3/año,
- calidad del agua: buena y con residuo seco entre 0,25 y 0,7 gr/l,
- existencia de interfase salina bajo las Marismas del Guadalquivir.

Como consecuencia de estas investigaciones, se declaró de Interés Nacional la transformación de la zona regable de Almonte-Marismas en mayo de 1971. Una vez aprobadas las distintas fases de ejecución del proyecto, se decidió la puesta en riego de 24.000 ha con aguas subterráneas, para lo cual se elije una franja entre las arenas y la marisma, por presentar los mayores espesores saturados del acuífero.

Para ello, se dividió la zona en seis sectores de riego, en donde se llevaron a cabo perforaciones para la captación de los caudales necesarios para la puesta en marcha del Plan, aunque más tarde fueron definitivamente 5 los sectores de riego, ya que se desechó el primitivo Sector II, entre Almonte e Hinojos, por no dar los caudales esperados, quedando tan solo los sectores I, III, IV, V y Marismas (figura 6.1).

Desde el punto de vista agrícola, es reconocido por todos que los mayores impactos se refieren a la sobreexplotación de acuíferos (IGME, 1985) y a la contaminación de los mismos. Como ejemplos, citemos el informe de 1989 de la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, que señala como zonas críticas la sobreexplotación y contaminación, entre otros, de los acuíferos de la costa de Huelva (acuífero Lepe-Cartaya y Almonte-Marismas), y el trabajo de GONZÁLEZ (1997) que se refiere a la salinización por intrusión del acuífero Ayamonte-Huelva por sobreexplotación debida a actividades agrarias intensivas.. En el sector objeto de estudio, el conflicto de mayor trascendencia, desde el punto de vista público, es, sin duda, el que suscita las acciones entorno al Parque Nacional de Doñana, por la repercusión

[1]Instituto Geológico y Minero de España

[2]Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario

[3]Dirección General de Obras Hidráulicas

internacional que el mismo tiene (OJEDA, 1987).

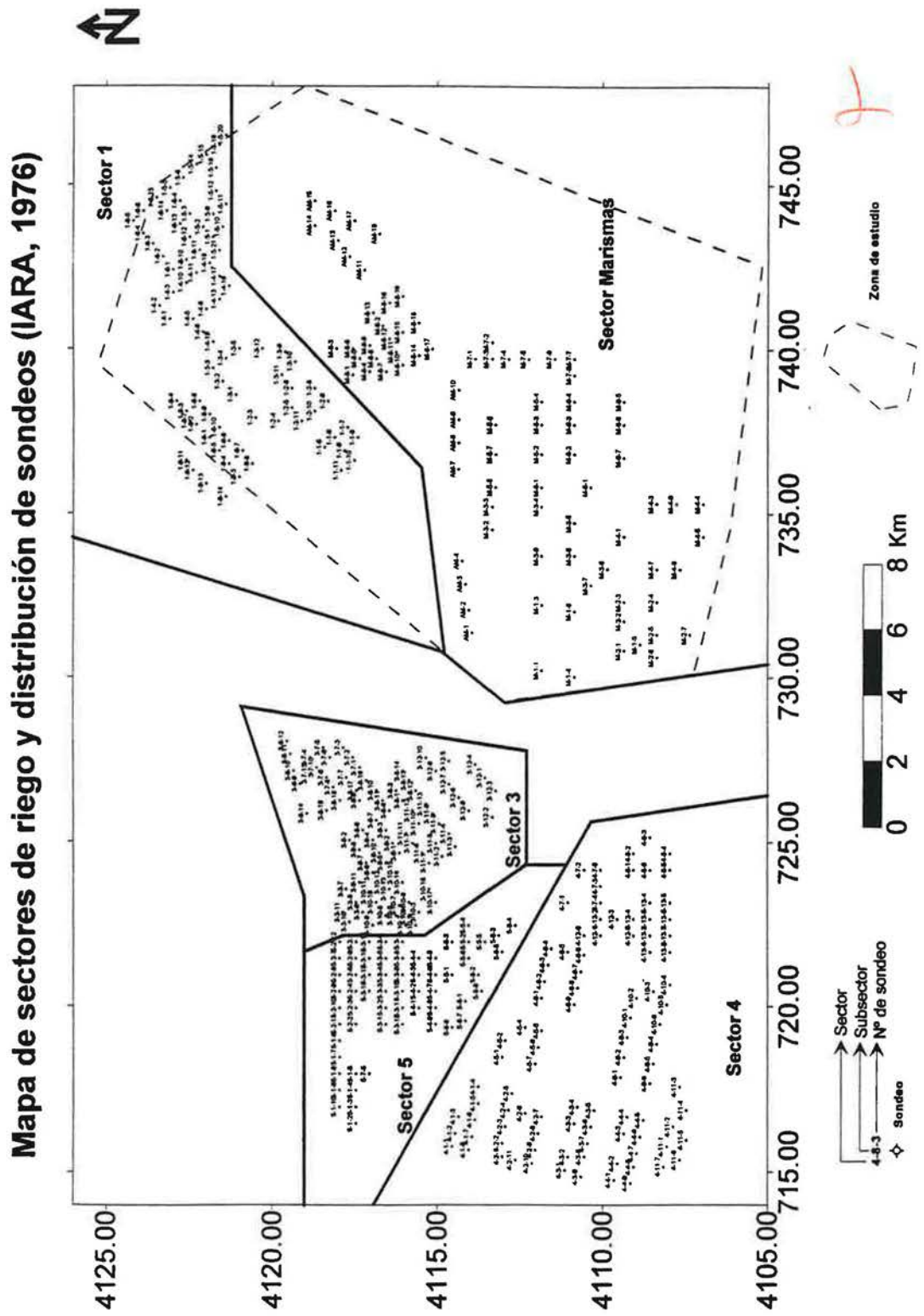


Figura 6.1. Mapa de sectores de riego y ubicación de los sondeos del Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas

Un Plan de Riegos (Almonte-Marismas) inadecuado en su dimensionalidad y en su ubicación, sostenido por la extracción de aguas del acuífero Almonte-Marismas, una zona costera urbanizada de forma dudosa y alimentada por aguas de esta unidad, y una población próxima a los 220.000 habitantes (con núcleos urbanos de las provincias de Huelva y Sevilla), han hecho saltar la alarma no solo al nivel del ciudadano, sino también a nivel de instituciones y partídos políticos, para preservar la más importante zona húmeda de Europa.

La sobreexplotación del acuífero ha originado ya depresiones piezométricas importantes e inversiones del gradiente que favorecen la aparición de conoides de bombeo amplios en la zona sur de Villamanrique de la Condesa y descensos de niveles piezométricos por debajo del nivel del mar, lo que han dado lugar a un fenómeno de salinización continua y progresiva del acuífero.

En síntesis, la dinámica del acuífero ha cambiado por la influencia antrópica respecto a la que debió tener en régimen no influenciado, por lo que se hace necesario conocer estos cambios para poder interpretar los fenómenos de salinización que están ocurriendo en los últimos años.

En este capítulo se cubre este aspecto, para lo cual se ha diseñado una metodología para el control de los niveles piezométricos en la zona y para conocer su evolución temporal y espacial.

6.2. METODOLOGÍA EMPLEADA

6.2.1 Establecimiento de la red de control

Las medidas de los niveles piezométricos se han realizado sobre sondeos de la red de control, todos ellos entubados y pertenecientes a los ejecutados para el PTAAM[4].

En un principio se partió de los datos informatizados cedidos por el IARA[5], en donde se recogían las coordenadas, cota y nomenclatura de los sondeos ejecutados para el plan. Estos fueron implantados en mapas a escala 1:20.000 de la zona y corroborada su situación en el campo por medio de fotografías aéreas a la misma escala, de la empresa AZIMUT, S.A.. El reconocimiento de los sondeos en la zona y su estudio previo no fue tarea fácil; la fase preliminar de reconocimiento duró 3 meses, pues por una parte era una zona desconocida y según la época podría ser inaccesible a ciertos vehículos (terrenos inundados de la marisma) y por otro lado para el acceso a ciertos sectores se necesitaban permisos especiales para transitar por la zona (IARA, ICONA, PND, etc.).

Una vez inventariados los puntos del sector de trabajo, se realizó un primer seguimiento de niveles y otros parámetros a fin de establecer las distintas redes de control (piezometría, registros verticales y analítica).

---

[4]Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas

[5]Instituto Andaluz de Reforma Agraria

Hay que comentar que durante las distintas campañas no se pudieron realizar medidas en ciertos sondeos, coincidiendo siempre con las épocas húmedas (febrero-marzo), debido al anegamiento de la marisma y a ser difícil el acceso a los mismos.

La elección de la red de control para niveles piezométricos se ha hecho en función de los siguientes criterios:

- información disponible (columna del punto, equipamiento, acuífero captado, espesor del acuífero, profundidad del sustrato impermeable, etc.)
- existencia de puntos de bombeos próximos,
-fácil acceso, teniendo en cuenta que la mayoría de ellos se encuentran en la marisma,
- facilidad para la toma de datos,
- homogeneidad en las distancias, sabiendo que se encuentran en una franja de dirección NE-SW y que muchos están colapsados o, en su caso, en bombeo activo para abastecimiento agrícola..

En función de estos criterios, la red elegida consta de 20 puntos y se representa en la figura 6.2.

Las principales características de los puntos de la red se han ido almacenando en archivos informáticos, que nos han permitido una permanente actualización de los mismos y obtener listados con los datos de mayor interés para los objetivos de esta investigación.

6.2.2. Adquisición de datos

Una vez diseñada la red de control, se partió de los datos cedidos por el IARAy se fueron engrosando hasta finales de 1995, por lo que ciertos sondeos poseen datos de nivel ininterrumpidamente desde 1974 hasta noviembre de 1995.

La red, por tanto, quedó establecida definitivamente en 20 puntos, y el inicio de los controles, comenzó en octubre de 1990, coincidiendo con el comienzo del año hidrológico 1990/91.

6.2.3. Toma de datos en el campo

Como hemos comentado en el apartado anterior, la medida de niveles piezométricos se inició en octubre de 1990.

Como exigencias que se han mantenido firmes durante las mediciones destacan las siguientes:

- frecuencia de medida mensual (último viernes de cada mes),
- toma de datos en condiciones estáticas, aunque a veces era relativo por la proximidad de sectores de riego en la zona norte,
- realización de medidas en el conjunto de la red en el menor tiempo posible (el diseño permitía realizar esta tarea en 8 horas),
- empleo del mismo equipo de medida en las sucesivas campañas y que éste fuese

manejado por la misma persona,
- realización de medidas en las mismas fechas.

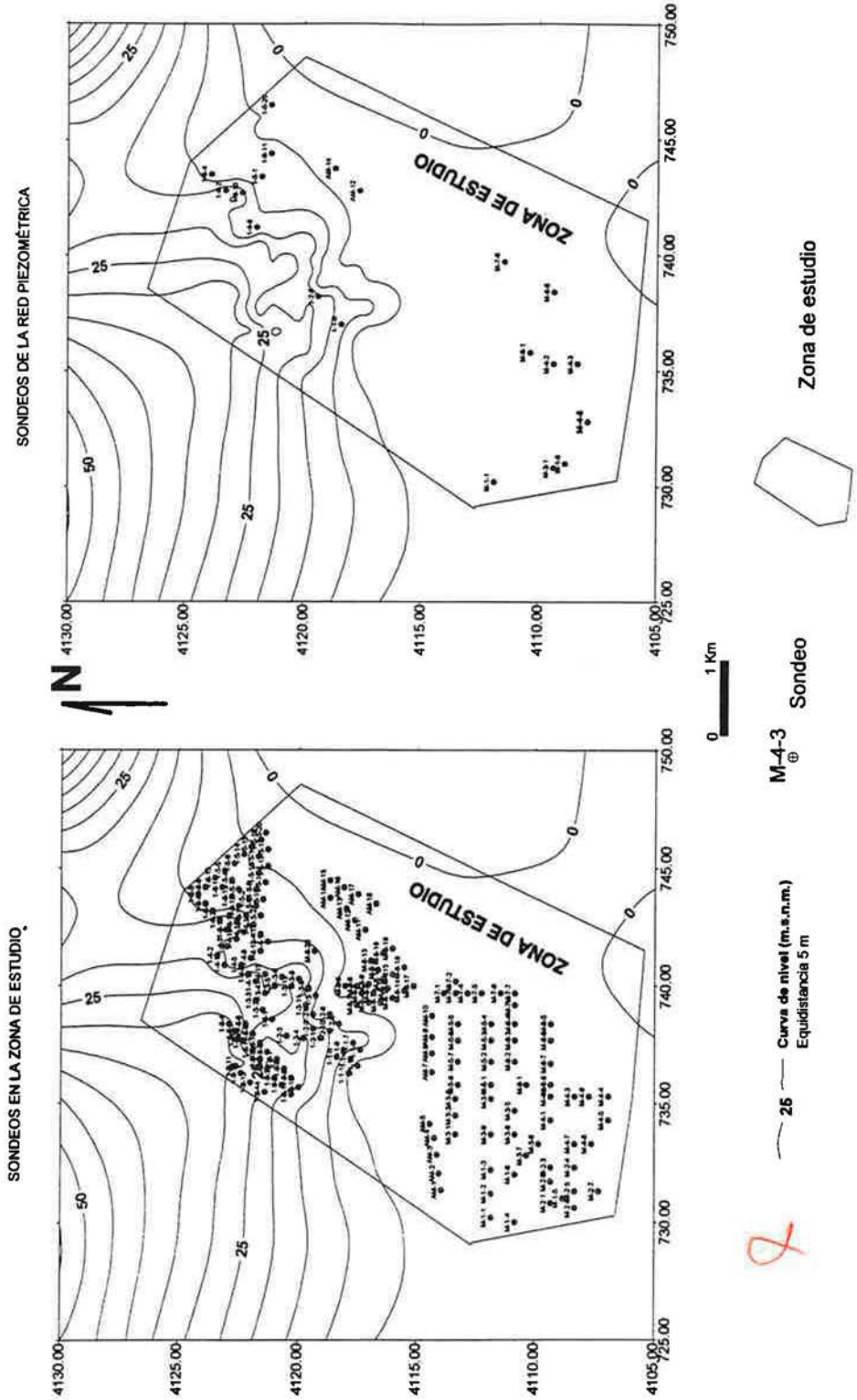


Figura 6.2. Mapas de sondeos en la zona de estudio y red piezométrica

Las medidas se realizaron con sonda eléctrica equipada con 200 metros de cable anti-alargamiento (con precisión de ± 0,5 cm) y con una periodicidad mensual desde octubre de 1990 hasta noviembre de 1995.

6.2.4. Elaboración y tratamiento de datos

Al mismo tiempo de las tareas descritas anteriormente se realizaron otras con el propósito de optimizar la información, tanto de la disponible como de la que se nos iría brindando de forma sucesiva.

Nuestro objetivo principal fue el diseño de un modelo de archivo automatizado que permitiera entrar con datos de campo (cota del punto, altura de referencia y profundidad hasta el agua), para obtener salidas numéricas y/o gráficas de profundidad del agua y de nivel piezométrico y, mantener actualizada la red de control.

Dicho modelo nos permitió no sólo agilizar una tarea tediosa como la de archivar la información, sino algo que era más importante y que consistía en el seguimiento espacio-temporal de estas variables con la finalidad de ir conociendo la hidrodinámica del acuífero, lo que nos permitió conocer tendencias en la evolución de niveles, delimitación de áreas sobreexplotadas, tendencias en la inversión de gradientes, etc., lo cual facilitó la interpretación de los datos hidroquímicos que se iban tomando paralelamente.

Con los resultados de las salidas numéricas se han realizado estudios de evolución temporal y espacial de niveles (hidrogramas y mapas de isopiezas), que nos han permitido conocer en detalle la hidrodinámica del acuífero y los cambios que ésta viene experimentando en los últimos años.

6.3. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Dicha evolución piezométrica se ha estudiado en base a la información que se ha obtenido a partir de la red de control (figura 6.2). Los periodos de control de observación han sido variables; en general la información es ocasional entre 1975 y 1990 (periodo de control realizado por el IARA y no en todos los sondeos) y a partir de aquí y hasta finales de 1995 es sistemática y a nivel mensual en los 15 sondeos elegidos para la red de control piezométrico.

En este periodo de 25 años de observación, los puntos tienen información muy diversa y variable, tal y como se muestra en la tabla 6.1.

En algunos de ellos no se pudo controlar el nivel a partir de un cierto momento y por problemas diversos: sellado en cabeza de pozo, desaparición del punto por hundimiento, arenado de los filtros, etc.

Sondeo	Periodo de control	Sondeo	Periodo de control
M-1-1	1975-1995	**AM-14**	1990-1995
M-1-5	1990-1995	**1-5-1**	1991-1995
M-2-1	1990-1995	**1-5-20**	1990-1995
M-4-8	1990-1995	**1-6-4**	1988-1991
M-4-3	1990-1995	**1-6-2**	1990-1995
M-4-2	1990-1995	**1-6-10**	1988-1995
M-6-1	1975-1995	**1-4-8**	1984-1992
M-6-5	1981-1992	**1-2-5**	1976-1992
M-7-6	1993-1995	**1-1-5**	1976-1992
AM-12	1983-1995	**1-5-11**	1988-1995

Tabla 6.1. Periodo de información de los distintos sondeos de la zona de estudio

La evolución del nivel piezométrico en los puntos de la red de control (20 puntos) para el periodo de 1975 a 1995 se representa en la figura 6.3. Se puede observar que existen puntos con evoluciones muy diferentes, pero lo más relevante es la tendencia generalizada al descenso, que es muy clara en puntos situados en las zonas más explotadas del sector (al nordeste del PND, donde los cultivos intensivos y arrozales son muy numerosos).

En aquellos sondeos que poseen datos continuos desde 1975, como es el caso de los sondeos M-1-1 y M-6-1, se observa que al comienzo la evolución es sin tendencia, presentando sólo las típicas fluctuaciones en función de las lluvias. Pero es a partir de 1980 cuando esta tendencia tiende al descenso, hasta tal punto que ni siquiera las lluvias intensas logran recuperar los niveles. Este efecto de cambio de tendencias coincide claramente con la puesta en marcha del Plan de Riego Almonte-Marismas, el cual tuvo sus primeras influencias en los niveles de los sondeos más alejados de las zonas de riego hacia el año 1980.

La tendencia al descenso se interpreta como consecuencia del sobrebombeo continuado a que se está sometiendo al acuífero en la parte oriental, y sobre todo en las zonas de creciente demanda agrícola y urbana, tal como se observa en los sondeos 1-4-8, 1-2-5 y 1-1-5 situados en zonas de regadíos (en estos sondeos, la tendencia al descenso comienza hacia abril de 1976).

El régimen de extracciones ha provocado descensos que en general están comprendidos entre 3 y 12 metros, con inversiones de gradiente en amplias zonas lo que ha dado lugar a situaciones preocupantes, pues el nivel de los 15 puntos de la definitiva red de control se sitúa por debajo del nivel del mar y a cotas que varían entre -3 metros (punto M-1-1) y casi -14 metros (punto AM-12). Esta situación es muy favorable para el avance de la salinización localizada en la margen derecha del río Guadalquivir, que ha dado lugar a la salinización de varios puntos que han sido abandonados, y cada vez serán más los que sigan este destino.

En resumen, la sobreexplotación del acuífero es acusada y preocupante en el sector, no solo por las repercusiones económicas y sociales sino por la posible afección a los ecosistemas del Parque Nacional de Doñana. Los descensos de los niveles varían entre 3 y 12 metros, y la inversión del gradiente sitúa a los niveles entre -3 y -14 metros. Esta situación es debida a las extracciones intensivas que se iniciaron entre los años 1976/77 y que continúan en la actualidad, y que han dado lugar en estos momentos a una situación irreversible a corto plazo y que hará que aumente en años próximos tanto las áreas salinizadas respecto a las actuales, como la tendencia al descenso en los niveles piezométricos (ROMERO et al., 1994 y 1996).

Otros autores (ORIHUELA, 1993) también ponen de manifiesto este fenómeno en otro sector de la Zona Regable, situada al norte de El Rocío, en donde el acuífero es libre y los niveles han pasado de 14 m.s.n.m. hasta 3 m.s.n.m., y con acusada tendencia al descenso.

6.4. EVOLUCIÓN ESPACIAL: ISOPIEZAS

Para el estudio de la variación espacial de la piezometría se han elaborado mapas de isopiezas mensuales desde Enero de 1990 hasta Agosto de 1995 (anexo 3, figura 1 a 14), así como los correspondientes al año seco, medio y húmedo[6] en este periodo (figuras 6.4, 6.5 y 6.6).

En estos mapas se puede observar como cambia la morfología de la superficie piezométrica en el espacio y en el tiempo.

Analizando dichos mapas, se observa que en el año seco (1992-93, figura 6.4) las direcciones del flujo subterráneo tienen una tendencia hacia el sector oriental del área, apareciendo depresiones localizadas en las inmediaciones de los puntos de bombeo, tal como la del sondeo M-6-1, debido a la extracción puntual en el mismo para riego de las parcelas situadas en sus alrededores. Los ejes preferenciales del flujo en el Sector 1, son también tendentes al Este, donde se encuentran los mayores espesores saturados del acuífero y donde los niveles piezométricos se sitúan bajo el mar, con un espectacular descenso desde los 0 metros hasta los 8 m.b.n.m.

La disposición de las isopiezas en el año medio (figura 6.5) es similar a la del año seco, pero se puede apreciar la individualización del conoide al SW del sondeo M-6-1, que se desplaza hacia los sondeos M-4-2 y M-4-3. Esto es debido a que existe una alternancia en el régimen de bombeo de los diferentes sondeos, en donde durante un tiempo se pone en marcha uno de ellos para riego de una parcela y durante otro tiempo se bombea otro en otra parcela distinta, con tiempos de bombeo diferentes, que pueden ser más prolongados en unos casos que en otros. Esta alternancia en los regímenes de bombeo influye en la variación de la configuración local de la superficie piezométrica de unas épocas a otras, aunque su morfología de manto drenante hacia el E no se distorsiona.

---

[6] Se entiende como año seco, medio y húmedo aquel (dentro del periodo de estudio Oct-90 Sep-95) de menor, media y mayor precipitación, referida a la estación pluviométrica de Villamanrique de la Condesa.

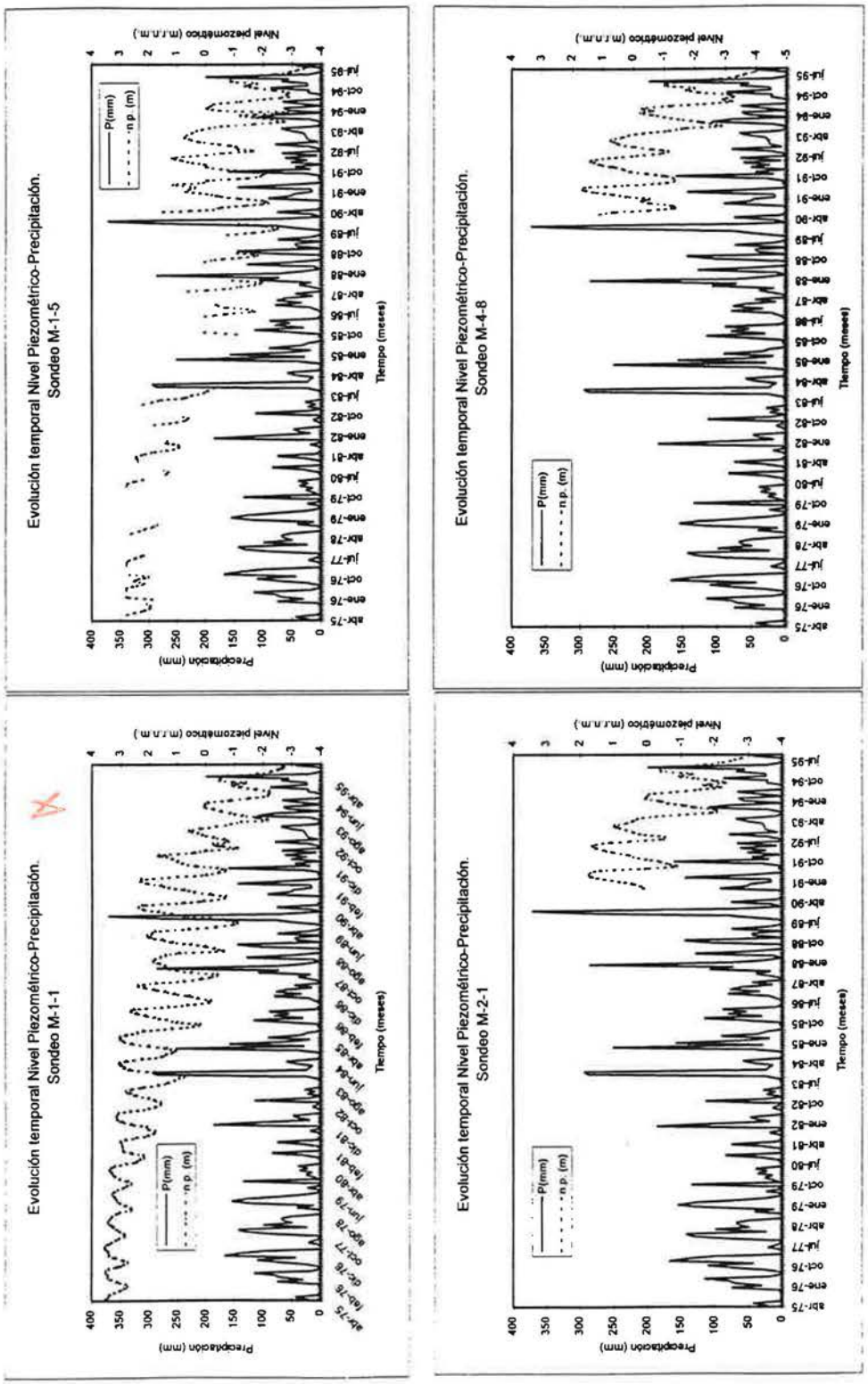


Figura 6.3. Evolución temporal nivel piezométrico-precipitación (periodo 1975-1995)

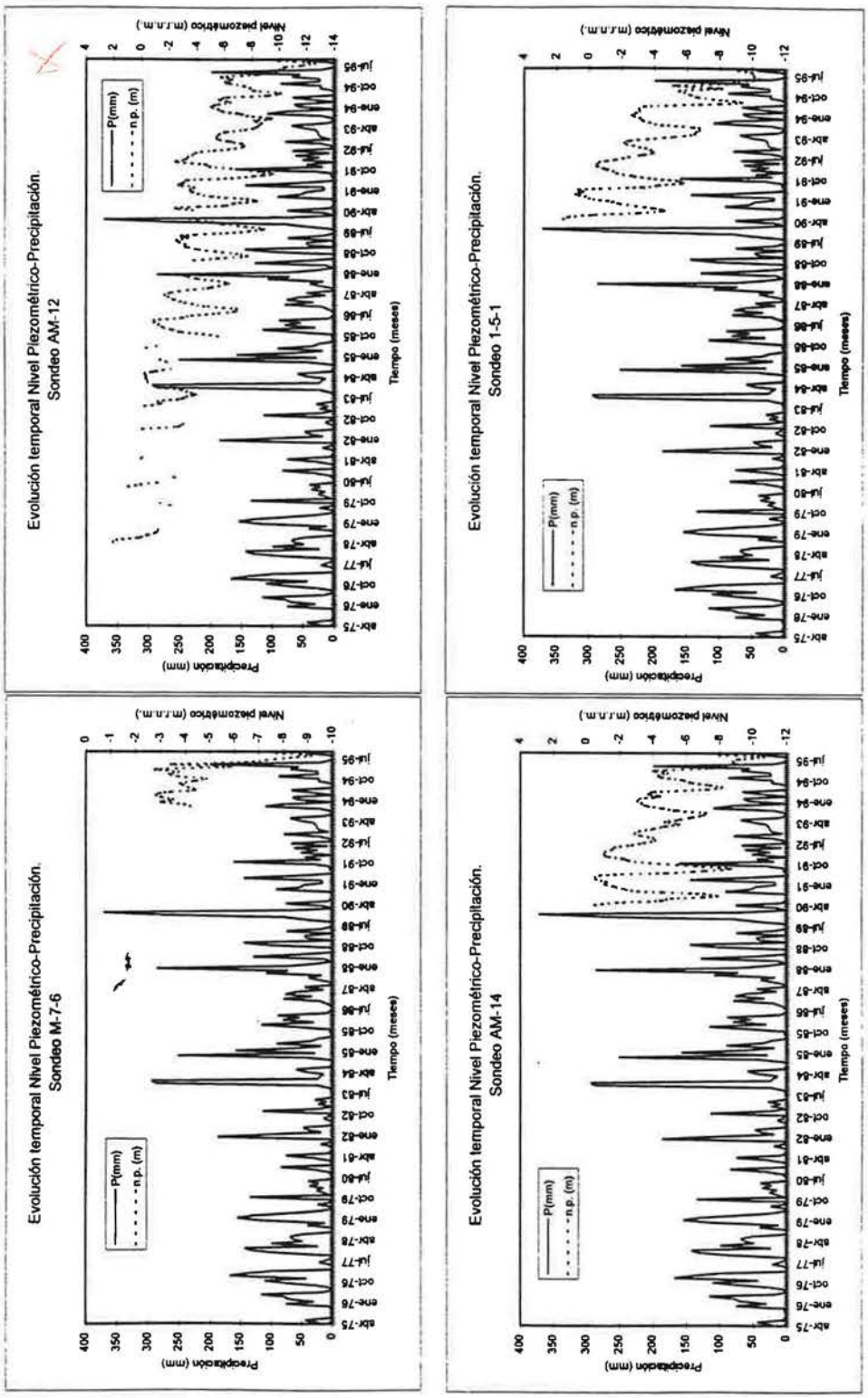


Figura 6.3. Continuación

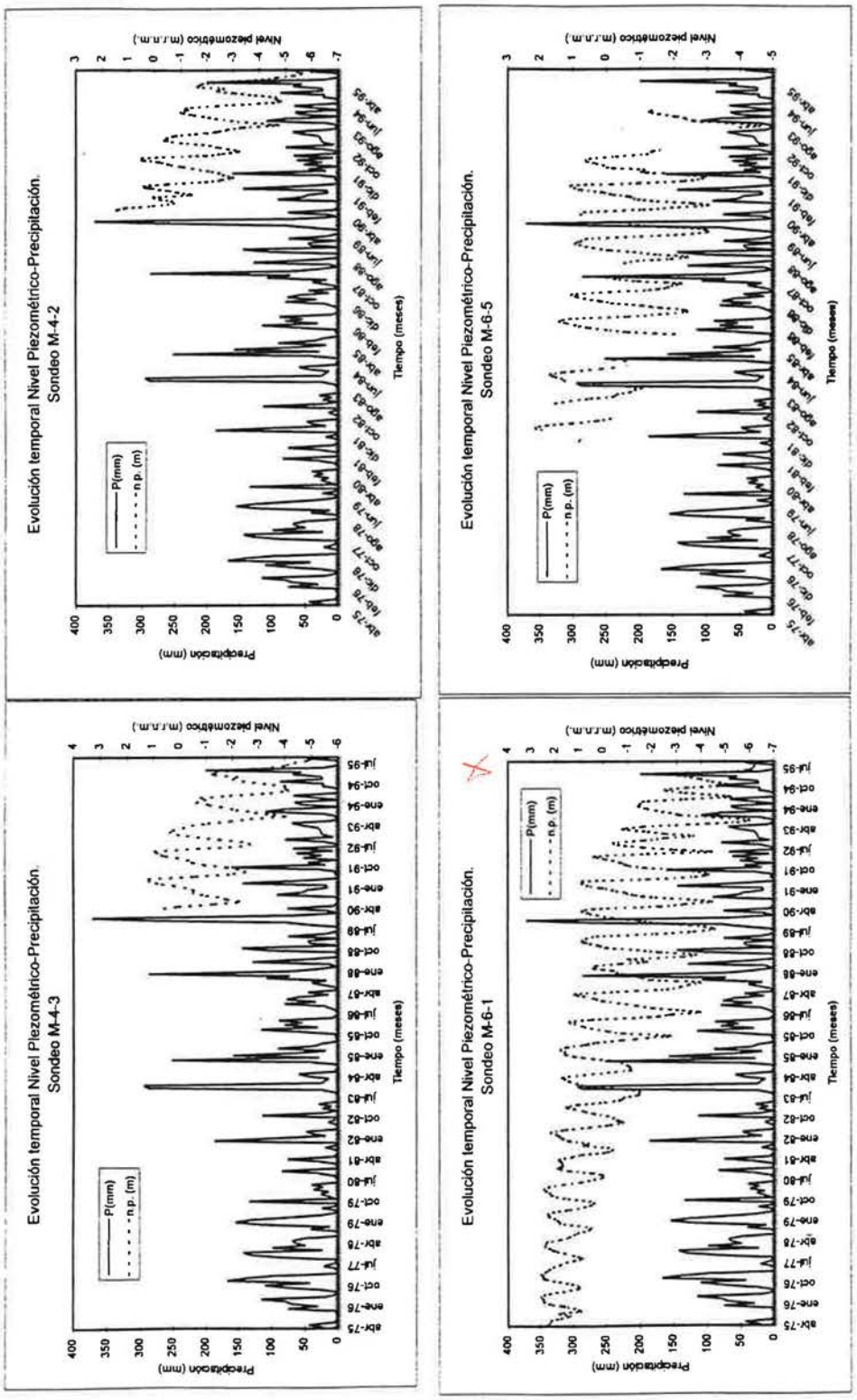


Figura 6.3. Continuación

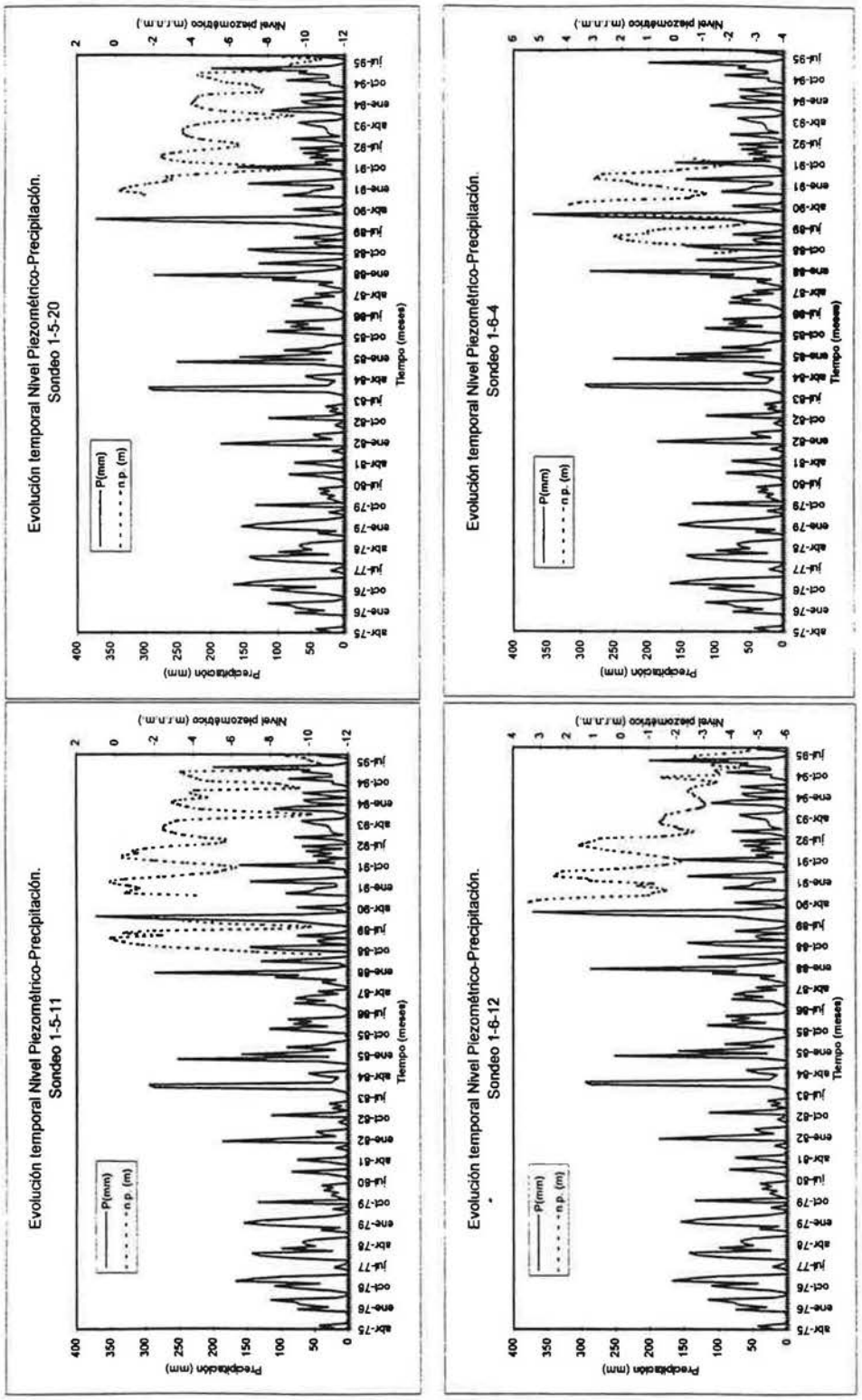


Figura 6.3. Continuación

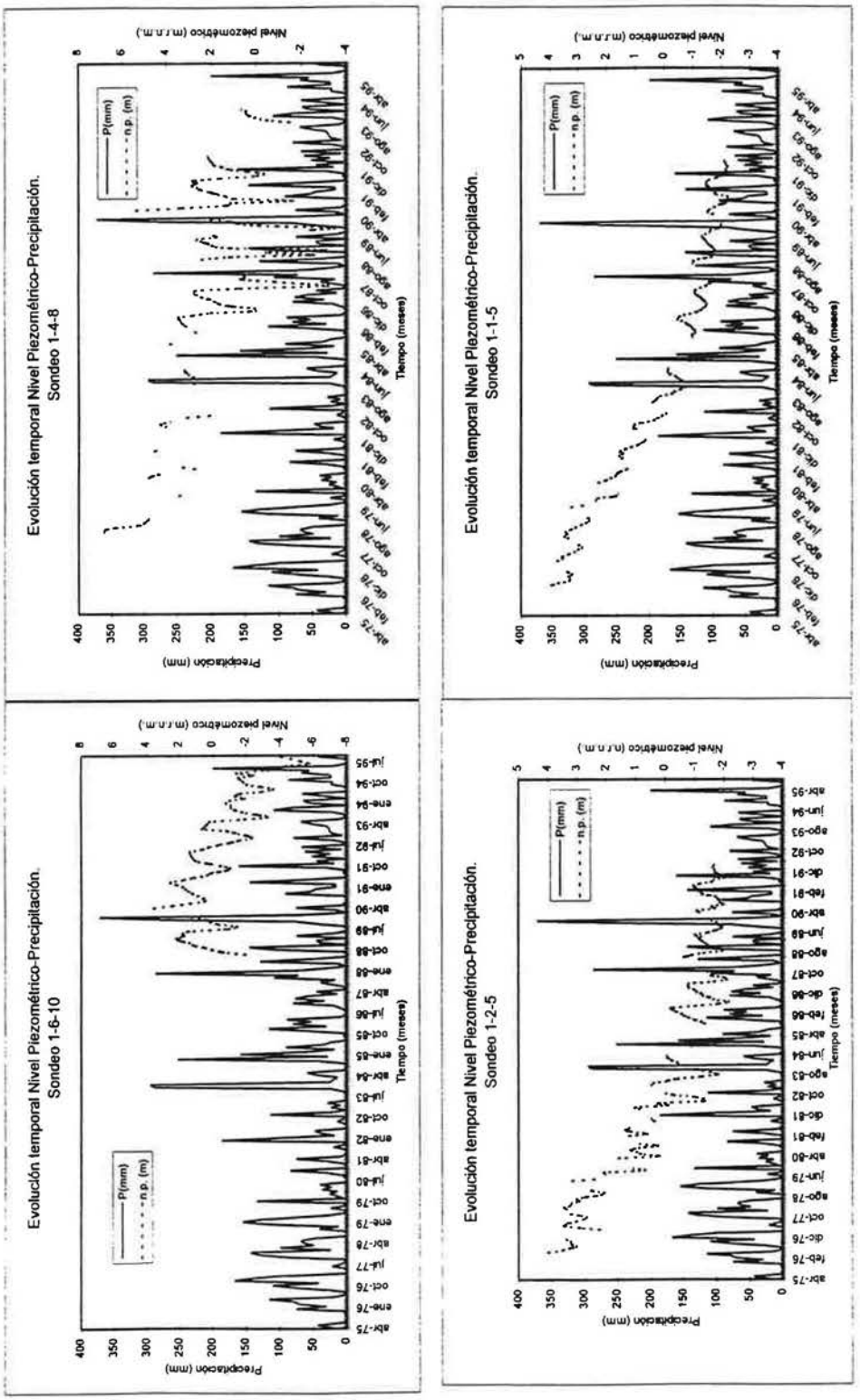


Figura 6.3. Continuación

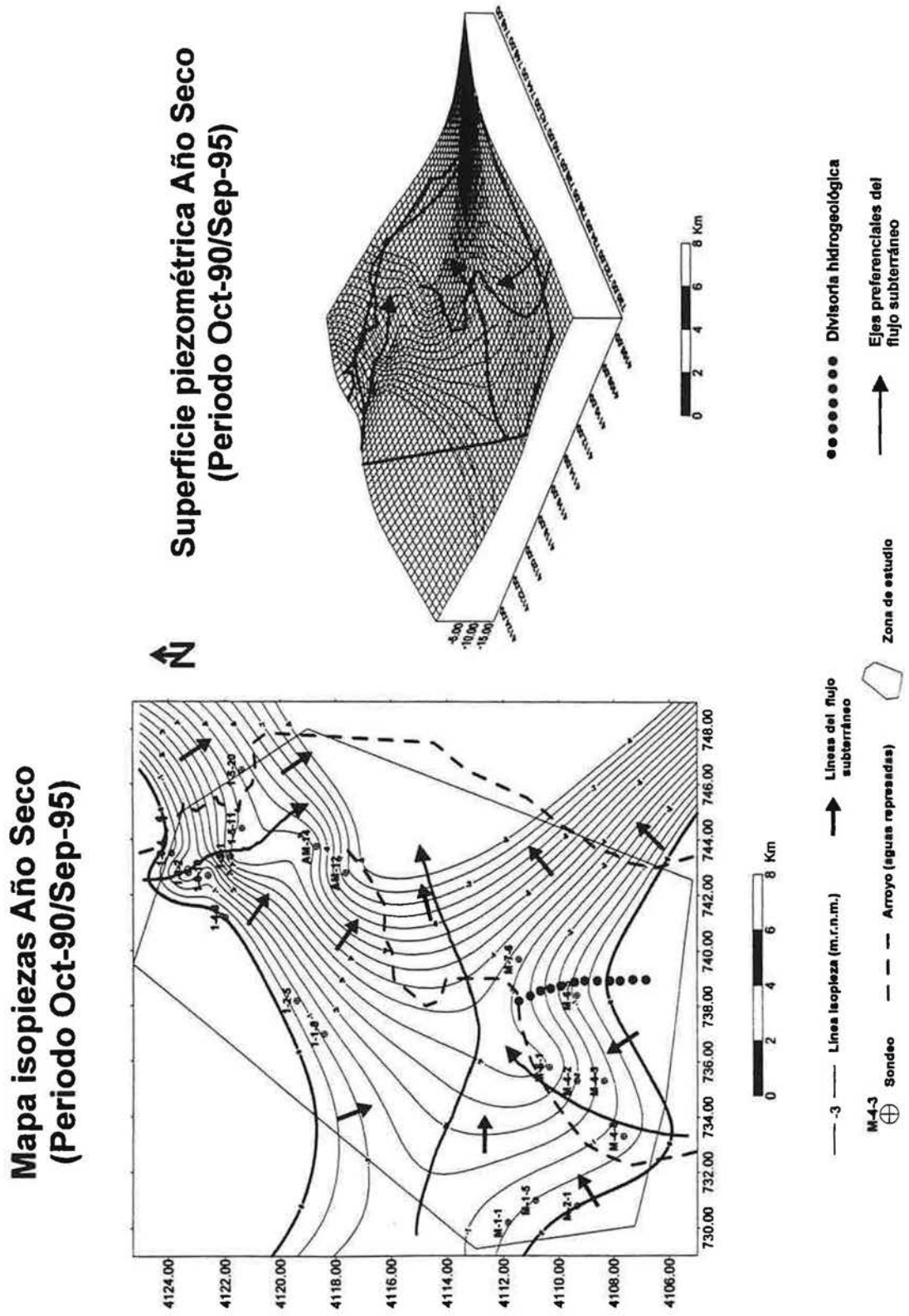


Figura 6.4. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año seco del periodo de estudio

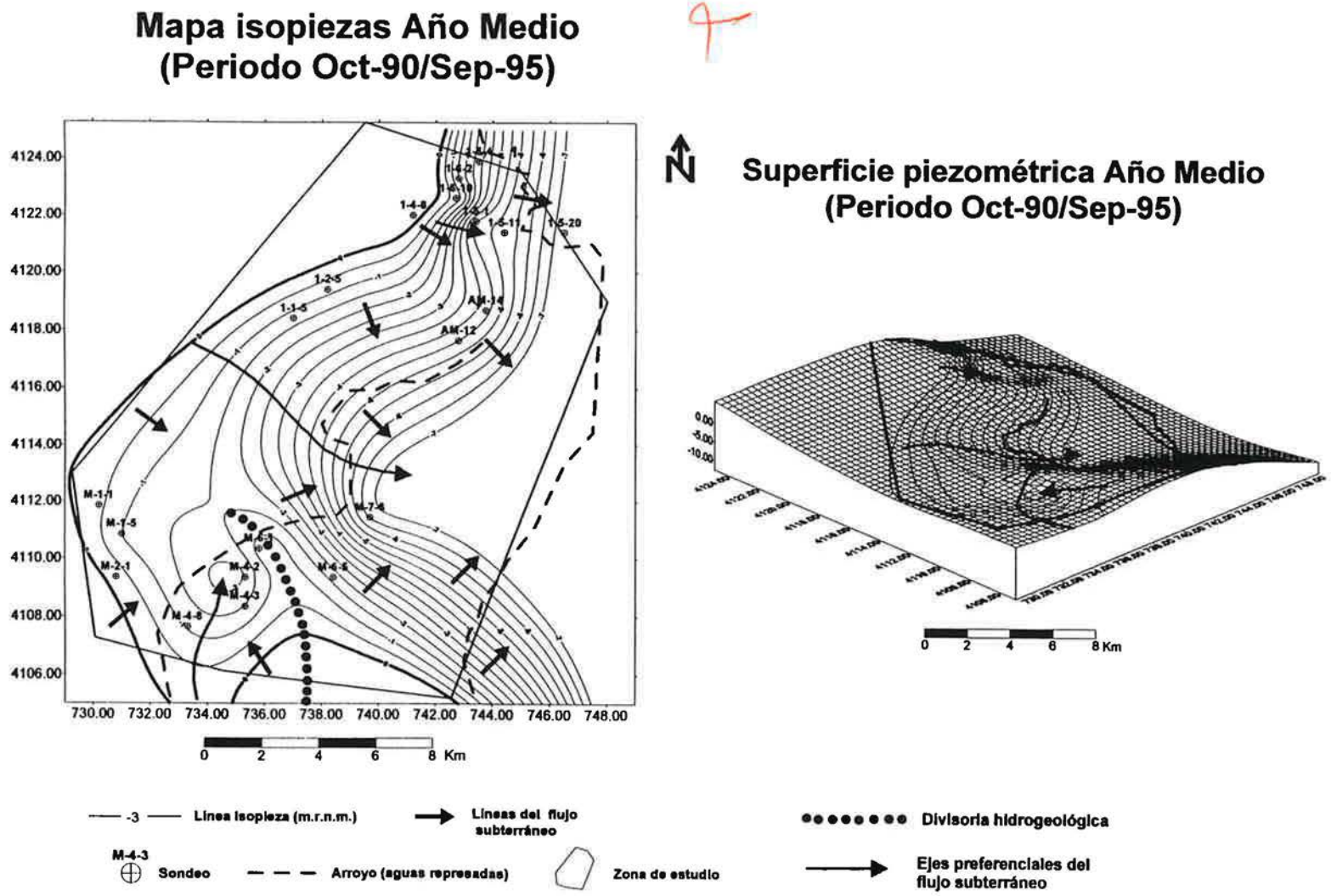


Figura 6.5. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año medio del periodo de estudio

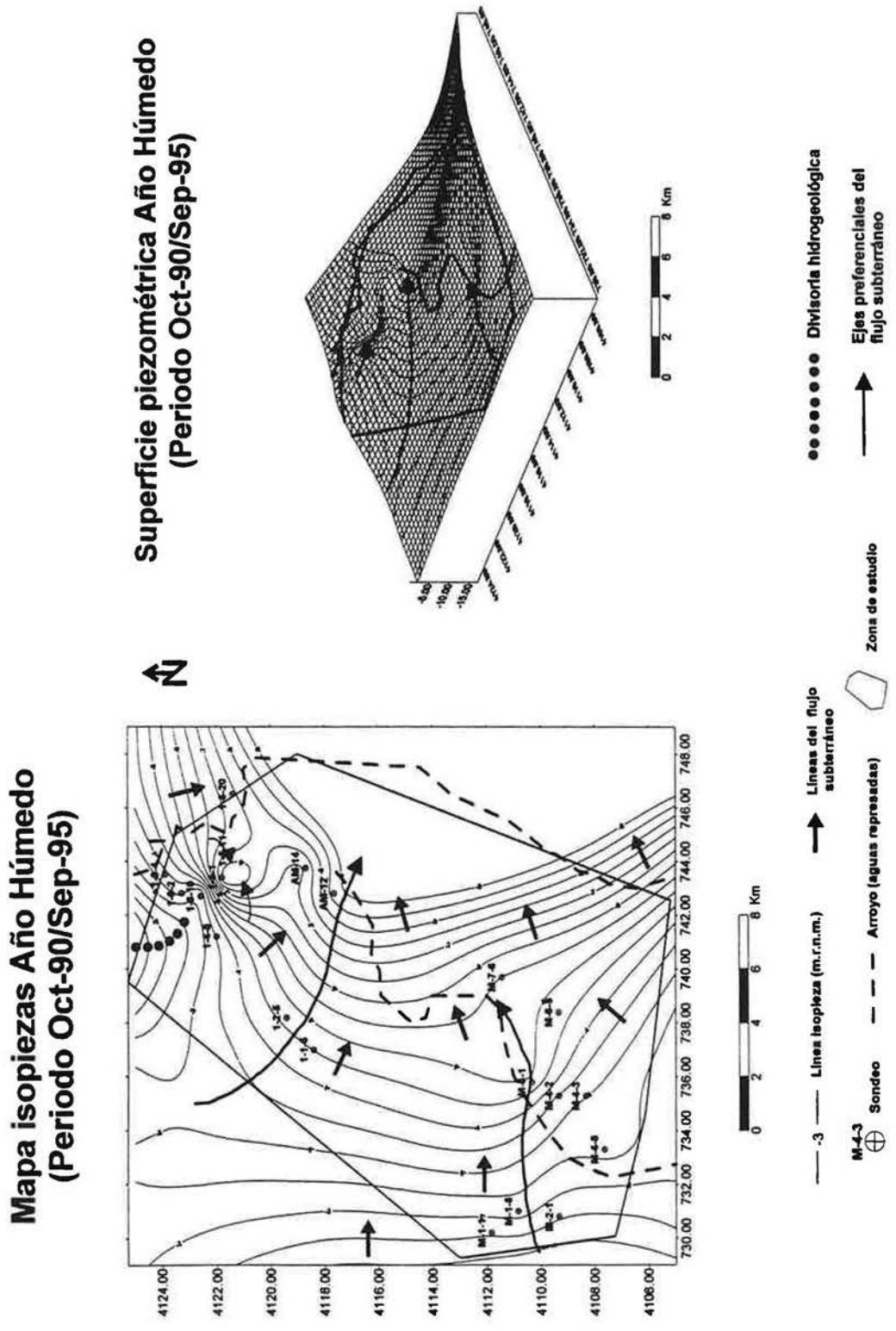


Figura 6.6. Mapa de isopiezas y superficie piezométrica correspondiente al año húmedo del periodo de estudio

Este sistema de riego es utilizado preferentemente en el Sector 1 en donde los agricultores se agrupan en Comunidades de Regantes y el suministro de agua para riego se realiza a través de esta organización, poniendo en marcha el bombeo de un sondeo durante un tiempo y finalizado éste, se pasa a bombear otro de los sondeos situado en el sector.

De ahí que en ciertas zonas estén más pronunciados e individualizados estos conoides, debido al sobrebombeo de ciertos sondeos, como se puede apreciar en el año medio en los alrededores de los sondeos M-4-2 y 1-5-11 y de una forma más espectacular en este último sondeo durante el año húmedo (figura 6.6), debido precisamente a la puesta en funcionamiento de los sondeos de este sector sobre todo los incluidos en el subsector 5.

En el año húmedo se mantienen, al igual que en los anteriores, las mismas direcciones de flujo subterráneo y los ejes preferenciales del flujo, aunque las depresiones de los niveles piezométricos son mayores, por lo que se pone en evidencia que ni tan siquiera la lluvia caída es suficiente para la recuperación de estos niveles.

En estas tres figuras (6.4, 6.5 y 6.6) se puede apreciar, por la disposición de las líneas de flujo, que la superficie piezométrica en general es de tipo radial convergente hacia el E y SE donde se encuentran los mayores espesores saturados del acuífero pero al mismo tiempo donde se localizan los niveles pizométricos más bajos y las mayores inversiones del gradiente por sobrebombeo.

En el anexo 3 (figuras 15 a 26) se presentan 4 cortes hidrogeológicos(para los años seco, medio y húmedo), tal y como se dibujan en la figura 6.7. Partiendo de los datos litoestratigráficos de los sondeos (IARA, 1976) se han correlacionado las diferentes columnas teniendo en cuenta el carácter permeable-impermeable de los materiales. En ellos se ha superpuesto la situación del nivel piezométrico referido al año seco, medio y húmedo, con el fin de poder visualizar claramente como éste se encuentra siempre por debajo del nivel del mar, a excepción de las zonas más altas en donde prácticamente está a pocos metros sobre éste.

En dichos perfiles se observa que en aquellas zonas donde se ubican las áreas de cultivos intensivos (zona de marismas y contacto con las arenas) el nivel piezométrico está a varios metros por debajo del nivel del mar, denotándose unas mayores depresiones en ciertos sondeos situados sobre todo en el cuadrante nororiental del sector de estudio.

Este fenómeno se seguirá produciendo sin solución a corto plazo, inducido por la alta densidad de captaciones en esta zona y la circunstancia de que es la más transmisiva del acuífero por lo que en estos momentos tiene el nivel piezométrico bajo el nivel del mar prácticamente en su totalidad, además de la inversión del gradiente hidráulico en el entorno de las áreas de bombeo (por ejemplo, conoide junto a sondeos M-4-2 y M-4-3, figura 6.5); de hecho en los últimos años la relación hidrodinámica entre el acuífero y la marisma se ha invertido, siendo ahora la marisma la que alimenta en parte al acuífero por infiltración, pero con la particularidad de que los aportes son el resultado del lavado de suelos salinos, por lo que hay que tener en cuenta esta fuente de contaminación salina.

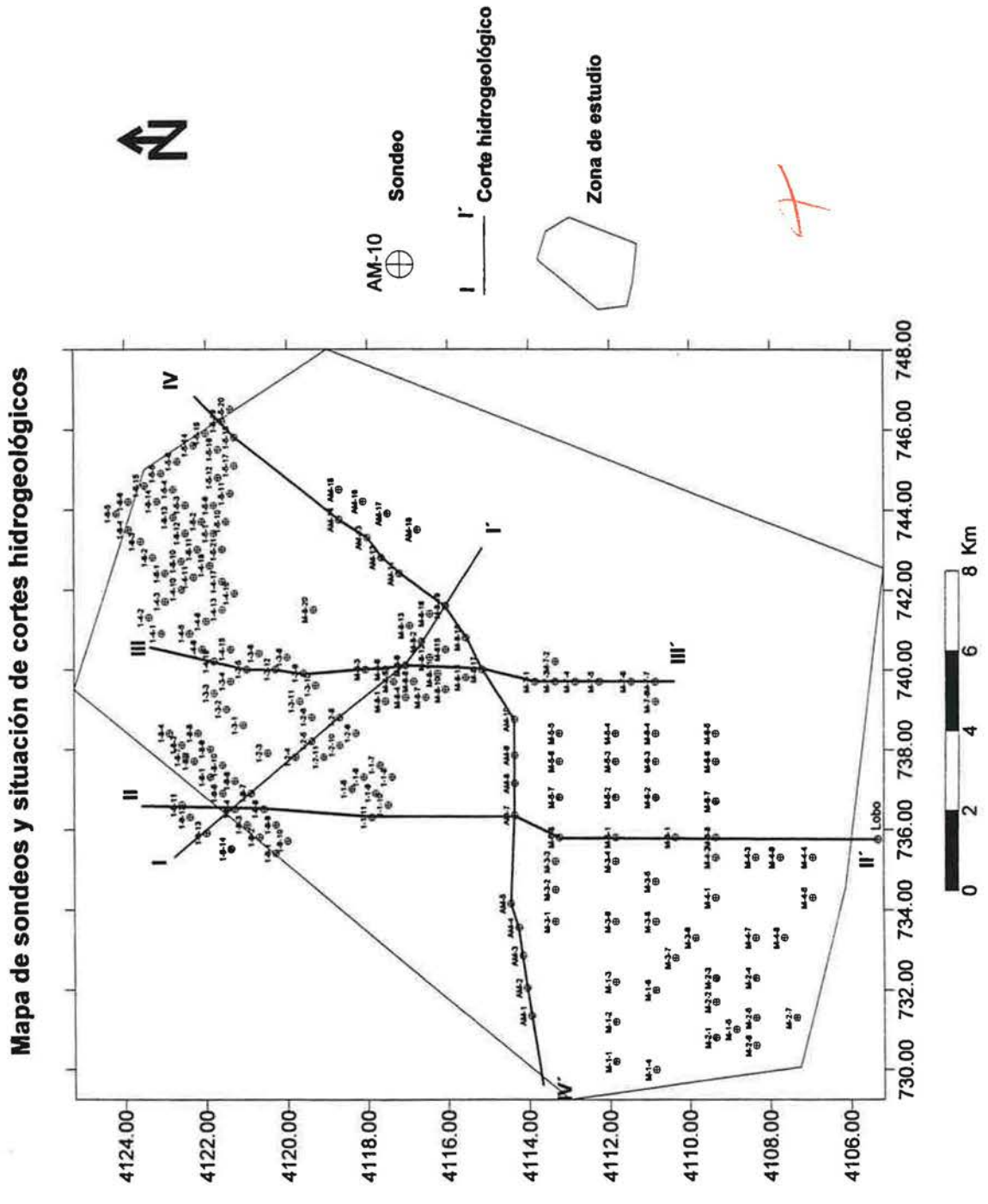


Figura 6.7. Mapa de situación de sondeos y cortes hidrogeológicos

6.5. ANÁLISIS CRÍTICO DE RESULTADOS

El estudio hidrodinámico es una herramienta potente para dilucidar aspectos de la salinización del acuífero ligados a su evolución hidrodinámica en el espacio y en el tiempo.

Ello nos permite afirmar, a falta del estudio hidroquímico, que en gran parte del entorno oriental del Parque Nacional de Doñana se dan condiciones hidrodinámicas muy favorables al aumento de la salinización y a la recarga por infiltración con agua salada y salobre en el contacto del acuífero con las zonas de marisma.

De cualquier forma, el estudio no permite dilucidar el origen de otra salinidad que sabemos que está contaminando las aguas subterráneas y que responde a los propios materiales acuíferos (salinidad congénita). Tampoco permite conocer la intensidad del proceso de la salinización ni la evolución en el espacio y en el tiempo de la misma, aspecto esencial para poder recomendar medidas de lucha y control contra el fenómeno. En cambio permite prefijar que sectores del acuífero son los más vulnerables para salinizarse, qué fenómenos hidrodinámicos rigen el proceso, qué modificaciones presentan las relaciones hidráulicas en el espacio y en el tiempo entre las masas de agua salada en superficie y las aguas subterráneas, etc.

CAPÍTULO 7

ESTUDIO HIDROQUÍMICO

7.1. INTRODUCCIÓN

La hidroquímica del acuífero constituye el objetivo principal de esta investigación, por la propia naturaleza del fenómeno que se estudia.

La composición química de un agua natural se debe a su interacción con sólidos y gases en el ciclo hidrológico, reflejando el ambiente con el que ha entrado en contacto.

El análisis fisico-químico de un agua contenida en un acuífero es representativo de su historia evolutiva. La primera fase corresponde al agua de lluvia, cuya composición química dependerá del camino seguido por las perturbaciones, la acción de lavado de la atmósfera, cantidad e intensidad de las precipitaciones, dirección e intensidad de los vientos, temperatura, etc.. En el proceso de infiltración a través del medio no saturado, además de disolver sales del suelo, el agua se carga de CO_2 de origen biogénico, que le atribuye agresividad hacia el carbonato cálcico. A esta solubilización acompañan fenómenos de hidratación, hidrólisis y óxido-reducción que contribuyen a modificar la composición original del agua de lluvia. Una vez alcanzado el acuífero, las aguas se ve sometidas a una gran variedad de procesos que contribuyen a modificar las relaciones entre sus iones y concentraciones; por tanto, la verificación de tales modificaciones está estrechamente ligada con el tipo de acuífero y la duración del recorrido subterráneo. De hecho, la composición química de las aguas subterráneas es reflejo de su origen, y su historia, y los trazadores hidrogeoquímicos son el instrumento más adecuado para el reconocimiento de este origen y para la reconstrucción de esta historia (FIDELIBUS, 1991).

Además de estas modificaciones, también suceden ciertos cambios en el contenido iónico del agua como respuesta a la mezcla con aguas de alta salinidad, lo que hace incrementar la cantidad de sólidos disueltos en el agua. En áreas costeras, la intrusión de agua salina se identifica fácilmente con el agua de mar, conociéndose el proceso como intrusión marina; ello no implica, sin embargo, que no existan otros tipos de salinización.

Por tanto, los criterios químicos suelen ser una de las herramientas más eficaces en el diagnóstico de los procesos salinizadores de las aguas, permitiendo no sólo su detección sino también, en numerosas ocasiones, la determinación de su origen.

La salinidad de las aguas no siempre puede explicarse como derivada de un único origen o mecanismo salinizador; muchas veces parecen existir varios procesos de diferente naturaleza, unos dominantes sobre otros o de similar entidad. De este modo, podemos decir que la salinización de los acuíferos costeros no siempre es debida exclusivamente a la intrusión de agua de mar; en algunos casos, pueden participar otros fenómenos en el incremento de sólidos disueltos en el agua subterránea como: lixiviado de sales, aguas salinas de diferentes orígenes, etc. (ARAD, et al., 1986). Por eso es conveniente ver qué otros procesos, diferentes a la intrusión marina, pueden causar la salinización de las aguas.

7.2. PROCESOS QUE CAUSAN LA SALINIZACIÓN DE LAS AGUAS

Como resultado de las interacciones químicas y bioquímicas que tienen lugar entre el agua y los materiales a través de los cuales fluye, el agua adquiere una salinidad proporcional a su "experiencia" de flujo (tiempo de residencia). Esta salinidad puede ser adquirida dentro del terreno, bien introducida durante la deposición de la matriz del acuífero o debida al movimiento del agua a través del mismo. En muchos casos es frecuente asimismo que las aguas salinas estén en contacto hidráulico con aguas dulces (LLOYD and HEATHCOTE, 1985).

En zonas áridas y semiáridas, el agua de recarga puede ser notablemente salina; o también, en el terreno se pueden encontrar aguas salinas antiguas, en general de origen marino, pero prácticamente estacionarias o en un proceso muy lento de expulsión. En ocasiones pueden existir sales solubles en el terreno, capaces de producir aguas muy salinas, incluso más que el agua de mar (CUSTODIO, 1981).

La principal cuestión es determinar el origen de la salinidad del agua en cualquier área e identificar el mecanismo responsable de la abundancia de cada elemento presente en la solución (McARTHUR et al., 1989). La caracterización de diferentes tipos de aguas subterráneas y la determinación de su flujo natural y evolución es una faceta importante dentro de la interpretación geoquímica, donde el concepto de facies hidrogeoquímica adquiere especial relevancia.

La hidroquímica no siempre permite diferenciar los diversos tipos de salinización (TELLMAN and LLOYD, 1986; GONZÁLEZ, 1997). Aunque los métodos hidroquímicos permiten una aproximación directa al problema, la modificación del agua intruyente puede frecuentemente dar lugar a interpretaciones dificultosas (GONZÁLEZ, op. cit.).

A tenor de los trabajos de varios autores, entre los que destacan los de LLOYD and HEATHCOTE (op. cit.), McARTHUR et al. (op. cit.) y APPELO and POSTMA (1993), se pueden establecer principalmente cuatro procesos de salinización diferentes a la intrusión marina. Las diferencias que existen entre ellos son en ocasiones muy sutiles, de tal modo que la división establecida obedece más a la intención de ordenar conceptos que a un mero orden genético. Así mismo, no siempre es fácil delimitar el campo de actuación de cada uno; habitualmente todos participan, en mayor o menor grado. Estos procesos son:

- mezcla con aguas saladas de diferentes orígenes,
- disolución de sales, por contacto agua-roca,
- condiciones hidrodinámicas específicas, y
- salinización en condiciones áridas.

7.2.1. Mezcla con aguas saladas de diferentes orígenes.

a) *Salmueras*: tienen su origen en la evaporación directa del agua de mar. La evaporación, proceso inverso a la dilución de una solución, elimina moléculas de agua y concentra los

solutos en solución. Este incremento de las concentraciones provoca la precipitación una vez sobrepasado el producto de solubilidad del sólido. Las sales precipitan según una secuencia, comenzando con las menos solubles (carbonatos) y finalizando con las más solubles (sales de magnesio) (APPELO and POSTMA, op. cit.).

La superficie del agua de mar se encuentra normalmente sobresaturada con respecto al carbonato cálcico, el cual comienza a precipitar después de comenzar la evaporación. Cuando ha sido eliminado el 80% del agua por evaporación, todo el carbonato ha precipitado, y comienza la precipitación de yeso.

La concentración de sulfatos en el agua de mar es muy superior a la de calcio y por ello la precipitación de yeso elimina todo el calcio de la solución mientras que se acumula la concentración de sulfato. Cuando el 90% del agua es eliminada, la halita comienza a precipitar, eliminando la mayoría del sodio de la solución y, al 95% de evaporación, precipitan los cloruros y sulfatos de magnesio y potasio. De todo ello se deduce que la composición química de una salmuera va a depender, y en gran medida, de los procesos que se dan en su estadio evolutivo.

b) *Aguas connatas o de formación*: estas son las que existen en el acuífero desde que los materiales que lo forman se depositaron. Actualmente, la existencia de este tipo de aguas es poco común, a excepción de las que se puedan encontrar en sedimentos muy recientes.

Se entiende que las aguas connatas de las rocas sedimentarias proceden generalmente del agua de mar atrapada con los sedimentos durante la etapa de su depósito y que han visto alterada su composición por diferentes procesos (mezcla con aguas meteóricas, reacciones con minerales y materia orgánica, etc., (CHAVE, 1960)).

c) *Aguas fósiles*: de génesis muy parecida a las aguas connatas aunque con algunas pequeñas diferencias. Según FEDERICI (1975) una cuenca marina sometida a evaporación, posee diferentes etapas evolutivas; el agua de mar abierto es un prototipo de agua clorurada, por lo que desde el punto de vista de la composición estequiométrica, su facies química resulta bastante bien definida y constante. Esta facies comienza a modificarse cuando se pasa de las condiciones de mar abierto hacia unas condiciones más restringidas ya que la evaporación induce a variaciones en las relaciones estequiométricas de los distintos iones presentes. Cuando se alcanza y supera el límite de saturación de algunas sales, éstas comienzan a precipitar, mientras que el agua madre continúa enriqueciéndose en los elementos más solubles y estequiométricamente más abundantes en el agua de mar original.

Entre el agua de mar abierto y el agua fósil, existe toda una gama de tipos de aguas que se refleja en su composición estequiométrica, edad y características de los yacimientos de los que proviene.

7.2.2. Disolución de sales por contacto agua-roca.

La salinidad del agua subterránea se incrementa con el flujo y tiempo de residencia y, depende, por consiguiente, de la permeabilidad del acuífero (LLOYD and HEATHCOTE, 1985). La velocidad de disolución es en general tanto mayor cuanto mayor es la temperatura y el grado de división y superficie de contacto agua-roca. Las rocas permeables por porosidad ceden más sales que las permeables por fisuración. Con el aumento del tiempo de contacto del agua con el terreno se incrementa la capacidad de disolución del agua hasta alcanzarse los respectivos productos de solubilidad.

7.2.3. Condiciones hidrodinámicas específicas.

Los controles hidrogeológicos en la descarga del agua subterránea son probablemente los factores más importantes que gobiernan la presencia de muchas aguas subterráneas salinas. Las aguas salinas pueden encontrarse en materiales de baja transmisividad, en contacto con el acuífero principal que contiene agua dulce. Las condiciones estáticas pueden favorecer la difusión entre un cuerpo de agua dulce y aguas saladas, en contacto (LLOYD and HEATHCOTE, op. cit.).

La salinidad va a depender en muchos casos de las características de flujo de un acuífero local. En áreas costeras, las aguas de reciente intrusión son indicativas de la existencia de interacción hidráulica entre el acuífero y el mar, mientras que cuerpos de agua salada antiguas, relativamente estables, representan zonas donde el flujo de las aguas subterráneas es bajo o nulo (HOWARD and LLOYD, 1983; GONZÁLEZ, 1997).

7.2.4. Salinización en condiciones áridas.

La evaporación es el principal proceso en el ciclo hidrológico. De la lluvia que llega al continente, más de la mitad retorna a la atmósfera tanto por evaporación directa como por la transpiración de las plantas. El efecto neto de la evaporación es la eliminación de agua de la solución, con el consiguiente aumento de las concentraciones de todos los componentes disueltos. Aunque la evaporación tiene lugar en cualquier clima, solamente en climas relativamente áridos llega a ser un proceso de principal interés en el control de la composición del agua (DREVER, 1988). La presencia de agua salina en estas zonas puede deberse al efecto de evaporación por capilaridad (SOWAYAN and ALLAYLA, 1989).

En estas áreas también puede darse el proceso conocido como "cyclic salting" término que LLOYD and HEATHCOTE (1985) aplican a la entrada de sales en el terreno desde la precipitación. Se da en áreas con recarga intermitente que favorecen la concentración de sales en la zona no saturada, en épocas de baja precipitación. Posteriormente dichas sales serán transportadas y alcanzarán las aguas subterráneas durante las etapas húmedas.

7.3. EL PROCESO DE MEZCLA

Cuando dos fluidos miscibles, de características físico-químicas diferentes, entran en contacto a través de un medio poroso, se origina una zona de mezcla con características que pueden considerarse intermedias entre las dos fases iniciales. Los procesos que intervienen directamente en este mecanismo son la dispersión y la difusión.

La dispersión es un proceso íntimamente ligado al movimiento del agua a través de un medio poroso, según líneas de corriente de velocidad variable, que aprovechan los canales porosos irregulares del medio sólido.

La necesidad de que exista movimiento en los dos medios que entran en contacto, ha sido puesto de manifiesto por diversos autores, entre los que destacan COOPER (1964) y CUSTODIO y LLAMAS (1976), que relacionan el fenómeno de la dispersión con componentes diferenciales de velocidad, creadas en los diferentes canales intergranulares, como consecuencia de la interacción fluido-partículas sólidas.

La difusión se manifiesta a escala molecular o iónica, en relación con la agitación térmica de las partículas. Según DREVER (1988), la difusión, en un sedimento saturado de agua, tiene lugar principalmente en el agua intersticial y consiste en la migración de especies químicas como resultado de la existencia de un gradiente en su concentración o, más estrictamente, de su potencial químico.

Contrariamente a lo que ocurre con el mecanismo de dispersión, la difusión no requiere movimiento de fluido por lo que parece ser que el primer proceso será predominante en los casos de alta velocidad de flujo, mientras que con movimientos lentos tendrá más importancia la difusión.

7.3.1. Fenómenos que acompañan a la mezcla

Desde el punto de vista hidroquímico el fenómeno de salinización (por intrusión marina preferentemente) implica dos procesos principales:

- Proceso de mezcla entre agua dulce y agua salada.
- Fenómenos modificadores derivados de la interacción agua-roca.

El primero de ellos supone una serie de modificaciones en la composición del agua que se traducen en un notable incremento de la mineralización, como consecuencia del aporte de sales por el agua del mar.

El segundo proceso hace referencia a que la mezcla de dos fases físico-químicas diferentes origina un agua que debe tender al equilibrio con el acuífero, produciéndose interacciones sólido-agua que son de mayor o menor intensidad en función de factores tales como el porcentaje de mezcla, la litología del acuífero y otras condiciones de carácter específico. Este comportamiento reactivo implica la existencia de una serie de procesos yuxtapuestos al propio

proceso de mezcla, que afectarán selectivamente a los elementos no conservativos, cuya interpretación resulta compleja dada la multiplicidad de factores que pueden intervenir localmente en un sistema natural.

7.3.2. Cambios en la composición química del agua

El proceso de mezcla entre soluciones de composición muy diversa da lugar a aguas con un quimismo que resulta fundamentalmente de una combinación lineal entre los miembros involucrados, aunque no siempre se cumple esta norma. MORELL (1985) pone de manifiesto que en el proceso de mezcla entre agua dulce y salada, aún sin la intervención de las reacciones sólido-agua, tienen lugar fenómenos químicos que modifican la composición final, de manera que mientras algunos iones responden de manera precisa al porcentaje de mezcla, otros presentan comportamiento anómalo respecto a las previsiones teóricas.

La salinidad media del mar se encuentra entre 34 y 35 g/l; sin embargo, los valores encontrados pueden ser diferentes de acuerdo a las circunstancias locales. El agua de mar se caracteriza por un contenido alto en sólidos disueltos y un predominio de iones Cl^-, $SO_4^=$, Na^+ y Mg^{2+} sobre las especies HCO_3^- y Ca^{2+}, que son las que habitualmente caracterizan las aguas dulces naturales no afectadas por procesos contaminantes.

Los constituyentes disueltos en el agua de mar pueden dividirse en componentes conservativos (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, $SO_4^=$y $B(OH)_4$) y componentes no conservativos (oxígeno, y CO_2 disuelto, fosfato, nitrato, sílice disuelta, carbono orgánico disuelto, elementos trazas y alcalinidad). En el océano abierto, las relaciones de la concentración de componentes conservativos, en relación a la concentración de cloruro, son siempre constantes. El Ca^{2+} se incluye en el grupo de componentes conservativos, aunque se han observado ligeras variaciones en la relación Ca^{2+}/Cl^-. Las concentraciones de las especies no conservativas varían significativamente de un lugar a otro de los océanos, principalmente como consecuencia de procesos biológicos (DREVER, 1988).

La composición del agua de mar, según diversos autores, se muestra en la tabla 7.1.

Ión	STUMM and MORGAN (1981)	LLOYD and HEATHCOTE (1985)	CUSTODIO (1987)	DREVER (1988)
Cl^-	19354	19000	18000-21000	19350
HCO_3^-	142	142	70.150	142
$SO_4^=$	2712	2700	2500-2900	2710
Na^+	10770	10500	10000-11800	10760
K^+	399	380	350-400	399
Ca^{2+}	412	400	380-440	411
Mg^{2+}	1290	1350	1100-1400	1290

Tabla 7.1. Concentraciones de los iones mayoritarios en el agua de mar según diversos autores (mg/l)

En la tabla 7.2 se exponen las características más sobresalientes de los iones mayoritarios presentes en el agua de mezcla. Asimismo se hace un breve repaso de algunas relaciones iónicas de interés, en el estudio de la salinización (por intrusión marina).

Ión	Agua de mar (mg/l)	Aguas dulces (mg/l)	Origen natural más frecuente	Origen ligado a la contaminación	Estabilidad o reactividad	Utilidad como trazador de procesos	Indices hidrogeoquímicos
Cl^-	19000	10-250	- Agua de mar - Disolución de sales	- Vertidos urbanos e industriales - Reciclaje agua de riego	Muy estable	Ión conservativo procesos intrusión marina	$rCl^-/rHCO_3^-$ rSO_4^{2-}/rCl^-
SO_4^{2-}	2700	2-150	- Disolución yeso-anhidrita - Agua de mar - Aguas fósiles - Oxidación de sulfuros	- Fertilizantes	Estable Procesos Redox		rSO_4^{2-}/rCl^-
NO_3^-	-	0,1-10	- Fijación atmósfera - Descomposición mat. org. - Procesos nitrificación	- Fertilizantes - Aguas residuales	Estable Procesos Redox	Contaminación agrícola	$rCl^-/rHCO_3^-$
HCO_3^-/CO_3^{2-}	140	50-350	- Disolución carbonatos - Disolución CO_2 atm.		Poco estable Precipitación-disolución carbonatos		
Ca^{2+}	400	10-250	- Disolución carbonatos - Disolución yeso-anhidrita		Poco estable Cambio iónico Precipitación-disolución carbonatos		rMg^{2+}/rCa^{2+}
Mg^{2+}	1300	1-100	- Agua de mar - Disolución dolomías	- Contaminación industrial	Poco estable Cambio iónico Precipitación-disolución carbonatos		rMg^{2+}/rCa^{2}
Na^+	11000	1-150	- Agua de mar - Disolución sales	- Contaminación urbana	Poco estable Cambio iónico		
K^+	380	0,1-10	- Agua de mar - Ataque silicatos	- Contaminación industrial	Poco estable Fijación arcillas		

Tabla 7.2. Características más importantes de los iones mayoritarios

Entre las relaciones iónicas destaca la relación $rCl^-/rHCO_3^-$, por ser seguramente una de las más utilizadas. Su rápido incremento es un excelente trazador de la invasión marina ya que si la contaminación salina tuviese otro origen, el incremento paralelo de la concentración de iones HCO_3^- provocaría variaciones de esta relación, menos acusadas. En el agua de mar sus valores oscilan entre 20 y 50, mientras que en las aguas dulces varían en el rango 0,1-5.

La relación $rSO_4^{=}/rCl^-$ es de gran interés cuando existen fenómenos de reducción de sulfatos, además de tener un valor característico (0,1) en el agua de mar. Una disminución de los valores de esta relación en el agua salina, puede ser indicio de contaminación por agua de mar.

Finalmente, la relación rMg^{2+}/rCa^{2+} puede considerarse indicativa de contaminación marina, especialmente cuando su incremento va acompañado de un aumento del contenido de cloruros y de la relación $rCl^-/rHCO_3^-$. En el agua de mar alcanza valores en torno a 5, mientras que en las aguas dulces es de 0,3 a 1,5. Sin embargo, puede verse afectada por procesos de reducción de sulfatos, dolomitización en acuíferos costeros y cambio iónico en acuíferos con notable fracción arcillosa.

7.4. INVESTIGACIÓN SOBRE LOS IONES MINORITARIOS

Los estudios hidroquímicos tradicionales sobre intrusión marina utilizan como instrumento básico el significado de la química de los iones mayoritarios y los procesos en que se ven envueltos. Sin embargo, cuando en el proceso de salinización de las aguas intervienen otros miembros salinos, diferentes al agua de mar, la metodología de estudio es algo más compleja. En estos casos, los iones mayoritarios suelen tener un valor limitado, ya que es difícil definir, en base a ellos, diferenciaciones claras sobre el origen de la salinidad. Es entonces cuando el estudio de los iones minoritarios puede convertirse en una herramienta imprescindible (LLOYD et al., 1982).

Existe una familia muy amplia de iones minoritarios, aunque los más indicativos en el estudio de salinización son B^{3+}, Br^{+}, Li^{+}, Sr^{2+} y I^{-}. Todos ellos están presentes en el agua de mar en concentraciones habitualmente mucho más elevadas que en las aguas dulces subterráneas, por lo que varios autores (GIMÉNEZ, 1995) los ha investigado, inicialmente, en relación a su valor como indicadores alternativos de intrusión marina. Los resultados han revelado, sin embargo, que su principal virtud radica en que pueden ser buenos trazadores de procesos de salinización no siempre vinculados de forma directa con la intrusión de agua de mar.

7.4.1. Boro

Es uno de los elementos más ligeros, móviles y menos abundantes de la naturaleza. El boro en la atmósfera está en forma gaseosa, mientras que en otros casos se puede encontrar en la materia orgánica y en organismos marinos.

El agua de mar es la principal fuente de boro en los sedimentos marinos y las diferencias de contenidos en boro, en sedimentos de origen marino y continental, pueden atribuirse a la distinta salinidad que caracteriza a ambos tipos de ambientes. La utilización del boro como indicador de paleosalinidad se basa en las siguientes consideraciones (BOHOR and GLUSTOKEN, 1973):

- Los sedimentos marinos contienen más boro que los de agua dulce.
- El contenido en boro en las aguas naturales es directamente proporcional a su salinidad.
- El contenido en boro en salmueras se incrementa con la salinidad.
- El boro es extraído del agua de mar por la fracción arcillosa del sedimento (principalmente la illita), proporcionalmente a la cantidad de boro presente.

Aunque se asume que el contenido en boro de depósitos evaporíticos tiene su origen en el agua de mar atrapada en cuencas sometidas a evaporación, el mecanismo de la precipitación de boro durante las sucesivas etapas evaporíticas no se conoce con exactitud. Si aceptamos esto, parece ser que el boro se conserva durante la evaporación del agua de mar lo cual permite que pueda considerarse como un indicador potencial de salmueras residuales de extensa evaporación (JONES et al., 1977).

En las aguas de formación y connatas, el B^{3+} es un elemento relativamente minoritario, con concentraciones que varían entre 10 y 300 mg/l, valores que son, sin embargo, muy superiores a las concentraciones del agua de mar. En este ambiente, el B^{3+} no está relacionado directamente con la salinidad, sino con el contenido en K^+, Li^+, Mg^{2+}, Sr^{2+} y I^- (MACPHERSON and LAND, 1989).

Después de que el agua de mar queda atrapada en el sedimento marino, durante la diagénesis y metamorfismo de bajo grado se producen una serie de reacciones que favorecen el enriquecimiento de boro en la solución. Las aguas connatas y de formación tienen relaciones B^{3+}/Cl^- características, que las distinguen de las aguas marinas actuales (SANDERS, 1991). Asimismo, elevadas cantidades de B^{3+} se encuentran en las aguas asociadas a yacimientos petrolíferos.

El boro encontrado en algunas aguas puede estar en parte relacionado con el lixiviado y desorción del boro de las arcillas tipo illita o glauconita (HARDER, 1974), así como la interacción de aguas con algunas formaciones marinas y evaporíticas puede provocar la existencia de elevadas concentraciones de B^{3+}, y también de I^- y Br^-, en las aguas que la lixivian (BRONDI et al., 1973).

En las aguas naturales, ARAD, et al. (1986) indican que el contenido medio de boro en el agua de lluvia a nivel mundial es de aproximadamente 0,01 ppm, en base a los estudios de HUTCHINSON, 1957.

La concentración media en los océanos es de 4,6 mg/l (CUSTODIO y LLAMAS, 1976), aunque ARAD et al. (op.cit.) la estima en 4 mg/l en el Mar Mediterráneo. La relación B^{3+}/Cl^- del agua de mar y aguas salinas tienen un valor constante de 0,00023 (HARDER, op.cit.), valor inferior al de 0,0018 que consideran ARAD et al. (op.cit.).

Las aguas superficiales tienen 400 veces menos boro que el agua de mar, aunque la relación B/Cl puede ser 4 veces superior a la del mar, hecho que HARDER (op.cit.) atribuye a procesos de lixiviado durante la meteorización. Por su parte, ARNOSSON et al. (1989) determinan que en las aguas superficiales y aguas frías subterráneas gran parte del Cl^- y B^{3+} derivan del *spray* marino. La concentración de boro en las aguas subterráneas depende de su salinidad y del contenido de boro en las rocas asociadas. En general, la relación B^{3+}/Cl^- oscila entre 0,00015 y 0,01499. Los altos contenidos que se encuentran en ciertas aguas son debidos a condiciones locales especiales como el lavado de depósitos de boro y contribución de fuentes termales (HARDER, op.cit.).

La utilidad como trazador, según DALL'AGLIO and TEDESCO (1968), es que sus elevadas concentraciones deben atribuirse a particulares factores litológicos o geoquímicos. El boro puede constituir un excelente trazador, en particular para evidenciar las zonas de drenaje o de paleodrenaje ascendente (TRAVI et FAYE, 1990). Asimismo, parece ser que los procesos de interacción agua-roca pueden ser importantes en el control del contenido de boro en las aguas subterráneas. MACPHERSON and LAND (1989) ponen de manifiesto que las relaciones B^{3+}/Br^-, extremadamente elevadas en relación a la tendencia de evaporación del agua de mar,

determinan que el boro deriva casi exclusivamente de las interacciones agua-roca.

7.4.2. Bromuro

El bromo se puede encontrar en las aguas como Br^-. En la atmósfera, tanto el Br^- como el Cl^- provienen del agua de mar, estando presentes principalmente en forma gaseosa. La relación Br^-/Cl^- de los aerosoles sobre el mar es generalmente menor que la correspondiente relación en el agua de mar, pero, sin embargo, en áreas interiores los aerosoles tienen relaciones superiores a la del agua de mar. Por otra parte, parece ser que gran parte del Br^- presente en la atmósfera urbana tiene su origen en la polución provocada por los vehículos o por la combustión de combustibles fósiles (LININGER et al., 1966).

Con respecto a ambientes sedimentarios, las rocas depositadas en ambiente marino están marcadamente enriquecidas en Br^- respecto a las de agua dulce, en relación directa a la salinidad. La similitud entre las geoquímicas del Cl^- y Br^-, deja de existir en suelos y sedimentos, donde el comportamiento del Br^- se vuelve muy similar al del yoduro. Ambos son elementos biófilos en suelos y sedimentos ricos en materia orgánica y muestran una estrecha correlación con el carbono orgánico en suelos y sedimentos. De hecho, una fuerte correlación con el carbono orgánico, parece existir en las rocas sedimentarias y en algunos sedimentos. Tanto la materia orgánica como las arcillas absorben Br^- (SONNENFELD, 1984), elemento que posteriormente será liberado, durante la compactación o calentamiento del sedimento (SANDERS, 1991).

Según TENA et al. (1988), la geoquímica del Br^-, en su conjunto, está estrechamente condicionada por su papel en el ciclo evaporítico. En general, un alto contenido en Br^- en las aguas es indicativo de un origen relacionado con la evaporación del agua de mar. Desde luego, las concentraciones que se pueden alcanzar en las salmueras y lechos evaporíticos son elevadas. Una salmuera saturada de halita puede tener hasta 510 ppm de Br^-, frente a las 65 ppm del agua de mar.

El Br^- y el Li^+ han sido reconocidos como elementos conservativos durante la evaporación del agua de mar, lo cual supone que no se incorporan significativamente en ningún precipitado hasta que las concentraciones de la salmuera es 90 o 98 veces superior al agua de mar (JONES, et al., 1977; DE LANGE, et al., 1990).

De los trabajos de KAFRI and ARAD (1979) y SANDERS (op.cit.) se extrae que la relación Cl^-/Br^- en una salmuera varía en los diferentes estadios y fases de evaporación. Por este motivo, la lixiviación de depósitos de halita puede dar lugar a aguas muy salinas pero relativamente empobrecidas en Br^- respecto a su contenido en cloruro y, si se produce una recristalización de la halita, la solución quedaría enriquecida en Br^-, como consecuencia de que los cristales de halita recristalizada admiten en su red menor cantidad de Br^-. Las salmueras ricas en Br^- se han interpretado comúnmente como de origen connato. Las aguas connatas pueden ser reconocidas por sus elevadas concentraciones en Br^-, entre otros elementos minoritarios, mientras que las salmueras que tienen una deficiencia en Br^- con respecto a la relación Cl^-/Br^- del agua de mar parecen ser el resultado de la disolución de sales

(CARPENTER, 1979).

En cuanto a su utilidad como trazador, TADOLINI e TULIPANO (1975) encuentran que la distribución del Br^- es similar a la del Cl^- y al contenido salino total, encontrándose un aumento de todos estos parámetros con la profundidad en los pozos salinizados. MORELL et al. (1986) y GONZÁLEZ (1997), al estudiar la salinización de las aguas por intrusión marina, establecen que la relación entre los iones bromuro y cloruro presentan un coeficiente de correlación lineal elevado, que interpretan como debida a una procedencia común y casi exclusiva de ambos iones a partir del agua de mar.

Cuando las relaciones Br^-/Cl^- son muy elevadas o bien muy bajos los índices Cl^-/Br^-, se asume que existe enriquecimiento de Br^- derivado de:

- Aporte salinos continentales y magmáticos.
- Relación con salmueras donde la relación Br^-/Cl^- excede a la del agua de mar.
- Efecto membrana.
- Aguas connatas o procesos de interacción agua-roca.

En definitiva, el ión bromuro está considerado, en general, como un buen indicador geoquímico que ha sido utilizado para diferenciar orígenes de salinidad (PIPER, et al., 1953), caracterizar salmueras (KUMAR and MARTÍNEZ, 1981), en la determinación del origen de las aguas de formación (MORTON and LAND, 1987) y en estudios hidroquímicos de la intrusión marina (TADOLINI e TULIPANO, 1975; MORELL et al., 1986; GONZÁLEZ, 1997). Sin embargo, la dificultad que entraña la determinación precisa del Br^- a bajas concentraciones, en presencia de Cl^-, limita su utilidad en algunos casos.

7.4.3. Estroncio

El Sr^{2+} atmosférico puede proceder de la evaporación del agua de mar. Sobre los continentes, el Sr^{2+} marino puede mezclarse con el evaporado del agua dulce, el transpirado por la vegetación y particulado de Sr^{2+} de origen terrestre, aunque también la ignición de combustibles fósiles puede ser una fuente adicional de Sr^{2+}.

Es un elemento habitual en los esqueletos calcáreos de organismos marinos, en donde la relación Sr^{2+}/Ca^{2+} en estos depende de varios factores:

- Sr^{2+}/ Ca^{2+} en el agua.
- Salinidad.
- Factores filogenéticos.
- Temperatura y red cristalina (polimorfismo).
- Adsorción por presencia de minerales arcillosos.

En las rocas sedimentarias, el contenido en Sr^{2+} es variable, dependiendo del tipo litológico. En arcillas pelágicas la concentración media se establece en 450 ppm, aunque la presencia de este elemento depende en parte de la composición mineralógica, que atiende a factores

ambientales (GOLDBERG and ARRHENIUS, 1958).

El contenido medio de Sr^{2+} en arcillas de aguas dulces es de 73 ppm, valor que contrasta con las concentraciones medias en arcillas de aguas salobres y marinas, de 247 y 283 ppm, respectivamente, lo cual puede atribuirse, en parte, a la proporción respectiva de carbonatos (LEBEDEV, 1967).

En un ambiente sedimentario los carbonatos controlan principalmente el ciclo del Sr^{2+}. PAROPKARI (1990) sugiere que los contenidos de carbonato de calcio y estroncio en los sedimentos derivan de los componentes esqueléticos, y por tanto biogénicos, existiendo una buena correlación entre ambos.

En general, las calizas profundas presentan mayor contenido relativo de ión estroncio que las de facies someras (LLAVADOR, et al., 1983), lo cual podría estar en relación con la energía del medio, de modo que las elevadas concentraciones de este elemento corresponden a medios de baja energía, y viceversa.

En cuanto a los ambientes evaporíticos, lo que parece evidente es que durante la progresiva evaporación del agua de mar la concentración de Sr^{2+} sufre un incremento durante la fase carbonatada y, de igual modo que el calcio, decrece durante la precipitación de yeso o anhidrita (KASTNER et al., 1990).

En las facies sulfatadas cálcica, la concentración de Sr^{2+} en la salmuera viene controlada por varias circunstancias, entre las que TENA et al. (1988) destacan:

- La precipitación de yeso y anhidrita induce a que la concentración de Sr^{2+} disminuya en la salmuera.
- La dolomitización de calcita o aragonito previamente precipitados, por acción de una salmuera rica en Mg^{2+}, puede provocar que la concentración de Sr^{2+} aumente en la salmuera.
- Las arcillas pueden tomar Sr^{2+}, adsorbido en su superficie, influyendo con ello en la concentración de Sr^{2+} de los minerales precipitados en la salmuera.

La presencia de Sr^{2+} en las aguas de los océanos se debe en gran parte a los aportes de ríos, por efecto de la meteorización de carbonatos y sulfatos (BRASS, 1976) y en menor proporción a la alteración de silicatos.

En las aguas naturales el ión Sr^{2+} se presenta como componente minoritario, debido a la escasez de sus compuestos más habituales en rocas sedimentarias (MORELL et al., 1986). Sin embargo, las solubilidades del carbonato y sulfato de estroncio son bastante altas como para permitir concentraciones detectables en muchas aguas naturales (WHITE, 1957).

El Sr^{2+} está probablemente presente en todas las aguas connatas y volcánicas, y también parece ser muy abundante en salmueras asociadas a campos petrolíferos, donde puede alcanzar hasta varios millares de ppm (WHITE, op. cit.).

En cuanto a su utilización como trazador, la relación entre el Sr^{2+} y la salinidad de las aguas ha sido puesta de manifiesto por ARAD et al. (1986) y MORELL et al. (1986), en relación con su interés en la caracterización hidroquímica de la intrusión marina. Sin embargo, la relación entre Sr^{2+} y salinidad se desvía muchas veces de la simple mezcla agua dulce-agua salada, debido a que el agua de mar no es la única fuente de este ión, circunstancia que restringe su utilización como indicador de este proceso en áreas costeras.

El valor de la relación rSr^{2+}/rCl^- en el agua de mar es aproximadamente $5,5*10^{-4}$ y valores superiores a éstos implican aportes de ión Sr^{2+} diferentes al agua salada. Las diferencias entre los valores de la relación rSr^{2+}/rCl^-, respecto a los propios del agua de mar, se hacen más notables en las aguas poco salinizadas, donde la proporción de agua dulce, relacionada con aportes no marinos, son comparativamente más importantes. Estas características le otorgan utilidad para la zonación hidroquímica, en relación a la diferente litología de los acuíferos de borde (MORELL et al., op.cit.).

Los procesos diagenéticos que afectan a carbonatos son una de las principales causas de la liberación de estroncio y su enriquecimiento en las aguas.

Los procesos de disolución-reprecipitación de carbonatos han sido invocados por numerosos autores para justificar la presencia de elevadas concentraciones de Sr^{2+} en las aguas de salmueras, aguas intersticiales o aguas subterráneas. Destacan los trabajos de FIDELIBUS and TULIPANO (1986); ARAD (1988); FIDELIBUS (1991) y TULIPANO and FIDELIBUS (1991).

FIDELIBUS (op.cit.) hace referencia a que en las aguas subterráneas, sometidas a numerosos y alternantes procesos de disolución y precipitación, los altos contenidos en estroncio representan la prueba de estadios de disolución más avanzados de los que representaría la concentración de Ca^{2+} por sí sola, falseada por fenómenos de precipitación.

7.4.4. Litio

La concentración de Li^+ en las aguas está principalmente controlada por su incorporación en los minerales de la arcilla y sedimentos y, por supuesto, por la actividad biológica, aunque esta última está muy poco estudiada (HEIER and BILLINGS, 1970).

En areniscas y calizas, el litio se presenta en minerales no líticos, como elemento contaminante.
La cantidad de Li^+ contenida en los minerales detríticos de los suelos, depende de la mineralogía de la roca madre. En general, el contenido de Li^+ es función de la mineralogía detrítica, minerales recién formados, materia orgánica y composición de la solución del suelo. Las cantidades relativas de estas fases y su composición específica dependen a su vez del grado de alteración (meteorización), tiempo, temperatura, precipitación y topografía (HEIER and BILLING, op. cit.).

En las cuencas evaporíticas, algunos elementos menores, como el Li^+, precipitan en las fases

finales del proceso de evaporación, alcanzando elevadas concentraciones en las soluciones residuales.

En el agua de mar la concentración media de Li^+ es de 0,17 mg/l (LLOYD and HEATHCOTE, 1985). En las aguas dulces, los valores pueden ser extraordinariamente variables, especialmente en las aguas fluviales donde puede establecerse un valor medio de 23 ppb (HEIER and BILLING, op. cit.). Los datos concernientes al contenido de Li^+ en lagos son extremadamente escasos, si bien puede decirse que es superior al de los ríos, con una concentración media de 89 ppb.

El litio puede ser también útil como indicador del tiempo de residencia de las aguas en el acuífero. BRONDI et al. (1983) pone de manifiesto que el agua de mar intruyente, al interaccionar con la roca, se enriquece en litio; este incremento puede relacionarse con el tiempo de contacto agua-roca o periodo de residencia del agua de mar en el acuífero. En este sentido, puede considerarse al litio como trazador medioambiental.

TULIPANO and FIDELIBUS (1984) apoyan esta hipótesis e indican que el enriquecimiento en Sr^{2+} y Li^+ se produce antes del proceso de mezcla agua dulce-agua salada, por la interacción del agua de alimentación con la roca. Estos autores establecen, asimismo, que podría asegurarse que el valor de la relación Sr^{2+}/Li^+ se relaciona con el tiempo de residencia de las aguas dulces en el acuífero o, lo que es lo mismo, que dicha relación indica la edad relativa de las aguas subterráneas. En trabajos posteriores, estos mismos autores hacen referencia a que el litio y otros parámetros pueden proporcionar información sobre el grado de madurez del agua; si bien, puede ser que el enriquecimiento de las aguas no se adscriba directamente a los procesos de disolución de la matriz carbonatada sino, más probablemente, a las impurezas de la matriz carbonatada.

FIDELIBUS et al. (1992), al estudiar la hidroquímica de las aguas de la Plana de Castellón, encuentran valores anormalmente elevados de Li, con concentraciones que pueden alcanzar localmente 0,7 mg/l, lo cual les sugiere la existencia de aportes de litio relacionados con flujos regionales de circulación profunda enriquecidos en este elemento, y no vinculados con el actual proceso de intrusión marina que sufre el acuífero.

7.4.5. Yoduro

Su presencia en la atmósfera está afectada por la dirección del viento y las condiciones meteorológicas, ya que se ha comprobado que su concentración es menor durante e inmediatamente después de la lluvia (FUGE, 1974).

El yodo se ve involucrado en una gran variedad de procesos en el medio marino y en las interacciones entre la atmósfera y la hidrosfera (WONG, 1991). Gran parte del yodo de las plantas terrestres deriva de la adsorción directa de la atmósfera y lluvia, de manera que el yodo atmosférico es una importante fuente de yodo para la vida.

Los sedimentos marinos son mucho más ricos en yodo que los de ambientes de agua dulce, y su grado de enriquecimiento se incrementa con el contenido orgánico y con la proporción de tamaño fino en el sedimento. Los sedimentos y suelos arcillosos parecen estar enriquecidos en yodo, debido a la adsorción de yoduro por las arcillas, especialmente la illita (in FUGE, op.cit.).

Muchos autores han sugerido que gran parte del yodo en suelos deriva de fuentes atmosféricas pero también es aportado por los restos de plantas. En un perfil de suelo las capas superiores del horizonte A están más enriquecidas en yodo que las bajas y este hecho parece estar relacionado con el contenido en materia orgánica y humus de los suelos. Normalmente existe una marcada correlación entre el contenido en yodo y el humus; de hecho, los suelos pobres en humus lo suelen ser también en yodo, mientras que los que contienen humus son generalmente ricos en este elemento (FUGE, 1974).

Las altas concentraciones de I^- son un hecho común de los depósitos de estuario modernos (WONG, op.cit.; LLOYD et al. 1982). En ellos, la actividad biológica puede conducir a la reducción de yodatos y mineralización del yodo orgánico.

Por otra parte, el yodo es un elemento minoritario que se enriquece en el líquido residual de cuencas salinas sometidas a evaporación. SONNENFELD (1984) refiere que el yodato de sodio es alrededor de 220 veces más soluble que el cloruro sódico y que, por tanto, permanece en la solución residual.

Sea cual fuere el origen de la presencia de yoduro en salmueras, es evidente que en dichos depósitos se encuentran concentraciones importantes. LAND and MACPHERSON (1989) refieren que la concentración de yoduro en salmueras es significativamente elevada (34 ppm).

La concentración de yodo en las aguas marinas puede considerarse constante, y con un valor próximo a 60 µg/l (WONG, op.cit.). Sin embargo, la distribución de yodo en las aguas marinas no es uniforme ya que se encuentra un enriquecimiento importante de yodo en la zona fótica y en la interfase sedimento-agua.

La relación I^-/Cl^- es bastante característica del origen de las aguas. En la tabla 7.3 se ofrecen algunos valores característicos, extraídos del trabajo de WONG (op.cit.). En las aguas subterráneas la relación es sensiblemente mayor que en el agua de mar.

Aguas Naturales	I^-/Cl^-
Agua de mar	$2*10^{-6}$ a $6*10^{-6}$
Aguas fluviales	$9*10^{-4}$
Aguas intersticiales	35341
Atmósfera (aerosol)	35340
Atmósfera (fase gaseosa)	$3*10^{-3}$
Agua de lluvia	$5*10^{-3}$

Tabla 7.3. Valores característicos de la relación I^-/Cl^- en aguas naturales (WONG, 1991)

CUSTODIO y LLAMAS (1976) establecen que las aguas relacionadas con rocas evaporíticas se caracterizan por una relación menor que las relacionadas con rocas fosilíferas y explican la baja relación en el agua de mar, por el efecto de los organismos que fijan preferentemente el I^-.

Las diferencias en la relación I^-/Cl^-, entre las distintas aguas tratadas, son marcadas. En las aguas subterráneas esta relación es muy próxima a la relación de los materiales con los que entran en contacto.

En áreas costeras es frecuente que se encuentre relación entre las concentraciones de yoduro y cloruro en las aguas subterráneas, lo cual puede relacionarse con un proceso de intrusión marina; de hecho, las concentraciones de este elemento en el agua de mar y las aguas dulces son significativamente diferentes. En este sentido, el yoduro puede considerarse un posible buen indicador del fenómeno de mezcla agua de mar-agua dulce en acuíferos costeros.

En términos similares, FEDERICI (1975) determina que las aguas fósiles son el resultado de la percolación de aguas meteóricas recientes a través de yacimientos paleomarinos, con el retorno a solución de una serie de elementos, entre ellos el yoduro, que se enriquecen en el líquido residual de la cuenca evaporítica y en los limos que retienen los restos de organismos.

La utilidad del yoduro en el diagnóstico del origen de las aguas salinas subterráneas ha sido establecida por LLOYD et al. (1982) que consiguieron establecer diferencias en la edad de las aguas salinas atendiendo al contenido en ión yoduro en las aguas. El origen del elevado contenido de yoduros en las aguas salinas antiguas lo atribuyen a la difusión desde capas de fosfatos que existen en la matriz del acuífero (creta) o desde las arcillas suprayacentes. Sea cual fuere su origen lo que si parece existir son unas condiciones de flujo mínimas. A partir de las diferencias hechas en aguas modernas y antiguas, en base a su contenido en ión yoduro, fue posible reconocer diferencias según el comportamiento de los iones mayoritarios (LLOYD and TELLAM, 1988).

7.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR DE ESTUDIO

Mediante la hidroquímica se pondrá de manifiesto qué características físico-químicas presentan las aguas del acuífero, cuales son sus variaciones espaciales y temporales, cómo se modifican determinadas variables (conductividad y temperatura) en profundidad, y al final se analizará a que obedecen estos cambios con lo que se conocerá el dinamismo de la química del agua en el sistema, para poder delimitar zonas salinizadas, zonas en riesgos de estarlo en el futuro, sectores con salinización de orígenes distintos y zonas en las que se superponen distintos tipos de salinidad.

7.5.1. Metodología empleada

7.5.1.1. Establecimiento de la red de control

Debido a la importancia que la hidroquímica tiene en este trabajo, la elección de la red de

control más idónea para cubrir los objetivos no ha sido tarea fácil.

En un principio se pensó establecer una red que abarcara la totalidad de los puntos de la red de control piezométrico, pero se vio que algunos puntos tenían ciertos inconvenientes para tomar muestras de agua, por lo que se estableció una red de control hidroquímico compuesta por 5 puntos de la red de control piezométrico y 8 nuevos sondeos, que en total forman una red de 13 puntos (figura 7.1). La totalidad de los puntos de la red son sondeos que se realizaron para el PTAAM[1], de los cuales 4 están equipados y son utilizados para el riego de las distintas parcelas del sector. Todos ellos captan el sistema acuífero y, aunque de acuerdo con la extensión del área (54,6 km^2) la densidad de la red es de 1 punto por cada 4 km^2 (ya que la mayoría de los sondeos del área se encuentran sellados, derrumbados o cegados), ésta no es uniforme, estando más concentrados los puntos en el sector oriental de la zona por su mayor problemática.

7.5.1.2. Tipos de controles realizados

Estos han sido de diverso tipo y con objetivos diferentes, pero esencialmente han consistido en medidas periódicas "in situ" y en toma de muestras para su análisis químico.

Básicamente se han realizado los siguientes tipos de controles:

- 4 campañas con periodicidad trimestral para medida de conductividad-temperatura al nivel del agua y toma de muestras para análisis químico,
- bimensual para el seguimiento de la conductividad-temperatura mediante registros verticales en sondeos no equipados.

7.5.1.3. Adquisición de datos

En noviembre de 1994 se iniciaron las campañas de campo con el fin de tomar las muestras necesarias para su análisis químico y de medir "in situ" ciertos parámetros físico-químicos.

El trabajo se realizó por un equipo integrado por dos personas, en orden a facilitar los registros y la toma de muestras en las diferentes campañas. De forma simultánea a la toma de muestras se hicieron medidas de conductividad y temperatura con un conductivímetro/termómetro Y.S.I.[2] modelo 3000 T-L-C con célula 3050, electrodo de platino, compensación automática de temperatura, corrección automática de valores de conductividad para referirlos a la temperatura de 25°C y 48 metros de cable. En el caso de los sondeos equipados, las medidas se hicieron a la salida de la tubería de bombeo.

En cuanto a la toma de muestras en sondeos equipados, siempre se hizo a la salida de la tubería de bombeo y después de un funcionamiento mínimo de 10 minutos con el fin de que

[1]Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas

[2]Yellow Springs Instrument Co.; Inc. Ohio. USA.

la muestra fuera representativa y no la que se encontraba en la columna de la tubería de impulsión.

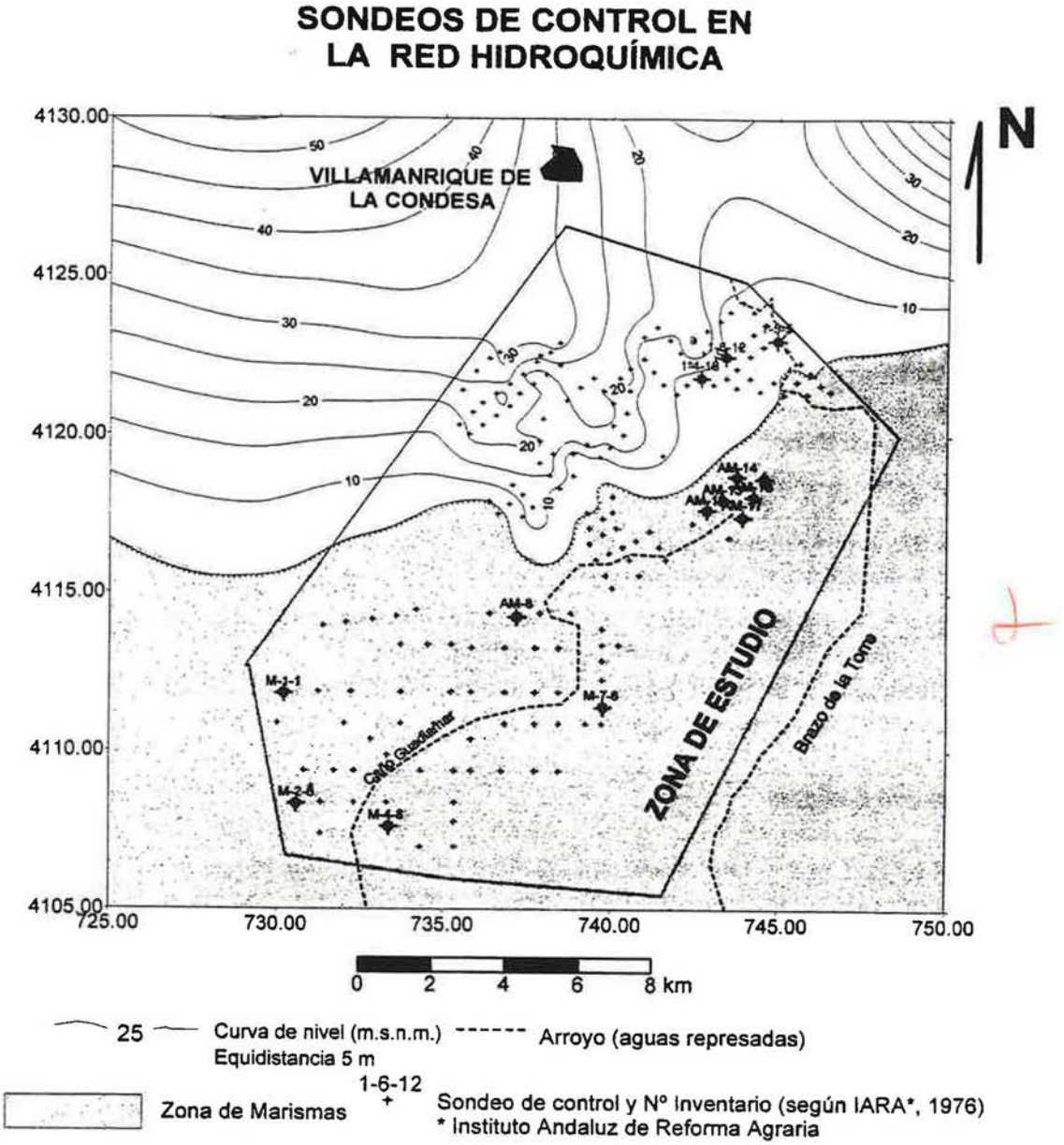


Figura 7.1. Mapa de sondeos de control pertenecientes a la red hidroquímica

En los sondeos carentes de instalación se tomó la muestra con botella lastrada (en esos momentos no disponíamos de hidrocaptor, que es lo ideal en estos casos).

Los recipientes utilizados en la recogida de muestras fueron frascos de polietileno de un litro de capacidad, previamente lavados con ácido sulfúrico y agua destilada varias veces. Como norma general se realizaron determinaciones analíticas con la mayor rapidez posible a partir de la toma en el campo; en cualquier caso se tomaron en cuenta siempre los plazos máximos

permisibles que figuran en el cuadro 7.1. En dicho cuadro se indica, además, la temperatura a que ha sido conservada la muestra y el reactivo añadido como conservante, atendiendo a las indicaciones de diversos autores (CUSTODIO y LLAMAS, 1983; RODIER, 1978; ASTM, 1980) con el fin de evitar en lo posible la modificación de las características químicas de las muestras.

Parámetro o constituyente	Recipiente	Preservación	Tiempo máximo de almacenamiento	Almacenamiento máximo realizado
Alcalinidad	Polietileno	Refrigeración 4°C	24 horas / 14 días	24 horas
Cl^-	Polietileno	Refrigeración 4°C	-	24-48 horas
Ca^{2+}; Mg^{2+}; Na^+; K^+; Li^+; Sr^{2+}	Polietileno	HNO_3 (pH<2) Refrigeración 4°C	6 meses	15 días
$SO_4^=$	Polietileno	Refrigeración 4°C	28 días	15 días
Br^-	Polietileno	Refrigeración 4°C	28 días	15 días
I^-	Polietileno	Refrigeración 4°C	28 días	15 días
B^{3+}	Polietileno	Refrigeración 4°C	28 días / 6 meses	15 días
pH Conductividad Temperatura	In situ	-	-	-

Cuadro 7.1. Condiciones para la recogida y conservación de las muestras

7.5.1.4. Análisis químico

Debido a que la preservación total de las muestras es prácticamente imposible y que no se consigue la completa estabilidad para todos los constituyentes, se pueden retardar los cambios químicos mediante ciertas técnicas de preservación (COLETO y MAESTRO, 1988). En este sentido se han tomado las debidas precauciones para evitar en lo posible la modificación de los parámetros a determinar. Una vez en laboratorio, las muestras se han conservado en frigorífico (4°C) hasta el momento de ser analizadas y, al margen de la toma de parámetros in situ, la determinación analítica de la muestra ha sido realizada según un orden de prioridad definido por la estabilidad del parámetro a determinar, en base a las condiciones recomendadas en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1989).

Los métodos analíticos aplicados han sido los recomendados por S.M.E.W.W. (APHA, AWWA, WPCF, op.cit.). En el cuadro 7.2 se exponen los procedimientos seguidos y el laboratorio de realización de los análisis.

Ión	Método de análisis	Laboratorio
Cloruros	Volumetría de precipitación con $AgNO_3$ (Método de Mohr)	Laboratorio Hidrogeología E.P.S.
Alcalinidad	Volumetría ácido-base con HCl y Fenoltaleina ($CO_3^=$), Naranja de Metilo (HCO_3^-)	Laboratorio Hidrogeología E.P.S.
Sulfatos	Turbidimetría con acetato bárico (420 nm)	Servicios Generales de Investigación. UHU
Sílice	Colorimetría con molibdosilicato	Servicios Generales de Investigación. UHU
Ca^{2+}; Mg^{2+}; Na^+; Sr^{2+}	Espectrofotometría absorción atómica	Servicios Generales de Investigación. UHU
K^+; Li^+	Fotometría de llama	Servicios Generales de Investigación. UHU
Yoduros	Espectrofotometría visible. Reducción catalítica (50 nm)	Servicios Generales de Investigación. UHU
Bromuros	Espectrofotometría. Colorimétrico del rojo fenol (540 nm)	Servicios Generales de Investigación. UHU
pH	In situ	Campo
Conductividad	In situ	Campo

Cuadro 7.2. Relación de los métodos de análisis aplicados a la determinación de los diferentes parámetros físico-químicos (E.P.S.: Escuela Politécnica Superior; UHU: Universidad de Huelva)

A partir de los resultados analíticos se determinó el error de balance mediante la siguiente expresión:

$$e(\%)=\frac{\sum cat-\sum an}{\sum cat+\sum an}\times 100$$

donde: e= error de balance
Σcat= suma de cationes en meq/l
Σan= suma de aniones en meq/l

En aquellos casos en que el error de balance superaba el 10%, se procedió a repetir el análisis. Los datos de los análisis químicos de las cuatro campañas se muestran en el anexo 4 (cuadros 1 a 4).

7.5.1.5. Elaboración y tratamiento de los datos

Previamente a la interpretación de los resultados de los datos, fueron tratados principalmente en soporte informático para archivo y salidas gráficas y/o numéricas. La gran cantidad de datos obligó a emplear ciertas técnicas informáticas para la elaboración de mapas o diagramas

diversos donde se podía conocer los rasgos generales de tipo físico-químico de las aguas subterráneas. Para ello se utilizaron varios software de interpretación (SURFER, GRAPHER, EXCEL, HYDROWIN, HYDROCHEM, entre otros) con el fin de agilizar la tediosa tarea de dibujar las distintas representaciones gráficas.

Los gráficos y mapas de isolíneas elaborados con ordenador no sólo facilitaron y agilizaron la tarea sino que de forma casi paralela a la obtención de los datos permitieron seguir la evolución temporal y espacial de las principales características hidroquímicas, sus tendencias de variación, su influencia en la mayor o menor salinidad de determinados sectores, etc., aspectos de gran interés para la interpretación del fenómeno de salinización.

El soporte informático para archivo y tratamiento de datos permitió:

- almacenar un gran volumen de información,
- modificar y actualizar los datos,
- calcular automáticamente relaciones iónicas de interés en el estudio, como $rCl^-/rHCO_3^=$, icb, etc.,
- transformar unidades, como por ejemplo de mg/l a meq/l o de pies a metros (en el caso de los registros verticales), y
- obtener salidas numéricas y/o gráficas de forma selectiva.

7.5.2. Características físico-químicas de las aguas

7.5.2.1. Introducción

Se estudia en este apartado las características físico-químicas de las aguas, y para ello nos hemos centrado en aquellas que presentan mayor interés para cubrir los objetivos de la investigación. Como principales características se abordan los cloruros, conductividad y relaciones iónicas, no dejándose de estudiar también aquellos otros parámetros de los cuales se poseen datos.

En primer lugar se estudian, de forma genérica, los principales rasgos hidroquímicos del acuífero en base a las representaciones gráficas en diversos diagramas, lo que nos ha permitido apreciar las facies predominantes existentes. Posteriormente se abordan las variaciones temporales de los puntos de la red de control de los que se disponen análisis químicos. Por otra parte, el estudio de mapas de isocontenidos permite poner de manifiesto las tendencias en las variaciones espaciales de la salinidad y las alteraciones puntuales de la misma como consecuencia de aguas con salinidad de diferente origen, mientras que el mapa hidroquímico en diagramas de STIFF corrobora la presencia de las zonas de mayor salinidad.

Los registros verticales de conductividad y temperatura han servido para estudiar la estratificación de las aguas de diferente contenido salino y establecer perfiles hidroquímicos; la dirección de estos perfiles ha sido elegida en función de una serie de sondeos para poner de manifiesto la amplitud espacial de la salinización que afecta al acuífero.

De la gran cantidad de diagramas, mapas y gráficos generados durante el estudio, sólo se han tenido en cuenta aquellos más idóneos para interpretar el fenómeno, y a su discusión se dedican los siguientes apartados.

7.5.2.2. Rasgos hidroquímicos generales

Los principales rasgos hidroquímicos se pueden establecer a partir de la representación gráfica de los análisis correspondientes a las cuatro campañas realizadas desde noviembre de 1994 a noviembre de 1995, en diagramas triangulares (PIPER, 1944; CUSTODIO y LLAMAS, 1983).

En las figuras 7.2 y 7.2bis (noviembre de 1994 y abril de 1995) observamos que la facies hidroquímica predominante es en parte clorurada sódica (en 6 puntos: M-7-6, AM-13, AM-12, AM-14, AM-16 y AM-17) y en parte clorurada cálcico-magnésica (en otros 6 puntos: 1-4-18, 1-6-12, AM-8, M-2-6, M-4-8 y M-1-1) a excepción de un solo punto (1-5-5) que es clorurada magnésico-cálcica, lo que se interpreta por la existencia de dos cuerpos de aguas diferentes.

En las figuras 7.3 y 7.3bis se puede apreciar que las facies originales están aún más acentuadas y que el punto 1-5-5 se torna más salino y se enriquece ligeramente en magnesio (a costa de calcio). Aquí se observa que para las dos campañas de muestreo (agosto de 1995 y noviembre de 1995) los dos cuerpos de agua están más claramente definidos.

Si observamos la posición de los puntos en los que se han realizado los muestreos (figura 7.4) se puede apreciar que las muestras correspondientes a las facies cloruradas sódicas corresponden a los sondeos ubicados en el sector oriental de la zona y que coincide con las mayores depresiones del nivel piezométrico y, además, es la zona que está sufriendo en mayor grado el proceso de salinización progresiva de sus aguas.

Para estudiar la evolución de las facies hidroquímicas se ha representado el diagrama de las muestras analizadas en varios sondeo, tras entrar en funcionamiento al terminar su ejecución en el año 1975 (comienzo de la puesta en marcha del PTAAM). Se puede apreciar que las facies originales denotan dos cuerpos de agua diferenciados, uno clorurado sódico y otro bicarbonatado cálcico-magnésico (figura 7.5). En la figura 7.5bis se representa la media de las cuatro campañas llevadas a cabo en el estudio y se puede apreciar que siguen existiendo de forma generalizada los dos cuerpos de agua, pero uno clorurado-magnésico y el otro clorurado-magnésico-cálcico.

De esta forma, podemos indicar que las facies hidroquímicas originales predominantes en la zona de estudio eran del tipo cloruradas sódicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas, y que han evolucionado en el tiempo y en el espacio a la facies predominante clorurada-magnésica.

La distribución general en el diagrama de Piper de las aguas analizadas resulta, en un principio, algo confusa, en cuanto que no parece haber una ordenación relacionada directamente con un posible proceso de mezcla agua dulce-agua de mar.

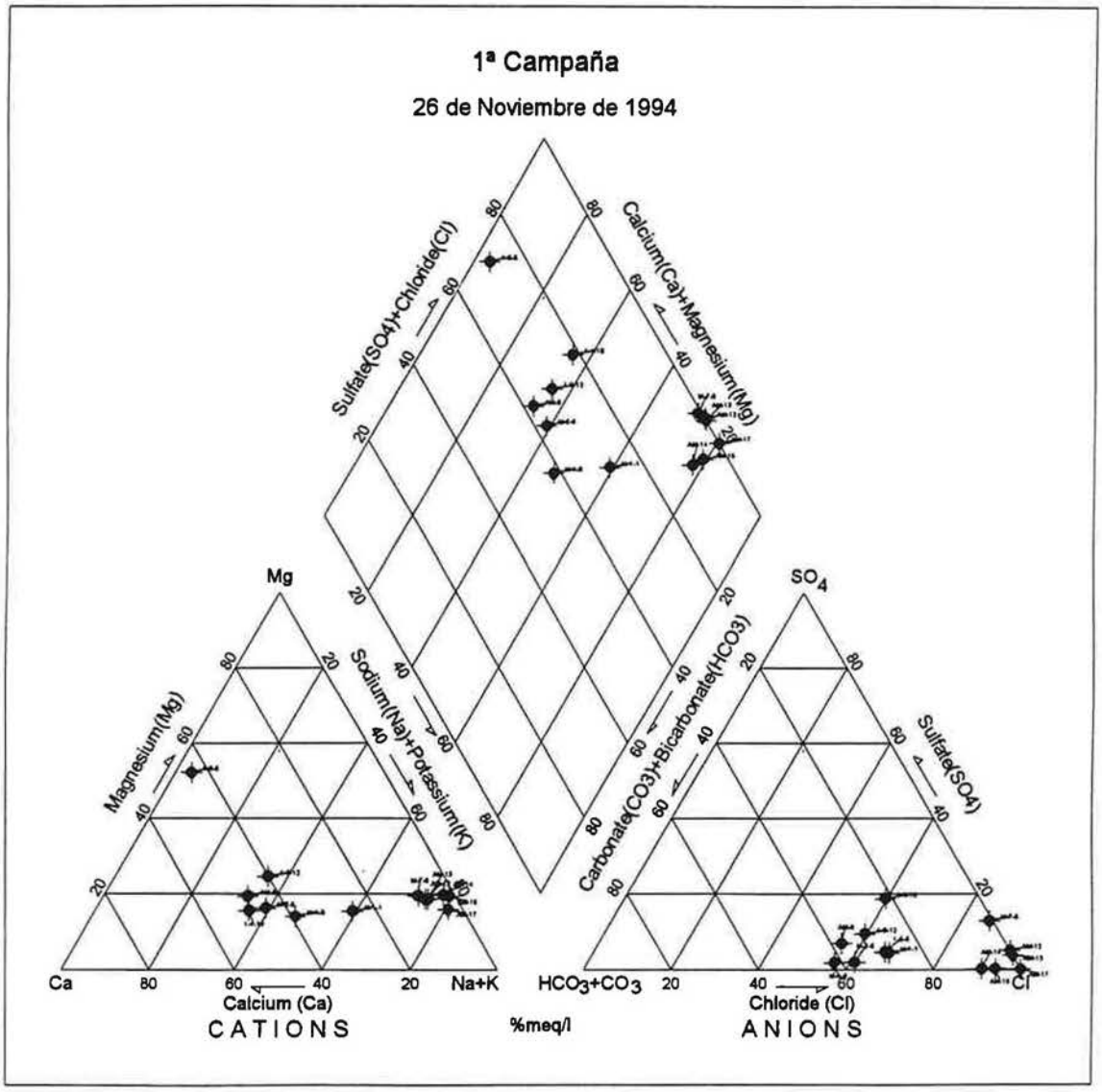


Figura 7.2. Representación gráfica de los datos de la 1ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER

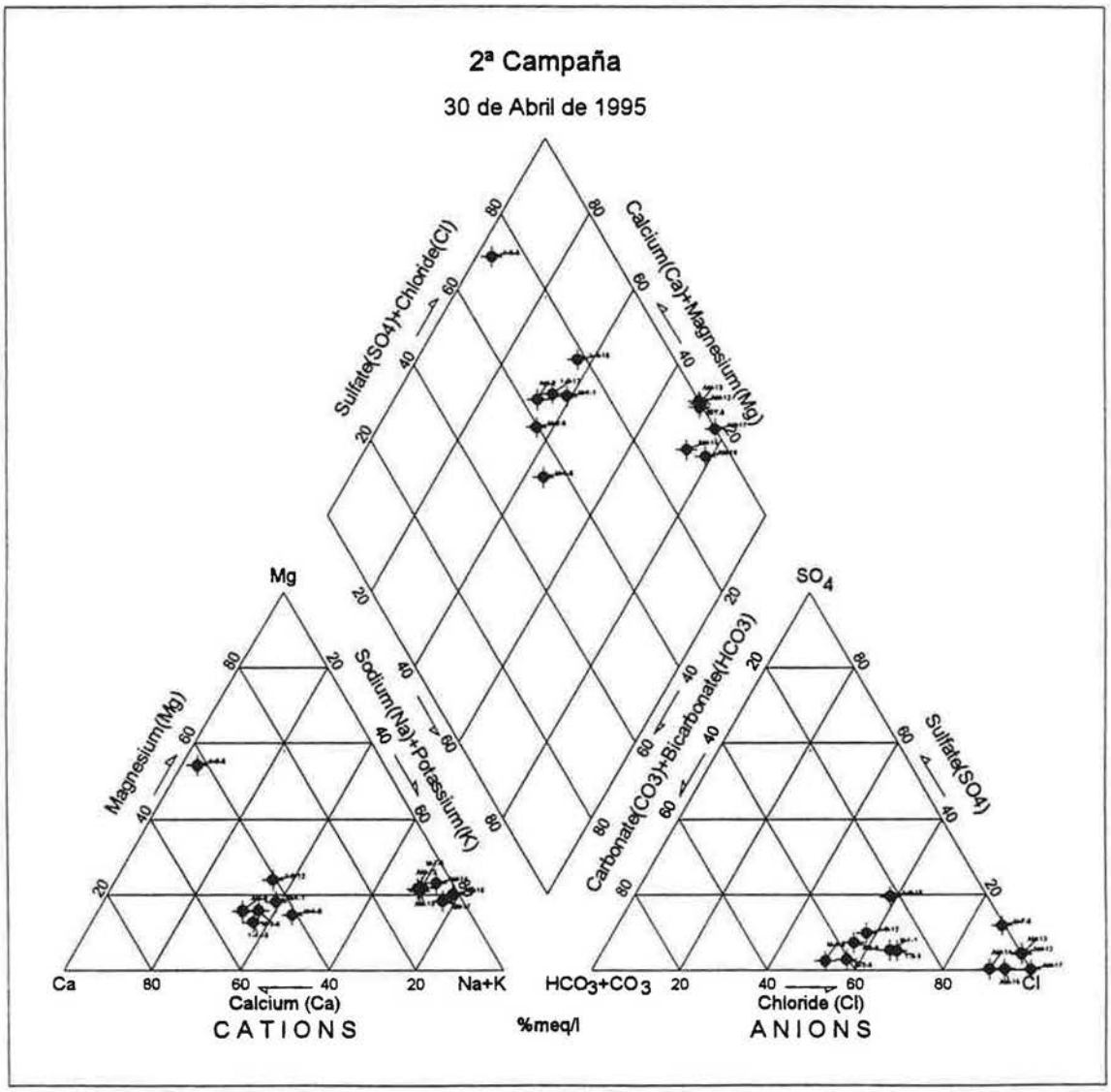


Figura 7.2bis. Representación gráfica de los datos de la 2ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER

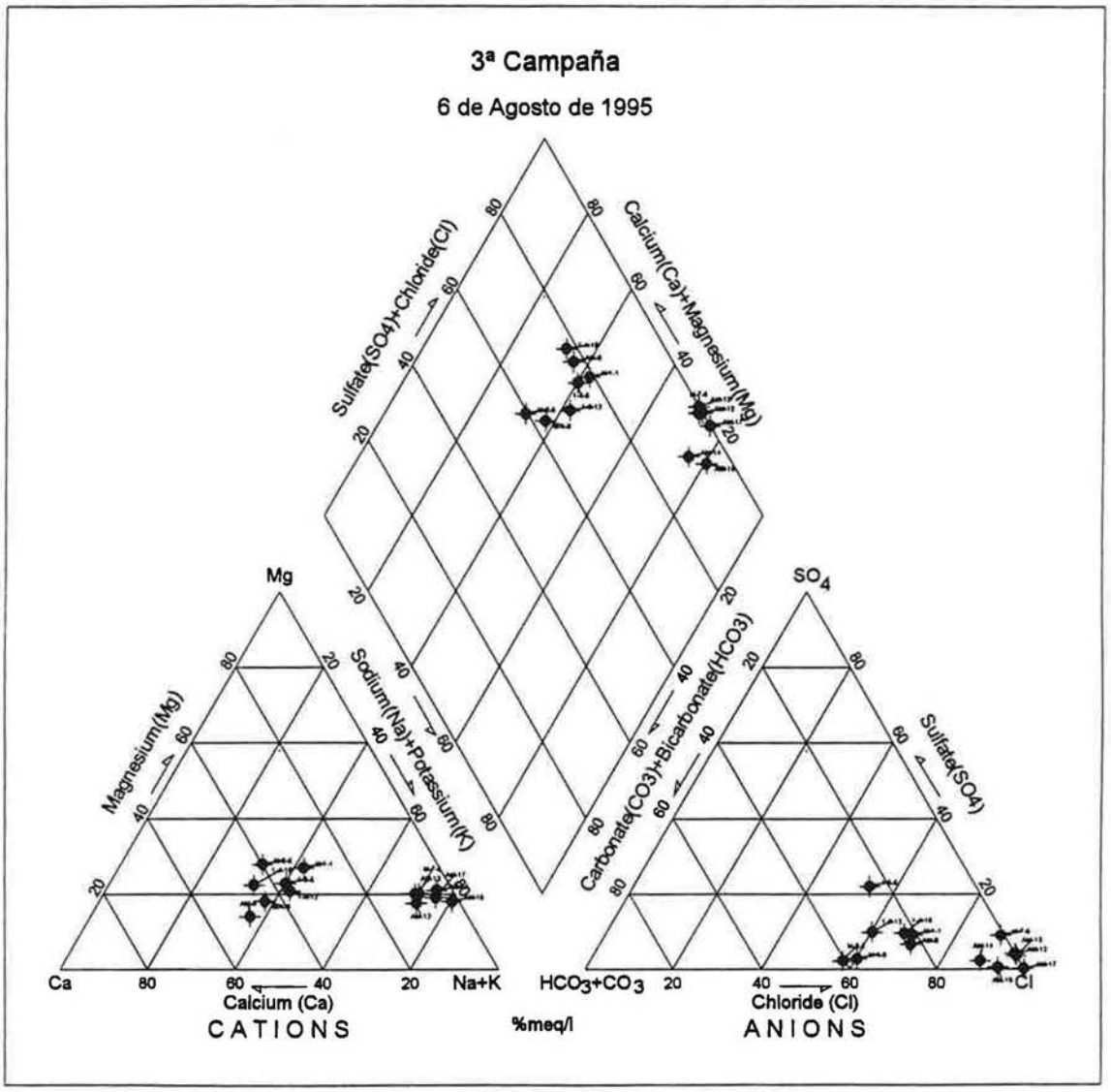


Figura 7.3. Representación gráfica de los datos de la 3ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER

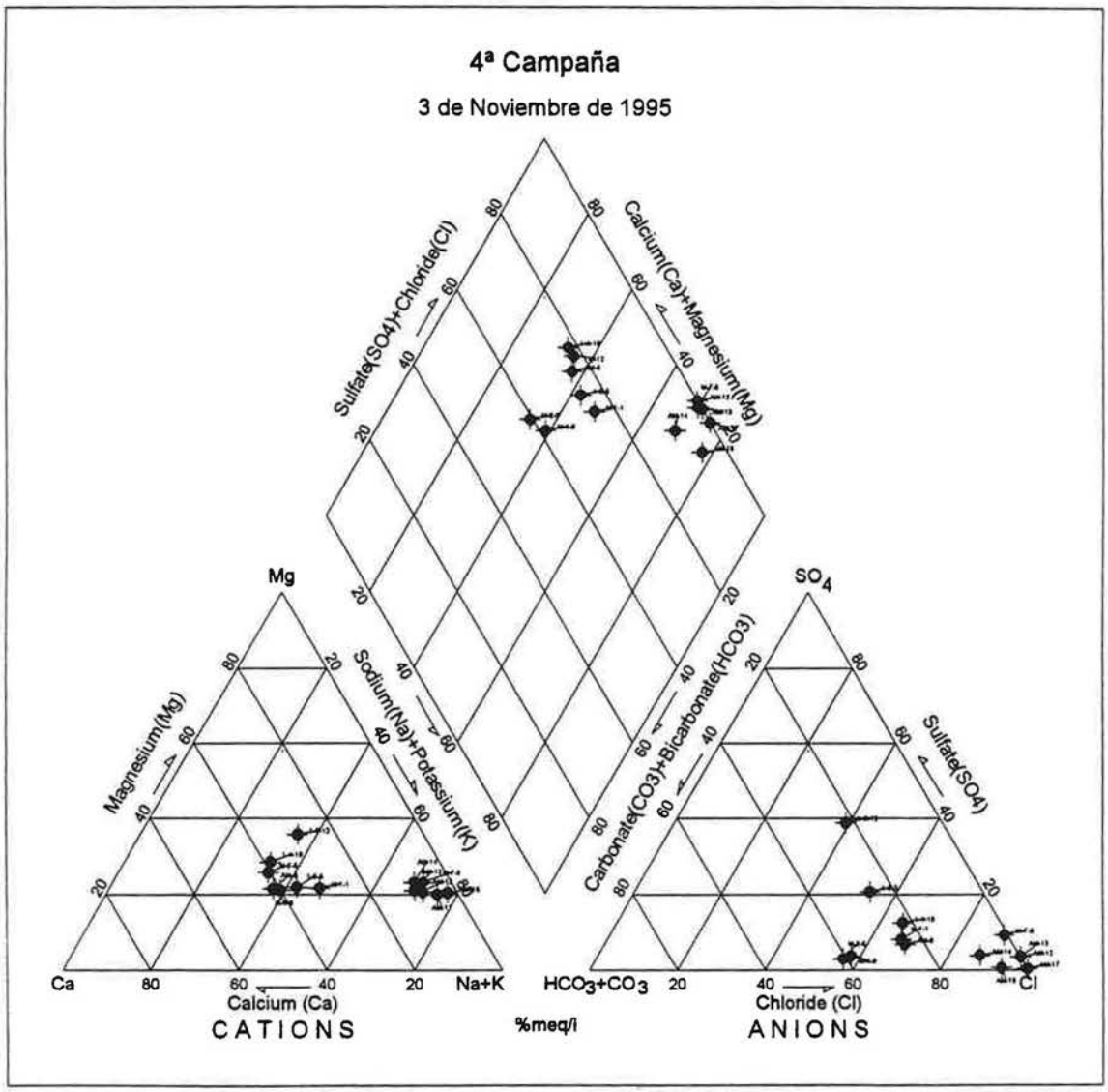


Figura 7.3bis. Representación gráfica de los datos de la 4ª campaña de muestreo en diagramas triangulares de PIPER

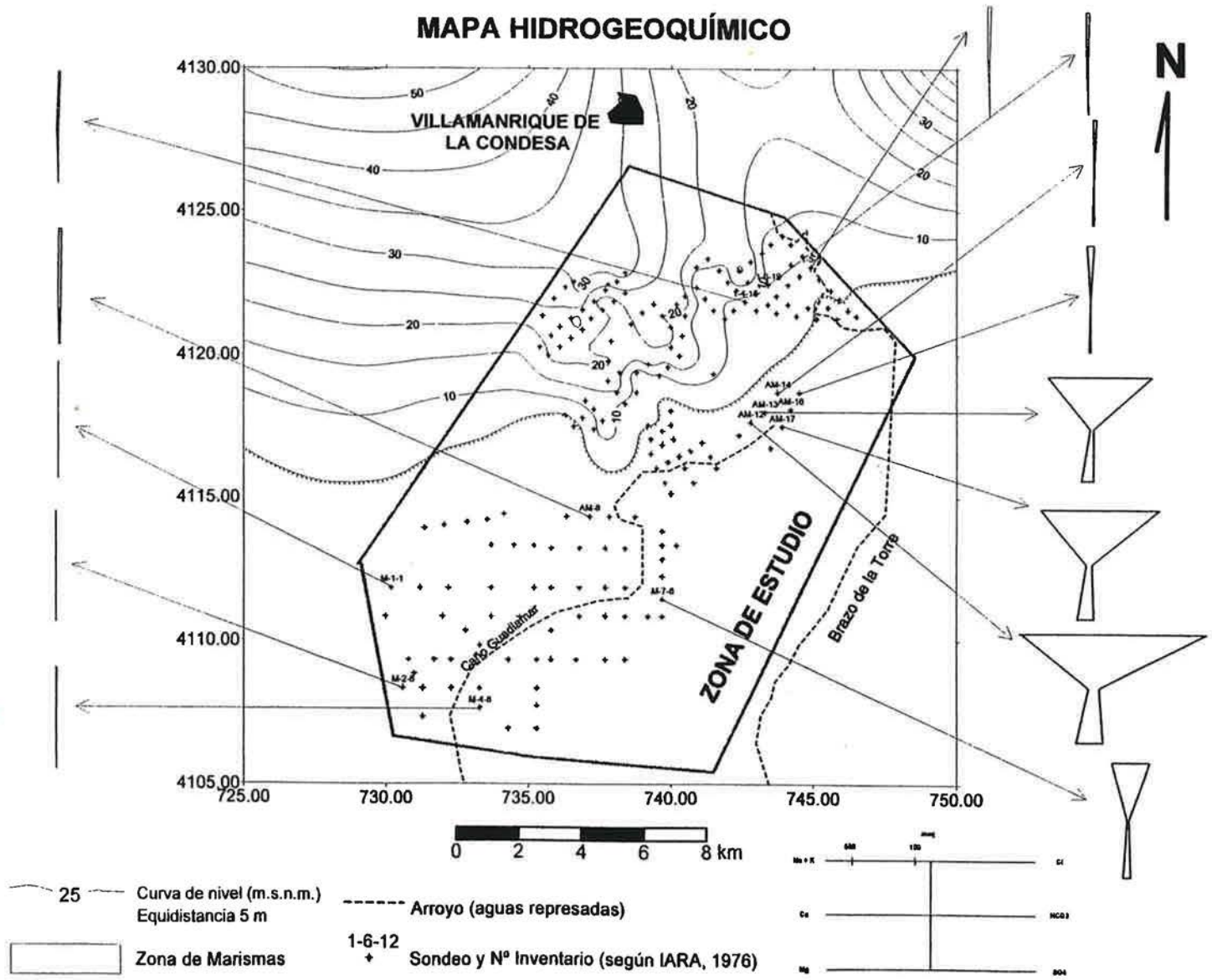


Figura 7.4. Mapa hidrogeoquímico

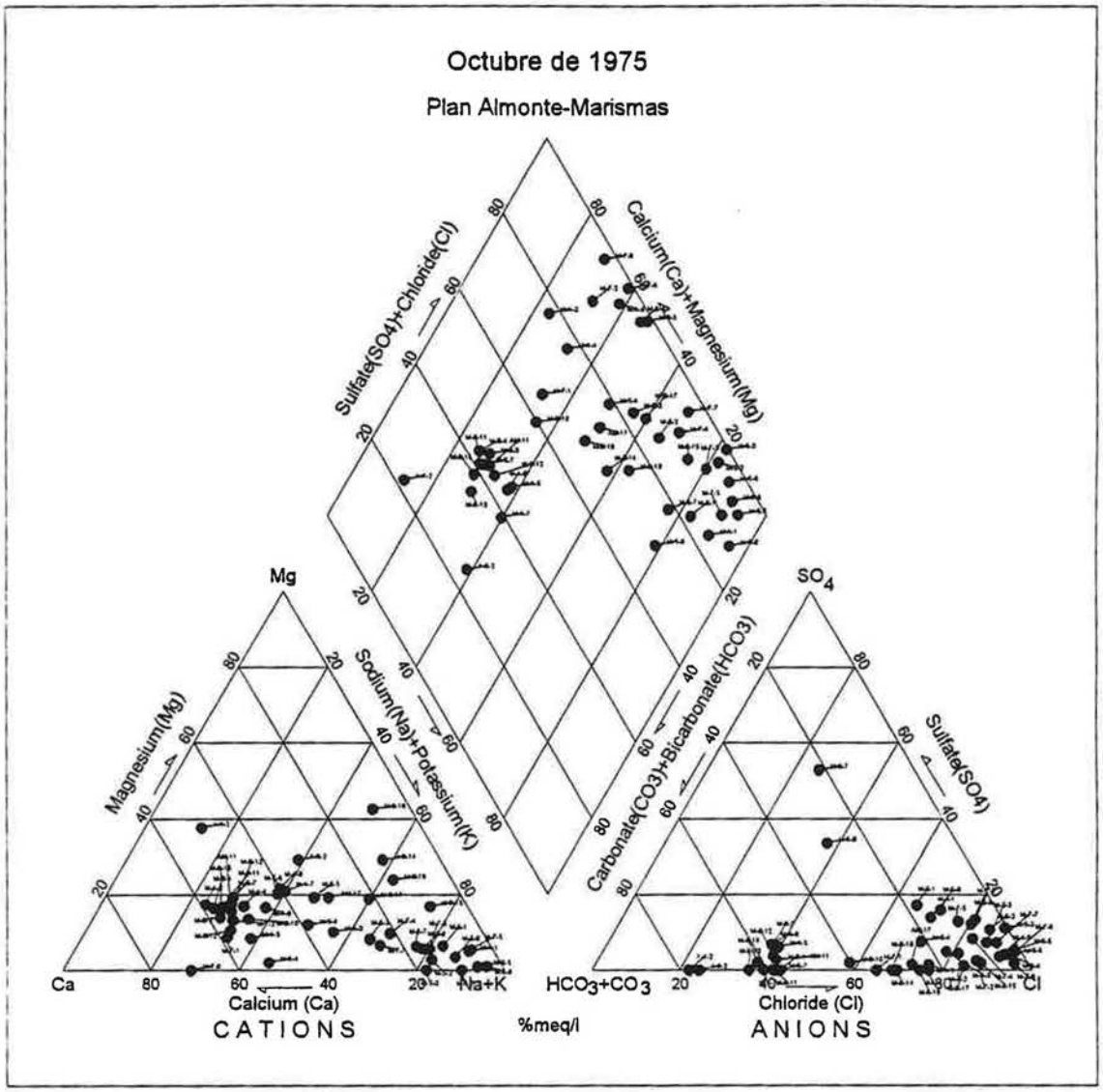


Figura 7.5. Representación gráfica de los datos de análisis de octubre-75 en diagramas triangulares de PIPER

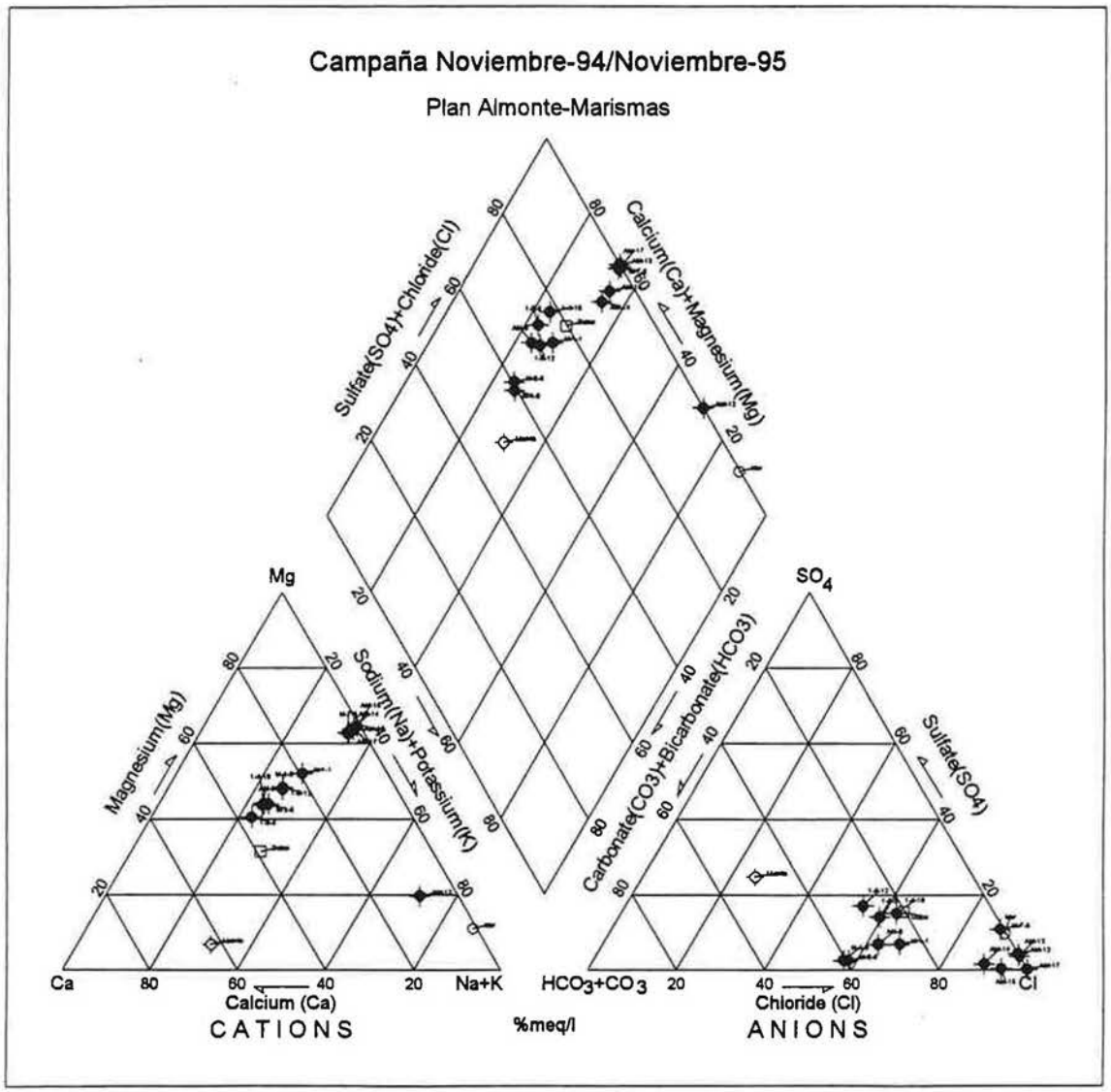


Figura 7.5bis. Representación gráfica de los datos medios de las 4 campañas en diagramas triangulares de PIPER

Si en los mismos diagramas representamos la composición química del agua de mar (perteneciente a una muestra recogida en la costa de Matalascañas), del agua dulce (pozo de abastecimiento al cortijo de La Cigüeña) y del agua de lluvia (estación de Hato Blanco), obtenemos una distribución en donde se puede apreciar (figura 7.5bis) que las aguas de las muestras del sector tienen una composición química que podría ser el resultado de una mezcla de agua dulce-agua de mar para los sondeos AM-12, AM-13, AM-17, M-7-6, AM-14 y AM-16 que son los más salinizados, y una mezcla de agua de lluvia-agua dulce para el resto, por lo se que cabe suponer una hidroquímica regulada por procesos de infiltración- dilución-concentración.

7.5.2.3. Variaciones temporales

Con los datos de la red de control se ha estudiado la evolución temporal de los rasgos hidroquímicos de la zona, lo que nos ha permitido conocer la tendencia en el tiempo, tanto de las distintas variables como de las relaciones iónicas que nos puedan ayudar a caracterizar el/los procesos de salinización.

El estudio se realizó para cada uno de los puntos de la red (figura 7.1) y se centró en variables tales como cloruros y conductividad, y en relaciones iónicas tales como $rCl^-/rHCO_3^-$, $rSO_4^{=}/rCl^-$ y rMg^{2+}/rCa^{2+}; además, disponiendo de los datos de lluvia de una estación climatológica cercana, junto con los datos de nivel piezométrico del punto en cuestión, se ha procedido a comparar ambas variables entre si y con los cloruros, con el fin de poder dilucidar e interpretar cuestiones tales como variaciones físico-químicas del agua subterránea ligadas a procesos de dilución-concentración.

7.5.2.3.1. Estudio de la red de control

La red de control está compuesta por 13 puntos con datos de análisis químico de un periodo de 1 año, distribuidos en 4 campañas trimestrales que abarcan desde noviembre de 1994 a noviembre de 1995.

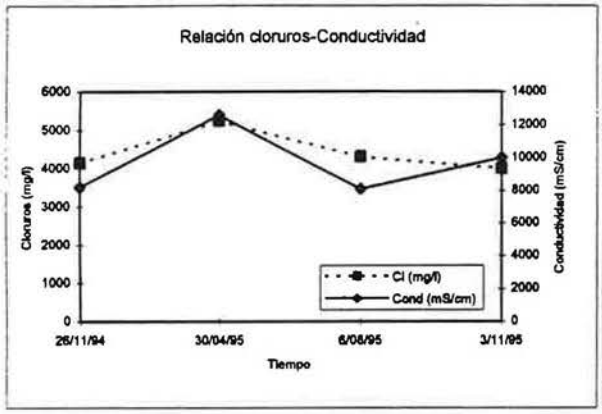
Los gráficos de la evolución temporal que se consideran más significativos se representan en la figura 7.6.

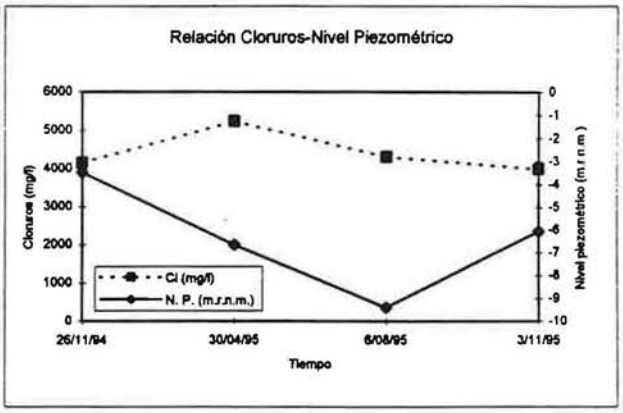
La interpretación de las gráficas permite establecer los siguientes hechos:

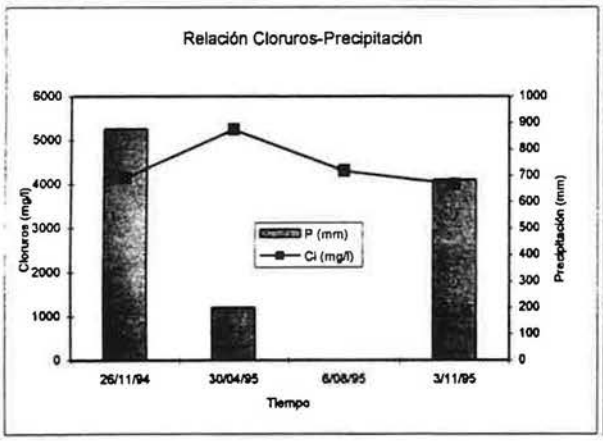
- a) Existe una dependencia del nivel piezométrico respecto a la precipitación, dándose unos retardos de aproximadamente 30 días, aunque en las áreas de fuertes extracciones esta dependencia es menor pues está enmascarada por los bombeos.
- b) Hay una relación clara, en ciertos puntos, entre las variaciones de conductividad eléctrica y las concentraciones en cloruros, como es el caso de los sondeos M-7-6, AM-13, AM-8, M-1-1 y M-4-8 (figura 7.6).
- c) Existe una dependencia de la concentración de cloruros con el nivel piezométrico y con la lluvia, tal y como se pone de manifiesto en la figura 7.6.

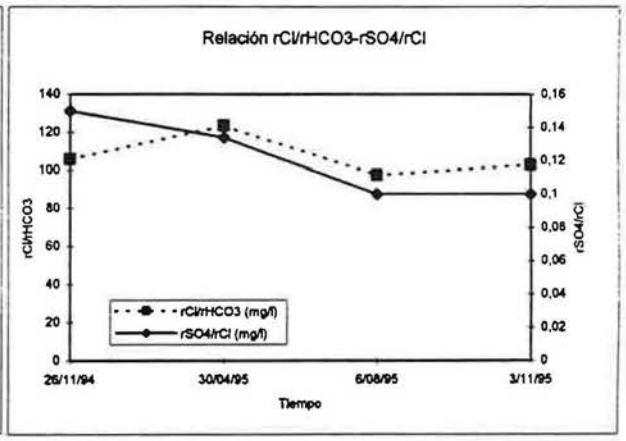
M-7-6

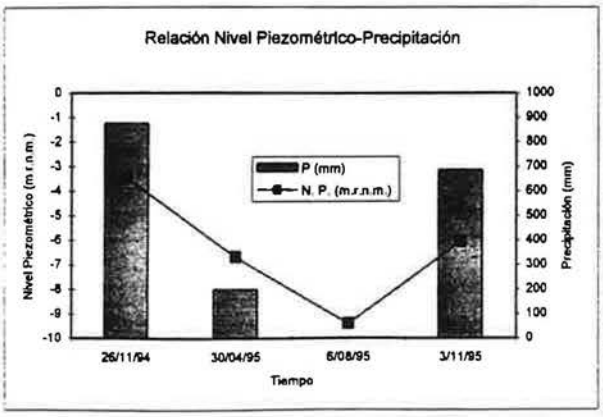
Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	4148	8200	-3,5	875	105,8	0,15	2,3
30/04/95	5243	12600	-6,66	200	123,32	0,134	2,83
6/08/95	4309	8100	-9,4	0	97,56	0,1	2,47
3/11/95	4005	10000	-6,05	685	103,05	0,1	3,57











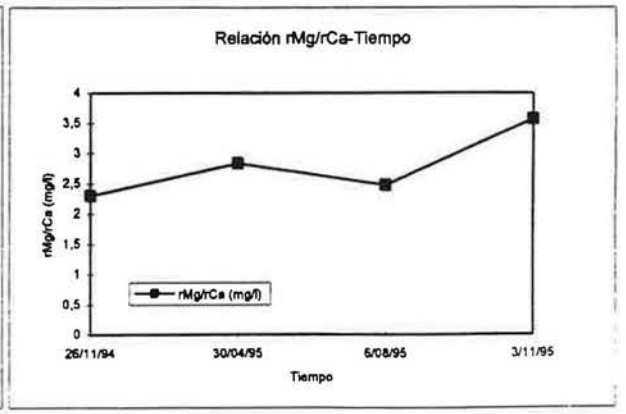


Figura 7.6. Evolución temporal de los principales parámetros físico-químicos para las 4 campañas de muestreo

AM-13

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	10236	15700	-5,18	875	2610,04	0,038	2,76
30/04/95	10057	19100	-8,23	200	2837,51	0,044	2,43
6/08/95	13106	20000	-11,59	0	1804,59	0,037	2,23
3/11/95	13164	20000	-7,01	685	1729,56	0,036	2,61

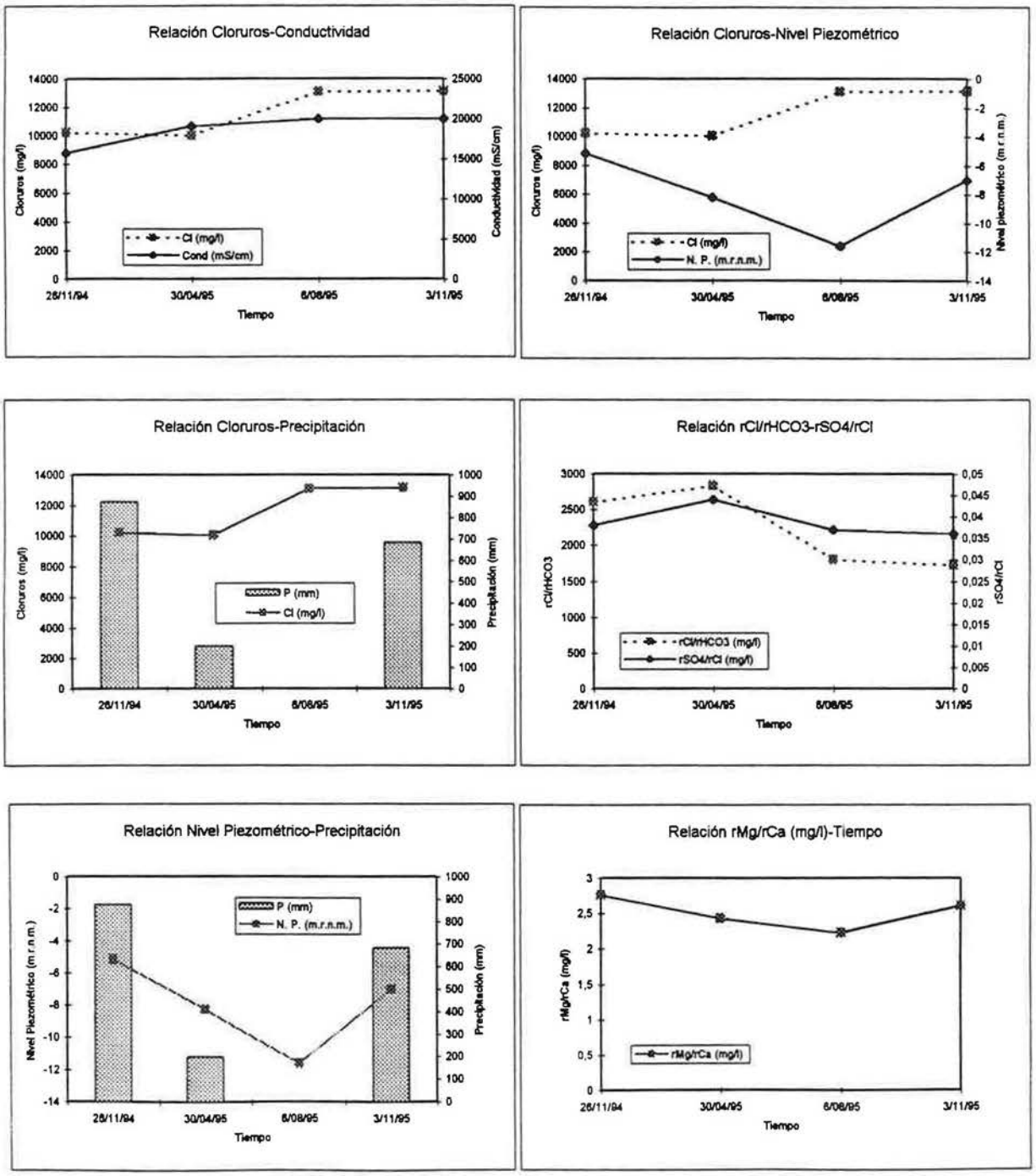


Figura 7.6. Continuación

AM-8

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	188,2	600	-4,43	875	1,47	0,125	0,41
30/04/95	199	900	-3,78	200	1,53	0,13	0,3
6/08/95	265	900	-6,52	0	3,11	0,09	0,28
3/11/95	210	900	-6,2	685	2,77	0,1	0,51

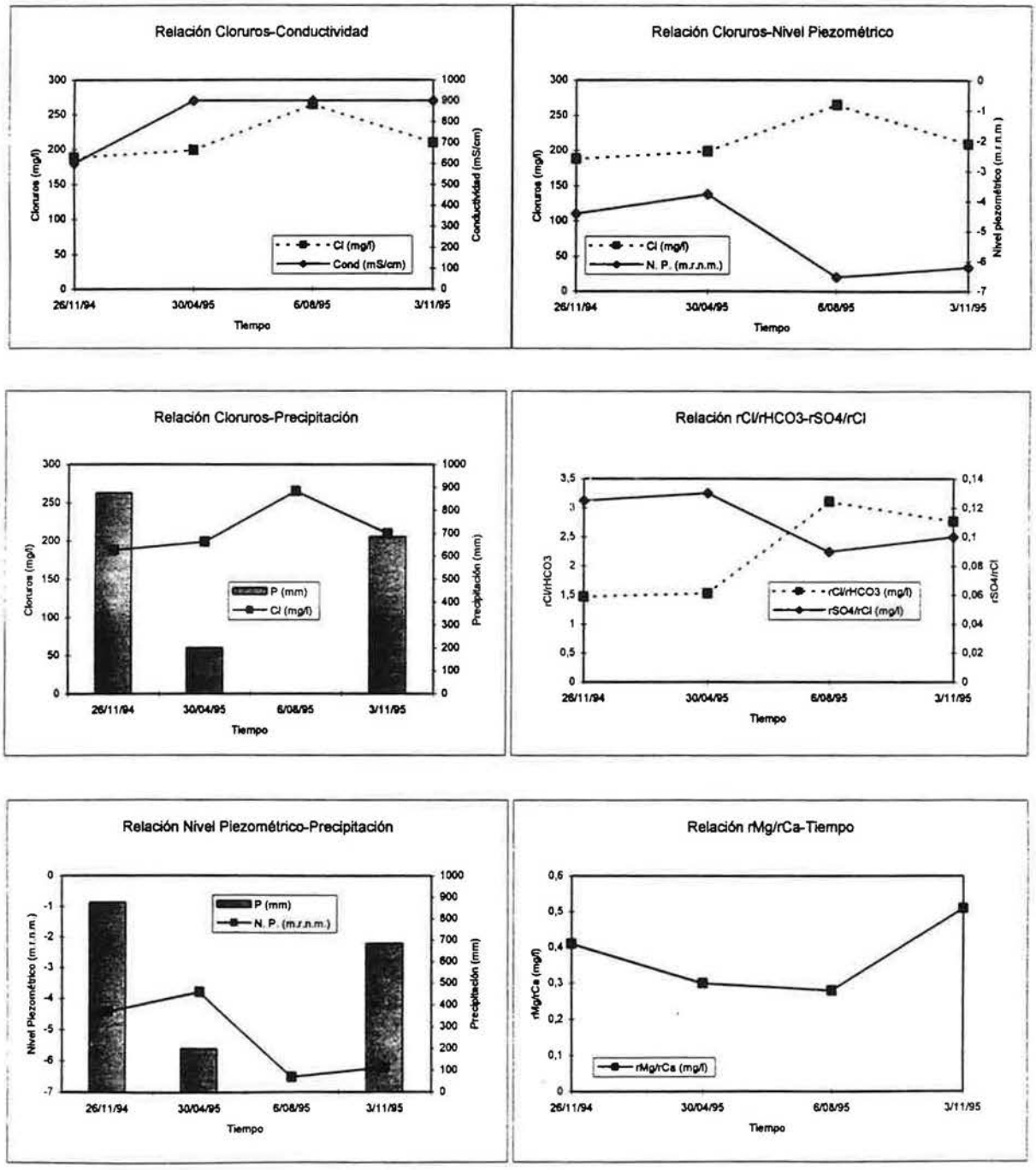


Figura 7.6. Continuación

M-1-1

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	158,2	500	-1,26	875	2,41	0,066	0,61
30/04/95	125	400	-0,8	200	2,22	0,082	0,42
6/08/95	187	600	-2,74	0	3,32	0,13	0,87
3/11/95	138	600	-2,92	685	2,69	0,121	0,7

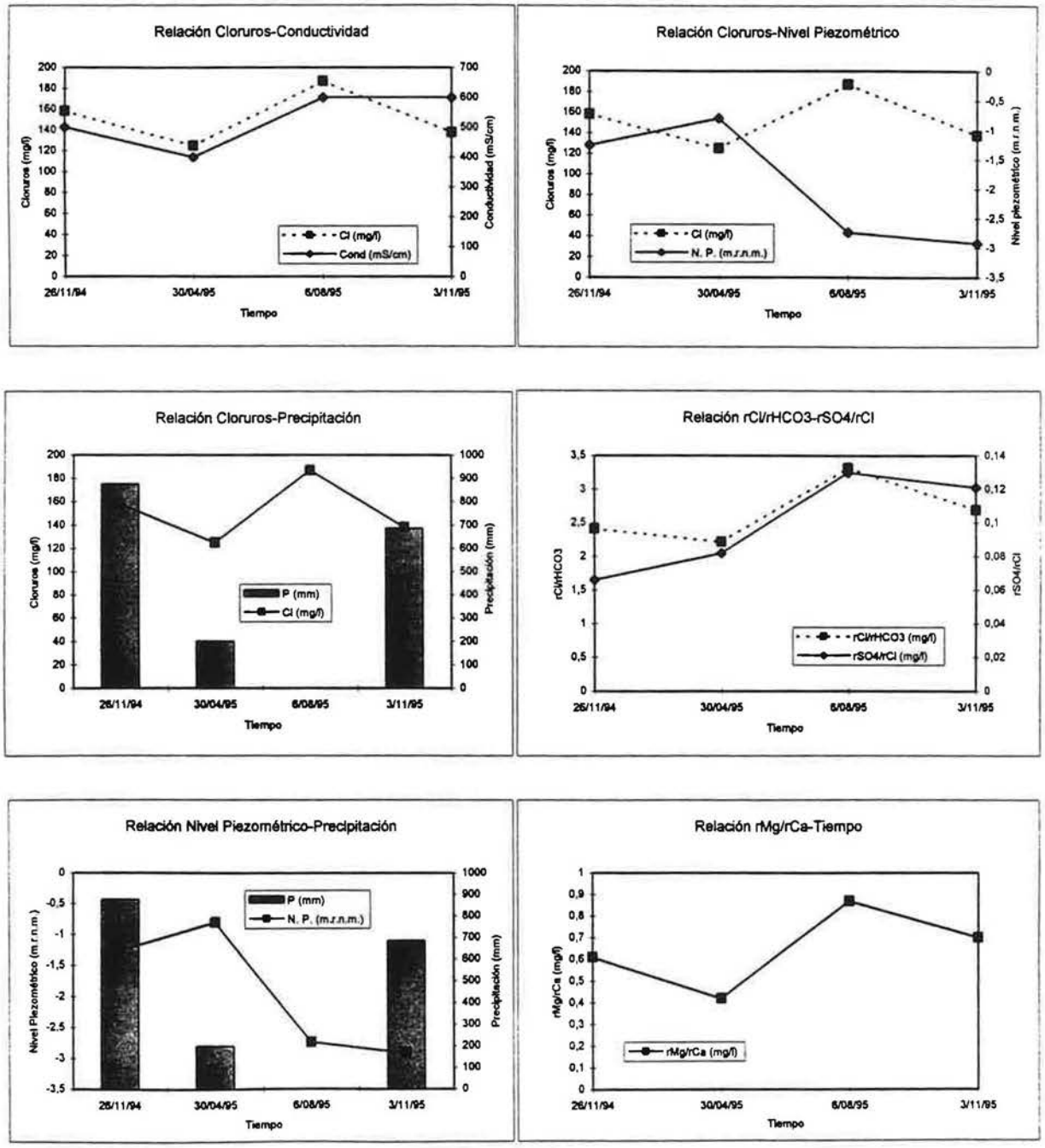
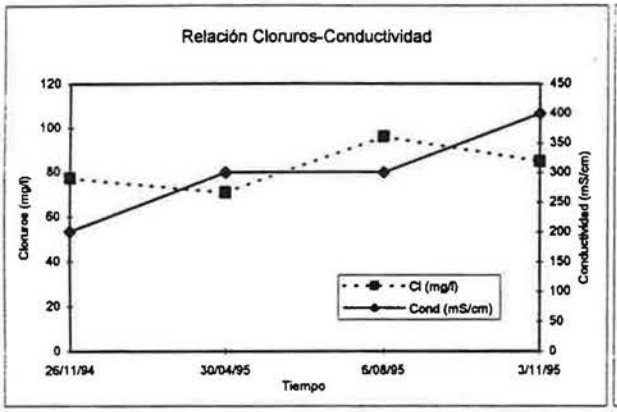
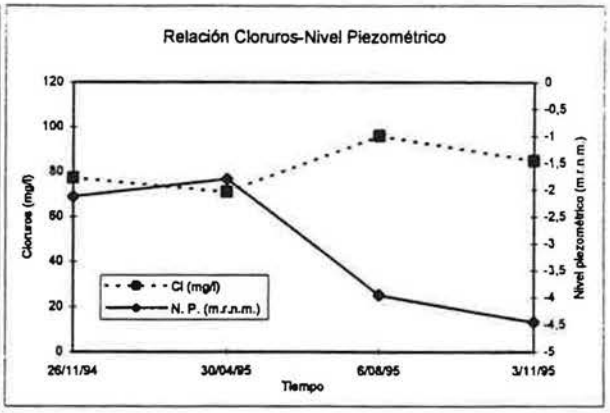


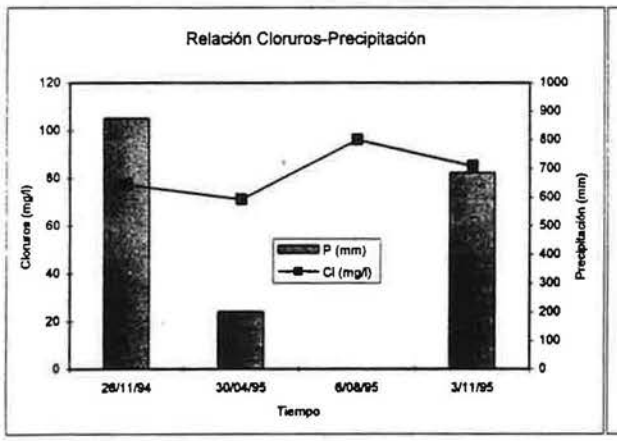
Figura 7.6. Continuación

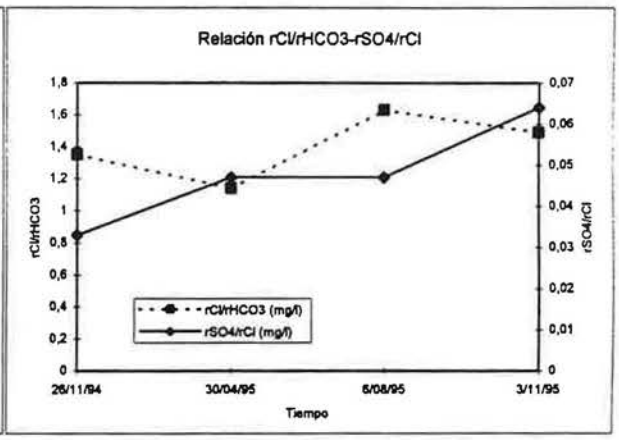
M-4-8

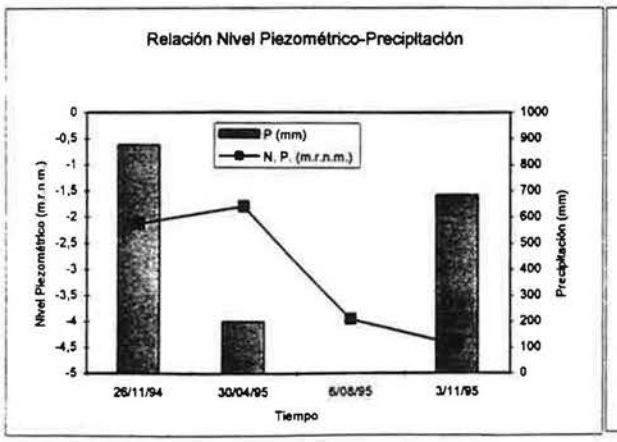
Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	77,26	200	-2,13	875	1,35	0,033	0,36
30/04/95	71	300	-1,8	200	1,14	0,047	0,36
6/08/95	96	300	-3,95	0	1,63	0,047	0,41
3/11/95	85	400	-4,45	685	1,49	0,064	0,52











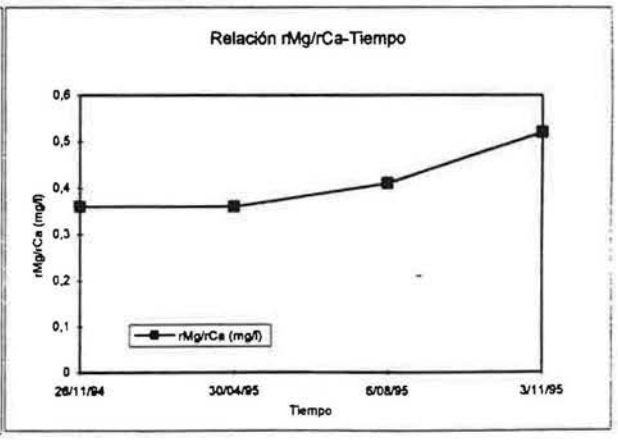


Figura 7.6. Continuación

AM-14

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	487,3	1100	-5,27	875	10,16	0,002	7,39
30/04/95	446	1300	-7,58	200	9,66	0,002	6,07
6/08/95	483	1200	-10,64	0	9,93	0,024	5,67
3/11/95	444	1500	-6,9	685	9,56	0,044	2,7

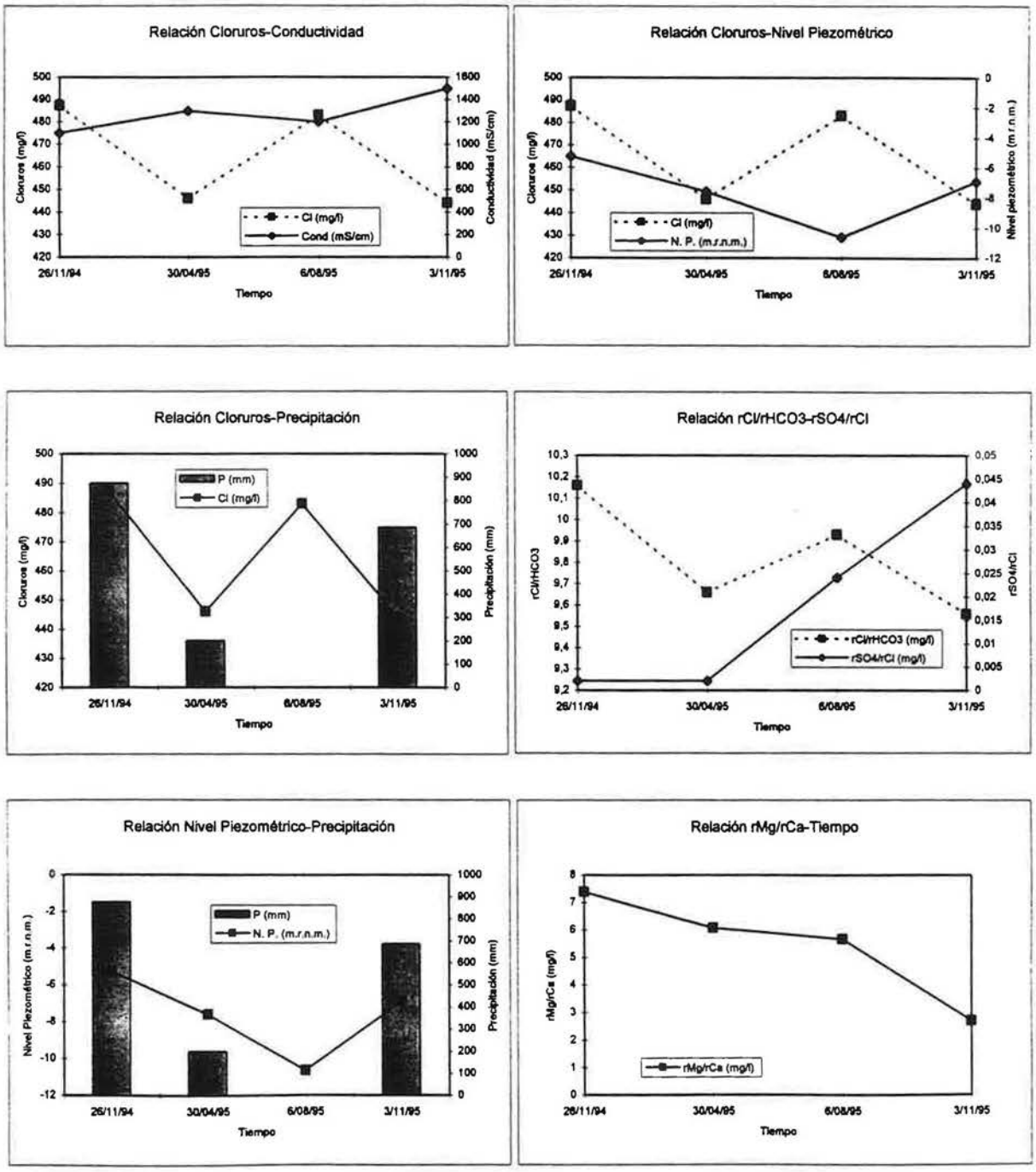


Figura 7.6. Continuación

AM-17

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	11793	18300	-4,99	875	1185,53	0	4,74
30/04/95	11064	20000	-8,35	200	3121,62	0	3,86
6/08/95	11419	20000	-8,65	0	3708,1	0,001	3,93
3/11/95	12126	20000	-7,74	685	977,98	0,002	4,07

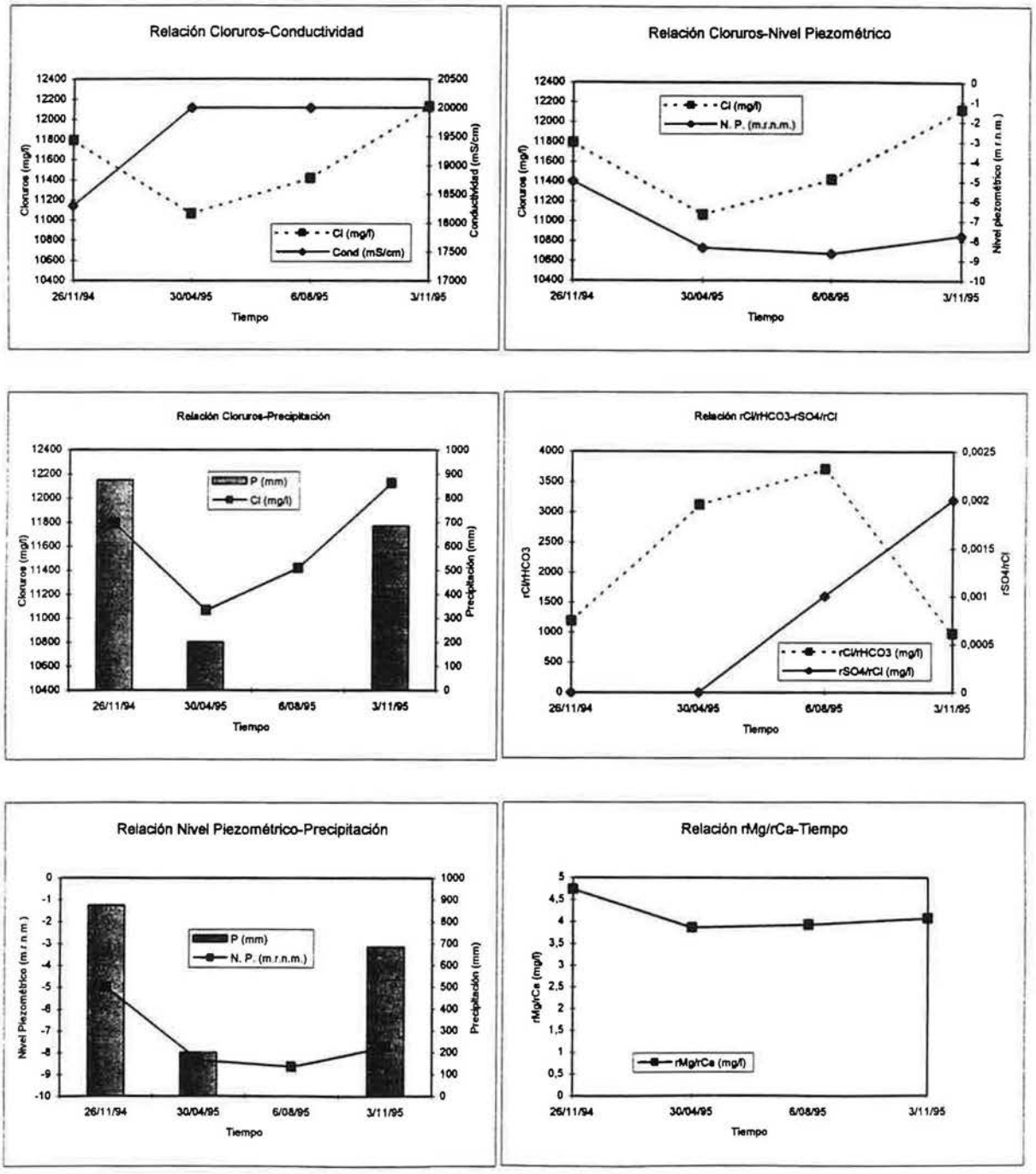
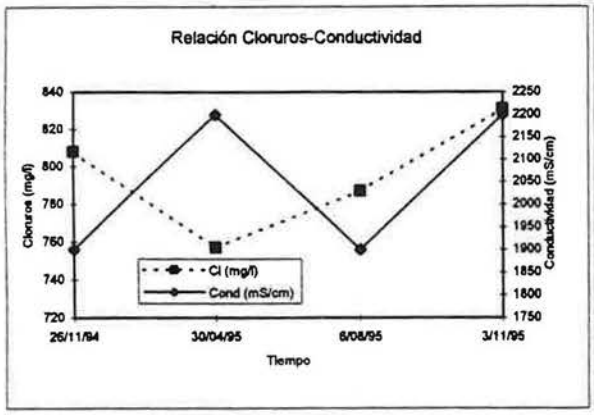
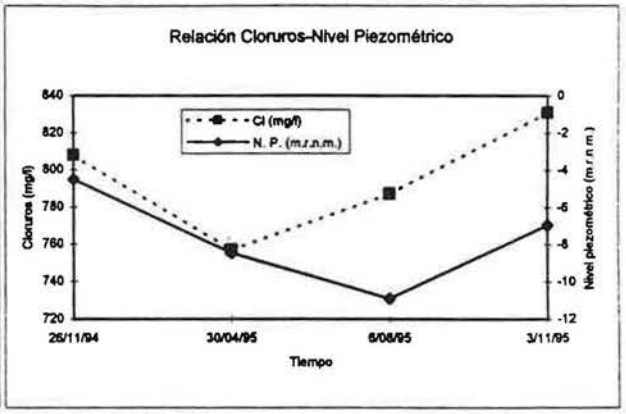


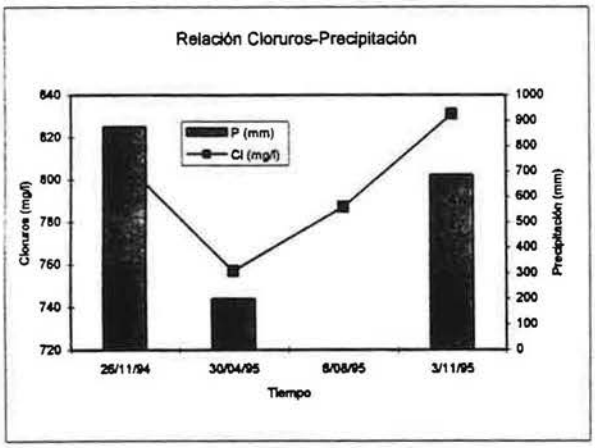
Figura 7.6. Continuación

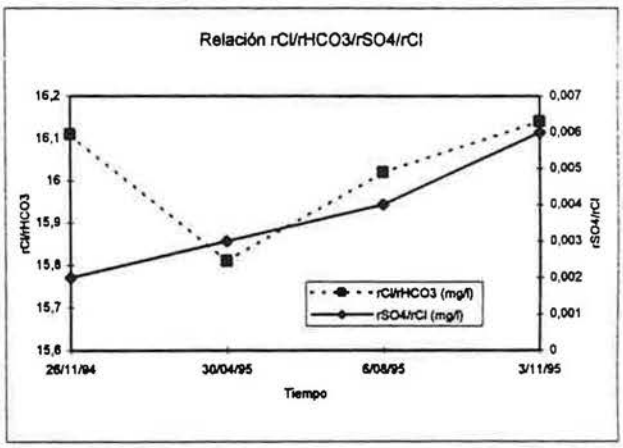
AM-16

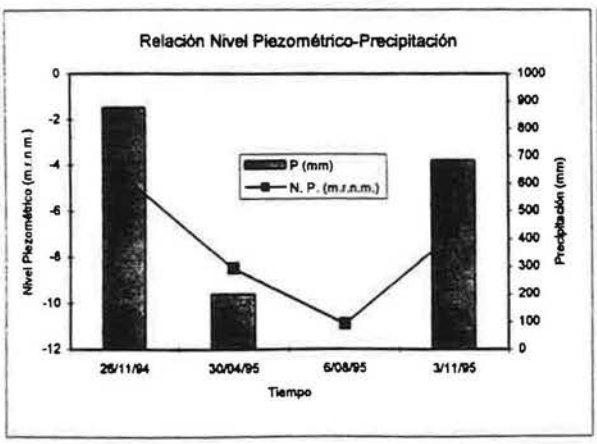
Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	808	1900	-4,51	875	16,11	0,002	12,94
30/04/95	757	2200	-8,47	200	15,81	0,003	12,97
6/08/95	787	1900	-10,91	0	16,02	0,004	10,55
3/11/95	831	2200	-6,95	685	16,14	0,006	8,87











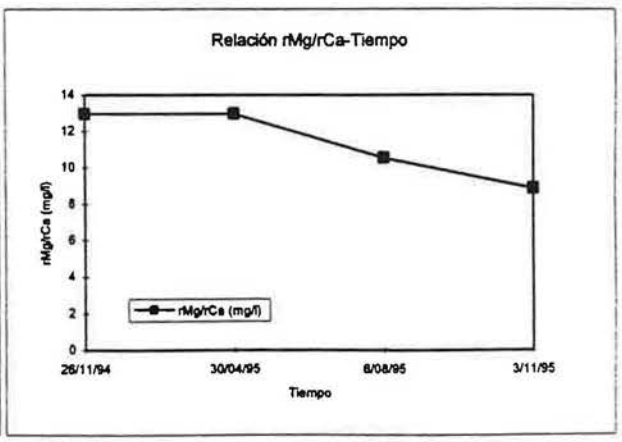


Figura 7.6. Continuación

AM-12

Fecha	Cl(mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	22868	20000	-6,41	875	4254,97	0,053	2,53
30/04/95	21765	20000	-9,09	200	4094,003	0,046	2,42
6/08/95	21585	20000	-11,7	0	3767,78	0,044	1,76
3/11/95	21475	20000	-10,5	685	3032,192	0,036	2,2

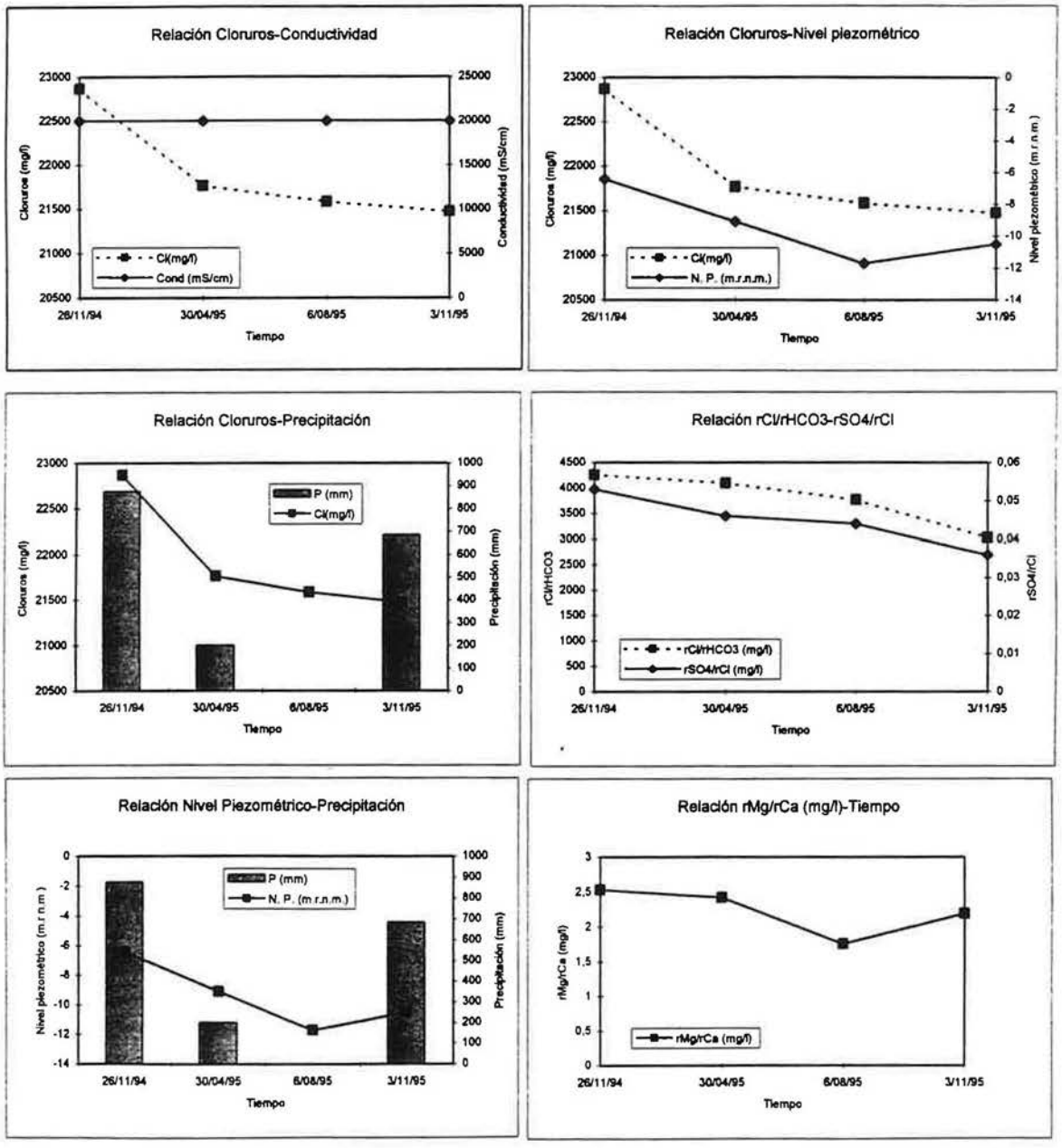
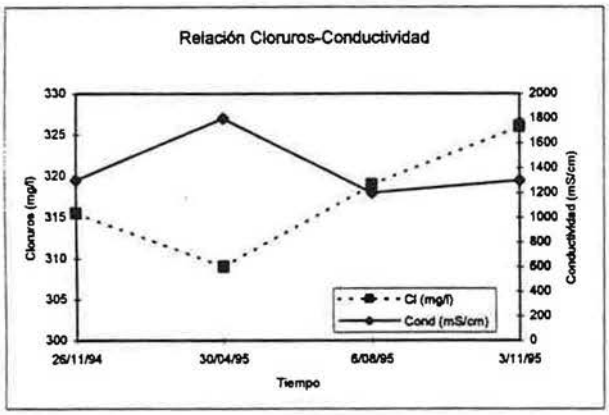
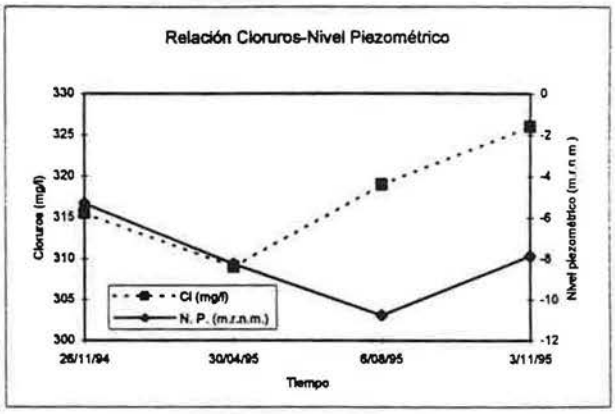


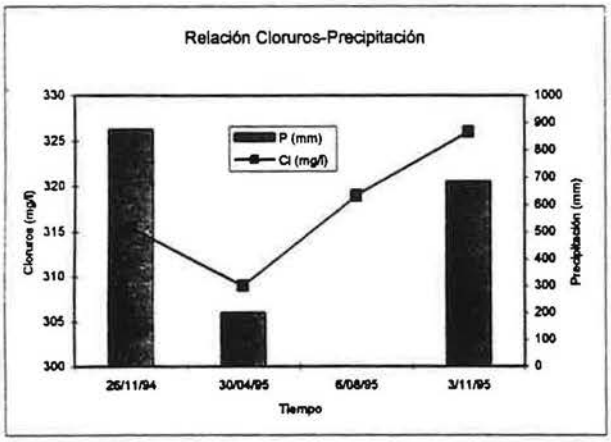
Figura 7.6. Continuación

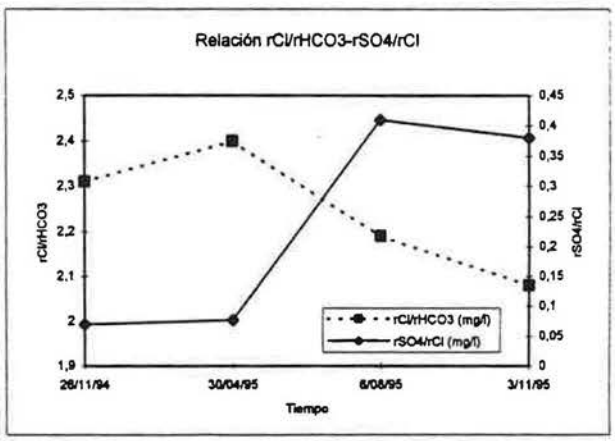
1-5-5

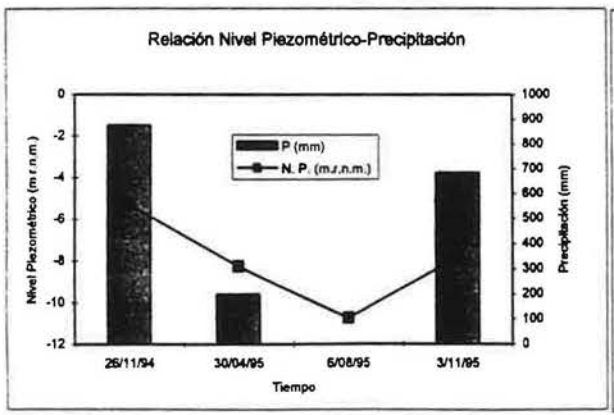
Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	315,5	1300	-5,3	875	2,31	0,07	1,18
30/04/95	309	1800	-8,26	200	2,4	0,077	1,28
6/08/95	319	1200	-10,75	0	2,19	0,41	0,61
3/11/95	326	1300	-7,85	685	2,08	0,38	0,61











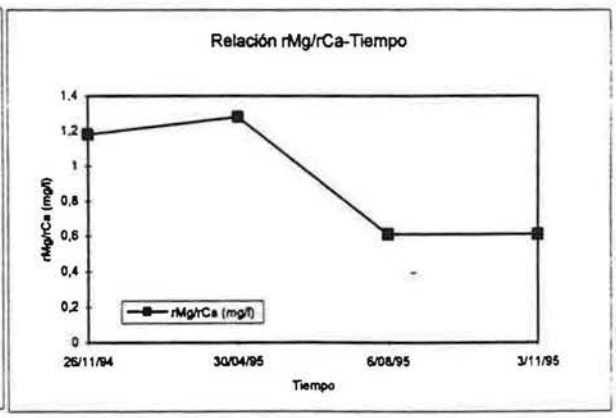
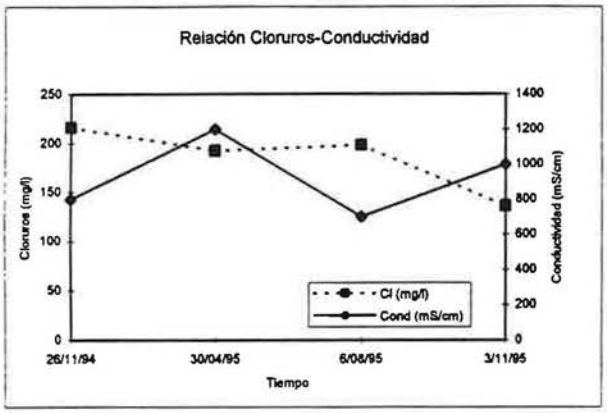
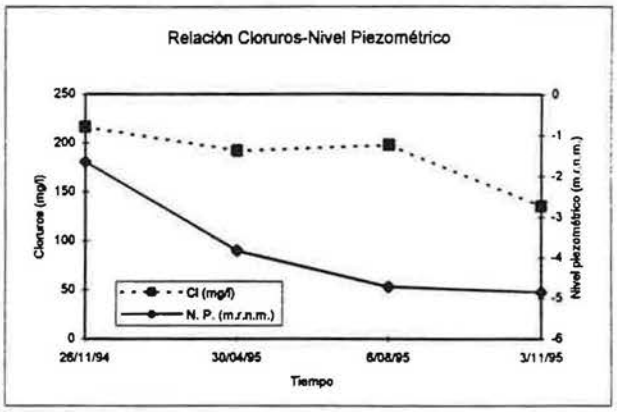


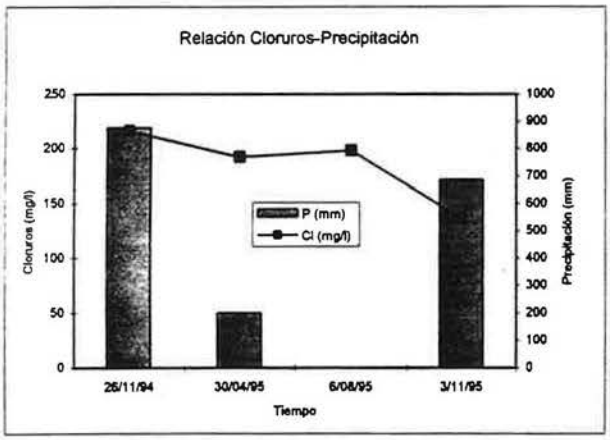
Figura 7.6. Continuación

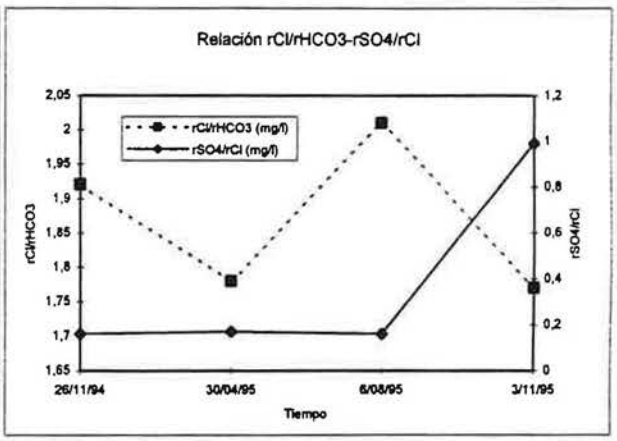
1-6-12

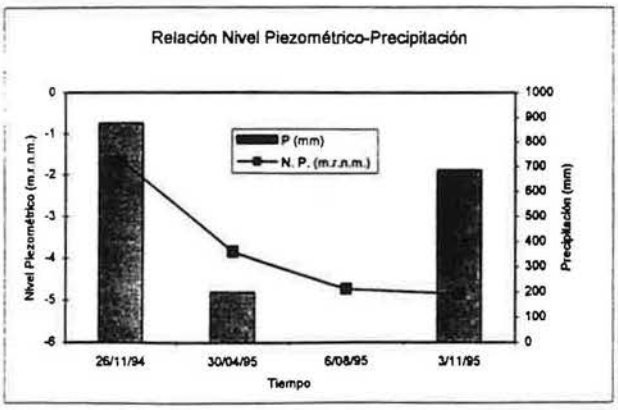
Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	216,2	800	-1,66	875	1,92	0,16	0,61
30/04/95	192	1200	-3,84	200	1,78	0,17	0,59
6/08/95	198	700	-4,72	0	2,01	0,16	0,56
3/11/95	136	1000	-4,85	685	1,77	0,99	1,24











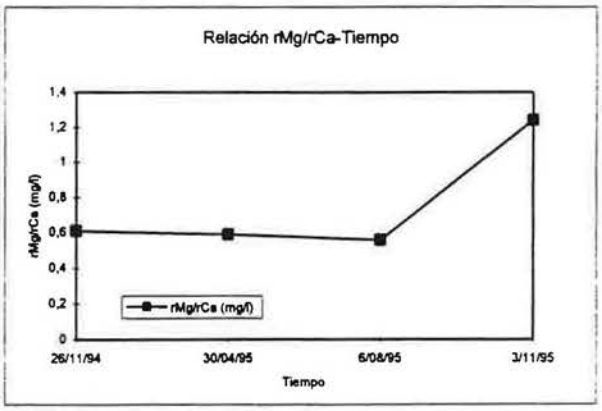


Figura 7.6. Continuación

M-2-6

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	73	200	-1,69	875	1,64	0,032	0,36
30/04/95	59	200	-2	200	1,4	0,051	0,33
6/08/95	81	200	-2,3	0	1,41	0,039	0,7
3/11/95	63	250	-3,52	685	1,38	0,052	0,63

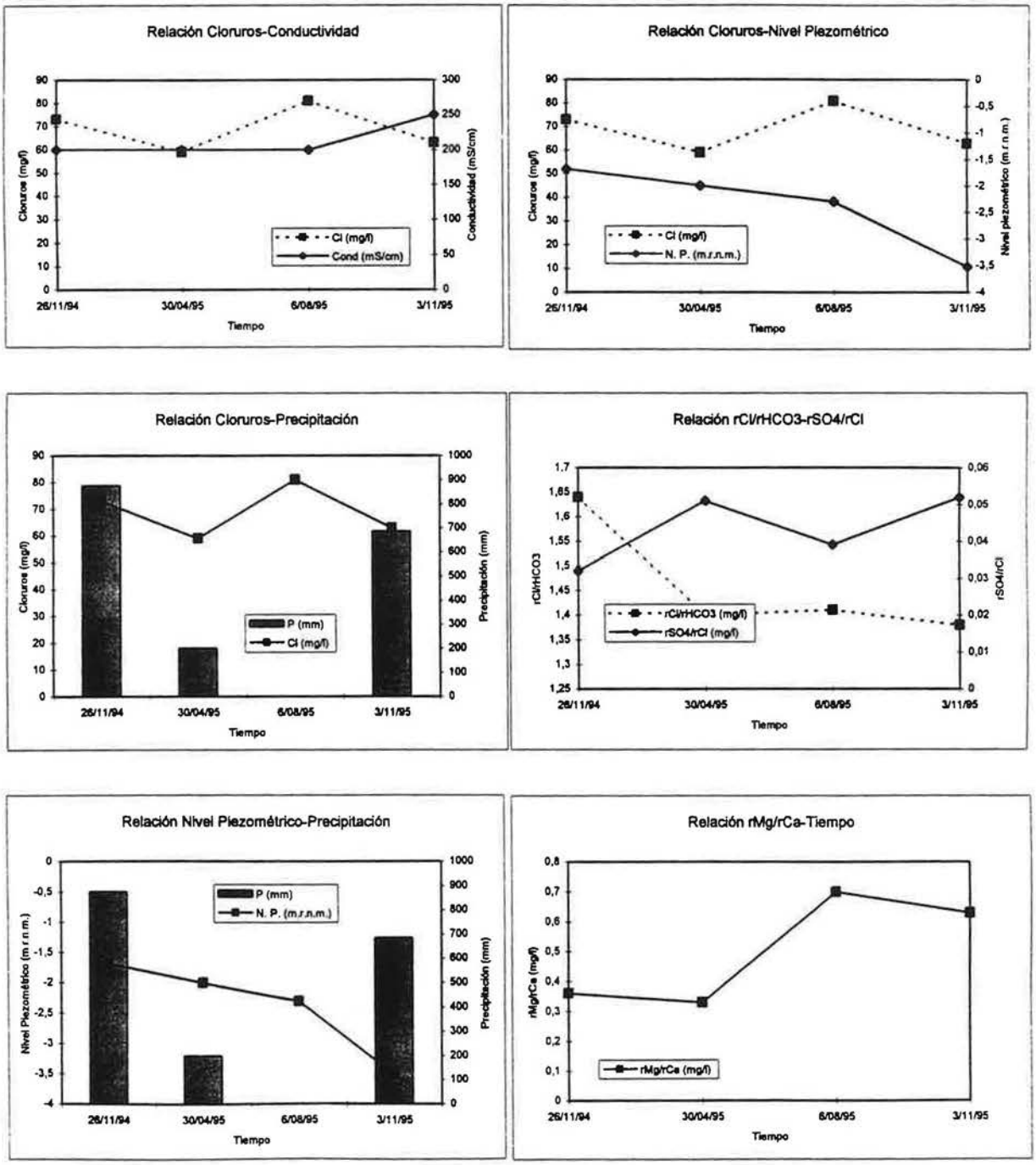


Figura 7.6. Continuación

1-4-18

Fecha	Cl (mg/l)	Cond (mS/cm)	N. P. (m.r.n.m.)	P (mm)	rCl/rHCO3 (mg/l)	rSO4/rCl (mg/l)	rMg/rCa (mg/l)
26/11/94	183,7	1300	-5,83	875	2,74	0,31	0,32
30/04/95	169	1100	-8,84	200	2,65	0,33	0,25
6/08/95	206	700	-9,97	0	2,99	0,14	0,5
3/11/95	166	700	-4,35	685	2,92	0,19	0,74

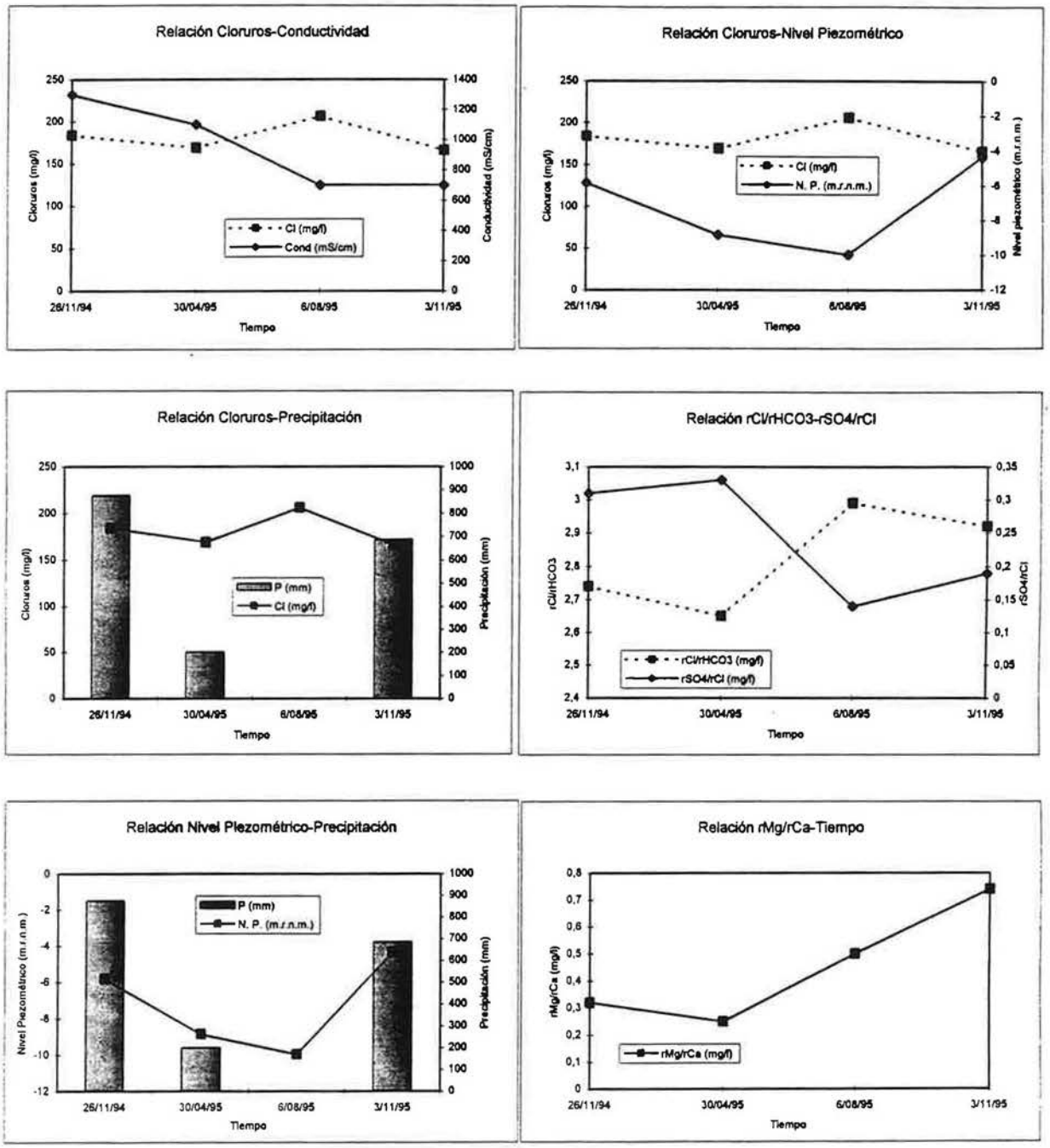


Figura 7.6. Continuación

En unos casos la relación es inversa, es decir los cloruros aumentan al descender el nivel piezométrico pero sin tendencia clara al aumento en el tiempo (caso de los sondeos AM-14, M-1-1, M-2-6, M-4-8 y 1-4-18), lo que se interpreta como efectos de dilución-concentración.

En otros casos la relación es directa y con una ligera tendencia a la disminución de los cloruros en el tiempo y una variación estacional clara, lo que se interpreta como efecto del lavado de sales congénitas en zona no saturada (como ocurre en el punto AM-12).

En otros casos las relaciones son más complejas e incluso pueden llegar a ser de tipo mixto como sucede en los puntos AM-13 y AM-17, donde se observan variaciones estacionales en la concentración de cloruros, y además para precipitaciones bajas o nulas los cloruros aumentan (efecto de lavado de sales congénitas), pero cuando son elevadas los cloruros tienden a mantenerse o disminuir (efecto de lavado más dilución) aunque el lavado sea intenso, lo que hace que se produzca una pérdida progresiva de sales de la zona no saturada hacia el acuífero y los aportes de cloruros vayan siendo cada vez menores (caso del punto AM-13).

- d) Existen oscilaciones bruscas del contenido en cloruros y de la relación $rCl^-/rHCO_3^-$, acompañadas de tendencia al descenso en la relación $rSO_4^{=}/rCl^-$ y al aumento en la relación rMg^{2+}/rCa^{2+} en aquellos puntos situados en marismas (caso por ejemplo del sondeo M-7-6), que se interpreta como recargas puntuales por infiltración de aguas superficiales saladas y/o salobres hacia niveles del acuífero con flujo muy activo y en donde las sales pueden quedar sometidas con facilidad a los efectos de dilución, dispersión, concentración, etc..

En resumen, podemos decir que el estudio de las variaciones temporales de las principales características hidroquímicas (cloruros y conductividad) y de las relaciones iónicas anteriormente mencionadas, ayuda a caracterizar el fenómeno de contaminación salina en sectores de fuertes extracciones, corroborado por el estudio de la dependencia entre lluvia-nivel piezométrico, cloruros-precipitación y cloruros-nivel piezométrico.

Por tanto, el fenómeno de salinización del acuífero debe de estar gobernado por la mezcla de aguas dulces de infiltración de lluvia, que lavan sales en zona no saturada, con aguas más salinas del acuífero (probablemente congénitas) en las que la concentración en sales fluctúa con las sucesivas recargas, con infiltración de aguas saladas desde la marisma, y con procesos de dilución-concentración (épocas húmedas-secas, y extracciones del acuífero).

7.5.2.4. Variaciones espaciales

En este apartado se estudian las variaciones espaciales de las principales características físico-químicas de los puntos considerados en la red hidroquímica en sus cuatro campañas de muestreo. En este sentido se han elaborado mapas de isocontenidos de algunos componentes y relaciones iónicas de interés, que ayudarán a caracterizar el/los proceso/s de salinización y delimitar aquellas áreas de distinta salinidad.

Tanto los datos analíticos como las medidas "in situ" se han ido procesando de forma gráfica mediante técnicas informáticas, cuya información se comenta e interpreta en los siguientes apartados.

7.5.2.4.1. Mapas de isocontenido

- CLORUROS

La distribución espacial de los cloruros (figura 7.7) es similar a la de la conductividad (figura 7.8), por lo que las conclusiones que se obtienen son también aplicables a este parámetro ya que el origen es idéntico.

Podemos observar que la distribución espacial del ión Cl^- en las 4 campañas es prácticamente igual, asimismo la conductividad presenta idéntica distribución, dándose en ambas los valores más elevados en la zona donde se ubican los puntos AM-12, AM-13, AM-14, AM-16 y AM-17. Esto concuerda con las fuertes extracciones que se han venido produciendo en la zona desde que se puso en funcionamiento el Plan de Regadíos. De igual modo, la distribución espacial del ión Na^+ (figura 7.9) presenta idéntica morfología dándose los máximos valores de concentración en la misma zona, lo que obedece a un proceso de salinización que se ve favorecido por las fuertes extracciones en el sector.

- SULFATOS

Es un ión que procede del lavado de suelos formados en condiciones áridas y próximos por lo general al mar. En otro sentido puede proceder de la oxidación de sulfuros en rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias, cuando por alguna circunstancia hay oxigenación importante, por disolución del sulfato cálcico hidratado (yeso), por contaminación urbana, industrial y agrícola, etc..

Por lo general, los sulfatos son solubles en agua y de forma bastante estable, pero al asociarse con cationes como calcio o magnesio, forman compuestos insolubles que precipitan y al evaporarse el agua forman unas costras muy insolubles.

En un medio reductor, el agua pierde agresividad, que en definitiva se traduce en la pérdida de CO_2, y la correspondiente insolubilización del carbonato cálcico. Si el medio se vuelve reductor, puede ocurrir otro fenómeno que es la reducción de sulfatos (CUSTODIO y LLAMAS, 1983), mediante el cual el oxígeno de los sulfatos podría ser utilizado por ciertas bacterias.

En la figura 7.10 solo se constata una reducción del contenido en sulfatos a favor del flujo principal (NW-SE), que se justificaría por el mero hecho de la pérdida de alcalino-térreos, ya que lo primero que se satura es el bicarbonato (CUSTODIO y LLAMAS, op. cit.) y luego el sulfato. Además, en dicha figura se observa que el contenido en sulfato varía de una campaña a otra y pasa de una concentración máxima de 34 meq/l en la primera a 26 meq/l en la última; se observa también que las isolíneas presentan elevaciones notorias en las proximidades de

los sondeos AM-12, AM-13 y AM-17 en las tres primeras campañas, mientras que en la última tienden a disminuir.

- BICARBONATOS

La distribución espacial del bicarbonato muestra un descenso moderado en el sentido del flujo subterráneo, situación que se observa claramente en el mapa de isocontenidos de la 1ª campaña (figura 7.11), con valores mínimos de 5 ppm al sureste y aumentado hacia el noroeste con máximos de 235 ppm.

A partir de la 3ª campaña la distribución espacial aumenta desde el sector central hacia el suroeste y noreste, indicando que es en este sector central donde existen las menores concentraciones de bicarbonatos que coincide con las máximas concentraciones de sulfatos, por lo que cabe suponer que existe una perdida en el tiempo de la facies hidroquímica primitiva que era bicarbonatada cálcico-magnésica.

- SÍLICE

Aunque este componente no tiene interés en los estudios de salinización de acuíferos, se comenta aquí su variación espacial por la preponderancia de la sílice en la litofacies del acuífero.

En la figura 7.12 se observa cómo en general aumenta la concentración hacia el noroeste, con valores mínimos de 0 ppm en la 1ª campaña en el sondeo AM-13 y máximos de15 ppm en la última campaña (sondeo AM-17). En este caso serviría de indicador de los terrenos atravesados por el agua subterránea (materiales silíceos) y del pH del agua (alto normalmente).

- ÍNDICE DE CAMBIO DE BASE (i.c.b.)

Este es un buen indicador de la intrusión, pues es menor cuanto mayor es el porcentaje del agua de mar existente en la mezcla (MORELL et al., 1986). Los valores en el agua de mar oscilan entre 1,2 a 1,3; en salmueras con Cl>500 es siempre positivo y en aguas poco salinas pueden ser tanto positivo como negativo (CUSTODIO y LLAMAS, 1983), aunque al ir aumentando la salinidad de un agua, el valor del icb tiende a crecer lentamente (SCHOELLER, 1956). La figura 7.13 muestra los mapas correspondientes a las cuatro campañas con líneas de igual icb; en ellos se observa que en todos los valores son positivos, variando entre 0 y 1.

La distribución de las isolíneas cambian de una campaña a otra, lo cual podría estar relacionado con las fluctuaciones de la zona de mezcla (interfase salina). Esta interfase parece ser que avanza hacia el NW, produciéndose un enriquecimiento en ión cloruro, fenómeno que se pone de manifiesto por una salinización del acuífero en esta dirección, con valores de icb positivos entre 0 y 1, que abarcan la totalidad de la zona de estudio.

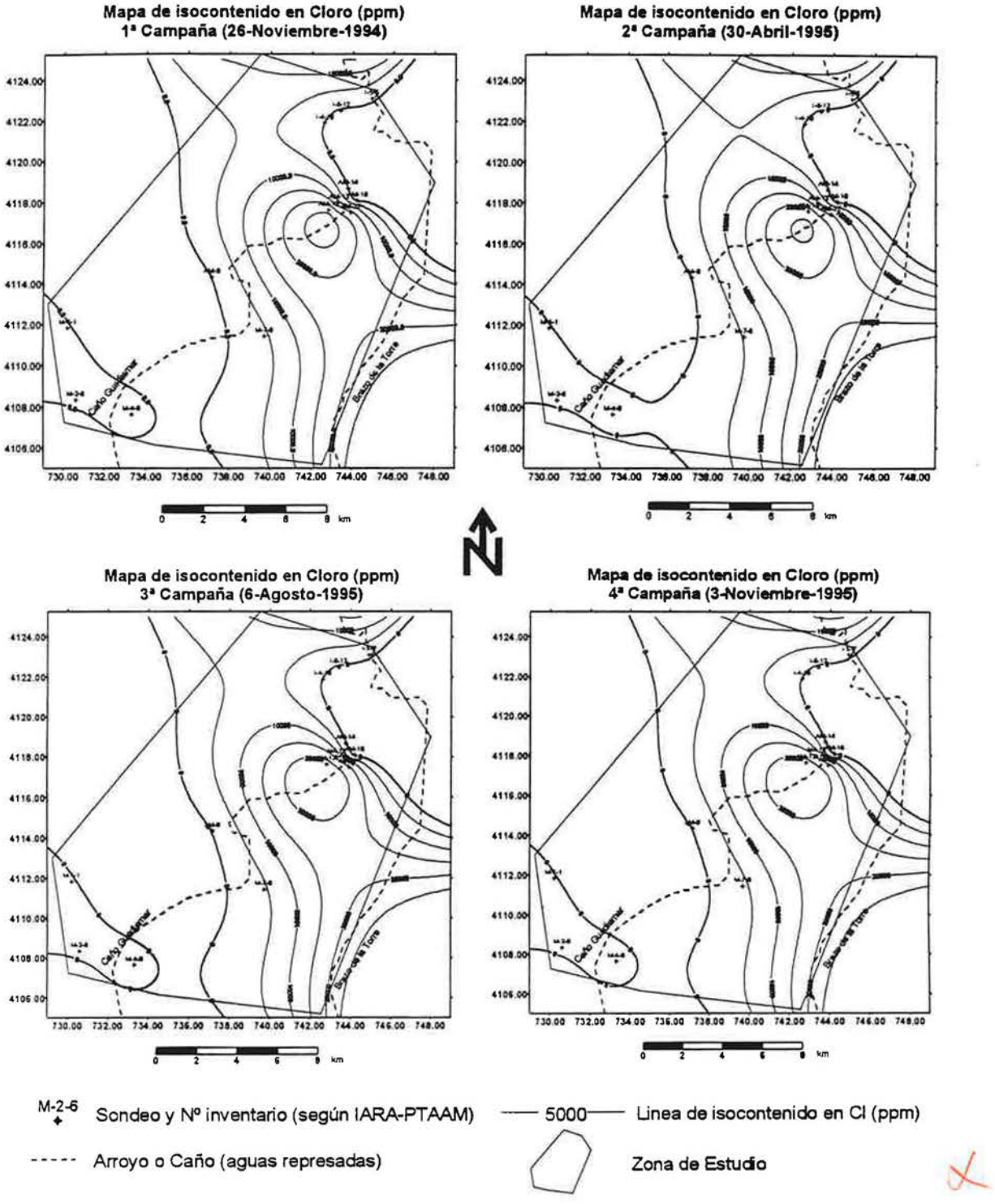


Figura 7.7. Mapas de isocontenido en cloruros

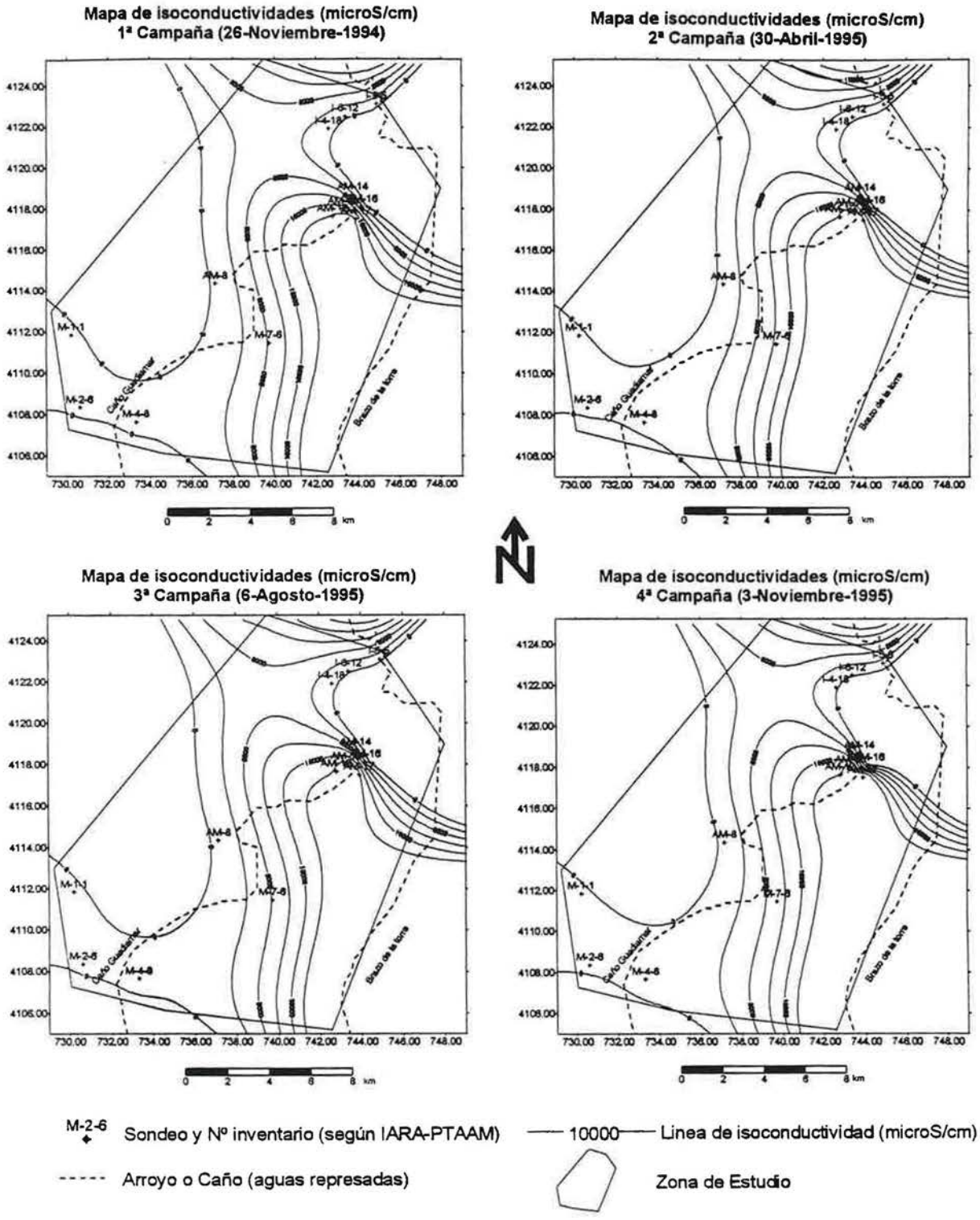


Figura 7.8. Mapas de isoconductividades

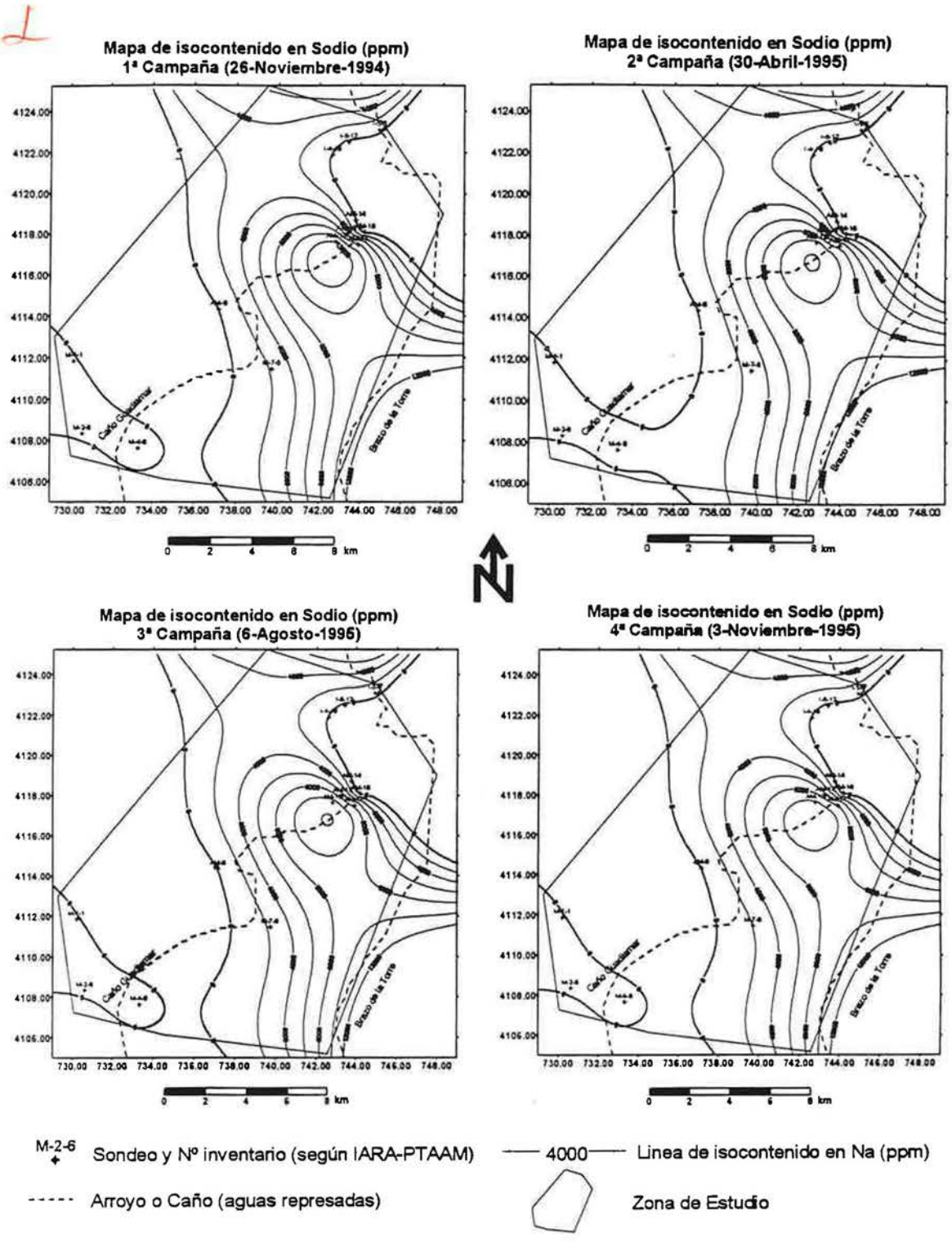


Figura 7.9. Mapas de isocontenido en sodio

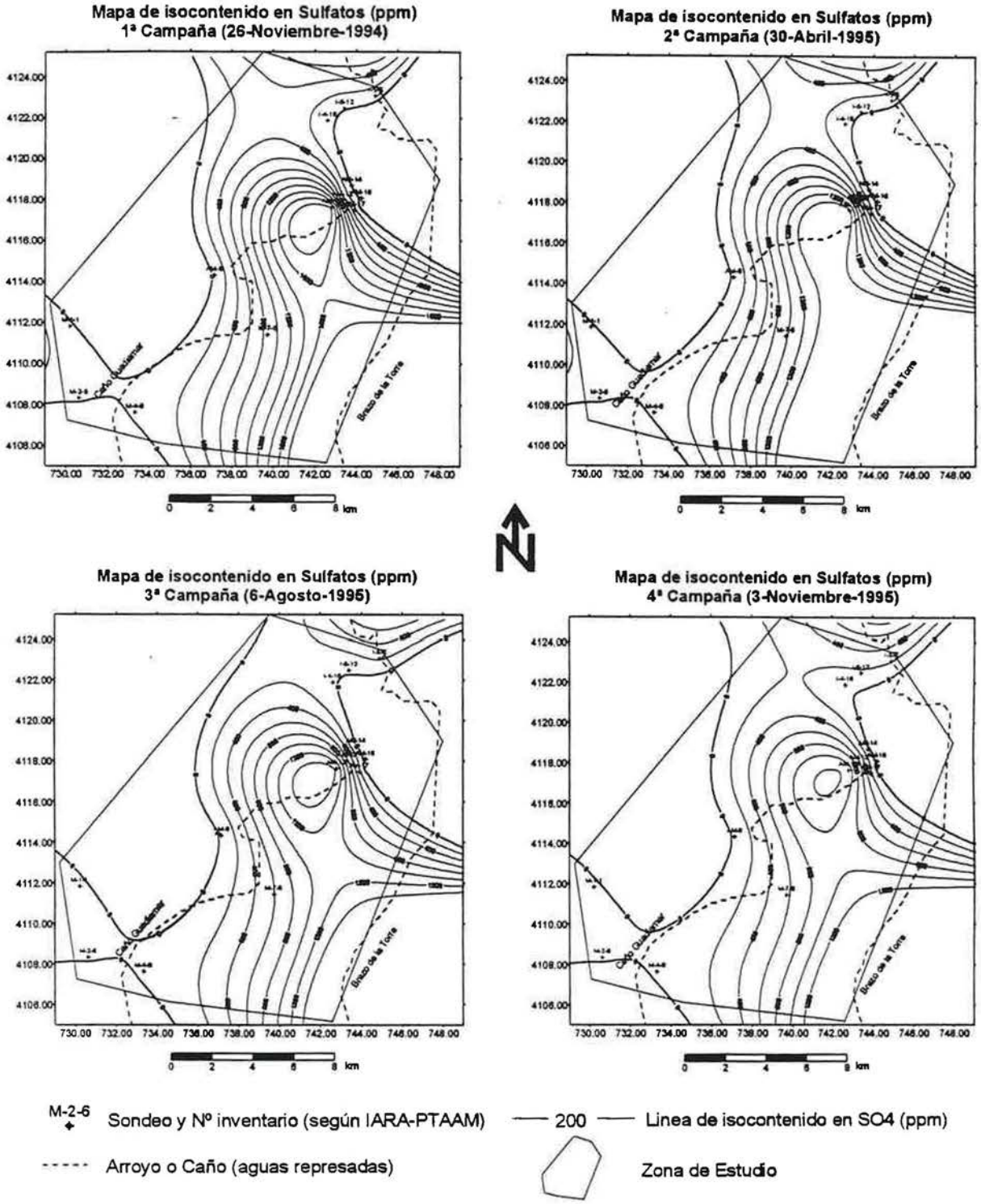


Figura 7.10. Mapas de isocontenido en sulfatos

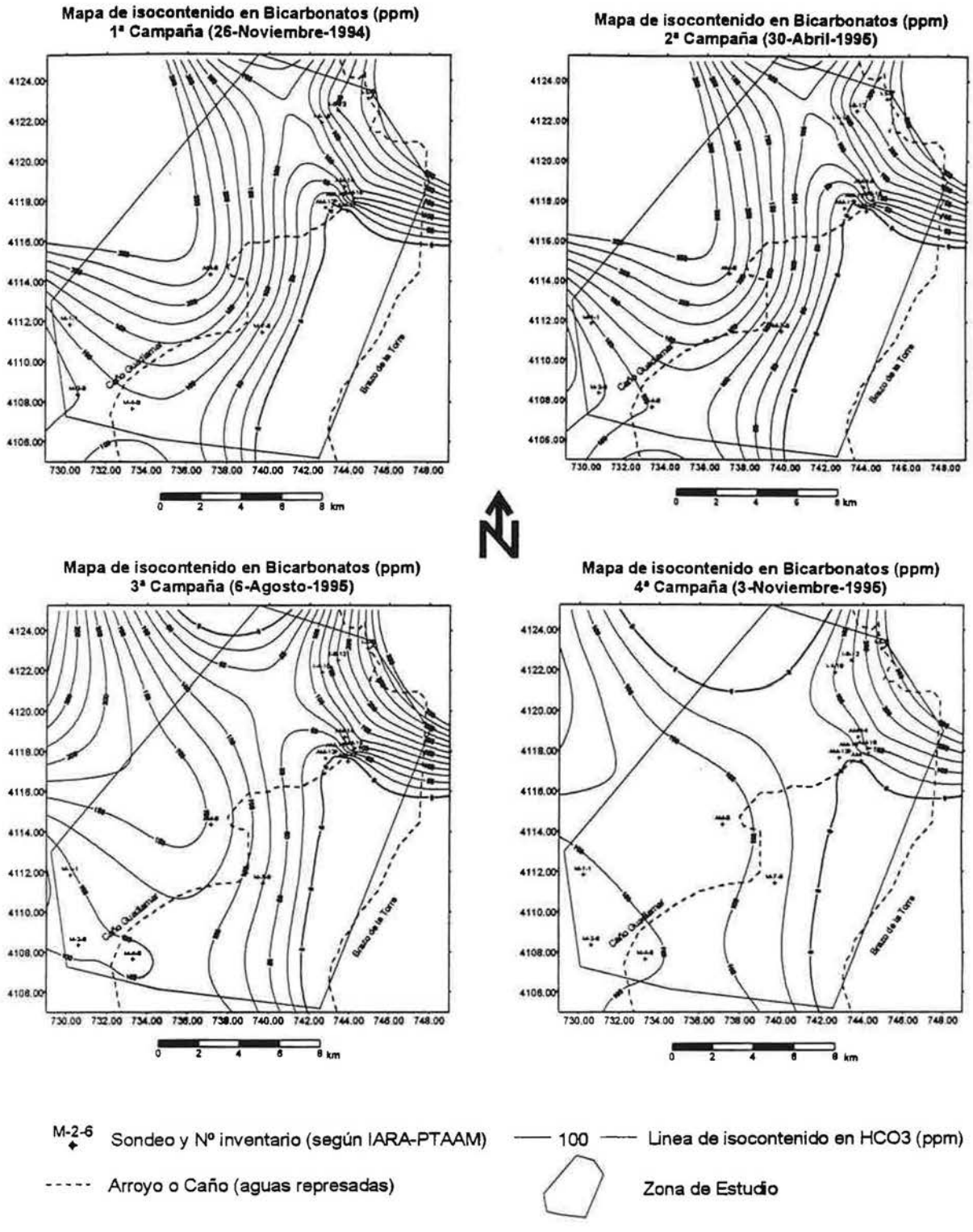


Figura 7.11. Mapas de isocontenido en bicarbonatos

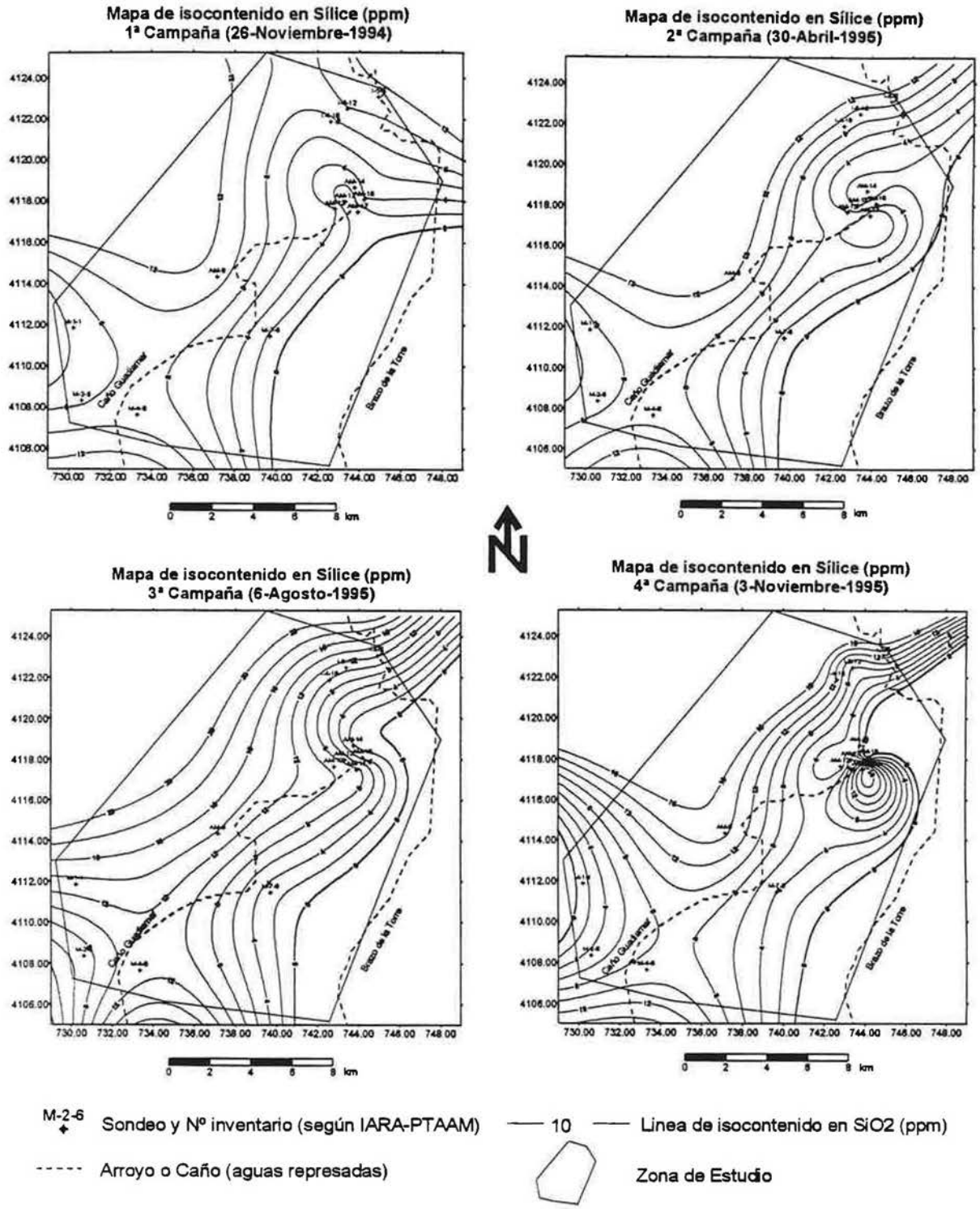


Figura 7.12. Mapas de isocontenido en sílice

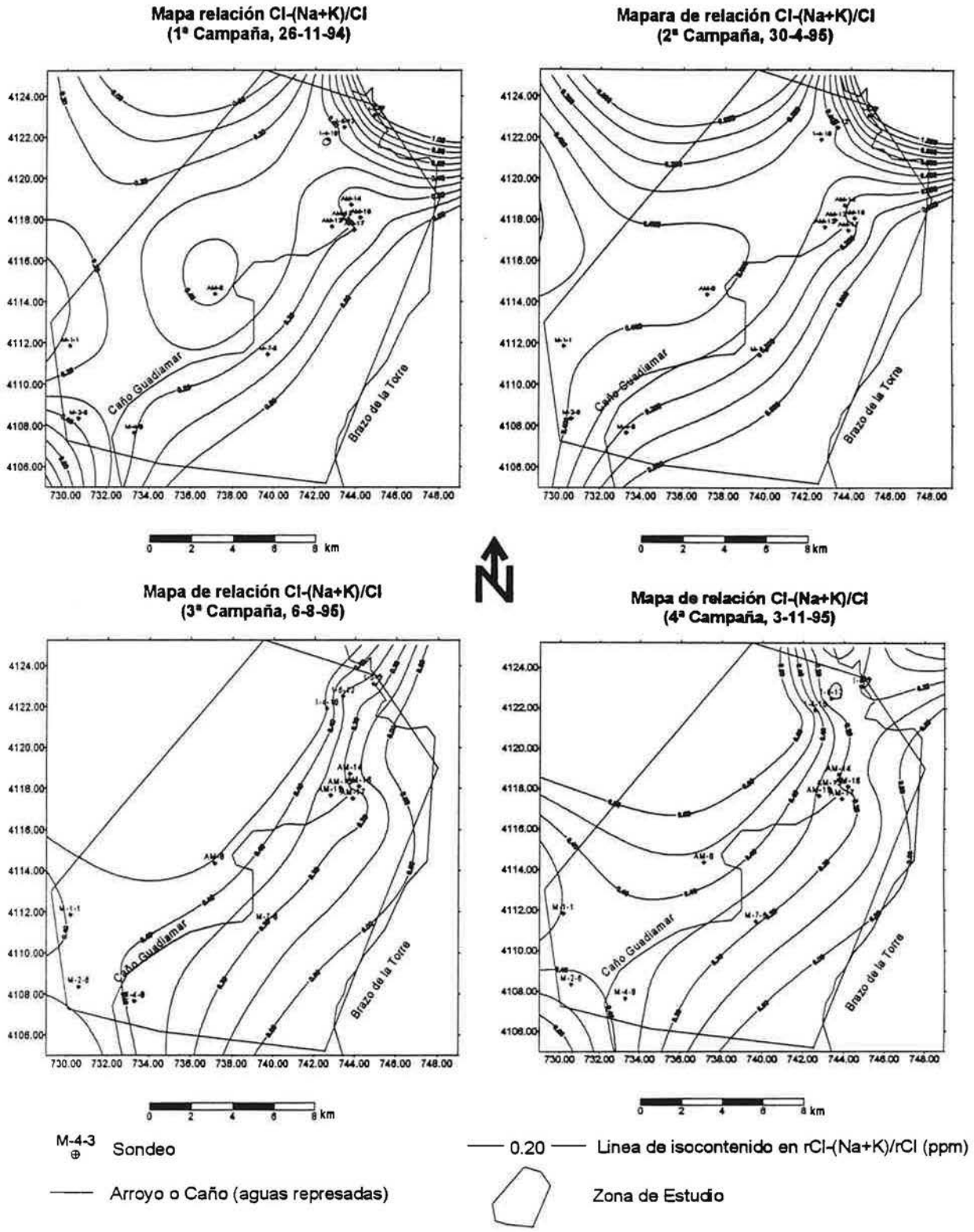


Figura 7.13. Mapas de i.c.b.

Aunque en una primera aproximación en estudios de intrusión marina la isolínea de icb=0,2 en los mapas puede dar una idea acerca de la posición de la interfase agua dulce-agua salada, en ensayos de laboratorio (MORELL, et al., 1986) han puesto de manifiesto valores de icb de aproximadamente 0,22 reproduciendo fenómenos de interacción agua-roca con aguas salobres de un 3% de salinidad, que es similar a la que presentan la mayoría de los puntos del sector. Es importante señalar que un 2% de agua marina mezclada con agua dulce hace que rebase los límites aconsejables en cloruros y que un 3% ya produce un cierto sabor salino.

Por tanto, la distribución espacial del icb permite evidenciar el proceso de salinización del acuífero.

- CALCIO y MAGNESIO

Se estudian de forma conjunta ambos iones ya que su evolución espacial (figuras 7.14 y 7.15) obedece a causas similares. En dichas figuras se puede observar que las máximas concentraciones se presentan en el sector central y tienden a aumentar hacia el sureste. Las concentraciones en el sector central, en forma de núcleos concéntricos, con crecimiento hacia el interior de ambos iones y en el tiempo, se interpretan como efectos de conoides de bombeo en donde el agua salobre (cargada de calcio y magnesio) asciende y al mezclarse con nuevos aportes de agua dulce da lugar fenómenos de intercambio catiónico (cesión de sodio y potasio del agua salobre en favor de los alcalinotérreos) cuyo resultado es el endurecimiento del agua de la zona (aumento de sales de calcio y magnesio).

Por tanto, la distribución espacial del contenido de ambos iones prueba su origen a partir de aguas muy salinas tanto del acuífero como de aportes de agua salada desde la superficie.

El aumento de la relación Mg^{2+}/Ca^{2+}, cuando existe una elevación en el contenido en cloruros nos indicaría una contaminación salina por agua de mar, por lo que si observamos la figura 7.16, se puede apreciar que las mayores relaciones de Mg^{2+}/Ca^{2+} se presentan en los alrededores de los puntos de mayor contenido en Cl^- y tiende a aumentar hacia el este; esto es debido al ya mencionado proceso de intercambio iónico, en donde el Ca^{2+} es más fijado que el Mg^{2+} y esto hace aumentar la relación entre ambos.

- SODIO y POTASIO

De los mapas de isocontenidos en ambos iones (figuras 7.9 y 7.17) se deduce que la distribución del valor de ambos, en las diferentes campañas, es similar como era de esperar, con la del contenido en Cl^- (figura 7.7) y con la conductividad (figura 7.8) para las mismas campañas.

El aumento de la concentración hacia el sector central, al igual que en el anterior apartado, apuntan de forma inequívoca a una procedencia del agua de mar atrapada por los sedimentos y por infiltración de aguas saladas desde la superficie.

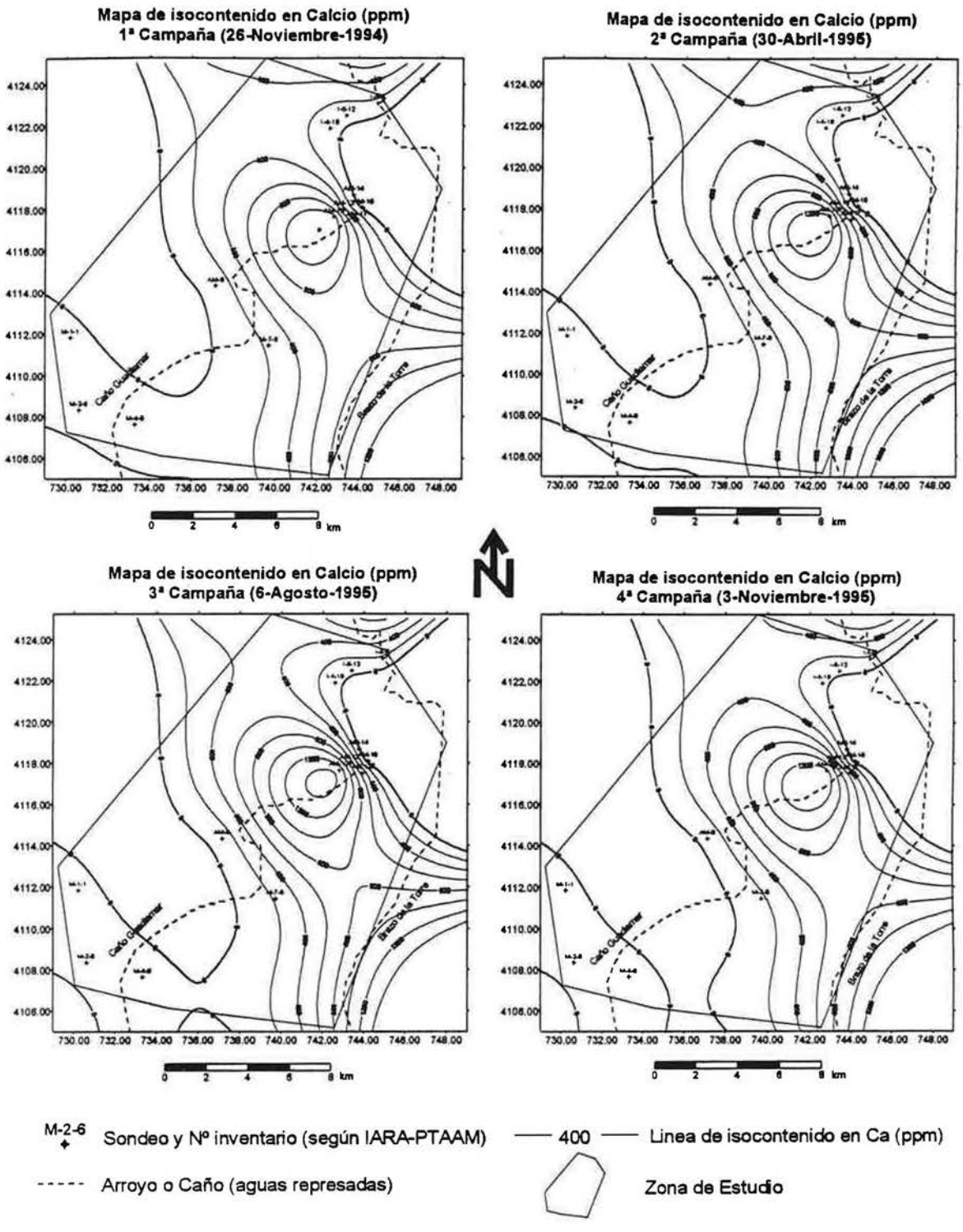


Figura 7.14. Mapas de isocontenido en calcio

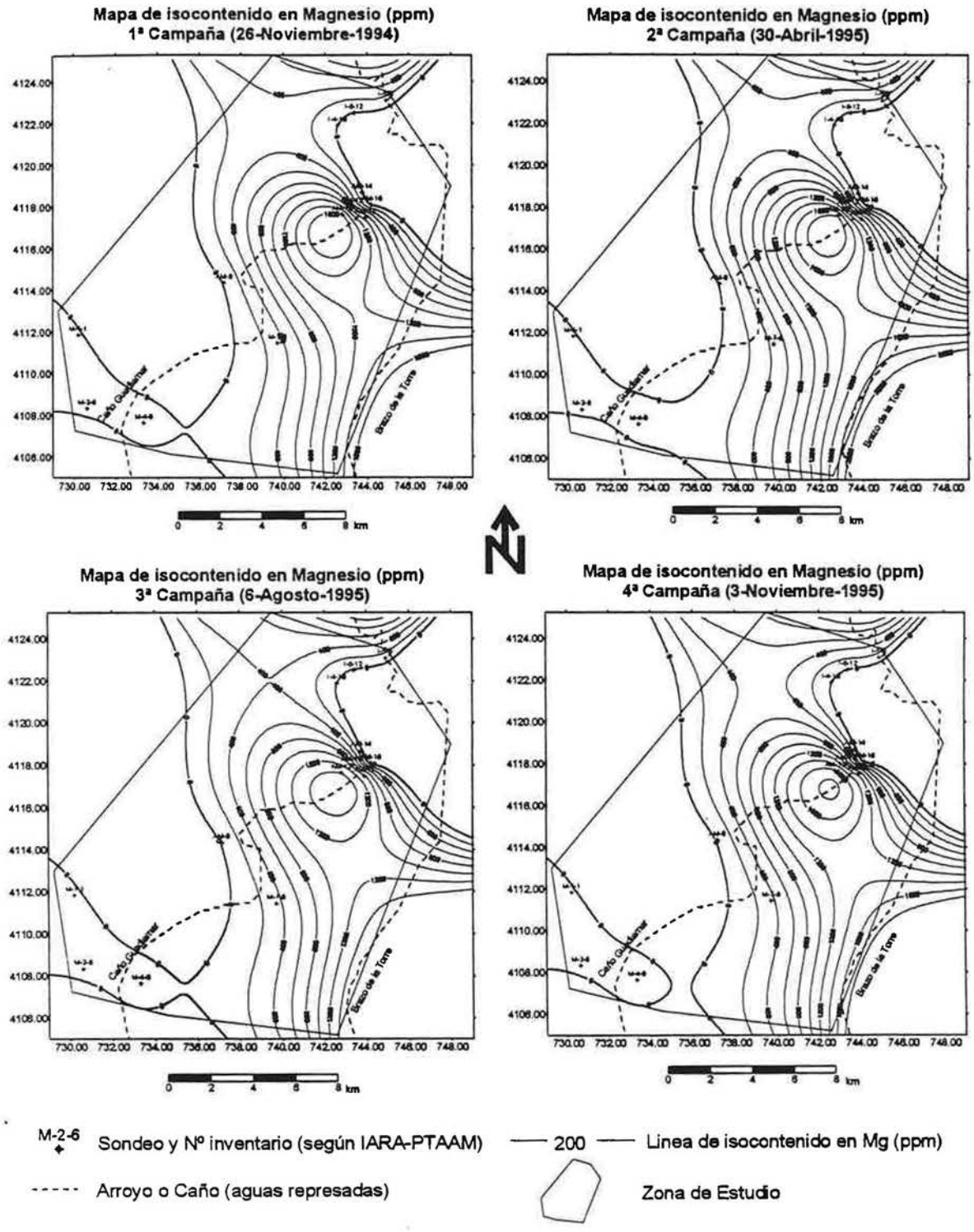


Figura 7.15. Mapas de isocontenido en magnesio

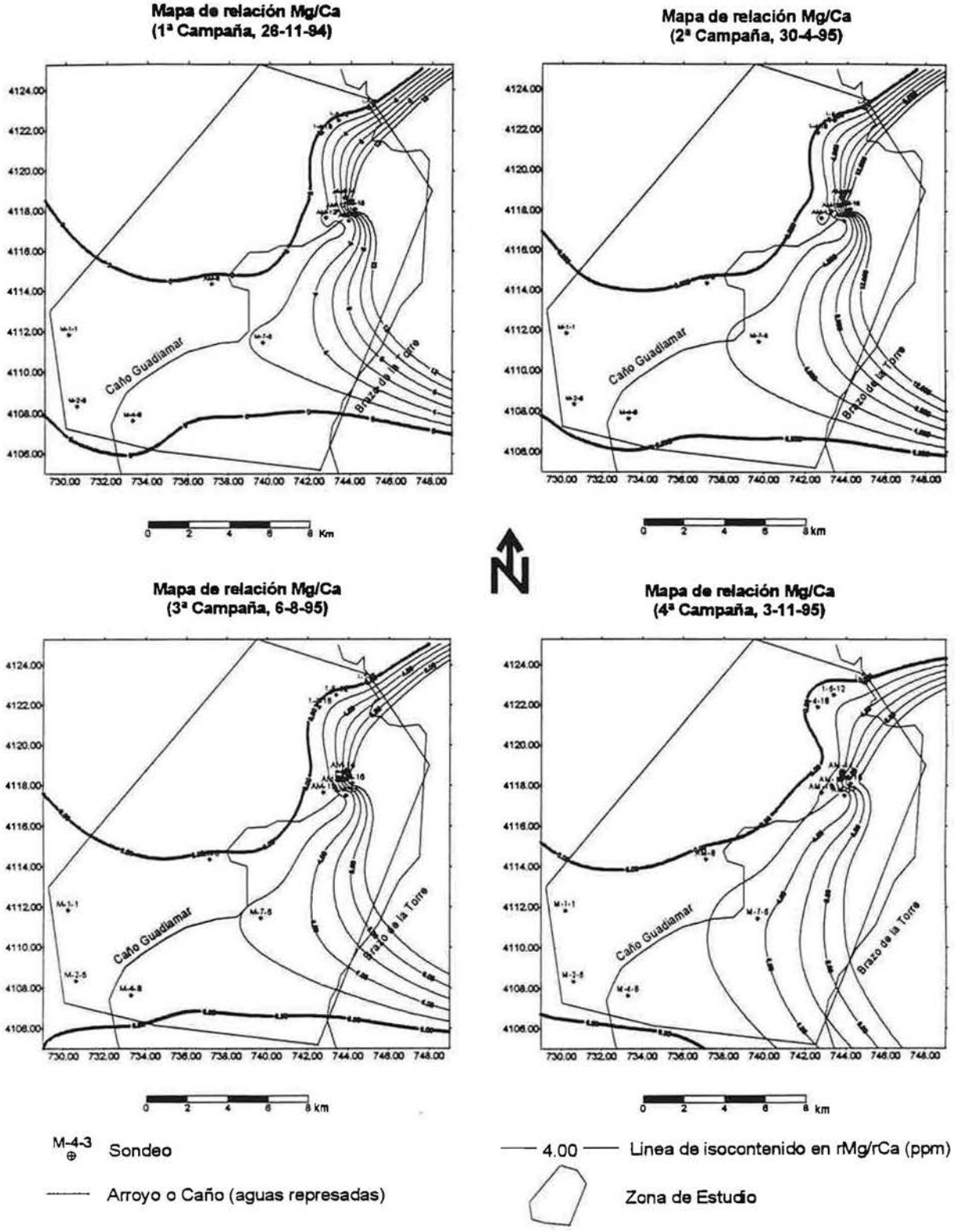


Figura 7.16. Mapas de relación Mg/Ca

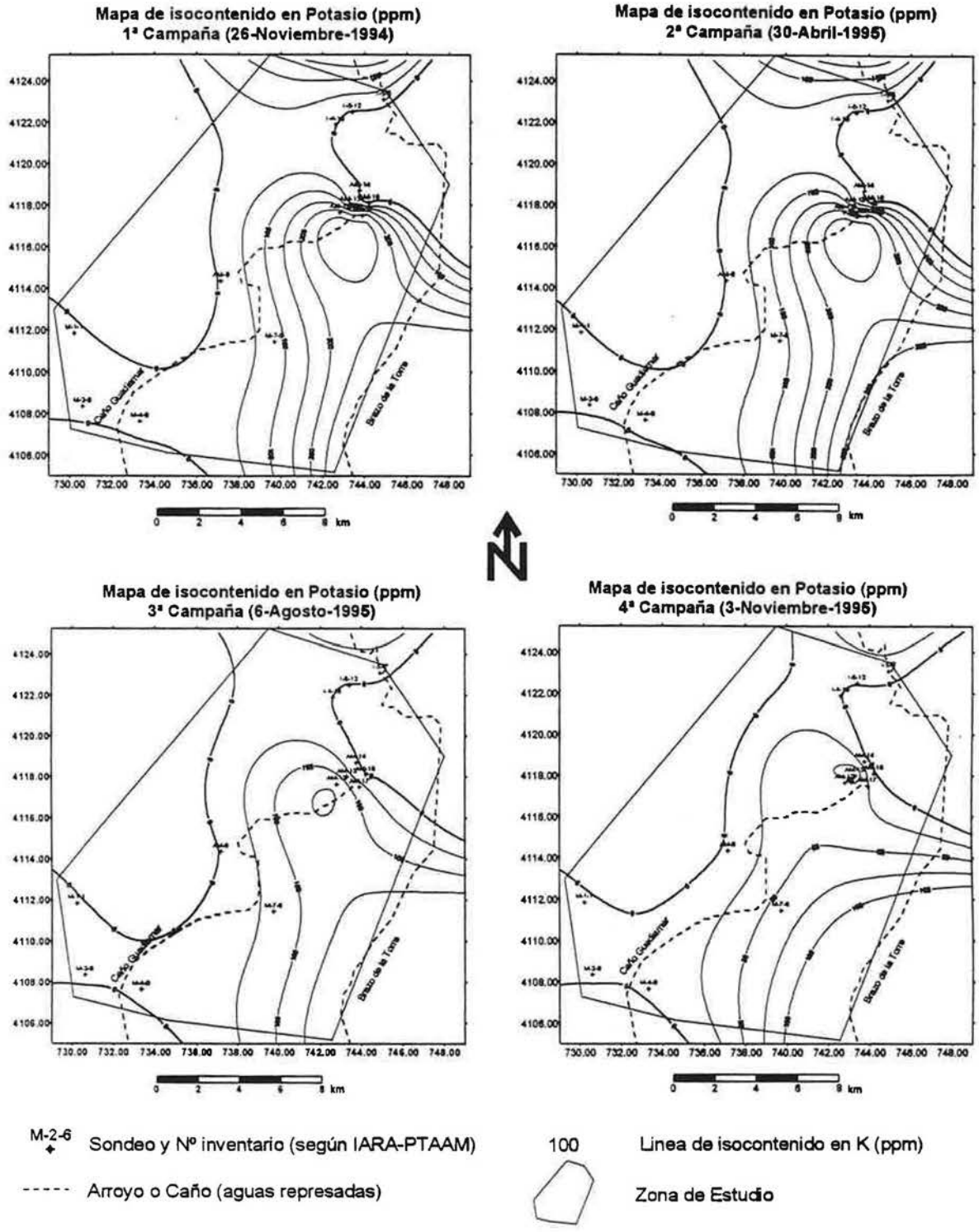


Figura 7.17. Mapas de isocontenido en potasio

- RELACIÓN rBr^-/rCl^-

Los valores más generales de este índice en el agua de mar son del orden de $1,5x10^{-3}$ (MORELL, et al., 1986) y $1,7x10^{-3}$ (CUSTODIO y LLAMAS, 1983). Cuando se alejan de este rango hay que pensar en la existencia de procesos de salinización no ligados directamente a la intrusión marina, y que pueden pasar desapercibidos con el único control del ión cloruro.

Valores inferiores a los mencionados estarán relacionados con aportes de Cl^- no ligados al agua de mar (aguas retenidas en el suelo con escaso flujo y elevación por consiguiente de la salinidad en el tiempo), y valores superiores pueden corresponder a aguas enriquecidas en Br^- como ocurre en las salmueras o en aguas de cuencas restringidas, en las que la relación es mayor que en las zonas activas de circulación (SCHOELLER, 1975).

En la figura 7.18 se representan las variaciones espaciales de este índice para las cuatro campañas; en la primera el valor de la relación aumenta en la dirección SE-NW desde valores de 0 a 0,07, lo que nos indica que el aporte de Cl^- no está ligado a agua de mar. En las siguientes campañas los valores de la relación no varían con respecto a la primera, a excepción de la última en donde se alcanzan valores máximos de 0,12 hacia la zona SW. Por tanto podemos decir que existe un fenómeno de salinización de origen distinto al agua de mar, que podría estar ligado a influencias de agua salada retenida en lechos del subsuelo con escasa velocidad de flujo (menor que en las zonas de flujo activo), o bien a un agua marina antigua (probablemente congénita) que ha quedado atrapada entre los sedimentos de relleno de la cuenca. Esto se puede apreciar en los diagramas de doble entrada (figura 7.19), entre el Cl^--Br^-, donde las muestras se disponen de forma exponencial, mientras que si respondiera a un proceso de intrusión marina reciente o actual la disposición sería lineal.

- RELACIÓN $rCl^-/rHCO_3^-$

Es un índice especialmente útil para caracterizar procesos de intrusión marina, pues en aguas continentales tiene valores normalmente comprendidos entre 0,1 y 5, mientras que en el agua de mar alcanza entre 20 y 50 (CUSTODIO y LLAMAS, 1983). Su rápido incremento es un excelente trazador de la contaminación por agua de mar ya que si tuviese otro origen, el incremento paralelo de la concentración de iones HCO_3^- provocaría variaciones de esta relación, menos acusada.

La evolución espacial se representa en la figura 7.20, en donde se puede apreciar que los valores de esta relación varían entre un mínimo de 0 y un máximo de hasta 4000, ocupando una franja de dirección NW-SE y englobando prácticamente a los sondeos del sector AM. Como se puede apreciar, presentan valores muy superiores a los que se podría esperar en comparación al agua de mar, por lo que cabe esperar que estos contenidos altos sean producto de un proceso de salinización lenta que ha tenido lugar en aguas atrapadas en los sedimentos y que en su momento estuvieron expuestas a contaminación por intrusión marina y que durante la colmatación de la cuenca han ido enriqueciéndose en sales de otra procedencia (lavado de suelos, ascenso capilar de niveles más salinos, et.), y que han actuado en zonas de menor flujo activo. Observese la distribución de las líneas de isocontenidos con las de

isoconductividades (figura 7.8), las cuales marcan prácticamente la misma franja.

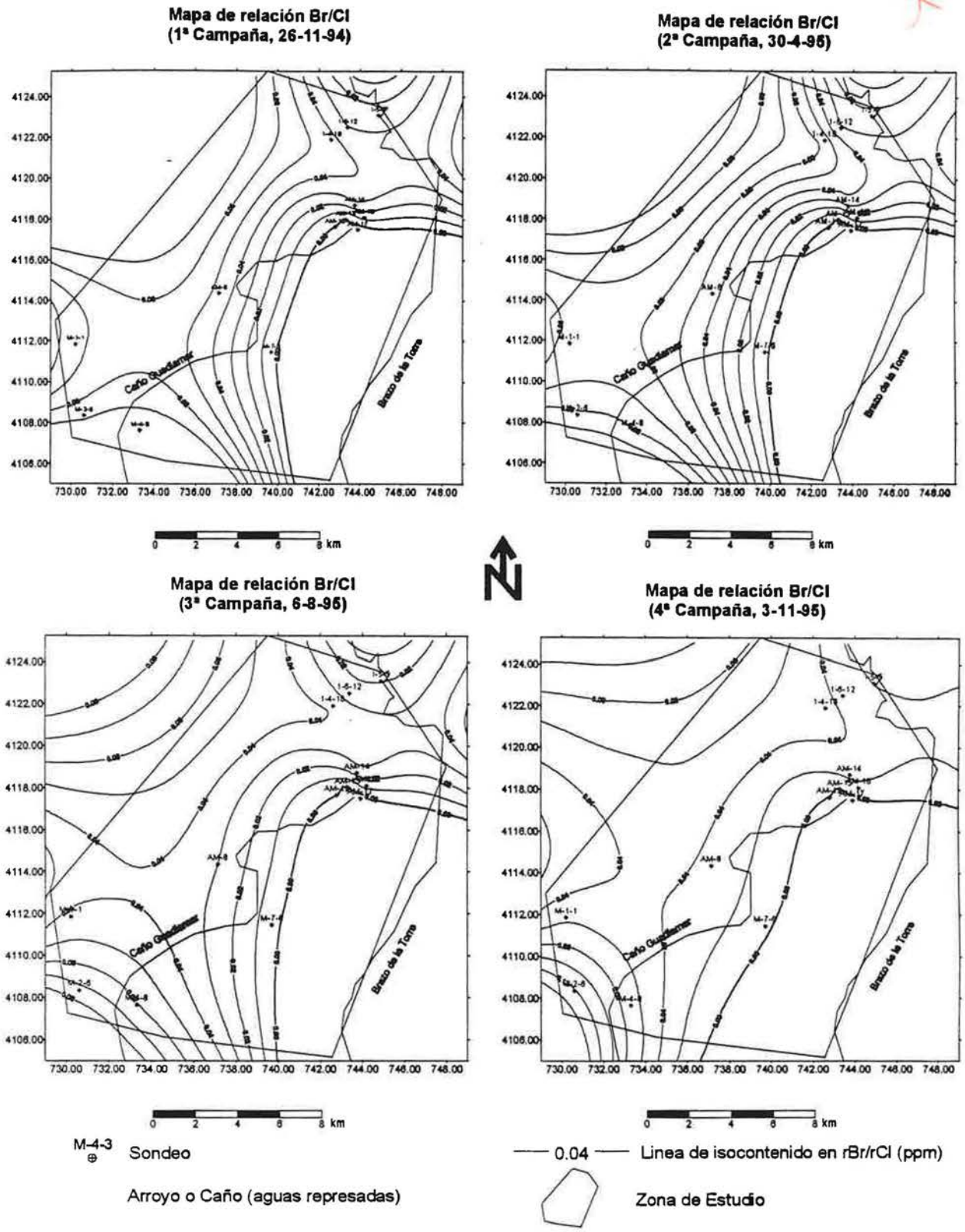


Figura 7.18. Mapas de relación Br/Cl

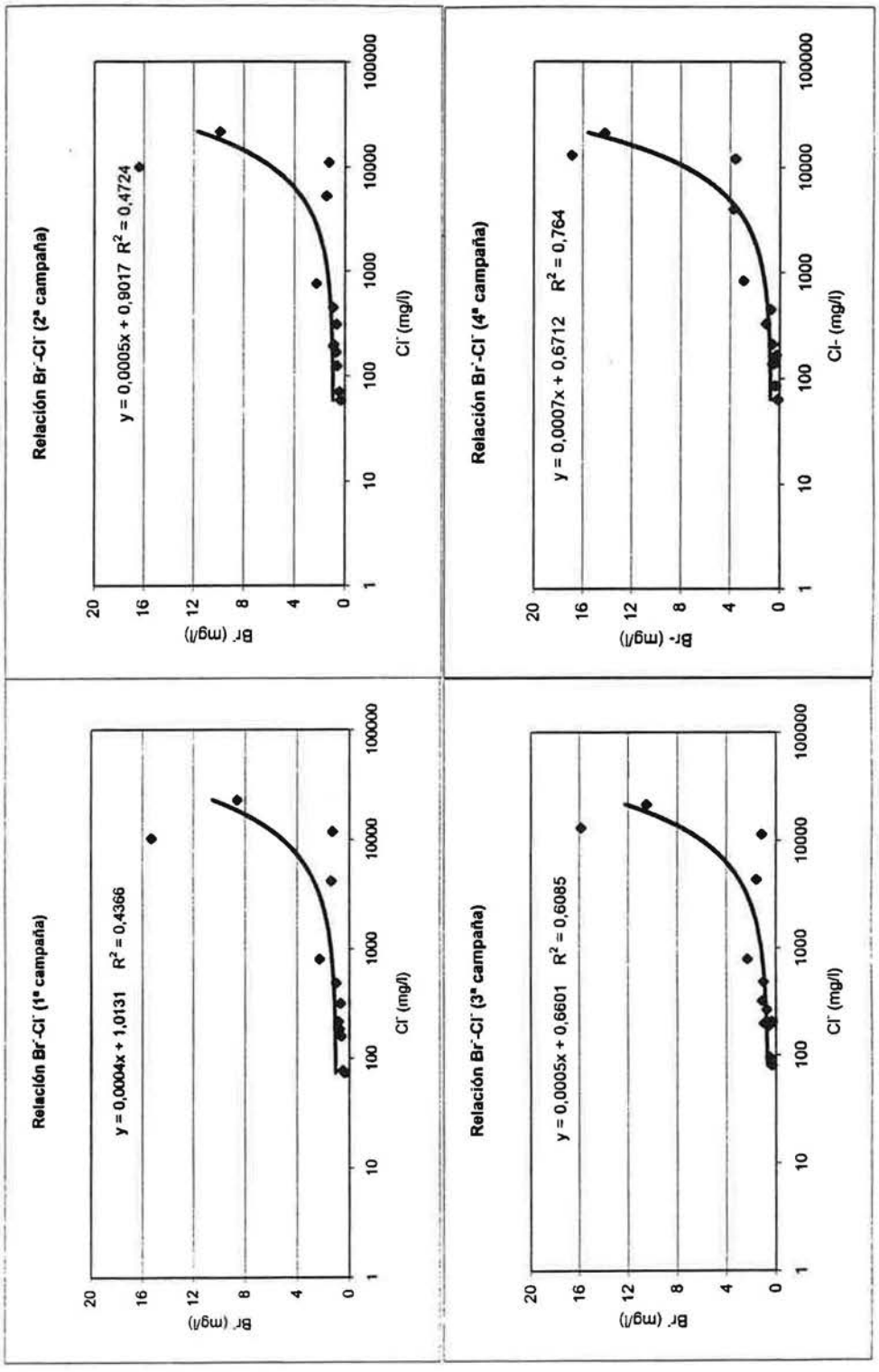


Figura 7.19. Relación entre las concentraciones de Br^- y Cl^- (mg/l) para las cuatro campañas

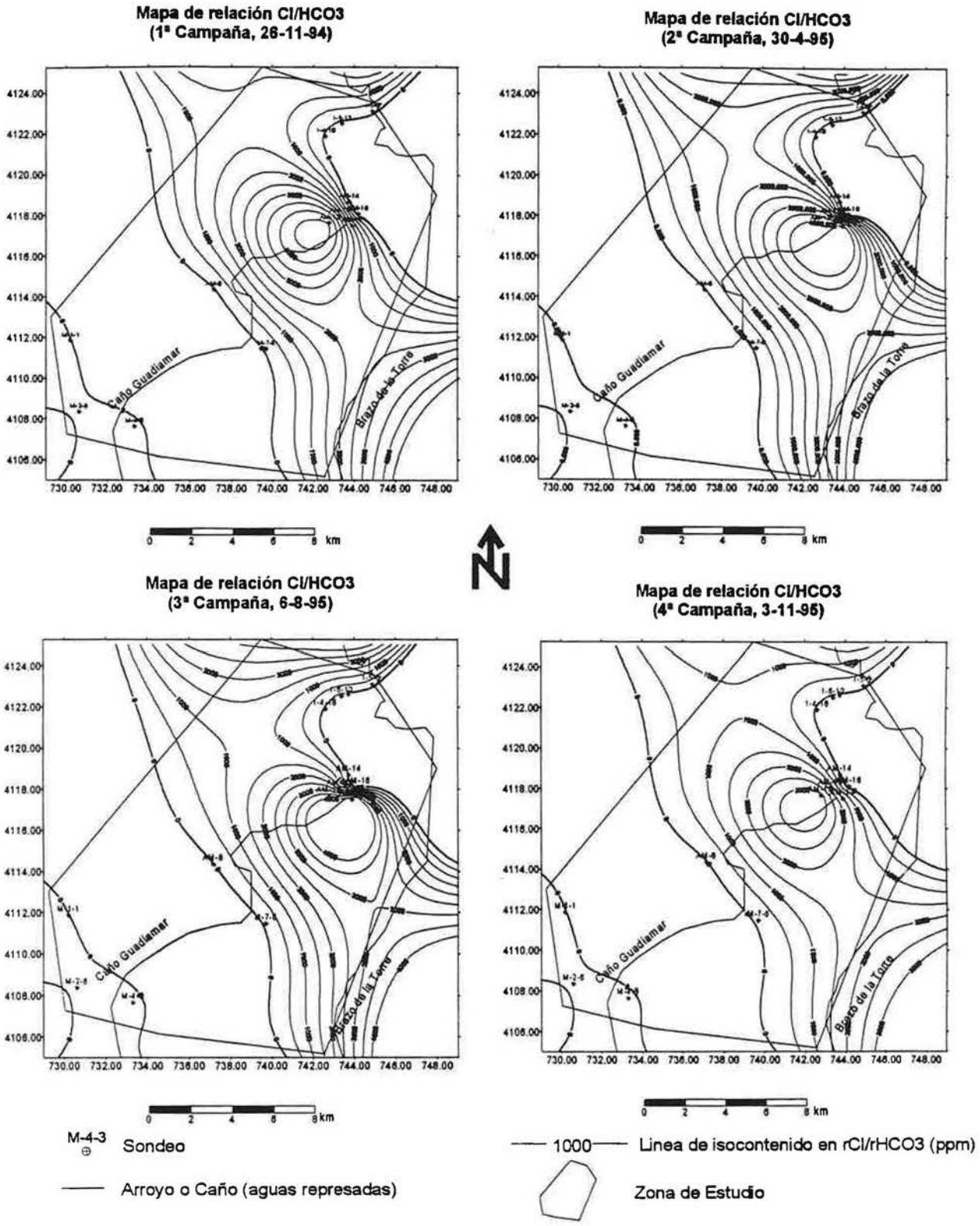


Figura 7.20. Mapas de relación Cl/HCO_3

- RELACIÓN $rSO_4^{=}/rCl^-$

Cuando no existen fenómenos de reducción de sulfatos el interés de este índice hidrogeoquímico consiste en que en aguas algo salinas el sulfato tiende a hacerse constante y la relación entonces se comporta de manera similar a la $rCl^-/rHCO_3^-$; en el agua de mar posee un valor característico (0,1) y un acercamiento de los valores de esta relación en el agua salina, puede ser indicio de contaminación por agua de mar. En nuestro caso no hay constancia de fenómenos modificadores del contenido en sulfatos por reducción, aunque bajo las amplias zonas de marismas podrían existir.

En la figura 7.21 se representa la evolución espacial de este índice, que varía entre 0 y 0,4 en la primera campaña y alcanza valores máximos de 1 en la última, valor algo elevado que podría estar ligado a aportes iónicos por aguas retenidas de escasa circulación. De todas formas, los valores más frecuentes varían entre 0 y 0,4 con un aumento hacia el NW. Por consiguiente el valor de este índice apunta también a un proceso de salinización por aguas marinas antiguas, dado los altos valores de la relación.

7.5.3. El fenómeno de mezcla

En la figura 7.22 se ha representado las relaciones entre el contenido en sólidos disueltos (TSD) y las concentraciones de Cl^- y $SO_4^{=}$ para los datos de las cuatro campañas. En ella podemos observar que, aunque existe una cierta dispersión de los puntos, la correlación con los cloruros es mucho mayor que la de los sulfatos, e incluso mayor que la de $Cl^- + SO_4^{=}$, por lo que esto nos surgiere que las muestras en su mayoría deben su salinidad principalmente al ión Cl^-, a excepción de las correspondientes a los puntos situados en la derecha de los gráficos, correspondientes a las muestras de los sondeos AM-12, AM-13 y AM-17.

Si consideramos al ión cloruro como representativo de la proporción de agua de mar en el acuífero, el estudio de las correspondencias, en forma gráfica, entre este ión y otros iones mayoritarios, así como su relación con la hipotética línea de mezcla agua dulce-agua de mar, puede resultarnos de gran utilidad para identificar procesos anexos al fenómeno de mezcla.

La figura 7.23 permite apreciar un enriquecimiento en Ca^{2+} y Mg^{2+} en casi todas las muestras respecto a la mezcla agua dulce-agua de mar, mientras que poseen un empobrecimiento en Na^+ y K^+ generalizado en todas las muestras.

Si consideramos al ión sulfato como trazador conservativo de aguas pobres en cloruros y alta relación $SO_4^{=}/Cl^-$ y, al Cl^- como trazador conservativo de la mezcla con el agua de mar (caracterizada por una baja relación $SO_4^{=}/Cl^-$), en la figura 7.23 podemos observar que existen cuatro grupos de observaciones con tipos de aguas diferentes. Los dos grupos de la izquierda, en donde claramente se puede observar que son puntos que representan la influencia del agua de mar y los dos de la derecha que en un principio poseen una baja relación $SO_4^{=}/Cl^-$ con lo que el contenido en Cl^- es mayor que la correspondiente a la línea de mezcla agua dulce-agua de mar.

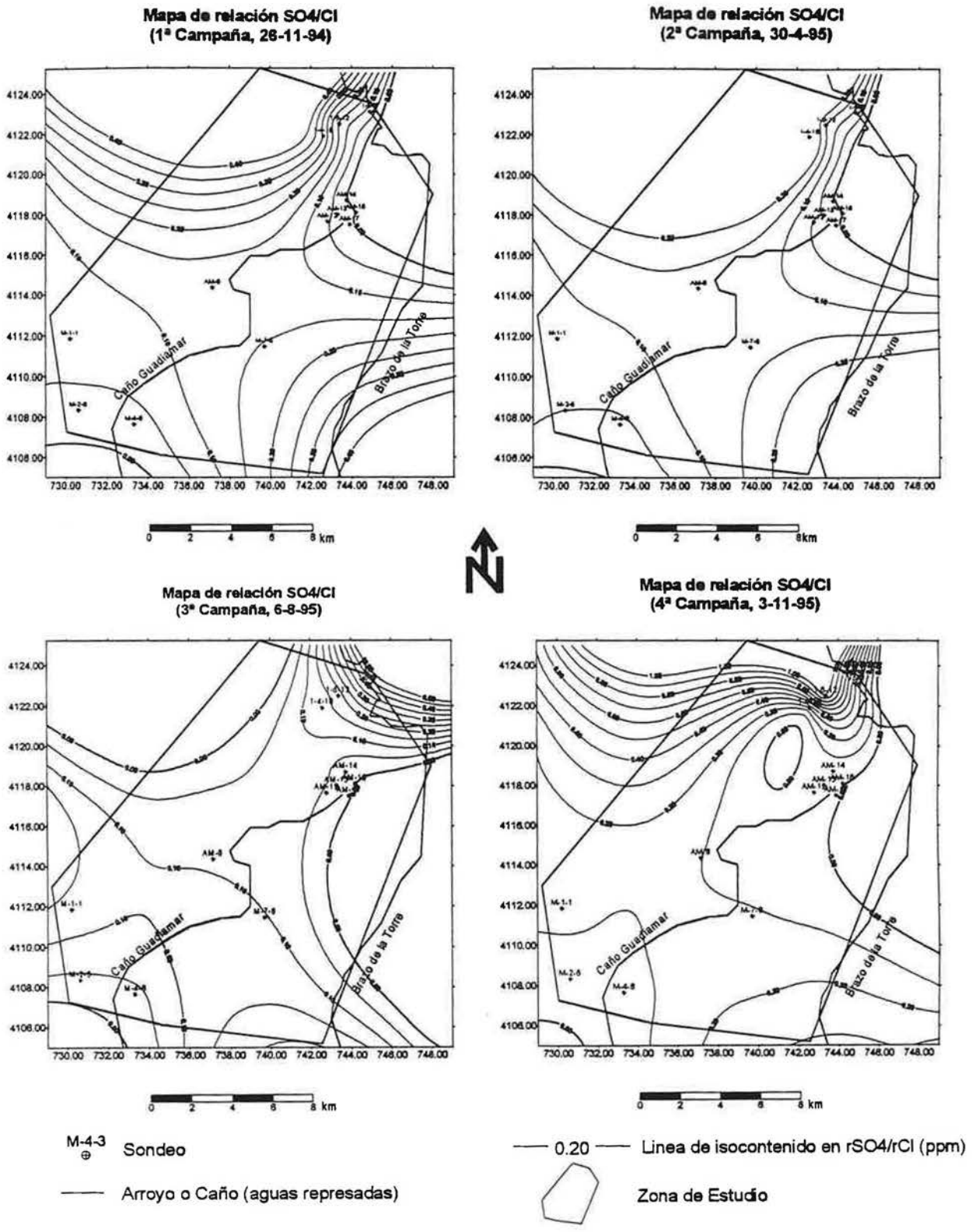


Figura 7.21. Mapas de relación SO_4/Cl

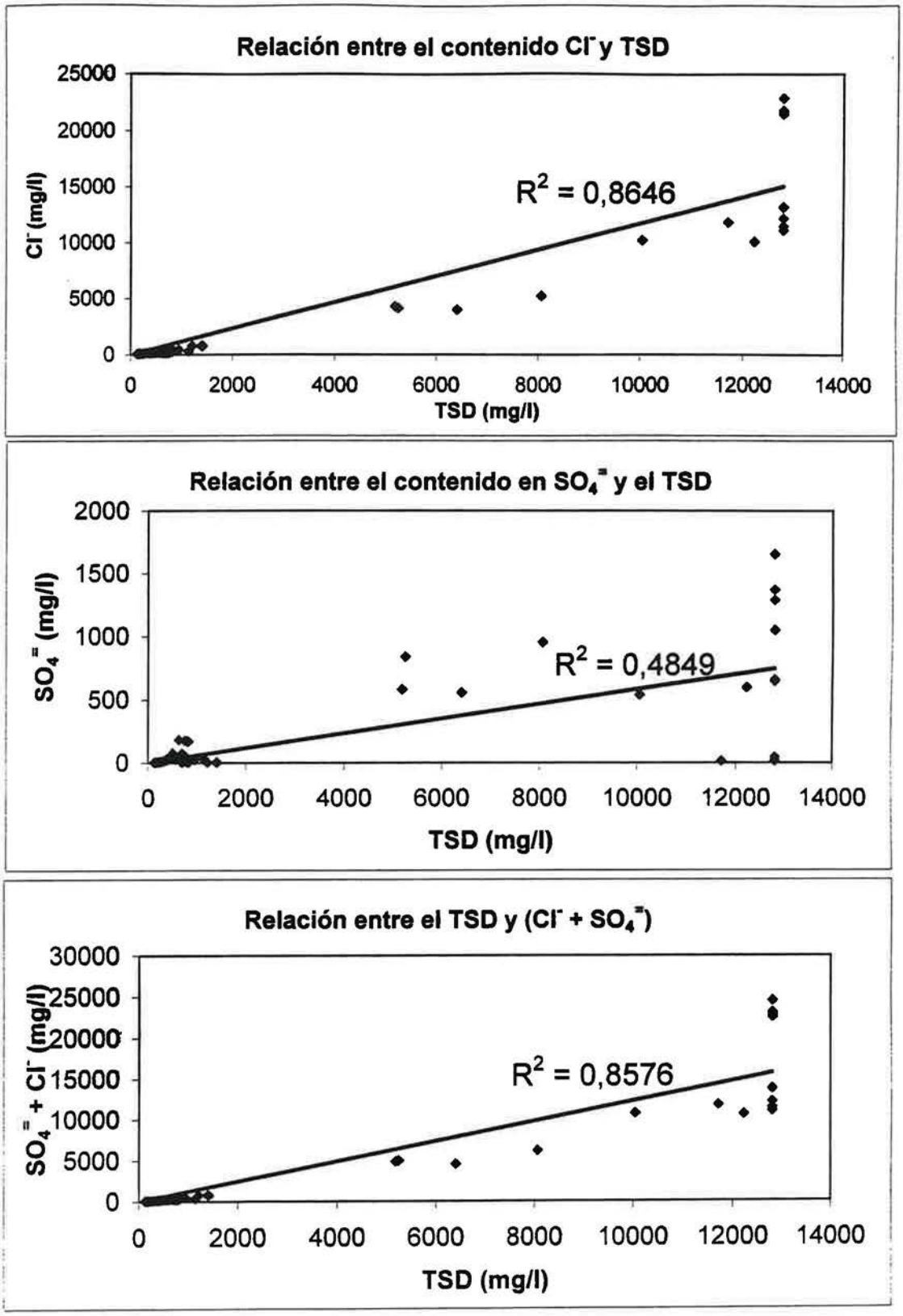


Figura 7.22. Relaciones entre el TSD, cloruros y sulfatos

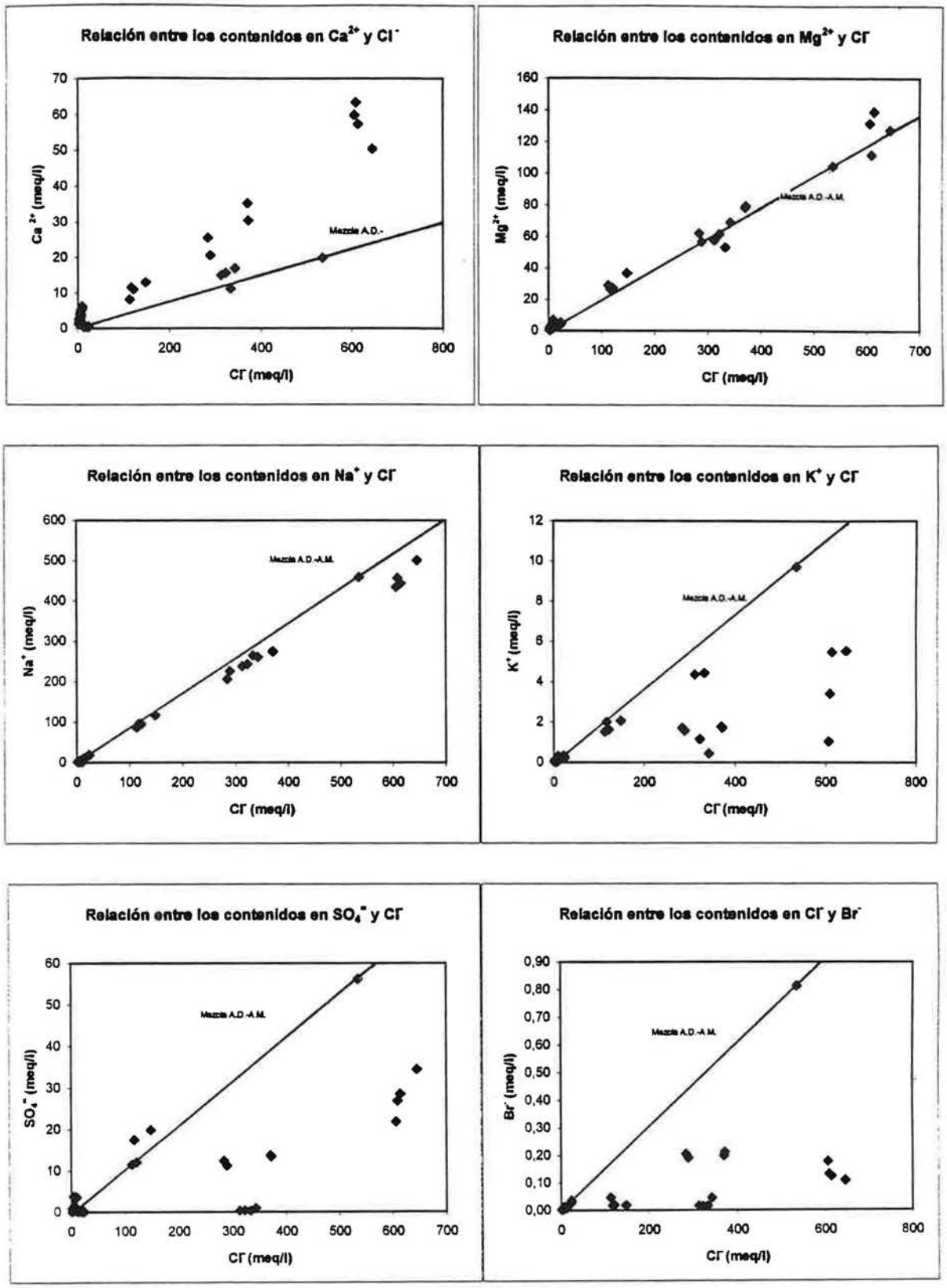


Figura 7.23. Relaciones entre cloruros e iones

Para poder reconocer los procesos modificadores, que puedan alterar la composición de la mezcla teórica agua dulce-agua de mar, o bien reconocer la relativa influencia de la componente sulfatada, la concentración areal de cada constituyente mayoritario la comparamos con la concentración teórica de la mezcla conservativa, tomando como miembros extremos de la mezcla el agua de mar (AM) y el agua más dulce del sector (AD) (anexo 4, cuadros 5 a 10).

La concentración teórica de cada muestra se calcula en base al contenido en ión Cl^-, elegido como parámetro conservativo del proceso teórico de mezcla en un sistema cerrado y presente en pequeñas concentraciones tanto en el agua dulce como en un agua enriquecida en $SO_4^=$.

Las operaciones se hacen calculando la recta de mezcla para cada ión en base a las concentraciones de este ión y del ión Cl^- en el agua dulce y agua de mar. Las diferencias entre las concentraciones reales y teóricas se expresan como Δión (en meq/l). El cálculo de los Δiónicos resulta de gran utilidad en la identificación de los procesos modificadores inherentes a la salinización por agua de mar y de otros ajenos a la misma, pues muestran de modo directo las anomalías respecto al comportamiento teórico de un proceso simple de mezcla entre las aguas del acuífero y el agua de mar.

Otras veces, el estudio de los Δiónicos permite reconocer procesos yuxtapuestos de salinización, difíciles de identificar a priori. En nuestro caso es difícil determinar la proporción de sulfato aportada por el agua de mar y el agua dulce, ya que el ión sulfato es también un componente mayoritario en el agua de mar. Por tanto, el cálculo del $\Delta SO_4^=$ resulta de gran utilidad porque puede representar la existencia de otro tipo de salinización alternativo a la del agua de mar.

Con el fin de identificar espacialmente la influencia de los tipos de salinización en el sector, diferenciados por la relación $Cl^- - SO_4^=$, se han elaborado los mapas de $rSO_4^=/rCl^-$, $\Delta SO_4^=$ y % agua de mar (figuras 7.21, 7.24 y 7.25).

En la figura 7.21 se muestra la relación $SO_4^=/Cl^-$ en el sector. En ella se muestra que los máximos valores de la relación se localizan en el sector norte, mientras que hacia el sur, los valores son inferiores a 1, lo que nos indica que en este sector hay un predominio neto del ión Cl^-. Esta situación puede verse mejor con los mapas de la figura 7.24 y 7.25. La distribución de los $\Delta SO_4^=$ (figura 7.24) identifica al sector nororiental como el que soporta los mayores incrementos de ión sulfato, y el sector central y suroriental como los que se encuentran afectados por agua de mar, tal y como se puede apreciar en la figura 7.25 que representa el % de agua de mar en base a la concentración del ión Cl^-.

En la figura 7.26 las muestras están ordenadas según un orden creciente de concentración en cloruros, independientemente de su posición espacial.

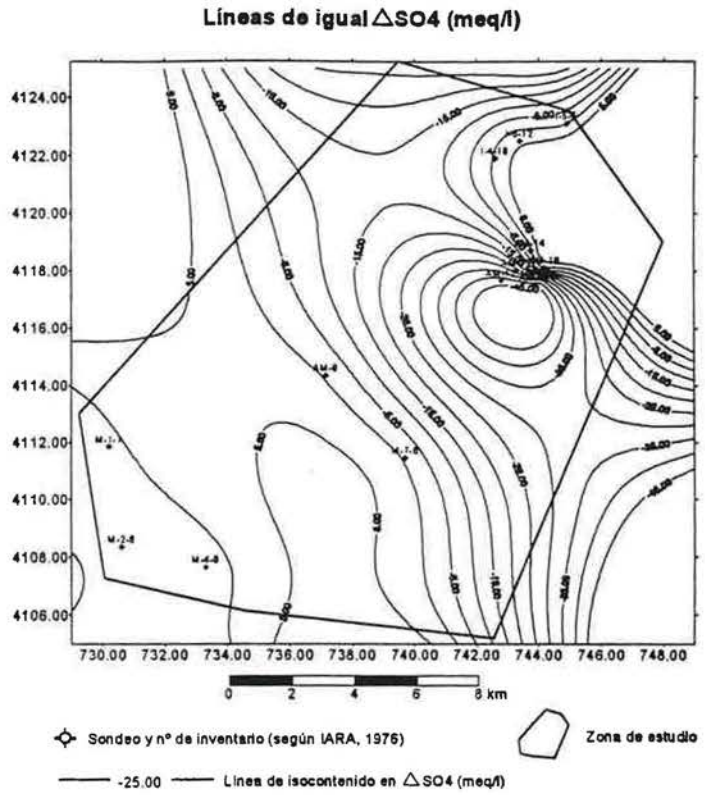


Figura 7.24. Mapa de isontenido de $\Delta\ SO_4^{=}$ (meq/l)

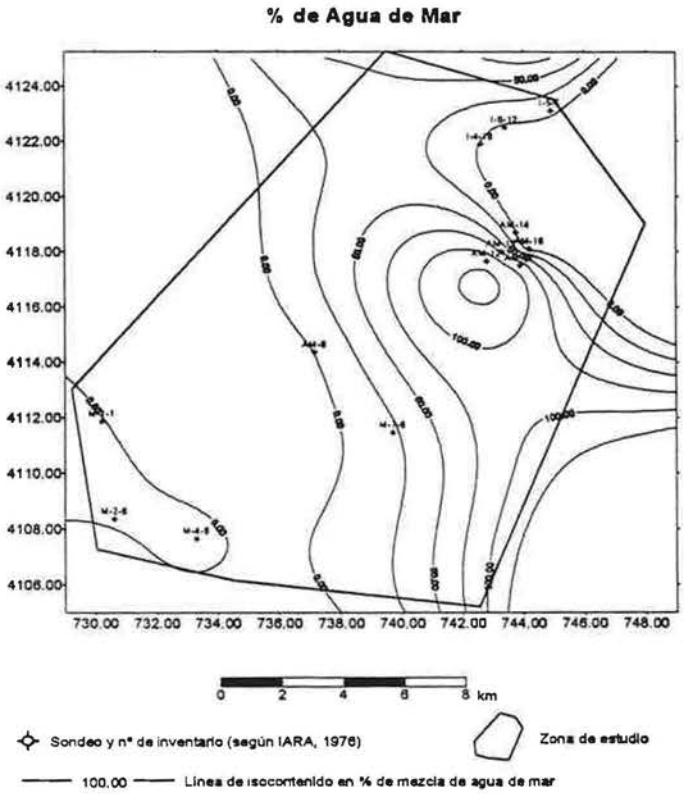


Figura 7.25. Mapa de isocontenido en porcentaje de agua de mar.

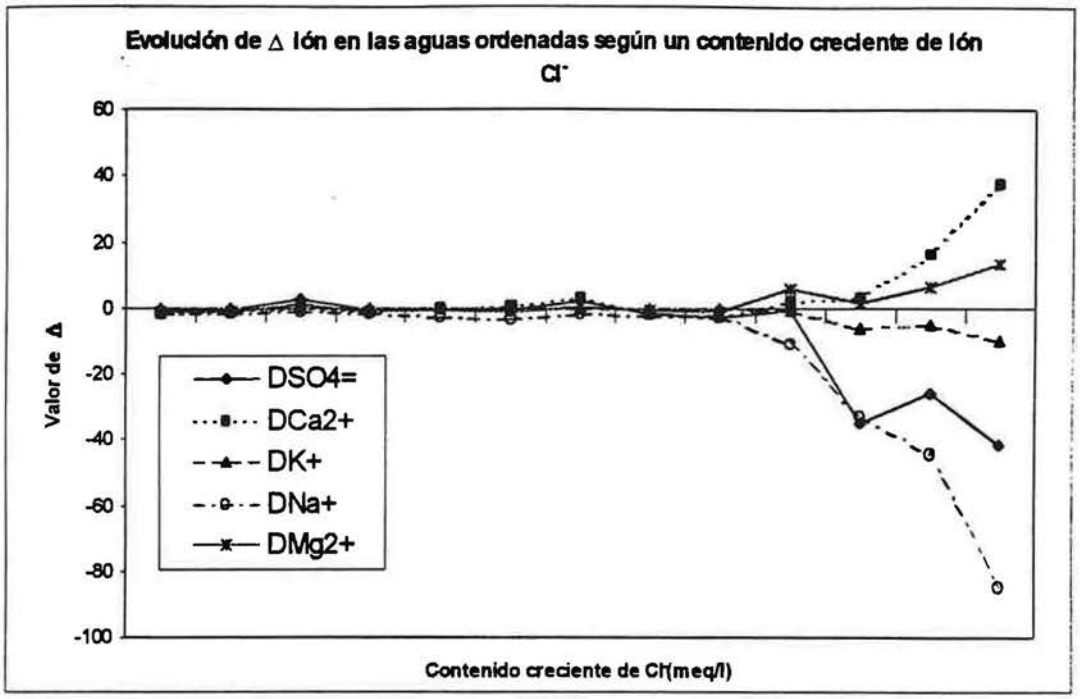


Figura 7.26. Evolución del Δión en las aguas según el contenido creciente del ión Cl^- (D es el Δiónico)

En general, en todas se aprecia un ΔCa^{2+} y ΔMg^{2+} positivo, al contrario de los $\Delta SO_4^{=}$, ΔK^+ y ΔNa^+ que son negativos, y todo ello se hace más patente en aquellos puntos con mayor contenido en cloruros.

Se puede concluir, por tanto, que las aguas del sector corresponden muy probablemente a una mezcla ternaria entre el agua de mar, agua dulce y un agua rica en Ca^{2+} y Mg^{2+}, por lo que los Δiónicos ponen en evidencia un enriquecimiento de calcio y magnesio, frente a una pérdida concomitante de sulfatos, sodio y potasio, respecto a la mezcla teórica agua dulce-agua de mar.

7.5.4. Procesos modificadores

Las reacciones que se producen en el acuífero como consecuencia de un desequilibrio entre la fase acuosa, que ha visto modificada su composición química, y la fase sólida, corresponden por lo general a tres procesos modificadores: los relacionados con la precipitación-disolución, intercambio iónico y reducción de sulfatos.

La naturaleza detrítica de los materiales acuíferos del sector condiciona a priori la importancia relativa de estos procesos. El intercambio iónico será, en cierto modo, el proceso modificador más importante, seguido de otros fenómenos que puedan afectar a las especies carbonatadas, dado la gran cantidad de fragmentos y acumulaciones calcáreas intercaladas con la fracción detrítica. Finalmente, la reducción de sulfatos no parece ser un proceso relevante, aunque si hay que tenerlo en cuenta.

En la figura 7.26 se puede apreciar que los valores de los ΔNa^+ y ΔK^+, progresivamente van siendo más negativos según el incremento del contenido en ión Cl^- junto a los valores ΔCa^{2+} y ΔMg^{2+}, considerablemente más positivos en las aguas más salinizadas, lo que puede ser justificado por procesos de interacción agua-sedimento, esto es, por un proceso de intercambio iónico entre las aguas salinizadas residentes en el acuífero y los materiales arcillosos, que son muy abundantes en los depósitos pliocuaternarios del relleno de la cuenca.

Si suponemos que el intercambio que se pueda producir en los limos y arcillas en contacto con las aguas salinizadas involucra al Ca^{2+}, Na^+ y K^+, al intentar relacionar los ΔCa^{2+} positivos frente a la suma de los ΔNa^+ y ΔK^+, se deberá obtener una relación lineal. En la figura 7.27 se puede confirmar lo expuesto, donde la correlación entre ambos es de 0.9 con lo cual podemos deducir que los excesos de Ca^{2+} y Mg^{2+} son debidos a procesos de intercambio iónico con los sedimentos arcillosos.

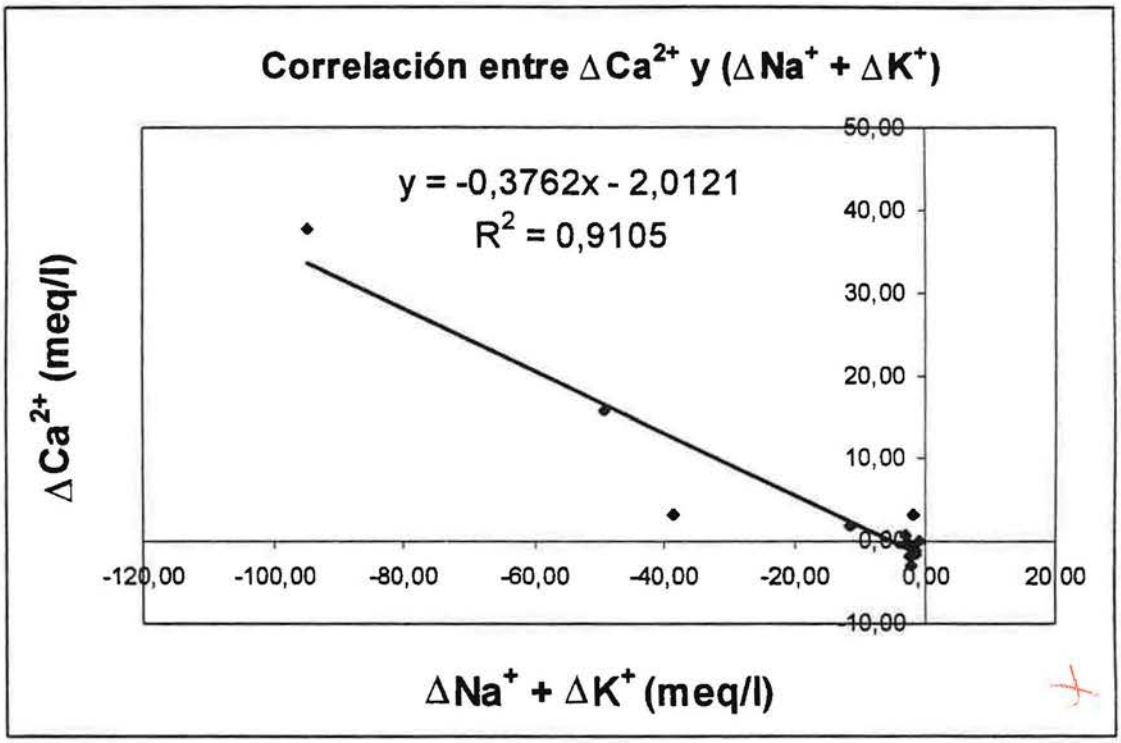


Figura 7.27. Correlación entre ΔCa^{2+} y ($\Delta Na^+ + \Delta K^+$), para la explicación de un proceso de intercambio iónico

7.5.5. Los iones minoritarios como indicadores de procesos de salinización

Anteriormente se han expuesto las características geoquímicas más notables de los iones minoritarios considerados y, en base a éstas, se estudia el comportamiento de los iones Br^-, B^{3+}, Sr^{2+} y Li^+, que aunque por sí mismos no aportan suficiente información, su comportamiento puede ser útil en la determinación de situaciones anómalas relacionadas con procesos de salinización.

Su origen puede estar relacionado con los aportes directos desde el agua de mar, y ser por tanto, útiles como trazadores alternativos de un proceso de intrusión marina (Br^-). En otras ocasiones están relacionados con los procesos de interacción agua-roca, donde éstas reacciones provocan enriquecimientos significativos al estar el agua (salina o dulce) mucho tiempo en contacto con la roca. La presencia de alguno de ellos (Sr^{2+}) como impureza en la matriz rocosa con la que puede entrar en contacto el agua, y su dificultad para incorporarse en las nuevas fases minerales, hacen que las aguas se enriquezcan diferencialmente. Otras veces pueden relacionarse con procesos contaminantes específicos (B^-) o bien estar relacionados con fenómenos que impliquen elevadas anomalías geotérmicas positivas (Li^+).
Es difícil prever la información que cada uno de ellos puede proporcionar y cuál va a ser el más apropiado para un estudio hidroquímico determinado. No obstante, para comprobar su utilidad como indicadores de los procesos de salinización en esta investigación, se ha estudiado su comportamiento en relación al contenido de ión cloruro, tal y como se hizo en el estudio de los iones mayoritarios.

En cuanto al ión bromuro, la distribución espacial de las desviaciones respecto a la mezcla, que representa el proceso de salinización por agua de mar, queda representada en la figura 7.28; los valores de ΔBr^- son todos negativos, con lo que se sitúan por debajo de la línea teórica de mezcla agua dulce-agua de mar, estando los contenidos más bajos en el sector central, por lo que cabe esperar que la salinización de los sondeos de este sector podría ser derivada de fuentes diferentes al agua de mar. La disposición de las isolíneas de ΔBr^- poseen idéntica morfología que la de los Cl^- (figura 7.7) donde los máximos valores de Cl^- se corresponden con los mínimos de ΔBr^-.

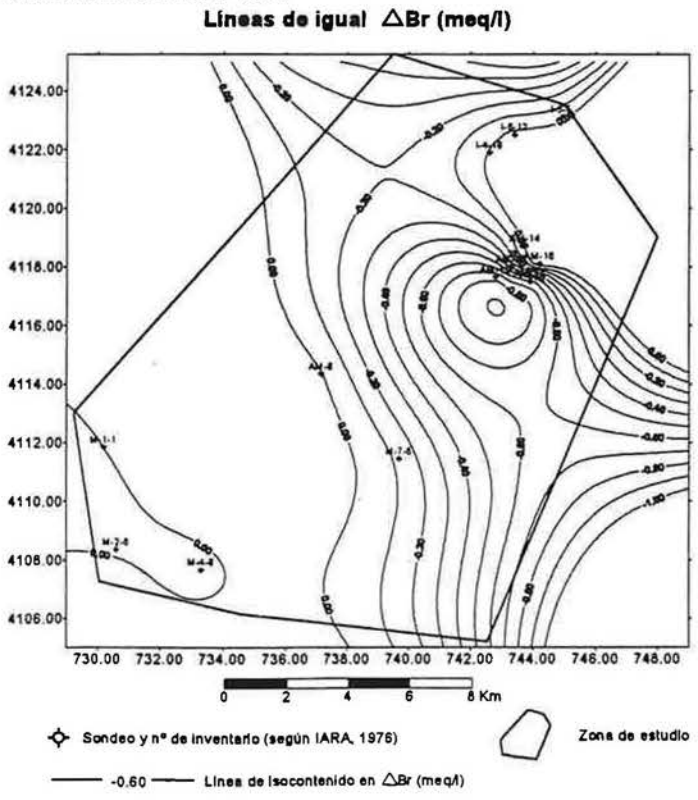


Figura 7.28. Mapa de isocontenido en ΔBr^- (meq/l)

Respecto al boro, en la figura 7.29 se puede apreciar que no existe una relación clara entre este ión y los cloruros, aunque sí se identifica que los puntos de mayor contenido en cloruros poseen valores de boro inferiores a la línea teórica de mezcla agua dulce-agua de mar, o sea, concentraciones inferiores a las derivadas del agua de mar.

Las concentraciones de boro superiores a la línea teórica de mezcla que poseen varios puntos, pueden deberse a la utilización de determinados fertilizantes, ya que el boro puede encontrarse presente como impureza en ciertos abonos, o bien al vertido de aguas residuales urbanas que en ciertos casos pueden ser utilizadas como alternativas de riego.

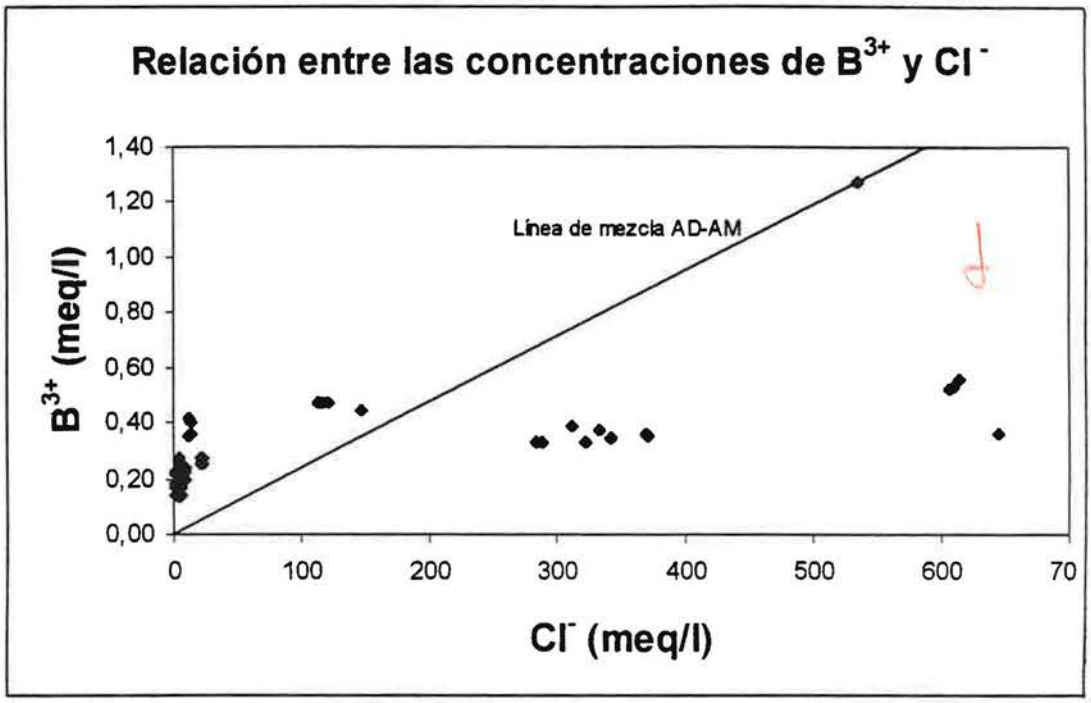


Figura 7.29. Relación entre las concentraciones de B^{3+} y Cl^- para las cuatro campañas

En la figura 7.30 se muestran las isolíneas de ΔB^{3+} en donde se puede apreciar que los valores más bajos se sitúan, al igual que los ΔBr^-, en el sector central, y que tienden a ser positivos hacia el sector norte, donde se encuentran las zonas de cultivos, sector en que los $\Delta SO_4^=$ también indicaban la presencia de aguas algo enriquecidas en $SO_4^=$, con lo que sugiere que si uno de los posibles orígenes del boro es su presencia como impureza en minerales sulfatados, puede estar relacionado con fenómenos generales de interacción agua-roca.

En la figura 7.31 se puede observar el comportamiento del ión estroncio; en ella se aprecia el enriquecimiento o pérdida de este ión respecto a la línea de mezcla agua dulce-agua de mar, en donde la mayoría de las muestras poseen una pérdida en el contenido en estroncio respecto a esa línea teórica.

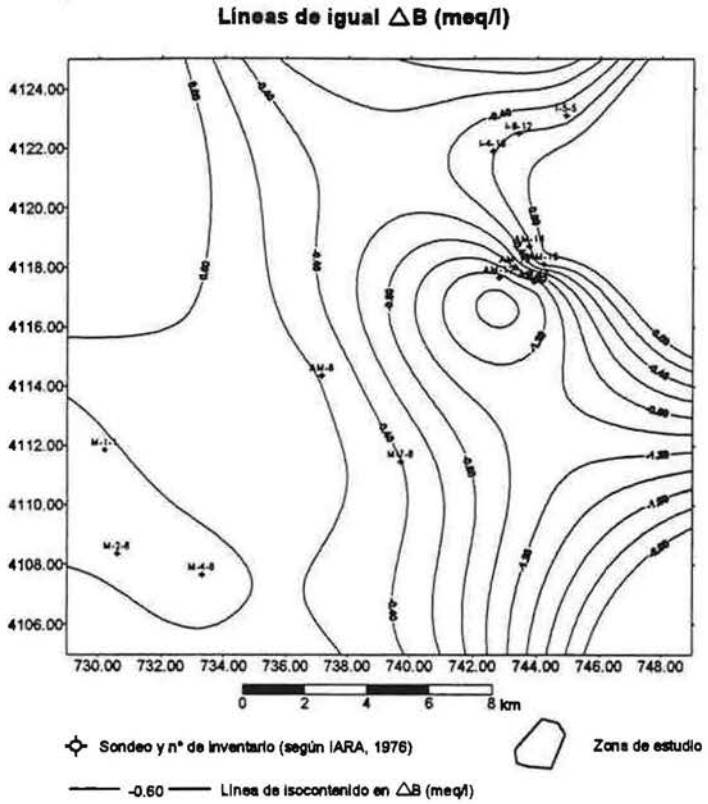


Figura 7.30. Mapa de isocontenido en ΔB^{3+} (meq/l)

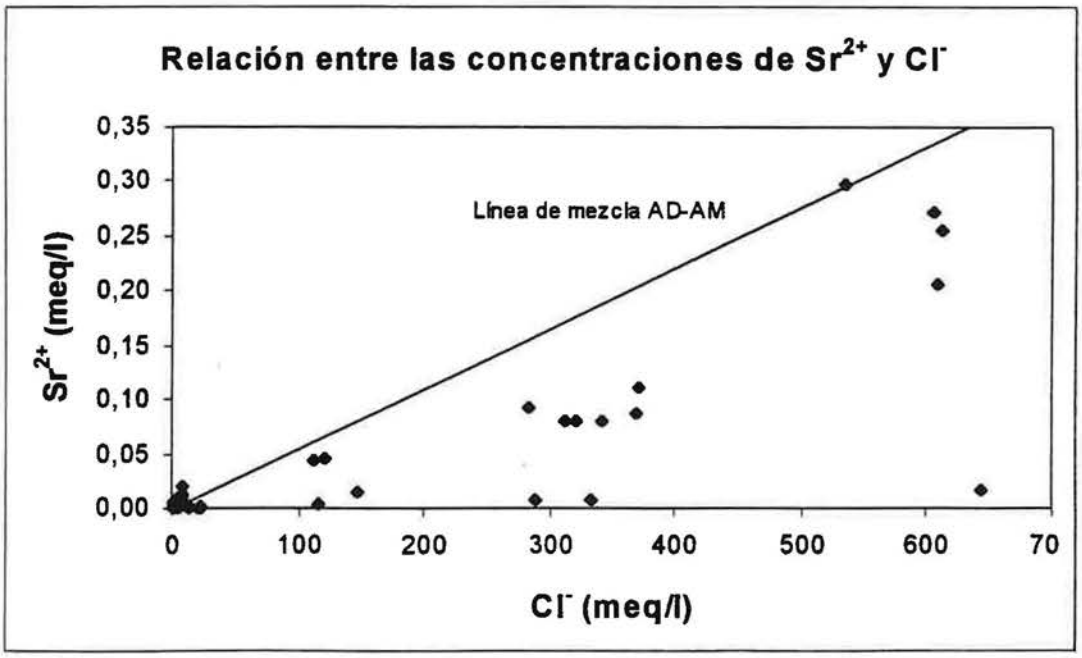


Figura 7.31. Relación entre las concentraciones de Sr^{2+} y Cl^- para las cuatro campañas

En la figura 7.32 se han representado las isolíneas de ΔSr^{2+}, que al igual que las de ΔB^{3+} y ΔBr^{-}, presentan los valores negativos en el sector central y aumentan hacia el sector norte; no obstante, se puede apreciar un incremento en la concentración de este ión (figura 7.33)en el sector central desde la 1ª campaña (noviembre-94) hasta la última (noviembre-95), variando desde las 0,8 ppm hasta 12 ppm, lo que pone en evidencia un aumento de estroncio con concentraciones muy parecidas a las del agua de mar (CUSTODIO y LLAMAS, 1983; LLOYD & HEATHCOTE, 1985 y DREVER, 1988).

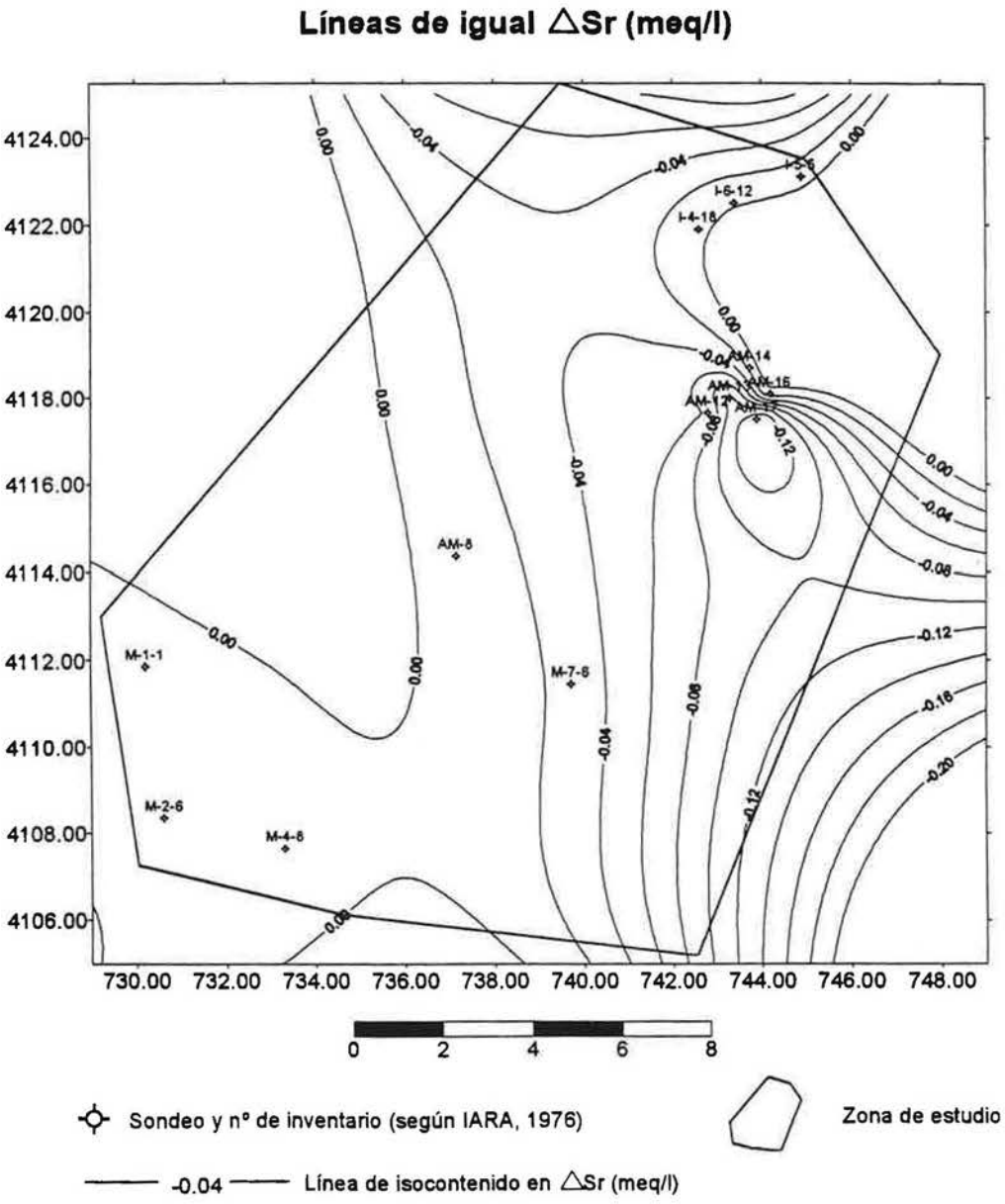


Figura 7.32. Mapa de isocontenido en ΔSr^{2+} (meq/l)

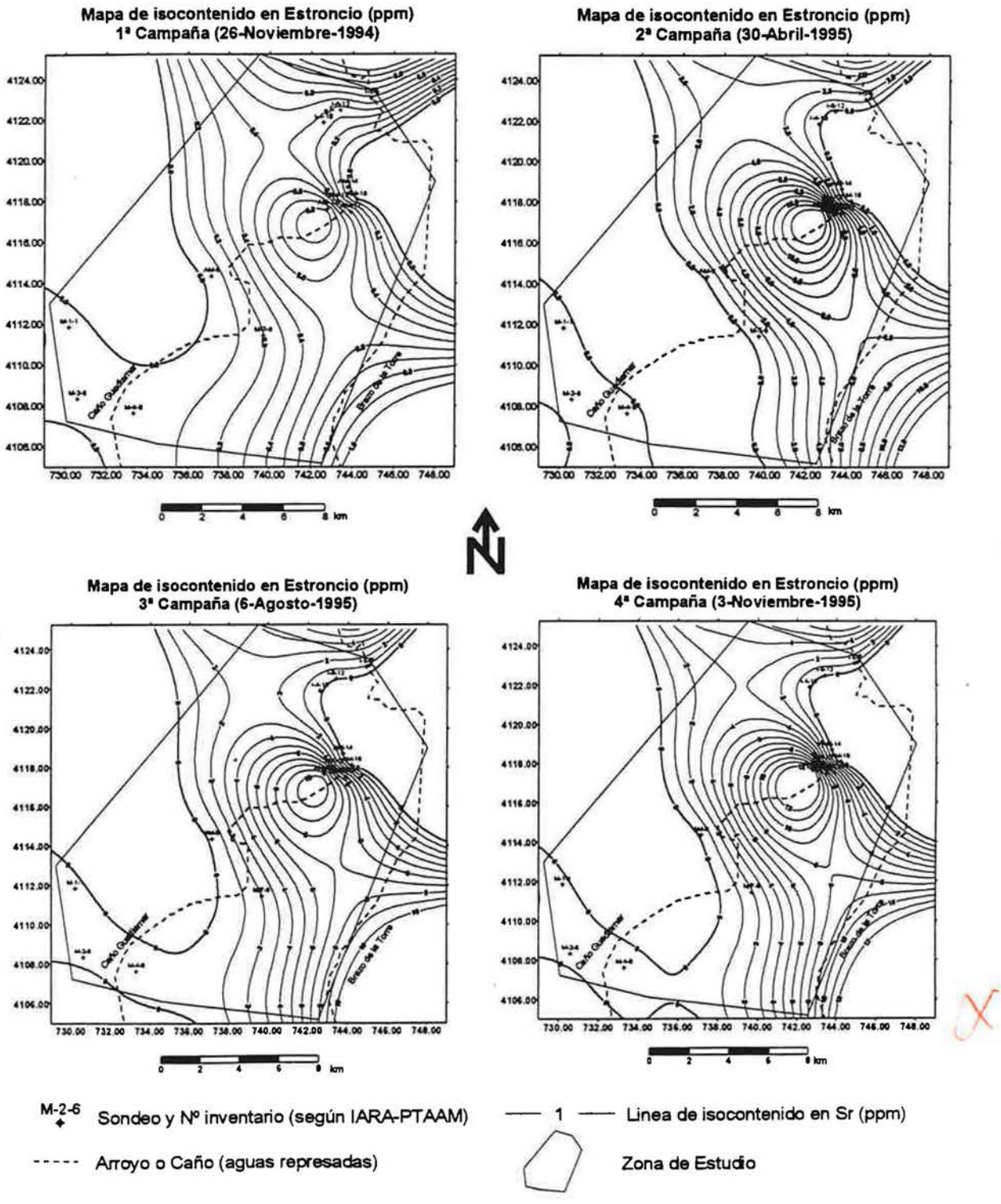


Figura 7.33. Mapas de isocontenido en estroncio

Las concentraciones del ión Li^+ en las aguas está principalmente controlada por su incorporación en los minerales de la arcilla en suelos y sedimentos. Los minerales de la arcilla son importantes huéspedes para el litio, debido a la posibilidad que tiene de reemplazar al magnesio y hierro; sin embargo, la diferencia de carga hace inestable la estructura de la red y por consiguiente pequeños cambios en la temperatura son suficientes para liberar el litio de la red de minerales (PAROPKARI, 1990; BRONDI et al., 1973).

El litio se encuentra en la halita en concentraciones superiores a 0,2 ppm (LEPESHKOV, 1970 in SONNENFELD, 1984) y el simple lixiviado de litio o degradación de minerales que contienen litio pueden contribuir a incorporar este ión a las aguas subsuperficiales, por lo que BENCINI et al. (1979) establecen en este sentido que los contenidos relativamente elevados de litio, bromo y boro pueden derivar del lavado de capas de sales (tipo halita).

En general, la alteración de rocas ricas en litio liberan este elemento de la fase sólida y lo introduce en solución, pudiendo ser retirado de ésta, posteriormente, por acción de los minerales de la arcilla que lo fijan en su estructura.

En la figura 7.34 se representa la relación entre el contenido en litio y el cloro; en ella se puede apreciar que la concentración de litio aumenta conforme aumenta el contenido en cloruros, con lo cual muestra una alta relación, y además todas las muestras presentan concentraciones de litio superiores a la correspondiente mezcla teórica de agua dulce-agua de mar, de ahí que las concentraciones de litio en las muestras puedan ser debidas al lavado de sales del suelo que se incorporan a las aguas del acuífero en su infiltración y a la interacción agua-roca relacionadas con los materiales arcillosos, tipo caolinita, ricos en este elemento.

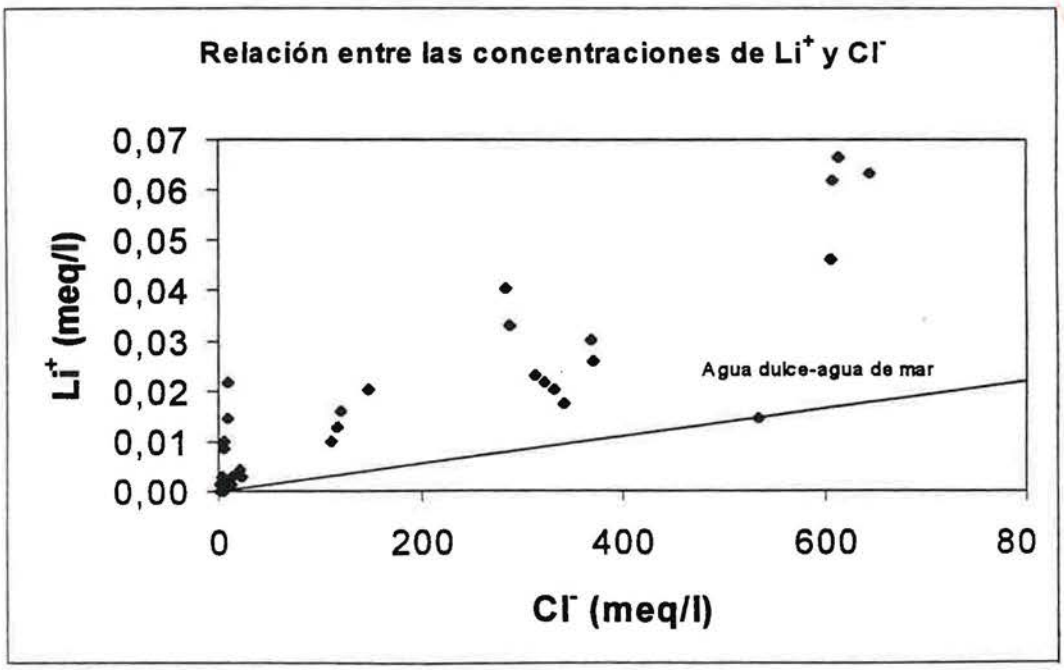


Figura 7.34. Relación entre las concentraciones de Cl^- y Li^+ en meq/l.

La figura 7.35 muestra la distribución espacial de los ΔLi^+ en donde los valores máximos, al igual que los de boro y bromo, se sitúan en el sector central, por lo que cabría esperar un mismo origen para estos tres elementos.

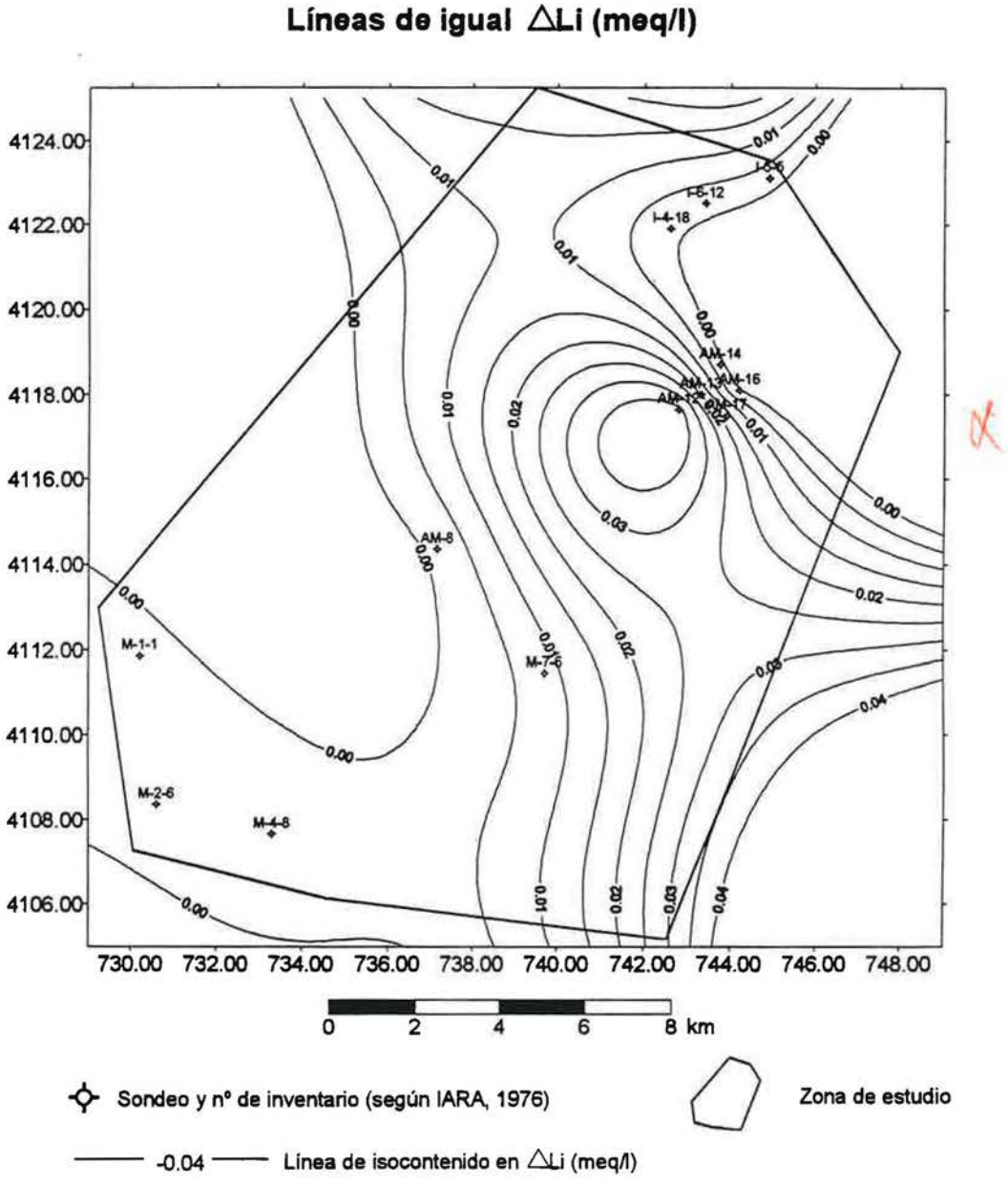


Figura 7.35. Mapa de isocontenido en Δ Li^+ (meq/l)

Los mapas de isocontenido en litio para las cuatro campañas se muestran en la figura 7.35bis, denotándose también que las máximas concentraciones se disponen en la franja NW-SE siguiendo las direcciones principales del flujo subterráneo.

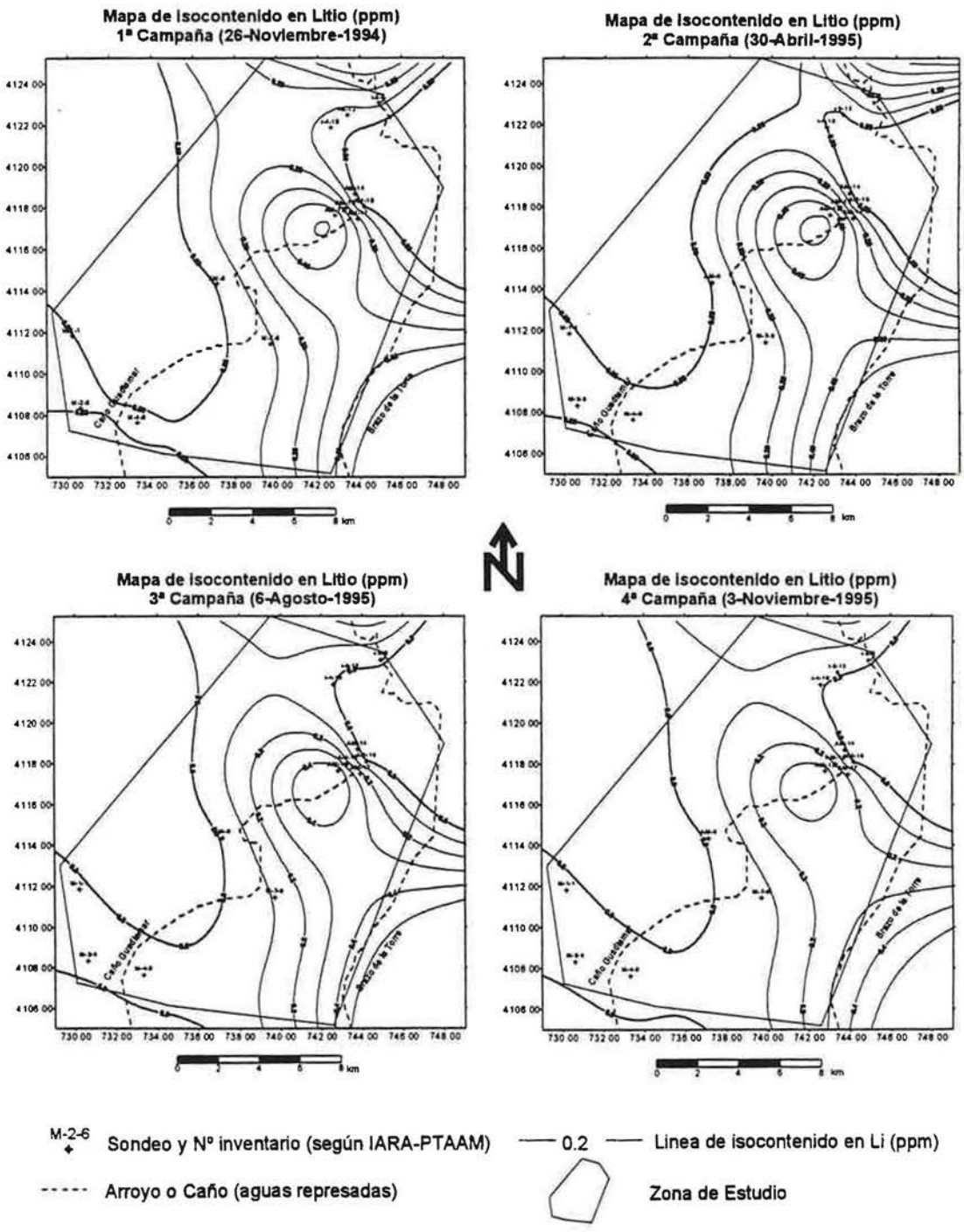


Figura 7.35bis. Mapas de isocontenido en litio para las cuatro campañas

7.6. REGISTROS VERTICALES

7.6.1. Introducción

Hasta ahora se ha hablado de las características físico-químicas del sector refiriéndonos a su evolución temporal y espacial pero sin tener en cuenta lo que ocurre realmente en profundidad. Para conocer este aspecto se han llevado a cabo varias campañas de registro vertical de conductividad y temperatura en una serie de puntos seleccionados para tal fin.

De los 12 puntos elegidos, 8 pertenecen a la red de control hidroquímico (M-1-1, M-2-6, M-7-6, AM-12, AM-13, AM-14, AM-16 y AM-17), y 4 son sondeos sellados con orificio central en boca de sondeo para poder introducir la sonda de medida. En todos ellos se ha medido la conductividad y la temperatura, y en total se han efectuado 156 registros verticales de ambos parámetros. Las medidas se iniciaron en septiembre de 1993 y finalizaron en noviembre de 1995, con una periodicidad bimensual. La profundidad de investigación es variable en función de las características que presentó cada punto, pero en general está comprendida entre los 5 metros y los 48,81 metros (máxima longitud del cable de la sonda).

Finalmente en base a los valores de conductividad obtenidos se han trazado tres perfiles hidroquímicos, que una vez interpretados han permitido obtener un mapa de distribución espacial de las zonas afectadas por salinidad en este sector.

7.6.2. Registros de conductividad y temperatura

Con el objetivo de detectar la presencia de zonas de salinidad variable con la profundidad, se realizaron 140 registros verticales de conductividad-temperatura en los 12 puntos de la red de control durante 2 años (cuadro 7.3). La situación de los puntos de control, así como sus principales características en cuanto a salinidad, deducidas del estudio e interpretación de los datos adquiridos, se muestran en la figura 7.36.

Sondeo	9/93	11/93	1/94	3/94	5/94	7/94	9/94	11/94	1/95	5/95	7/95	9/95	11/95
M-1-1	25	19	21	25	27	28	30	26	28	31	9	30	3
M-2-6	25	19	21	25	27	28	30	26	28	31	9	30	3
M-4-3	25	19	21	25	27	28	30	26	28	31	9	30	3
M-7-6	25	19	21	25	25	28	30	26	28	31	9	30	3
AM-11	25	19	21	23	27	23	23	26	28	27	9	30	3
AM-12	12	19	21	25	27	23	23	26	28	27	9	30	3
AM-13	11	19	21	29	27	28	28	26	28	26	9	30	3
AM-16	11	19	21	29	27	28	28	26	28	27	9	30	3
AM-17	25	19	21	29	27	28	30	26	28	27	9	30	3
AM-14	11		21		27	28	28	26					
1-6-10	11	19	21		27								
1-5-20	11	19	21	29	27	28	30	26	28	27	9	30	3

Cuadro 7.3. Periodo de control y fecha de realización de los registros verticales en los sondeos de la red(mes/año)

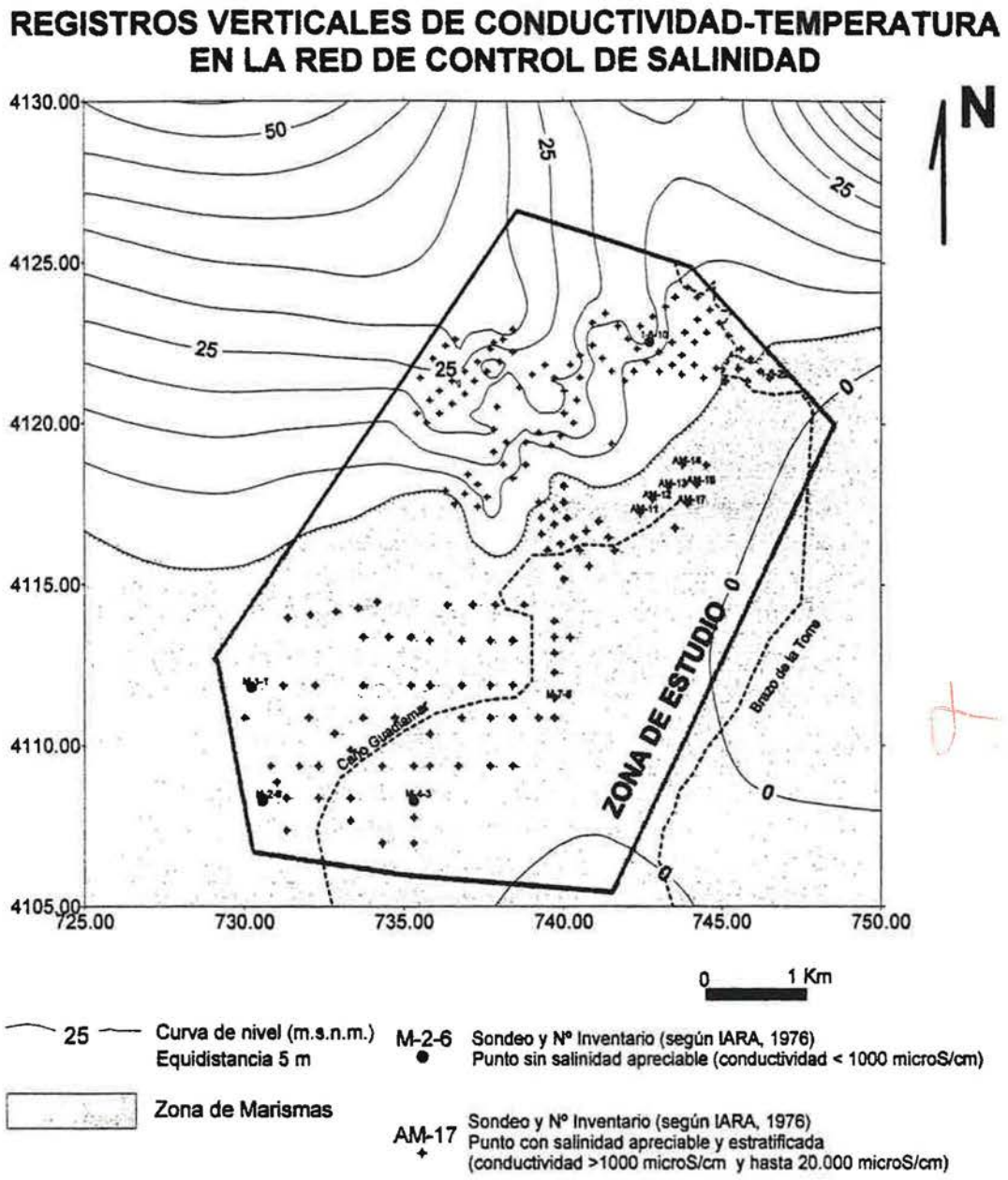
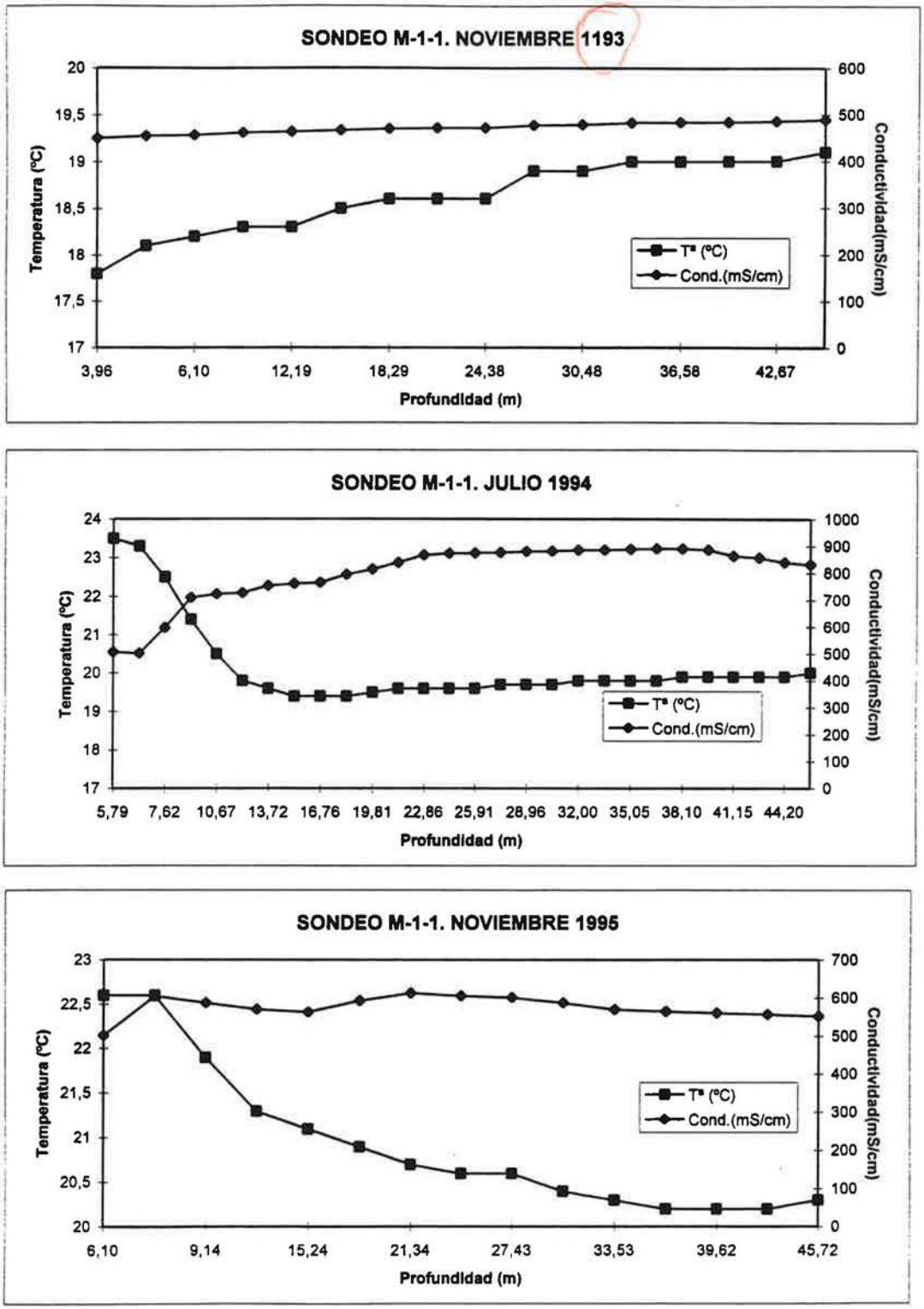


Figura 7.36. Mapa de registros verticales de conductividad-temperatura en sondeos de la red de control de salinidad

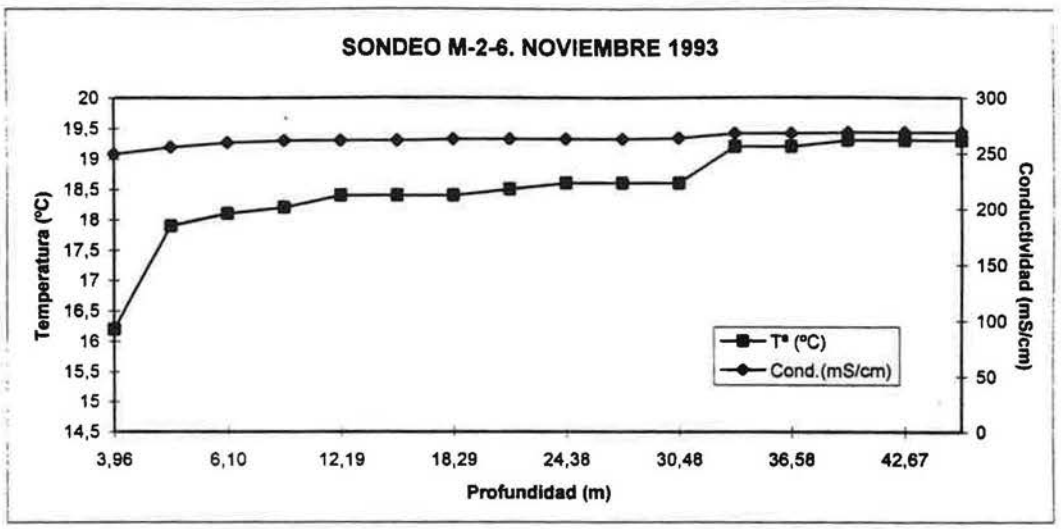
Las gráficas de evolución con la profundidad de dichas características se muestran en las figuras 7.37 a 7.45 y anexo 4 (figuras 1 a 11); en ellas se diferencian los distintos tramos de columna de agua, siempre teniendo en cuenta que la profundidad de investigación ha estado limitada por la longitud del cable de la sonda utilizada (48,8 m).

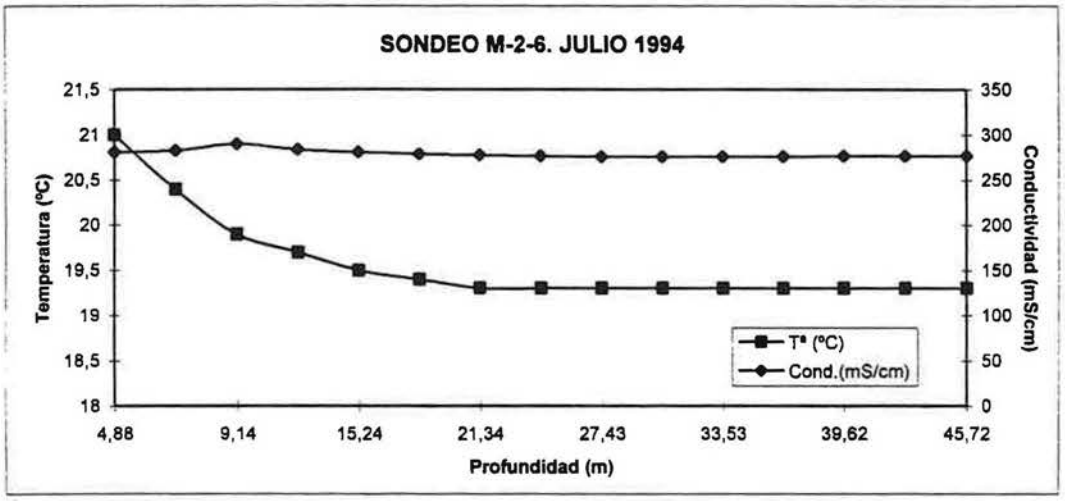
En dichas figuras se observa que hay dos categorías principales de puntos en cuanto al comportamiento de estas variables en profundidad:

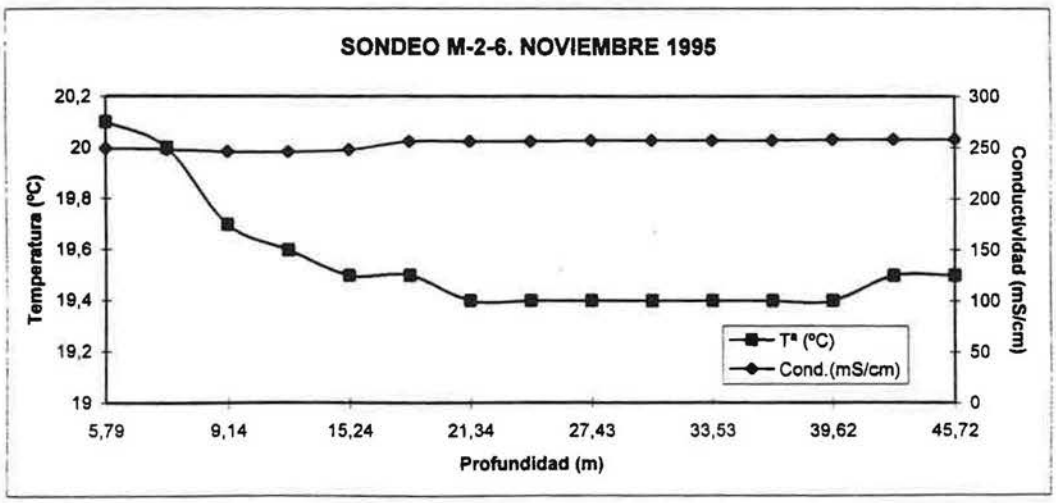


mS/cm = microS/cm

Figura 7.37. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-1-1

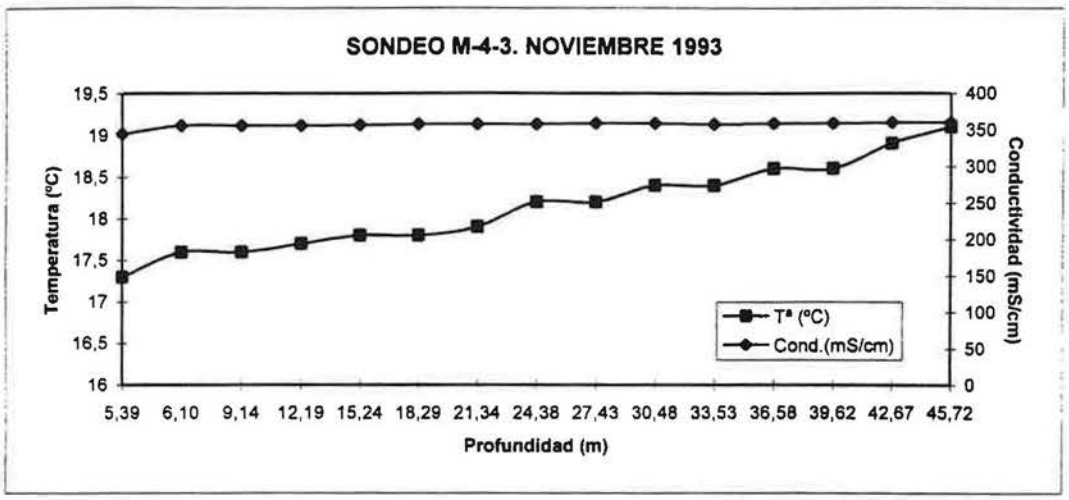


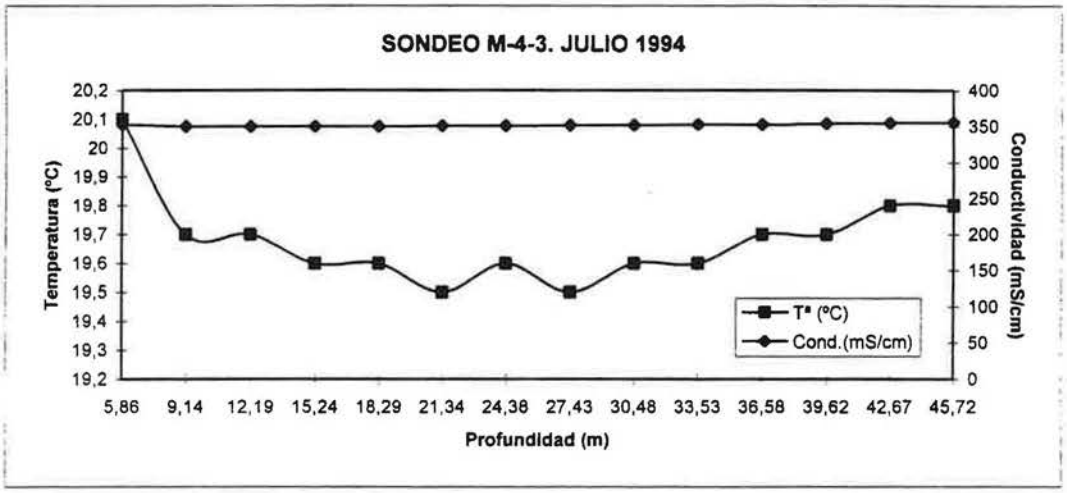


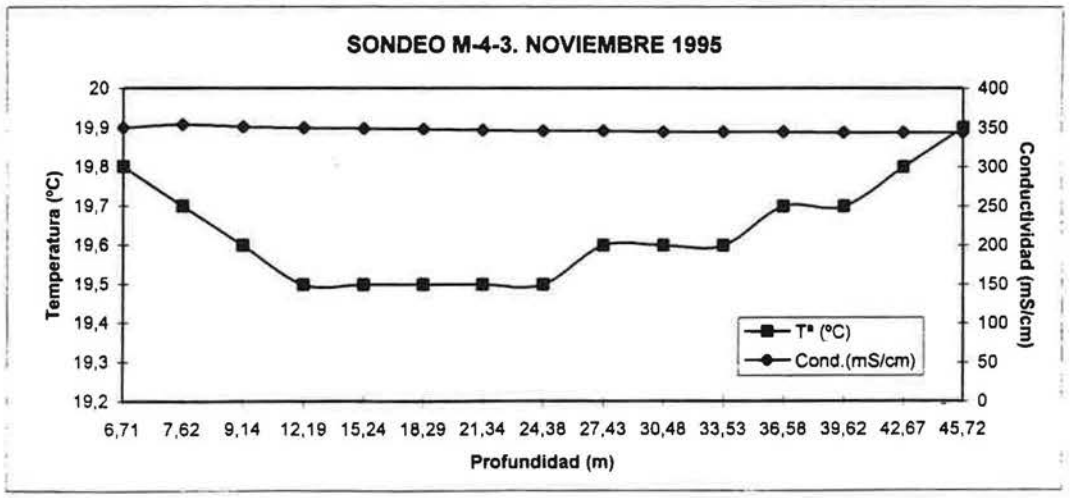


mS/cm = microS/cm

Figura 7.38. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-2-6

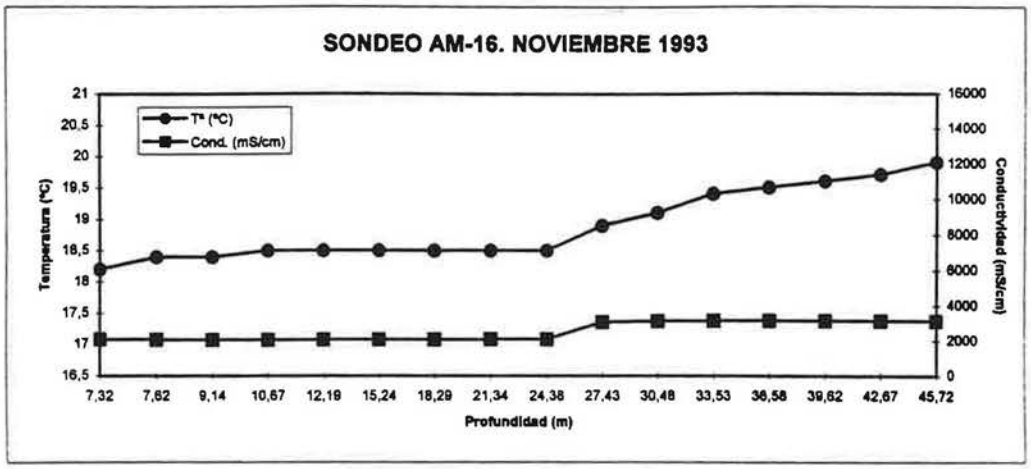


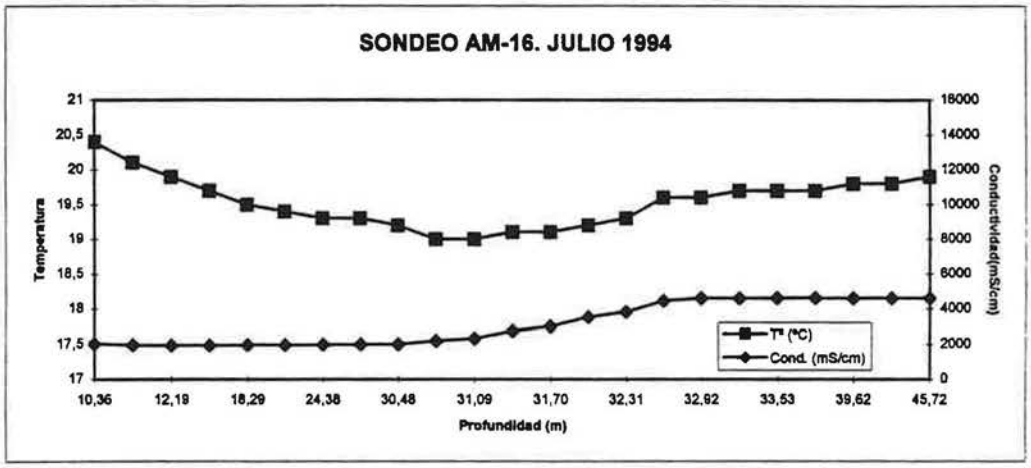


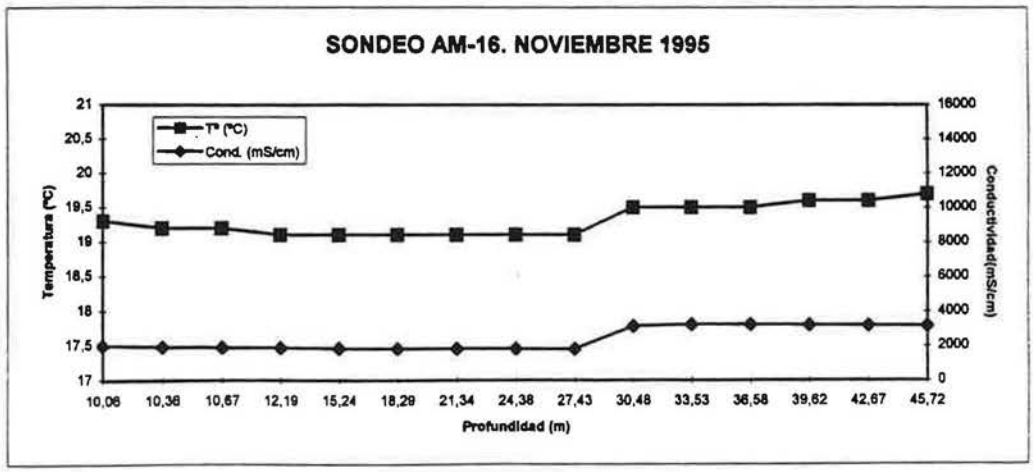


mS/cm = microS/cm

Figura 7.39. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-4-3

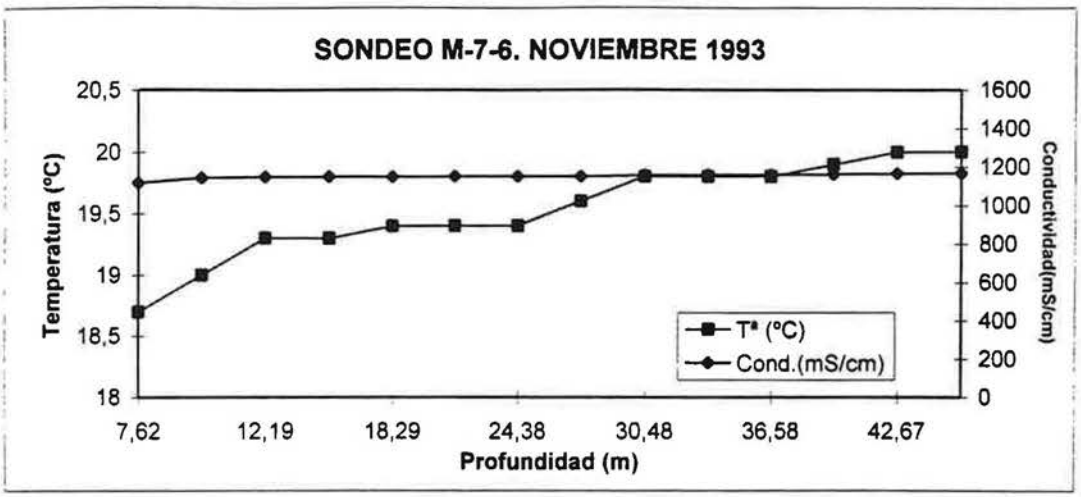


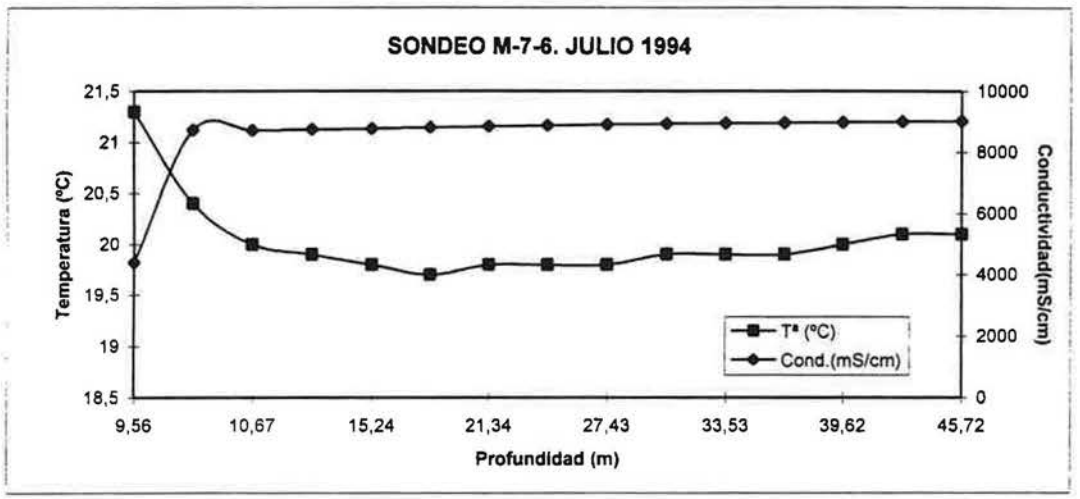


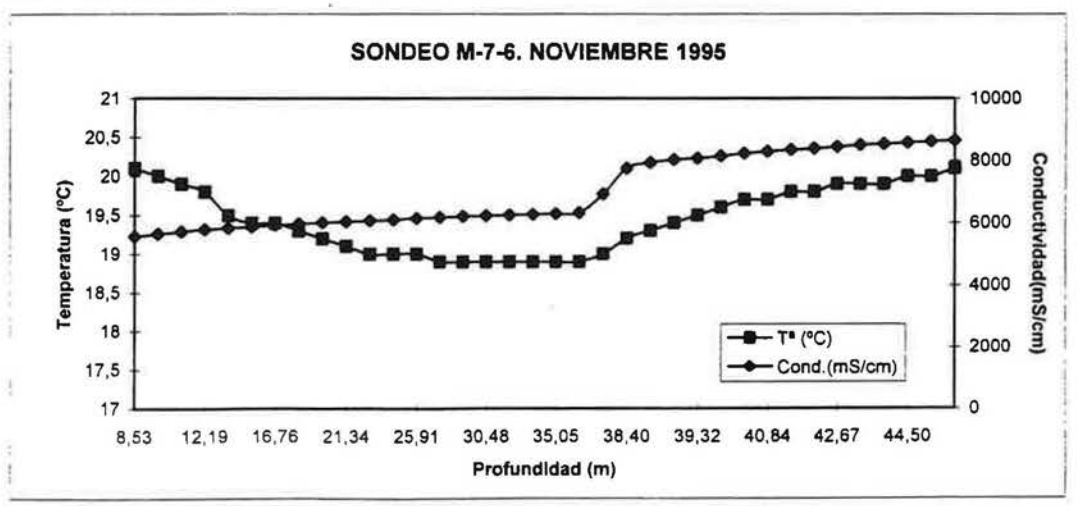


mS/cm = microS/cm

Figura 7.40. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-16

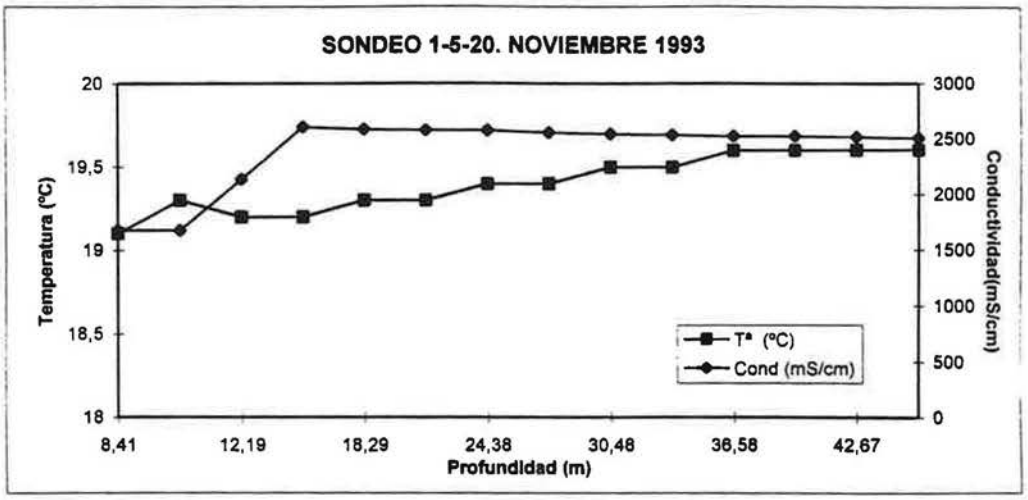


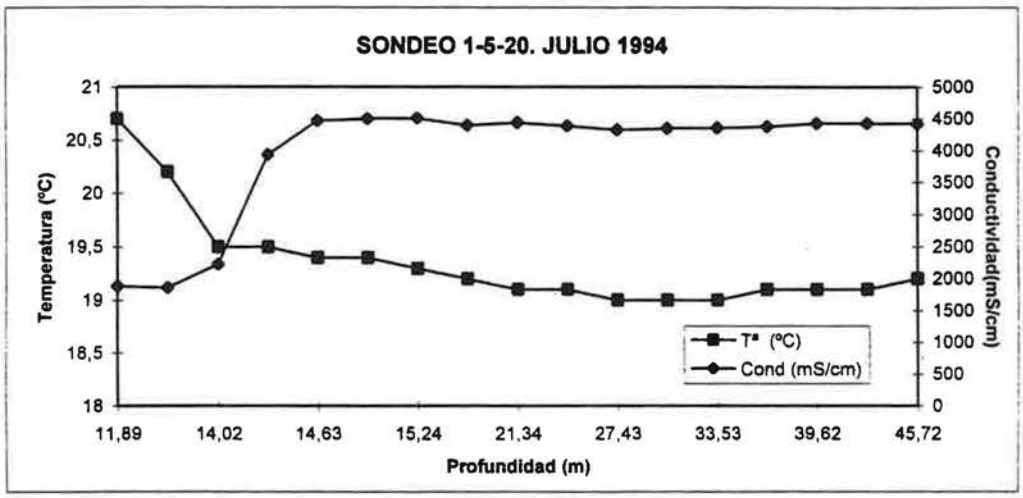


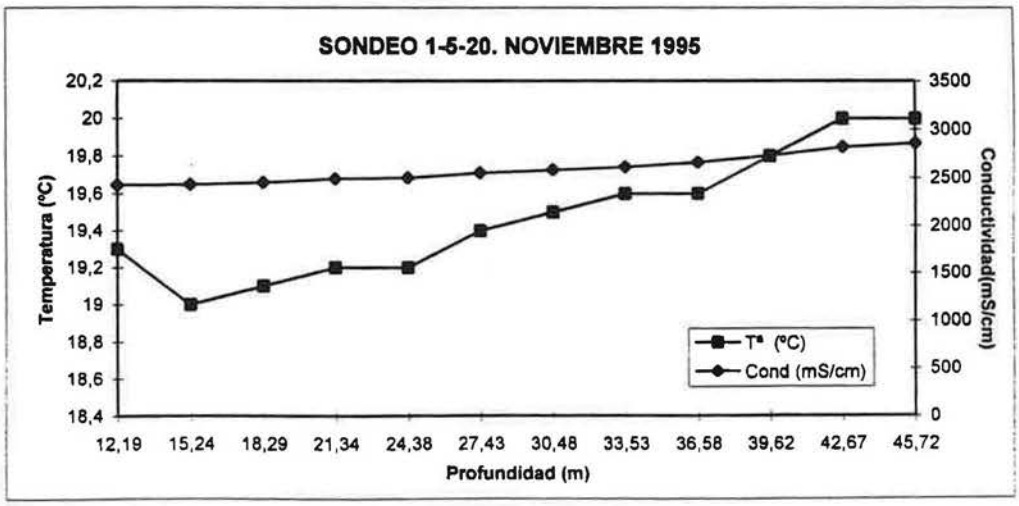


mS/cm = microS/cm

Figura 7.41. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-7-6

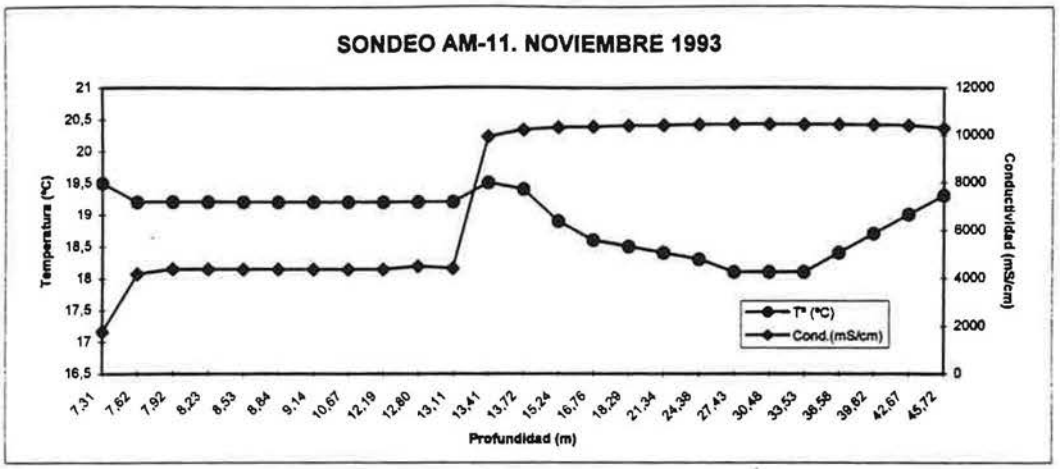


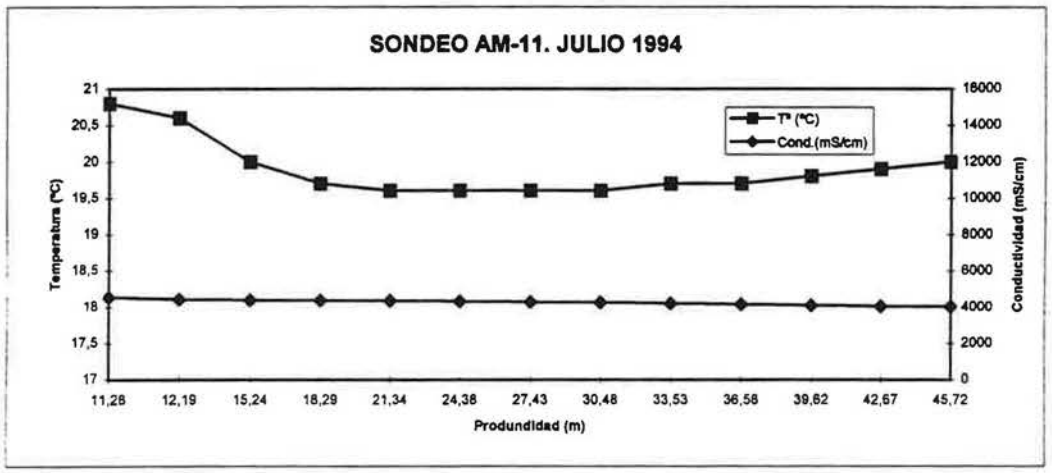


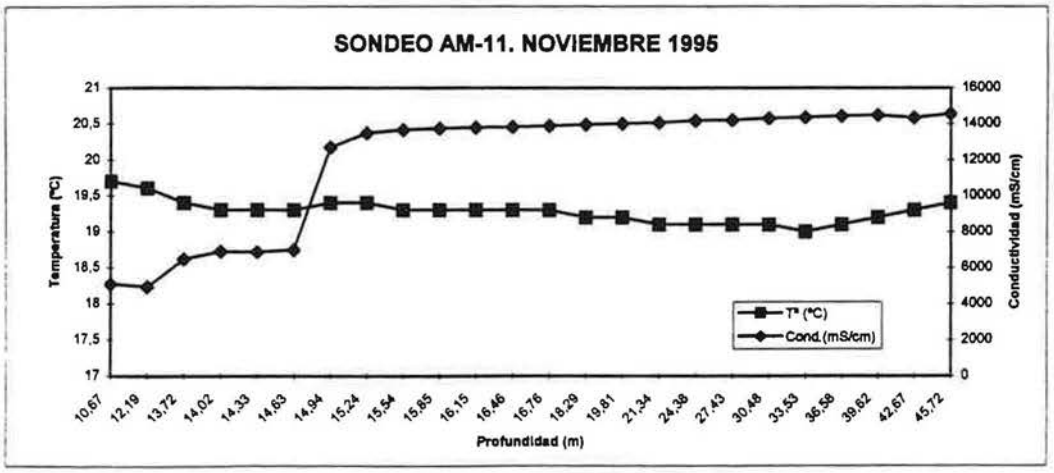


mS/cm = microS/cm

Figura 7.42. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo 1-5-20

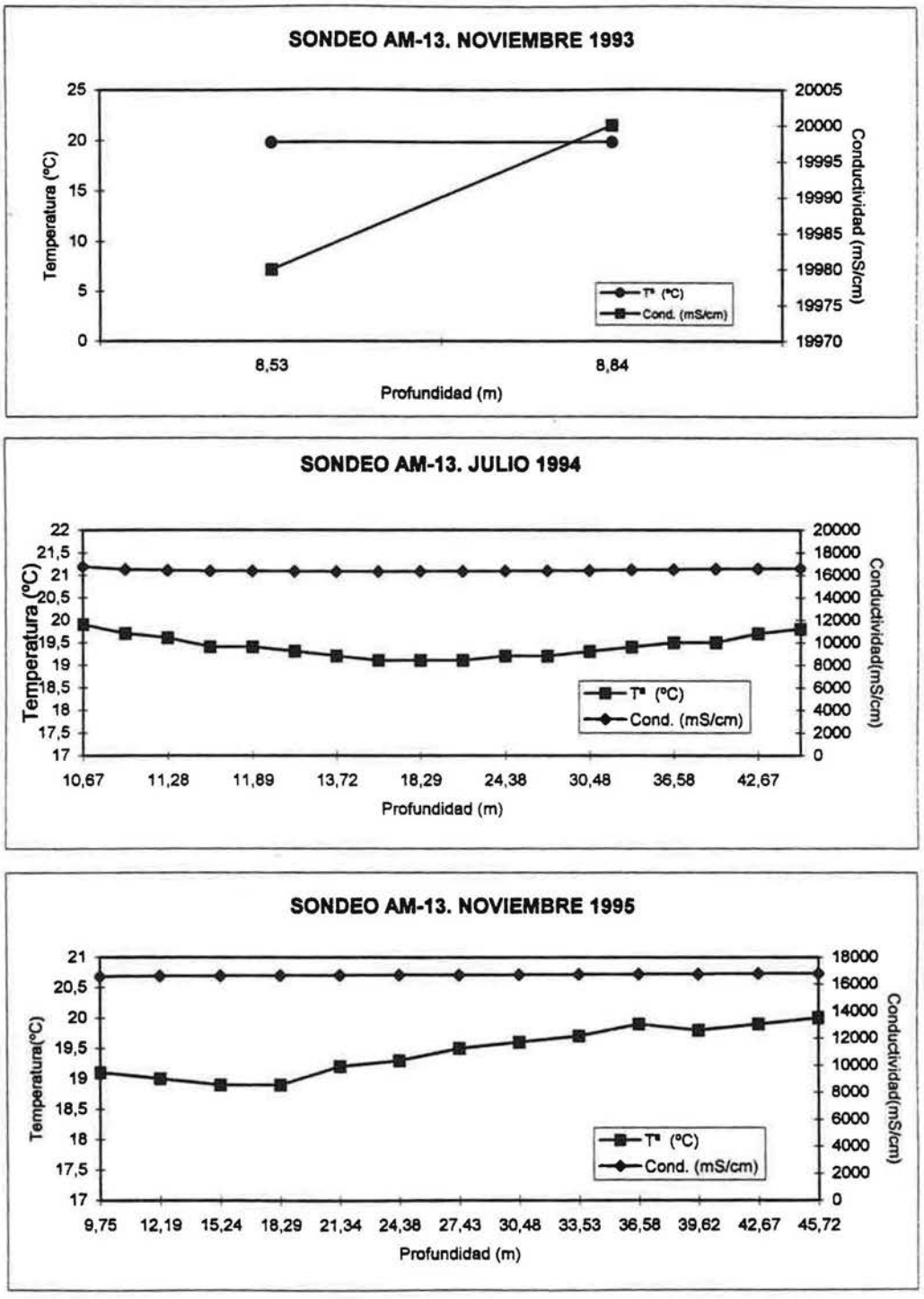






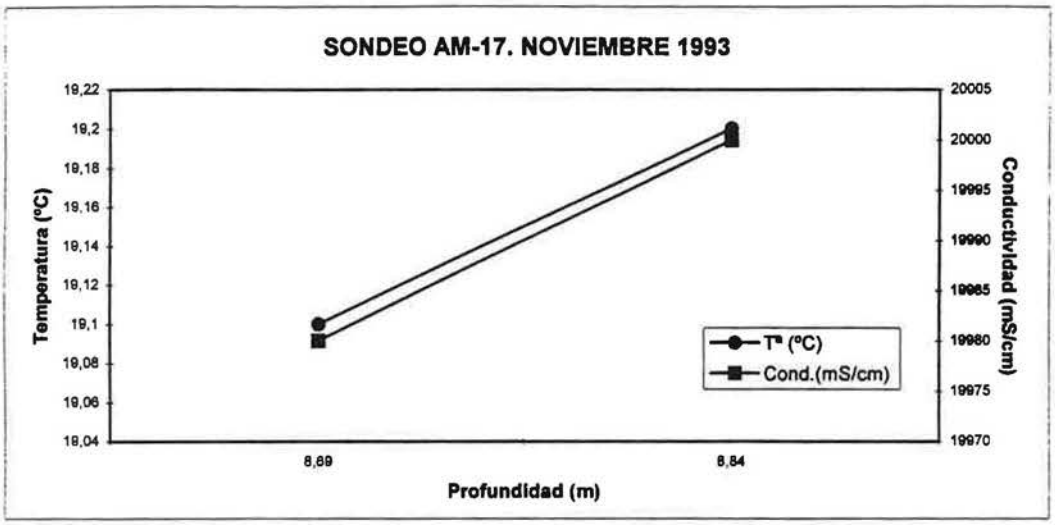
mS/cm = microS/cm

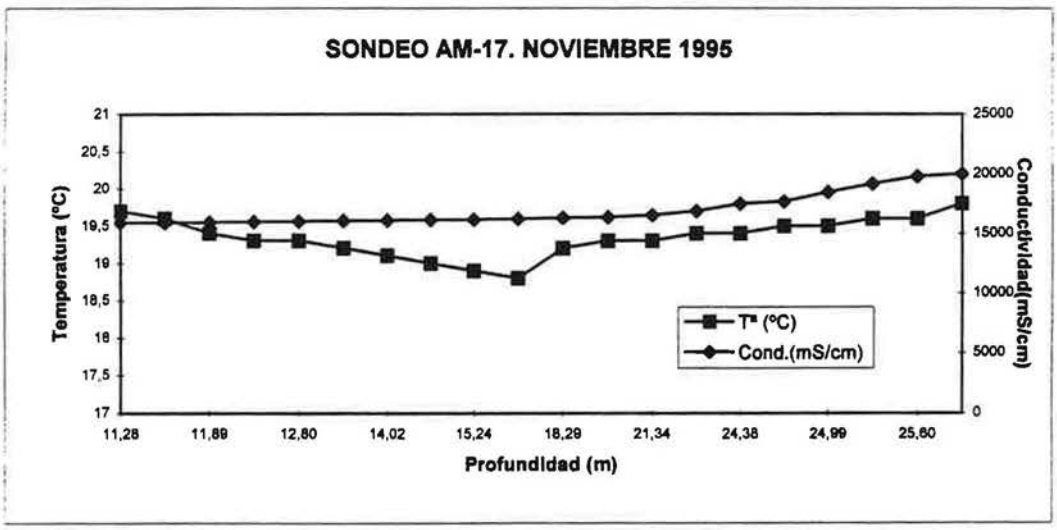
Figura 7.43. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-11



mS/cm = microS/cm

Figura 7.44. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-13





mS/cm = microS/cm

Figura 7.45. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-17

- 1) Un grupo de puntos no afectados por salinidad (figura 7.36) con conductividad <1000 µS/cm (habitualmente entre 200 y 600 µS/cm) en los que, por lo general, tras una zona de varios centímetros en la parte superficial (de conductividad más baja) los valores aumentan en unos cientos de µS/cm de forma algo súbita pero a partir de ahí o bien se mantienen constantes (puntos M-2-6 y M-4-3), o bien experimentan pequeños saltos ("escalones") aún dentro de la constancia de valores de cada tramo (punto M-1-1); en ninguno de estos casos la temperatura del agua suele acompañar a estos cambios.

Estas variaciones se interpretan como cambios normales en una masa de agua dulce afectada por pequeñas alteraciones de la salinidad controlados por efectos de dilución-concentración, lavado de sales congénitas, etc.. En esta categoría de aguas figuran 3 puntos, lo que supone un 25% de los puntos controlados.

- 2) Un segundo grupo (9 puntos, 75% del total, figura 7.36) que es bien diferente al anterior; se trata de puntos en los que la conductividad es >1000 µS/cm pudiendo llegar hasta 20.000 µS/cm (o más, que no se han detectado por la imposición del rango de la sonda de medidas que posee un máximo de 20.000 µS/cm), y la tónica general indica que los valores deben ser superiores a los 20.000 µS/cm. Se trata de un grupo en donde a su vez se distinguen dos tipologías diferentes:

* a) Puntos con conductividad variable en función de la profundidad y con escalones o saltos bruscos que dependen de la presencia de aguas estratificadas de distinta salinidad; estos saltos se producen en escasos centímetros y su amplitud oscila entre los 400 a 3000 µS/cm (puntos M-7-6, AM-16, 1-5-20 y AM-14, figuras 7.40, 7.41 y 7.42) y a veces llegando incluso a los 8.000 µS/cm (punto AM-11). Se trata de puntos donde hay una pequeña capa de agua dulce (o menos salobre en otras ocasiones) sobre agua con salinidad variable con la profundidad y cuyo espesor alcanza entre 1-2 m hasta 18-20 m (según los controles); subyacente a ella se ha podido constatar la presencia del agua salada (punto AM-11, figura 7.43) de conductividad muy alta (15.000 µS/cm), pero constante, y temperatura algo más baja que la de las zonas anteriores.

Estudiando la evolución de la conductividad en diferentes fechas, se observa que la salinidad experimenta aumentos considerables a lo largo de la columna de agua, caso del sondeo AM-11 (figura 7.43) que al comienzo de la campaña (noviembre-1993) experimenta un salto brusco de 4000 a 10000 µS/cm a los 13,41 m con ligera tendencia al aumento, y que a finales de la campaña (noviembre-1995) a la profundidad de 14,94 m el salto es a los 20.000 µS/cm y con tendencia clara al aumento. Aquí lo que se produce no es un ascenso vertical de la salinidad, sino más bien un aumento de la concentración salina de las aguas, posiblemente debido al escaso flujo lateral y a enriquecimiento en sales provenientes del lavado de suelos y de capas con aguas más salinas intercaladas entre los sedimentos de la cuenca.

* b) Otros puntos (AM-13 y AM-17 (figuras 7.44 y 7.45)) están totalmente salinizados ya que toda la columna de agua posee una conductividad constante y con valores próximos a los 20.000 µS/cm, que en algunos casos no cambia en toda la longitud de la sonda, con lo cual se intuye que estos valores continúan así en profundidad, no siendo posible medirlos por las

limitaciones del rango de medida de la sonda. Estas aguas se interpretan como de salinidad moderada a alta que forman parte de una zona de salinidad bastante consolidada y que invade una amplia zona del sector de estudio, posiblemente correspondientes a aguas marinas antiguas atrapadas en los sedimentos y que se van enriqueciendo en sales aunque muy lentamente.

En síntesis, los registros verticales de conductividad-temperatura ponen de manifiesto que junto a puntos no salinizados, con rango de salinidad normal, hay otros con una elevada salinidad que ocupa casi o la totalidad de la columna de agua y que afecta a una gran extensión del sector de estudio. Sus variaciones espaciales están influidas por la recarga de agua salada desde la superficie, tanto más acusadas cuanto mayor es el grado de sobreexplotación del acuífero.

7.6.3. Perfiles hidroquímicos

Con el fin de tener una visión más amplia de la distribución de conductividades en vertical y, por consiguiente, de las zonas del sector con alto grado de salinización, se han realizado tres perfiles hidroquímicos de conductividad (figura 7.46) en base a los datos obtenidos en las distintas campañas de registros verticales.

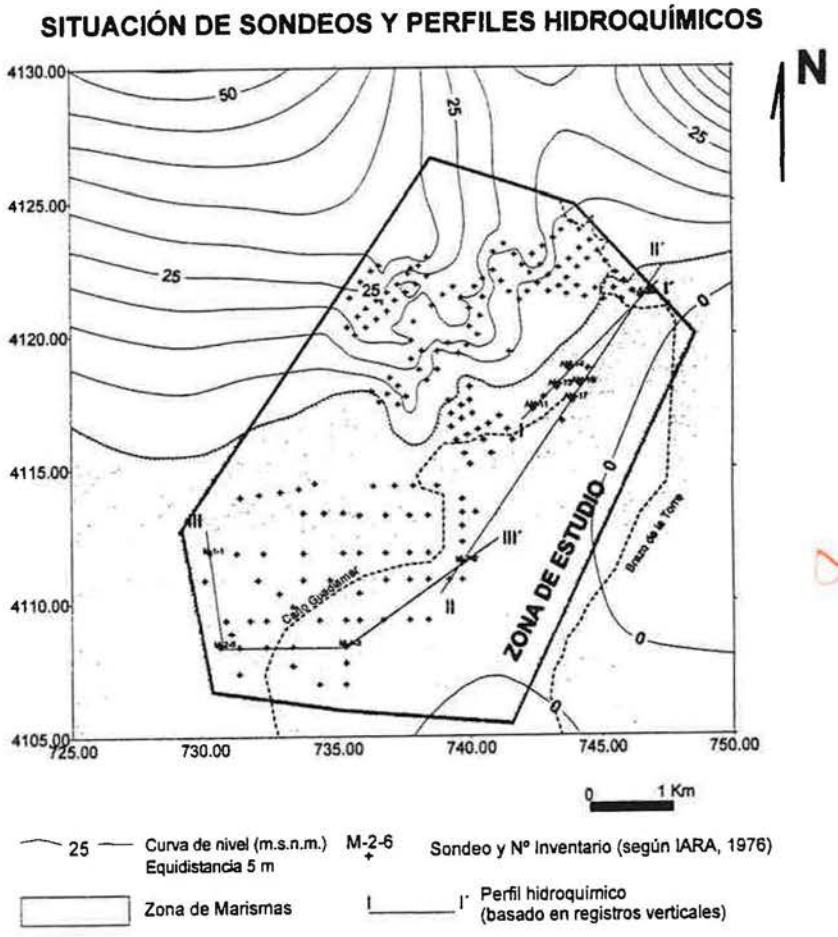


Figura 7.46. Mapa de situación de sondeos y perfiles hidroquímicos

Para ello se han tenido en cuenta casi la totalidad de los puntos de la red de control, y los perfiles se han realizado al inicio, a mediados y al final del periodo de muestreo (noviembre-93, julio-94 y noviembre-95). Los resultados se han plasmado en las figuras 7.47, 7.48 y 7.49, y como conclusiones más relevantes de la interpretación de estos perfiles caben destacar las siguientes:

a) El perfil I-I', oblicuo al contacto entre la marisma y las arenas, ofrece una visión casi transversal del avance de la salinización desde el comienzo de las campañas (noviembre de 1993) hasta finales de las mismas (noviembre de 1995). Es un perfil que capta la zona más salinizada del sector y se puede apreciar (figura 7.47) la envergadura de este fenómeno, en donde a principios de la campaña de muestreo solo existe una pequeña zonación con conductividades superiores a los 15.000 µS/cm en la vertical del sondeo AM-13, la cual ha ido profundizando en extensión (julio-94), llegando a afectar en profundidad un área mayor en la vertical de los sondeos AM-11, AM-13 y AM-14 (noviembre-95) con tendencia a un desplazamiento hacia el sondeo 1-5-20. Las profundidades medias se vienen manteniendo en las distintas fechas (8 m) no así su extensión, todo ello impuesto por la inversión generalizada del gradiente en este perfil que se agudiza con el tiempo, con niveles por debajo del nivel del mar y favorecido por la alimentación vertical de aguas más salinizadas hacia zonas inferiores menos salinizadas.

b) El perfil II-II', algo oblicuo al anterior, y abarcando un punto más introducido en la marisma (figura 7.48) pone en evidencia, también, la envergadura del fenómeno, donde se puede apreciar la extensión de las aguas más salinas (>20.000 µS/cm) entre los puntos M-7-6 y AM-17, que a principios de la campaña no sobrepasaban los 22 metros de profundidad, y que en noviembre de 1995 esta profundidad se dispara.

c) Por último, el perfil III-III', situado hacia la zona occidental del sector y cuasi-paralelo al contacto entre la marisma y las arenas, refleja los valores más bajos de conductividad, no sobrepasando los 5.000 µS/cm, aunque se puede apreciar que la zona de valores superiores a 4.000 µS/cm (figura 7.49), en la vertical del punto M-7-6, va experimentando paulatinamente un avance hacia los otros puntos, con lo que hace pensar que en el tiempo estos puntos (M-4-3, M-2-6 y M-1-1) llegarán a alcanzar los valores que se dan en los perfiles anteriores, todo ello debido a la inversión del gradiente por a la situación de los niveles piezométricos por debajo del nivel del mar, causado por los efectos de bombeo durante estos últimos años. La liberación de carga hidráulica en el acuífero hace que las zonas más salinizadas se extiendan hacia arriba, en la vertical, y lateralmente, afectando a zonas más amplias en unos periodos más que en otros.

En síntesis, los perfiles hidroquímicos han permitido conocer la envergadura y evolución en el espacio y en el tiempo de las diferentes zonas salinizadas, su morfología, las zonas con inversión de gradientes, las zonas más salinizadas y las que están en vías de salinización casi inminente.

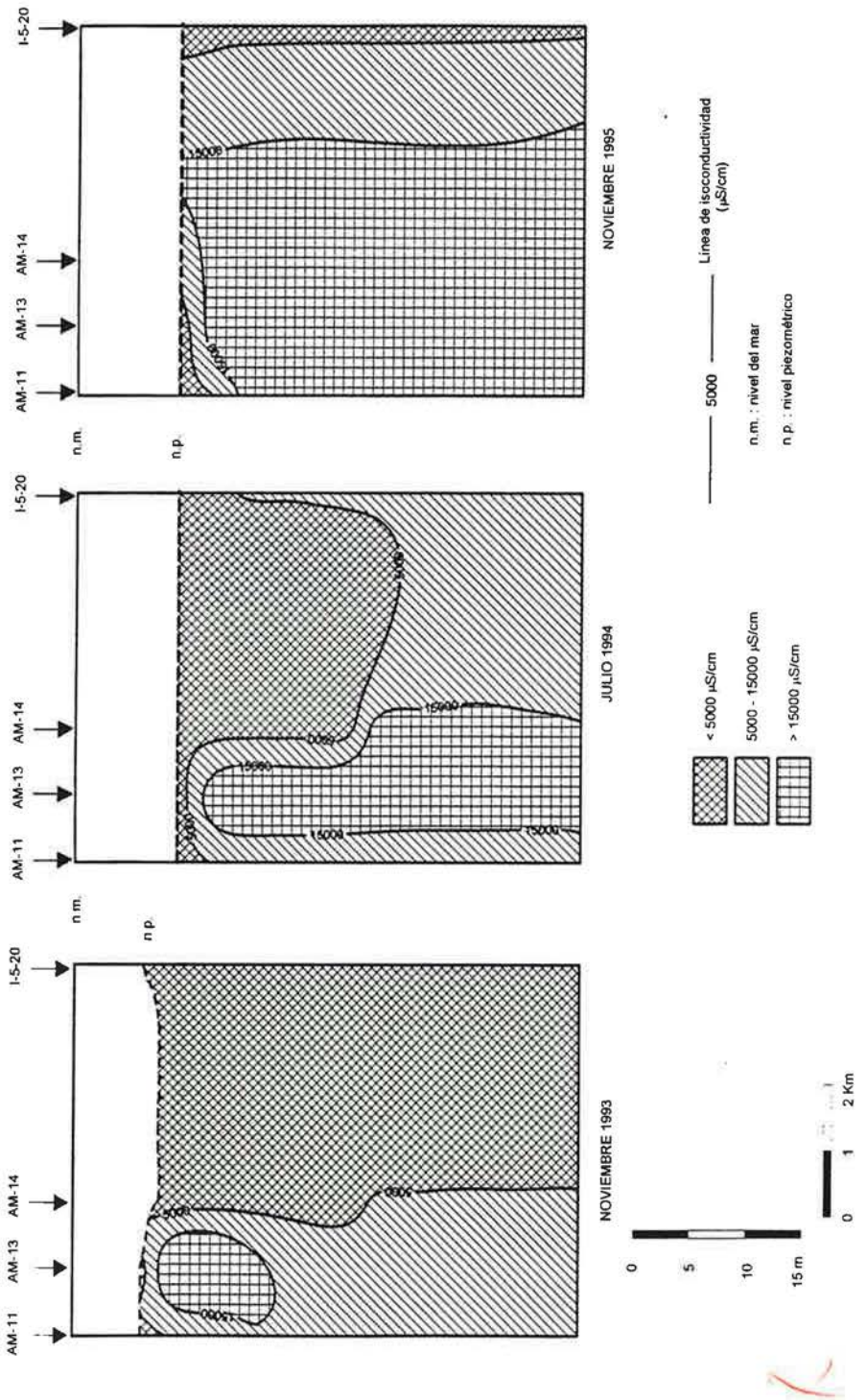


Figura 7.47. Perfil hidroquímico I-I'

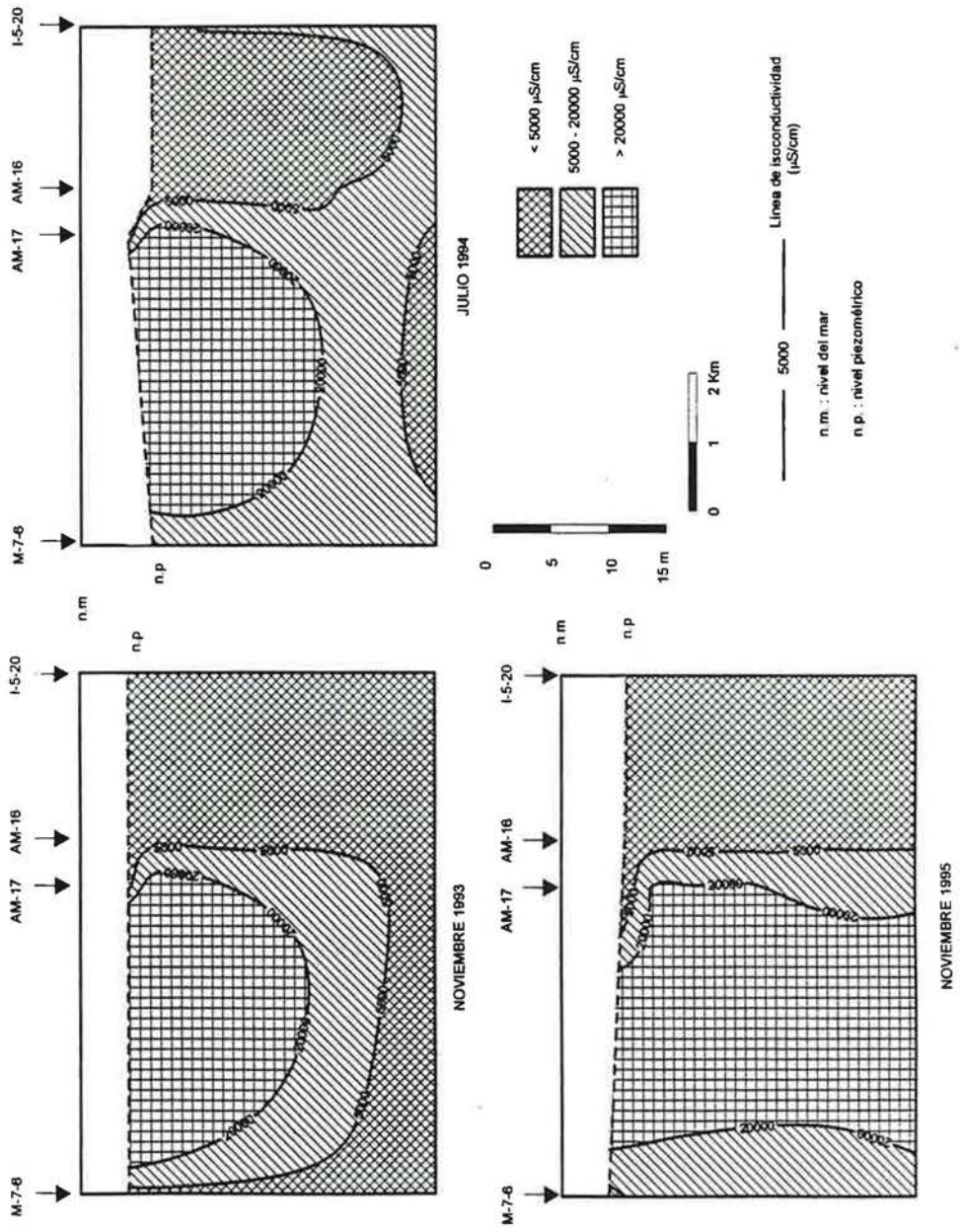


Figura 7.48. Perfil hidroquímico II-II'

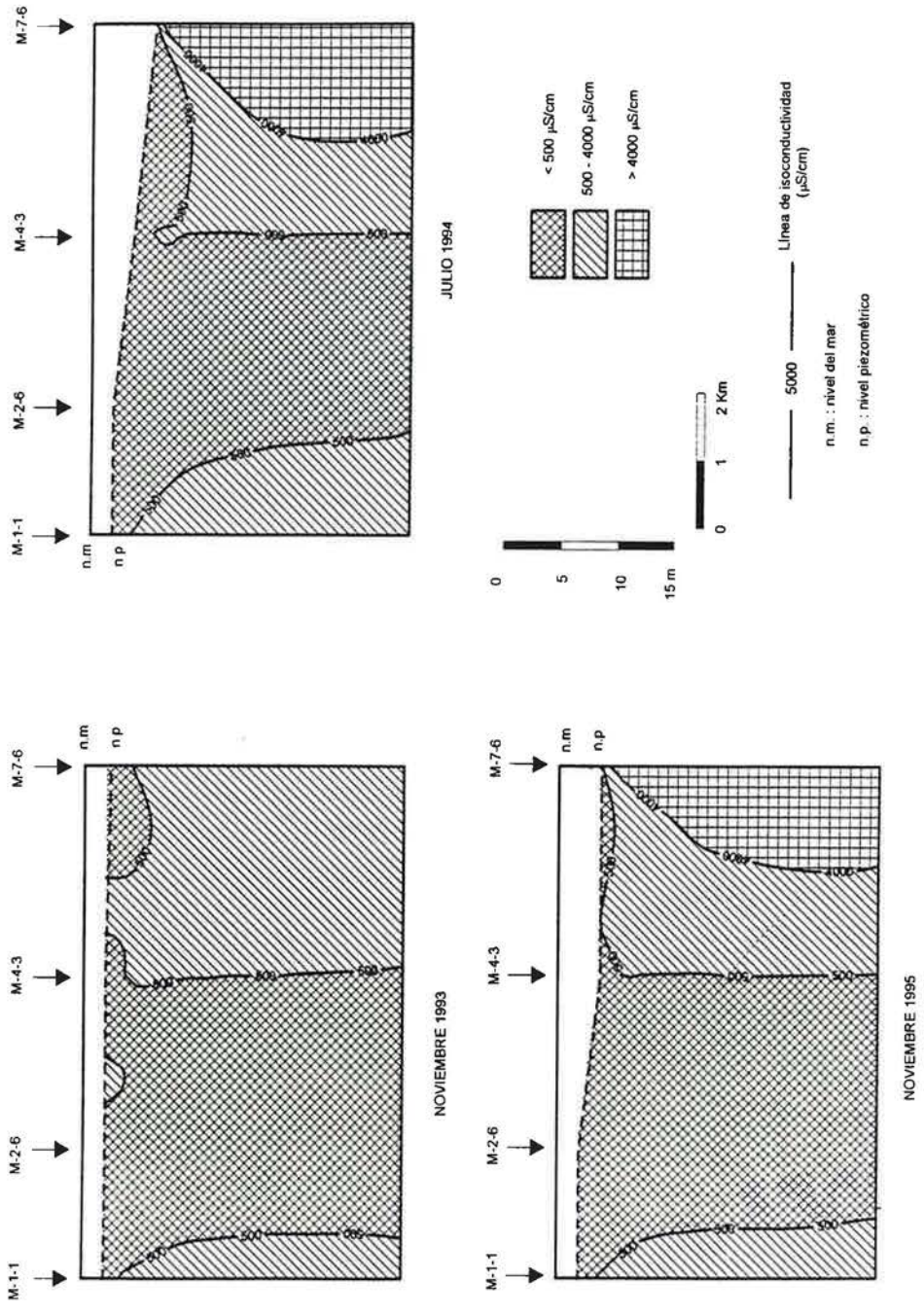


Figura 7.49. Perfil hidroquímico III-III'

En todos los registros verticales hubiera sido deseable seguir con las mediciones en profundidad, con el objeto de conocer en la vertical el comportamiento de esta zonas más salinizadas, y ver si cambian o no, así como realizar exhaustivos controles de temperatura en toda la longitud de los sondeos para poder detectar los flujos de agua subterránea e intentar relacionar ésta con la conductividad, aunque esto no fue posible debido a las limitaciones impuestas por la longitud del cable de la sonda (48,8 m), con lo cual apenas se pudo llegar a la zona de filtros, que nos daría una visión más clara del fenómeno, investigación que no se descarta seguir en el futuro.

7.7. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO

- 1) La aplicación de la hidroquímica ha sido un arma poderosa para conocer el origen de la salinización del acuífero, e inferir la geometría de las zonas de diferente grado de salinidad y su evolución espacio-temporal.

- 2) Las facies hidroquímicas originales predominantes en el acuífero en régimen no influenciado debieron ser del tipo clorurado sódico y bicarbonatado cálcico-magnésico. Estas facies han evolucionado en el tiempo y en el espacio hacia facies predominantes del tipo clorurado magnésico. La principal causa responsable de esta evolución son las elevadas extracciones por bombeo en el acuífero para uso agrícola (régimen influenciado), desde la puesta en marcha del Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas (PTAAM) en el año 1979.

- 3) La representación de los datos analíticos en diagramas de PIPER permite apreciar que las aguas del sector tienen una composición química que podría ser el resultado de una mezcla entre agua dulce y agua de mar atrapada en los sedimentos recientes (explicaría la hidroquímica de las zonas más salinas del acuífero), y, al mismo tiempo, de una mezcla agua de lluvia-agua dulce (explicaría la hidroquímica de las zonas menos salinas). La hidroquímica del acuífero está regulada por procesos de infiltración-dilución-concentración (lavado de sales en zona no saturada, mezcla con aguas marinas atrapadas en los sedimentos, reacciones sólido-solución, infiltración de aguas saladas desde zonas de marismas, alternancia de épocas húmedas y secas, y régimen de fuertes extracciones en el acuífero).

- 4) El estudio de las variaciones temporales de las principales características hidroquímicas del acuífero (cloruros, conductividad y relaciones iónicas tales como $rCl^-/rHCO_3^-$, $rSO_4^{=}/rCl^-$ y rMg^{2+}/rCa^{2+}) ha ayudado a caracterizar el fenómeno de contaminación salina en sectores de fuertes extracciones, lo cual ha sido corroborado por el estudio de las dependencias lluvia-nivel piezométrico, cloruros-precipitación y cloruros-nivel piezométrico.

- 5) El fenómeno de salinización es de origen distinto al agua de mar, y podría estar ligado a influencias de agua salada retenidas en lechos del subsuelo con escasa velocidad de flujo, o bien a aguas marinas antiguas (probablemente congénitas) que han quedado atrapadas entre los sedimentos de relleno de la cuenca, como muestran las relaciones iónicas rBr^-/rCl^-, $rCl^-/rHCO_3^-$ y $rSO_4^{=}/rCl^-$ (incluso indican el enriquecimiento en sales de otra procedencia tal como lavado de suelos y ascenso capilar de niveles más salinos).

- 6) El estudio del proceso de mezcla, considerando el Cl^- como representativo de la proporción de agua de mar en el acuífero, ha permitido establecer las correspondencias gráficas entre este ión y otros iones mayoritarios, así como su relación respecto a la línea de mezcla teórica agua dulce-agua de mar, lo cual ha sido de gran utilidad para identificar procesos anexos al fenómeno de mezcla. El Cl^- es el principal responsable de la salinidad de las aguas y existe un enriquecimiento en Ca^{2+} y Mg^{2+} y un empobrecimiento en Na^+ y K^+ respecto a la línea de mezcla teórica agua dulce-agua de mar.

- 7) El estudio de los Δiónicos ha resultado de gran utilidad en la identificación de los procesos modificadores de la salinidad (anomalías respecto al comportamiento teórico de un proceso simple de mezcla entre las aguas del acuífero y el agua de mar) y en el reconocimiento de procesos yuxtapuestos de salinización difíciles de identificar a priori (tipos de salinización alternativos a la del agua de mar).

- 8) La distribución espacial de los Δiónicos permite afirmar que en el acuífero existen dos cuerpos de agua bien diferentes:

  - Aguas dulces en el sector norte.
  - Aguas moderadamente salinas a muy salinas en el sector central y suroriental (aguas de mar atrapadas en los sedimentos).

- 9) Las aguas del acuífero corresponden muy probablemente a una mezcla ternaria de agua de mar-agua dulce-agua rica en Ca^{2+} y Mg^{2+}. Los Δiónicos ponen en evidencia un enriquecimiento de calcio y magnesio con el aumento de cloruros, frente a una perdida concomitante de sulfatos, sodio y potasio, respecto a la mezcla teórica agua dulce-agua de mar. La elevada correlación entre los ΔCa^{2+} y los $\Delta Na^+ + \Delta K^+$ permiten confirmar que los excesos de Ca^{2+} y Mg^{2+} son debidos a procesos de intercambio iónico con los sedimentos arcillosos del acuífero.

- 10) El estudio del comportamiento de iones minoritarios (bromo, estroncio, boro y litio) en relación al contenido en cloruros, ha sido de utilidad para confirmar fuentes de salinización diferentes al agua de mar, gobernadas por procesos de interacción agua-roca en sistemas cerrados con mucho tiempo de residencia del agua en el interior del material, y por procesos de lavado de sales del suelo que se incorporan al acuífero por infiltración.

- 11) Los registros verticales de conductividad-temperatura han permitido conocer la estratificación de zonas salinas en profundidad, y detectar la presencia de dos cuerpos de agua diferentes:

  - Agua dulce, con pequeñas variaciones de conductividad y cuya salinidad está controlada por procesos de dilución-concentración y lavado de sales congénitas.
  - Agua de salinidad moderada a alta, bastante consolidada correspondientes a aguas marinas antiguas atrapadas en los sedimentos y que se van enriqueciendo en sales aunque muy lentamente.

Por último,

- 12) Los perfiles hidroquímicos de conductividad han permitido conocer la envergadura y evolución espacio-temporal de las diferentes zonas salinizadas, su morfología, su relación con la inversión de gradientes hidráulicos en el acuífero, la presencia de zonas más salinizadas y las que están en vías de salinización casi inminente. Como línea de investigación futura, se deja abierta la posibilidad de estudiar en detalle los flujos verticales de aguas de diferente contenido salino, y los fenómenos modificadores asociados a la mezcla, en sondeos con zona captante distribuida en tramos a distintas profundidades, y la influencia sobre la salinidad del acuífero de la recarga con aguas salobres procedentes de la zona de marismas en función de cargas hidráulicas diferenciales ligadas a fuertes extracciones.

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

8.1. INTRODUCCIÓN

Con la denominación de "análisis multivariable" (SÁNCHEZ, 1984; BISQUERRA, 1989), "análisis multivariante" (CUADRAS, 1981; BRYAN, 1990), "análisis multivariado" (ESCOTET, 1990) o "análisis multidimensional" (JUDEZ, 1989) se conoce a una serie de técnicas estadísticas encaminadas a reunir y sintetizar grandes conjuntos de datos y variables, en función de unos objetivos, con el fin de obtener informaciones válidas que permitan una mejor comprensión del fenómeno objeto del estudio.

En hidroquímica, en particular, estas técnicas son de gran interés (GONZÁLEZ et al., 1988; PULIDO, 1989; GONZÁLEZ, 1997), y han permitido estimar modelos de comportamiento, reducir dimensionalidad, formar combinaciones de variables originales, testificar hipótesis relativas a medias, conocer el tipo de respuesta del acuífero ante ciertas acciones externas, etc.

Varios son los métodos de análisis multivariable que se han empleado en esta investigación:

* Análisis Factorial, cuyo objetivo básico es encontrar nuevas variables (denominadas factores) en un número más reducido que el de las variables originales, que sean combinación lineal de ellas y permitan estudiar con más facilidad, y sin pérdida significativa de la información original, el fenómeno a analizar, su estructura, y evidenciar relaciones entre variables, entre observaciones, o ambas.

* Análisis Cluster, para agrupar las variables hidroquímicas que tienen características similares; el dendrograma nos permite visualizar de manera rápida los grupos de variables afines y distinguirlas de aquellas otras que apenas guardan relación con el resto, y las agrupaciones bidimensionales nos relacionan las observaciones con similares características en función de las variables.

* Análisis de Series Temporales, para el estudio de series de nivel piezométrico. Se ordenan previamente los datos en periodos de tiempo sucesivos y se calculan las relaciones entre términos consecutivos de la serie (autocorrelación). De esta forma se pueden describir analítica y numéricamente las series, predecir la evolución de su comportamiento (modelos predictivos) y analizar las relaciones temporales entre variables.

8.2. ANÁLISIS FACTORIAL

8.2.1. Introducción

Es el procedimiento que se ha empleado para la obtención de los n autovalores y autovectores (componentes principales) de la matriz (*nxn*) de correlación y de la estimación de la fracción de la varianza total de los datos, explicada por cada uno de los componentes. Estos pueden interpretarse, a su vez, como nuevas variables no correlacionadas, las cuales son combinación lineal de las variables originales; ello nos conduce a una reducción en la dimensionalidad del espacio en que se trabaja, sin apenas pérdida significativa en la varianza del conjunto de datos; cada variable original explica una varianza de 1,0; la varianza total corresponde a la traza de

la matriz, por lo que su valor es *n*.

El análisis factorial comienza con la selección de un número de factores F (o p componentes principales), menor que n, pudiendo adoptarse varios criterios: escoger aquellos que expliquen individualmente un determinado umbral de varianza (por ejemplo superior a 1,0), o bien que en su conjunto superen una cierta fracción de la varianza total (generalmente el 90% da buenos resultados).

Existen diversos métodos para la selección o "extracción" de los factores (BISQUERRA, 1989), cada uno con sus ventajas e inconvenientes y actualmente se distinguen dos grandes tendencias:

- componentes principales (ACP), y
- análisis factorial (propiamente dicho) (AF).

El Análisis en Componentes Principales (ACP) es uno de los métodos considerado como pionero del análisis multivariable, y consiste en una reducción de la información disponible condensando la matriz de correlaciones entre variables en unos "componentes principales" de la variabilidad total, o sea, es una técnica estadística que permite transformar un conjunto de variables correlacionadas en otro conjunto de variables no correlacionadas, denominadas factores, de tal forma que estos son combinación lineal de las variables originales.

El análisis factorial y el ACP están muy relacionados, hasta tal punto que algunos autores consideran al segundo como una etapa del primero; otros, en cambio, lo consideran como técnicas diferentes.

Entre las diferencias de ambas técnicas (TABACHNICK y FIDELL, 1983) están las siguientes:

- En el ACP se parte de que cada variable contribuye inicialmente con un coeficiente igual a 1 en la explicación de la varianza total; por ello, si se conservaran todos los componentes principales el resultado reproduciría las variables observadas como combinación lineal de los componentes.

- El punto de partida del análisis factorial es la varianza de cada variable con el resto; la solución se centra, por tanto, en las variables con comunalidad[1] alta.

- El objetivo del ACP consiste en extraer la máxima varianza mediante la identificación de unos pocos componentes (factores) ortogonales.

- El objeto del análisis factorial consiste en reproducir la matriz de correlación con un número mínimo de factores.

---

[1]Proporción de varianza explicada por cada factor; la comunalidad inicial coincide con el coeficiente de correlación múltiple entre cada variable y todas las demás.

En resumen, puede interpretarse que el ACP analiza la varianza, mientras que el análisis factorial analiza la covarianza (comunalidad).

En el análisis factorial cada variable original es una combinación lineal de estos nuevos "factores" (cuya correlación es 0) cada uno de los cuales viene afectado por un coeficiente que indica su contribución en la variabilidad de cada variable. Como los factores se conciben como vectores proyectados en ejes ortogonales, para interpretarlos mejor se les somete a una rotación "Varimax" cuyo objetivo es que las proyecciones de las variables originales sobre los ejes estén o bien cerca de los extremos o bien cerca del origen, por ajuste de los coeficientes a ±1 o a 0 (DAVIS, 1973).

Esta operación no modifica la varianza explicada por los factores antes de la rotación, tan solo redistribuye los *n* autovalores entre los p factores retenidos; una vez efectuada esta operación se examina la proyección de las variables originales en las nuevas variables o factores retenidos. Además, el propio análisis de las contribuciones de aquellas en éstas ilustra también sobre el grado de relación mutua entre las variables originales, aspecto que constituye uno de los objetivos principales del análisis multivariable que se plantea en esta investigación.

8.2.2. Matriz de correlación

Para el análisis factorial se han utilizado datos hidroquímicos de 52 muestras que corresponden a 13 puntos acuíferos en las 4 campañas realizadas durante el periodo comprendido desde noviembre-94 a noviembre-95. Para obtener el máximo provecho del análisis se ha seleccionado el mayor número de variables posibles (13) estando dentro del rango permitido por el programa utilizado para este tipo de estudio.

En el cuadro 8.1 se muestra la matriz de los coeficientes de correlación entre variables para las 4 campañas, utilizada como punto de partida en este análisis. Esta matriz expresa el grado de asociación lineal de todas las posibles parejas entre variables.

En dicha matriz es de resaltar la elevada correlación de los cloruros con el sodio, magnesio y conductividad (principalmente), la alta correlación entre litio, calcio, sodio y cloruros y una buena correlación entre el estroncio, litio, calcio, magnesio y sodio.

8.2.3. Matriz de covarianza

Por la importancia de la varianza[2] de las variables en los componentes principales, puesto que estos son el reflejo de todas las variaciones de los datos originales, se ha calculado la matriz

---

[2]Para una variable cualquiera x_j de media $\bar{x}_j = \sum_{j=1}^{n} \frac{x_{ij}}{n}$ con n= nº de observaciones. La varianza se expresa como $s^2 = \sum \frac{(x^* - \bar{x})^2}{n-1}$ $S^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{[x_{ij} - \bar{x}_j]^2}{n-1}$

de covarianza[3] (llamada también matriz de dispersión) entre variables (cuadro 8.2). Esta matriz refleja el grado de variabilidad conjunta de todas las posibles parejas entre variables.

	Li^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Sr^{2+}	B^{3+}	Cl^-	SO_4^{2-}	SiO_3^{2-}	HCO_3^-	Br^-	I^-	pH	Cond
Li^+	1,00														
K^+	0,83	1,00													
Ca^{2+}	0,95	0,73	1,00												
Mg^{2+}	0,95	0,81	0,96	1,00											
Na^+	0,94	0,84	0,94	0,98	1,00										
Sr^{2+}	0,79	0,54	0,88	0,85	0,80	1,00									
B^{3+}	0,68	0,67	0,67	0,72	0,71	0,65	1,00								
Cl^-	0,94	0,83	0,95	0,99	1,00	0,82	0,71	1,00							
SO_4^{2-}	0,87	0,74	0,88	0,84	0,82	0,66	0,69	0,82	1,00						
SiO_3^{2-}	-0,27	-0,35	-0,16	-0,25	-0,26	-0,10	-0,53	-0,25	-0,32	1,00					
HCO_3^-	-0,56	-0,57	-0,53	-0,65	-0,68	-0,48	-0,59	-0,67	-0,46	0,54	1,00				
Br^-	0,75	0,48	0,78	0,77	0,75	0,67	0,51	0,75	0,68	-0,33	-0,55	1,00			
I^-	0,60	0,66	0,52	0,66	0,70	0,45	0,60	0,68	0,46	-0,45	-0,68	0,53	1,00		
pH	-0,53	-0,44	-0,54	-0,61	-0,63	-0,47	-0,24	-0,63	-0,31	-0,11	0,33	-0,51	-0,42	1,00	
Cond	0,85	0,80	0,82	0,92	0,94	0,73	0,72	0,93	0,70	-0,29	-0,71	0,75	0,78	-0,66	1,00

Cuadro 8.1. Matriz de correlación entre variables hidroquímicas

En ella cualquier elemento c_{ii} (c=covarianza) es la varianza de la variable x_i, y cualquiera c_{ij} es la covarianza entre las variables x_i y x_j.

En otro sentido, las varianzas de los componentes principales F_1, F_2...,, son los "valores propios"[4] de la matriz de covarianza (JUDEZ, 1989). La suma de los valores propios es igual a la traza (suma de los elementos de la diagonal) de la matriz de covarianza, lo que significa que la suma de las varianzas de los componentes principales es igual a la suma de las varianzas de las variables; es decir, los componentes principales "reflejan " todas las variaciones de los datos originales.

Cuando las variables están normalizadas (media 0 y varianza 1), los términos de la diagonal de la matriz de covarianza valen 1, lo que significa que la suma de todos ellos vale p que es también la suma de los valores propios y, por tanto, el número de variables. En la matriz de covarianza del cuadro 2 resalta la gran varianza de la conductividad, cloruros y sodio, a la que le siguen la del magnesio y calcio, y esto es debido a que se trabaja con datos sin normalizar.

---

[3]Para una relación lineal entre dos variables x_j y x_k la covarianza viene definida por

$$c_{jk} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_{ij} - x_j)(x_{ik} - x_k)}{n-1}$$ y se cumple que $c_{jk}=c_{kj}$; x_{ij}=valor de la observación i en la variable j (i=1, 2, ...,n), (j=1, 2,.....,n)

[4]Indice de varianza de la variable explicada por cada factor.

Cuadro 8.2. Matriz de covarianza entre variables hidroquímicas

	Li^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	Sr^{++}	B^{+++}	Cl^-	$SO_4^=$	$SiO_2^=$	HCO_3^-	Br^-	I^-	pH	Cond
Li^+	0,0142														
K^+	5,4020	3018,22													
Ca^{++}	35,7665	12761,9	100826,0												
Mg^{++}	52,4328	20675,0	141651,0	215510,0											
Na^+	362,040	149015,0	969752,0	14894E2	10492E3										
Sr^{++}	0,2494	79,1302	743,815	1047,62	6890,21	7,09065									
B^{+++}	0,0332	15,0798	86,6290	136,105	935,324	0,71043	0,16666								
Cl^-	747,355	302769,0	20125E2	30745E2	21562E3	14549,5	1923,37	44383E3							
$SO_4^=$	42,2314	16622,2	113903,0	158858,0	10756E2	720,016	115,536	22135E2	165830,0						
$SiO_2^=$	-0,1338	-79,216	-213,90	-486,54	-3463,0	-1,0499	-0,88421	-6878,0	-531,48	16,9751					
HCO_3^-	-4,5924	-2171,1	-11547,0	-20819,0	-1511E2	-88,432	-16,487	-3076E2	-12994,0	153,335	4754,76				
Br^-	0,4256	125,474	1176,71	1703,98	11462,8	8,44462	0,97971	23828,4	1309,85	-6,3656	-180,47	22,5174			
I^-	0,0000	0,00610	0,02772	0,05130	0,37729	0,00020	0,00004	0,76291	0,03152	-0,00031	-0,00791	0,00042	0,00000		
pH	-0,0432	-16,639	-118,01	-194,11	-1395,6	-0,85504	-0,06679	-2867,7	-86,651	-0,32034	15,3192	-1,6615	-0,00005	0,46632	
Cond	801,188	345693,0	20616E2	33932E2	23975E3	15271,5	2310,34	49127E3	22460E2	-9561,8	-3875E2	28126,2	1,03918	-3549,0	62494E3

Las variables con varianza más próximas a la unidad (se ajustan mejor a la normalidad) son el pH y el boro; destaca, también, la escasa variabilidad del ión ioduro y litio (varianza próxima a cero).

Los coeficientes de covarianza positivos se deben a que las dos variables implicadas tienden a caer o por encima o por debajo de su media; los coeficientes negativos resultan cuando una variable cae por encima de la media mientras que la otra cae por debajo. Se observa, pues, que todos los coeficientes son positivos excepto los correspondientes a las filas de la sílice y bicarbonato, así como el pH (todos negativos excepto con el bicarbonato); en la fila de la conductividad hay también algunos valores negativos (con la sílice y el bicarbonato) y en la fila del bromo (también con la sílice y bicarbonato).

Cuanto menor es el valor del coeficiente de covarianza menor es la dispersión de los valores observados en ambas variables respecto a la media, y menor es su relación lineal; para coeficientes igual a cero la dispersión es nula, y no existe relación.

Las mejores relaciones lineales se dan entre cloruros y conductividad y entre conductividad con cloruros, sodio y magnesio. El grado de relación más bajo corresponde a los ioduros con el resto de las variables.

8.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.3.1. Análisis Factorial

A partir de la matriz de correlación entre variables hidroquímicas (cuadro 8.1) se ha procedido, en un primer análisis factorial:

1) A la extracción de los factores necesarios para representar los datos.

2) A la rotación de los mismos (método VARIMAX) con objeto de facilitar su estudio.

3) A la interpretación de los resultados.

El método empleado en la extracción de factores es el de componentes principales (HARMAN, 1980). Además de los 15 componentes o factores principales, se han calculado los valores propios, sus acumulados y el % de varianza para cada uno de ellos (cuadro 8.3).

Se puede observar que la contribución de cada factor en la varianza disminuye progresivamente del 1 al 8 y que a partir del 9 la contribución es prácticamente nula, por lo que no aparecen en el cuadro 8.3.

A partir de estos datos se ha aplicado la regla de KAISER (1960) de conservar (extraer) solamente aquellos componentes principales cuyos valores propios son mayores que la unidad y cuanto más elevados mejor, por lo que se han retenido los componentes (factores) 1 y 2 que denominamos Factor I y Factor II respectivamente; además, son dos factores que explican casi

el 77% de la varianza.

El siguiente paso ha sido calcular la matriz factorial (cuadro 8.4) que indica el peso de las variables en los factores extraídos (I y II). Pesos altos significan que hay variables que están asociadas al factor correspondiente. Así tomando solo los pesos mayores de 0,8 el Factor I y II agrupan a las variables Mg^{2+}, Cl^-, Na^+, Ca^{2+}, Conductividad y Li^+, y si tomamos un peso mayor de 0,7, el Factor I agruparía además $SO_4^=$ y K^+ y el Factor II a $SiO_2^=$, Sr^{2+}, K^+, B^{3+} y $SO_4^=$.

Factores	Valor propio*	% Total de la Varianza	Acumulado del valor propio	Acumulado de la Varianza
1	10,31464	68,76427	10,31464	68,76427
2	1,19260	7,95066	11,50724	76,71493
3	0,70424	4,69495	12,21148	81,40988
4	0,40107	2,67380	12,61255	84,08368
5	0,24746	1,64974	12,86001	85,73342
6	0,08212	0,54744	12,94213	86,28086
7	0,03292	0,21945	12,97505	86,50032
8	0,01251	0,08338	12,98755	86,58369

* Indice de varianza de la variable explicada por cada factor

Nota: No se incluyen a partir del 8 ningún factor porque su contribución es nula.

Cuadro 8.3. Extracción de los factores (componentes principales)

La comunalidad estimada para el conjunto de los factores I y II (cuadro 8.4) es un buen indice para conocer la variabilidad de cada variable explicada por ambas. Así, los valores bajos (cero o próximos a cero) indican que los factores comunes no explican nada de la variabilidad de la variable, mientras que valores de 1 (o próximos) indican que la variable queda explicada por los factores comunes. En el correspondiente cuadro se observa como los factores I y II explican la variabilidad de Cl^-, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, $SO_4^=$, conductividad y Li^+ y en menor proporción Br^{3+}, K^+ y B^-.

Todos estos aspectos se representan gráficamente en la figura correspondiente al "mapa de posición de variables" (figura 8.1).

Para escoger la solución más sencilla de interpretar se ha sometido a los ejes factoriales I-II a una rotación VARIMAX (KAISER, 1958), cuyo objetivo consiste en maximizar la varianza de los factores mediante un tipo de ejes hasta conseguir que se aproximen al máximo a las variables en que están saturados[5]; la matriz factorial inicial se transforma así en una matriz

[5]Cuando en la matriz factorial existen variables con pesos altos en un factor y bajos en todos los demás, se dice que están saturados en ese factor; y cuando esto sucede el análisis factorial cobra sentido.

factorial rotada (cuadro 8.5) cuya matriz de transformación es la que se muestra en el cuadro 8.6.

Variable	Factor I	Factor II	Comunalidad Estimada*
Li^+	0,899218	0,900077	0,949796
K^+	0,690532	0,717347	0,876572
Ca^{++}	0,883738	0,935048	0,997871
Mg^{++}	0,980196	0,985201	0,999376
Na^+	0,976929	0,975765	0,999971
Sr^{++}	0,664211	0,734121	0,979078
B^{+++}	0,576822	0,715295	0,804315
Cl^-	0,978889	0,980969	0,999982
$SO_4^=$	0,704632	0,712699	0,989647
SiO_2^*	0,118973	0,848475	0,737901
HCO_3^-	0,482861	0,684142	0,793482
Br^-	0,614563	0,638478	0,899848
I^-	0,518754	0,649825	0,775650
pH	0,333295	0,569170	0,656366
Cond	0,892849	0,892901	0,967412

* Proporción de varianza explicada (de cada variable) por el conjunto de los factores I-II

Cuadro 8.4. Matriz Factorial de las variables hidroquímicas

Variable	Factor I	Factor II
Li^+	0,873089	0,387244
K^+	0,643509	0,543469
Ca^{++}	0,940290	0,258409
Mg^{++}	0,912831	0,402161
Na^+	0,893714	0,431026
Sr^{++}	0,834847	0,191010
B^{+++}	0,496092	0,651244
Cl^-	0,904702	0,414517
$SO_4^=$	0,734202	0,407710
SiO_2	0,049108	-0,756587
HCO_3^-	-0,388336	-0,705899
Br^-	0,704336	0,349433
I^-	0,429978	0,685553
pH	-0,682993	0,018489
Cond	0,794839	0,510147

Cuadro 8.5. Matriz Factorial rotada (método Varimax)
(Método de rotación factorial ortogonal, que simplifica factores al maximizar la varianza de los mismos)

Factor	I	II
I	1,000000	0,707380
II	0,707380	1,000000

Cuadro 8.6. Matriz de transformación factorial.
(Es la matriz que multiplicada por la matriz factorial da la matriz factorial rotada)

Esta matriz factorial rotada es de más fácil interpretación, pues cada columna de esta nueva matriz produce algunos pesos muy altos y otros se aproximan a cero, con lo que se tiende a minimizar el número de variables que tienen saturaciones altas en un factor (figura 8.1). Es de destacar que tras la rotación, el factor I está prácticamente saturado en 10 valores (Li^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, Sr^{2+}, Cl^-, $SO_4^=$, Br^{3+}, pH y conductividad) y el factor II sólo en dos variables ($SiO_2^=$ y HCO_3^-). En la gráfica correspondiente se pone de manifiesto por la agrupación de las variables en un mismo factor próximos al valor 1.

Con esto se puede conocer la estructura o contenido de los factores y ahora se procede a darles un nombre. El factor I es claramente un "**factor salinidad**" y está asociado a los procesos que determinan el contenido salino de las aguas en la parte del acuífero correspondiente a la zona de trabajo (principalmente Ca^{2+}, Cl^-, Mg^{2+} y Na^+ y a continuación Li^+ y Sr^{2+}), y que a su vez condicionan la conductividad. Estos procesos deben tener un carácter general, como se puede observar en el cuadro 8.3, en donde este factor explica caso el 69% de la varianza total, y abarcaría, por consiguiente, tanto procesos naturales, en relación con la dilución-concentración de sales congénitas, como procesos antrópicos relacionados con la salinización de captaciones por los bombeos y que repercuten en el avance, aunque lento, de la salinización atrapada en los sedimentos (ello explicaría los grandes incrementos del contenido en Cl^- y conductividad).

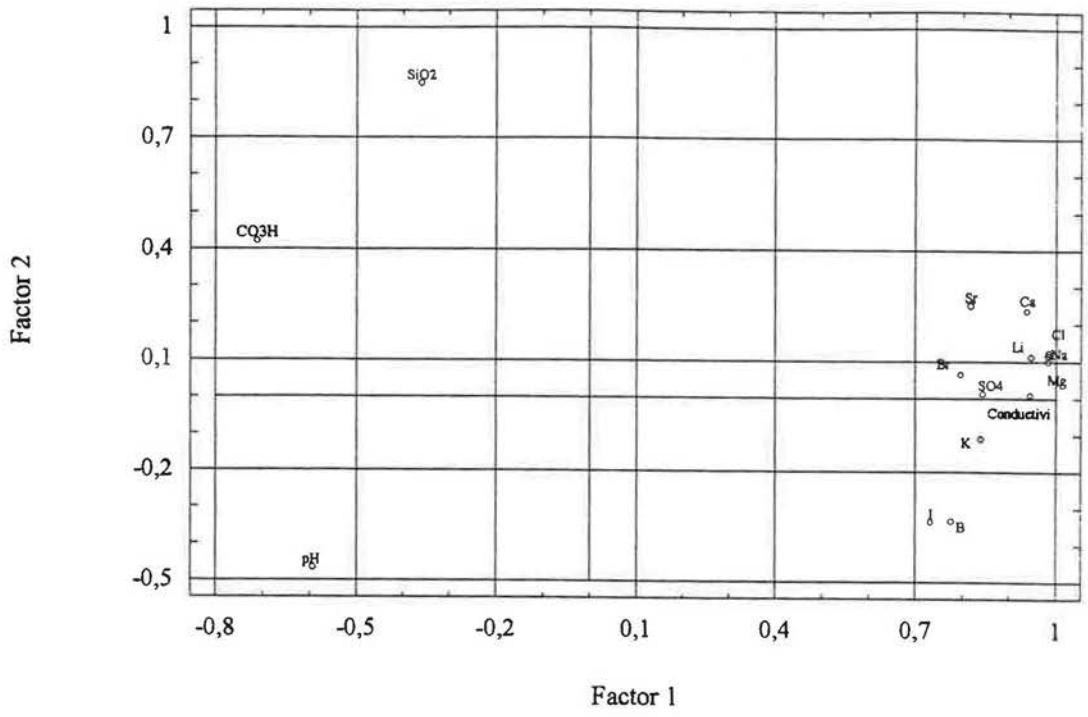
El factor II es un factor de "**enriquecimiento en SiO_2 y HCO_3^-**" (representa una varianza del orden del 8%), que podría estar relacionado con lechos de agua salobre de escaso flujo o atrapadas (pertenecientes a aguas marinas antiguas) y que se han ido enriqueciendo en sílice por la interacción del agua con los materiales margo-arenosos (tipo caolinita) de la cuenca.

Todo esto se puede comprobar observando, por ejemplo, la evolución de los muestreos en el sondeo AM-13 (figura 8.1bis), donde se ve que de forma clara la salinidad (Factor I) va aumentando de un muestreo a otro, disminuyendo la variabilidad explicada por el factor II al irse perdiendo las facies hidroquímica original. Otro caso es el sondeo AM-12, claramente salinizado, pero aparentemente sin evolución en su contenido salino, que mantiene esta alta contaminación salina por efectos de dilución-concentración relacionados con épocas secas-húmedas.

8.3.2. Análisis en Componentes Principales

Con los datos de la matriz de correlación (cuadro 8.1) se ha realizado un ACP con todas las variables. Los resultados se presentan en los cuadros 8.7, 8.8 y 8.9 y en la figura 8.2; los dos primeros componentes (factores) expresan casi el 80% de la varianza original (el primero con casi 70% y el segundo con el 10%).

Mapa de posición de variables



Mapa de posición de variables
Rotación Varimax

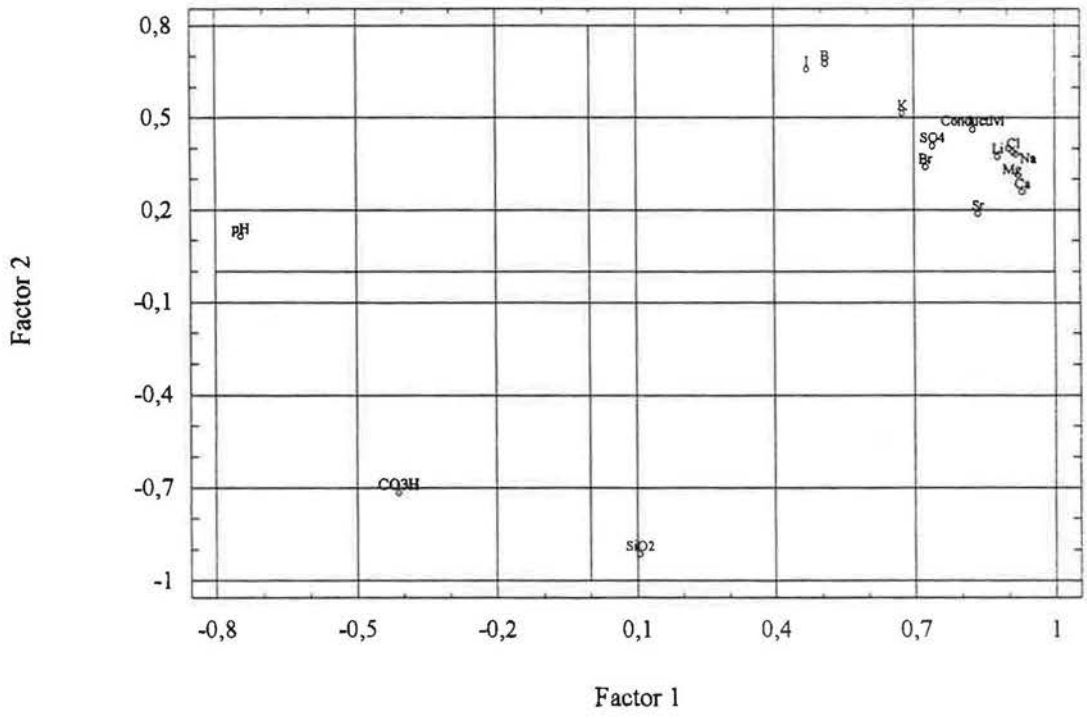


Figura 8.1. Mapas de posición de variables

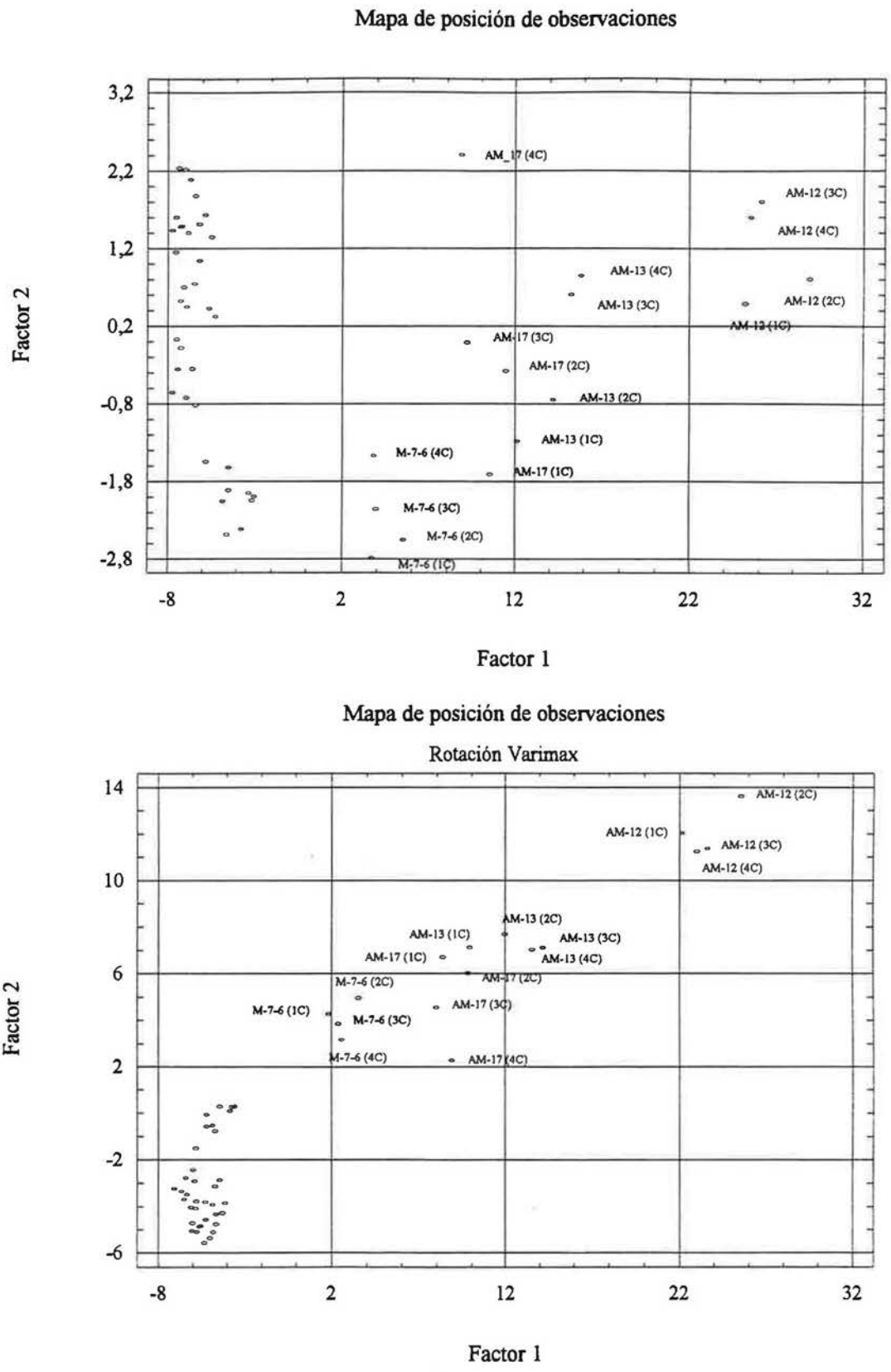


Figura 8.1bis. Mapas de posición de observaciones

Factores	Valor propio*	% Total de la Varianza	Acumulado del Valor propio	Acumulado de la Varianza
1	10,42625	69,50830	10,42625	69,5083
2	1,52317	10,15444	11,94941	79,6627
3	0,92108	6,14056	12,87050	85,8033
4	0,59592	3,97278	13,46641	89,7761
5	0,43890	2,92597	13,90531	92,7021
6	0,33471	2,23139	14,24002	94,9334
7	0,29030	1,93536	14,53032	96,8688
8	0,17555	1,17034	14,70587	98,0391
9	0,11610	0,77402	14,82197	98,8132
10	0,7487	0,49914	14,89685	99,3123
11	0,05359	0,35728	14,95044	99,6696
12	0,03955	0,26365	14,98999	99,9332
13	0,00864	0,05761	14,99863	99,9908
14	0,00136	0,00908	14,99999	99,9999
15	0,00001	0,00007	15,00000	100,0000

* Indice de varianza de la variable explicada por cada factor

Cuadro 8.7. Extracción de componentes principales

Variable	Factor I	Factor II	Comunalidad Estimada*
Li^+	0,897643	0,900077	0,949796
K^+	0,704969	0,717347	0,876572
Ca^{++}	0,879510	0,935048	0,997871
Mg^{++}	0,970146	0,985201	0,999376
Na^+	0,966102	0,975765	0,999971
Sr^{++}	0,671512	0,734121	0,979078
B^{+++}	0,603552	0,715295	0,804315
Cl^-	0,967966	0,980969	0,999982
$SO_4^=$	0,712555	0,712699	0,989647
SiO_2	0,129970	0,848475	0,737901
HCO_3^-	0,506730	0,684142	0,793482
Br^-	0,634429	0,638478	0,899848
I^-	0,536501	0,649825	0,775650
pH	0,351810	0,569170	0,656366
Cond	0,892849	0,892901	0,967412

* Proporción de varianza explicada (de cada variable) por el conjunto de los factores I-II

Cuadro 8.8. Matiz Factorial de las componentes principales

Variable	Factor I	Factor II
Li^+	0,878714	0,371267
K^+	0,675183	0,511346
Ca^{++}	0,931880	0,258162
Mg^{++}	0,917088	0,379671
Na^+	0,903254	0,399873
Sr^{++}	0,836140	0,187059
B^{+++}	0,510499	0,674304
Cl^-	0,911846	0,386660
$SO_4^=$	0,739963	0,406391
SiO_2	0,105068	-0,915115
HCO_3^-	-0,411023	-0,717776
Br^-	0,724051	0,337976
I^-	0,470706	0,654417
pH	-0,745994	0,112527
Cond	0,825237	0,460311

Cuadro 8.9. Matriz Factorial rotada (método Varimax)
(Método de rotación factorial ortogonal, que simplifica factores al maximizar la varianza de los mismos).

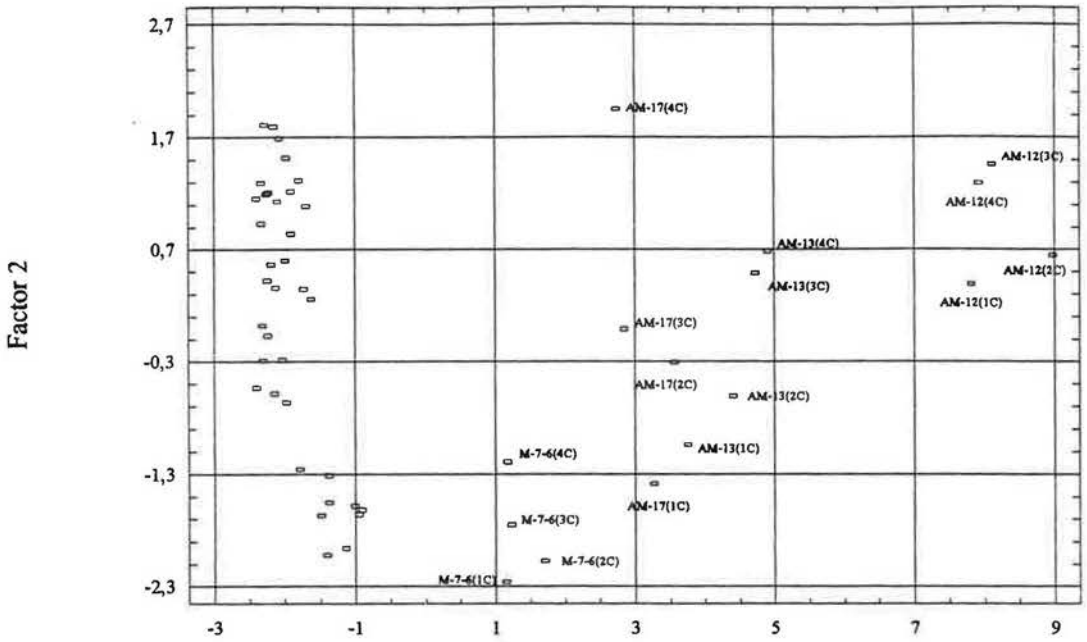
El mapa de posición de variables (figura 8.2) muestra como hay un factor I o **factor de salinidad** que queda determinado por el contenido en Ca^{2+}, Cl^-, Mg^{2+} y Na^+ y a continuación Li^+ y Sr^{2+} principalmente (es el factor más representativo ya que supone el 80% de la varianza total) y un factor II que está poco definido aunque tiende a ser un factor regido principalmente por la sílice (enriquecimiento en sílice) y en parte los bicarbonatos **(factor en enriquecimiento en sílice y bicarbonatos)**.

El factor I, o factor que rige la salinidad, es el más representativo pues está influido por el Ca^{2+}, Cl^-, Mg^{2+}, Na^+, etc., y al igual que en el análisis factorial de variables, es un factor de gran representatividad que explica la variabilidad del proceso de salinización y, por tanto, la presencia de aguas salobres en la mayor parte de la zona.

El factor II es un factor de enriquecimiento en sílice y bicarbonatos, muy probablemente ligado a intercambio iónico debido a la interacción agua-roca (materiales margo-arenosos)

En el mapa de distribución de observaciones (figura 8.2) se puede observar cómo junto a puntos que no presentan tendencia en la evolución temporal de la salinización (por ejemplo el sondeo M-7-6) y cuyo contenido iónico está influenciado por procesos de dilución-concentración, hay otros en que el contenido salino (marcado por el factor I) tiende a un aumento en el tiempo (caso del sondeo AM-13) lo que es indicativo de que la salinización está avanzando, aunque lentamente.

Mapa de posición de observaciones



Mapa de posición de variables

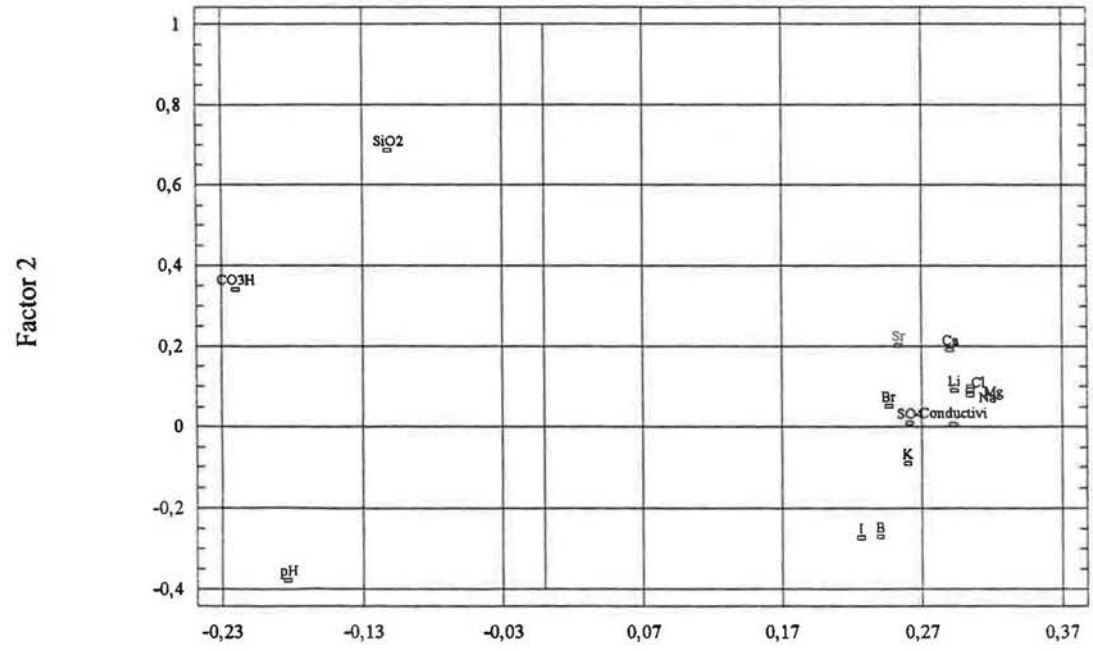


Figura 8.2. Mapas de posición de observaciones y variables hidroquímicas

En síntesis se puede indicar que ambos métodos (análisis factorial y análisis de componentes principales) ofrecen resultados similares y que ambos coinciden en la existencia de un factor de salinidad progresiva en el tiempo, que explica satisfactoriamente la variabilidad de los contenidos en Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, etc., y por consiguiente, la de la conductividad; este factor engloba esencialmente variaciones de salinidad como consecuencia de aguas antiguas marinas y que han quedado atrapadas entre los sedimentos de relleno de la cuenca en zonas donde el flujo es escaso, dándose además fenómenos de dilución-concentración.

Otro factor (Factor II), de menor importancia, pero no despreciable, parece estar ligado a un enriquecimiento en sílice y en menor proporción bicarbonatos, posiblemente debido al efecto tampón de ambos, o a la interacción agua-roca (materiales margo-arenosos de relleno de la cuenca ricos en silicatos), que da lugar a la pérdida progresiva de las facies hidroquímica original que está siendo sustituida por aguas salobres.

Los valores de los coeficientes de las componentes principales, conforman una matriz de 15x15 y, de igual forma, se puede calcular una matriz de coeficientes, en este caso de 15x52, para expresar los componentes principales en función de las observaciones (aquí sólo se presentan los valores matriciales de los dos primeros componentes, tal y como se muestran en el cuadro 8.9). De estos valores se deducen las ecuaciones lineales que relacionan los componentes principales a las variables (sólo se tendrá en cuenta los iones mayoritarios), siendo en éste caso para los dos primeros las siguientes:

Factor I: $0{,}675K^+ + 0{,}932Ca^{2+} + 0{,}917Mg^{2+} + 0{,}930Na^+ + 0{,}912Cl^- + 0{,}740SO_4^{=} - 0{,}105SiO_2^{=} - 0{,}411HCO_3^-$
Factor II: $0{,}511K^+ + 0{,}258Ca^{2+} + 0{,}379Mg^{2+} + 0{,}4Na^+ + 0{,}386Cl^- + 0{,}406SO_4^{=} - 0{,}915SiO_2^{=} - 0{,}718HCO_3^-$

Se puede observar que sobre el primer componente inciden de forma muy equilibrada las variables Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ y Cl^- (con alto valor de su coeficiente), algo menos el K^+ y de forma negativa la $SiO_2^{=}$ y HCO_3^-.

En el segundo componente inciden de forma negativa los mismos que en el caso anterior, o sea, la $SiO_2^{=}$ y HCO_3^- (con alto valor de su coeficiente), y entre las contribuciones positivas destaca la del K^+ mientras que el resto de las variables lo hacen de forma muy equilibrada.

En la figura 8.2bis se representan simultáneamente los puntos de observación y las variables, estando unidas éstas al centro de coordenadas por unos ejes (vectores) entre los que se podría medir su deriva angular. Aquí se puede observar que los valores angulares entre Sr^{2+}-Ca^{2+}, I^--B^{3+}, Mg^{2+}-Na^+ y Cl^--Conductividad son muy bajos, es decir, que el coseno de sus ángulos serán muy próximos a la unidad, lo que nos da idea de la estrechez de las relaciones entre parejas de variables. La longitud de cada vector es proporcional a la contribución de esa variable al factor.

Las variables $SiO_2^{=}$, HCO_3^- y pH van por libre y formando ángulos de casi 90° con los pares de variables anteriores, con lo que su interrelación prácticamente no existe, quedando al final una leve relación entre el K^+ y los pares de variables mencionados.

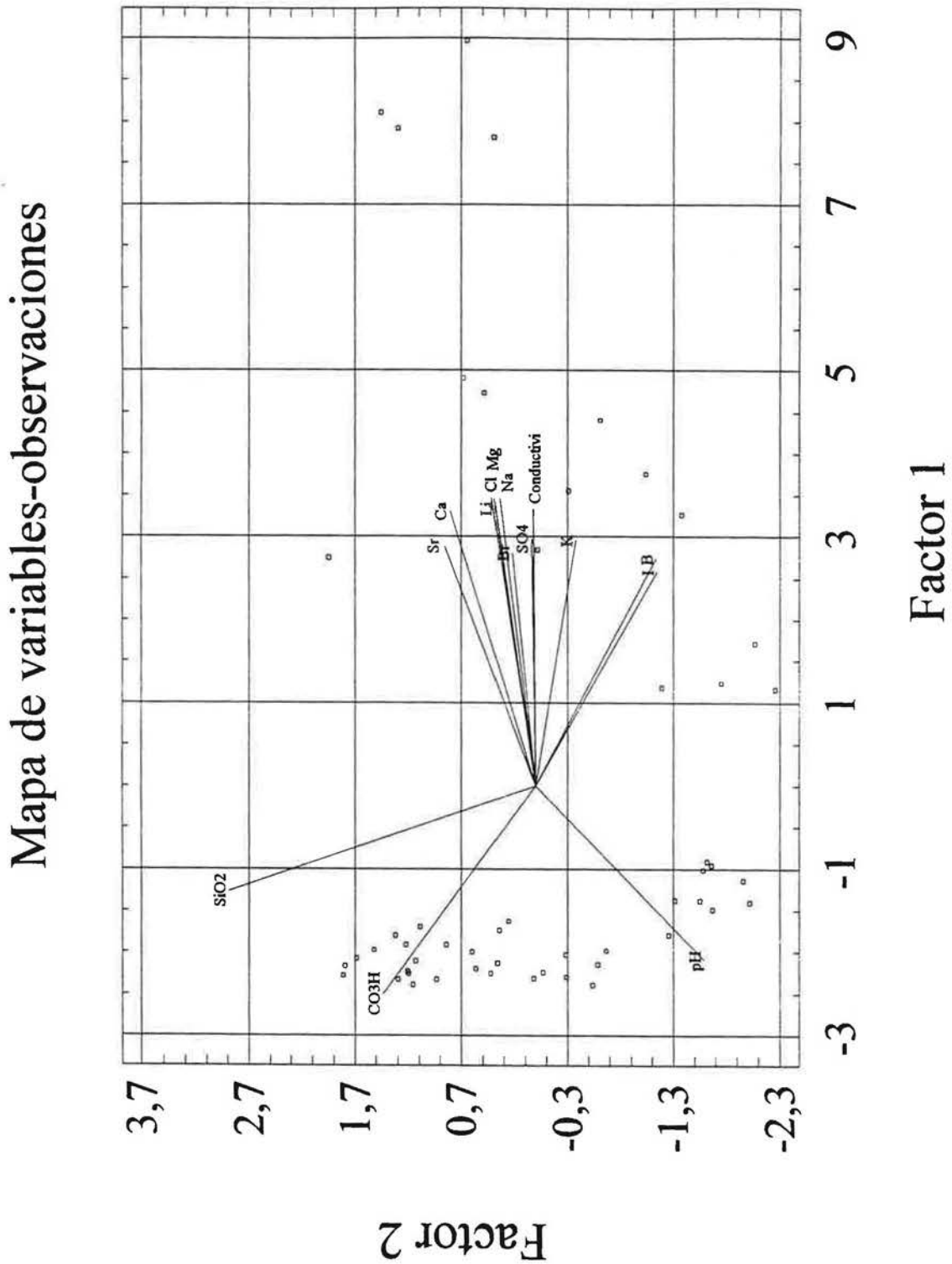


Figura 8.2bis. Mapa de variables-observaciones

8.3.3. Análisis Cluster

Consiste en el empleo de algoritmos que tienen por objeto la búsqueda de grupos similares de variables o de observaciones; por tanto, a partir de una serie de variables de las que se poseen un conjunto de observaciones, el análisis cluster agrupa las que son más homogéneas, por lo que, las características de los componentes de un grupo serán similares.

Para la realización de este análisis se ha procedido de la siguiente forma:

- selección de variables y observaciones,
- elección de la medida de proximidad o semejanza, y
- elección del criterio o método de agrupación a emplear para formar grupos.

En cuanto a la selección de variables se ha realizado un análisis cluster con los datos físico-químicos de las muestras de las cuatro campañas de todos los sondeos. La elección de la medida de proximidad entre cada dos elementos considerados se ha hecho en base a distancias[6], osea tomando el complementario hasta el valor unidad del coeficiente de correlación.

Como métodos de agregación hemos empleado 4 técnicas de clasificación jerárquica indexada:

* *Promedio de la distancia entre grupos*, también conocido como la media (**AVERAGE**); en éste método la distancia de un elemento a un grupo ya formado se toma como la distancia media entre éste y todos los elementos del grupo. Este método utiliza información de todas las distancias entre pares de elementos, y no solamente de los más alejados o de los más próximos, razón por la que suele ser uno de los métodos preferidos de análisis cluster.

* *Distancia mínima*, también conocida como la del vecino más próximo (**SINGLE**); es uno de los más sencillos y consiste en ir agrupando los elementos que tienen menor distancia (mayor similitud); de este modo los dos elementos que presentan en la matriz la menor distancia será el primer grupo o clase, y en cualquier paso del análisis las distancias entre dos grupos ya formados es la distancia entre sus puntos más próximos.

* *Distancia máxima*, conocida como la del "vecino más lejano" (**COMPLETE**); es un método que utiliza como criterio de agregación la distancia mayor (menor similitud) entre los elementos, con idénticas consideraciones hechas en el caso anterior.

* *Distancias entre medias*, también conocida como "centroide" (**CENTROID**); en éste método se calcula la proximidad entre dos grupos como la distancia entre sus medias para todas las variables.

---

[6]La distancia es la inversa de la "similitud", pues viene referida a la distancia euclídea (cuanto menos le falte a un coeficiente de correlación entre dos variables para llegar a la unidad, menor distancia entre ellas y mayor similitud, osea, mayor dependencia tiene la una de la otra).

Para ello se ha utilizado los programas informáticos STATISTICA v5.0 (Statsoft Inc.) y STATGRAPHICS w2.0+ (STSC Inc.).

Para la interpretación de los resultados se han generado los dendrogramas para los cluster de variables.

8.3.3.1. Análisis de variables

Del total de variables físico-químicas, hemos tenido en cuenta 15 para el estudio de análisis cluster y con ellas se ha obtenido la matriz de correlación (cuadro 8.1) para los datos de las 4 campañas.

En un primer análisis cluster, los resultados se han expresado en forma de dendrogramas por los métodos anteriormente citados y, en una primera aproximación, se observa que la configuración de estos varía según el método, cosa lógica puesto que los grupos que se forman en cada caso lo hacen en base a la medida de proximidad propia del método; por ello, distintas medidas de proximidad pueden dar resultados distintos para los mismos datos, lo que constituye el punto débil más importante de la clasificación jerárquica.

A partir de estos dendrogramas (figura 8.3) pueden hacerse los siguientes comentarios:

- a) La estructura es casi idéntica en los cuatro métodos.

- b) Se pueden apreciar perfectamente dos conglomerados de variables, uno que asocia la $SiO_2^=$ y HCO_3^-, al que se le agrega el pH, y otro con el resto de las variables. De esto se deduce que si los bicarbonatos están tamponando el agua, las variaciones del pH serán mínimas en el rango del tamponamiento, haciendo del valor del pH casi un parámetro fijo; además la presencia de bicarbonatos se debe a la incorporación de CO_2 al agua, que se produce por dos causas: 1) por el contacto del agua de lluvia con la atmósfera, y 2) por enriquecimiento de CO_2 de las aguas en el suelo debido a la respiración radicular de las plantas y al desprendimiento de CO_2 de la materia orgánica; es decir, que el CO_2 adquirido por el agua de lluvia, cuando se infiltra, hace que éste se disuelva formando el ión bicarbonato y el ión H^+, el cual a medida que aumenta en la solución hace que el pH disminuya y es este ión quién ataca a los carbonatos, pero también a la sílice, haciendo que ambas se disuelvan y por tanto que el pH aumente (dentro del rango del tamponamiento) ya que los ácidos silícicos y carbónicos son ácidos débiles (se disocian muy poco en solución). Por tanto, a medida que disminuya el pH las velocidades de disolución tanto de los carbonatos como de la sílice aumentará y de esta forma las concentraciones respectivas, por cuanto al aumentar el pH el efecto es el contrario, por lo que en síntesis se puede decir que el pH de las aguas está regido por el efecto "tampón" de los bicarbonatos y la sílice.

El ácido silícico es mucho más débil que el carbónico por lo que a medida que la concentración de silicio aumente en solución (en forma de ácido), el pH aumentará y las concentraciones de bicarbonato disminuyen por precipitación (de aquí que los Δ de silicio sean positivos mientras que los de bicarbonatos son negativos y los pH altos).

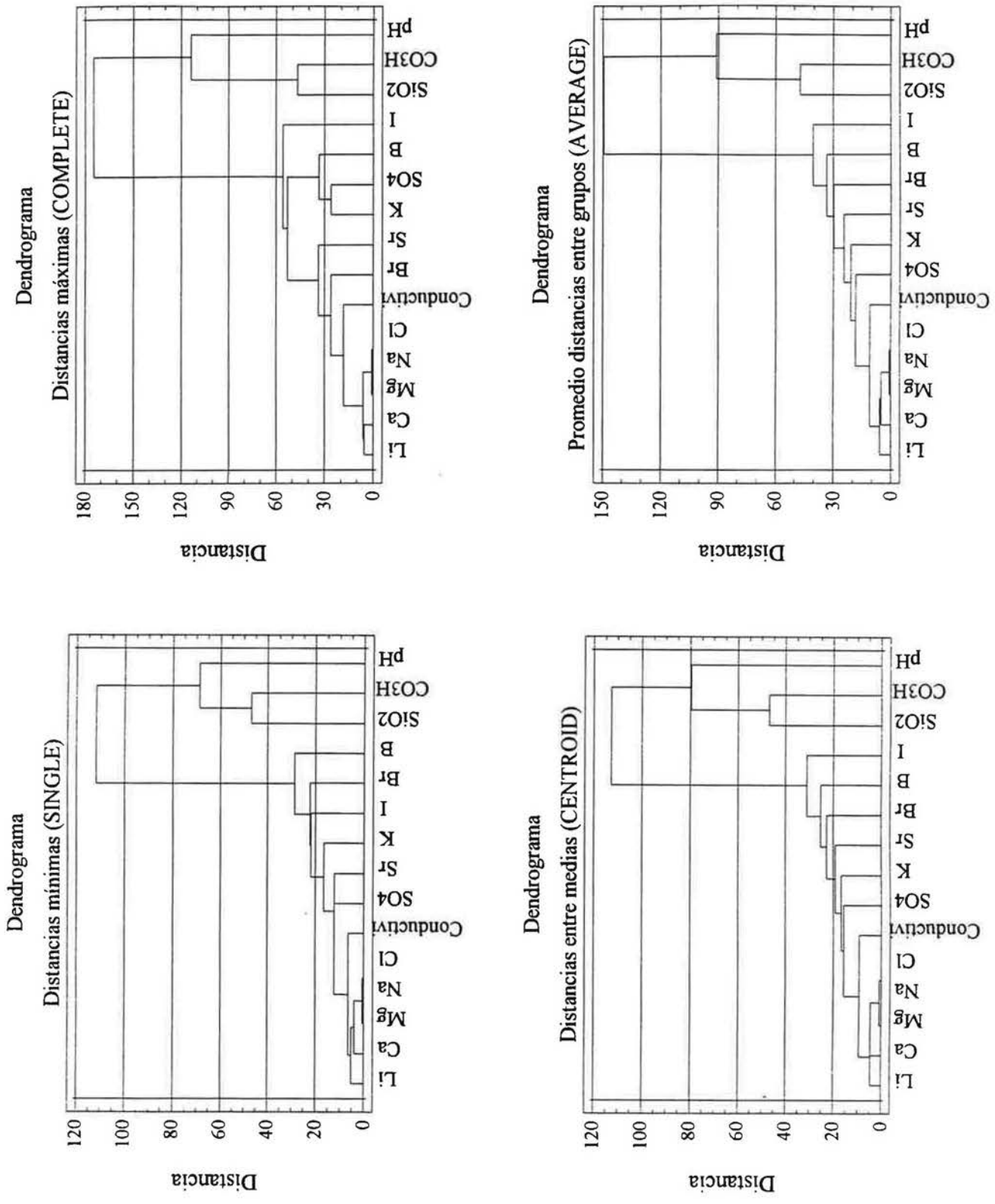


Figura 8.3. Dendrogramas de variables hidroquímicas

- c) En todas las estrategias el primer nivel de agregación es el formado por Cl^--Na^+ al que en sucesivos niveles se agregan Mg^{2+}, Ca^{2+}, Li^+, Conductividad, $SO_4^=$, K^+, Sr^{2+}, Br^-, B^{3+} e I^- respectivamente, lo que en análisis factorial denominábamos "factor salinidad". Es pues muy probable que la sal más común en estas aguas sea el cloruro sódico, como era razonable esperar.

- d) En el método COMPLETE se puede observar que existen diferentes niveles de agregación con respecto a los demás métodos; sigue siendo el primer nivel de agregación el Cl^--Na^+ al que se le agrega el Mg^{2+}, un segundo nivel con Li^+-Ca^{2+} que se unen en un tercer nivel con el primero y se les agrega la Conductividad, Br^- y Sr^{2+}; un cuarto nivel con K^+-$SO_4^=$ al que se le agrega el B^{3+} y éste se une al tercer nivel al que se le agrega el I^-. El conglomerado $SiO_2^=$-HCO_3^- y pH sigue existiendo y se unen en el último nivel al resto.

8.3.4. Análisis de Observaciones

Con el método K-means (K-medias) se trata de establecer el número de grupos homogéneos de observaciones que presentan características similares respecto a parejas de variables interrelacionadas.

Con éste método se divide un conjunto de observaciones en conglomerados, de tal forma que al final del proceso cada caso pertenece al cluster cuyo centro está más cercano a él. La distancia euclídea es la medida utilizada para establecer la proximidad entre cada caso y el centro de su respectivo cluster. El centro del cluster viene dado por la media de las observaciones que forman cada variable.

En nuestro caso se han elegido todas las muestras correspondientes a los 13 sondeos en las 4 campañas, que conforman un total de 52 observaciones para el periodo noviembre-94 a noviembre-95.

Los datos numéricos del análisis cluster se reflejan en el cuadro 8.10 e indican que sólo dos agrupaciones explican toda la variabilidad del conjunto y de ellas la primera es la más frecuente (engloba a 40 observaciones, lo que supone una frecuencia del 77%) y aparece en los diagramas correspondientes delimitada por una línea cerrada como cluster 1. A ella pertenecen los sondeos AM-12, AM-13 y AM-17.

El segundo grupo abarca el resto, lo que supone una frecuencia del 23% y en los diagramas se identifica como cluster 2.

Observación	Cluster
AM-12	2
AM-13	2
AM-17	2
AM-14	1
AM-16	1
AM-8	1
M-7-6	1
M-1-1	1
M-2-6	1
M-4-8	1
1-5-5	1
1-4-18	1
1-6-12	1

Cluster	Frecuencia	%
1	40	76,92
2	12	23,08

Total: 52

Cuadro 8.10. Análisis cluster de observaciones y agrupaciones bidimensionales

Los resultados gráficos de este análisis son diagramas bidimensionales para cada pareja de variables posibles dentro del conjunto de las 15 iniciales, en las cuales los grupos que se forman pertenecen a observaciones cuyo quimismo explicaría la variabilidad conjunta de ambas variables (figura 8.4).

De estas gráficas se pueden hacer los siguientes comentarios de interés:

- a) En todos los diagramas cabe destacar la existencia de dos grupos de observaciones muy diferentes en cuanto al quimismo: el cluster 1 que comprende la mayor parte de los puntos, y el cluster 2 que sólo abarca 3 (AM-12, AM-13 y AM-17).

- b) Los contenidos iónicos y el valor de los parámetros físico-químicos son más elevados en el cluster 2, lo que sugiere que el quimismo de las aguas de este cluster es bien diferente a las del cluster 1.

- c) Las observaciones del cluster 1 explican por mayor frecuencia (76,92%) la variabilidad del conjunto, lo que es indicativo de un fenómeno amplio que abarca grandes extensiones en la zona de estudio, a diferencia del fenómeno del cluster 2 que es muy localizado (sondeos AM-12, AM-13 y AM-17).

- d) En el cluster 1 resalta la variabilidad conjunta de variables como Cl^--Na^+, Cl^--Mg^{2+}, Cl^--Ca^{2+}, Cl^--Conductividad, Cl^--$SO_4^{=}$, en donde destaca un punto (M-7-6) con valores más elevados que el resto, así como igualmente en las variables Na^+-K^+, Na^+-Ca^{2+}, Na^+-Mg^{2+}, Na^+-Conductividad, Ca^{2+}-Mg^{2+}, Ca^{2+}-Conductividad, Mg^{2+}-K^+, etc., en donde siempre destaca el mismo punto, lo que nos indica que en éste existe una salinización importante.

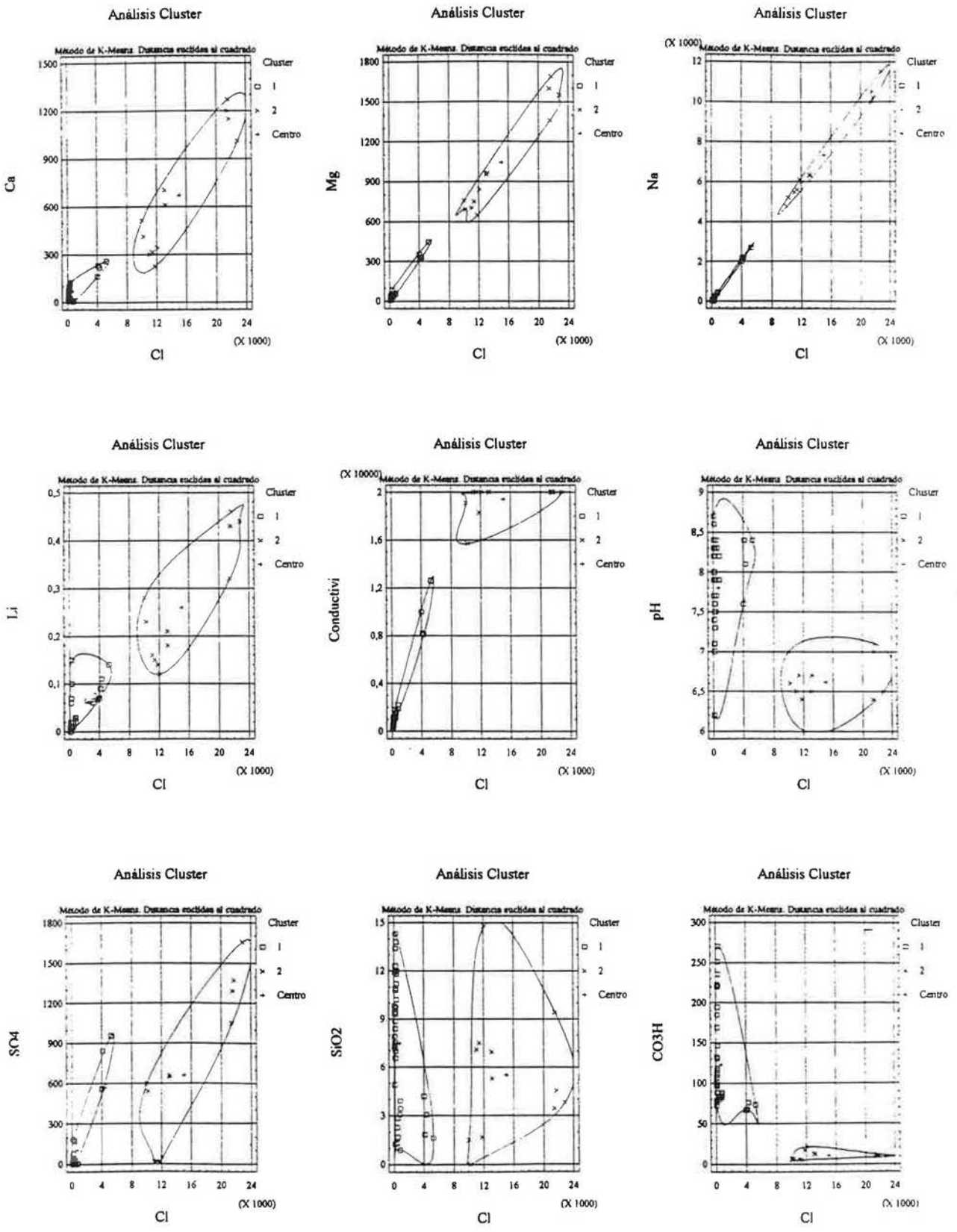


Figura 8.4. Análisis cluster (k-means) de variables hidroquímicas

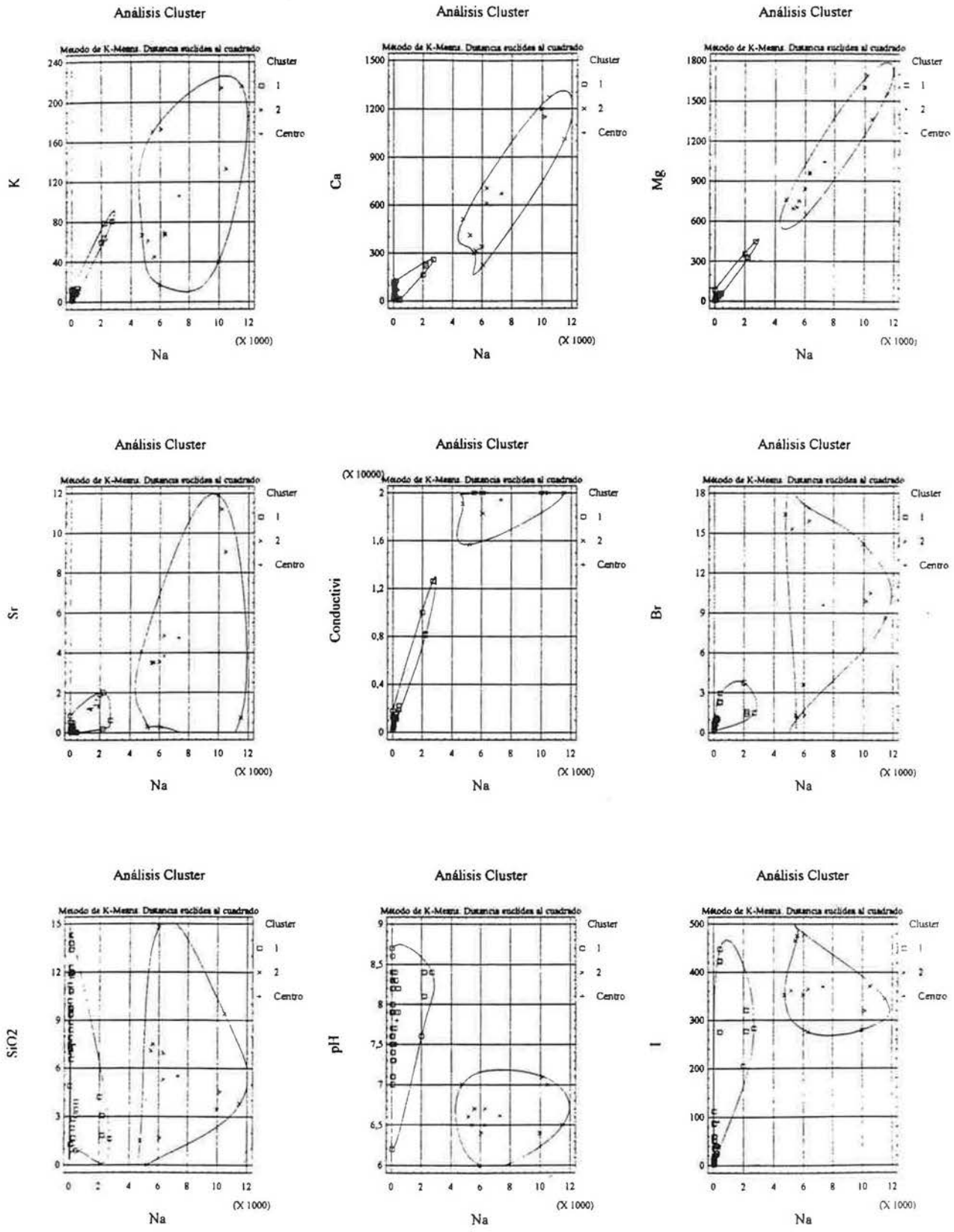


Figura 8.4. Continuación

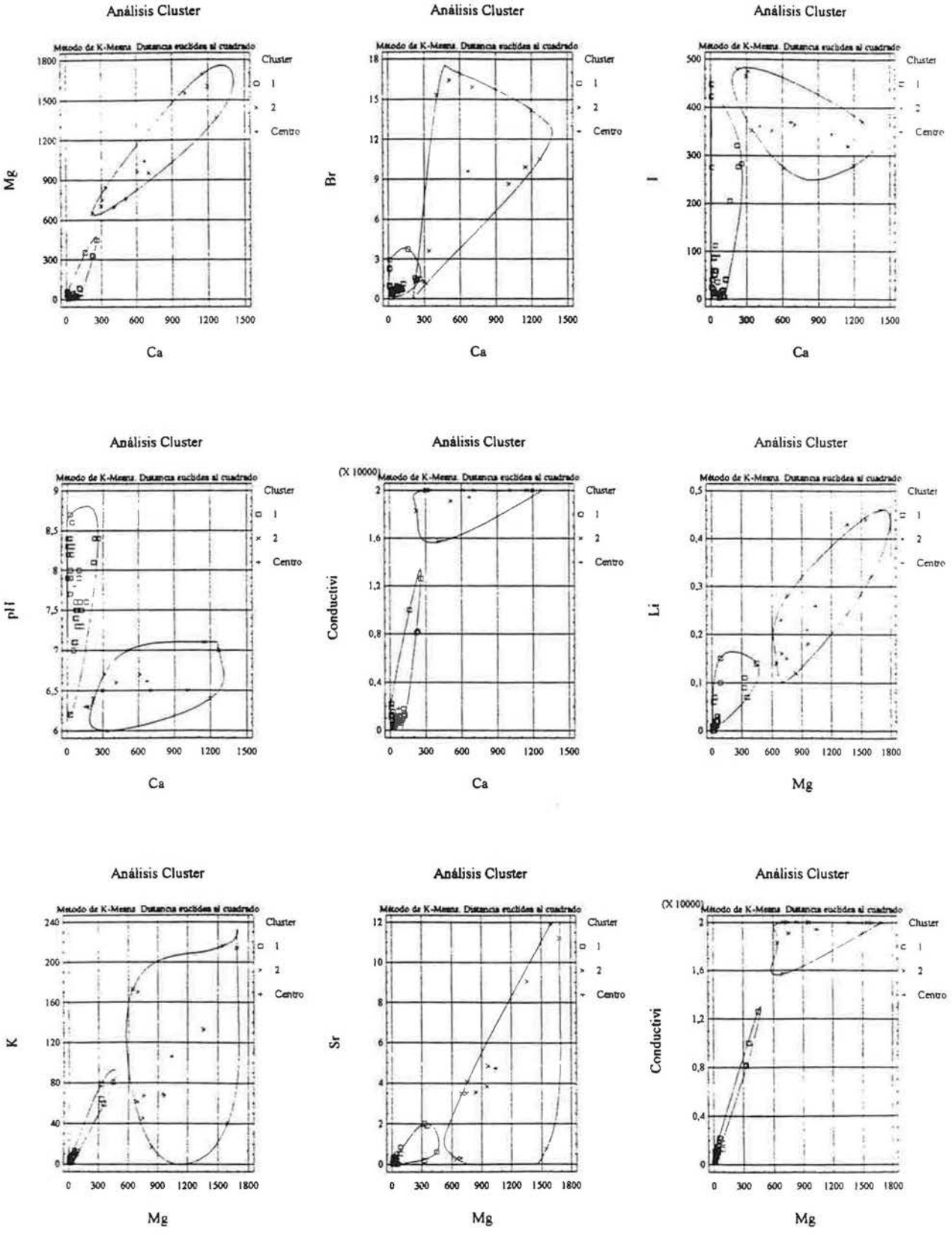


Figura 8.4. Continuación

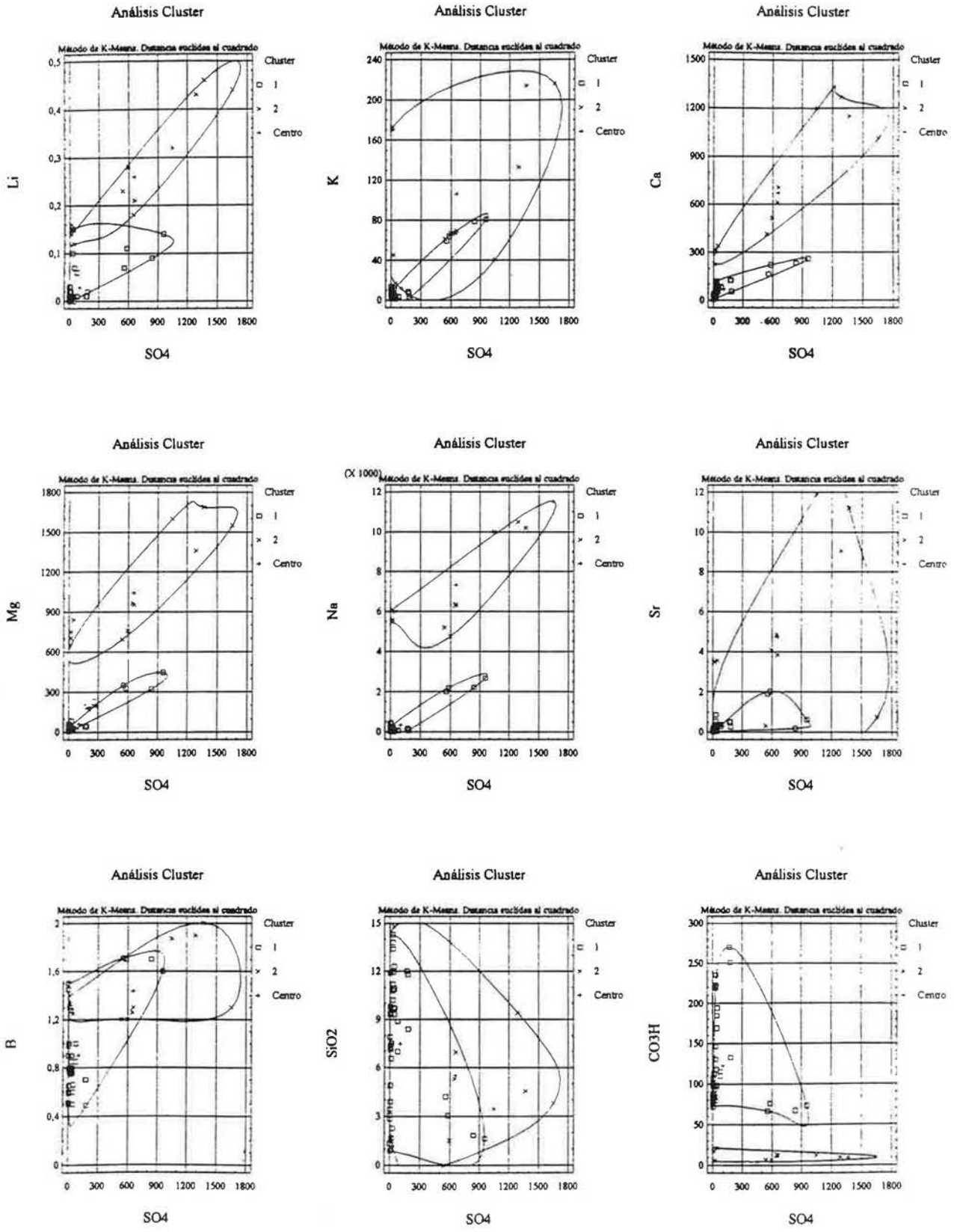


Figura 8.4. Continuación

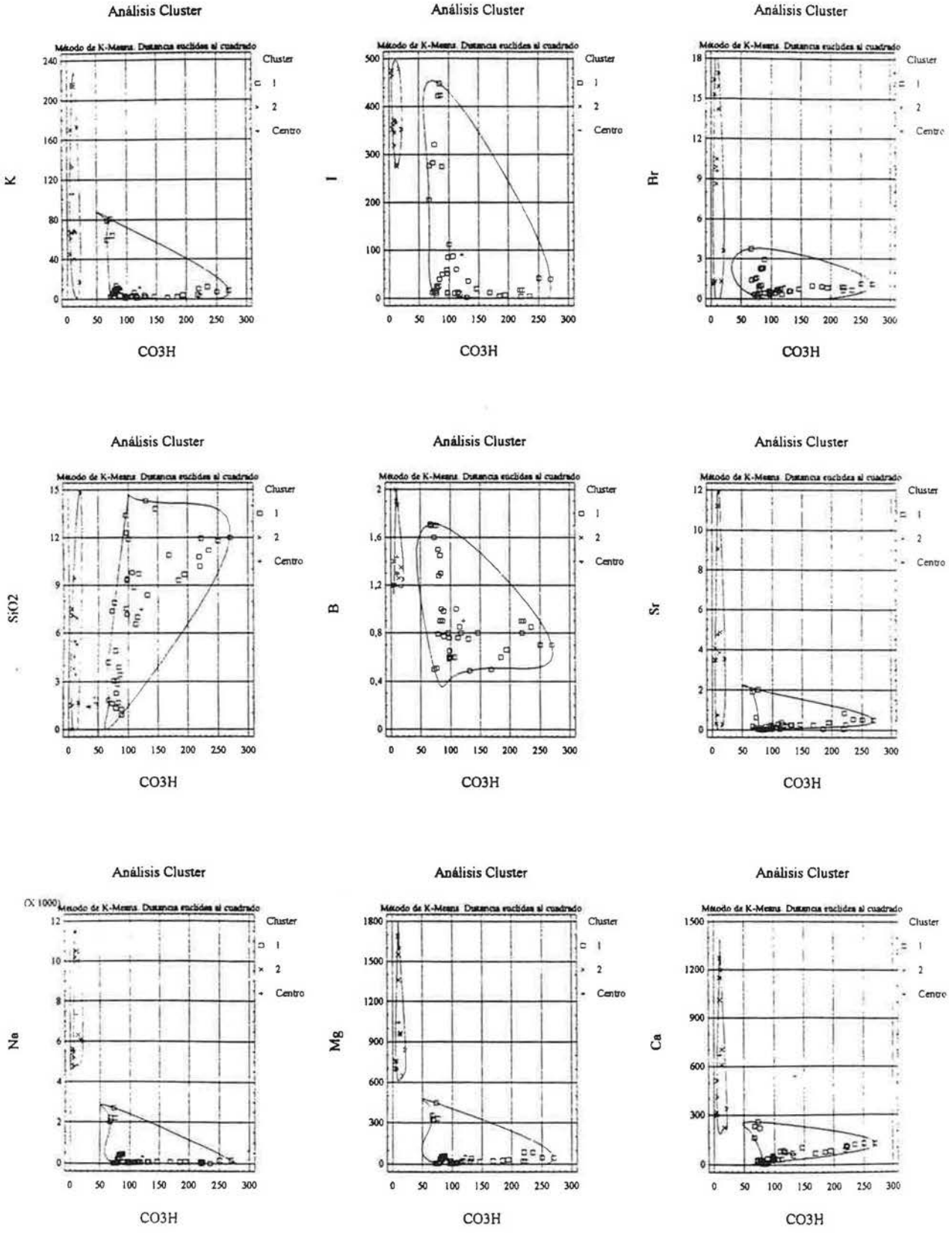


Figura 8.4. Continuación

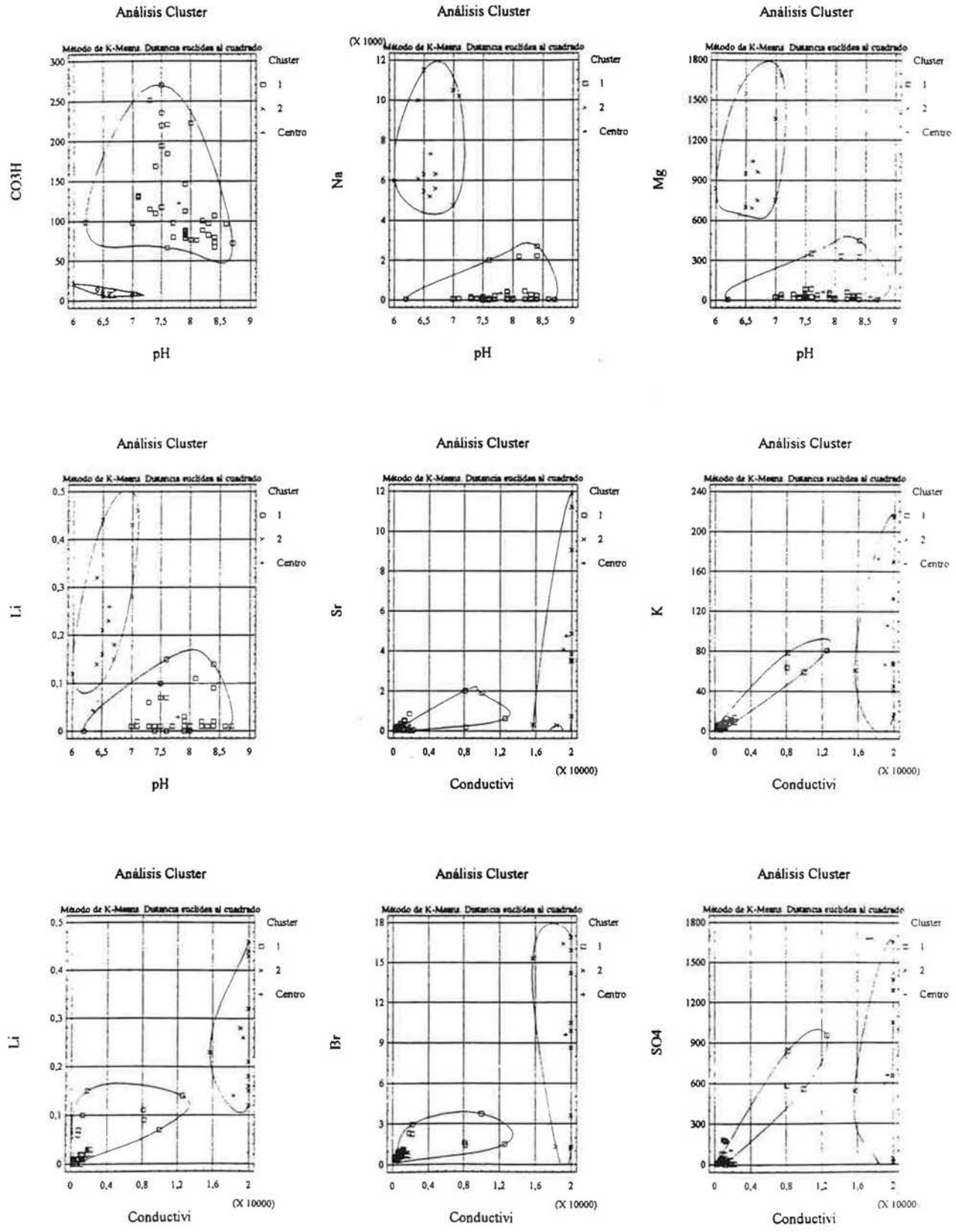


Figura 8.4. Continuación

- e) En el resto de los puntos del cluster 1, el diagrama Cl^--Conductividad pone de manifiesto que hay puntos con agua salobre (AM-14, AM-16, AM-8, M-4-8, M-2-6, M-1-1, 1-4-18, 1-6-12 y 1-5-5) aunque con menor contenido en cloruros que los anteriores, lo que se explicaría por un mayor grado de mezcla de agua dulce-agua de mar.

- f) Las aguas del cluster 2 (sondeos AM-12, AM-13 Y AM-17) son muy mineralizadas, presentando una salinidad anormalmente alta cuyo origen es congénito, debido a la reconcentración de los iones Cl^- y Na^+ de aguas marinas antiguas que han quedado atrapadas en los sedimentos del relleno de la cuenca.

En síntesis, se puede decir que el análisis cluster de observaciones permite diferenciar dos conglomerados de puntos en los que el proceso de salinización es bien diferente y responde a causas distintas: uno, más extenso, y que implica la mayor parte de la zona, donde se encuentran aguas que van desde una salinidad normal (M-1-1) hasta una salinidad alta (M-7-6), pasando por otras de tipo medio-alto (AM-8) y que correspondería a aguas salobres con un cierto grado de mezcla. Otro, de carácter puntual y muy localizado (AM-12, AM-13 y AM-17), con una salinidad anormalmente alta, de posible origen congénito (aguas marinas antiguas atrapadas en los sedimentos de relleno de la cuenca).

8.4. ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES

Una serie temporal (serie cronológica) es una secuencia de medidas hechas a intervalos regulares de tiempo; este intervalo puede ser cualquiera, con la condición de que sea regular, y esta es una de las críticas más fuertes que se hacen a estos métodos frente a otros que contemplan intervalos de "tiempo real".

Por tanto, el análisis de series temporales (AST) pretende el estudio de la variación de estos fenómenos en el tiempo. Aunque el tiempo es una variable continua, y así ha de considerarse en la formulación de los modelos teóricos, en las aplicaciones empíricas se trata como una variable discreta.

En los análisis de series temporales interesa conocer las relaciones entre términos consecutivos de la serie: la correlación entre X_t y X_{t-1} (coeficientes de autocorrelación de primer orden), entre X_t y X_{t-2} (coeficiente de autocorrelación de segundo orden), etc..

Una serie temporal presenta un doble enfoque:

- A) **Determinista** o sistemático, debido a una causa constante; a los efectos del tratamiento es análoga a un análisis de varianza.

Esta a su vez tiene dos componentes:

- a.1) *Tendencia* secular (simplemente "tendencia"), o cambios en la media a largo plazo; tiene un carácter determinístico (a diferencia de la "inclinación", que presenta comportamiento estocástico) sólo perceptible cuando se observan largos periodos de tiempo

(en AST como mínimo 50 puntos, y mejor 100; BISQUERRA, 1989),

- b.1) *Estacionalidad* (variaciones estacionales o cíclicas), u oscilaciones en la tendencia debidas a causas periódicas, y que, por tanto, se repiten en la misma fase del ciclo o periodo (ARNAU, 1986).

- B) **Estocástica** o aleatoria, debida al azar; se trata de variaciones accidentales (conocidas como "residuales") alrededor de una media fija; es, por tanto, un proceso estacionario conocido con el nombre de "ruido blanco".

Una serie temporal observada es la realización de un proceso estocástico subyacente; la relación entre proceso y realización es equivalente a la que existe entre "población" y "muestra" en estadística clásica. El AST consiste en hacer inferencias de los procesos a partir de la información de las realizaciones.

El proceso de ruido blanco (*white noise*) es una de las clases más importantes de procesos estocásticos, y lo emplearemos con frecuencia en el tratamiento de datos que se hará en este apartado; por ello diremos, de forma breve, que consiste en una serie de impulsos aleatorios (a_t) que siguen una distribución normal (media=0 y varianza=1); es decir: $a \sim N(0, \sigma_a)$, con σ_a=desviación estándar y σ_a^2=varianza; una serie temporal de este tipo, o sea carente de tendencia, puede representarse por el modelo $Y_t=b_0 + a_t$, donde Y_t es el valor de la variable dependiente en el momento t, b_0 es el nivel de la serie (frecuencia promedio de la variable Y en el momento t; equivale a la media aritmética de la serie), y a_t es el componente de ruido blanco (proceso estocástico).

Los modelos ARIMA (BOX y JENKINS, 1976) son modelos estadísticos que tienen en cuenta la dependencia existente entre los datos de una serie temporal, de tal forma que cada observación en un momento dado es modelada en función de los valores anteriores. El nombre de ARIMA (**A**uto**R**egresive **I**ntegrated **M**oving **A**verage) deriva de sus tres componentes: autoregresivo (AR) integrado (I) de medias móviles (MA); estos modelos permiten describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores (residuales) debidos al azar; además, pueden incluir un componente cíclico o estacional; el objetivo del tratamiento es obtener un modelo adecuado pero "parsimonioso", es decir, debe contener todos los elementos necesarios, pero los mínimos, que permitan describir el fenómeno.

Un proceso estocástico (X_t), para t=1, 2, 3,....., se define como una colección de variables aleatorias X_t, ordenadas en el tiempo. Las leyes probabilísticas que rigen este proceso estocástico son descritas por la función de distribución de probabilidad (f.d.p.), si se conoce, o, en su defecto, mediante los momentos de primer y segundo orden:

- a) Media, descrita como función del tiempo: $\mu_t = E(X_t)$
- b) Covarianza (autovarianza) definida mediante la expresión:

$$\gamma_{t,\,t-k} = COV(X_t, X_{t-k})$$

$$k = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \ldots$$

A partir de esta función se obtiene la VARIANZA para k=0: $\gamma_{t,t}$ = var X_t y la función de AUTOCORRELACIÓN, definida por:

$$\gamma_{t,t-k}=\frac{\gamma_{t,t-k}}{\sqrt{\gamma_{t,t}}\sqrt{\gamma_{t-k,t+k}}}$$

y que expresa la variación de la relación cov/var.

Esta será la función objeto de nuestro estudio; la representación gráfica en función del vector k (lag o de paso de tiempo) se denomina correlograma.

Cuando los datos de que se disponen son, como en este caso, de muestras, la gráfica que se obtiene es el correlograma muestral, que constituye un instrumento de gran interés práctico en el estudio de series temporales.

Los procesos estocásticos son de dos clases: estacionarios (de media estable) y no estacionarios (evolutivos). La definición de estacionariedad "estricta" implica que las características del proceso no sufren alteración al considerar tiempos históricos diferentes. Esta es sin duda una restricción demasiado fuerte para imponerla a "priori", por lo que a veces se concibe un tipo de estacionariedad en sentido "amplio", que tiene mayor interés práctico, lo que implicaría que la media fuese constante y la covarianza estacionaria. Ciertamente los procesos estocásticos más normales, y los que nos ocupa lo son, no se ajustan a estas condiciones de estacionariedad, pero es posible eliminar sus tendencias y estabilizar sus varianzas para transformarlos en otros aproximadamente estacionarios.

Los motivos de la falta de estacionariedad suelen ser:

- la presencia de tendencia,
- la varianza no constante, y
- variaciones estacionales.

De hecho, la presencia de variaciones estacionales se traduce en una variabilidad de la media, lo que es contrario a la hipótesis de estacionariedad. Es posible, sin embargo, transformar series no estacionarias en otras aproximadamente estacionarias mediante operaciones algebráicas adecuadas.

Así, las series que presentan una "tendencia lineal" se las somete a la transformación de diferenciación (X_t-X_{t-1} = Z_t).

Si X_t muestra una tendencia lineal, la primera diferencia de la serie, Z_t, ya no incorporará tendencia y, en tal caso, se dice que X_t es una serie temporal homogénea de primer orden.

Análogamente si presentara tendencial exponencial, cuadrática o cúbica, mediante un proceso matemático en uno o varios pasos se eliminaría la tendencia, y un proceso no estacionario se convertiría después de h operaciones, en estacionario de orden h.

Por lo que respecta a la estabilización de las varianzas, la aplicación de las técnicas de las diferencias finitas permite convertir en estacionarios los procesos homogéneos, o en todo caso se podría acudir a la transformación logarítmica cuando la serie crece o decrece a tasa constante, o si la varianza está poco desestabilizada se utiliza la transformación en su raíz cuadrada.

La eliminación de variaciones estacionales, para inducir estacionariedad, se hace mediante un procedimiento de autoajuste, que se denomina diferenciación estacional.

Una vez eliminada la tendencia, y si los datos son mensuales, procedemos a realizar la siguiente transformación: $Z_t = X_t - X_{t-12}$.

Los modelos de predicción están diseñados para procesos estacionarios, pero como se ha visto, las series a tratar son generalmente no estacionarias. Esta limitación práctica de los métodos disponibles no se debe de ignorar. Sin embargo, esta limitación no es tan seria como parece al principio, porque en la práctica, mediante las operaciones descritas , podríamos transformar las series temporales no estacionarias en otras que lo son al menos aproximadamente.

Para analizar las series temporales mediante el procedimiento ARIMA (BOX y JENKINS, op. cit.) se utilizan tres tipos de modelos estacionarios lineales:

1. Modelo Autorregresivo de orden p, AR(p) que se define mediante la expresión:

$$X_t=\delta+\phi_1 X_{t-1}+\phi_2 X_{t-2}+\ldots\ldots+\phi_p X_{t-p}+\varepsilon_t$$

El primer término del segundo miembro (δ) es constante así como los coeficientes ϕ de las X, y el último ε es un proceso puramente aleatorio.

2. Modelo de Medias Móviles de orden q, MA(q) que se define mediante la expresión:

$$X_t=\mu+\varepsilon_t-\theta_1\varepsilon_{t-1}-\upsilon_2\varepsilon_{t-2}-\ldots\ldots-\theta_q\varepsilon_{t-q}$$

3. Modelo Mixto Autorregresivo de Medias Móviles ARMA (p,q) que se define mediante la ecuación:

$$X_t=\delta+\phi_1 X_{t-1}+\ldots\ldots+\phi_p X_{t-p}+\varepsilon_1-\theta_1\varepsilon_{t-1}-\ldots\ldots-\theta_q\varepsilon_{t-q}$$

Las características, desarrollo, y resolución de cada uno de estos modelos se encuentra en OTERO (1989) y BISQUERRA (1989), entre otros.

Otra de las funciones que utiliza la metodología BOX-JENKINS, junto con la función de autocorrelación, es la función de Autocovarianza.

Sea un proceso autorregresivo: $X_t=\phi_1 X_{t-1}+\phi_2 X_{t-2}+....+\phi_p X_{t-p}\varepsilon_t$

Multiplicando ambos términos por X_t y tomando esperanzas matemáticas se tiene:

$$\gamma_0=E(X_t^2)-\phi_1 E(X_t\ X_{t-1})+\phi_2 E(X_t\ X_{t-2})+....+\phi_p E(X_t\ X_{t-p})+\sigma_t^2$$

Lo anterior se puede escribir del siguiente modo:

$$\gamma_0=\phi_1\gamma_1+\phi_2\gamma_2+.....+\phi_p\gamma_p+\sigma_0^2$$

Análogamente, multiplicando por X_{t-1}, X_{t-2},....X_{t-k}, para k>p, tendríamos:

$$\gamma_2=\phi_1\gamma_1+\phi_2\gamma_2+.....+\phi_p\gamma_{p-1}$$
$$\gamma_k=\phi_1\gamma_{k-1}+\phi_2\gamma_{k-2}+.....+\phi_p\gamma_{k-p}$$

Esta ecuación muestra que, para k>p, las autocovarianzas satisfacen la misma ecuación en diferencias que la serie temporal. Y lo mismo se podría afirmar de las autocorrelaciones, dividiendo la última ecuación por γ_0.

En consecuencia resulta que:

$$\gamma_k=\sum_{i-1}^{p} A_i Z_i^k$$

donde Z_i, son las raíces características de la ecuación anterior.

El comportamiento de la función de autocovarianza, a medida que k crece, viene determinado por la raíz de mayor módulo. Así por ejemplo, si el módulo de la raíz es inferior a la unidad y positivo las autocovarianzas y los coeficientes de autocorrelación disminuirán exponencialmente; si la raíz mayor es negativa la autocovarianza disminuirá exponencialmente, pero con signo alternante; si la raíz mayor es compleja, las autocovarianzas disminuirán sinusoidalmente.

En definitiva, el resultado contribuye a identificar gráficamente la clase de proceso autoregresivo que ha generado la serie temporal dada, siendo éste el paso inicial del procedimiento de modelización propuesto por BOX y JENKINS.

Si k<p ó k=p, daría lugar al desarrollo de unos sistemas de ecuaciones que se denominan sistemas de ecuaciones de JULES-WALKER, que están resueltas en la bibliografía correspondiente y que obviamos.

La función de Autocorrelación Parcial (FAP) es otra función que desempeña un papel importante en la metodología de BOX y JENKINS. Para ilustrar la definición, considérese que a partir de una serie temporal dada, generada por un proceso, γ_0, γ_1, γ_2,....γ_k,....., autorregresivo, se hallan las estimaciones de los coeficientes anteriores, que designamos con asteriscos (*).

Como el valor de p es conocido, plantearíamos sucesivamente los siguientes casos:

a) Si p=1

$$\gamma_1^* = \gamma_0^* \phi_{11}^* - \phi_{11}^* = \frac{\gamma_1^*}{\gamma_0^*}$$

b) Si p=2

$$\begin{pmatrix} \gamma_1^* \\ \gamma_2^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_0^* & \gamma_1^* \\ \gamma_1^* & \gamma_0^* \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \phi_{12}^* \\ \phi_{22}^* \end{pmatrix}$$

en donde:

$$\phi_{22}^* = \frac{\frac{\gamma_2^*}{\gamma_1^*} - \frac{\gamma_1^*}{\gamma_0^*}}{\frac{\gamma_0^*}{\gamma_1^*} - \frac{\gamma_1^*}{\gamma_0^*}}$$

Y así podríamos seguir para p=3, p=4, etc., y obtendríamos la sucesión que resultaría de los sistemas de ecuaciones JULES-WALKER:

$$\phi_{11}^*, \phi_{22}^*, \phi_{33}^*, \ldots\ldots, \phi_{kk}^*, \ldots$$

que considerada como función de k es la estimación de la función de autocorrelación parcial. Si hay evidencia de que esa función es igual a cero, para todo k mayor que un p dado, entonces el proceso generador de los datos es un proceso autorregresivo de orden p* (estimado de p).

Todos los modelos estacionales discutidos hasta ahora pueden combinarse en un modelo general denominado ARIMA estacional multiplicativo. Su notación es:

$$\text{ARIMA } (p, d, q) * (P, D, Q)s$$

donde la primera parte es la componente determinista y la segunda la componente estacional.

El valor de s suele ser 12 cuando los datos son mensuales o 4 cuando son trimestrales.

La ecuación general del modelo es:

$$\phi\,(L)(1-L)^d\,\phi(L^s)(1-L^s)^D\,X^t = \theta\,(L)\theta\,(L^s)\,\varepsilon^t$$

siendo L el coeficiente de retardo u "operador de cambio retroactivo" definido como el cociente de X_{t-1}/X_t; este operador matemático permite transformar un dato actual (X_t) en datos anteriores (X_{t-1}). Su forma general es $L^d * X_t = X_{t-d}$.

La dificultad está sólo en interpretar correctamente las gráficas que se obtienen, y a tal efecto hay autores que han tratado el tema (GOTTMAN, 1981; LIU, 1985; BISQUERRA, 1989; entre otros).

Los modelos descritos constituyen la base de la metodología desarrollada por BOX y JENKINS para la predicción de series temporales (establecimiento de modelos ARIMA).

La metodología consta de cuatro etapas:

- A) **Identificación**: Identificar una serie temporal consiste en inducir, a partir de los datos, y utilizando la función de autocorrelación y la función de autocorrelación parcial muestrales, qué modelo de los descritos se adaptaría mejor a las características de la serie.

- B) **Estimación**: Es en definitiva el cálculo de los coeficientes que explican matemáticamente el modelo, obtenidos por el procedimiento de JULES-WALKER u otro que sea más apropiado. Este es el problema más difícil de resolver, porque los coeficientes que obtenemos a partir de datos de la muestra son estimaciones que presentarán errores, a los que a su vez habrá que enjuiciar.

- C) **Validación**: Antes de hacer uso del modelo para predicción conviene hacer "comprobaciones" de diagnóstico (validación) y comprobar que cumple ciertos requisitos, ante todo, las hipótesis relativas a coeficientes y al término de error.

- D) **Predicción**: Una vez que el modelo ha sido estimado y sometido a las diversas comprobaciones para su validación, se convierte en un instrumento útil para las predicciones. Esto es lo que justifica la elaboración de modelos.

Por tanto, el AST lo emplearemos para elaborar el modelo estadístico de una variable (nivel piezométrico) en un sondeo (M-1-1) con datos suficientes (abril/75 a noviembre/95) al objeto de conocer su comportamiento temporal y predecir valores futuros.

8.4.1. Aplicación del AST al Sondeo M-1-1.

La serie estudiada corresponde a datos mensuales de nivel piezométrico para el periodo abril/75 a noviembre /95 (figura 8.5), y presenta tendencia negativa (desde finales de 1979), estacionalidad (ciclo anual) y variaciones aleatorias.

La serie piezométrica es una curva descendente en el tiempo, aunque esta tendencia empiece a observarse a partir de finales de 1979 (fecha de comienzo del Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas), pero no de manera uniforme, presentando la particularidad de bajadas y subidas sucesivas; el decrecimiento piezométrico es sinusoidal, con una secuencia que coincide con los años, y presenta 21 mínimos relativos y 21 máximos relativos.

La serie precipitación presenta una clara aleatoriedad con valores que se elevan en los máximos pluviométricos de finales de año, y descienden a cero en la época estival, aunque los picos son de diversa intensidad, siendo especialmente lluvioso el invierno del 89, y con notable sequía en el año 80/81 y en los años 92 a 95.

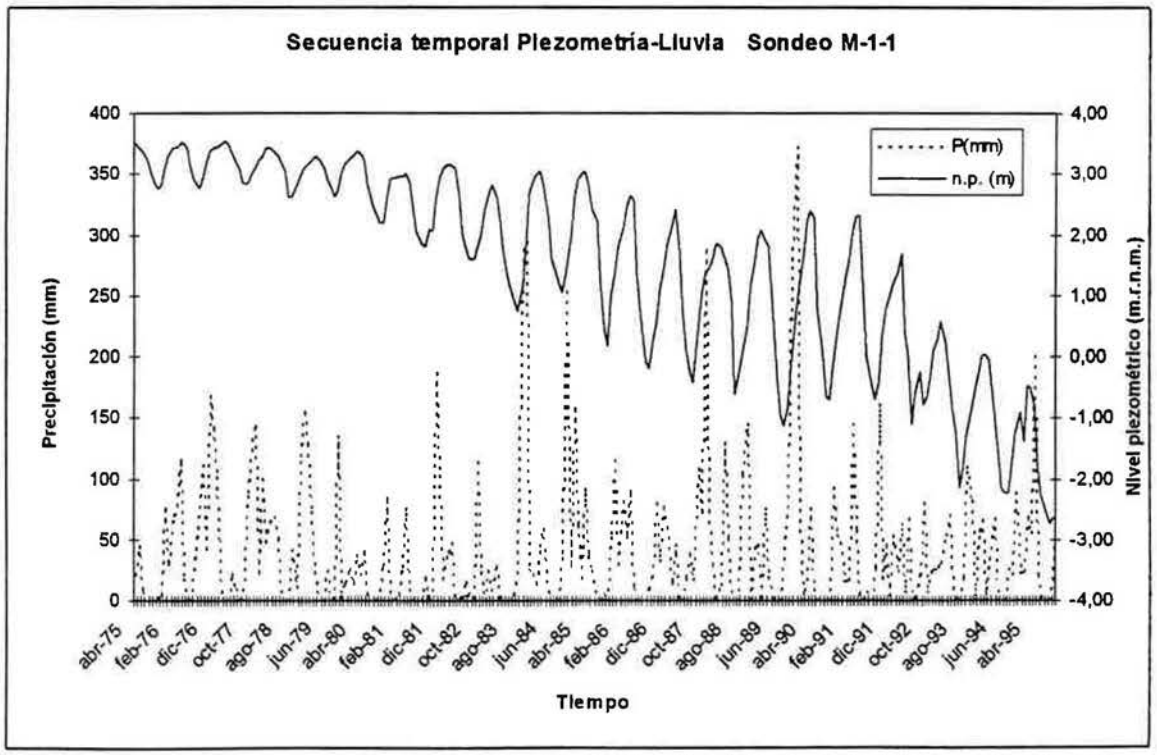


Figura 8.5. Secuencia temporal Piezometría-LLuvia. Sondeo M-1-1. Periodo abril/74 a noviembre/95

A simple vista además se observa otro fenómeno, y es que, con cierto retardo, los máximos parciales piezométricos coinciden con los máximos pluviométricos anuales, es decir, las lluvias, aunque con retardo, recuperan los niveles piezométricos aunque no lo suficiente como para modificar la "tendencia" de la serie piezométrica.

8.4.1.1. Correlogramas muestrales

La identificación de la serie temporal de niveles piezométricos ha consistido en inducir, a partir de los datos y utilizando las funciones de autocorrelación (f.a.) y autocorrelación parcial (f.a.p.) muestrales, qué modelo de entre los posibles se adaptaría mejor a las características de la serie original.

Los correlogramas correspondientes a dichas funciones se representan en la figura 8.6. La magnitud de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial queda determinada por el tamaño de los diferentes retardos.

El correlograma de la f.a. pone de manifiesto la tendencia descendente de la serie y su estacionariedad, aunque hay muchos retardos significativos (es decir, fuera de los límites de sensibilidad del diagrama, marcados por líneas discontinuas).

En el correlograma de la f.a.p. resalta aún más la fuerte tendencia de la serie (primer retardo significativo con un coeficiente mayor del 90%), y se ajusta mejor que el correspondiente a la f.a. (la mayor parte de los retardos caen dentro de los límites de sensibilidad del diagrama). Ello sugiere que, en principio, podríamos pensar en estimar un modelo autorregresivo ARIMA (p,d,0), para lo cual habría que destendenciar la serie.

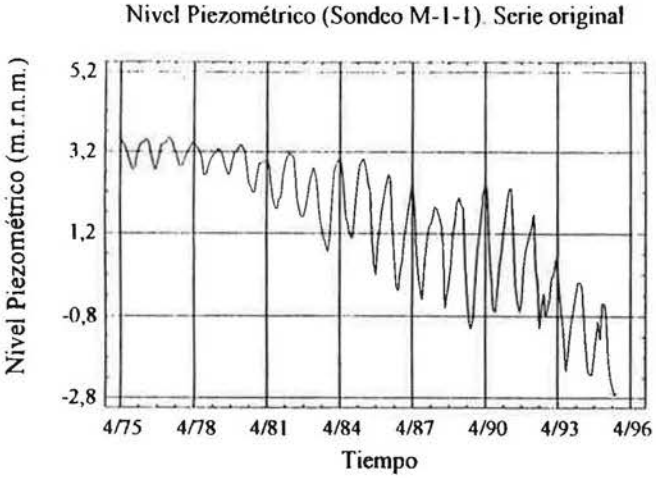
En la figura 8.7 las f.a. y la f.a.p. diferenciadas corroboran lo que se acaba de indicar, pues el primer retardo representa un coeficiente bajo, próximo a un 15% y no sobrepasa los límites de sensibilidad. Además, el grado de ajuste en dicha figura muestra que es mejor en la f.a. que en la f.a.p., lo que sugiere que el modelo que mejor se ajustaría sería del tipo (1,0,q) (0,1,Q)12.

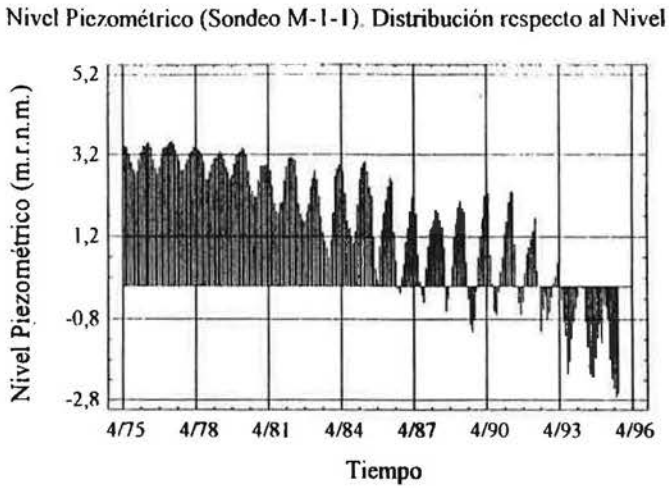
Después de probar varios modelos, se propone el ARIMA (1,0,0) (0,1,1)12, que posteriormente se confrontará con otros para su validación.

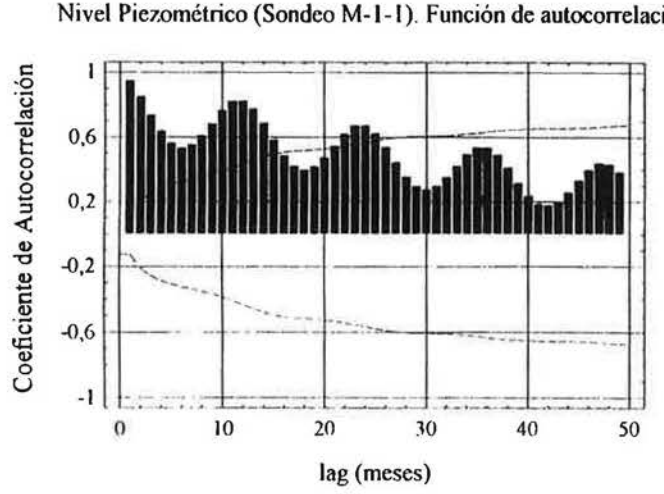
8.4.1.2. Estimación del modelo

Para estimar el modelo pasamos al cálculo de los coeficientes que lo expliquen matemáticamente; este es el problema más difícil de resolver porque dichos coeficientes, que obtenemos a partir de datos de la muestra, son estimadores que presentarán errores, que a su vez habrá que enjuiciar (proceso de validación del modelo).

El valor de los coeficientes para el modelo propuesto figura en el cuadro 8.11. Se ha considerado para la estacionalidad el valor 12, por tratarse de datos mensuales de nivel piezométrico.







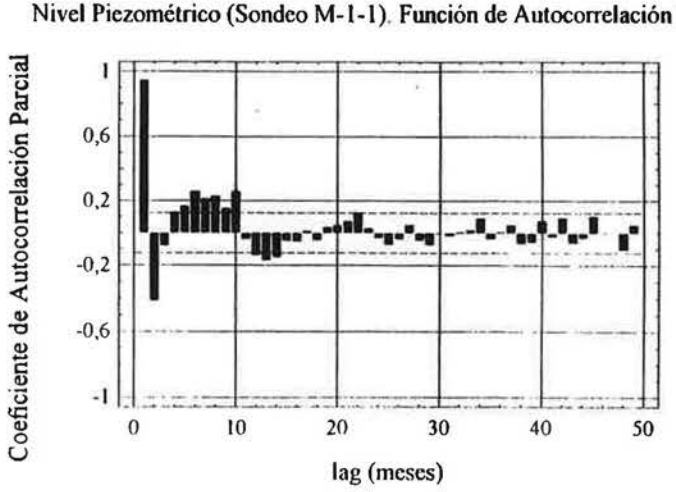
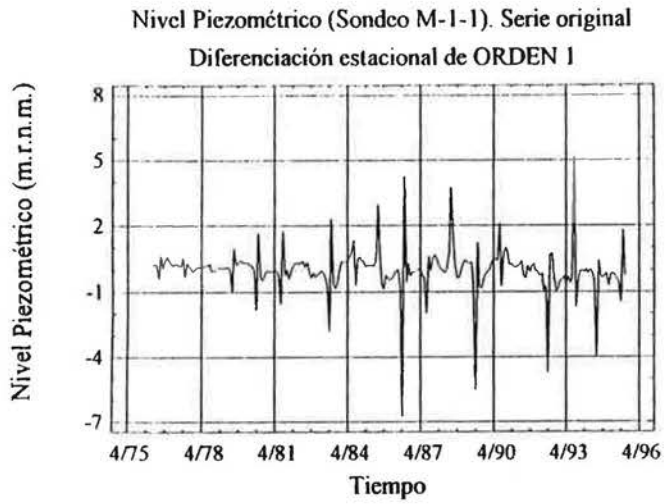
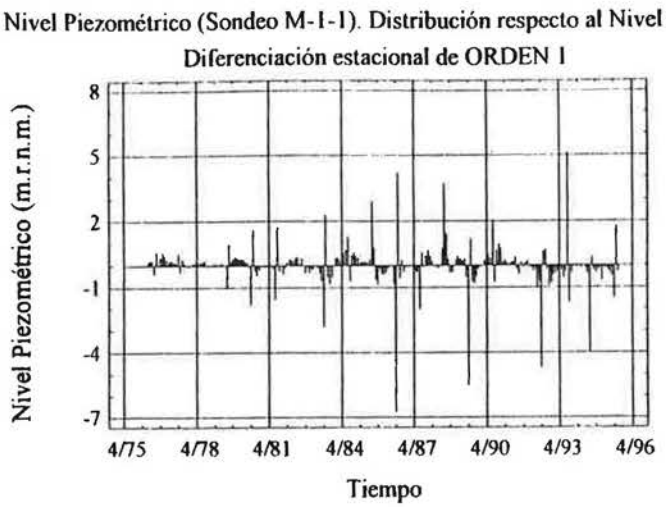
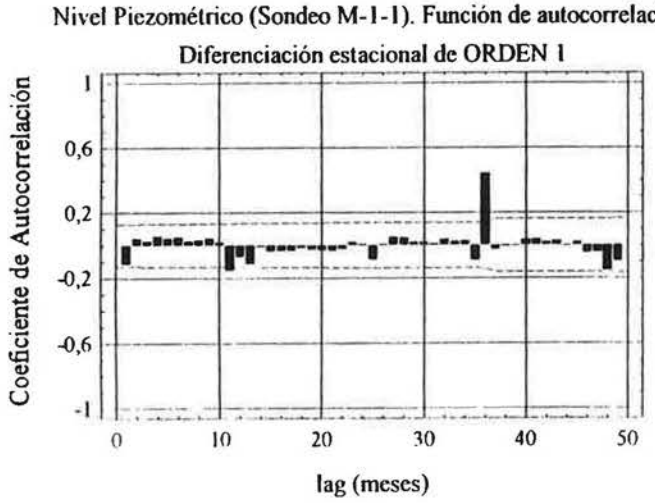


Figura 8.6. Serie original y correlogramas muestrales del sondeo M-1-1 (periodo 1975-1996)







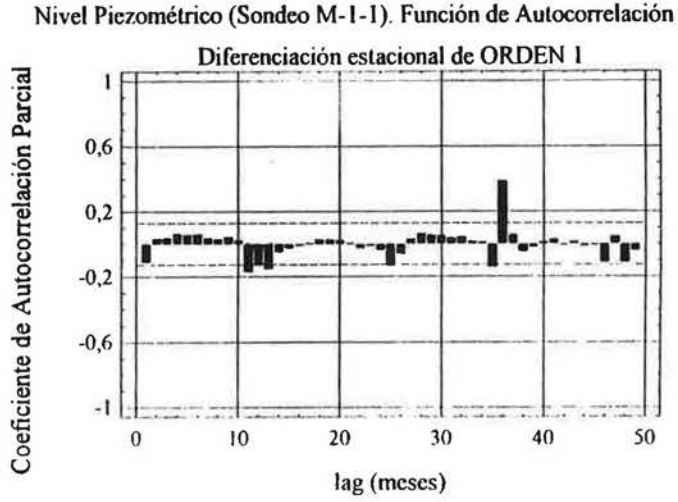


Figura 8.7. Diferenciación estacional de la serie nivel piezométrico (sondeo M-1-1)

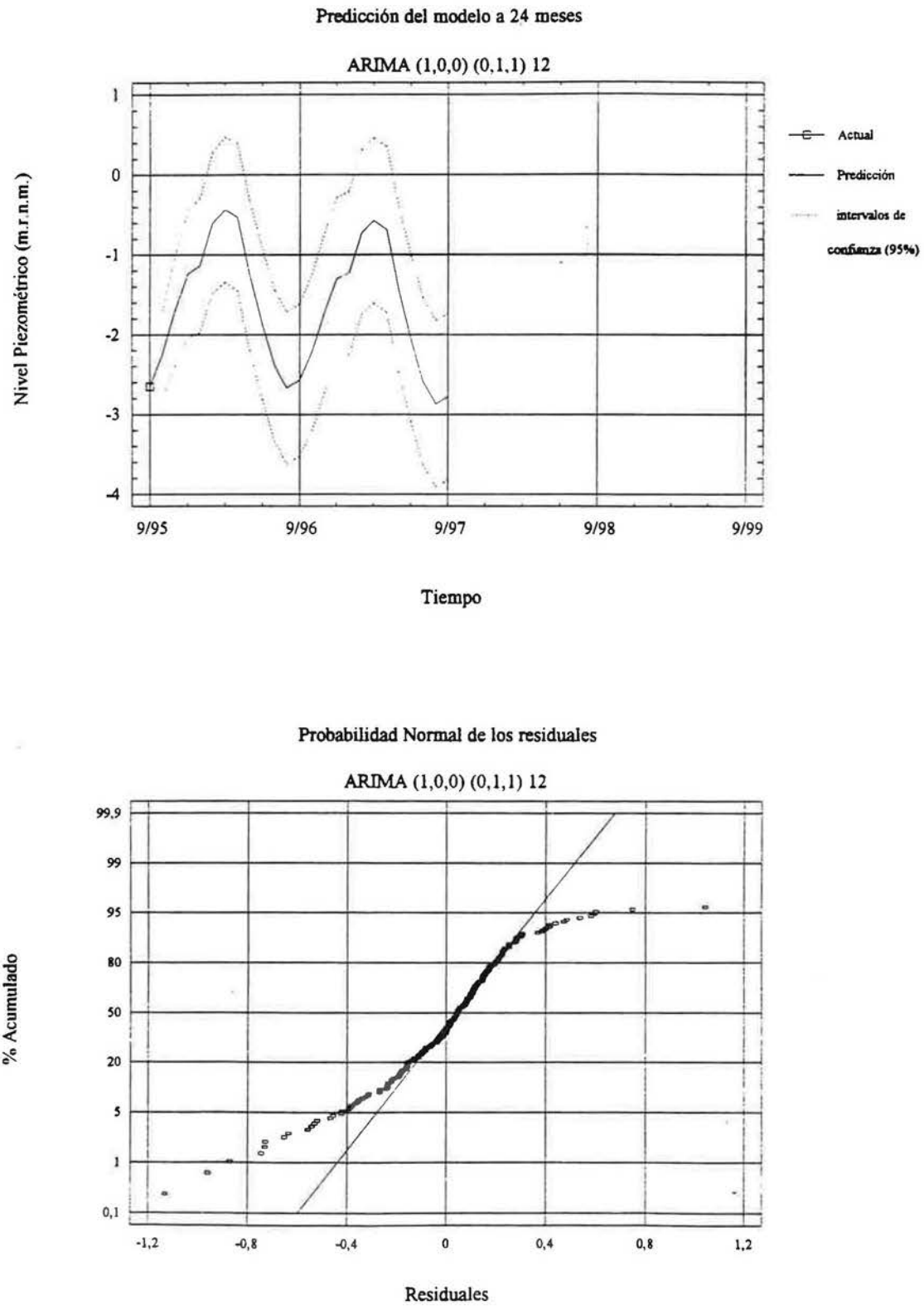


Figura 8.8. Predicción de la evolución del nivel piezométrico en el sondeo M-1-1 utilizando el modelo ARIMA (1,0,0) (0,1,1) 12, y ajuste de los residuales del modelo a la distribución normal

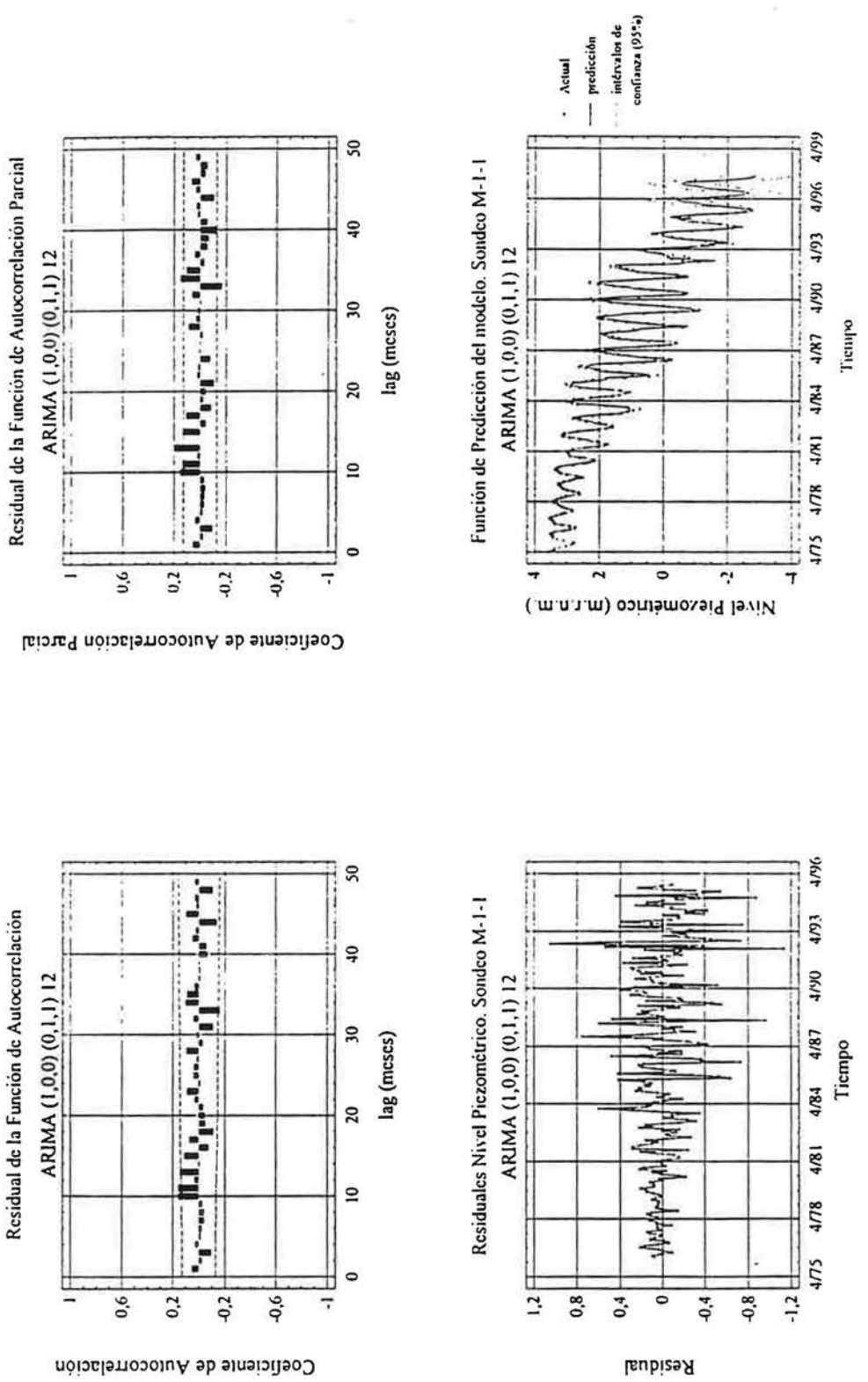


Figura 8.9. Función de predicción del modelo ARIMA (1,0,0) (0,1,1) 12 a 24 meses, y correlogramas de residuales del modelo

El cuadro 8.13 muestra un buen error de estimación (errores de estimación <1), por lo que la predicción es bastante buena. Por lo tanto, la predicción a 24 meses (periodo octubre/95-septiembre/97) se muestra en el cuadro 8.14.

Mes	Valor de predicción Medio	Valor de predicción Mínimo	Valor de predicción Máximo
Oct-95	-2,24	-2,78	-1,70
Nov-95	-1,69	-2,40	-0,99
Dic-95	-1,24	-2,03	-0,44
Ene-96	-1,14	-1,98	-0,29
Feb-96	-0,60	-1,48	0,28
Mar-96	-0,43	-1,34	0,47
Abr-96	-0,52	-1,45	0,39
May-96	-1,26	-2,20	-0,33
Jun-96	-1,87	-2,81	-0,93
Jul-96	-2,39	-3,34	-1,44
Ags-96	-2,66	-3,62	-1,72
Sep-96	-2,57	-3,52	-1,62
Oct-96	-2,22	-3,20	-1,24
Nov-96	-1,72	-2,72	-0,72
Dic-96	-1,30	-2,31	-0,28
Ene-97	-1,23	-2,25	-0,20
Feb-97	-0,72	-1,75	0,31
Mar-97	-0,57	-1,60	0,46
Abr-97	-0,68	-1,72	0,35
May-97	-1,43	-2,47	-0,39
Jun-97	-2,05	-3,09	-1,01
Jul-97	-2,58	-3,62	-1,54
Ags-97	-2,87	-3,91	-1,83
Sep-97	-2,78	-3,82	-1,73

Cuadro 8.14. Valores de predicción del modelo para el nivel piezométrico del sondeo M-1-1

Como se puede observar, el nivel piezométrico debe de haber descendido prácticamente 3 metros en septiembre de 1997. Ello viene a indicar que al ritmo actual de extracciones la situación del acuífero se hará cada vez más crítica, lo que permitirá un aumento de la salinización al irse concentrando las sales en el tiempo y al permitir el descenso piezométrico el acceso de las aguas dulces de recarga a zonas cada vez más profundas del acuífero y su mezcla con aguas congénitas de elevada salinidad que pueden ocupar puntos más bajos en el acuífero. En el caso de aguas congénitas atrapadas en las estructuras lenticulares del acuífero en posiciones intermedias o altas, y de agua salobre de marismas, la inversión de los gradientes favorecerá la mezcla con aguas dulces subyacentes al quedar las primeras colgadas por encima del nivel piezométrico y a mayor presión de carga; la presencia de materiales semipermeables (incluso de impermeables, a largo plazo) debe de permitir dichas transferencias de agua, lo que contribuirá a aumentar de forma lenta y en tiempos largos la salinidad del agua de la zona saturada (figura 8.10).

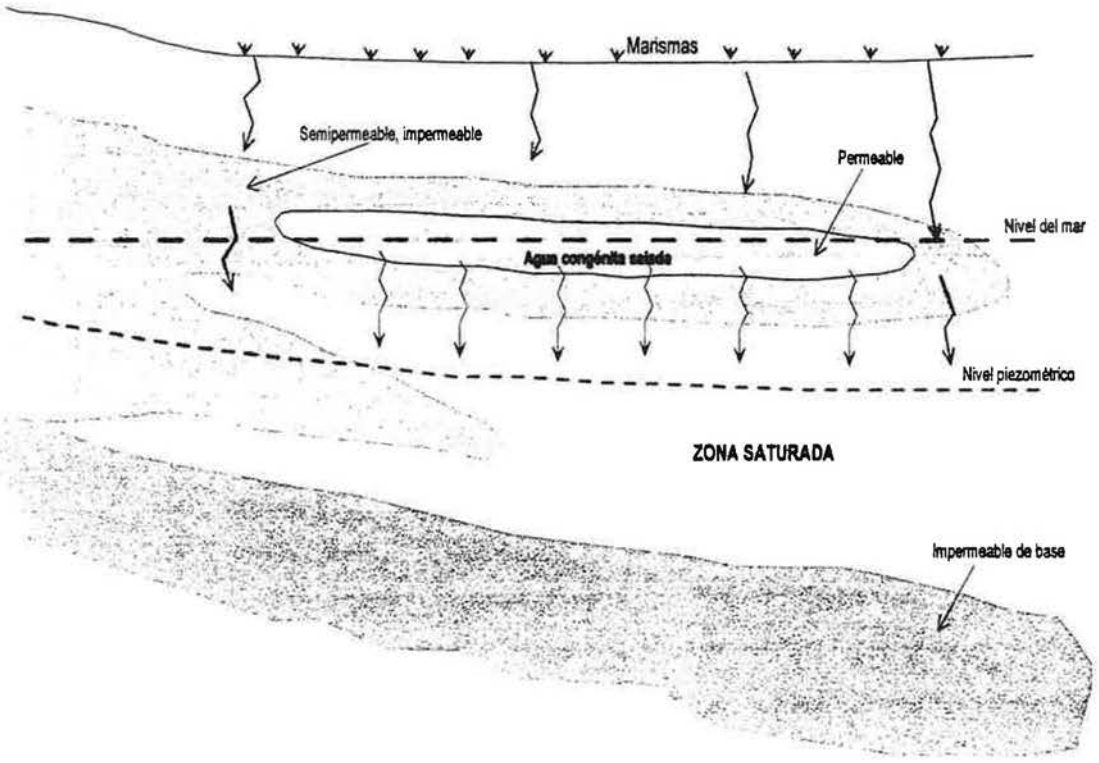


Figura 8.10. Ejemplo de salinización localizada del acuífero, por la transferencia de agua salada por recarga vertical desde lentejones colgados y zonas de marismas (a mayor potencial de carga). La inversión de gradientes favorece y acelera el fenómeno.

Parámetros del modelo (1,0,0) (0,1,1)12				
	Estimado	**Error estándar**	**t-valor**	**P-valor**
AR	0,824839	0,0379997	21,7064	0,0000
SAR	0,651045	0,0561978	11,5849	0,0000
Media	-0,239353	0,0396008	-6,04415	0,0000
Constante	-0,0419254			

Cuadro 8.11. Valores de los parámetros para el modelo (1,0,0) (0,1,1) 12

Varianza ruido blanco (231 grados de libertad)= 0,0753171
Desviación estándar ruido blanco= 0,27444
Número de iteraciones=5
AR= Componente autorregresiva
SAR= Componente estacional autorregresiva

8.4.1.3. Validación del modelo

La capacidad predictiva del modelo viene determinada por comprobaciones de diagnóstico previas (validación), para comprobar que cumple ciertos requisitos, entre ellos las hipótesis relativas a los coeficientes y al término error.

Por lo que respecta al análisis de los coeficientes, cuando p=1 ha de cumplirse que $\phi<1$. Es la condición de estacionariedad; ésta se cumple en el modelo propuesto (ϕ=AR=0,824839, cuadro 8.11).

Por lo que respecta a los residuos, el término de error debe ser puramente aleatorio (media=0, varianza=1). En la figura 8.8 se observa que el ajuste a la normalidad de los residuos es alto, aunque con ciertas discrepancias en los extremos, que pueden ser indicativas de errores en los datos o de que la serie no es lo suficientemente larga.

Los correlogramas de residuales (figura 8.9) muestran que es admisible la hipótesis de aleatoriedad para los mismos, con excepción de dos o tres retardos significativos que indican errores en los datos y a los que ya se ha aludido anteriormente.

En resumen, los residuales (que presentan la información que se escapa, o sea, que no es explicada por el modelo) tienen clara estructura en "ruido blanco", por lo que podemos afirmar que sus variaciones obedecen a un proceso aleatorio puro. Esta fracción no explicada por el modelo (constante=-0,0419254, cuadro 8.11) prácticamente no resta, pues, validez al mismo y viene a suponer aproximadamente un 4% de la información global que se puede obtener al hacer predicciones.

En función de todas las consideraciones anteriores, el modelo propuesto se considera ajustado, por lo que resultará válido para obtener variaciones futuras de nivel en el sector de estudio.

No obstante lo hemos comparado con otros modelos y a todos los hemos sometidos a una serie de test de errores que figuran en el cuadro 8.12.

Comparación de modelos			
Modelo	**Error cuadrático medio**	**Error absoluto medio**	**Raíz del error cuadrático medio**
ARIMA (1,0,0) (0,1,1)	0,0750372	0,193462	0,273929
ARIMA (1,0,0) (0,1,0)	0,0983374	0,217698	0,313588
ARIMA (0,0,0) (0,1,1)	0,194685	0,349487	0,441232
ARIMA (0,0,0) (0,1,0)	0,198186	0,343565	0,445181

Cuadro 8.12. Valores obtenidos de los diferentes test para los distintos modelos considerados

Como se puede ver, el modelo propuesto presenta los valores más bajos en los distintos test realizados, por lo que tomamos como válido el modelo ARIMA (1,0,0) (0,1,1) 12.

8.4.1.4. Predicción del modelo

Estimado el modelo y sometido a comprobaciones para su validación, se convierte en un instrumento útil para las predicciones. Ello es lo que justifica su elaboración.

Con la ecuación genérica del modelo se han estimado los valores máximo, mínimo y medio de nivel para una predicción a 24 meses (octubre/95-septiembre/97). Gráficamente, los resultados se representan en la figuras 8.8 y 8.9.

Se observa que, al ritmo actual de extracciones en el acuífero, los niveles acusarán su tendencia negativa (descenso) en el periodo estimado. Para comprobar el error de predicción del modelo se han comparado varios valores reales (enero/95-septiembre/95), que se muestran en el cuadro 8.13.

Mes	Dato estimado (valor medio)*	Dato real**	Error de estimación (real-estimado)
Enero-95	-0,53	-1,4	-0,87
Febrero-95	-0,93	-0,49	0,44
Marzo-95	-0,18	-0,51	-0,32
Abril-95	-0,41	-0,8	-0,39
Mayo-95	-1,26	-1,8	-0,54
Junio-95	-2,26	-2,28	-0,02
Julio-95	-2,77	-2,54	0,23
Agosto-95	-2,75	-2,74	0,01
Septiembre-95	-2,55	-2,65	-0,09

Cuadro 8.13. Error de estimación del modelo para el periodo enero/95-septiembre/95.
* Valor esperable del nivel piezométrico. ** Valor real (no medio) del nivel piezométrico

8.5. ANÁLISIS CORRELATORIO Y ESPECTRAL

En este apartado trataremos de ver, mediante la aplicación del análisis correlatorio y espectral, si existen relaciones entre variables (lluvia y nivel piezométrico), aplicado a una serie cronológica del sondeo M-1-1 donde se han tomado medidas de estas variables con frecuencia mensual y durante 20 años (abril/75-noviembre/95).

El objetivo de este análisis es conocer la respuesta impulsional del sistema (acuífero) ante ciertas señales de entrada (sería interesante conocer cómo afectan las variaciones de lluvia y/o nivel piezométrico al funcionamiento hidrodinámico del acuífero), y tratar de establecer una tipología de este comportamiento del sistema ante las respuestas tipo que se puedan detectar.

De este modo tendremos la oportunidad de saber si el sistema hidrogeológico tiene inercia alta (lo que implica capacidad autorreguladora, o sea reservas notables), o por el contrario si la respuesta es rápida (que nos indicaría efecto memoria bajo, reservas pequeñas y débil capacidad autorreguladora). Además, cómo influyen estas características del sistema sobre la transferencia entre la señal de entrada y la de salida.

La reacción del sistema (variación del nivel piezométrico) ante una acción (lluvia, bombeo, etc.) está muy influenciada por la distribución de sus propiedades físicas: en nuestro caso grado de organización del sistema (acuífero único de gran espesor, o acuífero multicapa con niveles de diferente espesor y permeabilidad), transmisividad (posibilidad de movimiento de la salinidad), etc..

El análisis correlatorio y espectral está basado en los trabajos de JENKINS y WATTS (1968), HANAN (1970), BRILLINGER (1975) y BOX y JENKINS (1976), entre otros, y resulta satisfactorio para la descripción y comparación de sistemas físicos, tanto en hidrología (SALAS, et al., 1980) como en hidrogeología (MANGIN, 1982, 1984; ANTIGÜEDAD, et al., 1987 y GONZÁLEZ, 1997).

Su aplicación al estudio se sistemas kársticos (muy diferentes al nuestro) ha sido creciente en los últimos años por numerosos autores (los ya citados y otros cuya cita sería muy grande), pero no tanto a acuíferos detríticos (sistemas por porosidad primaria) y muy poco utilizado en estos sistemas para el estudio de la salinización en acuíferos detríticos costeros (GONZÁLEZ, 1997), por lo que pensamos que este estudio puede ser una buena contribución a la línea seguida por GONZÁLEZ (op. cit.) y contribuir a mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento de estos sistemas.

El estudio realizado en esta investigación comprende:

1. Análisis estructural de las series cronológicas:
    - en el dominio temporal (correlatorio):
        - correlograma simple (sólo una serie cronológica: lluvia y nivel piezométrico)
        - correlograma cruzado (una serie cronológica, como relación causa-efecto: lluvia-nivel piezométrico)

- en el dominio frecuencial (espectral) simple:
  - función de densidad espectral (espectro de densidad de varianza).

2. Interpretación de los resultados: para dilucidar el comportamiento hidrodinámico del sistema.

MANGIN (1984) establece un principio de clasificación de sistemas en base a cuatro criterios proporcionados por este análisis:

- *efecto memoria*: corresponde al valor de k (días) relativo a un r=0,1-0,2 en la función de autocorrelación; se relaciona con el papel regulador de las reservas, es decir, evidencia la inercia del sistema,

- *banda espectral*: limitada por la frecuencia de corte (fc) en el espectro de densidad de varianza; es indicativa de la función filtro ejercida por el sistema,

- *tiempo de regulación*: se define como la mitad del valor del espectro para f=0; traduce el tiempo durante el cual una impulsión unitaria tiene influencia sobre el sistema, y

- *respuesta impulsional unitaria*: es la imagen que presenta el correlograma cruzado; proporciona una buena descripción de la relación señal de entrada-señal de salida (lluvia-nivel piezométrico, lluvia-conductividad) siempre que la señal de entrada (lluvia, en nuestro caso) pueda ser asimilada a un proceso aleatorio; esta respuesta permite la comparación entre sistemas.

La serie cronológica empleada en este análisis se ha representado gráficamente, para mayor claridad (figura 8.11), y de la observación de esta gráfica destaca:

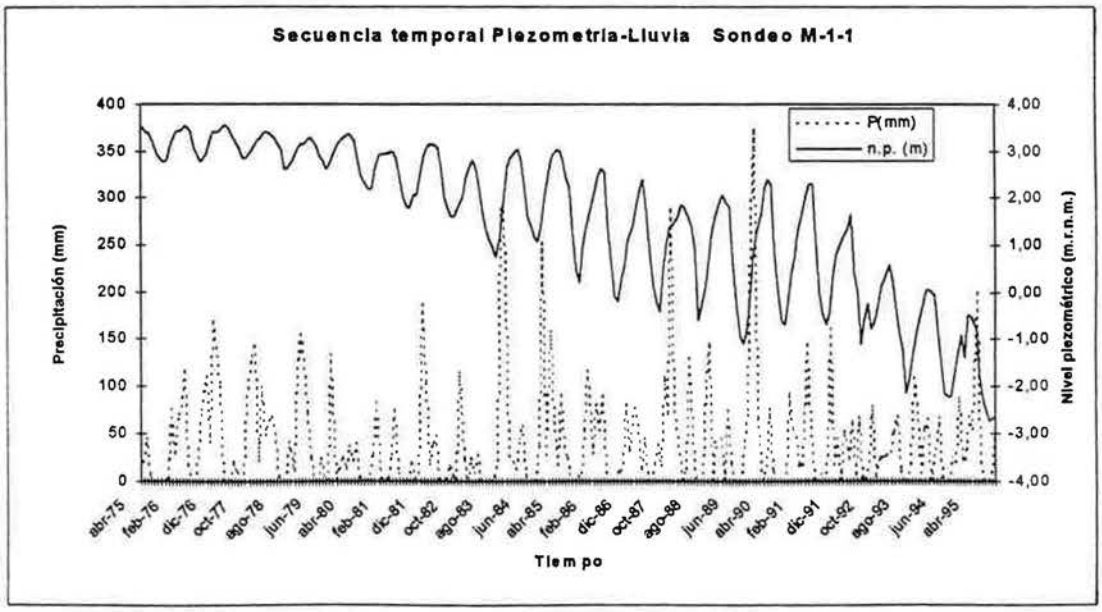


Figura 8.11. Ejemplo de relación entre señal de entrada (lluvia) y respuesta impulsional del sistema (nivel piezométrico)

- el descenso continuado de niveles piezométricos en el tiempo,
- las relaciones lluvias intensas-crecida temporal de niveles,
- tendencia descendente de los niveles a partir del año 1979 (comienzo del PTAAM),
- insuficiente lluvia para la recuperación de niveles debido a la sobreexplotación.

8.5.1. Análisis correlatorio. Interpretación de resultados

El análisis correlatorio se ocupa del estudio de la serie en el dominio temporal. La crónica de salida o respuesta del sistema (nivel piezométrico) presenta una componente aleatoria, relativa a la señal de entrada (precipitaciones), y una componente estructural, más o menos marcada, relativa a la función de transferencia operada por el sistema acuífero; esta dualidad hace que se le pueda considerar como una variable regionalizada (MATHERON, 1965).

El análisis que utilizamos en esta investigación está basado, entre otros, en los trabajos de BOX y JENKINS (1976), MANGUIN (1981, 1984) y GONZÁLEZ (1997), y permite identificar la estructura de la serie cronológica y, por tanto, deducir los mecanismos de funcionamiento del sistema investigado.

El correlograma, simple o cruzado, constituye una radiografía de la serie que pone de relieve su estructura básica.

En lo que sigue se discuten los resultados del análisis correlatorio, simple y cruzado, que se ha llevado a cabo.

A) **Correlograma simple**: Aquí se ha estudiado la función de autocorrelación para las series cronológicas correspondientes a lluvia (observatorio de Villamanrique de la Condesa) y nivel piezométrico (punto M-1-1) para los mismos periodos de tiempo que en el AST.

A.1) *Correlograma "lluvia" (observatorio de Villamanrique de la Condesa)*

En la figura 8.12 se muestra el correlograma simple de esta crónica, para un ventana de observación de 24 meses, con paso discretizado mensual. Esta serie representa una función de entrada a modular por el acuífero, y de esta forma la emplearemos en la correlación cruzada.

Los valores de α=0,05 ponen de manifiesto que la serie se puede considerar como un proceso quasi-aleatorio, a pesar de que hay una clara estacionalidad (ciclo anual) de la lluvia mensual.

De la interpretación del correlograma se deduce un efecto memoria de moderado (28 días, para r=0,2) a grande (45 días para r=0,1) para este fenómeno atmosférico; o sea, hay una cierta dependencia entre las precipitaciones mensuales, el sistema (borrascas o frentes de lluvia en este caso) posee una cierta inercia, y reservas elevadas (agua que puede ser liberada en forma de lluvia).

A.2) *Correlograma "nivel piezométrico" (punto M-1-1)*

En la figura 8.12 se refleja el correlograma de los niveles piezométricos medidos en este punto para una ventana de observación de 80 meses. La crónica representa una función salida o respuesta del sistema, como se verá en los correlogramas cruzados.

De la interpretación del correlograma se deduce que el acuífero se comporta como un sistema de gran inercia, con una memoria mu grande (40 meses para r=0,2 y 52 meses para r=0,1), lo que indica una gran capacidad reguladora del sistema y reservas altas.

La dependencia de los niveles en el tiempo determina la tendencia de la serie, que se pone de manifiesto de forma clara en el correlograma.

B) **Correlograma cruzado**: Este suministra una representación aproximada bastante satisfactoria de la "respuesta impulsional" del sistema, concepto equivalente al de "hidrograma unitario" utilizado en Hidrología. En la parte negativa de los ejes, el correlograma debería hacerse nulo; la desviación con respecto a cero informa sobre la importancia de los errores de medida, responsables de la existencia de un ruido de fondo.

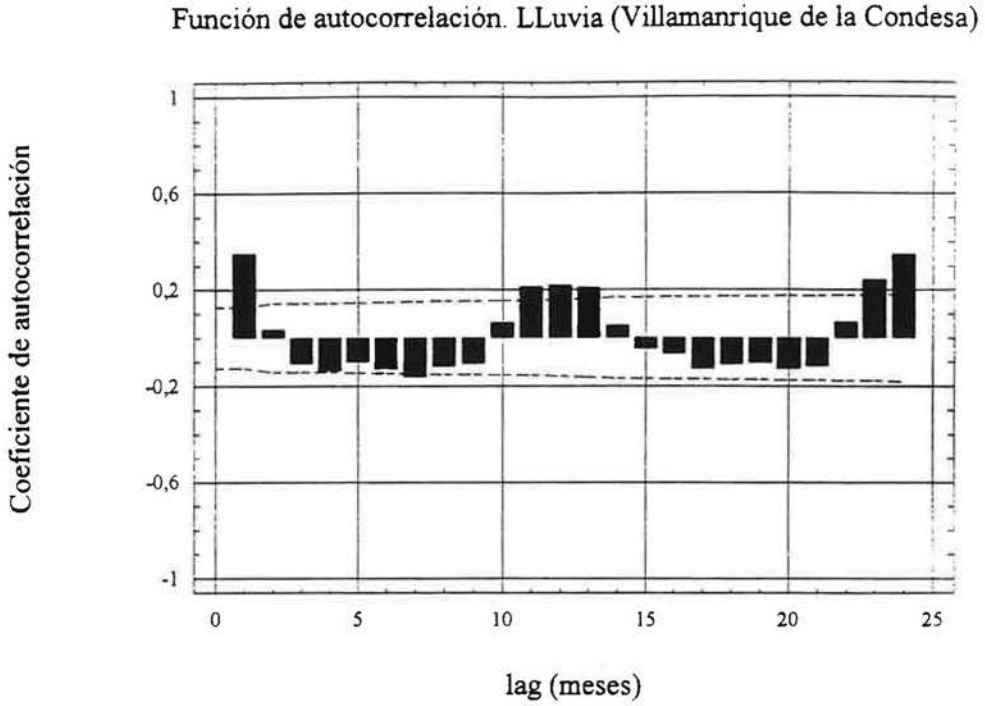
Mediante el "análisis cruzado" (cross-correlation) lo que se pretende es poner en evidencia la relación causa-efecto, en el dominio temporal, de las series cronológicas cuyo correlograma simple acabamos de ver. Aquí se estudia, por tanto, la correlación cruzada para la crónica lluvia-nivel piezométrico.

B.1) *Correlograma "lluvia-nivel piezométrico"*

En la figura 8.13 se representa el correlograma cruzado obtenido para la relación entre la lluvia (observatorio de Villamanrique de la Condesa) y el nivel piezométrico (punto M-1-1) para una ventana de observación de 12 meses; se incluye, además, los valores numéricos (cuadro 8.15) correspondientes a dicho correlograma (coeficientes de correlación cruzada (r) y lags (k)).

La respuesta impulsional del sistema tiene forma aplastada, ancha y es de gran duración, lo que es indicativo de su gran poder de regulación, memoria elevada y reservas interesantes.

En estas condiciones el sistema filtra la función de entrada (lluvia) y modula una función respuesta (variaciones del nivel piezométrico); la crecida máxima del nivel ocurre a los dos meses de la lluvia, pero de forma casi inmediata comienza la recesión del nivel pasándose a la situación de agotamiento (pérdida de reservas) a los 8 meses. Esto es característico de un sistema sobreexplotado y, por tanto, propenso a salinizarse puesto que el gradiente está permanentemente invertido en este sector.



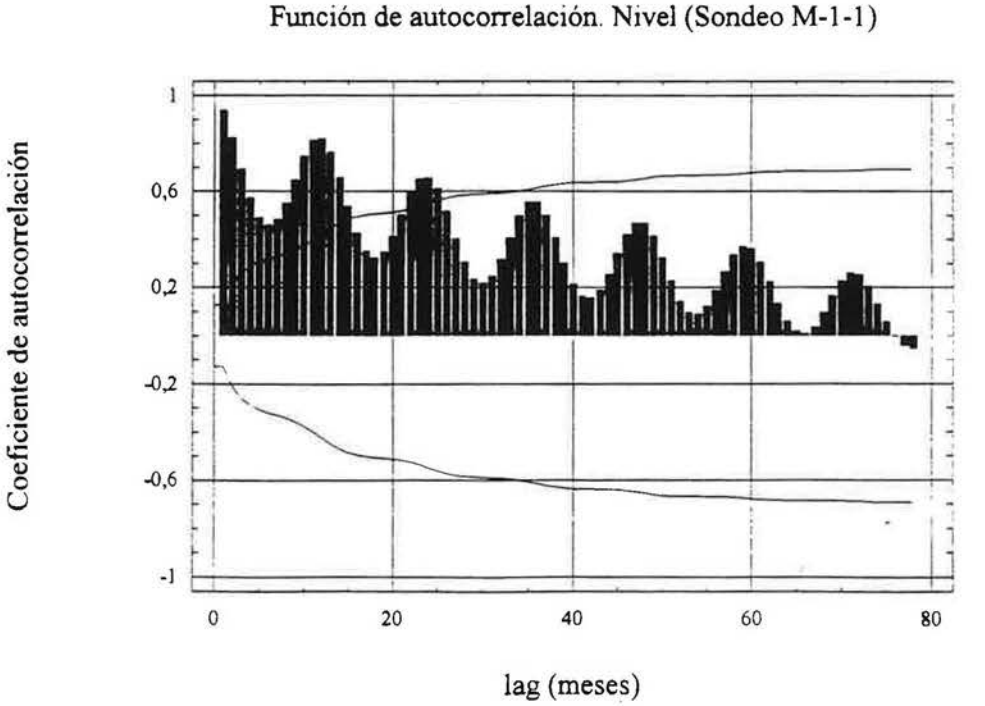


Figura 8.12. Función de autocorrelación de la lluvia y nivel piezométrico

lags (k)	Coeficiente de correlación cruzada (r)	lags (k)	Coeficiente de correlación cruzada (r)
-12	0,0393765	1	-0,0927655
-11	-0,0796199	2	-0,185186
-10	-0,174843	3	-0,221153
-9	-0,200961	4	-0,180287
-8	-0,174197	5	-0,101146
-7	-0,0898423	6	0,00656903
-6	0,0348639	7	0,109138
-5	0,120507	8	0,163856
-4	0,15881	9	0,181975
-3	0,185426	10	0,176472
-2	0,190585*	11	0,120083
-1	0,140847	12	0,0297787
0	0,0350784	* coeficiente máximo	

Cuadro 8.15. Datos del coeficiente de correlación cruzada (r) para los lags considerados (k) entre las variables lluvia-nivel piezométrico

Aunque este sondeo no tiene aguas salobres (conductividad media ≈ 525 µS/cm) pronto la tendrá si se sigue con el grado de sobreexplotación del sector.

La función de transferencia del sistema hace pensar que es complejo, pues los diversos picos en el entorno al máximo de correlación (k=2) pueden deberse a una ligera compartimentación vertical del mismo por acuitardos, donde cada nivel o compartimento resultante modularía de forma distinta la función de entrada originando diversos retardos en el valor máximo de la respuesta impulsional.

En síntesis, el análisis correlatorio simple ha permitido cuantificar y calificar aspectos de interés práctico del sistema (efecto memoria, inercia, reservas y capacidad de regulación); para la lluvia se constata la cuasi-aleatoriedad (estructura en ruido blanco) de la crónica de Villamanrique de la Condesa, aún con cierta componente estacional de ciclo anual, requisito básico de la función de entrada en el correlograma cruzado; para el nivel piezométrico se deduce que, en general, el acuífero se comporta como un sistema de gran inercia, memoria elevada a muy grande (52 meses), grandes reservas y una capacidad de regulación muy elevada.

El correlograma cruzado ha permitido no sólo corroborar las características del acuífero, sino también las relaciones causa-efecto de la crónica lluvia-nivel piezométrico; en base a ellas, se puede cuantificar desfases entre 1 y 2 meses en la respuesta impulsional del sistema (crecida del nivel piezométrico) ante la lluvia, y que el acuífero es un sistema sobreexplotado, propenso a salinizarse por la permanente inversión del gradiente hidráulico en amplios sectores.

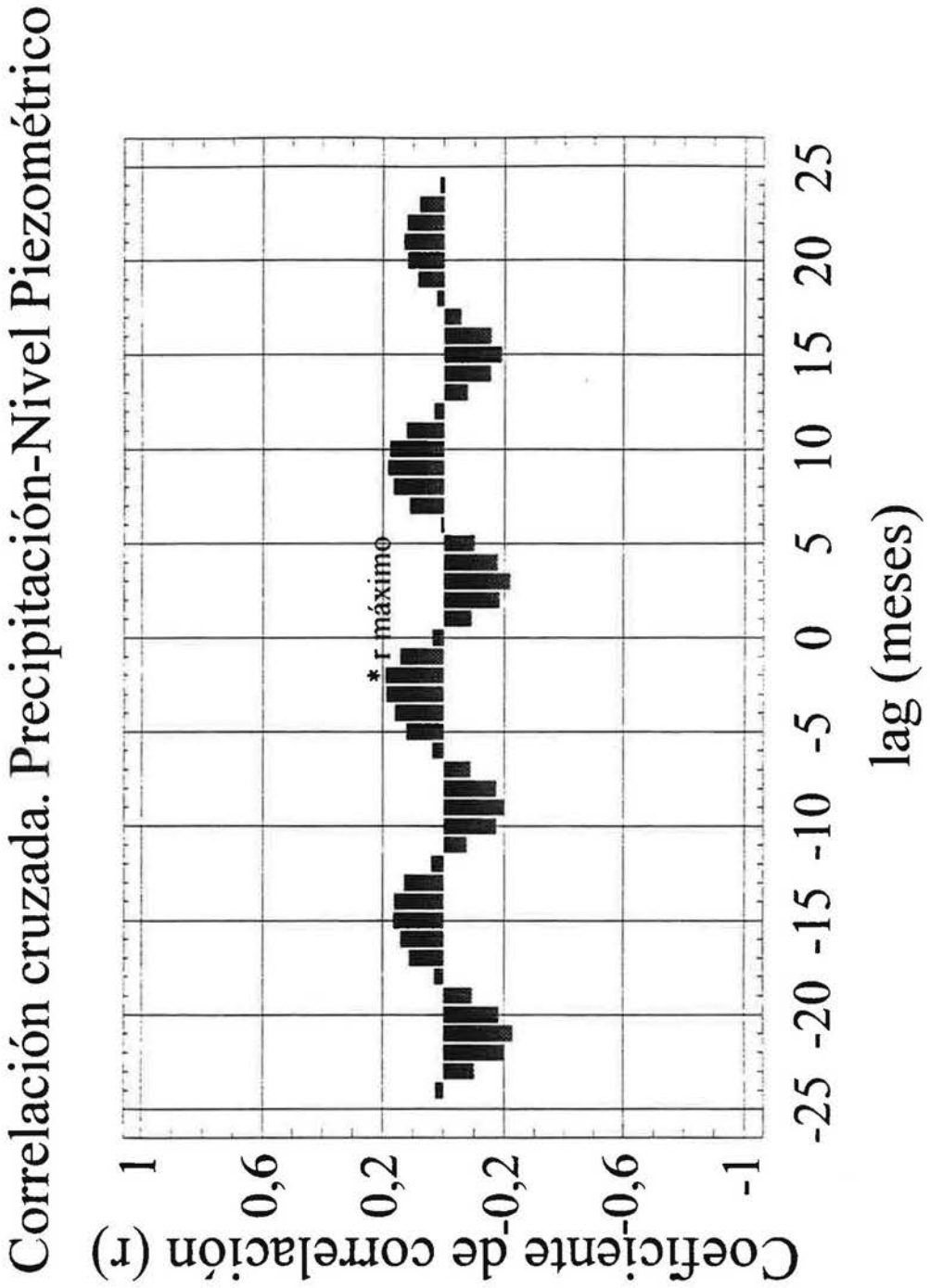


Figura 8.13. Correlación cruzada precipitación-nivel piezométrico (observatorio de Villamanrique de la Condesa y sondeo M-1-1)

8.5.2. Análisis espectral. Interpretación de resultados.

Este análisis se ocupa del estudio de las series en el dominio frecuencial simple. Para ello, se ha establecido la función de densidad espectral (espectro de densidad de varianza) para cada una de las crónicas analizadas en el apartado anterior, y para los mismos periodos temporales.

El análisis espectral (llamado también "análisis de dominio de frecuencias") se basa en el hecho de que cada variable, considerada como una serie temporal, puede ser representada gráficamente mediante una sucesión de puntos que presentan oscilaciones. Este análisis transforma los datos con objeto de obtener coeficientes de sinusoidad de un conjunto de frecuencias; cada frecuencia (periodo) contribuye a la variación de los datos a través del tiempo. Las bases matemáticas del análisis espectral se encuentran en BOX y JENKINS (1976).

Los espectros correspondientes a la función de entrada "lluvia" (figura 8.14), observatorio de Villamanrique de la Condesa, ponen de relieve el carácter aleatorio de la serie, y un ciclo de periodicidad anual que tiende a atenuarse a frecuencias bajas. Se confirma, por tanto, la cuasi-aleatoriedad de las lluvias en este observatorio.

El espectro correspondiente a la función de salida "nivel piezométrico", pone de relieve que, en general, el acuífero se comporta como un sistema de memoria elevada, altas reservas, capaz de filtrar cualquier acción (lluvia en este caso, aunque también podría ser bombeo) de periodo corto (f<0,1), y tiempo de regulación grande (105 días); sólo para frecuencias de periodo largo, se produce una respuesta por parte del sistema (varía el nivel piezométrico). Por tanto, el descenso continuado del nivel que se observa en la crónica del punto (que no cambia de tendencia ni con las lluvias intensas) es indicativo de sobreexplotación del sistema y, a su vez, esta causa es, en parte también, la responsable del grado de salinización que presenta el sector.

En síntesis, el análisis espectral se muestra como un buen complemento del análisis correlatorio, pues permite poner de manifiesto no sólo los componentes de la serie (secular, estacional y aleatoria), sino qué acciones (lluvia, bombeos) son filtradas por el sistema (periodo corto y frecuencia grande) y cuáles no son filtradas y se transforman en funciones de salida (variaciones del nivel piezométrico, acciones de periodo largo y frecuencias <0,1).

8.6. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIABLE

-1) El análisis multivariable ha constituido un arma poderosa en esta investigación, al permitir estimar modelos de comportamiento del acuífero, reducir dimensionalidad, formar combinaciones de variables originales, testificar hipótesis que se habían obtenido durante el estudio hidroquímico, conocer la respuesta del acuífero ante el/los proceso/s de salinización actuante/s.

-2) Es de resaltar la elevada correlación de Cl^- con Na^+, Mg^{2+} y conductividad, la alta correlación entre Li^+, Ca^{2+}, Na^+ y Cl^-, y una buena correlación entre el Sr^{2+}, Li^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} y Na^+.

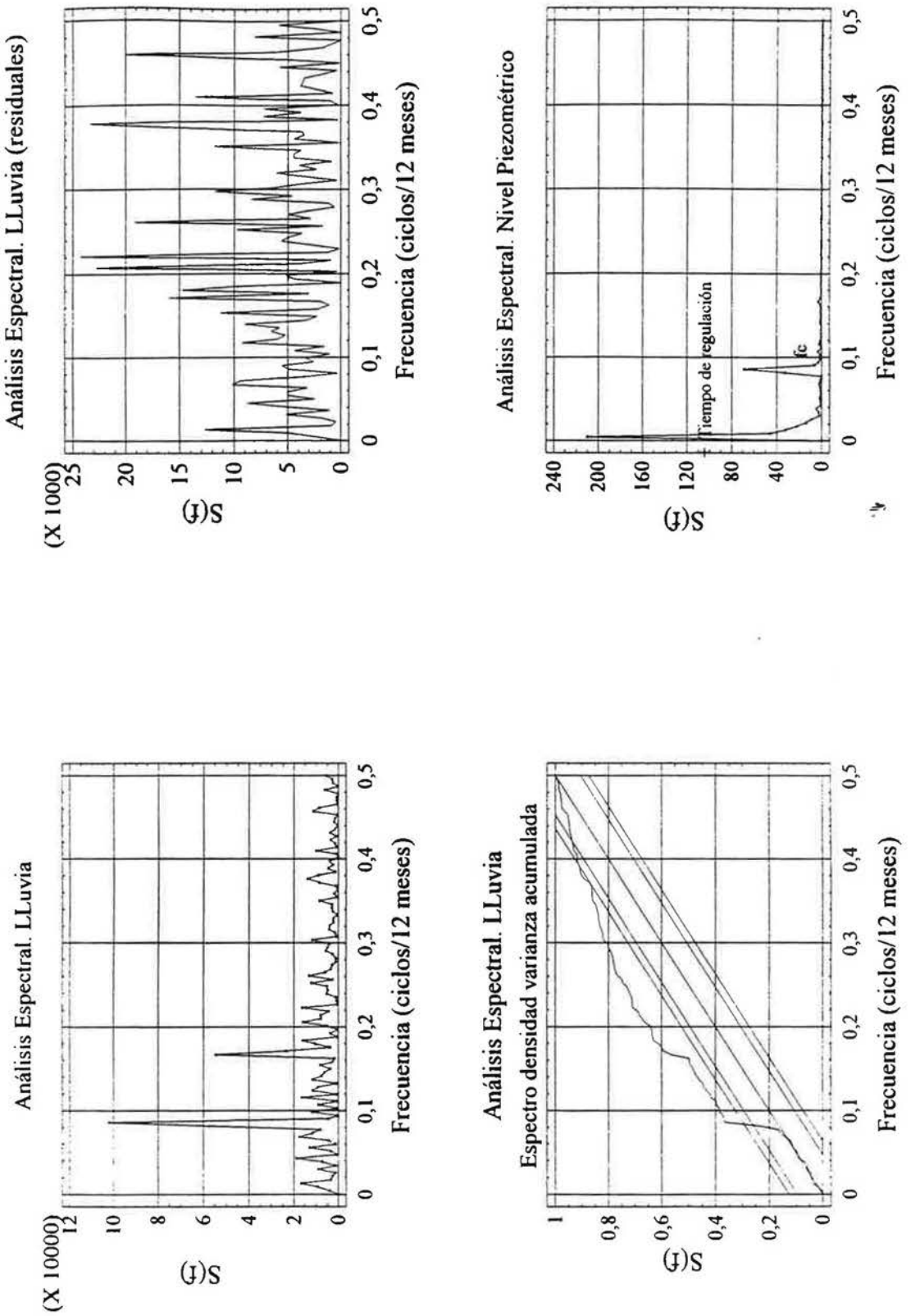


Figura 8.14. Análisis espectral de las crónicas lluvia (estación de Villamanrique de la Condesa) y nivel piezométrico (sondeo M-1-1) (s(f): función de densidad espectral; fc= frecuencia de corte)

-3) El análisis factorial permite corroborar la existencia de un factor de salinidad progresiva en el tiempo, que explica las variaciones de salinidad ligadas a aguas marinas antiguas atrapadas en los sedimentos de relleno, y de un factor de enriquecimiento en sílice y en bicarbonatos, ligado al efecto tampón de ambos y a la interacción agua-roca responsable de la pérdida progresiva de las facies hidroquímica original que está siendo sustituida por agua salobres.

-4) El análisis cluster de variables pone claramente de manifiesto dos agrupaciones diferentes: una amplia que engloba a las variables que controlan la salinidad, y otra menos representativa que agrega variables que controlan el enriquecimiento en bicarbonatos y en sílice que ejercen un efecto "tampón" sobre el pH. De las primeras agrupaciones se puede deducir que es muy probable que la sal más común en las aguas del acuífero sea el ClNa.

-5) El análisis cluster de observaciones permite diferenciar dos conglomerados de puntos en los que el proceso de salinización es bien diferente y responde a causas distintas: uno, más extenso, y que implica la mayor parte de la zona de estudio, donde se encuentran aguas que van desde una salinidad normal (sondeo M-1-1) hasta una salinidad alta (M-7-6), pasando por otras de tipo medio-alto (sondeo AM-8) y que correspondería a aguas salobres con un cierto grado de mezcla. Otro, de carácter puntual y muy localizado (sondeos AM-12, AM-13 y AM-17), con una salinidad anormalmente alta, de posible origen congénito (aguas marinas antiguas atrapadas en los sedimentos de relleno de la cuenca).

-6) El análisis de series temporales (AST) ha permitido validar un modelo ARIMA(1,0,0)(0,1,1)12 de nivel piezométrico, y hacer predicciones de las variaciones de nivel en el acuífero para un periodo de 24 meses. Estas predicciones han corroborado la tendencia decreciente del nivel piezométrico en el tiempo (consecuencia de fuertes extracciones en el acuífero), y han puesto de manifiesto que al ritmo actual de bombeos la situación del acuífero se hará cada vez más crítica, lo que favorecerá el incremento de la salinización en el tiempo por mezcla de aguas dulces de recarga con aguas congénitas de elevada salinidad, y por infiltración de aguas salobres desde niveles colgados con aguas marinas atrapadas, o desde zonas de marismas, a favor de la inversión de gradientes hidráulicos a consecuencia de las fuertes extracciones.

-7) El análisis correlatorio (simple y cruzado) ha permitido conocer que el acuífero se comporta como un sistema de gran inercia, memoria elevada a muy grande (52 meses), grandes reservas y una capacidad de regulación muy elevada. La respuesta impulsional del sistema pone de manifiesto que la crecida del nivel piezométrico ante lluvias intensas se produce con un retardo entre 1 y 2 meses, y que las fuertes extracciones hacen que el acuífero sea propenso a ir incrementando su salinidad en el tiempo por la permanente inversión del gradiente hidráulico en amplios sectores, lo que corrobora lo que ya se ha dicho anteriormente.

-8) El análisis espectral se muestra como un buen complemento del análisis correlatorio, y ha permitido conocer las acciones (lluvia, bombeo) que son filtradas por el sistema (acciones de periodo corto y frecuencia grande) y las acciones (lluvia, bombeos) que no son filtradas por el sistema (acciones con frecuencia < fc) y que se transforman en funciones de salida ó respuestas del mismo (variaciones del nivel piezométrico fuertes, correspondientes a acciones de periodo largo y frecuencias < 0,1).

CAPÍTULO 9

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

9.1. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el presente estudio, cantidad de agua y calidad son dos conceptos de importancia a tener en cuenta; el primero es cuantificable hasta cierto punto, pero el segundo es puramente relativo, puesto que se refiere al destino o utilidad (abastecimiento urbano, agrícola o industrial).

La falta de calidad es debido a causas naturales o artificiales y, aunque de forma genérica se entiende que la pérdida de calidad es debida a procesos y actividades humanas, se podría considerar que la calidad del agua se identificaría con su "estado natural", y la pérdida de ella vendría medida por la distancia a ese estado.

No obstante, es notoria la dificultad de encontrar la definición exacta de ese estado, por su absoluta relatividad, por lo que de forma metodológica se procede de la manera más sencilla, mediante la estimación y cálculo de unos índices o ratios de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos (MOPU, 1984; MASON, 1984; LÓPEZ, 1991).

Así pues, la calidad del agua podría definirse como la composición físico-química-biológica que la caracteriza.

Este conocimiento cualitativo y cuantitativo de esas propiedades es de suma importancia, porque nos sirve para valorar los perjuicios que su utilización podría ocasionar en la industria, agricultura o en el abastecimiento. Además incluye otros aspectos que no se deben olvidar y que son las características estéticas y organolépticas (color, sabor, olor, etc.).

En este capítulo se estudia la calidad del agua del sector para los dos usos principales a que se destina (abastecimiento y regadío); para ello se emplean los datos correspondientes a diversas campañas (año 1975 y 1995), lo que nos permitirá conocer, además, la evolución de dicha calidad en el tiempo.

9.1.1. Criterios utilizados

La calidad del agua se ha estudiado para abastecimiento y uso agrícola, atendiendo a sus características físico-químicas y según criterios correspondientes a la normativa vigente.

La calidad química para consumo humano se ha establecido en base a la normativa que parte del R.D. 1138/1990 (BOE, 1990) que adapta la Directiva 80/778/CEE, de 15 de julio de 1990 sobre calidad de aguas destinadas al consumo humano (CEE, 1980), en el bien entendido que aquí se hace referencia a las características físico-químicas de las aguas del acuífero.

Desde el punto de vista de la recomendación cualitativa, dicha normativa establece unos caracteres "orientadores de calidad" (niveles guías) que corresponden a los niveles de calidad deseable en el agua potable (cuadro 9.1); se establece, además, las concentraciones máximas admisibles, por encima de las cuales el agua no es potable.

Caracteres organolépticos

Parámetros	Expresión de los resultados	Nivel guía	Concentración máxima admisible
Color	mg/l escala Pt/Co	1	20
Turbidez	mg/l SiO_2 Unidades Jackson Unidades nefelométricas de formacina (U.N.F.)	1 0,4 1	10 4 6
Olor	Indice de dilución	0	2 a 12 ºC 3 a 25 ºC
Sabor	Indice de dilución	0	2 a 12 ºC 3 a 25 ºC

Caracteres físico-químicos

Parámetros	Expresión de los resultados	Nivel guía	Concentración máxima admisible
Temperatura	ºC	12	25
Concentración en ión hidrógeno	Unidad pH	6,5≤pH≤8,5	9,5
Conductividad	µS/cm a 20 ºC	400	-
Cloruro	mg/l Cl	25	-
Sulfatos	mg/l SO_4	25	250
Sílice	mg/l SiO_2	-	-
Calcio	mg/l Ca	100	-
Magnesio	mg/l Mg	30	50
Sodio	mg/l Na	20	150 (con un percentil 80 y periodo de referencia de 3 años)
Potasio	mg/l K	10	12
Aluminio	mg/l Al	0,05	0,2
Dureza total	-	-	-
Residuo seco	mg/l después del secado a 180 ºC	-	1500
Oxígeno disuelto	% O_2 de saturación	-	-
Anhídrido carbónico libre	mg/l CO_2	-	-

Cuadro 9.1. Resumen del Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las agua potables de consumo público.

Caracteres microbiológicos

Parámetros	Expresión de los resultados	Nivel guía	Concentración máxima admisible	
			Método membrana filtrantes	Método de tubos múltiples (NMP)
Coliformes totales	100	-	0	NMP < 1
Coliformes fecales	100	-	0	NMP < 1
Estreptococos fecales	100	-	0	NMP < 1
Clostridium sulfitorreductores	100	-	-	NMP ≤ 1

Caracteres relativos a las substancias tóxicas

Parámetros	Expresión de los resultados	Nivel guía	Concentración máxima admisible
Arsénico	µg/l As	-	50
Berilio	µg/l Be	-	-
Cadmio	µg/l Cd	-	5
Cianuros	µg/l CN	-	50
Cromo	µg/l Cr	-	50
Mercurio	µg/l Hg	-	1
Níquel	µg/l Ni	-	50
Plomo	µg/l Pb	-	50 (en agua corriente)
Antimonio	µg/l Sb	-	10
Selenio	µg/l Se	-	10
Vanadio	µg/l V	-	-
Plaguicidas y productos similares **- por sustancias individualizadas** **- en total**	µg/l	- - -	- 0,1 0,5
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	µg/l	-	0,2

Cuadro 9.1. Continuación

Caracteres relativos a substancias no deseables

Parámetros	Expresión de los resultados	Nivel guía	Concentración máxima admisible
Nitratos	mg/l NO_3	25	50
Nitritos	mg/l NO_2	-	0,1
Amonio	mg/l NH_4	0,05	0,5
Nitrógeno Kjeldahl (N de NO_2 y NO_3 excluidos)	mg/l N	-	1
Oxidabilidad ($KMnO_4$)	mg/l O_2	2	5
Carbono orgánico total (TOC)	mg/l C	-	-
Hidrógeno sulfurado	mg/l S	-	No detectable desde el punto de vista organoléptico
Substancias extraibles al cloroformo	Residuo seco mg/l	0,1	-
Hidrocarburos disueltos o emulsionados; aceites minerales	µg/l	-	10
Fenoles	µg/l C_6H_5OH	-	0,5
Boro	µg/l B	1000	-
Agentes tensioactivos	µg/l (Lauril sulfato)	-	200
Otros compuestos organoclorados	µg/l	1	-
Hierro	µg/l Fe	50	200
Manganeso	µg/l Mn	20	50
Cobre	µg/l Cu	100 A la salida de las instalaciones de bombeo y/o de preparación y de sus dependencias 3000 Después de 12 horas de estancamiento en la canalización y en el punto de puesta a disposición del consumidor	-
Zinc	µg/l Zn	100 A la salida de las instalaciones de bombeo y/o de preparación y de sus dependencias 5000 Después de 12 horas de estancamiento en la canalización y en el punto de puesta a disposición del consumidor	-
Fósforo	µg/l P2O3	400	5000
Flúor	µg/l F 8-12 °C 25-30 °C	-	 1500 700
Cobalto	µg/l Co	-	-
Cloro residual	mg/l Cl	-	-
Bario	µg/l Ba	100	-

Cuadro 9.1. Continuación

Concentración mínima exigida para las aguas potables de consumo público que hayan sido sometidas a un tratamiento de ablandamiento

Parámetros	Expresión de los resultados	Concentración mínima exigida (aguas ablandadas)	Observaciones
Dureza total	mg/l Ca	60	Calcio o cationes equivalentes
Concentración en ión Hidrógeno	pH	-	El agua no debería ser agresiva
Alcalinidad	mg/l HCO3	30	
Oxígeno disuelto	-	-	

Cuadro 9.1. Continuación

Con relación a dicha normativa, se ha procedido a clasificar las aguas bien como "tolerables", bien como "no potables". En el primer caso se engloban aquellas aguas cuyos caracteres están comprendidos dentro de los límites de tolerabilidad impuestos por el citado R.D., según el cual serían clasificadas sanitariamente como potables.

Los "niveles guía" establecidos en esta normativa son muy restrictivos; hasta tal punto que todas las muestras procedentes de este acuífero presentan contenidos en Cl^- y valores de conductividad que sobrepasan los límites impuestos (25 mg/l y 400 µS/cm), respectivamente.

Respecto a las aguas aquí clasificadas como no potables, hay que hacer una matización: la normativa distingue aquellas en las que algunos de sus caracteres físico-químicos (como productos tóxicos, radioactivos, etc.) sobrepasan los límites tolerables, y las califica específicamente como aguas "sanitariamente permisibles". Aquí no se ha tenido en cuenta esta matización y se ha mantenido la distinción entre aguas potables y las que no lo son, ya que, por definición, el consumo humano de aguas sanitariamente permisibles es considerado como excepcional y su eventual suministro requiere autorización expresa de una Comisión de Control, que además es la encargada de dictar las medidas sanitarias correctoras pertinentes.

Para establecer la calidad para uso agrícola se ha utilizado el programa AGUAS (ORIHUELA, FERRER, ROMERO, 1994) donde se han tenido en cuenta varias clasificaciones desde el punto de vista agrícola. Los resultados correspondientes a los análisis químico de las 13 muestras correspondientes a las cuatro campañas se presentan en el anexo 5 (cuadros 1 a 52). En este apartado sólo se presentan los datos químicos correspondientes a las 13 muestras analizadas en la última campaña (3-11-95), y la representación gráfica según la norma RIVERSIDE (U.S. Salinity Laboratory Staff), por ser la más conocida, y donde se tienen en cuenta conjuntamente los riesgos de salinización (en base a la conductividad eléctrica de las aguas aplicadas) y alcalinidad del suelo (cuantificados en base al índice SAR[1], o relación de adsorción de sodio)

[1] $SAR = \dfrac{rNa}{\sqrt{\dfrac{r(Mg + Ca)}{2}}}$ siendo r=meq/l

Es bien conocido que esta clasificación está considerada como una de las más exigentes y restrictivas, aunque también su uso está muy generalizado a nivel internacional; es por ello, su utilización, a sabiendas del escaso grado de tolerancia que admite.

La consideración conjunta de las dos variables citadas y la utilización de un gráfico específico para esta clasificación, permite distinguir una serie de grupos y analizar en qué proporción la composición de las aguas se incluye en uno u otro de ellos. El gráfico que se ha empleado subdivide la conductividad eléctrica en siete tipos, de acuerdo con el criterio de BLASCO y DE LA RUBIA (1973), que indican que las normas del USSLS (1954) y las modificaciones de THORNE y PETERSON (1954) no cubren, de forma satisfactoria, las necesidades para realizar un diagnóstico completo de aguas, pues:

- puede obtenerse el mismo valor de conductividad con aguas cuyos iones dominantes sean cloruros y sodio, que en otra (a igualdad de concentración) en donde dominen los sulfatos y el calcio, donde es evidente que la calidad para uso de riego es diferente,

- se prescinde de la influencia de los aniones cloruro y sulfato que pueden condicionar su calidad,

- se engloba en un mismo factor de calidad los cationes calcio y magnesio, lo que se puede aceptar en aguas en que la proporción de magnesio respecto al calcio sea pequeña, pero no resulta válido para aguas cuyo contenido en magnesio sea relativamente alto respecto al calcio, cosa que ocurre frecuentemente en nuestra agricultura.

Por tal motivo estos autores proponen las siguientes normas de clasificación:

Para la conductividad:

C1	CE < 250 µS/cm
C2	250 < CE < 750 µS/cm
C3A	750 < CE < 1500 µS/cm
C3B	1500 < CE < 2250 µS/cm
C4	2250 < CE < 5000 µS/cm
C5	5000 < CE < 7000 µS/cm
C6	CE > 7000 µS/cm

Para los valores del índice de SAT toman los mismos que la Norma RIVERSIDE; para los valores del índice de alcalinidad utilizan el índice SCOTT y la clasificación de STABLER. Para el carbonato sódico residual el índice EATON. También estudian la relación M=Ca/Mg (expresados en meq/l), y establecen la siguiente clasificación:

- *Aguas buenas*: cuando M es superior a 1 cualquiera que sea el valor del calcio, o superior a 0,7 si el contenido en magnesio es inferior a 5 meq/l.

- *Aguas dudosas*: si el valor de M se encuentra entre 0,7 y 1, y su contenido en magnesio es superior a 5 meq/l, o inferior a 0,7 con un contenido en magnesio inferior a 5 meq/l.

- *Aguas malas*: cuando el valor es inferior a 0,7 y el contenido en magnesio supera los 5 meq/l.

Otras normas que tiene en cuenta el programa utilizado son:

* **Normas H. Green**: que fueron preparadas para la FAO por dicho autor, tomando como base la concentración total de iones de las aguas, expresadas en meq/l con relación al % de sodio (respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l).

* **Normas L. V. Wilcox**: que consideran como índice para la calificación del agua el porcentaje de sodio respecto al total de cationes, igual que en la forma anterior, y la conductividad eléctrica en µS/cm a 25 °C.

* **Recomendaciones Tamés**: el cual propone en 1965 un sistema de clasificación en el que los diferentes riesgos quedan definidos por las relaciones siguientes.

- *Riesgo de salinización*: considera los sólidos disueltos en g/l o su equivalente en conductividad eléctrica.

- *Riesgo de alcalinización*: considera los índices EATON y la relación de calcio.

- *Riesgo de fitotoxicidad*: considera el contenido en boro según escala SCOFIELD.

De acuerdo con estas relaciones, los criterios para la clasificación propuestos por este autor, son:

- a) Las aguas consideradas positivamente buenas han de reunir todas las características que siguen:

a.1) Concentración de sales totales inferior a 0,5 g/l que corresponde a una conductividad eléctrica de 750 µS/cm.
a.2) Índice de EATON (CSR) inferior a 1,25 meq/l.
a.3) Relación de calcio superior al 35%.
a.4) Contenido en boro inferior a 0,33 mg/l.

- b) Las aguas consideradas positivamente malas han de presentar algunas de las características siguientes:

b.1) Concentración de sales totales superior a 12 g/l, que suponen una conductividad de 18750 µS/cm.
b.2) Índice de EATON (CSR) superior a 2,5 meq/l.
b.3) Relación de calcio inferior al 35%.
b.4) Contenido en boro superior a 3,75 mg/l.

- c) Las aguas dudosas son las que presentan condiciones intermedias.

9.1.2. Calidad química para consumo humano

En la figura 9.1 se presentan los diagramas de potabilidad química para los datos físico-químicos correspondientes a los años 1975 y 1995, según la normativa vigente.

Se observa la evolución de la calidad de las aguas a lo largo del tiempo, y cómo de forma paralela a la explotación intensiva del acuífero crecen los contenidos en Cl^-, Na^+ y Mg^{2+}.

Respecto al ión Cl^-, todas las aguas del acuífero tienen contenidos superiores al "nivel guía" orientador de calidad (25 mg/l), según la normativa, y en 1995 muchas muestras duplican o triplican el límite máximo de tolerabilidad (350 mg/l).

El ión $SO_4^=$ se incrementa en 1995 respecto a 1975, aunque estando dentro de los límites de valores mínimos respecto al "nivel guía", no así con respecto a los máximos tolerables que en ambas gráficas se mantienen con los mismos valores.

El ión Ca^{2+} no experimenta apenas aumento; en cambio el Mg^{2+} se va incrementando progresivamente, y en 1995 su contenido triplica al valor del límite máximo tolerable.

El pH tampoco ha sufrido grandes variaciones de una campaña a otra, oscilando en un margen entre 6,5 y 8,5, estando la mayoría de las muestras entre 6,5 y 7,5 lo cual favorece el efecto tampón del bicarbonato y la sílice.

En resumen, la proporción de agua no potable en el acuífero del sector va aumentando progresivamente en el tiempo; esta falta de potabilidad viene impuesta principalmente por los elevados contenidos en cloruros, magnesio y sodio principalmente.

9.1.3. Calidad para uso agrícola

En la figura 9.2 se representan los diagramas para la clasificación de las aguas de riego, según el método de BLASCO y DE LA RUBIA (1973), al que se ha hecho referencia anteriormente. Como se puede observar, las aguas del sector pueden estar incluidas en 5 grupos diferentes de los 28 que se distinguen.

Desde el punto de vista de los valores de la conductividad eléctrica, el riesgo de salinización del suelo se va haciendo cada vez más alto en el tiempo; así, en 1975 se han representado 37 análisis correspondientes a varios sondeos que se realizaron en el mismo año para el PTAAM (figura 9.2), y cabe denotar de que más del 50% de las muestras son peligrosas, un 20% son de calidad aceptable-regular y el resto son de buena calidad. En cambio, en 1995, donde se han representado las muestras correspondientes a las analizadas en cada campaña (13 puntos), el 30% presentan características muy peligrosas (3 de ellas, sondeos AM-12, AM-13 y AM-17 se salen de los límites del gráfico por su alta conductividad), 30% de ellas son aceptables y el resto buenas.

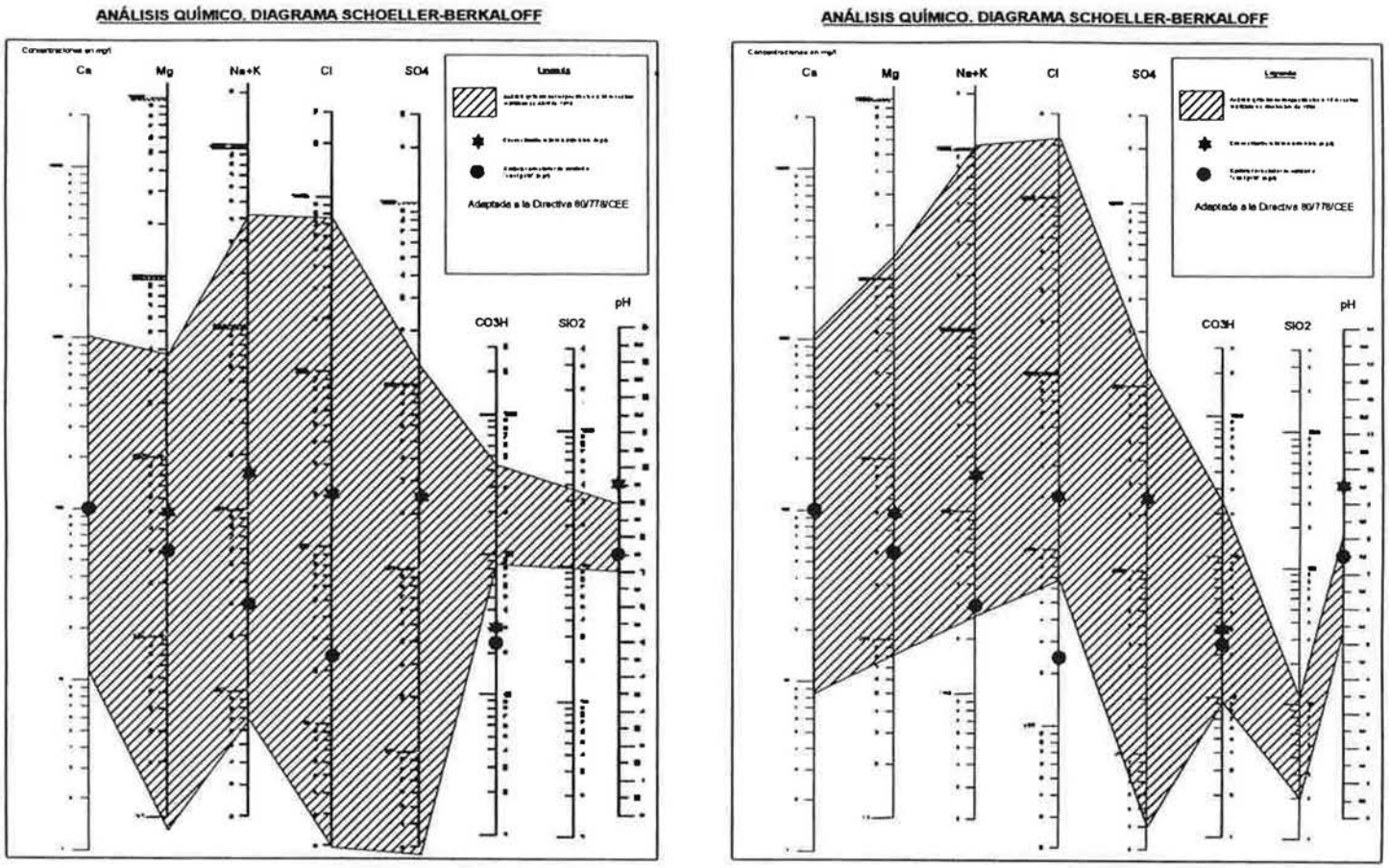


Figura 9.1. Diagramas de potabilidad química (1975 y 1995)

Según R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre de 1990 adapatada a la Directiva 80/778/CEE de 15 de julio de 1980

★ Concentración máxima admisible

● Carácter orientador de calidad, "nivel guía" (corresponde al contenido deseable de un agua potable)

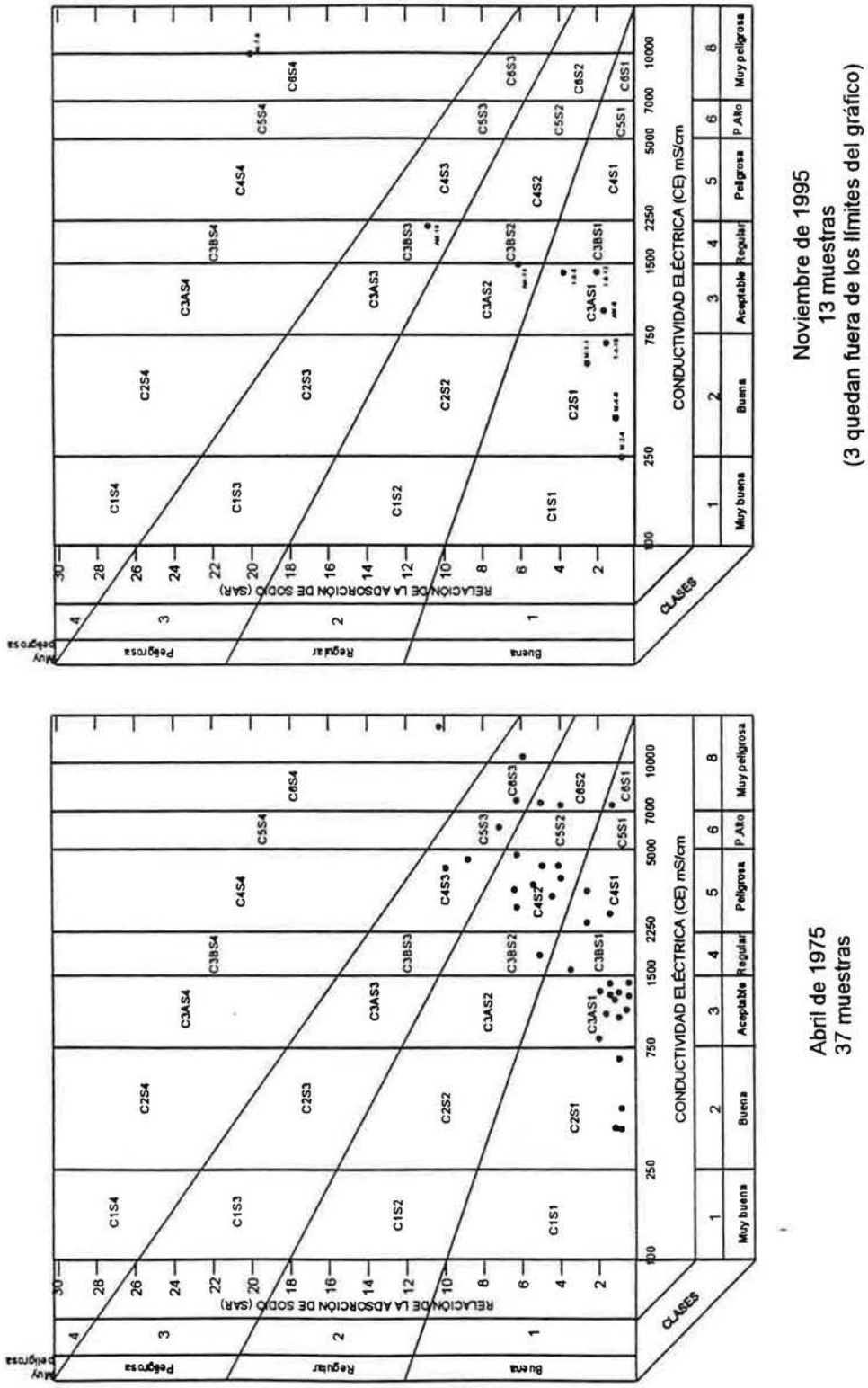


Figura 9.2. Diagrama para la clasificación de las aguas de riego. Diagrama BLASCO y DE LA RUBIA. Abril de 1975 y Noviembre de 1995

En lo que respecta al índice SAR, sólo las muestras correspondientes a los sondeos situados en el margen y fuera de la marisma no presentan riesgo de alcalinización, en cambio las localizadas en la marisma si presenta grandes riesgos de alcalinización.

Los grupos más representativos, tanto en 1975 como en 1995 son C_2S_1, C_3AS_1; el primero engloba aguas de conductividades entre 250 y 759 µS/cm, y el segundo entre 750 y 1500 µS/cm (agua salobre). Las aguas de conductividad mayor de 1500 µS/cm están dispersas en mayor número de grupos, aunque en conjunto también son importantes.

En síntesis, en base a los datos de la última campaña de 1995, se puede indicar lo siguiente:

- el 30% de las muestras (4 puntos) se sitúan en el grupo C_2S_1; son aguas de salinidad media y bajo contenido en Na^+, sólo se resentirán los cultivos muy sensibles y pueden emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje,

- el 40% (5 puntos) presentan características tipo C_3AS_1 y C_3BS_2-C_3BS_3; son aguas de alta salinidad que deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje; poseen bajo contenido en sodio y su uso no presenta problemas a excepción con frutales muy sensibles,

- el resto presentan características tipo S_4 que son aguas con muy alto contenido en sodio, impropias para riego y sólo cuando el contenido en cloruros sea muy bajo y con técnicas especiales, se puede utilizar.

En resumen, se puede decir que el 70% de las aguas muestreadas presentan salinidades que obligan a tomar precauciones especiales en lo que respecta al tipo de suelo y planta a cultivar, y en ciertos casos impiden el uso del agua para regadío.

9.2. CONCLUSIONES ACERCA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

-1) Respecto a la calidad química para consumo humano se constata que, según la normativa vigente, la proporción de agua no potable en el acuífero va aumentando progresivamente en el tiempo (entre 1975 y 1995). Esta falta de potabilidad viene impuesta principalmente por los elevados contenidos en Cl^-, Mg^{2+} y Na^+.

-2) Respecto a la calidad para uso agrícola se puede decir que, según las normas RIVERSIDE, el 70% de las aguas presentan salinidades que obligan a tomar precauciones especiales en lo que respecta al tipo de suelo y planta a cultivar, y el 30% presentan salinidades muy elevadas que impiden el uso del agua en regadío.

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

En una investigación de la naturaleza de la que aquí se presenta, además de la idiosincrasia de la zona y la delicada situación por la que pasa el Parque Nacional de Doñana, resulta difícil sintetizar en unas pocas las conclusiones; no obstante de forma resumida las principales son:

-1) Del análisis exhaustivo de la documentación geológica e hidrogeológica existente sobre la zona, se ha diferenciado una unidad acuífera que denominamos "Unidad 05-51, Almonte-Marismas", que en el sector de estudio presenta un comportamiento semiconfinado bajo los sedimentos de la marisma.

-2) El comportamiento hidrogeológico de esta unidad influye de manera decisiva en la transmisión de los contaminantes salinos; responde, esencialmente, a cambios de permeabilidad y/o espesor de los niveles acuíferos, donde la zona de mayor permeabilidad y más transmisiva se localiza hacia el sureste.

-3) La agricultura intensiva (fresas, cítricos y arroz), motor esencial de desarrollo del sector, genera una gran demanda de agua subterránea, con un crecimiento espectacular a partir de los años 79 con la puesta en marcha del Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas, lo que unido a la demanda para abastecimiento de núcleos urbanos y turísticos, han dado lugar a la sobreexplotación del acuífero, creando condiciones responsables de la inversión de gradientes y de la salinización de las aguas.

-4) El estudio realizado ha permitido conocer en detalle las condiciones hidrodinámicas del acuífero en el sector y sus características hidráulicas (inversión de gradientes), con lo que se ha podido delimitar sectores ya salinizados, otros en salinización actual y otros en vías de estarlo en un futuro próximo; el sector central y el suroriental son los de mayores descensos del nivel piezométrico y con amplias zonas en donde los niveles están bajo el nivel del mar y la salinización muy desarrollada.

-5) El estudio hidrodinámico ha permitido poner de manifiesto, además, otras fuentes de salinización, procedente de la recarga vertical de agua salada desde superficie, bajo áreas de marismas, cuyo motor es la diferencia de carga hidráulica, creciente en función del descenso del nivel piezométrico.

-6) La investigación realizada ha permitido caracterizar de forma clara y precisa la hidrogeoquímica del acuífero sobre la base de los constituyentes químicos mayoritarios presentes en las aguas, y de algunos componentes minoritarios; de igual forma, la conductividad eléctrica, en tanto que, parámetro representativo de la mineralización total del agua, se presenta como un buen indicador del proceso de salinización que afecta al acuífero en el sector.

-7) A partir de los resultados obtenidos en los diferentes muestreos en la red de control hidroquímica, se ha podido establecer una detallada cartografía hidrogeoquímica del sector.

-8) La conductividad de las aguas en el sector cubre una gama muy amplia de valores (entre 100 y más de 20.000 µS/cm), aumentando en general hacia las áreas sobreexplotadas y en profunidad.

-9) Mediante los registros verticales de conductividad y temperatura se ha puesto de manifiesto las zonas de conductividades altas y variables, así como zonas de conductividades elevadas pero constantes (salinidad congénita), y niveles con flujo activo en profundidad de gran variabilidad en la conductividad.

-10) En los estudios hidroquímicos se ha podido constatar que las aguas del sector corresponden muy probablemente a una mezcla ternaria entre el agua de mar, agua dulce y un agua rica en Ca^{2+} y Mg^{2+}, por lo que los Δiónicos ponen en evidencia un enriquecimiento en calcio y magnesio, frente a una pérdida de sulfatos, sodio y potasio, respecto a la mezcla teórica agua dulce-agua de mar.

- 11) Los perfiles hidroquímicos, permiten conocer el ámbito espacial de la afección salina del sector, comprobándose que amplios sectores están salinizados (aunque en grado diverso).

-12) El análisis estadístico (sobre todo el multivariable) ha permitido caracterizar el proceso de salinización mediante un "factor salinidad" que engloba variables tales como Cl^-, conductividad, Na^+, K^+, etc.; la facies hidroquímica original (bicarbonatada cálcico-magnésica) y su sustitución en el tiempo por facies cloruradas sódicas, se pone de manifiesto mediante dendrogramas que agrupan los iones de características y orígenes similares.

-13) Estudios de análisis correlatorio y espectral han permitido conocer las relaciones causa-efecto entre variables de gran utilidad (lluvia-nivel piezométrico) en el fenómeno analizado, y las características principales del sistema (memoria, reservas, tiempo de respuesta,....), de gran importancia en el grado de desarrollo del proceso.

-14) En la actualidad la principal facies hidroquímica del acuífero es clorurada sódica, por lo que casi la totalidad de los puntos de muestreo tienen aguas que rebasan los "niveles guía" de contenido en cloruros recomendables para aguas de "calidad deseable" en la Directiva Comunitaria, y un 70% de las aguas presentan salinidades que obligan a tomar precauciones especiales en lo que se refiere al tipo de suelo y planta a cultivar.

10.2. RECOMENDACIONES

10.2.1. De carácter general

Una recomendación de carácter general que se desprende de esta investigación es la imperiosa necesidad que existe de ahorrar agua, por ello habrá que reducir los bombeos en el sector y,

paralelamente, exigir la puesta en marcha de riego con aguas superficiales al igual que ocurre en la zona occidental de la provincia con el Plan de regadío del Chanza, así como fomentar que se incremente el empleo de técnicas de regadío que permitan reducir más aún la cantidad de agua aplicada y evitar el aumento de la superficie regada. Las recomendaciones restantes se pueden incluir en tres apartados diferentes: seguimiento y control, mejora de la infraestructura de observación, y lucha contra la contaminación.

10.2.2. Seguimiento y control

- Las características físico-químicas de las aguas del acuífero varían de forma rápida en el tiempo y en el espacio, constatación que queda suficientemente confirmada con los estudios realizados.

- Es recomendable mantener unas redes de control de las características físico-químicas de las aguas del acuífero, con periodicidades de muestreo semestral y mensual, y estudio de alternativas en los puntos conflictivos para una red semanal o diaria.

- Se recomienda llevar a cabo un control que permita conocer los caudales que se bombean en cada uno de los sectores de riego.

- Se hace necesario una coordinación y puesta en común de los trabajos y líneas de investigación en lo que se refiere a la calidad y cantidad de las aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana y su entorno.

10.2.3. Infraestructura y lucha contra la contaminación

- Además del aparataje que sería necesario para hacer frente a las recomendaciones que se acaban de señalar, se considera necesario aumentar la red de sondeos de investigación que permitan conocer mejor algunos aspectos geométricos actualmente poco claros y/o poder medir parámetros en sectores carentes de información.

- Se recomienda evitar la concentración de extracciones puntuales o en áreas restringidas. Merece mención especial la elevada concentración de bombeos que existe en el sector central, más concretamente en el subsector 8 del sector Marisma, donde siempre ha habido problemas para poder medir los distintos parámetros físico-químicos por prohibición de las cooperativas de riego que se ubican en dicho subsector.

- Dado que actualmente es manifiesta la existencia de sobreexplotación en gran parte del sector, y de la unidad, es necesario reducir el volumen total de las extracciones, además proceder a una redistribución de los bombeos.

- Por último, como complemento a la lucha contra los procesos de salinización, se recomienda realizar experiencias de recarga artificial tendentes a restituir los potenciales en las áreas deprimidas, aunque a decir verdad, la posible entrada en funcionamiento de la ampliación del Plan Chanza, será extremadamente provechosa en todo el proceso de lucha. Así mismo, sería conveniente seguir investigando, no sólo desde el punto de vista de contaminación por

aguas saladas, sino ampliando el campo a ciertos componentes como los compuestos nitrogenados y los organoclorados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, A.; ELORZA, F.J.; GÓMEZ, M. (1992): *Cálculo de la evapotranspiración mediante la interpretación de perfiles isotópicos estables. Aplicación en el Parque Nacional de Doñana*. V Simposio de Hidrogeología. Alicante, pp. 367-382.

ANTIGÜEDAD, I.; IBARRA, V.; MORALES, T. (1987): *Tipología de sistemas acuíferos kársticos de Vizcaya a partir de análisis correlatorio y espectral*. IV Simposio de Hidrogeología. Hidrog. Rec. Hidrául. XI, 331-344. AEHS. Palma de Mallorca.

APHA-AWWA-WPCF (1989): *Standard methods for the examination of water and waste water*. 15 th edic. Am. Publ. Healt Assoc.-Am. Water Works Assoc.-Polut. Control Fed. New York.

APPELO, C. A. J. and POSTMA, D. (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Ed.: A.A. Balkema. Rotterdam. Brookfield. 536 pp.

ARAD, A.; KAFRI, U.; HALIOZ, L.; BRENNER, I. (1986): *Genetic identification of the saline origins of groundwater in Israel by means of minor elements*. Chemical Geology, 54, pp. 251-270.

ARAD, A.(1988): *B, F and Sr as tracers in carbonate aquifers and in karstic geothermal systems in Israel*. IAH 21st Congress. Karst Hydrogeology and Karst Environment Protection. Guilin (China). 1988.

ARAMBARRI, P.; CABRERA, F.; TOCA, C. (1984): *La contaminación del río Guadiamar y su zona de influencia, Marismas del Guadalquivir y Coto de Doñana, por resíduos de industrias mineras y agrícolas*. C.S.I.C. Madrid.

ARMIJO, R.; BENKHELIL, J.; BOUSQUET,J.C.; ESTÉVEZ, A.; GUIRAUD, R. ; MONTENAT, C.; PAVILLON, M.J.; PHILIP, H.; SANZ DE GALDEANO, C. y VIGUIER, C. (1977): *Les résultats de l'analyse structurale et de la néotectonique des littoraux. Les résultats de l'analyse structurale en Espagne*. Bull. Soc. Géol. France, 19(3), 591-594.

ARNORSSON, S.; GISLASON, S.R.; GESTSDOTTIR, K.; OSKARSSON, N.(1989): *Chlorine and Boron in natural waters in Iceland*. Water-Rock Interaction (WRI-86), pp.: 37-40. Miles (Ed.). Balkema, Rotterdam.

AUSTIN, A. (1975): *Climatología*. Ed. Omega. Barcelona.

ASTM (1980): *Annual book of ASTM standard. 31, water*. Edit. Amer. Soc. Test. Mater. Philadelphia. USA.

BACK, W. & HANSHAW, B.B. (1983): *Effect of sea-level fluctuations on porosity and mineralogic changes in coastal aquifers*. U.S. Geol. Serv. Cir. 882.

BAENA, R. (1993): *Evolución cuaternaria (3 M.a.) de la Depresión Medio-Bajo Guadalquivir y sus márgenes (Córdoba y Sevilla). Geomorfología, Aluvionamientos, Formaciones superficiales y Secuencia paleolítica*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. pp.: 589.

BAONZA, E.; PLATA, A.; SILGADO, A. (1982): *Hidrogeología isotópica de las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana y zona de influencia*. C-7. MOPU.

BARR, L.W. & KIMESSIERY, A.M.T. (1979): *Isotope effects and correlated motion in self and sodium ion diffusion in water.* Nature, 281, pp. 553-555.

BATH, A.H. & EDMUNDS, W.M. (1981): *Identification of connate water in interstitial solution of Chalk Sediment.* Geochim. Cosmochim. Acta. 45, 1449-1461.

BEAR, J. & KAPULER, I. (1981): *Numerical solution for the movement of an interface in a layered coastal aquifer.* J. Hydrol. N° 50.

BENCICNI, A.; DUCHI, V.; RAINERO, E. (1979): *Indagine geochimnica su alcune acque minerali della provincia di Firenze*. Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, 35(2), pp.: 667-675.

BENÍTEZ, A. (1972): *Captación de aguas subterráneas*. Ed. Dossat. Madrid.

BISQUERRA, R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariable*. Promoc. Public. Universit., S.A. Barcelona.

BLASCO, F. y DE LA RUBIA, J. (1973). *Guía para clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego*. IRYDA. Madrid.

BODMER, R., WARD : *Morrison on induced electrical polarization and groundwater.* Geophisics. vol. 33.

BOE (1990). *Real Decreto 1138/1190, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público*. Presid. Gobierno. BOE, 226, 27488-27497.

BOHOR, B.F.; GLUSTOKER, H.J. (1973): *Boron in illite as an indicator of paleosalinity of Illinois coals*. J. Sedim. Petrol., 43: 945-956.

BOJA (1989). *Ley por la que se aprueba el inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección*. BOJA de 25-7-1989. Junta de Andalucía. Sevilla.

BONE SANGUESA, F.M. y GUERRERO CORTHAY, R. (1992): *Primeras valorizaciones de la gestión de las aguas subterráneas en la Ley de Agua.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 259-265.

BOX, G. E. P. y JENKINS, G. M. (1976). *Times series analysis; forecasting and control.* Holden-Day. San Francisco. USA.

BRASS, G.W. (1976): *The variation of the marine $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio during Phanerozoic time: Interpretation using a flux model.* Geochimica et Cosmochimica Acta, 40, 721.

BRILLINGER, D.R. (1975): *Time series data analysis and theory.* International Series in Decison Processes; H.R.W. New York.

BRONDI, M.; DALL´AGLIO, M.; VITRANO, F. (1973): *Lithium as a Pathfinder Element in the Large Scale Hydrichemical Exploration for Hydrothermal Systems.* Geothermics, 2(3-4), pp.: 142-153.

BRONDI, M.; FIDELIBUS, M.D.; GRAGNANI, R.; TULIPANO, L. (1983): *Hydrochemical study and distribution of some trace elements in the most important coastal springs and grounwaters of the Apulian Region (Southern Italy).* Geol. Appli. e Idrogeol., XVIII, part.II, pp.: 65-80.

BRYAN, F.J. (1990): *Multivariate statistical methods.* Univ. Otago. New Zealand.

CÁCERES, L.M. (1995): *Geomorfología del interfluvio Odiel-Piedras en su zona de desembocadura.* Tesis Doctoral. Univ. Huelva (inédito).

CALDERÓN, S. (1888): *Foraminíferos fósiles en Andalucía.* Actas Soc. Esp. Hist. Nat., 17, 52-57.

CARPENTER, A.B. (1979):*Interim report on lead and zinc in oilfield brines in the central Gulf Coast and in southern Michigan.* Society of Mining Engineers of AIME Prepint, 79-95, 15 pp.

CASELLES,V. y SOBRINO, J.A. (1988): *Fundamentos físicos de la medida de la temperatura de la superficie del suelo por teledetección.* Anales de Física C, 2. 42-46.

CASTELL, M.;CRUZ, J.; CUSTODIO, E.; GARCÍA NOVO, F.; GAUDEMAR, J.P.; GONZÁLEZ VALLVÉ, J.L.; GRANADOS, V.; MAGRANER, A.; ROMÁN, C.; SMART, M.; VAN DER MAAREL, E. (1992): *Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible del entorno de Doñana.* Comisión Internacional de Expertos sobre el Desarrollo del Entorno de Doñana. Junta de Andalucía. Sevilla, 123 pp. Junta de Andalucía.

CASTILLO, R.; LÓPEZ, J.A.; MONSERRAT, F.X. (1989): *Impacto socio-económico producido por la intrusión marina por efecto de sobrebombeo en acuíferos del litoral peninsular.* Tem. Geol. Min., X, 329-356, ITGE. Almería.

CASTROVIEJO, J. (1982): *Hidrología, agricultura y conservación en Doñana.* Rev. de Inf.; Comis. Nac. Española de Coop. con la UNESCO, 29: 33-43.

CASTROVIEJO, J. (1993):*Mapa del Parque Nacional de Doñana. Memoria*. CSIC. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

CEE (1989). *Calidad de las aguas destinadas al consumo humano*. Directiva 80/778/CEE de 15-6-80. DOCE L229 de 30-8-80. Bruselas.

CHANDLER, R.L. & McWHORTHER, D.B. (1975): *Upconing of the salt-water/fresh-water interface beneath a pumping well.* Ground Water. Vol. 13.

CHAPPELL, J. & SHACKLETON, N.J. (1986): *Oxigen isotopes and sea level.* Nature, 324, 137-140.

CHAVE, K.E. (1960): *Evidence on history of sea water from chemistry of deeper subsurface waters of ancient basins*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 44, pp.: 357-370.

CHICA-OLMO, M. (1986): *Aproximación geoestadística a la estimación del valor medio de un parámetro en un dominio. Una aplicación a la hidrogeología*. II Simposio El Agua en Andalucía. t II, 483-493. Granada.

CHICA OLMO, M. (1986): *El krigeage de isoyetas*. II Simposio sobre El Agua en Andalucía. t. II, 590- 600. Granada.

CHICA OLMO, M.; BENAVENTE HERRERA, J. y FERNÁNDEZ RUBIO, R. (1983): *Aplicación de la geoestadística al estudio de la potencia de un acuífero detrítico. Consideraciones metodológicas*. Tectinerrae, 48, 42-78.

CIVIS, J.; SIERRO, F.J.; GONZÁLEZ DELGADO, J.A.; FLORES, J.A.; ANDRÉS, I.; PORTA, J. y VALLE, M. (1987). *El Neógeno marino de la provincia de Huelva: antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas*. In: CIVIS, J. (Ed). Paleontología del Neógeno de Huelva. Ediciones de la Universidad de Salamanca.

CIVIS, J.; GONZÁLEZ DELGADO, J.A.; ANDRÉS, I.; VALLE, M.F.; SIERRO, F.J.; FLORES, J.A. y DABRIO, C.J. (1990): *El contenido paleontológico de la sección Tortoniense Messiniense del Arroyo Trujillo (Sevilla, borde NW de la cuenca del Guadalquivir)*. Actas IV Jorn. Paleontología. Salamanca, 88-102.

CLAYTON, R.; FRIEDMAN, I.; GRAF, D.; MAYEDA, T.; MEETS, W. & SHIMP, N. (1966): *The origin of saline formation waters. I Isotopic composition*. J. Geophys. Res., 71. 3869-3882.

COLETO, I. y MAESTRO, M.T. (1988): *Recogida y conservación de muestras*. In: Ed.: Candela, L.; Gurgui, A. Aguas Subterráneas. Instrumentación, medida y toma de muestras. Prensa XXI, S.A. pp.: 187-204.

COLETO FIAÑO, I.; GÓMEZ MARTOS, M. (1992): *El proceso de recarga del acuífero del entorno del Parque Nacional de Doñana. II-Infiltración*. V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 395-403.

COLETO FIAÑO, I.; GÓMEZ MARTOS, M. (1992): *El proceso de recarga del acuífero del entorno del Parque Nacional de Doñana. I- Evaporación*. V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 383-393.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE EXPERTOS (1992): *Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible del entorno de Doñana*. Junta de Andalucía. Sevilla.

COOPER, H.C. Jr. (1964): *A hypothesis concerning the dynamic balance of fresh water and salt water in a coastal aquifer*. Sea Water in Coastal Aquifers. U.S. Geological Survey. Water Supply Paper, 1617-C, pp.: C1-12.

COROMINAS, J; SACRISTÁN, M.; GARRIDO, J.; PORTILLO, D.; CAMPUZANO, G. (1976): *Informe final de sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas (Huelva-Sevilla)*. IARA.

COTA, H.; GARCÍA, F.; POU, A. (1977): *Estudio de las marismas del Parque Nacional de Doñana utilizando imágenes del satélite ERTS-1*. Bol. Est. Centr. Ecol., 6 (12), 29-40.

COUCH, E.L. (1971): *Calculation of paleosalinites from boron and clay mineral data*. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 55, pp. 1829-1837.

CUADRAS, C. M. (1981). *Métodos de análisis multivariante*. Eunibar. Barcelona.

CUSTODIO, E y LLAMAS, M.R. (1976):*Hidrología subterránea*. T. I-II. 1ª ed. Ed. Omega. Barcelona.

CUSTODIO, E. (1981): *Evaluación y causas de la contaminación por invasión de agua marina en los acuíferos de la costa peninsular y en las áreas insulares*. Jorn. Anal. Y Evol. Contam. Aguas Subt. En España. Actas de las Sesiones. Ses. 4, pp.: 447-503.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (1983). *Hidrología subterránea*. T. I-II. 2ª edic. Ed. Omega. Barcelona.

CUSTODIO, E. (1987): *Groundwater problems in coastal areas*. In: Studies and Reports in Hydrology. UNESCO. 1987.

CUSTODIO GIMENA, E.; DOLZ RIPOLLES, J.; GUIMERA SOLA, J.; MANZANO ARELLANO, M.; PONCELA PONCELA, R.; SAMPER CALVETE, J.; SÁNCHEZ JUNY, M.; VELASCO CABRE, W. (1992): *Aportaciones al conocimiento hidrológico de los acuíferos del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 425-438.

CUSTODIO, E. (1994): *Posibles procesos de contaminación agrícola de aguas subterráneas en el área de Doñana.* En "Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas". T. II, pp.: 283.308. Alcalá de Henares. Madrid.

DABRIO, C.J. et al. (1980): *Dinámica costera en el Golfo de Cádiz: sus implicaciones en el desarrollo socio-económico de la región.* Actas I Reunión Grupo Esp. Geol. Ambiental y Ord. Territorio. 1-19, Santander.

DABRIO, C.J. (1982): *Historia y dinámica de nuestra costa.* En: MARTIN (ed.) Cartaya 82. Excmo. Ayuntamiento de Cartaya, pp.: 36-39.

DABRIO, C.J.; BORJA, F.; ZAZO, C.; BOERSMA, J.R.; LARIO, J.; GOY, J.L.; POLO, M.D. (1996): *Dunas eólicas y facies asociadas pleistocenas y holocenas en el acantilado del Asperillo (Huelva).* Geogaceta, 20 (5), 1996

DALL´AGLIO, M. and TEDESCO, C. (1968): *Rilievo idrogeochimico dell'area dei Monti. Cimini.* Comitato Nazionale Energia Mucleare. RT/GEO (68) 9. Roma, 1968. 26 pp.

DAVIS, J.C. (1973): *Statistic and data analysis en Geology.* Ed. John Wiley. New York.

DELGADO MOYA, S.; INTECSA (1992): *Sobreexplotación de acuíferos. Una aproximación conceptual.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 469-476.

DELGADO MOYA, S.; INTECSA (1992): *Normas de explotación, control y vigilancia de la sobreexplotación.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 487-493.

DELGADO MOYA, S.; INTECSA (1992): *Efectos importantes de la sobreexplotación de acuíferos.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 477-486.

DE LANGE, G.J.; MIDDELBURG, J.J.; VAN DER WEIJDEN, C.H.; CATALANO, G.; LUTHER, G.W.; HEYDES, D.J.; WOITTIEZ, J.R.W.; KLINKHAMMER, G.P. (1990): *Composition of anoxic hypersaline brines in the Tyro and Bannock Basins, eastern Mediterranean.* Marine Chemistry, 31, pp.: 63-88.

DÍAZ UCHA, E.; PADILLA BENÍTEZ, A.; PULIDO-BOSCH, A. (1984): *Aplicación del análisis de sensibilidad a la interpretación automatizada de SEV.* I Congreso Español de Geología. Tomo III. pp. 319-331.

DRAIN, M. (1977): *Le bas Guadalquivir. Introduction géographique. Le milieu physique.* Publ. Casa Velázquez. Serv. Rech. Sienc. Sec., 1, 1. Madrid.

DREVER, J.I. (1988): *The geochemistry of natural waters.* Ed.: Prentice Hall. Englewood Cliffs. USA.

ELÍAS, F.y GIMÉNEZ, R. (1965):*Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España*. Dir. Gen. Agric. Madrid.

EPTISA (1988-1989): *Inventario de puntos de agua en la cuenca baja del Guadiana*. Conf. Hidrog. Guadiana (inédito). Madrid.

ESCOTET, A.M. (1990): *Diseño multivariado en psicología y educación*. CEAC. Barcelona.

FAO (1966): *Informe hidrogeológico sobre la región del Bajo Guadalquivir y la región de Huelva*. Inf. Técn. Madrid.

FAO (1971): *Estudio hidrogeológico de la cuenca del Guadalquivir*. Informe técnico I-AGL:SF/SPA 9. Roma, 115 pp.

FEDERICI, P.C. (1975): *Origine e analisi chimica delle acque clorurate*. 3° Convegno Internazionale sulle Acque Sotterranee. 2ª Conferenza Internazionale sulla Pianificazione delle Acque. Palermo, 1975.

FERNANDEZ ALONSO, F. (1972): *Los métodos geofísicos en cartografía geológica.* Bol. Geol. Min. Tomo LXXXIII-III. pp. 276-282.

FERRER, J. & RAMOS, F.J. (1983): *Simulation of salt water-fresh water interface motion.* Water Resources. N° 19.

FIDELIBUS, M. D. (1991). *Trazadores geoquímicos ambientales*. I Curso de contaminación de aguas subterráneas. Universidad Jaume I de Castellón. Inédito.

FIDELIBUS, M.D. y TULIPANO, L. (1986): *Mixing phenomena owinf to sea water intrusion for the interpretation of chemical and isotopic data of discharge waters in the Apulian coastal carbonate aquifer (Southern Italy)*. Proc. 9th Salt Water Intrusion Meeting. Delft, 1986.

FIDELIBUS, M. D. ; GIMÉNEZ, E.; MORELL, I.; TULIPANO, L. (1992). *Salinization processes in the Castellón plain aquifer*. In: Custodio, E.; Galofré, A. (Eds.). Study and Modelling of Salt Water Intrusion into Aquifers. Proc. 12th Saltwater Intrusion meeting. Barcelona, 1992. Pp.: 267-283.

FLORES, E. (1989): *Deformaciones recientes en el extremo NW de la depresión del Guadalquivir*. Tesis de Licenciatura. Univ. Sevilla. 125 p. (inédito).

FRANCE, M.J. & HEDGES, P.D. (1986): *A hydrological comparison of Landsat TM, Landsat MSS and black & white aerial photography*. Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management. 717-720.

GAVALA y LABORDE, J. (1916). *Regiones petrolíferas de Andalucía*. Bol. IGME. 37, 29-211

GEA, R.et al. (1965): *Exploración de aguas subterráneas en la provincia de Huelva. Zona número 1.* Plan Gen. Explor. Aguas Subt. INC. AERO SERVICE Ltd. Madrid (inédito).

GIMÉNEZ FORCADA, E. y MORELL EVANGELISTA, I. (1990): *El ión Bromuro como indicador hidroquímico de la intrusión marina.* V Reunión Nacional de Geología ambiental y Ordenación del Territorio. Gijón (Asturias). pp. 279-286.

GIMÉNEZ, E. y MORELL, I. (1991). *Consideraciones sobre la utilización de iones minoritarios en la caracterización de la intrusión marina.* El agua en Andalucía, I, Pp.: 401-412. Córdoba.

GIMÉNEZ FORCADA, E. y MORELL EVANGELISTA, I. (1992): *El Boro como inidicador de contaminación en la Plana de Castellón.* V Simposio de Hidrogeología. pp. 285-292.

GIMÉNEZ FORCADA, E. (1995): *Caracterización hidrogeoquímica de los procesos de salinización en el acuífero detrítico costero de la Plana de Castellón (España).* Tesis Doctoral. Univ. Granada. (Inédito).

GIRÁLDEZ, J.; ROLDAN,J.; LOPEZ RODRÍGUEZ, J.J. (1991): *Informe de las extracciones de agua para uso agrícola del Acuífero Almonte-Marismas.* Dpto. Agronomía. Univ. Córdoba. Realizado para la comisión de expertos de Doñana-Junta de Andalucía. 59 pp.

GOLDBERG, E.D. and ARRHENIUS, G.O.S. (1958): *Chemistry of pacific pelagic sediments.* Geochemica et Cosmochemica Acta, 13, 153.

GÓMEZ MARTOS, M.; OCAÑA ROBLES, L. y NAVARRO IAÑEZ, J.A. (1992): *Metodología para la evaluación del impacto causado por la contaminación atmosférica sobre las aguas subterráneas.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 309-319.

GÓMEZ MARTOS, M. (1988): *Aplicaciones de las técnicas isotópicas en la detección de los procesos de intrusión salina.* Curso Internacional de Hidrogeología Aplicada. ETSIM-ITGE. Madrid.

GÓMEZ MARTOS, M. (1987): *Aplicaciones de las técnicas isotópicas al estudio de la salinización.* Servicio de Desarrollo Tecnológico-ITGE. Madrid.

GONFIANTINI, R. & SIMONOT, M. (1987): *Isotopic investigations of groundwater in the Cul-de-Sac Plain. Haiti.* "Isotope techniques in Water Resources Development. IAEA, 483-506.

GONZALO y TARIN, J. (1878): *Reseña geológica de la provincia de Huelva.* Bol. Com. Mapa Geol. España, 5, 138 pp.

GONZALO y TARIN, J. (1887): *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva.* Mem. Com. Mapa Geol. España, 1, 1-68.

GONZÁLEZ ARTEAGA, J. (1992): *Las marismas del Guadalquivir: Etapas de su aprovechamiento económico*. Ed. C.P. Antonio Cuevas. Puebla del Río. Sevilla.

GONZÁLEZ, A. (1986). *Hidrogeología de la región suroccidental de la provincia de Huelva*. Tes. Doc. Serv. Public. Univ. Granada.

GONZÁLEZ, A. y MARTÍN, D. (1988): *Hidroquímica del sistema acuífero nº 25 (provincia de Huelva)*. Hidrog. Rec. Hidrául., XI, 119-129. Ed. AEHS. Palma de Mallorca.

GONZÁLEZ, A. (1997). *Problemas de salinización en el acuífero litoral del occidente de Huelva*. Ser. Public. Univ. Huelva.

GONZÁLEZ DÍEZ, M.I. (1986): *Estudio geológico del área urbana de Sevilla y alrededores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 289 pp.

GONZÁLEZ-REGALADO, M.L. (1986): *Las asociaciones de foraminíferos bentónicos de las arenas fosilíferas del Plioceno de Huelva*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 313 pp.

GOTTMAN, J.M. (1981): *Times series analysis*. Cambridge Univ. Press. England.

GOY, J.L., ZAZO, C.; DABRIO, C.J.; LARIO, J. (1994): *Simposio da Margem Iberica*, Lisboa, 1 pag.

GUIMERÁ, J. y ALVARO, M. (1991): *Structure et évolution de la compression alpine dans la Chaînes ibérique et la Chaîne côtière catalane (Espagne)*. Bull. Soc. Ge´çol. France, VI, 2, pp.: 339-348.

HANAN, E.J. (1970): *Multiple time series*. Wiley. New York.

HANSHAW, B.B.; BACCK,W. & RUBBIN, M. (1965): *Relation of Carnon-14 concentrations to saline water contamination of coastal aquifers*. Water Resour. Res. Vol. I, Nº 1, 109-114.

HARDER, H. (1974): *Boron*. In handbook od Geochemistry. (Wedelpohl, k.h. edit.). Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg.

HARMAN, H.H. (1980): *Análisis factorial moderno*. Ed. Saltés. Madrid.

HAUBOLD, R.G. (1975): *Approximation for steady interface beneath a well pumping fresh water overlying salt water*. Ground Water, Vol. 13, No 3. 254-259.

HEIER, K.S. and BILLINGS, G.K. (1970): *Lithium*. In: Handbook of Geochemistry (Ed. K.H. Wedepohl, Chap. 3 (B-O)). Springer. Berlin.

HERNÁNDEZ- PACHECO, E. (1932): *Síntesis fisográfica y geológica de España*. Trab. Mus. Cienc. Natur., Ser. Geol., 38, 586 pp.

HERAS, R. (1976): *Hidrología y recursos hidráulicos*. T. I-II. Cent. Est. Hidrog. MOPU. Madrid.

HOLLIS, T.; HEURTEAUX, P.; MERCER, J. (1989): *Las consecuencias de la extracción de aguas subterráneas para el futuro a largo plazo del Parque Nacional de Doñana*. Misión WWF/IUCN/ADENA al Parque Nacional de Doñana.

HOWARD, K.W.F. and LLOYD, J.W. (1983): *Major ion characterization of coastal saline ground waters*. Ground Water, 21 (4), pp.: 429-437.

HUTCHINSON, G.E. (1957): *Treatise on Limnology*, Vol. I. Wiley, New York, N.Y., 1015 pp.

IGLESIAS LÓPEZ, A. (1985): *Usos y aplicaciones del agua en España*. Bol. Geol. Min. Tomo XCVI-V. pp. 512-540.

IGME (1972): *Investigación minera preliminar de la plataforma continental submarina Huelva-Cádiz*. Min. Ind. y Ener. 290 pp. (Inédito).

IGME (1974): *Memoria del mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Min. Ind. Energ. Madrid.

IGME (1978): *Informes técnicos sondeos de explotación Huelva I, II y III*. Inf. Int. Sevilla.

IGME (1980): *Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Sur de España*. Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos. Colección Informe. Ser. Publ. Min. Ind. Energ. Madrid.

IGME (1981): *Informes sobre calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del Guadalquivir. Redes de calidad y de intrusión*. Inf. Int. Madrid.

IGME (1982): *Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca baja del Guadalquivir. Evolución piezométrica de los acuíferos de la cuenca baja del Guadalquivir hasta 1980-81*. Ser. Publ. Min. Ind. Energ. Madrid.

IGME (1983): *Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: Situación actual y focos potenciales de contaminación*. Col. Inf. 89 pp, 11 planos.

IGME (1985): *Sobreexplotación de las aguas subterráneas*. Min. Ind. Energ. Madrid.

ITGE (1993): *Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. 2ª edición. Colección informes. Madrid.

IRYDA (1976): *Segundo informe sobre el modelo matemático de los acuíferos de Almonte-Marismas (Huelva-Sevilla)*. Memoria, anejos y planos. Madrid.

JENKINS, G. M. y WATTS, D. G. (1968). *Spectral analysis and its applications*. Holden-Day. San Francisco. California.

JONES, B.F.; EUGSTER, H.P.; RETTING, S.L. (1977): *Hydrochemistry of the Lake magadi basin, Kenya*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 41, pp.: 53-72.

JUDEZ. L. (1989): *Técnicas de análisis de datos multidimensionales*. Cent. Public. MAPA. Madrid.

KAISER, H.F. (1958): *The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis*. Psychometrika, 23, 187-200. Berkeley. California.

KAISER, H.F. (1960): *The application of electronics computers to factor analysis*. Educat. Psychol. Measurem., 20, 141-151. Berkeley. California.

KASTNER, M.; ELDERFIELD, H.; MARTIN, J.B.; SUESS, E.; KVENVOLDEN, K.A.; GARRISON, R.E. (1990): *Diagenesis and interstitial-water chemistry at the Peruvian continental margin-Major constituents and strontium isotopes*. Proc. Of the Ocean Drilling program, Scientific Results, 112. Pp.: 413-440.

KUMAR, M.B. and MARTÍNEZ, J.D. (1981): *Character of brines from the Belle Isle and Weeks island salt mines, Louisiana, USA*. Journal of Hydrology, 54, pp.: 107-140.

LAND, L.S. and MaCPHERSON, G.L. (1989): *Geochemistry of formation water, Plio-Pleistocene reservoirs offshore Louisiana*. Trans. Gulf. Coast. Ass. Geol. Soc., XXXIX, pp.: 421-430.

LEBEDEV, A.B. (1967): *Trace elements in marine and fresh water clays*. Geochemistry Internat., 4, 821.

LEPESHKOV, I.N. (1970): *Theory of salt basin formation and salt crystallization in the southern zone of the former Permian sea (in Russian)*. Byull. Otd. Khim. Nauk. SSSR, pp.: 601-606.

LÓPEZ GETA, J.A. (1988): *Intrusión marina. Métodos de investigación y control. Situación en España.* Curso Internacional de Hidrogeología Aplicada. ETSIM-ITGE. Madrid.

LÓPEZ GETA, J.A.; BALLESTEROS NAVARRO, B.J.; AROCA LUJAN, E. (1992): *Consideraciones previas y criterios para el establecimiento de las normas de explotación de unidades hidrogeológicas.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 281-297.

LÓPEZ, F. (1991): *Contaminación de las aguas subterráneas*. Un. Tem. Amb. Sec. Gen. Med. Amb. MOPU. Madrid.

LUCENA BONNY, C. y GARCÍA FERNÁNDEZ, E. (1978): *El modelo matemático del sistema acuífero de Almonte-Marismas*. Bol. Geol. Min. Tomo LXXXIX-II. pp. 43-55.

LLAVADOR, F.; PINA, J.A.; AUERNHEIMER, C. (1983): *Discriminación geoquímica de algunas facies del Cretácico (Albense) en el sector oriental de la Zona Prebética (provincia de Alicante)*. Mediterránea. Ser. Geol., 1, pp.: 31-69.

LLOYD, J.W., HOWARD, K.W.F.; PACEY, N.R.; TELLMAN, J.H. (1982): *The value of iodide as a parameter in the chemical characterisation of groundwaters*. Journal of Hydrology, 57, pp.: 247-265.

LLOYD, J.W. and HEATCHCOTE, J.A. (1985): *Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An introduction*. Ed.: Clarendon Press. 296 pp. Oxford.

LLOYD, J. W. ; TELLMAN, J. H. (1988). *Caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas en áreas costeras*. Tecn. Int. Sal. en Acuif Cost. (TIAC). Almuñecar (España). I. Estado del Arte a nivel Nacional e Internacional. Pp.: 1-18.

MaCPHERSON, G.L. and LAND, L.S. (1989): *Boron in saline brines, Gulf of Mexico sedimentary basin, USA*. Water-Rock Interaction (WRI-86):457-460. Miles (Ed.). Balkema, Rotterdam.

MANGIN, A. (1981): *Utilisation de analyses corrélatoire et spectrale dans l'approche des systémes hydrologiques*. C.R. Acad. Sc. París, 293. 401-404. París.

MANGIN, A. (1982): *L'approche systemique du karst, consequences conceptuelles et methodologiques*. Reunion karst Larra-82, 142-147.

MANGIN, A. y PULIDO, A. (1983). *Aplicación de los análisis de correlación y espectral en el estudio de acuíferos kársticos*. Tecniterrae, 51, 53-65. Madrid.

MANGIN, A. (1984): *Pour une meilleure connaissance des systémes hydrologiques a partir des analyses correlatoire et espectrale*. Journ. Hydrol., 67, 25-43.

MANZANO, M.; CUSTODIO, E.; PONCELA, R. (1991): *Contribución de la hidrogeoquimica al conocimiento de la hidrodinámica de los acuíferos del área de Doñana*. III Simposio sobre el Agua en Andalucía. AEHS. Córdoba. pp. 475-486.

MARTÍN-ARNÁIZ, M. (1976): *Componentes primarios del ciclo hidrológico*. In "Hidrología subterránea", 1, 281-350. CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. edits. Ed. Omega. Barcelona.

Liu, L.M. (1985): Box-Jenkins times series analysis. In: W.J. Dixon, BMDP Statistical Software. Univ. California Press. Los Angeles. USA.

MARTÍNEZ BELTRÁN, J. (1986): *Aprovechamiento agrícola de aguas salinas.* Curso sobre intrusión salina en acuíferos. Interfase agua dulce-agua salada. IARA. Granada.

MARTÍNEZ DEL OLMO, W.; GARCÍA MALLO, J.; LERET VERDU, G.; SERRANO OÑATE, A. y SUÁREZ ALBA, J. (1984): *Modelo tectosedimentario del Bajo Guadalquivir.* I Congr. Geol., 1, 199-213.

MASON, C.F. (1984): *Biología de la contaminación del agua dulce.* Ed. Alhambra. Madrid.

MATHERON, G. (1965): *Las variables régionalisées et leur estimation. Une application de la théorie des fonctions aléatoires anx sciences de la nature.* Edit. Masson. París.

MAYORAL, E. (1986): *Tafonomía y Paleoecología del Plioceno de Huelva-Bonares.* Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 599 pp.

MAYORAL, E y PENDÓN, J.G. (1986): *Icnofacies y sedimentación en zona costera. Plioceno superior (?). Litoral de Huelva.* XI Congr. Nac. Sedimentología, Barcelona. Acta. Geol. Hisp., 21-22, 507-513.

McARTHUR, J.M.; TURNER, J.; LYONS, W.B.; THIRLWALL, M.F. (1989): *Salt sources and water-rock interaction on the Yilgarn Block, Australia: isotopic and major element tracers.* Applied Geochemistry, 4, pp.: 79-92.

MELIERES , F.(1969): *Recherche sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne).* Tesis Doctoral. Universidad de París VI, 325 pp.

MENANTEAU, l. (1980): *Les marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d' un paysage alluvial au cours du cuaternaire recent.* Tesis Doctoral. Univ. París-Soborna. París.

MIX, A.C. & PISIAS, N.G. (1988): *Oxygen isotope analysis and deep-sea temperature changes: implications for rates of oceanic mixing.* Nature, 331. pp. 249-251.

MOPU (1984):*Análisis de calidad de aguas.* Serv. Public. MOPU. Madrid.

MORELL, I. (1985): *Caracterización hidroquímica de la Intrusión Marinas en la Plana de Oropesa-Torreblanca (provincia de Castellón).* Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

MORELL EVANGELISTA, I.; MEDINA ESCRICHE, J.; PULIDO-BOSCH, A.; FERNÁNDEZ RUBIO, R. (1986): *Caracterización de la intrusión marina en el acuífero costero de Oropesa-Torreblanca (Provincia de Castellón) en base al estudio de relaciones iónicas.* Hidrogeología, 1. pp. 15-31.

MORENO, C. (1982): *Estudio estratigráfico del Carbonífero de facies Culm de un sector del flanco sur del anticlinorio de Puebla de Guzmán en la provincia de Huelva.* Tes. Lic. Univ. Granada. Granada.

MORTON, R.A. and LAND, L.S. (1987): *Regional Variations in Formation Water Chemistry, Frio Formation (Oligocene), Texas Gulf Coast*. The Am. Assoc. Of petrol. Geol. Bull., 71 (2), pp.: 191-206.

MURIEL, J.L.; LLANOS, I.; RUIZ, J.C. (1991): *El riego en la zona de Almonte-Marismas. Situación y consideraciones sobre su optimización*. Inf. Téc. Junta de Andalucía. Sevilla.

NIEUWENHUIS, G.J.A. & BOUWMANS, J.M.M. (1986): *Application of multispectral scanning remote sensing in agricultural water management problems.* Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management. 489-494.

OJEDA, J. (1988): *Aplicaciones de la teledetección espacial a la dinámica litoral (Huelva): geomorfología y ordenación litoral*. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla, 409 pp.

OLÍAS ÁLVAREZ, M. (1995): *Evaluación de la recarga y comportamiento de la zona no saturada en el acuífero Almonte-Marismas (Huelva)*. Tesis Doctoral. Univ. Granada.

ORIHUELA CALVO, D.L. (1992): *Salinización de las aguas de uso agrícola en el sector III del Plan Almonte-Marismas*. E.U.P. La Rábida. Univ. Sevilla. Ed. AIQB-VCUH.

ORIHUELA, D.L.; FERRER, R.; ROMERO, E. (1994): *Programa informático para interpretación de la calidad agronómica del agua de riego*. Cong. Agua y Medio Ambiente. Zaragoza 1994.

ORTON, G. J. (1988): A spectrum of Middle Ordovician fan deltas and braid plain deltas, North Wales. A: consequence of varying fluvial clastic input, in W. Nemic and R.J. Steel (eds.) Fan deltas: Sedimentology and tectonic setting: Blackie, Glasgow and London. p. 23-49

OTERO, J. (1989): *Modelos econométricos y predicción de series temporales*. Edit. AC. Madrid.

PADILLA BENÍTEZ, A.; PULIDO-BOSCH, A.; BENAVENTE HERRERA, J. (1986): *Programas para elaboración y tratamiento de datos físico-químicos de interés en Hidrogeología.* II Simposio sobre El agua en Andalucía. Granada. pp. 437-448.

PAROPKARI, A.L. (1990): *Geochemistry of sediments from the Mangalore-Cochin shelf and upper slope off southwest India. Geological and environmental factors controlling dispersal of elements*. Chemical Geology, 81, pp.: 99-119.

PAYNE, B.R. (1983): *Groundwater salinisation.* Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology. IAEA. pp. 351-356.

PENDÓN, J.G. y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1987): *Caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del Alto Nivel Aluvial Cuaternario en el litoral de Huelva.* Actas XI Cong. Esp. De Sed., 129. Barcelona.

PENDÓN, J.G. y BORREGO, J. (1987): *El neógeno del extremo occidental de la cuenca del Guadalquivir.* Mediterránea. Serv. Geol., 6, pp.: 97-114.

PERCONIG, E. (1961): *Suul'esistenza del Miocene superiore in facies marina nella Espagna meridionale.* III Congr. C.M.N.S. Berna.

PIPER, A. M. (1944). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses.* Am. Geoph. Un. Trans. 25, 914-923.

PIPER, A.M. y GARRET, A.A. (1953): *Native and contaminated waters in the Long Beach-Santa Ana area, California.* U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper, 1136.

PONCELA PONCELA, R.; MANZANO ARELLANO, M.; CUSTODIO GIMENA, E. (1992): *Medidas anómalas de Tritio en el área de Doñana.* V Simposio de Hidrogeología. Alicante. pp. 351-365.

PORRAS MARTÍN, J. (1983): *Estudio de la calidad de las aguas subterráneas de Andalucía. Situación actual y focos potenciales de contaminación.* IGME. Madrid.

PORTERO, J.A. y ALVARO, M. (1984): *La depresión del Guadalquivir, cuenca de antepaís durante el Neógeno: génesis, evolución y relleno final.* I Congreso Español de Geología, 3, 241-252. Segovia.

PULIDO BOSCH, A. ; NAVARRETE, F.; MARTINEZ VIDAL, J.L.; ALONSO, C.; MACIAS, A.; MOLINA, L.; BENAVENTE, J.; CHICA, M. y PADILLA, A. (1988): *Metodología del estudio de intrusión marina del Campo de Dalías (Almería).* TIAC'88. Almuñecar, Granada. pp. 295-309.

PULIDO, A. (1989): *Caracterización hidrogeoquímica del Campo de Dalías (Almería).* IARA. Junt. Andal. Sevilla.

RAMBAUD, F. (1978): *Distribución de focos volcánicos y yacimientos en la banda pirítica de Huelva.* Bol. Geol. Min. 89, 223-233. IGME. Serv. Publ. Min. Ind. Madrid.

RANKAMA, K, y SAHAMA, T. G. (1950). *Geochemistry.* Chicago Univ. Press.

RAO, S.H.; JAIN, S.K.; NAVADA, S.V.; NAIR, A.R. & SHIVANA, R. (1987): *Isotopic studies on seawater intrusion and interrelations between water bodies: somes fields examples.* Isotopes Techniques in Water Resources Development. IAEA. pp. 403-426.

REAL DECRETO 1772/1991. *Del 16 de Diciembre por e que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional deDoñana.* B.O.E. 301, 17 de Diciembre 1991. pp. 40563-40569.

RODIER, J. (1978): *Análisis de aguas naturales, residuales y de mar*. Ed. Omega. Barcelona.

RODRÍGUEZ ARÉVALO, F.J. (1984): *Estudio hidrogeológico de la zona de contacto entre los depósitos eólicos y de marisma en el área de Doñana (La Vera-La Retuerta)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid, 177 pp.

RODRÍGUEZ GAVELA, W. y IGLESIAS LÓPEZ, A. (1976): *Método de ensayo en acuíferos costeros de alta permeabilidad salinizados por intrusión marina*. Tecniterrae, 13, 55-60.

RODRÍGUEZ VIDAL, J.; MAYORAL, E. y PENDÓN, J.G. (1985): *Aportaciones paleoambientales al tránsito Plio-Pleistoceno en el litoral de Huelva*. Actas I Reunión de Cuaternario Ibérico, I. Lisboa, 447-459.

RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1989): *El inicio de la red flucial cuaternaria en el sector occidental de la Depresión del Guadalquivir*. En: DIAZ DEL OLMO, F. Y RODRÍGUEZ VIDAL, J. (Eds.). El Cuaternario en Andalucía Occidental. AEQUA. Monografías, 1, 27-31.

RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1992): *Aproximación al paleorrelieve Tortoniense del margen ibérico meridional (depresión occidental del Guadalquivir)*. Geogaceta, 11, 85-86.

RODRÍGUEZ RAMÍREZ, A. (1996): *Geomorfología continental y submarina del Golfo de Cádiz (Guadiana-Guadalquivir) durante el Cuaternario reciente*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva.

RODRÍGUEZ, J.; TENAJAS, J.; VELA, A. (1992): *Salinity evolution in the pore waters of the Guadalquivir marsh-lands clayey confining layer*. 12Th Salt Water Intrusión Meeting. Barcelona, 1-6 Nov.

ROMERO, E. et al. (1994): *Seguimiento piezométrico en áreas fuertemente explotadas. Sectores de riego del entorno de Doñana. Huelva. España*. IX Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. León, 1994.

ROMERO, E. et al. (1996): *Evolución espacio-temporal de la salinidad en acuíferos en regiones semiáridas. Preparque Norte del Parque Nacional de Doñana*. IV SIAGA, T. II, pp.: 165-177. Almería.

SALAS, J.D.; DELLEUR, J.W.; JEVJEVICH, V.; LANE, W.L. (1980): *Applied modeling of hydrologic time series*. Water Resources Publications (WRP), Colorado.

SÁNCHEZ, J.J. (1984): *Introducción a las técnicas de análisis multivariable aplicadas a las ciencias sociales*. Centro Invest. Sociol. Madrid.

SANDERS, L.L. (1991): *Geochemistry of formation waters from the lower Siluriam Clinton Formation (Albien Sandstone), Eastern Ohio*. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 75 (10), pp.: 1593-1608.

SAMPER, J.; PONCELA, R.; CUSTODIO, E. & GARCIA VERA, M.A. (1991): *Estimation of infiltration recharge from a combination of meteorological and hydrological data.* XXII Congreso A.I.H. "Sobreexplotación de acuíferos". Puerto de la Cruz, Islas Canarias, España. 85-88.

SCHOELLER, H. (1956): *Géochemie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de pétrole*. Edit. Technc. París.

SIERRO, F.J. et al. (1982): *Estudio de los foraminíferos del Neógeno de Niebla (Huelva)*. Svtud. Geol. Salmant., 17, pp.: 67-87. Salamanca.

SIERRO, F.J. (1984): *Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde occidental de la cuenca del Guadalquivir (SO de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, pp. 391.

SIERRO, F.J. (1985): *The replacement of the Globorotalia menaadii group by Messinian boundary in the Mediterranean and adjacent Atlantic*. Marine Micropal., 9, 525-535.

SIERRO, F.J.; GONZÁLEZ DELGADO, J.A.; DABRIO, C.J.; FLORES, J.A.; CIVIS, J. (1990): *The Neogene of the Guadalquivir Basin (SW Spain)*. IX Congress R.C.M.N.S. Iberian Neogene Basins. Field guidebook. In: Paleontología i Evolució, m.e.2. Inst. Paleontlógic Dr. M. Crusafont, 211-250.

SILJESTRÖM, P. ; CLEMENTE, L. y FIGUEROA, M.E. (1987): *Localización de zonas de surgencia del nivel freático a través del estudio edáfico.* Cuaternario y Geomorfología. 1, pp. 271-281.

SOESILO, I. & HOPPIN, R.A. (1986): *Evaluation of digitally processed Landsat imagery and SIR-A imagery for geological analysis of West Java region, Indonesia.* Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management. 173-182.

SOLE SABARIS, L. (1952): *Geografía física de España*. En: TERÁN, M. (Ed.). Geografía de España y Portugal, 1, Muntaner y Simón, S.A. 487 pp. Barcelona.

SONNENFELD, P. (1984): *Brines and Evaporites*. Academic Press, Inc, 613 pp.

SOWAYA, A.M. and ALLAYLA, R. (1989): *Origin of the saline ground water in Wadi Ar-Rumah, Saudi Arabia*. Ground Water, 27 (4), pp.: 481-490.

SPIEGEL, M. (1986): *Teoría y problemas de estadística*. Ed. McGraw Hill. Mexico.

STUMM, W. and MORGAN, J.J.. (1981): *Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*. John Wiley & Sons Inc., 2end. Ed. USA. 780 pp.

SUSO, J.M. & LLAMAS, R. (1990): *El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana*. Estudios Geol. 46. pp. 317-345.

STIFF, M. A. (1951). *The interpretation of chemical water analysis by means of patterns*. Jour. of Petrol. Tech. 3, 10, 15-17.

TABACHNICK, B. G. y FIDELL, L. S. (1983). *Using multivariate statistics*. Happer and Row. New York.

TADOLINI, T. y TULIPANO, G. (1975). *La misura del contenuto in cloro, bromo e iodo delle acque sotterranee della Peninsola Salentina (Italia meridionale) in rapperto alle acque di mare di invasione continentale*. 3° Conv. Int. Sulle Acque Sotterranee. Palermo.

TELLMAN, J. H. y LLOYD, J. W. (1986). *Problems in the recognition of seawater by chemical means: An example of apparent chemical equivalence*. Quaterly Journal of Engineering Geology, 19. Pp.: 389-398.

TELLMAN, J. H.; LLOYD, J. W. y WALTERS, M. (1986). *The morphology of a saline gorundwater body: Its investigation, description and possible explanation*. Journal of hydrology, 83. Pp.: 1-21.

TENA, J.M., GIMENO, M.J.; GÓMEZ, J. (1988): *Indicadores geoquímicos de salinidad*. Inédito. Universidad de Zaragoza.

TENAJAS, J. (1984): *Contribución a la hidrogeología e hidrogeoquímica de las marismas del Parque Nacional de Doñana con aplicación del analisis de imágen Landsat*. Tesis de Licenciatura. Univ. Complutense de Madrid. 250 p.

THORNE, D.W. y PETERSON, H.B. (1954): *Irrigated soils*. II Edic. The Blakiston Company. New York.

TORRES, T. et al. (1975): *Memoria explicativa de la Hoja geológica 1:50.000 nº 999-1016, Huelva-Los Caños*. IGME, 35 pp. Madrid.

TRAVI, Y. et FAYE, A. (1990):*Concentrations en bore de la "nappe maestrichtienne" du Sénegal: leur influence sur l'aptitude des eaux a l'irrigation*. Journal of African Earth Science, 11 (3/4), pp.: 253-259.

TULIPANO, L. and FIDELIBUS, M.D. (1984): *Geochemical characteristics of apulian coastal springs (Southern Italy) related to mixing processes of ground waters with sea water heaving different residence time in to aquifer*. Proc. 5th Internat. Conf. Wate5r Resources Planning and Mangement. "Water in the year 2000". Tsakiris, G. (Ed.). Athens, 1984.

TULIPANO,L. and FIDELIBUS, M.D. (1991): *Modern orientation on the karstic hydrology: impact on problems of groundwater protection into carbonate quifers. Experience from the Apulia Region*. Quaderni del Dipartimento dui Geografia n. 13. Universitá di Padova, pp.: 383-398.

VANNEY, J.R. (1970): *L'hydrologie du Bas Guadalquivir*. Madrid. Public. Depart. Geogr. Aplic. CSIC. 176 pp.

USSLS (1954): *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Salinity Laboratory. USDA. Agric. Handb., 60. Washington D.C.

VARIOS (1991): *Congreso sobre Doñana y su Entorno*. Col. Arqu. Andalucía Occid. Univ. Sevilla.

VELA, A.L. (1984): *Estudio preliminar de la hidrogeología e hidrogeoquímica del sistema de dunas móviles y flecha litoral del Parque nacional de Doñana*. Tesis de Licenciatura. Universidad complutense de Madrid, 221 pp.

VIGUIER, C. (1974): *Le Neogène de l'Andalousie nord-occidentale (Espagne)*. Thès. Doct. Univ. Bordeaux. (Inédito).

VIGUIER, C. (1977): *Les grands traits de la tectonique du Bassin neogene du Bas-Guadalquivir*. Bol. Geol. y Min., 1, 39-44.

WHITE, D.E. (1957): *Magmatic, connate, and metamorphic waters*. Geol. Soc. America Bull., 68, pp.: 1659-1682.

WONG, G.T.F. (1991): *The Marine Geochemistry of Iodine*. Reviews in Aquatic Sciences, 4 (1), pp.: 45-73.

YAGUE BALLESTER, A. y LLAMAS MADURGA, M.R. (1984): *Simulación del flujo subterráneo del sistema acuífero del estuario del Guadalquivir en un perfil vertical.* I Congr. Esp. Geol. Tomo IV. pp. 435-451.

ZAZO, C. et al. (1986): *Late Quaternary and recent evolution of coastal morphology of the Gulf of Cadiz (Huelva-Cadiz, southern Spain)*. Summ. I. Int. Sym. On Harbours, Port Cities and Coastal Topography., 200-203. Haifa. Israel.

ANEXO 1

CLIMATOLOGÍA

ESTACIONES DEL GRUPO 1 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	HUELVA	MOGUER	PALOS	MAZAGON	SURHORTICOLA	MEDIA
1950-51	501,00	540,17	491,85	547,74	462,67	508,69
1951-52	678,90	743,15	672,95	746,27	617,26	691,71
1952-53	644,90	704,36	638,34	708,33	587,72	656,73
1953-54	522,20	564,36	513,43	571,40	481,09	530,50
1954-55	395,10	419,34	384,04	429,55	370,64	399,73
1955-56	1150,20	1280,91	1152,73	1272,25	1026,82	1176,58
1956-57	251,70	255,72	238,06	269,52	246,03	252,21
1957-58	212,30	210,82	197,95	225,55	211,79	211,68
1958-59	558,20	605,49	550,07	611,57	512,38	567,54
1959-60	718,90	688,62	713,67	790,91	652,03	712,83
1960-61	491,20	537,54	506,20	545,17	460,67	508,16
1961-62	637,40	750,91	734,00	753,86	623,17	699,87
1962-63	718,60	909,45	930,70	908,93	743,92	842,32
1963-64	630,30	717,30	605,50	715,17	593,05	652,26
1964-65	367,40	591,90	395,10	492,46	419,63	453,30
1965-66	528,90	943,00	589,80	755,57	624,50	688,35
1966-67	339,80	611,00	361,70	476,87	407,49	439,37
1967-68	671,10	666,30	626,20	717,30	609,73	658,13
1968-69	803,80	739,50	740,40	749,00	705,40	747,62
1969-70	624,70	822,60	629,40	720,00	603,40	680,02
1970-71	608,90	654,90	586,30	687,00	523,90	612,20
1971-72	394,30	383,80	386,00	506,00	373,30	408,68
1972-73	348,30	534,60	499,50	462,00	402,50	449,38
1973-74	332,40	330,70	311,00	347,00	336,70	331,56
1974-75	426,10	430,10	398,00	448,00	367,00	413,84
1975-76	448,00	480,10	384,40	611,00	469,00	478,50
1976-77	497,80	633,20	569,00	755,00	476,00	586,20
1977-78	576,80	628,80	604,00	670,00	513,00	598,52
1978-79	545,40	592,50	575,00	589,00	490,00	558,38
1979-80	437,80	354,50	349,60	311,00	328,50	356,28
1980-81	286,00	257,10	242,30	283,00	271,50	267,98
1981-82	445,00	388,10	491,00	470,00	435,00	445,82
1982-83	237,00	275,20	347,00	280,00	238,00	275,44
1983-84	688,30	741,00	681,70	809,00	703,00	724,60
1984-85	484,50	536,10	497,60	557,28	520,00	519,10
1985-86	346,10	384,70	350,00	390,68	340,37	362,37
1986-87	445,10	506,80	458,00	513,11	435,70	471,74
1987-88	601,50	624,50	676,00	696,17	578,25	635,28
1988-89	682,20	698,31	597,00	702,42	583,11	652,61
1989-90	827,60	967,99	924,30	966,18	904,12	918,04
1990-91	367,70	414,83	380,02	425,15	414,60	400,46
1991-92	273,00	319,20	321,30	322,58	283,50	303,92
1992-93	306,76	335,09	307,37	346,36	301,97	319,51
1993-94	241,46	258,70	238,16	270,75	241,07	250,03
1994-95	144,41	145,18	135,32	158,37	150,57	146,77

Anexo 1. Estaciones del Grupo 1 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 1
(P anual en mm)

	HUELVA		MOGUER		PALOS		MAZAGON		SURHORTICOLA		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	501,00	501,00	540,17	540,17	491,85	491,85	547,74	547,74	462,67	462,67	508,69	508,69
1951-52	678,90	1179,90	743,15	1283,32	672,95	1164,80	746,27	1294,01	617,26	1079,93	691,71	1200,39
1952-53	644,90	1824,80	704,36	1987,68	638,34	1803,14	708,33	2002,34	587,72	1667,65	656,73	1857,12
1953-54	522,20	2347,00	564,36	2552,04	513,43	2316,57	571,40	2573,74	481,09	2148,74	530,50	2387,62
1954-55	395,10	2742,10	419,34	2971,38	384,04	2700,61	429,55	3003,29	370,64	2519,38	399,73	2787,35
1955-56	1150,20	3892,30	1280,91	4252,29	1152,73	3853,34	1272,25	4275,54	1026,82	3546,20	1176,58	3963,93
1956-57	251,70	4144,00	255,72	4508,01	238,06	4091,40	269,52	4545,06	246,03	3792,23	252,21	4216,14
1957-58	212,30	4356,30	210,82	4718,83	197,95	4289,35	225,55	4770,61	211,79	4004,02	211,68	4427,82
1958-59	558,20	4914,50	605,49	5324,32	550,07	4839,42	611,57	5382,18	512,38	4516,40	567,54	4995,36
1959-60	718,90	5633,40	688,62	6012,94	713,67	5553,09	790,91	6173,09	652,03	5168,43	712,83	5708,19
1960-61	491,20	6124,60	537,54	6550,48	506,20	6059,29	545,17	6718,26	460,67	5629,10	508,16	6216,35
1961-62	637,40	6762,00	750,91	7301,39	734,00	6793,29	753,86	7472,12	623,17	6252,27	699,87	6916,21
1962-63	718,60	7480,60	909,45	8210,84	930,70	7723,99	908,93	8381,05	743,92	6996,19	842,32	7758,53
1963-64	630,30	8110,90	717,30	8928,14	605,50	8329,49	715,17	9096,22	593,05	7589,24	652,26	8410,80
1964-65	367,40	8478,30	591,90	9520,04	395,10	8724,59	492,46	9588,68	419,63	8008,87	453,30	8864,10
1965-66	528,90	9007,20	943,00	10463,04	589,80	9314,39	755,57	10344,25	624,50	8633,37	688,35	9552,45
1966-67	339,80	9347,00	611,00	11074,04	361,70	9676,09	476,87	10821,12	407,49	9040,86	439,37	9991,82
1967-68	671,10	10018,10	666,30	11740,34	626,20	10302,29	717,30	11538,42	609,73	9650,59	658,13	10649,95
1968-69	803,80	10821,90	739,50	12479,84	740,40	11042,69	749,00	12287,42	705,40	10355,99	747,62	11397,57
1969-70	624,70	11446,60	822,60	13302,44	629,40	11672,09	720,00	13007,42	603,40	10959,39	680,02	12077,59
1970-71	608,90	12055,50	654,90	13957,34	586,30	12258,39	687,00	13694,42	523,90	11483,29	612,20	12689,79
1971-72	394,30	12449,80	383,80	14341,14	386,00	12644,39	506,00	14200,42	373,30	11856,59	408,68	13098,47
1972-73	348,30	12798,10	534,60	14875,74	499,50	13143,89	462,00	14662,42	402,50	12259,09	449,38	13547,85
1973-74	332,40	13130,50	330,70	15206,44	311,00	13454,89	347,00	15009,42	336,70	12595,79	331,56	13879,41
1974-75	426,10	13556,60	430,10	15636,54	398,00	13852,89	448,00	15457,42	367,00	12962,79	413,84	14293,25
1975-76	448,00	14004,60	480,10	16116,64	384,40	14237,29	611,00	16068,42	469,00	13431,79	478,50	14771,75
1976-77	497,80	14502,40	633,20	16749,84	569,00	14806,29	755,00	16823,42	476,00	13907,79	586,20	15357,95
1977-78	576,80	15079,20	628,80	17378,64	604,00	15410,29	670,00	17493,42	513,00	14420,79	598,52	15956,47
1978-79	545,40	15624,60	592,50	17971,14	575,00	15985,29	589,00	18082,42	490,00	14910,79	558,38	16514,85
1979-80	437,80	16062,40	354,50	18325,64	349,60	16334,89	311,00	18393,42	328,50	15239,29	356,28	16871,13
1980-81	286,00	16348,40	257,10	18582,74	242,30	16577,19	283,00	18676,42	271,50	15510,79	267,98	17139,11
1981-82	445,00	16793,40	388,10	18970,84	491,00	17068,19	470,00	19146,42	435,00	15945,79	445,82	17584,93
1982-83	237,00	17030,40	275,20	19246,04	347,00	17415,19	280,00	19426,42	238,00	16183,79	275,44	17860,37
1983-84	688,30	17718,70	741,00	19987,04	681,70	18096,89	809,00	20235,42	703,00	16886,79	724,60	18584,97
1984-85	484,50	18203,20	536,10	20523,14	497,60	18594,49	557,28	20792,70	520,00	17406,79	519,10	19104,06
1985-86	346,10	18549,30	384,70	20907,84	350,00	18944,49	390,68	21183,38	340,37	17747,16	362,37	19466,43
1986-87	445,10	18994,40	506,80	21414,64	458,00	19402,49	513,11	21696,49	435,70	18182,86	471,74	19938,18
1987-88	601,50	19595,90	624,50	22039,14	676,00	20078,49	696,17	22392,66	578,25	18761,11	635,28	20573,46
1988-89	682,20	20278,10	698,31	22737,45	597,00	20675,49	702,42	23095,08	583,11	19344,22	652,61	21226,07
1989-90	827,60	21105,70	967,99	23705,44	924,30	21599,79	966,18	24061,26	904,12	20248,34	918,04	22144,11
1990-91	367,70	21473,40	414,83	24120,27	380,02	21979,81	425,15	24486,41	414,60	20662,94	400,46	22544,57
1991-92	273,00	21746,40	319,20	24439,47	321,30	22301,11	322,58	24808,99	283,50	20946,44	303,92	22848,48
1992-93	306,76	22053,16	335,09	24774,56	307,37	22608,48	346,36	25155,35	301,97	21248,41	319,51	23167,99
1993-94	241,46	22294,62	258,70	25033,26	238,16	22846,64	270,75	25426,10	241,07	21489,48	250,03	23418,02
1994-95	144,41	22439,03	145,18	25178,44	135,32	22981,96	158,37	25584,47	150,57	21640,05	146,77	23564,79

Anexo 1. Estaciones del Grupo 1. Totales y totales acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 2 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	ABALARIO	EL ROCIO	BODEGONES	MEDIANA	CABEZUDOS	ALAMILLO	MIMBRALES	MEDIA
1950-51	551,05	433,66	510,10	503,28	458,52	610,27	494,66	508,79
1951-52	642,90	603,50	749,20	614,80	651,97	804,24	673,98	677,23
1952-53	643,70	474,60	606,60	442,00	504,80	606,00	534,87	544,65
1953-54	508,30	432,85	449,80	420,50	457,13	657,50	493,46	488,51
1954-55	668,80	357,46	557,90	479,50	371,07	261,50	418,69	444,99
1955-56	854,20	579,33	718,00	526,70	624,37	727,90	638,75	667,04
1956-57	481,20	282,97	376,00	350,20	286,02	346,50	344,79	352,53
1957-58	364,70	367,86	446,50	458,50	382,95	425,50	429,00	410,72
1958-59	809,30	257,10	836,50	699,00	546,11	560,00	570,76	611,25
1959-60	704,60	487,00	733,70	766,70	565,49	433,90	587,60	611,28
1960-61	675,60	538,20	620,60	647,80	689,60	738,70	605,95	645,21
1961-62	795,20	773,30	874,90	814,10	1105,00	1041,55	868,37	896,06
1962-63	1103,00	1013,50	1134,00	1038,00	1012,00	1219,74	1022,77	1077,57
1963-64	801,80	1004,60	918,00	989,50	1038,00	1149,79	962,15	980,55
1964-65	542,50	448,10	520,00	466,50	500,50	456,00	463,03	485,23
1965-66	741,00	625,30	740,60	743,00	704,80	1035,60	748,84	762,73
1966-67	320,00	377,20	361,70	359,00	381,00	720,30	425,42	420,66
1967-68	797,50	689,30	716,00	666,50	646,50	826,20	689,10	718,73
1968-69	444,50	700,30	838,50	599,00	785,00	749,00	714,05	690,05
1969-70	621,50	791,60	817,50	687,00	514,50	969,20	735,22	733,79
1970-71	727,00	489,00	719,70	687,50	631,80	962,90	678,59	699,50
1971-72	580,50	489,80	509,40	483,00	486,50	587,20	495,33	518,82
1972-73	556,00	368,70	532,00	518,50	431,50	981,00	549,39	562,44
1973-74	430,00	454,30	405,50	455,00	360,50	543,30	443,50	441,73
1974-75	439,50	382,80	439,00	371,50	383,50	475,20	470,50	423,14
1975-76	611,50	534,70	601,50	625,00	562,00	672,50	600,80	601,14
1976-77	704,94	635,44	636,20	741,00	565,00	944,90	684,50	701,71
1977-78	768,44	718,53	734,50	853,00	713,00	973,10	718,50	782,72
1978-79	680,85	603,92	598,50	860,00	539,00	851,10	563,50	670,98
1979-80	495,81	313,80	348,20	465,50	325,00	800,00	371,50	445,69
1980-81	415,78	312,98	251,20	305,50	299,50	533,30	285,50	343,39
1981-82	557,91	467,40	546,80	585,50	505,50	456,70	555,60	525,06
1982-83	431,76	339,60	328,22	348,30	220,50	583,40	266,50	359,75
1983-84	686,03	559,20	701,76	678,30	813,00	734,40	650,50	689,03
1984-85	657,41	573,24	662,87	641,19	602,40	696,70	655,00	641,26
1985-86	542,75	423,19	507,05	492,51	462,50	597,83	536,50	508,90
1986-87	659,55	576,04	660,77	643,96	613,60	772,80	694,80	660,22
1987-88	761,32	709,22	804,07	775,93	772,67	925,25	789,00	791,07
1988-89	518,52	391,48	474,11	461,08	409,90	561,53	467,40	469,15
1989-90	807,60	769,78	866,97	835,94	841,82	994,58	850,30	852,43
1990-91	527,35	403,04	486,12	472,54	423,10	574,76	479,10	480,86
1991-92	482,59	344,47	425,30	414,50	356,23	507,71	419,82	421,52
1992-93	387,43	234,39	304,28	301,31	226,03	381,16	295,50	304,30
1993-94	469,47	336,54	412,53	404,11	343,15	498,37	397,50	408,81
1994-95	291,71	115,23	177,99	181,39	89,39	244,42	176,50	182,37

Anexo 1. Estaciones del Grupo 2 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 2
(P anual en mm)

	ABALARIO		EL ROCIO		BODEGONES		MEDIANA		CABEZUDOS		ALAMILLO		NIMBRALES		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	551,05	551,05	433,66	433,66	510,10	510,10	503,28	503,28	458,52	458,52	810,27	810,27	494,66	494,64	508,79	509,88
1951-52	642,90	1193,95	603,50	1037,16	749,20	1259,30	614,80	1118,08	651,97	1110,49	804,24	1614,51	673,98	1168,62	677,23	1187,11
1952-53	643,70	1837,65	474,60	1511,76	606,60	1865,90	442,00	1560,08	504,80	1615,29	606,00	2020,51	534,67	1703,49	544,65	1731,76
1953-54	508,30	2345,95	432,85	1944,61	449,80	2315,70	420,50	1980,58	457,13	2072,42	657,50	2678,01	493,48	2196,95	488,51	2220,27
1954-55	668,80	3014,75	357,46	2302,07	557,90	2873,60	479,50	2460,08	371,07	2443,49	261,50	2939,51	418,69	2615,64	444,99	2665,25
1955-56	854,20	3868,95	579,33	2881,40	718,00	3591,60	526,70	2986,78	624,37	3067,86	727,90	3667,41	638,75	3254,39	667,04	3332,29
1956-57	481,20	4350,15	282,97	3164,37	376,00	3967,60	350,20	3338,98	285,02	3353,88	346,50	4013,91	344,79	3599,18	352,53	3684,82
1957-58	364,70	4714,85	367,86	3532,23	448,50	4414,10	458 50	3795,48	382,95	3736,83	425,50	4439,41	429,00	4028,18	410,72	4095,53
1958-59	809,30	5524,15	257,10	3789,33	836,50	5250,60	699,00	4494,48	546,11	4282,94	560,00	4999,41	570,76	4598,94	611,25	4706,78
1959-60	704,60	6228,75	487,00	4276,33	733,70	5984,30	766,70	5261,18	585,49	4848,43	433,90	5433,31	587,60	5186,54	611,28	5318,07
1960-61	675,60	6904,35	538,20	4814,53	820,60	6804,90	647,80	5908,98	689,60	5538,03	738,70	6172,01	805,95	5792,49	845,21	5963,28
1961-62	795,20	7699,55	773,30	5587,83	874,90	7479,80	814,10	6723,08	1105,00	6643,03	1041,55	7213,56	866,37	6660,86	896,06	6859,34
1962-63	1103,00	8802,55	1013,50	6601,33	1134,00	8613,80	1038,00	7761,08	1012,00	7655,03	1219,74	8433,30	1022,77	7683,63	1077,57	7936,91
1963-64	801,80	9604,35	1004,60	7605,93	918,00	9531,80	989,50	8750,58	1038,00	8693,03	1149,79	9583,09	962,15	8645,78	980,55	8917,46
1964-65	542,50	10146,85	448,10	8054,03	520,00	10051,80	466,50	9217,08	500,50	9193,53	456,00	10039,09	483,03	9108,81	485,23	9402,69
1965-66	741,00	10887,85	625,30	8679,33	740,60	10792,40	743,00	9960,08	704,80	9898,33	1035,60	11074,69	748,84	9857,65	762,73	10165,42
1966-67	320,00	11207,85	377,20	9056,53	361,70	11154,10	359,00	10319,08	381,00	10279,33	720,30	11794,99	425,42	10283,07	420,66	10586,08
1967-68	797,50	12005,35	688,30	9745,83	716,00	11870,10	666,50	10985,58	646,50	10925,83	826,20	12621,19	689,10	10972,17	718,73	11304,81
1968-69	444,50	12449,85	700,30	10446,13	838 50	12708,60	599,00	11584,58	785,00	11710,83	749,00	13370,19	714,05	11686,22	690,05	11994,86
1969-70	621,50	13071,35	791,60	11237,73	817.50	13526,10	687,00	12271,58	514,50	12225,33	969,20	14339,39	735,22	12421,44	733,79	12728,65
1970-71	727,00	13798,35	489,00	11726,73	719,70	14245,80	687,50	12959,08	631,80	12857,13	962,90	15302,29	678 59	13100,03	699,50	13428,15
1971-72	580,50	14378 85	489 80	12216,53	509,40	14755,20	483,00	13442,08	486 50	13343,63	587,20	15889,49	495,33	13595,36	518,82	13946 97
1972-73	556,00	14934,85	368,70	12585,23	532,00	15287,20	518,50	13960,58	431,50	13775,13	981,00	16870,49	549,39	14144,75	562,44	14509,41
1973-74	430,00	15364,85	454,30	13039 53	405,50	15692,70	455,00	14415,58	360,50	14135,63	543,30	17413,79	443,50	14588.25	441,73	14951,14
1974-75	439,50	15804,35	382,80	13422,33	439,00	16131,70	371,50	14787,08	383,50	14519,13	475,20	17888,99	470,50	15058,75	423,14	15374,28
1975-76	611,50	16415,85	534,70	13957,03	601,50	16733,20	625,00	15412,08	562,00	15081,13	672,50	18561,49	600,80	15659,55	601,14	15975,42
1976-77	704,94	17120,79	635,44	14592,47	636,20	17369,40	741,00	16153,08	585,00	15648,13	944,90	19506,39	684,50	16344,05	701,71	16677,14
1977-78	768,44	17889,23	718,53	15311,00	734,50	18103,90	853,00	17008,08	713,00	16359,13	973,10	20479,49	718,50	17062,55	782,72	17459,86
1978-79	680,85	18570,08	603,92	15914,92	598,50	18702,40	860,00	17868,08	539,00	16898,13	851,10	21330,59	583,50	17626,05	670,98	18130,84
1979-80	495 81	19065,89	313,80	16228,72	346,20	19050,60	485,50	18331,58	325,00	17223,13	800,00	22130,59	371,50	17997,55	445,69	18578,53
1980-81	415,78	19481,67	312,98	16541,70	251,20	19301,80	305,50	18637,08	299,50	17522,63	533,30	22663,89	285,50	18283,05	343,39	18919,92
1981-82	557,91	20039,58	467,40	17009,10	546,80	19848,60	585,50	19222,58	505,50	18028,13	456,70	23120,59	555,80	18838,85	525,06	19444,98
1982-83	431,76	20471,34	339,60	17348,70	328,22	20176,82	348,30	19570,88	220,50	18248,63	583,40	23703,99	266,50	19105,15	359,75	19804,74
1983-84	666,03	21157,37	559,20	17907,90	701,76	20878,58	678,30	20249,18	813,00	19061,63	734,40	24438,39	650,50	19755,65	689,03	20493,76
1984-85	657,41	21814,78	573,24	18481,14	662,87	21541,45	641,19	20890,37	602,40	19664,03	696,70	25135,09	655,00	20410,65	641,26	21135,02
1985-86	542,75	22357,53	423,19	18904,33	507 05	22048,50	492,51	21382,88	462,50	20126,53	597,83	25732,92	536,50	20947,15	508 90	21643,93
1986-87	659,55	23017,08	576,04	19480,37	660,77	22709,27	643,96	22026 84	613,60	20740,13	772,80	26505,72	694,80	21641,95	660,22	22304,14
1987-88	761,32	23778,40	709,22	20189,59	804,07	23513,34	775,93	22802,77	772,67	21512,80	925,25	27430,97	789,00	22430,95	791,07	23095,21
1988-89	518 52	24296 92	391,48	20581,07	474,11	23987.45	481,08	23283,85	409,90	21922,70	561,53	27992,50	467,40	22898,35	469,15	23564,35
1989-90	807,60	25104,52	769,78	21350,85	866 97	24854,42	835 94	24099,79	841,82	22764,52	994,58	28987,08	850,30	23748,65	852,43	24416,78
1990-91	527,35	25631,87	403,04	21753 89	486,12	25340,54	472,54	24572,33	423,10	23187,62	574,76	29561,84	479,10	24227,75	480,88	24897,64
1991-92	482,59	26114,46	344,47	22098,36	425,30	25765,84	414,50	24988 83	356,23	23543,85	507,71	30069,55	419,82	24647,57	421,52	25319,16
1992-93	387,43	26501,89	234,39	22332,75	304,28	26070,12	301,31	25288.14	226,03	23769,88	381,18	30450,71	295,50	24943,07	304,30	25623,46
1993-94	469,47	26971,36	336,54	22669 29	412,53	26482,65	404,11	25692,25	343,15	24113,03	498,37	30949,08	397,50	25340,57	408,81	26032,27
1994-95	291,71	27263,07	115 23	22784 52	177 99	26660,64	181,39	25873,64	189,39	24302,42	244,42	31193 50	176,50	25517,07	196,68	26228,93

Anexo 1. Estaciones del Grupo 2. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 3 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	ROCIANA	LA CAÑADA	ALMONTE	LUCENA	VILLAR	MEDIA
1950-51	488,73	508,02	510,80	488,55	550,44	514,50
1951-52	684,41	691,02	705,90	691,25	753,93	708,82
1952-53	509,39	527,34	531,40	509,95	571,93	535,02
1953-54	495,55	514,40	517,60	495,61	557,54	521,27
1954-55	430,15	453,24	452,40	427,87	489,53	456,33
1955-56	724,73	728,73	746,10	733,02	795,86	748,86
1956-57	370,07	397,05	392,50	365,63	427,06	396,67
1957-58	262,15	296,12	284,90	253,84	314,83	289,50
1958-59	675,53	682,72	648,60	682,06	745,50	688,09
1959-60	759,69	761,42	759,40	769,23	802,50	770,75
1960-61	597,60	609,84	579,70	601,33	659,00	611,54
1961-62	979,59	967,07	888,10	997,03	1112,30	986,77
1962-63	1006,07	991,84	981,20	1024,46	1072,00	1012,78
1963-64	780,13	780,54	820,70	772,30	811,00	798,09
1964-65	437,84	460,43	431,70	486,00	462,50	448,12
1965-66	709,68	714,66	670,80	714,20	808,30	725,86
1966-67	357,96	385,73	424,30	342,50	374,50	385,62
1967-68	641,31	650,72	666,00	666,80	656,00	653,51
1968-69	893,97	887,00	880,70	903,80	960,00	905,42
1969-70	737,23	777,44	787,70	834,70	832,50	783,72
1970-71	657,50	642,72	619,80	659,80	680,50	650,13
1971-72	485,10	486,70	559,70	338,70	663,10	548,65
1972-73	575,90	518,10	482,30	548,00	532,90	527,30
1973-74	422,70	364,70	451,80	396,40	414,50	413,43
1974-75	434,80	409,10	498,20	388,60	478,00	455,03
1975-76	560,70	609,10	569,90	545,00	640,50	595,05
1976-77	576,25	590,70	605,70	620,70	656,00	607,16
1977-78	733,50	716,30	797,90	739,90	761,50	752,30
1978-79	502,20	616,90	614,66	565,20	587,80	580,39
1979-80	386,00	346,20	405,57	384,50	446,70	396,12
1980-81	211,20	277,90	293,52	303,40	271,80	263,61
1981-82	473,80	480,80	507,04	527,80	533,00	498,66
1982-83	204,30	283,90	289,06	243,90	315,90	273,29
1983-84	755,39	662,10	752,03	819,90	848,00	754,38
1984-85	583,34	609,80	597,99	392,10	813,50	651,16
1985-86	415,54	438,50	447,76	416,70	458,30	440,03
1986-87	492,79	638,40	516,92	391,30	554,67	550,70
1987-88	701,86	761,10	704,11	685,50	772,08	734,79
1988-89	452,52	474,16	480,86	474,70	512,79	480,08
1989-90	896,50	889,36	864,90	969,80	974,48	906,31
1990-91	326,54	356,34	349,10	320,54	381,79	353,44
1991-92	214,30	251,38	242,60	231,80	265,08	243,34
1992-93	393,74	418,30	427,92	393,25	450,33	422,57
1993-94	377,15	402,71	412,99	376,33	432,94	406,44
1994-95	150,62	189,85	209,16	145,33	195,55	186,30

Anexo 1. Estaciones del Grupo 3 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 3
(P anual en mm)

	ROCIANA		LA CAÑADA		ALMONTE		LUCENA		VILLAR		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	488,73	488,73	508,02	508,02	510,80	510,80	488,55	488,55	550,44	550,44	509,31	509,31
1951-52	684,41	1173,14	691,02	1199,04	705,90	1216,70	691,25	1179,80	753,93	1304,37	705,30	1214,61
1952-53	509,39	1682,53	527,34	1726,38	531,40	1748,10	509,95	1689,75	571,93	1876,30	530,00	1744,61
1953-54	495,55	2178,08	514,40	2240,78	517,60	2265,70	495,61	2185,36	557,54	2433,84	516,14	2260,75
1954-55	430,15	2608,23	453,24	2694,02	452,40	2718,10	427,87	2613,23	489,53	2923,37	450,64	2711,39
1955-56	724,73	3332,96	728,73	3422,75	746,10	3464,20	733,02	3346,25	795,86	3719,23	745,69	3457,08
1956-57	370,07	3703,03	397,05	3819,80	392,50	3856,70	365,63	3711,88	427,06	4146,29	390,46	3847,54
1957-58	262,15	3965,18	296,12	4115,92	284,90	4141,60	253,84	3965,72	314,83	4461,12	282,37	4129,91
1958-59	675,53	4640,71	682,72	4798,64	648,60	4790,20	682,06	4647,78	745,50	5206,62	686,88	4816,79
1959-60	759,69	5400,40	761,42	5560,06	759,40	5549,60	769,23	5417,01	802,50	6009,12	770,45	5587,24
1960-61	597,60	5998,00	609,84	6169,90	579,70	6129,30	601,33	6018,34	659,00	6668,12	609,49	6196,73
1961-62	979,59	6977,59	967,07	7136,97	888,10	7017,40	997,03	7015,37	1112,30	7780,42	988,82	7185,55
1962-63	1006,07	7983,66	991,84	8128,81	981,20	7998,60	1024,46	8039,83	1072,00	8852,42	1015,11	8200,66
1963-64	780,13	8763,79	780,54	8909,35	820,70	8819,30	772,30	8812,13	811,00	9663,42	792,93	8993,60
1964-65	437,84	9201,63	460,43	9369,78	431,70	9251,00	486,00	9298,13	462,50	10125,92	455,69	9449,29
1965-66	709,68	9911,31	714,66	10084,44	670,80	9921,80	714,20	10012,33	808,30	10934,22	723,53	10172,82
1966-67	357,96	10269,27	385,73	10470,17	424,30	10346,10	342,50	10354,83	374,50	11308,72	377,00	10549,82
1967-68	641,31	10910,58	650,72	11120,89	666,00	11012,10	666,80	11021,63	656,00	11964,72	656,17	11205,98
1968-69	893,97	11804,55	887,00	12007,89	880,70	11892,80	903,80	11925,43	960,00	12924,72	905,09	12111,08
1969-70	737,23	12541,78	777,44	12785,33	787,70	12680,50	834,70	12760,13	832,50	13757,22	793,91	12904,99
1970-71	657,50	13199,28	642,72	13428,05	619,80	13300,30	659,80	13419,93	680,50	14437,72	652,06	13557,06
1971-72	485,10	13684,38	486,70	13914,75	559,70	13860,00	338,70	13758,63	663,10	15100,82	506,66	14063,72
1972-73	575,90	14260,28	518,10	14432,85	482,30	14342,30	548,00	14306,63	532,90	15633,72	531,44	14595,16
1973-74	422,70	14682,98	364,70	14797,55	451,80	14794,10	396,40	14703,03	414,50	16048,22	410,02	15005,18
1974-75	434,80	15117,78	409,10	15206,65	498,20	15292,30	388,60	15091,63	478,00	16526,22	441,74	15446,92
1975-76	560,70	15678,48	609,10	15815,75	569,90	15862,20	545,00	15636,63	640,50	17166,72	585,04	16031,96
1976-77	576,25	16254,73	590,70	16406,45	605,70	16467,90	620,70	16257,33	656,00	17822,72	609,87	16641,83
1977-78	733,50	16988,23	716,30	17122,75	797,90	17265,80	739,90	16997,23	761,50	18584,22	749,82	17391,65
1978-79	502,20	17490,43	616,90	17739,65	614,66	17880,46	565,20	17562,43	587,80	19172,02	577,35	17969,00
1979-80	386,00	17876,43	346,20	18085,85	405,57	18286,03	384,50	17946,93	446,70	19618,72	393,79	18362,79
1980-81	211,20	18087,63	277,90	18363,75	293,52	18579,55	303,40	18250,33	271,80	19890,52	271,56	18634,36
1981-82	473,80	18561,43	480,80	18844,55	507,04	19086,59	527,80	18778,13	533,00	20423,52	504,49	19138,84
1982-83	204,30	18765,73	283,90	19128,45	289,06	19375,65	243,90	19022,03	315,90	20739,42	267,41	19406,26
1983-84	755,39	19521,12	662,10	19790,55	752,03	20127,68	819,90	19841,93	848,00	21587,42	767,48	20173,74
1984-85	583,34	20104,46	609,80	20400,35	597,99	20725,67	392,10	20234,03	813,50	22400,92	599,35	20773,09
1985-86	415,54	20520,00	438,50	20838,85	447,76	21173,43	416,70	20650,73	458,30	22859,22	435,36	21208,45
1986-87	492,79	21012,79	638,40	21477,25	516,92	21690,35	391,30	21042,03	554,67	23413,89	518,82	21727,26
1987-88	701,86	21714,65	761,10	22238,35	704,11	22394,46	685,50	21727,53	772,08	24185,97	724,93	22452,19
1988-89	452,52	22167,17	474,16	22712,51	480,86	22875,32	474,70	22202,23	512,79	24698,76	479,01	22931,20
1989-90	896,50	23063,67	889,36	23601,87	864,90	23740,22	969,80	23172,03	974,48	25673,24	919,01	23850,21
1990-91	326,54	23390,21	356,34	23958,21	349,10	24089,32	320,54	23492,57	381,79	26055,03	346,86	24197,07
1991-92	214,30	23604,51	251,38	24209,59	242,60	24331,92	231,80	23724,37	265,08	26320,11	241,03	24438,10
1992-93	393,74	23998,25	418,30	24627,89	497,92	24829,84	393,25	24117,62	450,33	26770,44	430,71	24868,81
1993-94	377,15	24375,40	402,71	25030,60	412,99	25242,83	376,33	24493,95	432,94	27203,38	400,42	25269,23
1994-95	150,62	24526,02	189,85	25220,45	209,16	25451,99	145,33	24639,28	195,55	27398,93	178,10	25447,33

Anexo 1. Estaciones del Grupo 3. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 4 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	MANZANITO	EL GUIJO	TIÑOSA	CANDON	BEAS	CASA CAPOTE	NIEBLA	TRIGUEROS	MEDIA
1950-51	681,25	571,87	631,50	540,88	495,33	508,57	534,44	466,27	553,76
1951-52	747,26	636,72	699,44	599,97	561,00	572,85	600,91	500,10	614,78
1952-53	833,68	721,84	788,38	672,90	642,05	652,17	682,94	541,86	691,98
1953-54	628,98	520,44	577,71	494,08	443,32	457,67	481,80	439,48	505,44
1954-55	846,45	734,41	801,52	688,78	659,69	669,44	700,80	550,95	706,51
1955-56	1137,20	1020,47	1100,37	949,07	948,98	952,58	993,60	699,98	975,28
1956-57	755,29	644,72	707,71	601,68	568,99	580,67	609,00	504,22	621,54
1957-58	700,38	469,60	651,19	558,01	514,36	527,19	637,80	476,07	566,83
1958-59	1059,74	1016,30	1021,05	879,73	871,92	877,15	814,90	660,28	900,13
1959-60	1091,87	894,60	1054,11	908,49	903,88	908,43	1001,30	676,75	929,93
1960-61	1071,11	873,20	1032,75	889,91	883,23	888,22	980,90	666,11	910,68
1961-62	1215,60	1033,00	1276,85	1102,16	1119,11	1119,10	1248,80	787,63	1112,78
1962-63	1379,10	1173,00	1235,95	1066,66	1079,66	1080,48	825,50	767,31	1075,96
1963-64	1013,50	890,90	941,85	864,80	731,60	802,21	814,60	713,20	846,58
1964-65	888,00	641,10	545,00	491,50	461,70	557,98	512,50	559,00	582,10
1965-66	1163,20	858,20	752,00	639,90	619,90	725,65	691,90	587,40	754,77
1966-67	604,16	547,20	508,40	592,50	379,70	433,49	378,50	334,50	472,31
1967-68	809,93	712,00	683,80	838,30	602,50	633,88	593,59	606,00	685,00
1968-69	1022,10	947,90	999,00	680,90	931,70	902,30	923,38	839,50	905,85
1969-70	714,80	879,00	929,20	865,70	846,70	811,30	867,04	783,00	837,09
1970-71	814,10	822,40	707,00	619,80	631,90	633,80	659,79	625,00	689,22
1971-72	786,10	601,80	508,40	687,30	545,40	587,40	566,52	521,60	600,57
1972-73	946,90	850,10	804,10	651,50	690,50	718,50	744,62	628,60	754,35
1973-74	579,50	424,00	671,50	464,00	411,20	395,70	433,47	369,50	468,61
1974-75	705,80	556,20	696,40	545,90	468,10	378,20	455,72	437,00	530,42
1975-76	621,60	644,00	641,10	575,90	499,60	532,20	597,54	533,10	580,63
1976-77	862,40	856,30	1133,40	802,11	719,30	771,80	814,77	711,40	833,94
1977-78	1063,00	965,90	1252,50	785,30	812,60	829,50	854,11	591,70	894,33
1978-79	956,20	784,80	1231,30	915,80	722,30	739,30	626,91	511,20	810,98
1979-80	538,60	505,20	738,80	539,70	457,90	501,70	432,81	436,10	518,85
1980-81	496,48	391,80	424,30	295,80	353,90	377,70	346,34	279,10	370,68
1981-82	673,54	540,90	632,80	503,60	523,20	493,50	651,02	398,70	552,16
1982-83	484,60	358,20	514,00	299,00	305,40	362,60	298,88	242,90	358,20
1983-84	898,84	844,60	810,90	792,90	812,90	771,00	825,62	489,30	780,76
1984-85	877,25	868,00	735,00	716,35	740,20	699,44	716,78	661,90	751,87
1985-86	631,91	582,90	580,72	496,71	453,00	460,52	546,79	404,20	519,59
1986-87	718,07	600,40	675,00	573,85	559,80	544,43	492,32	573,20	592,13
1987-88	1034,97	935,30	846,00	857,55	842,27	553,03	916,76	647,58	829,18
1988-89	753,15	561,50	652,20	605,25	566,87	578,59	617,22	503,13	604,74
1989-90	1056,56	959,80	865,00	876,89	868,75	874,06	606,72	658,65	845,80
1990-91	726,72	580,23	678,30	581,59	540,57	552,85	589,13	489,58	592,37
1991-92	534,44	386,59	480,40	409,44	349,25	365,60	384,75	391,02	412,69
1992-93	586,73	475,25	528,76	454,39	395,14	413,55	432,05	396,45	460,29
1993-94	495,09	383,92	432,53	371,88	302,96	326,00	345,27	338,64	374,54
1994-95	263,72	153,33	189,55	163,56	70,20	104,96	126,16	192,67	158,02

Anexo 1. Estaciones del Grupo 4 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 4
(P anual en mm)

	MANZANITO		EL QUEJO		TIÑOSA		CANDON		BEAS		CASA CAPOTE		NIEBLA		TRIGUEROS		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	881,25	881,25	571,87	571,87	631,50	631,50	540,88	540,88	495,33	495,33	508,57	508,57	534,44	534,44	466,27	466,27	553,76	553,76
1951-52	747,26	1428,51	636,72	1208,59	699,44	1330,94	599,97	1140,85	561,00	1056,33	572,85	1081,42	600,91	1135,35	500,10	966,37	614,78	1168,55
1952-53	833,68	2262,19	721,84	1930,43	788,38	2119,32	672,90	1813,75	842,05	1898,38	852,17	1733,59	882,94	1818,29	541,86	1508,23	691,96	1860,52
1953-54	628,98	2891,17	520,44	2450,87	577,71	2697,03	494,08	2307,83	443,32	2141,70	457,67	2191,26	481,80	2300,09	439,48	1947,71	505,44	2365,96
1954-55	846,45	3737,62	734,41	3185,28	801,52	3498,55	688,78	2996,61	859,89	2801,39	869,44	2860,70	700,80	3000,89	550,95	2498,66	706,51	3072,48
1955-56	1137,20	4874,82	1020,47	4205,75	1100,37	4598,92	949,07	3945,68	948,98	3750,37	952,58	3813,28	993,60	3994,49	899,98	3198,64	975,28	4047,74
1956-57	755,29	5630,11	644,72	4850,47	707,71	5306,63	601,68	4547,36	568,99	4319,36	580,67	4393,95	609,00	4603,49	504,22	3702,86	621,54	4669,28
1957-58	700,38	6330,49	469,60	5320,07	651,19	5957,82	558,01	5105,37	514,38	4833,72	527,19	4921,14	637,80	5241,29	476,07	4178,93	566,83	5236,10
1958-59	1059,74	7390,23	1018,30	6338,37	1021,05	6978,87	879,73	5985,10	871,92	5705,64	877,15	5798,29	814,90	6056,19	660,28	4839,21	900,13	6136,24
1959-60	1091,67	8482,10	894,80	7230,97	1054,11	8032,98	908,49	6893,59	903,58	6609,52	908,43	6706,72	1001,30	7057,49	678,75	5515,96	929,93	7066,17
1960-61	1071,11	9553,21	873,20	8104,17	1032,75	9065,73	889,91	7783,50	883,23	7492,75	888,22	7594,94	980,90	8038,39	666,11	6182,07	910,68	7976,85
1961-62	1215,60	10768,81	1033,00	9137,17	1278,85	10342,58	1102,18	8885,68	1119,11	8611,86	1119,10	8714,04	1248,80	9287,19	787,83	6969,70	1112,78	9089,63
1962-63	1379,10	12147,91	1173,00	10310,17	1235,95	11578,53	1066,66	9952,32	1079,66	9691,52	1080,48	9794,52	825,50	10112,69	767,31	7737,01	1075,96	10165,58
1963-64	1013,50	13161,41	890,90	11201,07	941,85	12520,38	864,80	10817,12	731,60	10423,12	802,21	10596,73	814,60	10927,29	713,20	8450,21	846,58	11012,17
1964-65	888,00	14049,41	841,10	11842,17	545,00	13065,38	491,50	11308,62	461,70	10884,82	557,96	11154,71	512,50	11439,79	559,00	9009,21	582,10	11594,26
1965-66	1163,20	15212,61	858,20	12700,37	752,00	13817,38	639,90	11948,52	619,90	11504,72	725,65	11880,36	691,90	12131,69	587,40	9596,61	754,77	12349,03
1966-67	804,16	15816,77	547,20	13247,57	508,40	14325,78	592,50	12541,02	379,70	11884,42	433,49	12313,85	378,50	12510,19	334,50	9931,11	472,31	12821,34
1967-68	809,93	16626,70	712,00	13959,57	683,80	15009,58	838,30	13379,32	602,50	12486,92	633,58	12947,73	541,60	13051,79	606,00	10537,11	678,50	13499,84
1968-69	1022,10	17648,80	947,90	14907,47	999,00	16008,58	880,90	14060,22	931,70	13418,62	902,30	13850,03	842,50	13894,29	839,50	11376,61	895,74	14395,58
1969-70	714,80	18363,60	879,00	15786,47	929,20	16937,78	865,70	14925,92	846,70	14265,32	811,30	14661,33	791,10	14685,39	783,00	12159,61	827,60	15223,18
1970-71	814,10	19177,70	822,40	16608,87	707,00	17644,78	819,80	15545,72	831,90	14897,22	633,80	15295,13	802,00	15287,39	625,00	12784,61	682,00	15905,18
1971-72	788,10	19965,80	601,80	17210,67	508,40	18153,18	687,30	16233,02	545,40	15442,62	587,40	15882,53	516,90	15804,29	521,60	13306,21	594,36	16499,54
1972-73	946,90	20910,70	850,10	18060,77	804,10	18957,28	651,50	16884,52	690,50	16133,12	718,50	16601,03	879,40	16683,69	628,60	13934,81	748,20	17245,74
1973-74	579,50	21490,20	424,00	18484,77	671,50	19628,78	464,00	17348,52	411,20	16544,32	395,70	16996,73	395,50	16879,19	389,50	14304,31	463,88	17709,60
1974-75	705,80	22196,00	556,20	19040,97	696,40	20325,18	545,80	17894,42	468,10	17012,42	378,20	17374,93	415,80	17294,99	437,00	14741,31	525,43	18235,03
1975-76	821,80	22817,80	644,00	19684,97	641,10	20966,28	575,90	18470,32	499,60	17512,02	532,20	17907,13	545,20	17840,19	533,10	15274,41	574,09	18809,12
1976-77	862,40	23680,00	856,30	20541,27	1133,40	22099,68	802,11	19272,43	719,30	18231,32	771,80	18678,93	743,40	18583,59	711,40	15985,81	825,01	19634,13
1977-78	1083,00	24743,00	965,90	21507,17	1252,50	23352,18	785,30	20057,73	812,80	19043,92	829,50	19508,43	779,30	19362,89	591,70	16577,51	884,98	20519,10
1978-79	956,20	25699,20	784,80	22291,97	1231,30	24583,48	915,80	20973,53	722,30	19766,22	739,30	20247,73	572,00	19934,89	511,20	17088,71	804,11	21323,22
1979-80	538,60	26237,80	505,20	22797,17	738,80	25322,28	539,70	21513,23	457,90	20224,12	501,70	20749,43	394,90	20329,79	436,10	17524,81	514,11	21837,33
1980-81	496,48	26734,28	391,80	23188,97	424,30	25746,58	295,80	21809,03	353,90	20578,02	377,70	21127,13	316,00	20645,79	279,10	17803,91	386,89	22204,21
1981-82	673,54	27407,82	540,90	23729,87	632,60	26379,38	503,60	22312,63	523,20	21101,22	493,50	21620,63	594,00	21239,79	398,70	18202,61	545,03	22749,24
1982-83	484,80	27892,42	358,20	24088,07	514,00	26893,38	299,00	22611,63	305,40	21406,62	382,60	21983,23	272,70	21512,49	242,90	18445,51	354,93	23104,17
1983-84	898,84	28791,26	844,60	24932,67	810,90	27704,28	792,90	23404,53	812,90	22219,52	771,00	22754,23	753,30	22265,79	489,30	18934,81	771,72	23875,89
1984-85	877,25	29668,51	868,00	25800,67	735,00	28439,28	716,35	24120,88	740,20	22959,72	699,44	23453,67	654,00	22919,79	661,90	19596,71	744,02	24619,90
1985-86	831,91	30300,42	582,90	26383,57	580,72	29020,00	496,71	24617,59	453,00	23412,72	460,52	23914,19	498,90	23418,69	404,20	20000,91	513,81	25133,51
1986-87	718,07	31018,49	600,40	26983,97	675,00	29695,00	573,85	25191,44	559,80	23972,52	544,43	24458,62	449,20	23867,89	573,20	20574,11	586,74	25720,26
1987-88	1034,97	32053,46	935,30	27919,27	846,00	30541,00	857,55	26048,99	842,27	24814,79	553,03	25011,65	836,46	24704,35	847,58	21221,69	819,15	26539,40
1988-89	753,15	32806,61	561,50	28480,77	652,20	31193,20	605,25	26654,24	566,87	25381,66	578,59	25590,24	583,18	25287,51	503,13	21724,82	597,98	27137,38
1989-90	1056,58	33863,17	959,80	29440,57	865,00	32058,20	876,89	27531,13	868,75	26250,41	874,06	26464,30	553,58	25821,09	658,85	22383,47	839,16	27976,54
1990-91	726,72	34589,89	580,23	30020,80	678,30	32736,50	581,59	28112,72	540,57	26790,98	552,85	27017,15	537,53	26358,62	489,58	22873,05	585,92	28562,46
1991-92	534,44	35124,33	386,59	30407,39	480,40	33216,90	409,44	28522,16	349,25	27140,23	365,60	27382,75	351,05	26709,67	391,02	23264,07	408,47	28970,94
1992-93	586,73	35711,06	475,25	30882,64	528,78	33745,68	454,39	28976,55	395,14	27535,37	413,55	27796,30	432,05	27141,72	396,45	23660,52	460,29	29431,23
1993-94	495,09	36206,15	383,92	31266,56	432,53	34178,19	371,88	29348,43	302,96	27838,33	328,00	28122,30	345,27	27486,99	338,84	23999,16	374,54	29805,76
1994-95	263,72	36469,87	153,33	31419,89	189,55	34367,74	163,58	29511,99	170,20	28008,53	104,98	28227,28	128,16	27613,15	192,67	24191,83	170,52	29976,28

Anexo 1. Estaciones del Grupo 4. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 5 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	VILLALBA	GADEA	LA PALMA	CUQUILES	ARRAYADA	PATERNA	ESCACENA	HITASA	MEDIA
1950-51	583,35	571,53	547,80	520,70	536,86	443,60	692,70	532,67	553,65
1951-52	867,90	839,47	808,67	782,36	790,40	602,40	1019,90	783,38	811,81
1952-53	760,30	722,09	694,39	667,74	679,33	512,40	873,30	673,57	697,89
1953-54	580,40	520,43	498,05	870,80	488,51	367,10	607,10	484,92	552,16
1954-55	602,70	570,00	512,90	519,22	535,42	434,70	767,70	515,30	557,24
1955-56	1041,40	886,09	804,40	827,89	834,51	649,40	1230,00	653,00	865,84
1956-57	505,90	447,69	414,20	399,77	419,69	370,10	572,40	372,90	437,83
1957-58	405,00	380,40	356,70	334,06	356,01	296,60	547,20	301,10	372,13
1958-59	869,90	839,19	889,20	782,09	790,14	640,60	1132,70	616,60	820,05
1959-60	826,28	822,80	819,80	766,09	774,63	580,60	1239,50	615,20	805,61
1960-61	663,80	760,99	811,20	705,73	716,15	587,80	1080,30	623,70	743,71
1961-62	1058,80	1079,26	1008,80	1052,40	1017,30	766,90	1378,60	1121,30	1060,42
1962-63	1236,70	1147,03	1133,20	1125,70	1081,43	897,00	1458,90	932,80	1126,60
1963-64	726,20	780,60	889,00	858,10	803,40	693,50	1217,00	918,60	860,80
1964-65	482,40	446,40	546,70	539,00	510,50	489,70	665,30	488,60	521,08
1965-66	697,80	708,10	831,20	838,50	716,10	590,10	1129,50	553,60	758,11
1966-67	405,70	465,40	441,90	487,90	581,20	292,10	801,50	466,10	492,73
1967-68	397,00	615,30	641,50	549,90	600,60	606,00	603,00	715,30	591,08
1968-69	657,80	748,50	946,00	851,40	682,50	688,30	1218,10	1137,20	866,23
1969-70	802,80	799,30	783,70	868,00	838,00	463,80	1153,00	869,70	822,29
1970-71	975,90	1061,40	743,40	776,00	756,50	355,71	1027,20	826,40	815,31
1971-72	656,60	529,40	544,90	507,40	474,20	342,09	700,00	631,70	548,29
1972-73	811,40	631,50	571,50	834,50	607,70	447,23	774,60	567,20	655,70
1973-74	518,80	383,00	415,20	504,00	425,60	386,37	520,30	362,00	439,41
1974-75	642,70	419,20	455,00	479,50	417,60	402,34	826,60	396,00	504,87
1975-76	623,45	560,70	639,00	581,00	710,10	489,02	455,60	668,50	590,92
1976-77	783,41	889,20	688,40	811,00	686,50	585,54	809,20	735,30	748,57
1977-78	929,64	971,30	783,40	797,00	973,50	701,28	1066,60	909,80	891,57
1978-79	693,27	768,80	658,90	849,93	701,70	479,25	784,20	517,40	681,68
1979-80	497,26	699,50	427,50	494,46	409,40	326,87	552,00	445,60	481,57
1980-81	419,42	595,70	316,60	457,56	360,70	285,46	405,00	389,70	403,77
1981-82	515,79	446,60	486,70	575,64	411,50	401,44	576,80	579,00	499,18
1982-83	296,61	214,52	296,30	337,02	245,30	195,00	384,20	275,60	280,57
1983-84	655,27	598,70	691,10	652,39	623,10	569,04	861,90	429,20	635,09
1984-85	720,06	712,93	783,00	532,59	670,67	524,30	952,60	670,70	695,86
1985-86	521,25	507,29	461,30	438,86	476,08	414,23	651,70	509,80	497,56
1986-87	543,58	530,39	489,80	389,42	497,94	453,67	732,70	501,30	517,35
1987-88	897,92	896,91	872,00	870,22	844,75	705,37	1082,30	837,50	875,87
1988-89	736,99	730,45	628,60	525,82	687,24	632,77	890,00	835,50	708,42
1989-90	1093,69	1099,41	1004,70	1274,54	1036,37	649,25	1179,50	1068,30	1050,72
1990-91	595,30	583,88	559,83	655,31	548,56	430,35	626,80	545,40	568,18
1991-92	477,84	462,39	441,54	509,38	433,60	338,07	482,90	454,90	450,08
1992-93	514,13	499,24	476,58	502,19	468,50	384,58	621,25	464,93	491,42
1993-94	400,54	381,05	360,83	389,80	356,68	306,56	468,89	354,19	377,32
1994-95	193,21	165,31	149,55	184,67	152,55	164,15	190,80	152,04	169,04

Anexo 1. Estaciones del Grupo 5 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 5
(P anual en mm)

	VILLALBA		GADEA		LA PALMA		CUQUILES		ARRAYADA		PATERNA		ESCACENA		HITASA		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	583,35	583,35	571,53	571,53	547,80	547,80	520,70	520,70	536,86	536,86	443,60	443,60	692,70	692,70	532,67	532,67	553,65	553,65
1951-52	867,90	1451,25	839,47	1411,00	808,87	1356,47	782,36	1303,06	790,40	1327,26	602,40	1046,00	1019,80	1712,50	783,36	1316,05	811,81	1365,46
1952-53	760,30	2211,55	722,09	2133,09	694,39	2050,86	667,74	1970,80	679,33	2006,59	512,40	1558,40	873,30	2585,90	673,57	1989,62	697,89	2063,35
1953-54	580,40	2791,95	520,43	2653,52	496,05	2546,91	470,80	2841,60	488,51	2495,10	387,10	1925,50	607,10	3193,00	484,92	2474,54	552,18	2815,52
1954-55	802,70	3394,65	570,00	3223,52	512,90	3081,81	519,22	3360,82	535,42	3030,52	434,70	2360,20	767,70	3960,70	515,30	2989,84	557,24	3172,78
1955-56	1041,40	4436,05	868,09	4109,61	804,40	3886,21	827,89	4188,71	834,51	3865,03	649,40	3009,60	1230,00	5190,70	853,00	3842,84	865,84	4038,58
1956-57	505,90	4941,95	447,89	4557,30	414,20	4280,41	399,77	4588,48	419,69	4284,72	370,10	3379,70	572,40	5763,10	372,90	4015,74	437,83	4476,43
1957-58	405,00	5346,95	380,40	4937,70	356,70	4637,11	334,08	4922,54	356,01	4640,73	296,60	3676,30	547,20	6310,30	301,10	4316,84	372,13	4848,56
1958-59	869,90	6216,85	839,19	5776,89	869,20	5526,31	782,09	5704,63	790,14	5430,87	640,60	4316,90	1132,70	7443,00	616,60	4933,44	820,05	5668,61
1959-60	826,28	7043,13	822,80	6599,69	819,80	6346,11	786,09	6470,72	774,63	6205,50	580,60	4897,50	1239,50	8682,50	815,20	5548,64	805,81	6474,22
1960-61	663,80	7706,93	760,99	7360,68	811,20	7157,31	705,73	7176,45	716,15	6921,65	587,80	5485,30	1080,30	9762,80	623,70	6172,34	743,71	7217,93
1961-62	1058,80	8765,73	1079,26	8439,94	1008,80	8166,11	1052,40	8228,85	1017,30	7938,95	786,90	6252,20	1378,60	11141,40	1121,30	7293,64	1060,42	8278,35
1962-63	1236,70	10002,43	1147,03	9586,97	1133,20	9299,31	1125,70	9354,55	1081,43	9020,38	897,00	7149,20	1458,90	12600,30	932,80	8226,44	1126,60	9404,95
1963-64	726,20	10728,63	780,60	10367,57	889,00	10188,31	858,10	10212,65	803,40	9823,78	693,50	7842,70	1217,00	13817,30	918,60	9145,04	860,80	10265,75
1964-65	482,40	11211,03	446,40	10813,97	546,70	10735,01	539,00	10751,65	510,50	10334,28	489,70	8332,40	665,30	14482,60	488,80	9633,84	521,08	10786,82
1965-66	697,80	11908,83	708,10	11522,07	831,20	11566,21	838,50	11590,15	716,10	11050,38	590,10	8922,50	1129,50	15612,10	553,60	10187,24	758,11	11544,94
1966-67	405,70	12314,53	465,40	11987,47	441,90	12008,11	487,90	12078,05	581,20	11631,58	292,10	9214,60	801,50	16413,60	456,10	10653,34	492,73	12037,66
1967-68	397,00	12711,53	615,30	12602,77	841,50	12849,61	549,90	12627,95	600,60	12232,18	606,00	9820,60	803,00	17016,60	715,30	11368,64	591,08	12628,74
1968-69	657,80	13369,33	748,50	13351,27	946,00	13595,61	851,40	13479,35	882,50	12914,68	688,30	10508,90	1218,10	18234,70	1137,20	12505,84	866,23	13494,96
1969-70	802,80	14172,13	799,30	14150,57	783,70	14379,31	868,00	14347,35	838,00	13752,68	463,80	10972,70	1153,00	19387,70	869,70	13375,54	822,29	14317,25
1970-71	975,90	15148,03	1061,40	15211,97	743,40	15122,71	778,00	15123,35	756,50	14509,18	355,71	11328,41	1027,20	20414,90	828,40	14201,94	815,31	15132,56
1971-72	656,80	15804,83	529,40	15741,37	544,90	15667,61	507,40	15630,75	474,20	14983,38	342,09	11670,50	700,00	21114,90	631,70	14833,64	548,29	15680,85
1972-73	811,40	16616,03	631,50	16372,87	571,50	16239,11	834,50	16465,25	807,70	15591,08	447,23	12117,73	774,60	21889,50	567,20	15400,84	655,70	16336,55
1973-74	518,80	17134,83	383,00	16755,87	415,20	16654,31	504,00	16969,25	425,60	16016,68	386,37	12504,10	520,30	22409,80	382,00	15782,84	439,41	16775,96
1974-75	642,70	17777,53	419,20	17175,07	455,00	17109,31	479,50	17448,75	417,60	16434,28	402,34	12906,44	828,60	23236,40	396,00	16158,84	504,87	17280,83
1975-76	623,45	18400,98	560,70	17735,77	639,00	17748,31	581,00	18029,75	710,10	17144,38	489,02	13395,46	455,80	23692,00	668,50	16827,34	590,92	17871,75
1976-77	783,41	19184,39	889,20	18624,97	688,40	18436,71	811,00	18840,75	686,50	17830,88	585,54	13981,00	809,20	24501,20	735,30	17562,64	748,57	18620,32
1977-78	929,64	20114,03	971,30	19596,27	783,40	19220,11	797,00	19637,75	973,50	18804,38	701,28	14682,28	1066,60	25567,80	909,80	18472,44	891,57	19511,88
1978-79	693,27	20807,30	788,80	20385,07	658,90	19879,01	849,93	20487,68	701,70	19506,08	479,25	15161,53	784,20	26352,00	517,40	18989,84	681,68	20193,56
1979-80	497,28	21304,58	699,50	21084,57	427,50	20306,51	494,46	20982,14	409,40	19915,48	326,87	15488,40	552,00	26904,00	445,60	19435,44	481,57	20675,14
1980-81	419,42	21723,98	595,70	21680,27	316,60	20623,11	457,56	21439,70	360,70	20276,18	285,46	15773,86	405,00	27309,00	389,70	19825,14	403,77	21078,91
1981-82	515,79	22239,77	448,60	22106,87	486,70	21109,81	575,64	22015,34	411,50	20687,68	401,44	16175,30	578,80	27885,80	579,00	20404,14	499,18	21578,09
1982-83	296,61	22536,38	214,52	22321,39	296,30	21406,11	337,02	22352,36	245,30	20932,98	195,00	16370,30	384,20	28270,00	275,60	20679,74	280,57	21858,66
1983-84	655,27	23191,65	598,70	22920,09	691,10	22097,21	652,39	23004,75	623,10	21556,08	569,04	16939,34	861,90	29131,90	429,20	21108,94	635,09	22493,75
1984-85	720,08	23911,71	712,93	23633,02	783,00	22880,21	532,59	23537,34	670,67	22226,75	524,30	17463,64	952,60	30084,50	670,70	21779,64	695,86	23189,60
1985-86	521,25	24432,96	507,29	24140,31	461,30	23341,51	438,66	23976,20	476,08	22702,83	414,23	17877,87	851,70	30736,20	509,80	22289,44	497,56	23687,17
1986-87	543,58	24976,54	530,39	24670,70	489,80	23831,31	389,42	24365,62	497,94	23200,77	453,87	18331,54	732,70	31468,90	501,30	22790,74	517,35	24204,52
1987-88	897,92	25874,46	896,91	25567,61	872,00	24703,31	870,22	25235,84	844,75	24045,52	705,37	19038,91	1082,30	32551,20	837,50	23628,24	875,87	25080,39
1988-89	736,99	26611,45	730,45	26298,06	628,80	25331,91	525,82	25761,66	687,24	24732,76	652,77	19669,68	890,00	33441,20	835,50	24463,74	708,42	25788,81
1989-90	1093,89	27705,14	1099,41	27397,47	1004,70	26336,61	1274,54	27036,20	1036,37	25769,13	649,25	20318,93	1179,50	34620,70	1068,30	25532,04	1050,72	26839,53
1990-91	595,30	28300,44	583,88	27981,35	559,83	26896,44	855,31	27891,51	548,58	26317,69	430,35	20749,28	626,80	35247,50	545,40	26077,44	568,18	27407,71
1991-92	477,84	28778,28	462,39	28443,74	441,54	27337,98	509,38	28200,89	433,80	26751,29	338,07	21087,35	482,90	35730,40	454,90	26532,34	450,06	27857,78
1992-93	514,13	29292,41	499,24	28942,98	476,58	27814,56	502,19	28703,08	468,50	27219,79	384,58	21471,93	621,25	36351,65	484,93	26997,27	491,43	28349,21

Anexo 1. Estaciones del Grupo 5. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 6 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	SANLUCAR DE B.	BETALENGUAS	TREBUJENA	LEBRIJA	DOÑANA	LOS PALACIOS	MEDIA
1950-51	485,50	491,94	470,99	508,23	494,94	472,25	487,31
1951-52	551,40	553,56	526,09	580,25	560,25	542,11	552,28
1952-53	357,00	371,79	363,57	367,78	367,60	336,04	360,63
1953-54	453,00	395,64	384,89	395,65	392,87	312,00	389,01
1954-55	593,50	535,84	510,24	559,54	541,47	471,40	535,33
1955-56	872,30	853,60	794,36	931,00	878,26	882,26	868,63
1956-57	431,80	350,62	344,63	343,02	345,15	236,90	342,02
1957-58	328,60	366,95	359,26	362,15	362,50	375,10	359,09
1958-59	824,80	721,95	676,65	777,10	738,73	638,20	729,57
1959-60	674,10	578,00	584,05	656,03	628,96	610,10	621,87
1960-61	527,50	617,30	543,64	603,21	581,06	564,37	572,85
1961-62	849,60	920,70	459,00	809,93	766,78	763,02	761,51
1962-63	1107,30	985,40	1016,10	976,20	1019,85	990,86	1015,95
1963-64	726,90	921,80	663,90	1052,10	873,11	970,80	868,10
1964-65	508,40	595,00	537,80	580,60	531,63	390,80	524,04
1965-66	687,40	598,00	616,70	651,99	654,36	677,75	647,70
1966-67	427,60	422,50	366,70	433,57	427,26	452,00	421,61
1967-68	776,90	641,50	508,00	698,40	660,25	636,77	653,64
1968-69	828,10	597,00	818,00	864,70	801,20	864,90	795,65
1969-70	782,70	721,40	860,50	875,30	808,77	771,00	803,28
1970-71	623,60	622,10	597,50	750,50	673,84	736,40	667,32
1971-72	448,80	473,70	534,00	544,30	501,30	458,80	493,48
1972-73	590,90	492,00	569,50	583,70	565,13	545,50	557,79
1973-74	464,70	365,50	513,50	479,20	407,30	497,10	454,55
1974-75	448,30	441,80	510,00	443,50	492,67	572,45	484,79
1975-76	486,70	754,00	526,65	572,10	560,92	395,50	549,31
1976-77	511,10	568,90	521,35	538,90	554,63	564,00	543,15
1977-78	602,90	639,00	545,90	652,80	600,85	521,24	593,78
1978-79	681,60	598,22	534,70	572,20	566,64	640,70	599,01
1979-80	467,30	464,83	487,00	478,90	376,90	472,40	457,89
1980-81	394,20	352,00	329,70	300,70	399,20	255,37	338,53
1981-82	343,40	448,16	377,70	398,20	510,90	563,20	440,26
1982-83	217,70	283,53	284,80	295,20	265,30	250,00	266,09
1983-84	438,60	551,65	640,60	577,20	561,00	529,40	549,74
1984-85	582,90	608,05	549,33	677,40	629,10	603,88	608,44
1985-86	535,10	542,87	516,53	567,76	548,92	544,83	542,67
1986-87	517,90	594,91	563,06	628,60	673,35	588,99	594,47
1987-88	612,65	610,83	577,29	647,20	620,95	607,03	612,66
1988-89	510,30	515,13	491,73	535,33	519,82	498,54	511,81
1989-90	754,60	743,55	695,96	802,35	761,62	757,50	752,60
1990-91	551,70	554,07	526,55	552,20	560,79	542,69	548,00
1991-92	353,20	396,36	342,30	454,35	393,64	363,90	383,96
1992-93	245,50	275,95	277,77	255,09	265,87	227,13	257,89
1993-94	226,50	258,83	262,46	235,05	247,72	207,70	239,71
1994-95	138,25	179,33	191,36	141,99	163,41	117,47	155,30

Anexo 1. Estaciones del Grupo 6 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 6
(P anual en mm)

	SANLUCAR		BETALENGUAS		TREBUJENA		LEBRIJA		DOÑANA		LOS PALACIOS		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	485,50	485,50	491,94	491,94	470,99	470,99	508,23	508,23	494,94	494,94	472,25	472,25	487,31	487,31
1951-52	551,40	1036,90	553,56	1045,50	526,09	997,08	580,25	1088,48	560,25	1055,19	542,11	1014,36	552,28	1039,59
1952-53	357,00	1393,90	371,79	1417,29	363,57	1360,65	367,78	1456,26	367,60	1422,79	336,04	1350,40	380,63	1400,22
1953-54	453,00	1846,90	395,64	1812,93	384,89	1745,54	395,65	1851,91	392,87	1815,66	312,00	1662,40	389,01	1789,22
1954-55	593,50	2440,40	535,84	2348,77	510,24	2255,78	559,54	2411,45	541,47	2357,13	471,40	2133,80	535,33	2324,56
1955-56	872,30	3312,70	853,60	3202,37	794,36	3050,14	931,00	3342,45	878,26	3235,39	882,26	3016,06	868,63	3193,19
1956-57	431,80	3744,50	350,62	3552,99	344,63	3394,77	343,02	3685,47	345,15	3580,54	236,90	3252,96	342,02	3535,21
1957-58	328,60	4073,10	366,95	3919,94	359,26	3754,03	362,15	4047,62	362,50	3943,04	375,10	3628,06	359,09	3894,30
1958-59	824,80	4897,90	721,95	4641,89	676,65	4430,68	777,10	4824,72	738,73	4681,77	638,20	4266,26	729,57	4623,87
1959-60	674,10	5572,00	578,00	5219,89	584,05	5014,73	656,03	5480,75	628,96	5310,73	610,10	4878,36	621,87	5245,74
1960-61	527,50	6099,50	617,30	5837,19	543,64	5558,37	603,21	6083,96	581,06	5891,79	564,37	5440,73	572,85	5818,59
1961-62	849,60	6949,10	920,70	6757,89	459,00	6017,37	809,93	6893,89	766,78	6658,57	763,02	6203,75	761,51	6580,10
1962-63	1107,30	8056,40	985,40	7743,29	1016,10	7033,47	976,20	7870,09	1019,85	7678,42	990,86	7194,61	1015,95	7596,05
1963-64	726,90	8783,30	921,80	8665,09	663,90	7697,37	1052,10	8922,19	873,11	8551,53	970,80	8165,41	888,10	8484,15
1964-65	508,40	9291,70	595,00	9260,09	537,80	8235,17	580,60	9502,79	531,63	9083,16	390,80	8556,21	524,04	8988,19
1965-66	687,40	9979,10	598,00	9858,09	616,70	8851,87	651,99	10154,78	654,36	9737,52	677,75	9233,96	647,70	9635,89
1966-67	427,60	10406,70	422,50	10280,59	366,70	9218,57	433,57	10588,35	427,26	10164,78	452,00	9685,96	421,81	10057,49
1967-68	776,90	11183,60	641,50	10922,09	508,00	9726,57	698,40	11286,75	660,25	10825,03	636,77	10322,73	653,64	10711,13
1968-69	828,10	12011,70	597,00	11519,09	818,00	10544,57	864,70	12151,45	801,20	11626,23	864,90	11187,63	795,65	11506,78
1969-70	782,70	12794,40	721,40	12240,49	860,50	11405,07	875,30	13026,75	808,77	12435,00	771,00	11958,63	803,28	12310,06
1970-71	623,60	13418,00	622,10	12862,59	597,50	12002,57	750,50	13777,25	673,84	13108,84	736,40	12695,03	667,32	12977,38
1971-72	448,60	13866,80	473,70	13336,29	534,00	12536,57	544,30	14321,55	501,30	13610,14	458,80	13153,83	493,48	13470,86
1972-73	590,90	14457,70	492,00	13828,29	569,50	13106,07	583,70	14905,25	565,13	14175,27	545,50	13699,33	557,79	14028,65
1973-74	464,70	14922,40	365,50	14193,79	513,50	13619,57	479,20	15384,45	407,30	14582,57	497,10	14196,43	454,55	14483,20
1974-75	448,30	15370,70	441,80	14635,59	510,00	14129,57	443,50	15827,95	492,67	15075,24	572,45	14768,88	484,79	14967,99
1975-76	486,70	15857,40	754,00	15389,59	526,65	14656,22	572,10	16400,05	560,92	15636,16	395,50	15164,38	549,31	15517,30
1976-77	511,10	16368,50	568,90	15958,49	521,35	15177,57	538,90	16938,95	554,63	16190,79	564,00	15728,38	543,15	16060,45
1977-78	602,90	16971,40	639,00	16597,49	545,90	15723,47	652,80	17591,75	600,85	16791,64	521,24	16249,62	593,78	16654,23
1978-79	681,60	17653,00	598,22	17195,71	534,70	16258,17	572,20	18163,95	566,64	17358,28	640,70	16890,32	599,01	17253,24
1979-80	467,30	18120,30	464,83	17660,54	487,00	16745,17	478,90	18642,85	376,90	17735,18	472,40	17362,72	457,89	17711,13
1980-81	394,20	18514,50	352,00	18012,54	329,70	17074,87	300,70	18943,55	399,20	18134,38	255,37	17618,09	338,53	18049,66
1981-82	343,40	18857,90	448,16	18460,70	377,70	17452,57	398,20	19341,75	510,90	18645,28	563,20	18181,29	440,26	18489,92
1982-83	217,70	19075,60	283,53	18744,23	284,80	17737,37	295,20	19636,95	265,30	18910,58	250,00	18431,29	266,09	18756,00
1983-84	438,60	19514,20	551,65	19295,88	640,60	18377,97	577,20	20214,15	561,00	19471,58	529,40	18960,69	549,74	19305,75
1984-85	582,90	20097,10	608,05	19903,93	549,33	18927,30	677,40	20891,55	629,10	20100,68	603,88	19564,57	608,44	19914,19
1985-86	535,10	20632,20	542,87	20446,80	516,53	19443,83	567,76	21459,31	548,92	20649,60	544,83	20109,40	542,67	20456,86
1986-87	517,90	21150,10	594,91	21041,71	563,06	20006,89	628,80	22087,91	673,35	21322,95	588,99	20698,39	594,47	21051,33
1987-88	612,65	21762,75	610,83	21652,54	577,29	20584,18	647,20	22735,11	620,95	21943,90	607,03	21305,42	612,66	21663,98
1988-89	510,30	22273,05	515,13	22167,67	491,73	21075,91	535,33	23270,44	519,82	22463,72	498,54	21803,96	511,81	22175,79
1989-90	754,60	23027,65	743,55	22911,22	695,96	21771,87	802,35	24072,79	761,62	23225,34	757,50	22561,46	752,60	22928,39
1990-91	551,70	23579,35	554,07	23465,29	526,55	22298,42	552,20	24624,99	560,79	23786,13	542,69	23104,15	548,00	23476,39
1991-92	353,20	23932,55	396,36	23861,65	342,30	22640,72	454,35	25079,34	393,64	24179,77	363,90	23468,05	383,96	23860,35
1992-93	245,50	24178,05	275,95	24137,60	277,77	22918,49	255,09	25334,43	265,87	24445,64	227,13	23695,18	257,89	24118,23
1993-94	226,50	24404,55	258,83	24396,43	262,48	23180,95	235,05	25569,48	247,72	24693,36	207,70	23902,88	239,71	24357,94
1994-95	138,25	24542,80	179,33	24575,76	191,36	23372,31	141,99	25711,47	163,41	24856,77	117,47	24020,35	155,30	24513,24

Anexo 1. Estaciones del Grupo 6. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 7 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

	BENACAZON	HUEVAR	HINOJOS	VILLAMANRIQUE	PILAS	LA JUNCOSA	MEDIA
1950-51	634,69	602,70	476,00	719,20	610,27	616,53	609,90
1951-52	854,06	808,53	831,30	762,40	809,72	818,56	814,10
1952-53	568,14	540,26	590,00	484,30	549,76	555,23	547,95
1953-54	431,78	412,32	456,40	370,20	425,79	429,65	421,02
1954-55	510,88	486,54	523,60	446,70	497,71	502,51	494,66
1955-56	830,72	786,63	735,30	816,00	788,50	797,07	792,37
1956-57	313,31	301,17	300,70	310,70	318,08	320,54	310,75
1957-58	320,58	307,99	302,50	322,10	324,69	327,23	317,52
1958-59	645,15	612,52	619,30	594,90	619,78	626,16	619,64
1959-60	766,88	736,12	763,00	690,50	739,55	747,48	740,59
1960-61	798,44	864,50	661,70	712,80	759,15	767,34	760,66
1961-62	973,94	892,50	949,10	875,60	918,71	928,97	923,14
1962-63	1101,20	1208,40	969,10	911,40	1060,65	1072,75	1053,92
1963-64	1028,60	755,70	881,60	803,40	880,27	890,03	873,27
1964-65	552,00	471,48	439,80	419,90	483,12	487,72	475,67
1965-66	661,40	501,00	653,10	591,20	614,36	620,66	606,95
1966-67	391,00	525,80	407,80	426,70	394,10	445,65	431,84
1967-68	544,10	651,10	585,90	557,00	611,20	608,68	593,00
1968-69	1018,20	1006,00	860,40	875,30	938,00	963,29	943,53
1969-70	865,50	745,60	839,20	766,70	837,60	832,83	814,57
1970-71	633,50	757,90	659,50	401,00	624,60	634,47	618,50
1971-72	560,50	774,90	482,50	406,00	504,30	563,84	548,67
1972-73	513,50	472,90	570,50	511,70	532,80	538,12	523,25
1973-74	453,50	355,70	500,70	304,90	443,80	428,04	414,44
1974-75	480,00	345,00	607,70	430,70	469,40	483,65	469,41
1975-76	564,50	792,00	429,30	493,70	564,30	587,28	571,85
1976-77	597,00	784,00	570,90	590,60	547,10	520,50	601,68
1977-78	826,00	598,70	749,90	717,10	772,00	796,50	743,37
1978-79	659,00	710,30	534,30	575,30	607,10	567,60	608,93
1979-80	439,00	226,00	283,50	297,40	380,40	397,90	337,37
1980-81	272,26	209,60	264,10	250,10	305,60	312,70	269,06
1981-82	444,42	343,70	429,85	419,00	465,60	470,80	428,90
1982-83	318,76	528,10	322,11	206,00	241,50	267,00	313,91
1983-84	689,25	399,90	639,77	770,80	624,20	793,70	652,94
1984-85	704,11	460,60	652,51	710,10	725,30	746,60	666,54
1985-86	453,66	332,80	437,78	442,60	526,30	431,00	437,36
1986-87	558,47	531,19	527,64	403,50	597,50	584,10	533,73
1987-88	849,35	804,11	777,05	758,10	846,90	772,70	801,37
1988-89	507,53	483,39	483,96	450,76	476,30	487,90	481,64
1989-90	960,59	908,47	872,42	851,56	893,80	893,40	896,71
1990-91	471,22	449,32	452,83	418,64	472,63	425,60	448,37
1991-92	426,60	407,47	414,58	379,17	421,08	408,60	409,58
1992-93	271,75	262,31	281,45	241,42	280,24	281,97	269,86
1993-94	221,94	215,54	238,69	197,25	234,90	236,04	224,06
1994-95	185,42	181,25	207,33	164,86	201,66	202,36	190,48

Anexo 1. Estaciones del Grupo 7 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 7
(P anual en mm)

	BENACAZON		HUEVAR		HINOJOS		VILLAMANRIQUE		PILAS		LA JUNCOSA		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	634,69	634,69	602,70	602,70	476,00	476,00	719,20	719,20	610,27	610,27	616,53	616,53	609,90	609,90
1951-52	854,06	1488,75	808,53	1411,23	831,30	1307,30	762,40	1481,60	809,72	1419,99	818,56	1435,09	814,10	1423,99
1952-53	568,14	2056,89	540,26	1951,49	590,00	1897,30	484,30	1965,90	549,76	1969,75	555,23	1990,32	547,95	1971,94
1953-54	431,78	2488,67	412,32	2363,81	456,40	2353,70	370,20	2336,10	425,79	2395,54	429,65	2419,97	421,02	2392,97
1954-55	510,88	2999,55	486,54	2850,35	523,60	2877,30	446,70	2782,80	497,71	2893,25	502,51	2922,48	494,66	2887,62
1955-56	830,72	3830,27	786,63	3636,98	735,30	3612,60	816,00	3598,80	788,50	3681,75	797,07	3719,55	792,37	3679,99
1956-57	313,31	4143,58	301,17	3938,15	300,70	3913,30	310,70	3909,50	318,08	3999,83	320,54	4040,09	310,75	3990,74
1957-58	320,58	4464,16	307,99	4246,14	302,50	4215,80	322,10	4231,60	324,69	4324,52	327,23	4367,32	317,52	4308,26
1958-59	645,15	5109,31	612,52	4858,66	619,30	4835,10	594,90	4826,50	619,78	4944,30	626,18	4993,48	619,64	4927,89
1959-60	766,88	5876,19	736,12	5594,78	763,00	5598,10	690,50	5517,00	739,55	5683,85	747,48	5740,96	740,59	5668,48
1960-61	798,44	6674,63	864,50	6459,28	661,70	6259,80	712,80	6229,80	759,15	6443,00	767,34	6508,30	760,66	6429,14
1961-62	973,94	7648,57	892,50	7351,78	949,10	7208,90	875,60	7105,40	918,71	7361,71	928,97	7437,27	923,14	7352,27
1962-63	1101,20	8749,77	1208,40	8560,18	969,10	8178,00	911,40	8016,80	1060,65	8422,36	1072,75	8510,02	1053,92	8406,19
1963-64	1028,60	9778,37	755,70	9315,88	881,60	9059,60	803,40	8820,20	880,27	9302,63	890,03	9400,05	873,27	9279,46
1964-65	552,00	10330,37	471,48	9787,36	439,80	9499,40	419,90	9240,10	483,12	9785,75	487,72	9887,77	475,67	9755,13
1965-66	661,40	10991,77	501,00	10288,36	653,10	10152,50	591,20	9831,30	614,36	10400,11	620,66	10508,43	606,95	10362,08
1966-67	391,00	11382,77	525,80	10814,16	407,80	10560,30	426,70	10258,00	394,10	10794,21	445,65	10954,08	431,84	10793,92
1967-68	544,10	11926,87	651,10	11465,26	585,90	11146,20	557,00	10815,00	611,20	11405,41	608,68	11562,76	593,00	11386,92
1968-69	1018,20	12945,07	1006,00	12471,26	860,40	12006,60	875,30	11690,30	938,00	12343,41	963,29	12526,05	943,53	12330,45
1969-70	865,50	13810,57	745,60	13216,86	839,20	12845,80	766,70	12457,00	837,60	13181,01	832,83	13358,88	814,57	13145,02
1970-71	633,50	14444,07	757,90	13974,76	659,50	13505,30	401,00	12858,00	624,60	13805,61	634,47	13993,35	618,50	13763,52
1971-72	560,50	15004,57	774,90	14749,66	482,50	13987,80	406,00	13264,00	504,30	14309,91	563,84	14557,19	548,67	14312,19
1972-73	513,50	15518,07	472,90	15222,56	570,50	14558,30	511,70	13775,70	532,80	14842,71	538,12	15095,31	523,25	14835,44
1973-74	453,50	15971,57	355,70	15578,26	500,70	15059,00	304,90	14080,60	443,80	15286,51	428,04	15523,35	414,44	15249,88
1974-75	480,00	16451,57	345,00	15923,26	607,70	15666,70	430,70	14511,30	469,40	15755,91	483,65	16007,00	469,41	15719,29
1975-76	564,50	17016,07	792,00	16715,26	429,30	16096,00	493,70	15005,00	564,30	16320,21	587,28	16594,28	571,85	16291,14
1976-77	597,00	17613,07	784,00	17499,26	570,90	16666,90	590,60	15595,60	547,10	16867,31	520,50	17114,78	601,68	16892,82
1977-78	826,00	18439,07	598,70	18097,96	749,90	17416,80	717,10	16312,70	772,00	17639,31	796,50	17911,28	743,37	17636,19
1978-79	659,00	19098,07	710,30	18808,26	534,30	17951,10	575,30	16888,00	607,10	18246,41	567,60	18478,88	608,93	18245,12
1979-80	439,00	19537,07	226,00	19034,26	283,50	18234,60	297,40	17185,40	380,40	18626,81	397,90	18876,78	337,37	18582,49
1980-81	272,26	19809,33	209,60	19243,86	264,10	18498,70	250,10	17435,50	305,60	18932,41	312,70	19189,48	269,06	18851,55
1981-82	444,42	20253,75	343,70	19587,56	429,85	18928,55	419,00	17854,50	465,60	19398,01	470,80	19660,28	428,90	19280,44
1982-83	318,76	20572,51	528,10	20115,66	322,11	19250,66	206,00	18060,50	241,50	19639,51	267,00	19927,28	313,91	19594,35
1983-84	689,25	21261,76	399,90	20515,56	639,77	19890,43	770,80	18831,30	624,20	20263,71	793,70	20720,98	652,94	20247,29
1984-85	704,11	21965,87	460,60	20976,16	652,51	20542,94	710,10	19541,40	725,30	20989,01	746,60	21467,58	666,54	20913,83
1985-86	453,66	22419,53	332,80	21308,96	437,78	20980,72	442,60	19984,00	526,30	21515,31	431,00	21898,58	437,38	21351,18
1986-87	558,47	22978,00	531,19	21840,15	527,64	21508,36	403,50	20387,50	597,50	22112,81	584,10	22482,68	533,73	21884,92
1987-88	849,35	23827,35	804,11	22644,26	777,05	22285,41	758,10	21145,60	846,90	22959,71	772,70	23255,38	801,37	22686,29
1988-89	507,53	24334,88	483,39	23127,65	483,96	22769,37	450,76	21596,36	476,30	23436,01	487,90	23743,28	481,64	23167,93
1989-90	960,59	25295,47	908,47	24036,12	872,42	23641,79	851,56	22447,92	893,80	24329,81	893,40	24636,68	896,71	24064,63
1990-91	471,22	25766,69	449,32	24485,44	452,83	24094,62	418,64	22866,56	472,63	24802,44	425,60	25062,28	448,37	24513,01
1991-92	426,60	26193,29	407,47	24892,91	414,58	24509,20	379,17	23245,73	421,08	25223,52	408,60	25470,88	409,58	24922,59
1992-93	271,75	26465,04	262,31	25155,22	281,45	24790,65	241,42	23487,15	280,24	25503,76	281,97	25752,85	269,86	25192,45
1993-94	221,94	26686,98	215,54	25370,76	236,69	25027,34	197,25	23684,40	234,90	25738,66	236,04	25988,89	223,73	25416,17
1994-95	185,42	26872,40	181,25	25552,01	207,33	25234,67	164,86	23849,26	201,66	25940,32	202,36	26191,25	190,48	25606,65

Anexo 1. Estaciones del Grupo 7. Totales y acumulados

ESTACIONES DEL GRUPO 8 COMPLETADAS Y CORREGIDAS
(P anual en mm)

AÑO	LAS MANCHAS	JUNCOSILLA	LA CALERA	LOS POBRES	HATO RATON	VILLAFRANCO	F.A.O.	MEDIA
1950-51	542,10	511,70	576,20	474,37	505,22	451,18	492,26	507,58
1951-52	617,11	683,00	633,35	463,55	562,43	493,11	549,53	571,73
1952-53	403,13	416,20	470,32	379,00	399,22	373,47	386,15	403,93
1953-54	323,59	348,60	409,72	316,00	338,56	329,01	325,42	341,56
1954-55	457,15	460,90	511,47	423,00	440,42	403,68	427,40	446,29
1955-56	712,75	699,60	706,22	604,00	635,37	546,59	622,56	646,73
1956-57	229,69	276,40	338,17	234,00	266,93	276,50	253,72	267,92
1957-58	363,70	325,90	404,37	290,00	333,20	325,08	320,06	337,47
1958-59	547,10	606,40	651,19	624,00	580,28	506,20	567,41	583,23
1959-60	463,10	626,70	643,55	663,00	572,64	500,60	559,71	575,61
1960-61	634,00	549,20	694,00	550,00	593,57	515,94	580,71	588,20
1961-62	1006,60	820,60	975,60	1021,00	877,58	738,80	865,03	900,74
1962-63	1100,40	899,40	932,50	796,00	855,79	717,00	843,21	877,76
1963-64	848,60	755,30	906,00	783,00	772,88	706,20	760,22	790,31
1964-65	456,60	379,10	455,00	340,00	406,56	396,80	393,50	403,94
1965-66	642,70	555,80	663,50	547,00	574,19	520,70	561,31	580,74
1966-67	405,40	387,80	401,00	396,72	399,34	373,56	386,27	392,87
1967-68	640,30	558,00	699,50	469,00	543,18	396,00	529,98	547,99
1968-69	894,20	835,10	706,70	710,00	713,89	535,60	701,16	728,09
1969-70	1169,90	814,00	798,20	685,00	774,55	541,00	761,89	792,08
1970-71	650,30	557,80	660,50	415,00	563,03	533,63	580,35	565,80
1971-72	467,80	418,00	572,50	418,00	460,00	414,19	408,00	451,21
1972-73	543,00	481,30	509,50	444,00	576,00	524,10	554,00	518,84
1973-74	412,00	336,20	474,50	379,00	393,00	425,80	417,00	405,36
1974-75	484,60	366,90	570,50	545,37	469,88	454,90	449,00	477,31
1975-76	536,40	464,40	636,00	260,62	544,66	390,70	492,00	474,97
1976-77	598,90	565,10	712,20	554,10	473,00	396,30	518,00	545,37
1977-78	633,00	665,80	831,40	591,92	661,98	669,80	598,00	664,56
1978-79	620,10	555,20	647,00	659,77	608,59	512,30	509,00	587,42
1979-80	360,80	316,30	396,10	237,00	284,64	265,00	304,65	309,21
1980-81	292,50	242,40	326,30	249,34	368,10	231,50	288,09	285,46
1981-82	474,80	479,90	514,20	427,51	462,75	395,00	449,74	457,70
1982-83	228,90	281,50	265,00	222,60	231,64	352,00	237,37	259,86
1983-84	660,80	602,40	659,00	526,37	449,00	505,40	498,00	557,28
1984-85	666,80	933,60	677,90	728,29	735,36	619,88	722,65	726,35
1985-86	505,10	445,80	546,70	461,56	493,61	442,66	480,64	482,30
1986-87	605,50	519,10	679,00	566,11	588,37	512,13	575,50	577,96
1987-88	862,70	743,90	776,50	764,11	767,82	643,67	755,15	759,12
1988-89	375,46	240,20	509,55	334,13	378,11	358,00	365,02	365,78
1989-90	985,15	883,89	875,45	847,21	843,14	698,89	830,55	852,04
1990-91	459,30	489,01	538,00	460,99	493,10	442,29	480,13	480,40
1991-92	465,40	375,20	449,60	390,70	429,39	395,59	416,35	417,46
1992-93	234,23	238,96	341,25	217,00	271,84	279,82	257,84	262,99
1993-94	184,00	195,90	302,92	174,97	233,75	251,85	219,80	223,32
1994-95	34,14	67,45	188,57	49,61	120,10	168,41	106,32	104,94

Anexo 1. Estaciones del Grupo 8 completadas y corregidas

TOTALES Y ACUMULADOS PARA ESTACIONES DEL GRUPO 8
(P anual en mm)

	LAS MANCHAS		LA JUNCOSILLA		LA CALERA		LOS POBRES		HATO RATON		VILLAFRANCO		F.A.O.		MEDIA	
	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.	TOTAL	ACUM.
1950-51	542,10	542,10	511,70	511,70	576,20	576,20	474,37	474,37	505,22	505,22	451,18	451,18	492,26	492,26	507,58	507,58
1951-52	617,11	1159,21	683,00	1194,70	633,35	1209,55	463,55	937,92	562,43	1067,65	493,11	944,29	549,53	1041,79	571,73	1079,30
1952-53	403,13	1562,34	418,20	1610,90	470,32	1679,87	379,00	1316,92	399,22	1466,87	373,47	1317,76	388,15	1427,94	403,93	1483,23
1953-54	323,59	1885,93	348,60	1959,50	409,72	2089,59	316,00	1632,92	338,56	1805,43	329,01	1646,77	325,42	1753,36	341,56	1824,79
1954-55	457,15	2343,08	460,90	2420,40	511,47	2601,06	423,00	2055,92	440,42	2245,85	403,68	2050,45	427,40	2180,76	446,29	2271,07
1955-56	712,75	3055,83	699,60	3120,00	706,22	3307,28	604,00	2659,92	635,37	2881,22	546,59	2597,04	622,56	2803,32	646,73	2917,80
1956-57	229,69	3285,52	278,40	3398,40	338,17	3645,45	234,00	2893,92	266,93	3148,15	276,50	2873,54	253,72	3057,04	267,92	3185,72
1957-58	363,70	3649,22	325,90	3722,30	404,37	4049,82	290,00	3183,92	333,20	3481,35	325,08	3198,62	320,06	3377,10	337,47	3523,19
1958-59	547,10	4196,32	606,40	4328,70	651,19	4701,01	624,00	3807,92	580,28	4061,63	506,20	3704,82	587,41	3944,51	583,23	4106,42
1959-60	463,10	4659,42	626,70	4955,40	643,55	5344,56	663,00	4470,92	572,64	4634,27	500,60	4205,42	559,71	4504,22	575,61	4682,03
1960-61	634,00	5293,42	549,20	5504,60	694,00	6038,56	550,00	5020,92	593,57	5227,84	515,94	4721,36	580,71	5084,93	588,20	5270,23
1961-62	1006,60	6300,02	820,60	6325,20	975,80	7014,16	1021,00	6041,92	877,58	6105,42	738,80	5460,16	885,03	5969,96	900,74	6170,96
1962-63	1100,40	7400,42	899,40	7224,60	932,50	7946,66	796,00	6837,92	855,79	6961,21	717,00	6177,16	843,21	6793,17	877,76	7048,73
1963-64	848,60	8249,02	755,30	7979,90	906,00	8852,66	783,00	7620,92	772,88	7734,09	706,20	6883,36	760,22	7553,39	790,31	7839,05
1964-65	456,60	8705,62	379,10	8359,00	455,00	9307,66	340,00	7960,92	406,58	8140,65	396,80	7280,16	393,50	7946,89	403,94	8242,99
1965-66	642,70	9348,32	555,80	8914,80	663,50	9971,16	547,00	8507,92	574,19	8714,84	520,70	7800,86	581,31	8528,20	580,74	8823,73
1966-67	405,40	9753,72	387,80	9302,60	401,00	10372,16	396,72	8904,64	399,34	9114,18	373,56	8174,42	386,27	8884,47	392,87	9216,60
1967-68	640,30	10394,02	558,00	9860,60	699,50	11071,66	469,00	9373,64	543,18	9657,36	396,00	8570,42	529,98	9424,45	547,99	9764,59
1968-69	894,20	11288,22	835,10	10695,70	706,70	11778,36	710,00	10083,64	713,89	10371,25	535,60	9106,02	701,16	10125,61	728,09	10492,69
1969-70	1189,90	12458,12	814,00	11509,70	798,20	12576,56	685,00	10768,64	774,55	11145,80	541,00	9647,02	781,89	10887,50	792,08	11284,76
1970-71	650,30	13108,42	557,80	12067,50	660,50	13237,06	415,00	11183,64	563,03	11708,83	533,63	10180,65	580,35	11467,85	585,80	11850,56
1971-72	467,80	13576,22	418,00	12485,50	572,50	13809,56	418,00	11601,64	460,00	12168,83	414,19	10594,84	408,00	11875,85	451,21	12301,78
1972-73	543,00	14119,22	481,30	12966,80	509,50	14319,06	444,00	12045,64	578,00	12744,83	524,10	11118,94	554,00	12429,85	518,84	12820,62
1973-74	412,00	14531,22	336,20	13303,00	474,50	14793,56	379,00	12424,64	393,00	13137,83	425,80	11544,74	417,00	12846,85	405,36	13225,98
1974-75	484,60	15015,82	366,90	13669,90	570,50	15364,06	545,37	12970,01	469,88	13607,71	454,90	11999,64	449,00	13295,85	477,31	13703,28
1975-76	536,40	15552,22	464,40	14134,30	636,00	16000,06	280,62	13230,63	544,66	14152,37	390,70	12390,34	492,00	13787,85	474,97	14178,25
1976-77	598,90	16151,12	565,10	14699,40	712,20	16712,26	554,10	13784,73	473,00	14625,37	396,30	12786,64	518,00	14305,85	545,37	14723,62
1977-78	633,00	16784,12	665,80	15365,20	831,40	17543,66	591,92	14376,65	661,98	15287,35	669,80	13456,44	598,00	14903,85	664,56	15388,18
1978-79	620,10	17404,22	555,20	15920,40	647,00	18190,66	659,77	15036,42	608,59	15895,94	512,30	13968,74	509,00	15412,85	587,42	15975,60
1979-80	360,80	17765,02	318,30	16238,70	396,10	18586,76	237,00	15273,42	284,64	16180,58	285,00	14233,74	304,85	15717,50	309,21	16284,82
1980-81	292,50	18057,52	242,40	16479,10	326,30	18913,06	249,34	15522,76	368,10	16548,68	231,50	14465,24	288,09	16005,59	285,48	16570,28
1981-82	474,80	18532,32	479,90	16959,00	514,20	19427,26	427,51	15950,27	462,75	17011,43	395,00	14860,24	449,74	16455,33	457,70	17027,98
1982-83	228,90	18761,22	281,50	17240,50	265,00	19692,26	222,60	16172,87	231,64	17243,07	352,00	15212,24	237,37	16692,70	259,86	17287,84
1983-84	660,80	19422,02	602,40	17842,90	659,00	20351,26	526,37	16699,24	449,00	17692,07	505,40	15717,64	498,00	17190,70	557,28	17845,12
1984-85	666,80	20088,82	933,60	18776,50	677,90	21029,16	728,29	17427,53	735,36	18427,43	619,88	16337,52	722,65	17913,35	726,35	18571,47
1985-86	505,10	20593,92	445,80	19222,30	548,70	21575,86	461,56	17889,09	493,61	18921,04	442,66	16780,18	480,84	18393,99	482,30	19053,77
1986-87	605,50	21199,42	519,10	19741,40	679,00	22254,86	566,11	18455,20	588,37	19509,41	512,13	17292,31	575,50	18969,49	577,96	19631,73
1987-88	862,70	22062,12	743,90	20485,30	776,50	23031,36	764,11	19219,31	767,82	20277,23	643,87	17935,98	755,15	19724,64	759,12	20390,85
1988-89	375,48	22437,58	240,20	20725,50	509,55	23540,91	334,13	19553,44	378,11	20655,34	358,00	18293,98	365,02	20089,66	365,78	20756,63
1989-90	985,15	23422,73	883,89	21609,39	875,45	24416,36	847,21	20400,65	843,14	21498,48	698,89	18992,87	830,55	20920,21	852,04	21608,67
1990-91	459,30	23882,03	489,01	22098,40	538,00	24954,36	460,99	20861,64	493,10	21991,58	442,29	19435,16	480,13	21400,34	480,40	22089,07
1991-92	465,40	24347,43	375,20	22473,60	449,60	25403,96	390,70	21252,34	429,39	22420,97	395,59	19830,75	416,35	21816,69	417,46	22506,53
1992-93	234,23	24581,66	238,96	22712,56	341,25	25745,21	214,00	21466,34	271,84	22692,81	279,82	20110,57	257,84	22074,53	262,56	22769,10
1993-94	184,00	24765,66	195,90	22908,46	302,92	26048,13	174,97	21641,31	233,75	22926,56	251,85	20362,42	219,80	22294,33	223,31	22992,41
1994-95	134,13	24899,79	187,45	23095,91	188,57	26236,70	149,81	21790,92	120,10	23046,66	168,41	20530,83	106,32	22400,65	150,66	23143,07

Anexo 1. Estaciones del Grupo 8. Totales y acumulados

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: ABALARIO						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.05	16.95	10.89	10.65	10.43	14.3	14.25	17.42	22.7	22.97	22.3	22.86
i	6.98	6.35	3.25	3.14	3.04	4.91	4.88	6.63	9.88	10.07	9.62	9.98
I	Σi= 78.73											
ε	2.3	2	1	0.9	0.9	1.5	1.5	2.2	3.5	3.6	3.3	3.5
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	68.51	51	25.62	23.93	21.16	48.04	49.5	83.15	129.15	139.52	119.44	108.15

ESTACIÓN: ABALARIO						AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.8	11.9	7.85	8.6	7.55	11.15	13.4	16.95	18.65	23.2	22.25	19.35
i	7.43	3.72	1.98	2.27	1.87	3.36	4.45	6.35	7.34	10.21	9.58	7.76
I	Σi= 66.31											
ε	2.6	1.3	0.6	0.8	0.6	1.2	1.6	2.2	2.6	3.7	3.4	2.7
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	77.45	33.15	15.37	21.27	14.11	38.44	52.8	83.15	95.94	143.4	123.06	83.43

ESTACIÓN: ABALARIO						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.97	13.03	9.85	9.53	10.28	12.59	14.65	17.71	21.03	24.09	23.79	21.32
i	6.94	4.26	2.79	2.65	2.98	4.05	5.09	6.79	8.8	10.82	10.62	8.98
I	Σi= 74.77											
ε	2.3	1.3	0.8	0.8	0.9	1.3	1.7	2.3	3	3.8	3.8	3.1
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	68.51	33.15	20.5	21.27	21.16	41.64	56.1	86.93	110.7	147.27	137.54	95.79

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 8. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Abalario

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO SECO: 1982-83					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.3	15.3	12.4	11.55	11.1	14.4	13.7	18.35	22.9	24.5	23.2	21.4
i	7.73	5.44	3.96	3.56	3.34	4.96	4.6	7.05	10.01	11.09	10.21	9.04
I	Σi= 80.99											
ε	2.6	1.7	1.2	1	1	1.6	1.4	2.4	3.6	3.9	3.7	3.1
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	77.46	43.35	30.75	26.59	23.52	51.25	46.2	90.72	132.84	151.16	133.93	97.79

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO HÚMEDO: 1962-63					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.45	12.15	11.25	10.75	10.25	13.4	14.3	19.45	21.35	24.6	24.3	22.05
i	6.63	3.84	3.41	3.18	2.97	4.45	4.91	7.82	9	11.16	10.95	9.45
I	Σi= 77.77											
ε	2.2	1.2	1	0.9	0.9	1.4	1.5	2.6	3.1	3.9	3.9	3.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	65.53	30.6	25.62	23.93	21.16	44.84	49.5	98.27	114.39	151.15	141.16	101.97

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.25	13.97	11.03	10.35	11.37	13.42	14.84	17.99	21.41	24.68	24.63	21.73
i	7.1	4.74	3.31	3.01	3.46	4.46	5.19	6.95	9.05	11.21	11.18	9.25
I	Σi= 78.91											
ε	2.4	1.5	1	0.8	1	1.4	1.7	2.3	3.1	4	4	3.2
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.49	38.25	25.62	21.27	23.52	44.84	56.1	86.93	114.39	155.02	144.77	98.88

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 9. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: CABEZUDOS						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	16.45	12.95	8.65	9.7	9.2	14.6	13.65	15.75	21.6	21.45	22.75	24.2
i	6.07	4.22	2.29	2.73	2.52	5.07	4.57	5.68	9.17	9.07	9.91	10.89
I	Σi= 72.19											
ε	2	1.5	0.7	0.8	0.8	1.7	1.6	1.9	3.2	3.2	3.5	3.9
N	11.1	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	58.93	37.8	17.94	21.01	18.81	54.45	52.8	71.81	119.04	124.02	126.68	121.68

ESTACIÓN: CABEZUDOS						AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	21.95	11.45	11.45	11.1	10.5	13.45	15.5	20.85	21.75	25.4	24.9	23.2
i	9.39	3.5	3.51	3.34	3.08	4.47	5.55	8.69	9.26	11.71	11.37	10.21
I	Σi= 84.08											
ε	3.2	0.9	0.9	0.9	0.8	1.3	1.7	2.9	3.2	4.2	4	3.6
N	11.1	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	94.3	22.68	23.06	23.64	18.81	41.64	56.1	109.61	119.04	162.78	144.77	112.32

ESTACIÓN: CABEZUDOS						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.5	13.86	10.77	10.27	11.51	13.53	15.78	18.65	21.69	25.25	25.2	23.4
i	7.25	4.68	3.18	2.97	3.54	4.52	5.7	7.34	9.22	11.6	11.57	10.35
I	Σi= 81.92											
ε	2.4	1.4	0.9	0.8	1	1.3	1.8	2.5	3.2	4.1	4.1	3.7
N	11.1	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	70.72	35.28	23.06	21.01	23.52	41.64	59.4	94.49	119.04	158.9	148.39	115.44

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 10. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: EL GUIJO						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.3	13.4	9.75	11.7	9.55	15.6	14.8	16.65	23.2	23.65	24.25	25.95
i	6.55	4.45	2.75	3.62	2.66	5.6	5.17	6.18	10.21	10.51	10.92	12.09
I	Σi= 80.71											
ε	2.1	1.4	0.8	1.1	0.7	1.8	1.6	2	3.7	3.8	3.9	4.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	62.56	35.7	20.5	29.24	16.46	54	52.8	75.59	136.53	147.27	141.16	132.87

ESTACIÓN: EL GUIJO						AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	21.6	12.25	11.6	11.5	9.85	13.65	16.35	20.55	22.45	27.8	27.3	23.8
i	9.17	3.88	3.58	3.53	2.79	4.57	6.01	8.5	9.71	13.43	13.07	10.62
I	Σi= 88.86											
ε	3	1	0.9	0.9	0.6	1.2	1.8	2.8	3.3	4.5	4.5	3.7
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	89.36	25.5	23.06	23.93	14.11	38.44	59.4	105.83	121.77	174.4	162.87	114.33

ESTACIÓN: EL GUIJO						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.4	14.57	11.44	10.95	11.74	13.74	15.66	19.27	23.16	27.04	26.95	24.52
i	7.79	5.04	3.5	3.27	3.64	4.62	5.63	7.69	10.18	12.88	12.8	11.11
I	Σi= 87.15											
ε	2.5	1.4	0.9	0.8	0.9	1.3	1.7	2.4	3.5	5	4.5	4.5
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	74.47	35.7	23.06	21.27	21.16	41.64	56.1	90.71	129.15	193.78	162.87	139.05

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 11. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: EL VILLAR					AÑO SECO: 1982-83							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.47	14.13	10.3	10.9	10.35	15.43	14.77	17.65	23.42	24.08	24.57	24.92
i	7.16	4.82	2.99	3.25	3.01	5.5	5.16	6.75	10.36	10.8	11.12	11.38
I	Σi= 82.32											
ε	2.4	1.5	0.8	0.9	0.8	1.7	1.6	2.2	3.7	3.8	3.9	4
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.49	38.25	20.5	23.93	18.81	54.45	52.8	83.15	136.53	147.27	141.16	123.6

ESTACIÓN: EL VILLAR					AÑO HÚMEDO: 1962-63							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.85	11.9	10.7	11.3	10.1	13.4	15	18.95	21.1	25.1	24.5	21.4
i	8.07	3.72	3.16	3.44	2.9	4.45	5.28	7.52	8.85	11.5	11.09	9.04
I	Σi= 79.02											
ε	2.7	1.1	0.9	1	0.8	1.4	1.7	2.5	3	4	3.9	3.1
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	80.43	28.05	23.06	26.59	18.82	44.85	56.1	94.5	108.9	155.04	141.17	95.79

ESTACIÓN: EL VILLAR					AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.2	13.38	10.75	10.58	11.55	13.17	15.07	18.45	21.79	25.04	24.69	21.97
i	7.07	4.44	3.18	3.11	3.55	4.34	5.31	7.22	9.29	11.47	11.22	9.41
I	Σi= 79.61											
ε	2.4	1.4	0.9	0.9	1	1.3	1.7	2.4	3.2	4	4	3.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.49	35.7	23.06	23.93	23.52	41.64	56.1	90.71	118.08	155.02	144.77	101.97

Tª.- Temperatura media mensual (°C)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (°C) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 12. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO SECO: 1982-83					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.1	13.05	9.6	12.4	10.4	16.05	14.3	16.4	23.8	23.8	23.75	26.15
i	7.01	4.27	2.69	3.96	3.03	5.84	4.91	6.04	10.62	10.62	10.58	12.24
I	Σi= 81.81											
ε	2.3	1.2	0.7	1.2	0.8	1.8	1.5	1.9	3.8	3.8	3.8	4.4
N	11	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	67.78	30.24	17.94	31.52	18.82	57.66	49.5	72.43	141.36	147.29	137.55	137.28

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO HÚMEDO: 1962-63					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	16.8	11.45	9.75	10.5	9.5	11.5	14.15	18.5	18.5	26	25.5	24
i	6.26	3.5	2.75	3.08	2.64	3.53	4.84	7.25	7.25	12.13	11.78	10.75
I	Σi= 75.76											
ε	2.1	1.1	0.8	1	0.8	1.1	1.6	2.4	2.4	4.4	4.2	3.8
N	11	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	61.89	27.72	20.5	26.27	18.82	35.24	52.8	91.49	89.28	170.54	152.03	118.56

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.36	13.53	10.42	9.87	10.5	12.5	14.28	18.02	21.98	26.21	26.49	23.6
i	7.16	4.51	3.05	2.8	3.08	4	4.9	6.96	9.41	12.28	12.48	10.48
I	Σi= 82.11											
ε	2.4	1.3	0.8	0.8	0.8	1.2	1.5	2.3	3.3	4.4	4.5	3.7
N	11	10.1	9.6	9.9	10.8	12	13.2	14.3	14.9	14.5	13.6	12.5
ETP	70.72	32.76	20.5	21.01	18.81	38.44	49.5	87.67	122.76	170.53	162.87	115.44

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 13. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: HUELVA					AÑO SECO: 1982-83							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.85	14.9	11.4	12.35	11.25	16.25	15.9	17.45	23	22.35	24.3	25.9
i	7.46	5.22	3.48	3.93	3.41	5.95	5.76	6.63	10.08	9.65	10.95	12.06
I	Σi= 84.58											
ε	2.4	1.6	0.9	1.1	0.9	1.8	1.8	2.1	3.6	3.3	3.9	4.4
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.49	40.8	23.06	29.24	21.16	57.65	59.4	79.37	132.84	127.89	141.16	135.96

ESTACIÓN: HUELVA					AÑO HÚMEDO: 1962-63							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	21.10	13.45	11.75	12.1	11.5	14.5	16.95	19.85	21.95	25.55	25.15	22.7
i	8.85	4.47	3.64	3.81	3.53	5.01	6.35	8.07	9.39	11.81	11.53	9.88
I	Σi= 86.34											
ε	2.9	1.2	0.9	1	0.9	1.4	1.9	2.5	3.1	4.2	4.1	3.4
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	86.38	30.6	23.06	26.58	21.16	44.84	62.7	94.49	114.39	162.78	148.39	105.06

ESTACIÓN: HUELVA					AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.52	15.23	12.3	11.62	12.4	14.42	16.32	19.21	22.26	25.27	25.45	23.64
i	7.87	5.4	3.91	3.59	3.96	4.97	6	7.67	9.58	11.6	11.74	10.51
I	Σi= 86.8											
ε	2.5	1.6	1	0.9	1.1	1.4	1.8	2.4	3.2	4.1	4.2	3.7
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	74.47	40.8	25.62	23.93	25.87	44.84	59.4	90.71	118.08	158.9	152.01	114.33

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 14. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: JUNCOSA						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.85	13.95	9.6	10.25	9.4	15.05	14.95	18	23.55	23	24.6	26
i	6.87	4.72	2.69	2.96	2.6	5.3	5.25	6.95	10.44	10.08	11.16	12.13
I	Σi= 81.15											
ε	2.2	1.4	0.7	0.8	0.7	1.6	1.6	2.3	3.7	3.6	3.9	4.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	65.54	35.7	17.94	21.27	16.46	51.25	52.8	86.94	136.53	139.54	141.17	132.87

ESTACIÓN: JUNCOSA						AÑO HÚMEDO:						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª												
i												
I	Σi=											
ε												
N												
ETP												

ESTACIÓN: JUNCOSA						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.13	14.54	11.63	10.21	11.45	14.01	15.49	18.33	22.05	26.01	25.96	24.54
i	7.63	5.03	3.59	2.94	3.5	4.75	5.55	7.15	9.45	12.13	12.09	11.12
I	Σi= 84.93											
ε	2.5	1.5	1	0.8	0.9	1.4	1.7	2.3	3.2	4.	4.4	3.9
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	74.47	38.25	25.62	21.27	21.16	44.84	56.1	86.93	118.08	159.72	149.16	120.51

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 15. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO SECO: 1982-83					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.65	14.15	9.85	11.45	10.75	17.3	16.95	18.85	25.75	26.3	27.75	29.15
i	7.94	4.83	2.79	3.5	3.18	6.55	6.34	7.46	11.95	12.35	13.34	14.43
I	Σi= 94.66											
ε	2.5	1.2	0.6	0.8	0.7	1.9	1.8	2.3	4.3	4.5	4.5	4.5
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	74.47	30.6	15.38	21.27	16.46	60.86	59.4	86.94	158.67	174.42	162.89	148.47

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO HÚMEDO: 1962-63					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	20.02	12.9	10.45	10.93	9	12.77	14.55	19.55	21.95	27.13	26.37	22.12
i	8.16	4.2	3.05	3.25	2.44	4.15	5.04	7.88	9.39	12.92	12.42	9.49
I	Σi= 82.39											
ε	2.8	1.2	0.8	0.9	0.6	1.2	1.5	2.6	3.3	5	4.5	3.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	83.41	30.6	20.5	23.93	14.11	38.44	49.5	98.27	121.77	193.78	162.87	101.97

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	20.35	14.93	11.19	10.63	12.22	14.73	16.84	19.93	24.2	28.55	28.25	26.11
i	8.37	5.24	3.39	3.13	3.87	5.13	6.28	8.12	10.89	13.98	13.76	12.22
I	Σi= 94.38											
ε	2.6	1.4	0.8	0.7	0.9	1.3	1.8	2.5	3.8	5	5	4.4
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	77.45	35.7	20.5	18.61	21.16	41.64	59.4	94.49	140.22	193.78	180.97	135.96

Tª.- Temperatura media mensual (°C)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (°C) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 16. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: MANZANITO						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.47	13.77	9.8	11.6	10.15	16.45	15.87	17.75	24.47	24.97	26	27.55
i	7.25	4.65	2.77	3.58	2.92	6.06	5.75	6.81	11.05	11.44	12.13	13.25
I	Σi= 87.66											
ε	2.3	1.3	0.7	0.9	0.7	1.8	1.7	2.1	3.8	4	4.5	5
N	11.1	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	67.77	33.15	17.94	23.93	16.46	57.65	56.10	79.37	140.22	155.02	162.87	154.5

ESTACIÓN: MANZANITO						AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.6	14.55	9.05	10	7.05	11.25	12.3	19.15	22.3	28.5	27.3	21.15
i	7.31	5.04	2.46	2.89	1.68	3.41	3.91	7.64	9.62	13.94	13.07	8.88
I	Σi= 79.85											
ε	2.4	1.6	0.7	0.8	0.4	1	1.2	2.6	3.3	4.5	4.5	3.1
N	11.1	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	70.73	40.8	17.94	21.27	9.41	32.03	39.6	95.11	121.77	174.42	162.89	95.79

ESTACIÓN: MANZANITO						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994/95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.1	13.85	11.02	10.04	10.82	12.37	15.21	18.43	21.98	25.58	26.26	23.54
i	7.01	4.67	3.31	2.89	3.22	3.95	5.38	7.21	9.41	11.84	12.31	10.44
I	Σi= 81.64											
ε	2.9	1.4	0.9	0.8	0.9	1.2	1.7	2.4	3.3	4.2	4.4	3.7
N	11.1	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	85.46	35.7	23.06	21.27	21.16	38.44	56.1	90.71	121.77	162.77	159.25	114.33

Tª.- Temperatura media mensual (°C)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (°C) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 17. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: MEDIANA	AÑO SECO: 1982-83											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19	15.15	12.8	11.05	10.8	14	14.75	18.9	23.8	24.45	19.75	20.65
i	7.55	5.35	4.15	3.32	3.21	4.75	5.14	7.49	10.62	11.04	8	8.56
I	Σi= 79.18											
ε	2.5	1.7	1.2	1	0.9	1.5	1.6	2.5	3.8	3.9	2.7	3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	74.48	43.35	30.75	26.59	21.17	48.05	52.8	94.5	140.22	151.16	97.73	92.7

ESTACIÓN: MEDIANA	AÑO HÚMEDO: 1962-63											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.65	10.65	9.55	10.3	8.75	12.35	14.8	18	20.7	23.1	24.95	22.25
i	6.75	3.14	2.66	2.99	2.33	3.93	5.17	6.95	8.59	10.15	11.4	9.58
I	Σi= 73.64											
ε	2.3	1	0.8	0.9	0.7	1.2	1.7	2.4	3	3.6	4.1	3.3
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	68.52	25.5	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	110.7	139.54	148.41	101.97

ESTACIÓN: MEDIANA	AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.76	13.24	10.84	10.02	11.34	12.65	15.4	17.95	21.39	24.17	23.76	21.62
i	6.81	4.37	3.23	2.89	3.46	4.07	5.49	6.92	9.04	10.87	10.58	9.19
I	Σi= 76.92											
ε	2.3	1.4	0.9	0.8	1	1.3	1.8	2.3	3.1	3.9	3.8	3.2
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	68.51	35.7	23.06	21.27	23.52	41.64	59.4	86.93	114.39	151.15	137.54	98.88

Tª.- Temperatura media mensual (°C)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (°C) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 18. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mediana

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO SECO: 1982-83					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.45	13.7	9.7	10.3	10.65	14.2	14.9	16.7	22.55	21.5	23.5	25.2
i	6.63	4.6	2.73	2.99	3.14	4.86	5.22	6.21	9.78	9.1	10.41	11.57
I	Σi= 77.24											
ε	2.2	1.5	0.8	0.9	0.9	1.5	1.7	2	3.4	3.1	3.7	4.1
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	65.53	38.25	20.5	23.93	21.16	48.04	56.1	75.59	125.46	120.14	133.92	126.69

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO HÚMEDO: 1962-63					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	17.96	11.57	9.55	9.88	8.85	12.3	14.17	18.13	20.23	23.63	23.83	21.22
i	6.92	3.57	2.67	2.8	2.37	3.91	4.85	7.03	8.3	10.5	10.64	8.93
I	Σi= 72.49											
ε	2.4	1.1	0.8	0.9	0.7	1.2	1.7	2.4	2.9	3.8	3.8	3.1
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.5	28.05	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	107.01	147.3	137.55	95.79

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	18.35	14.12	11.16	10.35	11.73	13.04	14.81	17.64	21.38	24.73	24.89	22.8
i	7.06	4.82	3.37	3.01	3.63	4.27	5.18	6.75	9.03	11.25	11.37	9.95
I	Σi= 79.69											
ε	2.4	1.5	1	0.8	1.1	1.3	1.6	2.2	3.1	4	4	3.5
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	71.49	38.25	25.62	21.27	25.87	41.64	52.8	83.15	114.39	155.02	144.77	108.15

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 19. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mimbrales

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETP

ESTACIÓN: PILAS						AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	19.55	15.4	11.1	12.75	11.9	17.4	16.8	18.65	25.5	24.75	26.75	28.25
i	7.88	5.49	3.34	4.12	3.72	6.61	6.26	7.34	11.78	11.26	12.66	13.75
I	Σi= 94.21											
ε	2.3	1.5	0.7	1	0.9	1.9	1.8	2.3	4.2	3.9	4.5	4.5
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	68.51	38.25	17.94	26.58	21.16	60.86	59.4	86.93	154.98	151.15	162.87	139.05

ESTACIÓN: PILAS						AÑO HÚMEDO:						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª												
i												
I	Σi=											
ε												
N												
ETP												

ESTACIÓN: PILAS						AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
Tª	20.46	15.48	12.09	11.6	12.97	14.96	16.76	19.87	23.64	27.67	27.4	25.41
i	8.44	5.54	3.81	3.58	4.24	5.26	6.23	8.06	10.52	13.32	12.14	11.71
I	Σi= 92.85											
ε	2.7	1.6	0.9	0.9	1.1	1.4	1.8	2.6	3.6	5	5	4.2
N	11.2	10.2	9.6	10	10.8	12	13.2	14.2	14.8	14.5	13.6	12.4
ETP	80.43	40.8	23.06	23.93	25.87	44.84	59.4	98.27	132.84	193.78	180.97	129.78

Tª.- Temperatura media mensual (ºC)
i.- Índice de calor mensual
I.- Índice de calor anual
ε.- Valor de la ETP diaria sin corregir (mm) para las diferentes Tª (ºC) y valores de I
N.- Horas de insolación máxima posible según la Latitud
ETP.- Evapotranspiración Potencial (mm)

Cuadro 20. Cálculo de los valores de ETP para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas

CÁLCULO DE LOS VALORES DE ETR (Capacidad de campo=75 mm)

ESTACIÓN: MANZANITO — **AÑO HÚMEDO: 1962-63**

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	163.6	56.2	181.1	387.8	179.3	129.6	194	36.1	42.9	0	0	8.5	1370.1
T° (°C)	18.6	14.55	9.05	10	7.05	11.25	12.3	19.15	22.3	28.5	27.3	21.15	
E.T.P.	70.73	40.8	17.94	21.27	9.41	32.03	39.6	95.11	121.77	174.42	162.89	95.79	881.76
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-59.01	-15.99	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	15.99	0	0	0	0	
E.T.R.	70.73	40.8	17.94	21.27	9.41	32.03	39.6	95.11	121.77	0	0	8.5	459.16
Excedentes	92.87	15.4	163.16	366.53	169.89	97.57	154.4	-	-	-	-	-	1059.82
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	62.88	174.42	162.89	87.29	487.48

ESTACIÓN: MANZANITO — **AÑO SECO: 1982-83**

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	21.75	138.7	21.1	0	39.9	9.95	94.5	22.2	4	0	7.5	0.5	360.1
T° (°C)	18.47	13.77	9.8	11.6	10.15	16.45	15.87	17.75	24.47	24.97	26	27.55	
E.T.P.	67.77	33.15	17.94	23.93	16.46	57.65	56.1	79.37	140.22	155.02	162.87	154.5	964.98
Variación Reserva	-46.02	46.02	-	-23.93	23.44	-47.7	38.4	-57.17	-8.04	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	28.98	75	75	51.07	74.51	26.81	65.21	8.04	0	0	0	0	
E.T.R.	67.77	33.15	17.94	23.93	16.46	57.65	56.1	79.37	12.04	0	7.5	0.5	372.41
Excedentes	-	59.53	3.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62.69
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	128.18	155.02	155.37	154	592.57

ESTACIÓN: MANZANITO — **AÑO MEDIO:PERÍODO 1950-51/1994-95**

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	101.78	84.77	135.92	149.53	112.4	102.49	82.66	47.65	29.61	2.62	2.32	28.29	880.04
T° (°C)	18.1	13.85	11.02	10.04	10.82	12.37	15.21	18.43	21.98	25.58	26.26	23.54	
E.T.P.	85.46	35.7	23.06	21.27	21.16	38.44	56.1	90.71	121.77	162.77	159.25	114.33	930.02
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-43.06	-31.94	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	31.94	0	0	0	0	
E.T.R.	85.46	35.7	23.06	21.27	21.16	38.44	56.1	90.71	61.55	2.62	2.32	28.29	466.68
Excedentes	16.32	49.07	112.86	128.26	91.24	64.05	26.56	-	-	-	-	-	488.36
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	60.22	160.15	156.93	86.04	463.34

Cuadro 21. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: ABALARIO					AÑO HÚMEDO: 1962-63								
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	132	57	267	267.9	123	48	142	43	12	0	0	11	1102.9
Tª (ºC)	18.8	11.9	7.85	8.6	7.55	11.15	13.4	16.95	18.65	23.2	22.25	19.35	
E.T.P.	77.45	33.15	15.37	21.27	14.11	38.44	52.8	83.15	95.94	143.4	123.06	83.43	781.57
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-40.15	-34.85	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	34.85	0	0	0	0	
E.T.R.	77.45	33.15	15.37	21.27	14.11	38.44	52.8	83.15	46.85	0	0	11	393.59
Excedentes	54.55	23.85	251.63	246.63	108.89	9.56	89.2	-	-	-	-	-	784.31
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	49.09	143.4	123.06	72.43	387.98

ESTACIÓN: ABALARIO					AÑO SECO: 1982-83								
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	21.07	131.82	26.3	61.25	27.32	20.1	33.4	8.57	0	3.7	10.07	8.87	352.47
Tª (ºC)	18.05	16.95	10.89	10.65	10.43	14.3	14.25	17.42	22.7	22.97	22.3	22.86	
E.T.P.	68.51	51	25.62	23.93	21.16	48.04	49.5	83.15	129.15	139.52	119.44	108.15	867.17
Variación Reserva	-47.44	47.44	-	-	-	-27.94	-16.1	-30.96	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	27.56	75	75	75	75	47.06	30.96	0	0	0	0	0	
E.T.R.	68.51	51	25.62	23.93	21.16	48.04	49.5	83.15	129.15	3.7	10.07	8.87	522.7
Excedentes	-	33.38	0.68	37.32	61.6	-	-	-	-	-	-	-	77.54
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	43.65	129.15	135.82	109.37	99.28	517.27

ESTACIÓN: ABALARIO					AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95								
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	64.34	84.4	100.24	98.73	85.51	79.62	57.44	28.32	15.45	0.13	2.97	17.62	634.77
Tª (ºC)	17.97	13.03	9.85	9.53	10.28	12.59	14.65	17.71	21.03	24.09	23.79	21.32	
E.T.P.	68.51	33.15	20.5	21.27	21.16	41.64	56.1	86.93	110.7	147.27	137.54	95.79	840.56
Variación Reserva	-4.17	4.17	-	-	-	-	-	-58.61	-16.39	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	70.83	75	75	75	75	75	75	16.39	0	0	0	0	
E.T.R.	68.51	33.15	20.5	21.27	21.16	41.64	56.1	86.93	110.7	0.13	2.97	17.62	480.68
Excedentes	-	47.08	79.74	77.46	64.35	37.98	1.34	-	-	-	-	-	307.95
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	78.86	147.14	134.57	78.17	438.74

Cuadro 22. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Abalario (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	224	47	224	276.5	122	55	119.5	40	9.5	0	0	16.5	1134
T° (°C)	17.45	12.15	11.25	10.75	10.25	13.4	14.3	19.45	21.35	24.6	24.3	22.05	
E.T.P.	65.53	30.6	25.62	23.93	21.16	44.84	49.5	98.27	114.39	151.15	141.16	101.97	868.12
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-58.27	-16.73	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	16.73	0	0	0	0	
E.T.R.	65.53	30.6	25.62	23.93	21.16	44.84	49.5	98.27	26.23	0	0	16.5	402.28
Excedentes	158.47	16.4	198.38	252.57	100.84	10.16	70	-	-	-	-	-	806.82
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	88.16	151.15	141.16	85.47	465.94

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	37.7	71.7	35.7	152.1	36.1	56	42.7	43.7	20	4.7	0	15.5	515.9
T° (°C)	19.3	15.3	12.4	11.55	11.1	14.4	13.7	18.35	22.9	24.5	23.2	21.4	
E.T.P.	77.46	43.35	30.75	26.59	23.52	51.25	46.2	90.72	132.84	151.16	133.93	95.79	903.56
Variación Reserva	-39.76	28.35	4.95	6.46	-	-	-3.5	-47.02	-24.48	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	35.24	63.59	68.54	75	75	75	71.5	24.48	0	0	0	0	
E.T.R.	77.46	43.35	30.75	26.59	23.52	51.25	46.2	90.72	44.48	4.7	0	15.5	454.52
Excedentes	-	-	-	119.05	12.58	4.75	-	-	-	-	-	-	136.38
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	88.36	146.46	133.93	80.29	449.04

ESTACIÓN: BODEGONES							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	73.54	85.01	94.52	91.93	78.58	73.98	53.95	27.7	17.5	0.29	2.47	17.43	616.9
T° (°C)	18.25	13.97	11.03	10.35	11.37	13.42	14.84	17.99	21.41	24.68	24.63	21.73	
E.T.P.	71.49	38.25	25.62	21.27	23.52	44.84	56.1	86.93	114.39	155.02	144.77	98.88	881.08
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-2.15	-59.23	-13.62	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	72.85	13.62	0	0	0	0	
E.T.R.	71.49	38.25	25.62	21.27	23.52	44.84	56.1	86.93	31.12	0.29	2.47	17.43	419.33
Excedentes	2.05	46.76	68.9	70.66	55.06	29.14	-	-	-	-	-	-	272.57
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	83.27	154.73	142.3	81.45	461.75

Cuadro 23. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: CABEZUDOS							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	110	48.5	213	252	117	56.5	136	58	9	0	0	12	1012
Tª (°C)	21.95	11.45	11.45	11.1	10.5	13.45	15.5	20.85	21.75	25.4	24.9	23.2	
E.T.P.	94.3	22.68	23.06	23.64	18.81	41.64	56.1	109.61	119.04	162.78	144.77	112.32	928.75
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-51.61	-23.39	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	23.39	0	0	0	0	
E.T.R.	94.3	22.68	23.06	23.64	18.81	41.64	56.1	109.61	32.39	0	0	12	434.23
Excedentes	15.7	25.82	189.94	228.36	98.19	14.86	79.9	-	-	-	-	-	652.77
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	86.65	162.78	144.77	100.32	494 52

ESTACIÓN: CABEZUDOS							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	5	116.5	14	0	27	7 5	32.5	11	0	0	7	0	220.5
Tª (°C)	16.45	12.95	8.65	9.7	9.2	14.6	13.65	15.75	21.6	21.45	22.75	24.2	
E.T.P.	58.93	37.8	17.94	21.01	18.81	54.45	52.8	71.81	119.04	124.02	126.68	121.68	824.97
Variación Reserva	-53.93	53.93	-3.94	-21.01	8.19	-46.95	-11.29	-	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	21.07	75	71.06	50.05	58.24	11.29	0	0	0	0	0	0	
E.T.R.	70.02	35.28	23.06	21.01	23.52	41.64	59.4	89.99	15.69	1.35	5.63	18.08	404.67
Excedentes	-	53.52	76.73	68.34	54.12	17.23	-	-	-	-	-	-	269.94
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	4.5	103.35	157.55	142.76	97.36	505.52

ESTACIÓN: CABEZUDOS							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	59.25	99.57	99.79	89.35	77 64	58.87	48.08	26.61	15.69	1.35	5.63	18.08	599.91
Tª (°C)	18.5	13.86	10.77	10.27	11 51	13.53	15.78	18.65	21.69	25.25	25.2	23.4	
E.T.P.	70.02	35.28	23.06	21.01	23.52	41.64	59.4	94.49	119.04	158.9	148.39	115.44	910.19
Variación Reserva	-10.77	10.77	-	-	-	-	-11.32	-63.68	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	64.23	75	75	75	75	75	63.68	0	0	0	0	0	
E.T.R.	70.02	35.28	23.06	21.01	23.52	41.64	59.4	89.99	15.69	1.35	5.63	18.08	404.67
Excedentes	-	53.52	76.73	68.34	54.12	17.23	-	-	-	-	-	-	269.94
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	4.5	103.35	157.55	142.76	97.36	505.52

Cuadro 24. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: EL GUIJO							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	118.5	40.7	164.2	362	131.5	81.1	207.2	36.8	18.5	0	0	12.6	1172.9
Tª (°C)	21.6	12.25	11.6	11.5	9.85	13.65	16.35	20.55	22.45	27.8	27.3	23.8	
E.T.P.	89.36	25.5	23.06	23.93	14.11	38.44	59.4	105.83	121.77	174.4	162.87	114.33	953
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-69.23	-5.77	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	5.77	0	0	0	0	
E.T.R.	89.36	25.5	23.06	23.93	14.11	38.44	59.4	105.83	24.27	0	0	12.6	416.5
Excedentes	29.14	15.2	141.14	338.07	117.07	42.66	147.8	-	-	-	-	-	831.4
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	97.5	174.4	162.87	101.73	536.5

ESTACIÓN: EL GUIJO							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	14.5	130.5	25.6	0	43	9.3	96.4	19.4	5	0	14.5	0	358.2
Tª (°C)	17.3	13.4	9.75	11.7	9.55	15.6	14.8	16.65	23.2	23.65	24.25	25.95	
E.T.P.	62.56	35.7	28.5	29.24	16.46	54	52.8	75.59	136.53	147.27	141.16	132.87	904.68
Variación Reserva	-48.06	48.06	-	-29.24	26.54	-44.7	43.6	-56.19	-15.01	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	26.94	75	75	45.76	72.3	27.6	71.2	15.01	0	0	0	0	
E.T.R.	62.56	35.7	20.5	29.24	16.46	54	52.8	75.59	20.01	0	14.5	0	381.36
Excedentes	-	46.74	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.84
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	116.52	147.27	126.66	132.87	523.32

ESTACIÓN: EL GUIJO							AÑO MEDIO:PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	86.42	98.72	120.02	110.25	87.62	74.33	65.9	39.49	19.79	1.6	4.69	25.36	734.19
Tª (°C)	19.4	14.57	11.44	10.95	11.74	13.74	15.66	19.27	23.16	27.04	26.95	24.52	
E.T.P.	74.47	35.7	23.06	21.27	21.16	41.64	56.1	90.71	129.15	193.78	162.87	139.05	988.96
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-51.22	-23.78	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	23.78	0	0	0	0	
E.T.R.	74.47	35.7	23.06	21.27	21.16	41.64	56.1	90.71	43.57	1.6	4.69	25.36	439.33
Excedentes	11.95	63.02	96.96	88.98	66.46	32.69	9.8	-	-	-	-	-	369.86
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	85.58	192.18	158.18	113.69	549.63

Cuadro 25. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: EL VILLAR							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	139	43	248.5	256.5	105.5	45	172	37	18	0	0	9.5	1072
Tª (°C)	19.85	11.9	10.7	11.3	10.1	13.4	15	18.95	21.1	25.1	24.5	21.4	
E.T.P.	80.43	28.05	23.06	26.59	18.82	44.85	56.1	94.5	108.9	155.04	141.17	95.79	873.3
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-57.5	-17.5	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	17.5	0	0	0	0	
E.T.R.	80.43	28.05	23.06	26.59	18.82	44.85	56.1	94.5	33.5	0	0	9.5	415.4
Excedentes	58.57	14.95	225.44	229.91	86.68	0.15	115.9	-	-	-	-	-	731.6
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	75.4	155.04	141.17	86.29	457.9

ESTACIÓN: EL VILLAR							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	13.7	122.7	42	0	33.5	0	73.9	20.1	0	0	10	0	315.9
Tª (°C)	18.47	14.13	10.3	10.9	10.35	15.43	14.77	17.65	23.42	24.08	24.57	24.92	
E.T.P.	71.49	38.25	20.5	23.93	18.81	54.45	52.8	83.15	136.53	147.27	141.18	123.6	911.94
Variación Reserva	-57.79	57.79	-	-23.93	14.69	-54.45	21.1	-32.41	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	17.21	75	75	51.07	65.76	11.31	32.41	0	0	0	0	0	
E.T.R.	71.49	38.25	20.5	23.93	18.81	54.45	52.8	52.51	0	0	10	0	342.74
Excedentes	-	26.66	21.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.16
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	30.64	136.53	147.27	131.16	123.6	569.2

ESTACIÓN: EL VILLAR							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	72.1	101.52	93.95	93.99	86.67	68.65	58.99	29.62	18.32	2.82	2.48	17.75	646.86
Tª (°C)	18.2	13.38	10.75	10.58	11.55	13.17	15.07	18.45	21.79	25.04	24.69	21.97	
E.T.P.	71.49	35.7	23.06	23.93	23.52	41.64	56.1	90.71	118.08	155.02	144.77	101.97	915.99
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-61.09	-13.91	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	13.91	0	0	0	0	
E.T.R.	71.49	35.7	23.06	23.93	23.52	41.64	56.1	90.71	32.23	2.82	2.48	17.75	926.33
Excedentes	0.61	65.82	70.89	70.06	63.15	27.01	2.89	-	-	-	-	-	300.43
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	85.85	152.2	142.29	84.22	464.21

Cuadro 26. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	205.5	58.7	216.2	391.4	167.5	123.5	277.8	10	10.3	0	0	0	1458.9
Tª (°C)	16.8	11.45	9.75	10.5	9.5	11.5	14.15	18.5	18.5	28	25.5	24	
E.T.P.	61.89	27.72	20.5	26.27	18.82	35.24	52.8	91.49	89.28	170.54	152.03	118.56	865.14
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-75	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	0	0	0	0	0	
E.T.R.	61.89	27.72	20.5	26.27	18.82	35.24	52.8	85	10.3	0	0	0	338.54
Excedentes	143.61	28.98	195.7	365.13	148.68	88.26	225	-	-	-	-	-	1195.36
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	6.49	78.98	170.54	152.03	118.56	526.6

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	19.5	156.5	26.4	0	37.9	16.1	99.2	22	1	0	5.5	0.1	384.2
Tª (°C)	18.1	13.05	9.6	12.4	10.4	16.05	14.3	16.4	23.8	23.8	23.75	26.15	
E.T.P.	67.78	30.24	17.94	31.52	18.82	57.66	49.5	72.43	141.36	147.29	137.55	137.28	909.37
Variación Reserva	-48.28	48.28	-	-31.52	19.08	-41.56	49.7	-50.43	-20.27	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	26.72	75	75	43.48	62.56	21	70.7	20.27	0	0	0	0	
E.T.R.	67.78	30.24	17.94	31.52	18.82	57.66	49.5	72.43	21.27	0	5.5	0.1	372.14
Excedentes	-	77.98	8.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86.44
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	120.09	147.29	132.05	137.18	536.61

ESTACIÓN: ESCACENA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	86.97	113.38	132.49	125.12	101.89	105.79	73.28	50.55	25.73	1.92	4.82	28.78	850.72
Tª (°C)	18.36	13.53	10.42	9.87	10.5	12.5	14.28	18.02	21.98	26.21	26.49	23.6	
E.T.P.	70.72	32.76	20.5	21.01	18.81	38.44	49.5	87.87	122.76	170.53	162.87	115.44	911
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-37.12	-37.88	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	37.88	0	0	0	0	
E.T.R.	70.72	32.76	20.5	21.01	18.81	38.44	49.5	87.87	63.61	1.92	4.82	28.78	438.57
Excedentes	16.25	80.62	111.99	104.11	83.08	67.35	23.78	-	-	-	-	-	701.2
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	59.15	168.61	158.05	86.66	472.47

Cuadro 27. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: HUELVA							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	75.2	40.2	127.6	187.3	79.1	55.5	100.3	42.1	11.3	0	0	0	718.6
Tª (ºC)	21.1	13.45	11.75	12.1	11.5	14.5	16.95	19.85	21.95	25.55	25.15	22.7	
E.T.P.	86.38	30.6	23.06	26.58	21.16	44.84	62.7	94.49	114.39	162.78	148.39	105.06	920.43
Variación Reserva	-8.18	8.18	-	-	-	-	-	-52.39	-22.61	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	66.82	75	75	75	75	75	75	22.61	0	0	0	0	
E.T.R.	86.38	30.6	23.06	26.58	21.16	44.84	62.7	94.49	33.91	0	0	0	423.72
Excedentes	-	1.42	104.54 160.72	57.94	10.66	37.6	-	-	-	-	-	-	372.43
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	80.48	162.78	148.39	105.06	496.71

ESTACIÓN: HUELVA							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	5.4	95	14.5	0.2	43.5	6.8	50.2	18.6	1.9	0	0.4	0.5	237
Tª (ºC)	18.85	14.9	11.4	12.35	11.25	16.25	15.9	17.45	23	22.35	24.3	25.9	
E.T.P.	71.49	40.8	23.06	29.24	21.16	57.65	59.4	79.37	132.84	127.89	141.16	135.96	920.02
Variación Reserva	-66.09	54.2	-8.56	-29.04	22.34	-47.85	-	-	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	8.91	63.11	54.55	25.51	47.85	0	0	0	0	0	0	0	
E.T.R.	71.49	40.8	23.06	29.24	21.16	54.65	50.2	18.6	1.9	0	0.4	0.5	312
Excedentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Déficits	-	-	-	-	-	3	9.2	60.77	130.94	127.89	140.76	135.46	608.02

ESTACIÓN: HUELVA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	52.86	84.62	81.31	82.4	59.2	56.33	41.34	28.1	11.99	1.39	3.1	15.23	517.87
Tª (ºC)	19.52	15.23	12.3	11.62	12.4	14.42	16.32	19.21	22.26	25.27	25.45	23.64	
E.T.P.	74.47	40.8	25.62	23.93	25.87	44.84	59.4	90.71	118.08	158.9	152.01	114.33	928.96
Variación Reserva	-21.61	21.61	-	-	-	-	-18.06	56.94	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	53.39	75	75	75	75	75	56.94	0	0	0	0	0	
E.T.R.	74.47	40.8	25.62	23.93	25.87	44.84	59.4	87.5	11.99	1.39	3.1	15.23	299.81
Excedentes	-	22.21	55.69	58.47	33.33	11.49	-	-	-	-	-	-	181.19
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	3.21	106.09	157.51	148.91	99.1	514.82

Cuadro 28. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: JUNCOSA							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)													
Tª (°C)													
E.T.P.													
Variación Reserva													
Reserva Agua Utiliz.													
E.T.R.													
Excedentes													
Déficits													

ESTACIÓN: JUNCOSA							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	1.3	121	20.6	0	24.5	2.3	60.3	20.7	3.2	0	12.8	0.3	267
Tª (°C)	17.85	13.95	9.6	10.25	9.4	15.05	14.95	18	23.55	23	24.6	26	
E.T.P.	65.54	35.7	17.94	21.27	16.46	51.25	52.8	86.94	136.53	139.54	141.17	132.87	898.01
Variación Reserva	-64.24	64.24	-	-21.27	8.04	-48.95	7.5	-20.32	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	10.76	75	75	53.73	61.77	12.82	20,32	0	0	0	0	0	
E.T.R.	65.54	35.7	17.94	21.27	16.46	51.25	52.8	41.02	3.2	0	12.8	0.3	318.28
Excedentes	-	21.06	2.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.72
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	45.92	133.33	139.54	128.37	132.57	579.73

ESTACIÓN: JUNCOSA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	71.14	116.93	105.52	73.36	57.67	31.19	54.95	24.41	13.23	2.81	7.47	18.22	576.9
Tª (°C)	19.13	14.54	11.63	10.21	11.45	14.01	15.49	18.33	22.05	26.01	25.96	24.54	
E.T.P.	74.47	32.25	25.62	21.27	21.16	44.84	56.1	86.93	118.08	159.72	149.16	120.51	916.11
Variación Reserva	-3.33	3.33	-	-	-	-13.65	-1.15	-60.2	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	71.67	75	75	75	75	61.35	60.2	0	0	0	0	0	
E.T.R.	74.47	38.25	25.62	21.27	21.16	44.84	56.1	84.61	13.23	2.81	7.47	18.22	398.05
Excedentes	-	75.35	79.9	52.09	36.51	-	-	-	-	-	-	-	243.85
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	2.32	104.85	156.91	141.69	102.29	508.06

Cuadro 29. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	135.2	56.6	225.9	277.2	114.4	47	203.3	35.5	18.5	0	0	19.6	1133.2
Tª (°C)	20.02	12.9	10.45	10.93	9	12.77	14.55	19.55	21.95	27.13	26.37	22.12	
E.T.P.	83.41	30.6	20.5	23.93	14.11	38.44	49.5	98.27	121.77	193.78	162.87	101.97	939.15
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-62.77	-12.23	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	12.23	0	0	0	0	
E.T.R.	83.41	30.6	20.5	23.93	14.11	38.44	49.5	98.27	30.73	0	0	19.6	409.09
Excedentes	51.79	26	205.4	253.27	100.29	8.56	183.8	-	-	-	-	-	799.11
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	91.04	193.78	162.87	82.37	530.06

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	7.2	118	25.5	0	31.4	3.2	72	16.4	2.7	0	9.8	10.1	296.3
Tª (°C)	19.65	14.15	9.85	11.45	10.75	17.3	16.95	18.85	25.75	26.3	27.75	29.15	
E.T.P.	74.47	30.6	15.38	21.27	16.46	60.86	59.4	86.94	158.67	174.42	162.89	148.47	1009.83
Variación Reserva	-67.27	67.27	-	-21.27	14.94	-57.66	12.6	-23.61	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	7.73	75	75	53.73	68.67	11.01	23.61	0	0	0	0	0	
E.T.R.	74.47	30.6	15.38	21.27	16.46	60.86	59.4	40.01	2.7	0	9.8	10.1	341.05
Excedentes	-	20.13	10.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.25
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	46.93	155.97	174.42	153.09	138.37	668.78

ESTACIÓN: LA PALMA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	76.5	99.8	107.54	89.44	76.24	65.4	60.58	32.37	18.56	1.47	4.24	20.18	652.12
Tª (°C)	20.35	14.93	11.19	10.63	12.22	14.73	16.84	19.93	24.2	28.55	28.25	26.11	
E.T.P.	77.45	35.7	20.5	18.61	21.16	41.64	59.4	94.49	140.22	193.78	180.97	135.96	1019.88
Variación Reserva	-0.95	0.95	-	-	-	-	-	-62.12	-12.88	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	74.05	75	75	75	75	75	75	12.88	0	0	0	0	
E.T.R.	77.45	35.7	20.5	18.61	21.16	41.64	59.4	94.49	31.44	1.47	4.24	20.18	426.28
Excedentes	-	63.15	87.04	70.83	55.08	23.76	1.18	-	-	-	-	-	301.04
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	108.78	192.31	176.73	115.78	593.6

Cuadro 30. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: MEDIANA							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	185	40	202	256	115	65	114	35	10	0	0	16	1038
T° (°C)	17.65	10.65	9.55	10.3	8.75	12.35	14.8	18	20.7	23.1	24.95	22.25	
E.T.P.	68.52	25.5	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	110.7	139.54	148.41	101.97	840.79
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-55.72	-19.28	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	19.28	0	0	0	0	
E.T.R.	68.52	25.5	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	29.2	0	0	16	385.37
Excedentes	116.48	14.5	181.5	232.07	98.54	26.56	57.9	-	-	-	-	-	727.55
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	81.5	139.54	148.41	85.97	455.42

ESTACIÓN: MEDIANA							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	75	120	14	143.5	43	61	37	0	0	8.5	72	21.5	595.5
T° (°C)	19	15.15	12.8	11.05	10.8	14	14.75	18.9	23.8	24.45	19.75	20.65	
E.T.P.	74.48	43.35	30.75	26.59	21.17	48.05	52.8	94.5	140.22	151.18	97.73	92.7	873.5
Variación Reserva	-	-	-16.75	16.75	-	-	-15.8	-59.2	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	58.25	75	75	75	59.2	0	0	0	0	0	
E.T.R.	74.48	43.25	30.75	26.59	21.17	48.05	52.8	59.2	0	8.5	72	21.5	458.29
Excedentes	0.52	76.65	-	100.16	21.83	12.95	-	-	-	-	-	-	212.11
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	35.3	140.22	142.66	25.73	71.2	415.11

ESTACIÓN: MEDIANA							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	71.48	81.53	99.17	91.19	87.41	61.9	46.31	27.3	13.98	0.87	3.94	17.38	602.44
T° (°C)	17.78	13.24	10.84	10.02	11.34	12.65	15.4	17.95	21.39	24.17	23.76	21.62	
E.T.P.	68.51	35.7	23.06	21.27	23.52	41.64	59.4	86.93	114.39	151.15	137.54	98.88	861.99
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-13.09	-59.63	-2.28	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	61.91	2.28	0	0	0	0	
E.T.R.	68.51	35.7	23.06	21.27	23.52	41.64	59.4	86.93	16.26	0.87	3.94	17.38	398.48
Excedentes	2.95	45.83	76.11	69.92	63.89	20.26	-	-	-	-	-	-	278.96
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	98.13	150.28	133.6	81.5	463.51

Cuadro 31. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mediana (capacidad de campo = 75 mm) .

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	16	42	205	255	115	63	119.5	41	9.75	0	0	15	881.25
Tª (°C)	17.96	11.57	9.55	9.88	8.85	12.3	14.17	18.13	20.23	23.63	23.83	21.22	
E.T.P.	71.5	28.05	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	107.01	147.3	137.55	95.79	833.35
Variación Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-49.72	-25.28	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	75	75	75	75	75	75	75	25.28	0	0	0	0	
E.T.R.	71.5	28.05	20.5	23.93	16.46	38.44	56.1	90.72	35.03	0	0	15	395.73
Excedentes	88.5	13.95	184.5	231.07	98.54	24.56	63.4	-	-	-	-	-	704.52
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	71.98	147.3	137.55	80.79	437.62

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO SECO: 1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	2	155.5	31	0	23	0	36.5	15	0	0	3.5	0	266.5
Tª (°C)	17.45	13.7	9.7	10.3	10.65	14.2	14.9	18.7	22.55	21.5	23.5	25.2	
E.T.P.	65.53	38.25	20.5	23.93	21.16	48.04	56.1	75.59	125.46	120.14	133.92	126.69	855.31
Variación Reserva	-63.53	-11.47	-	-23.93	-1.84	-48.04	-1.19	-	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	11.47	75	75	51.07	49.23	1.19	0	0	0	0	0	0	
E.T.R.	65.53	38.25	20.5	23.93	21.16	48.04	37.69	15	0	0	3.5	0	273.06
Excedentes	-	105.78	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116.28
Déficits	-	-	-	-	-	-	18.41	60.59	125.46	120.14	130.42	126.69	471.71

ESTACIÓN: MIMBRALES							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	55.78	98.46	104.15	67.99	74.42	42.49	53.21	21.37	11.9	0.78	8.68	15.12	554.33
Tª (°C)	18.35	14.12	11.16	10.35	11.73	13.04	14.81	17.64	21.38	24.73	24.89	22.8	
E.T.P.	71.49	38.25	25.62	21.27	25.87	41.64	52.8	83.15	114.39	155.02	144.77	108.15	882.42
Variación Reserva	-15.71	15.71	-	-	-	-	-	-61.78	-13.22	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	59.29	75	75	75	75	75	75	13.22	0	0	0	0	
E.T.R.	71.49	38.25	25.62	21.27	25.87	41.64	52.8	83.15	25.12	0.78	8.68	15.12	409.79
Excedentes	-	44.5	78.53	46.72	48.55	0.85	0.41	-	-	-	-	-	219.56
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	89.27	154.24	136.09	93.03	475.63

Cuadro 32. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mimbrales (capacidad de campo = 75 mm)

ESTACIÓN: PILAS							AÑO HÚMEDO: 1962-63						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)													
T° (°C)													
E.T.P.													
Variación Reserva													
Reserva Agua Utiliz.													
E.T.R.													
Excedentes													
Déficits													

ESTACIÓN: PILAS							AÑO SECO:1982-83						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	3.6	127.2	20.9	0	27	3.6	45.2	8.6	1.2	0	4.2	0	201.5
T° (°C)	19.55	15.4	11.1	12.75	11.9	17.4	16.8	18.65	25.5	24.75	26.75	28.25	
E.T.P.	68.51	38.25	17.94	26.58	21.16	60.86	59.4	86.93	154.98	151.15	162.87	139.05	987.68
Variación Reserva	-64.91	64.91	-	-26.58	5.84	-54.26	-	-	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	10.09	75	75	48.42	54.26	0	0	0	0	0	0	0	
E.T.R.	68.51	38.25	17.94	26.58	21.16	57.86	45.2	8.6	1.2	0	4.2	0	289.5
Excedentes	-	24.04	2.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27
Déficits	-	-	-	-	-	3	14.2	78.33	153.78	151.15	158.67	139.05	698.18

ESTACIÓN: PILAS							AÑO MEDIO: PERÍODO 1950-51/1994-95						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	TOTAL
P (mm)	58.87	91.07	90.13	83.97	74.96	51.45	53.08	23.58	24.68	1.4	4.22	12.83	570.22
T° (°C)	20.46	15.48	12.09	11.6	12.97	14.96	16.76	19.87	23.64	27.67	27.4	25.41	
E.T.P.	80.43	40.8	23.06	23.93	25.87	44.84	59.4	98.27	132.84	193.78	180.97	129.78	1033.97
Variación Reserva	-21.56	21.56	-	-	-	-	-6.32	-68.68	-	-	-	-	
Reserva Agua Utiliz.	53.44	75	75	75	75	75	68.68	0	0	0	0	0	
E.T.R.	80.43	40.8	23.06	23.93	25.87	44.84	59.4	92.24	24.68	1.4	4.22	12.83	433.7
Excedentes	-	28.71	67.07	60.04	49.09	6.61	-	-	-	-	-	-	211.52
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	6.03	108.16	192.38	176.75	116.95	600.27

Cuadro 33. Cálculo de los valores de ETR para los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas (capacidad de campo = 75 mm)

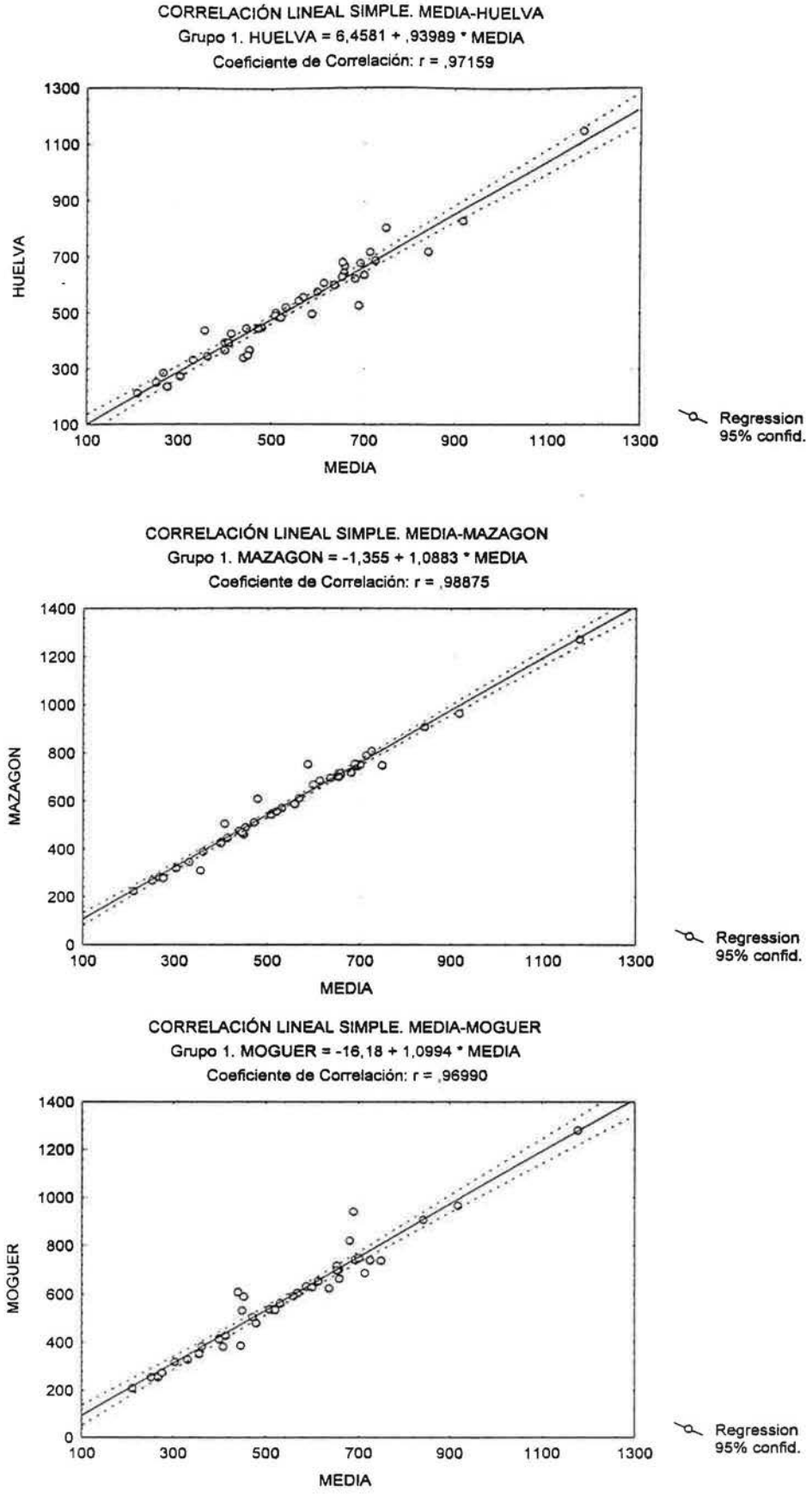
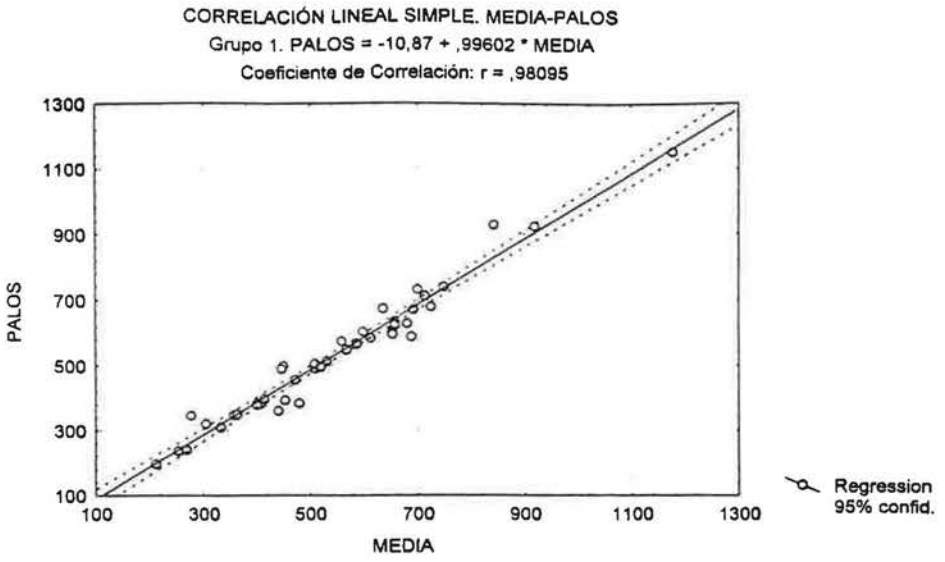


Figura 1. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 1. (P anual en mm).



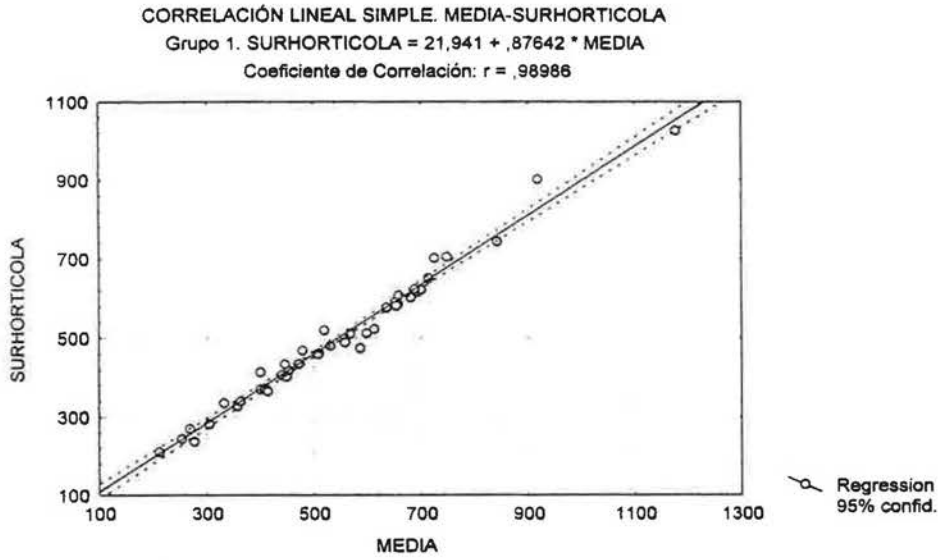


Figura 1. (continuación)

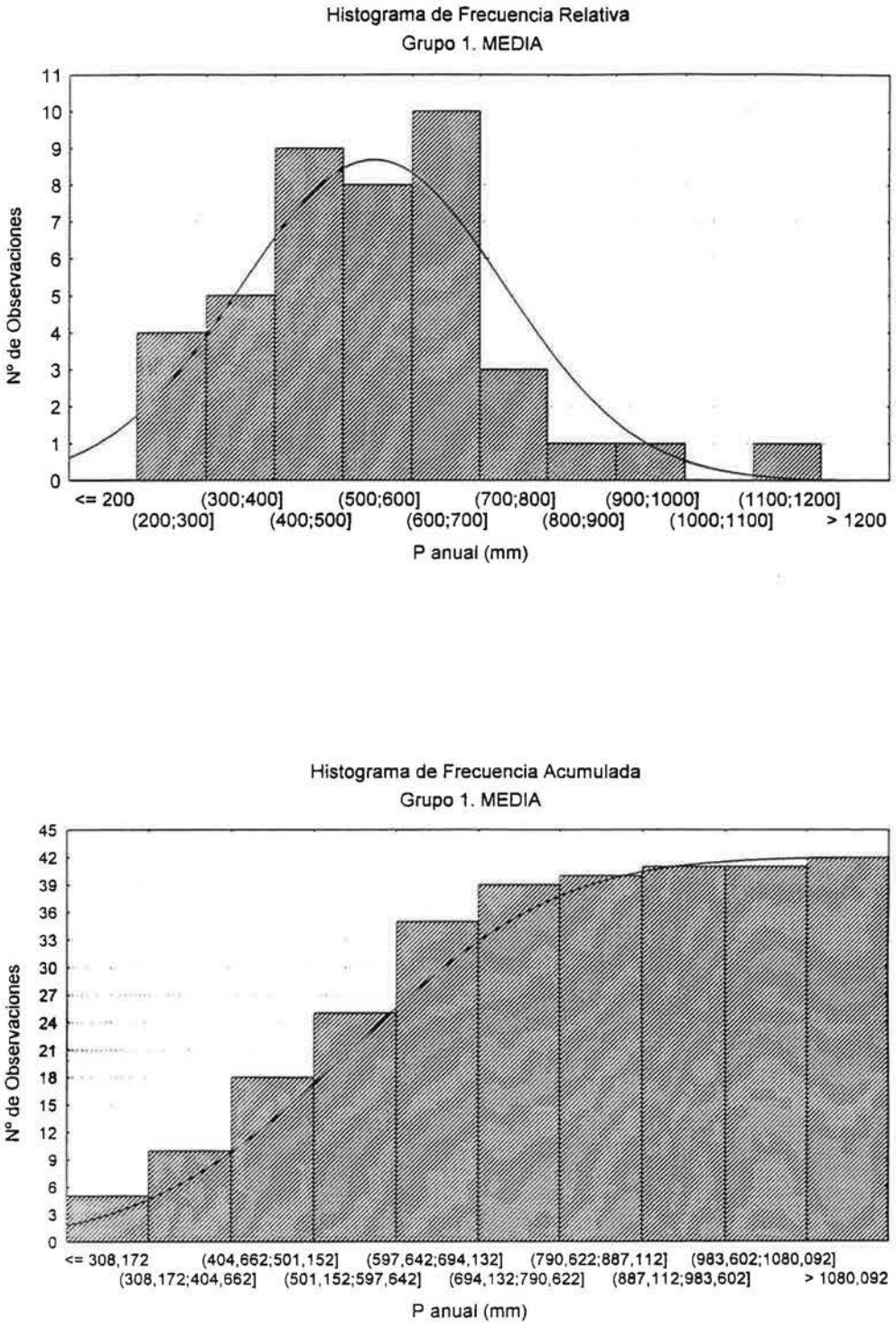
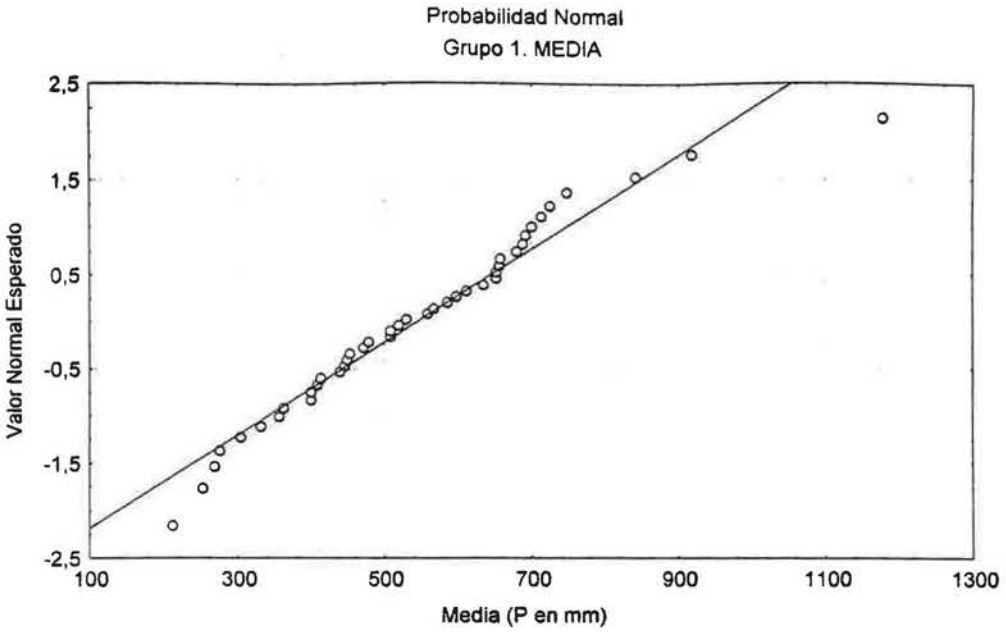


Figura 2. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 1. Valores: Precipitación anual en mm.



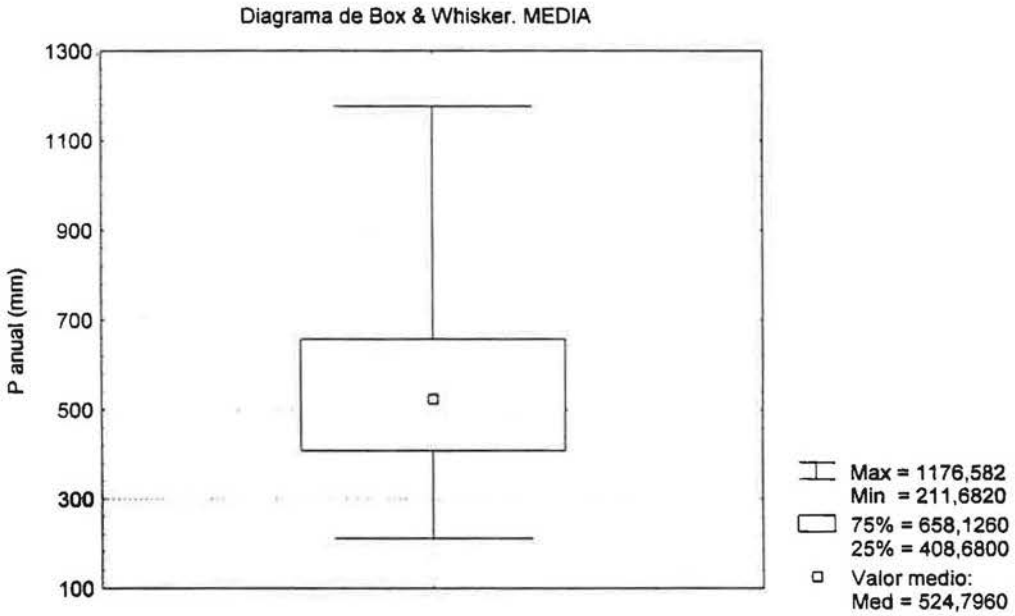


Figura 3. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 1. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 1

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y= aX + b

Variable dependiente: HUELVA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 1		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	6,458	21,164	0,277	0,784	
Pendiente	0,94	0,037	25,679	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1348949,724	1	1348949,724	659,431	0
Error	79779,421	44	20,45,626		
Total (correlación)	1428729,145				
Coeficiente de correlación: 0,972			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 45,229					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: MOGUER			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 1		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-16,18	25,634	-0,711	0,481	
Pendiente	1,099	0,044	24,859	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1854478,112	1	1854478,112	617,971	0
Error	117035,641	44	3000,914		
Total (correlación)	1971513,753				
Coeficiente de correlación: 0,969			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 54,781					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: PALOS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 1		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-10,87	18,259	-0,587	0,561	
Pendiente	0,996	0,032	31,527	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1513322,352	1	1513322,352	993,955	0
Error	59378,522	44	1522,526		
Total (correlación)	1572700,874				
Coeficiente de correlación: 0,980			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 39,020					

Cuadro 1. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 1)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: MAZAGÓN			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 1		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-1,355	26,902	0,585	0,562	
Pendiente	1,088	0,047	22,999	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1748204,251	1	1748204,251	528,942	0
Error	128898,729	44	3305,096		
Total (correlación)	1877102,98				
Coeficiente de correlación: 0,988			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 57,490					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: SURHORTÍCOLA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 1		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	22,941	11,635	1,903	0,064	
Pendiente	0,876	0,02	45,534	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1171623,419	1	1171623,419	1895,229	0
Error	24109,655	44	618,196		
Total (correlación)	1195733,074				
Coeficiente de correlación: 0,989			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 24,864					

Cuadro 1. (continuación)

Variable	Huelva	Moguer	Palos	Mazagón	Surhortícola
Nº Observ.	45	45	45	45	45
Mínimo	212,3	210,82	197,95	225,55	211,79
Máximo	1150,2	1280,91	1152,73	1272,25	1026,82
Rango	937,9	1070,09	954,78	1046,7	815,03
Media	517,7714	581,8921	530,9788	590,6902	498,7248
Varianza	34854,08	47851,3	38396,81	45121,04	29196,7
Desv. Estándar	186,6925	218,7494	195,951	212,4171	170,8704
Error Estándar	28,80727	33,75377	30,2359	32,77667	26,36588
Sesgo	0,850441	0,707213	0,869616	0,612259	0,812503
Kurtosis	1,759892	1,266728	1,421273	1,210378	1,313777
Sum	21746,4	24439,47	22301,11	27808,99	20946,44
Mediana	499,4	592,2	509,815	580,2	478,545

Tabla 1. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 1

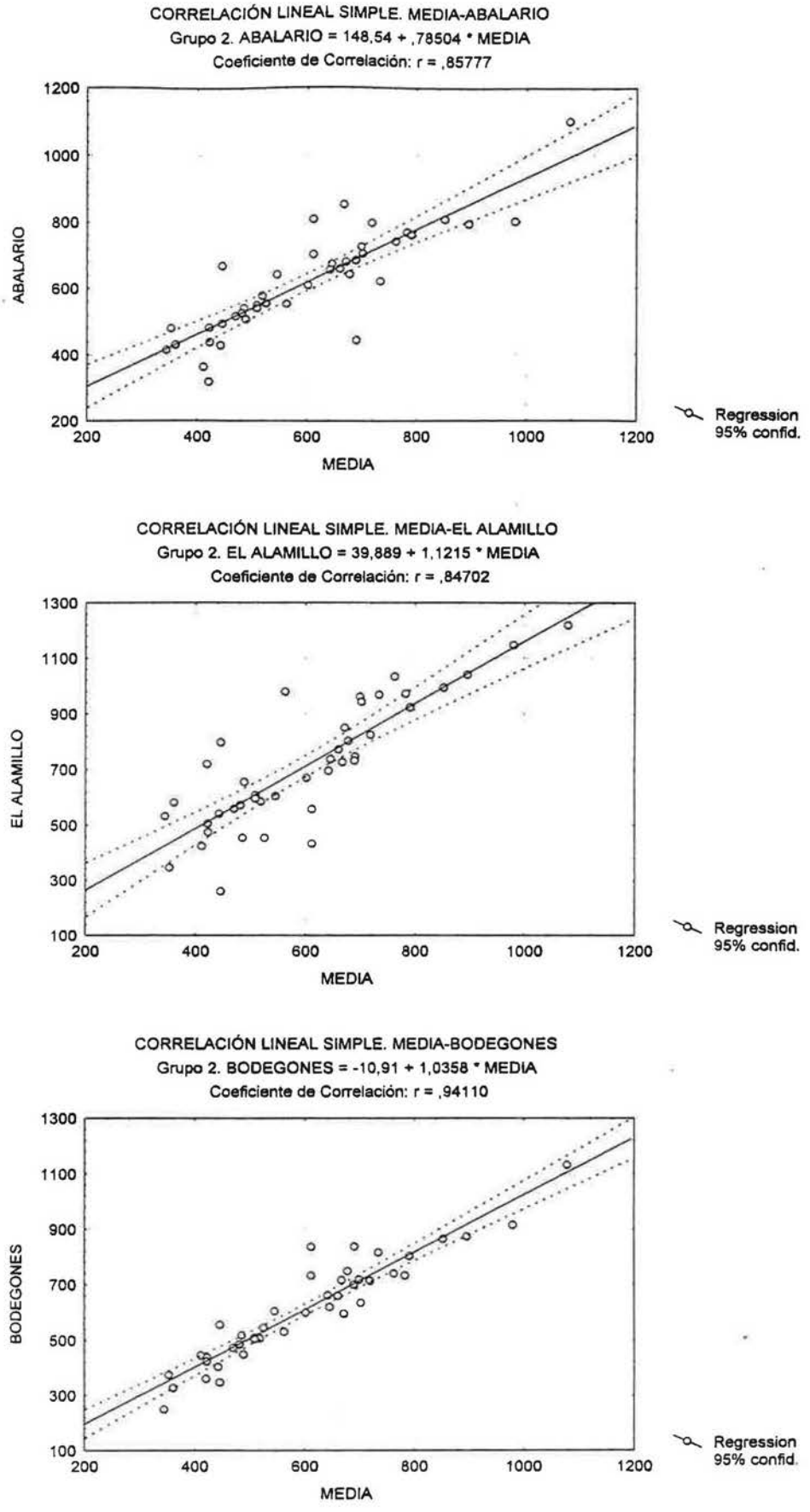


Figura 4. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 2 (P anual en mm).

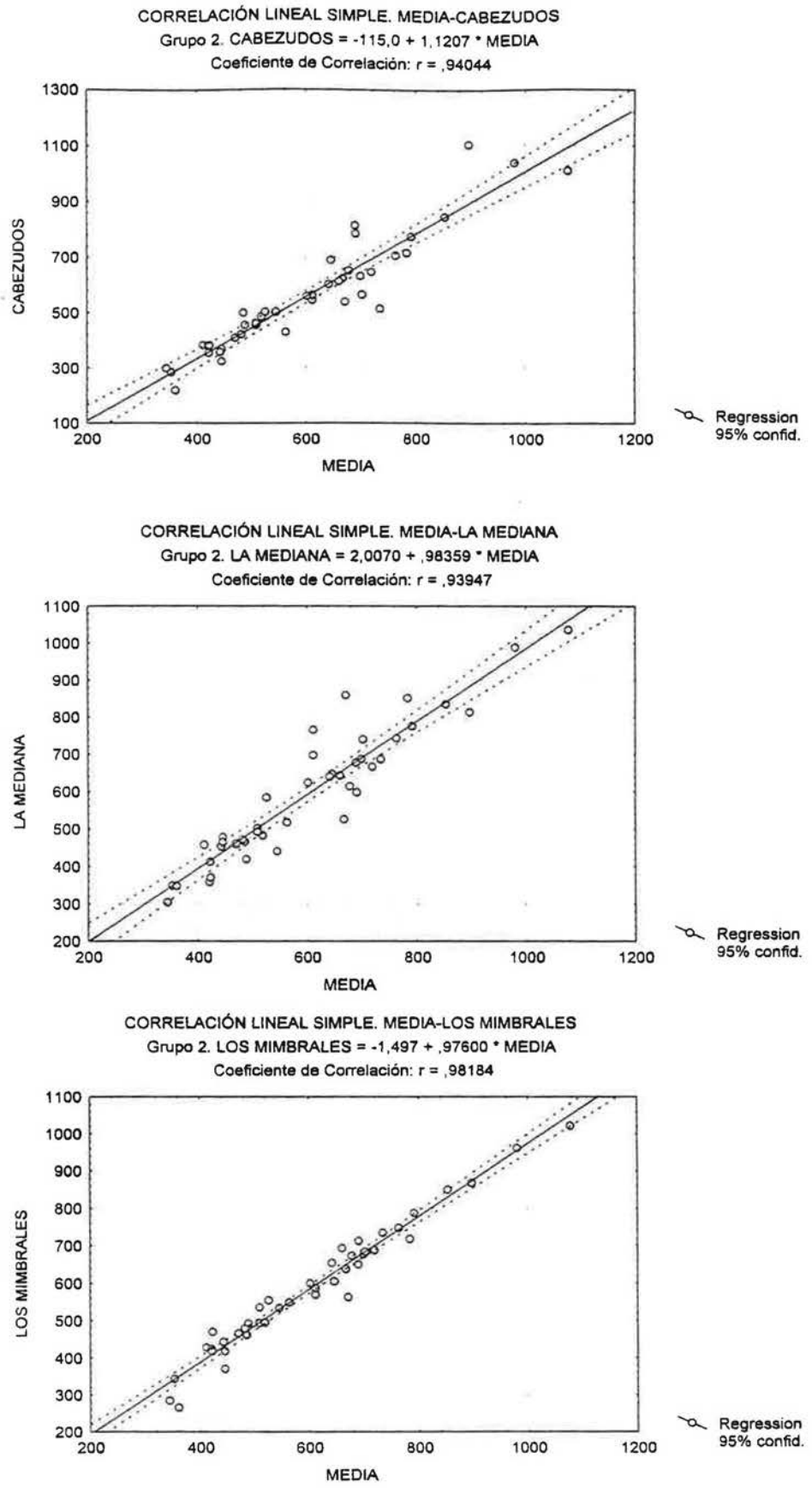


Figura 4. (continuación)

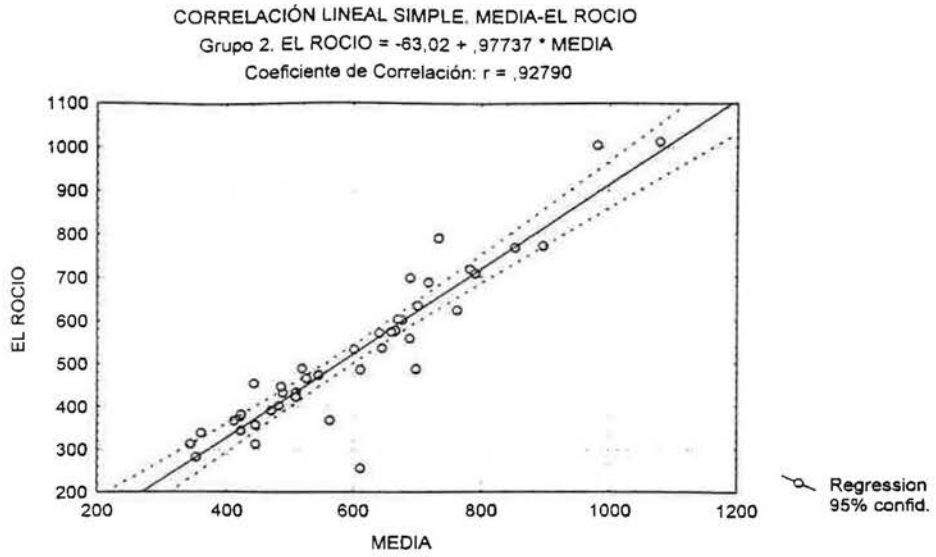


Figura 4. (continuación)

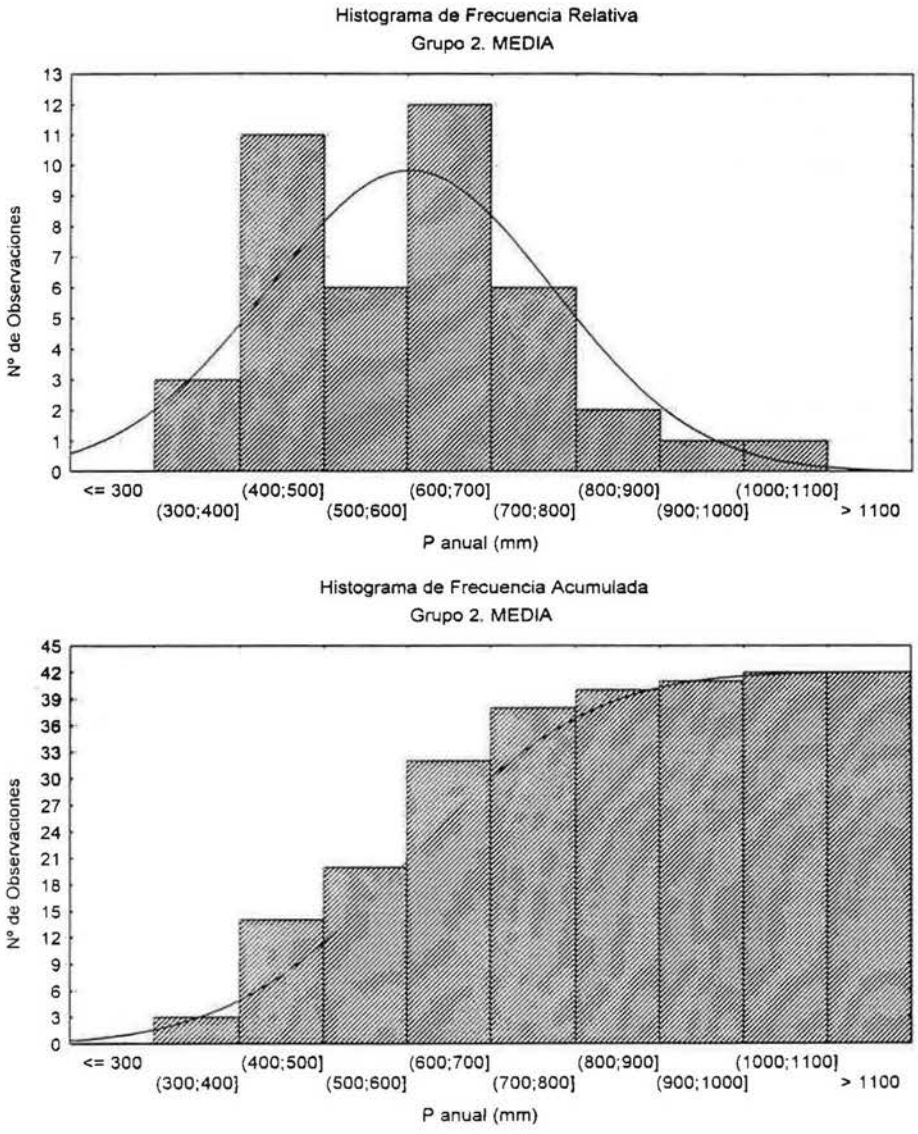
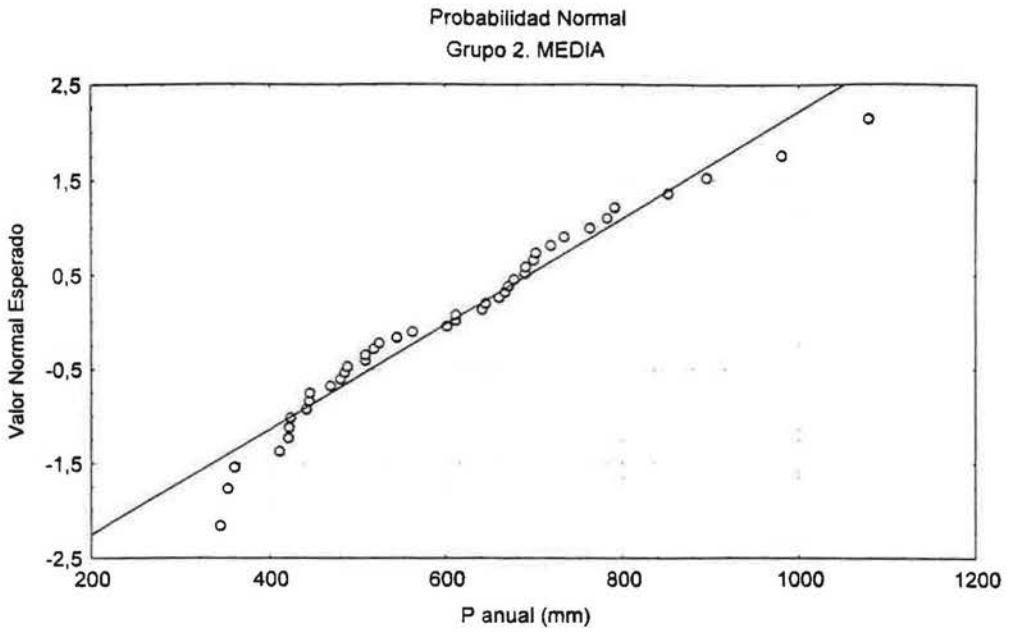


Figura 5. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 2. Valores: Precipitación anual en mm.



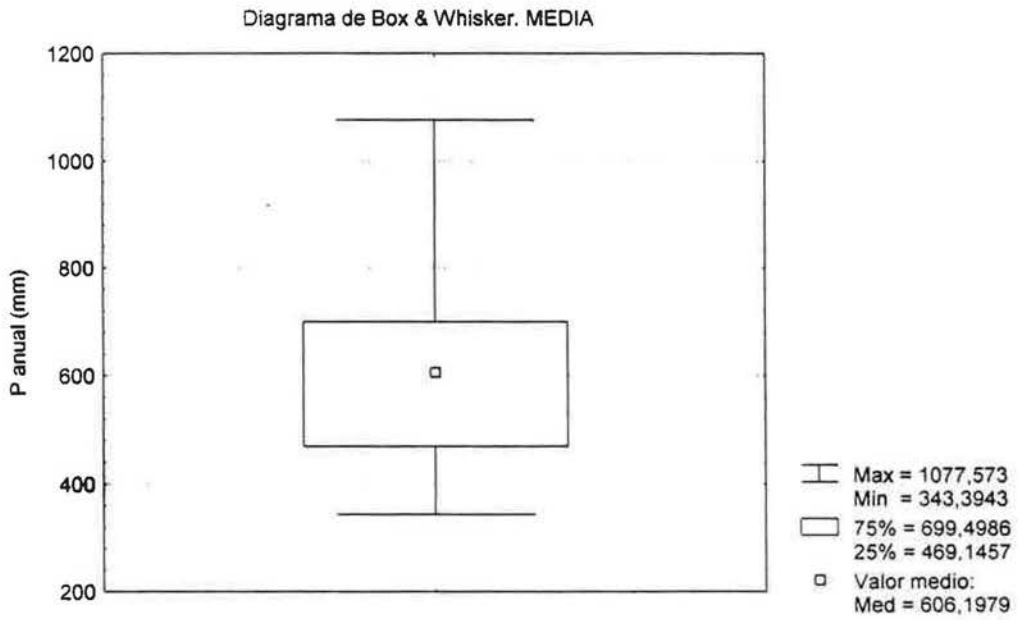


Figura 6. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 2. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 2

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: BODEGONES			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-10,913	36,827	-0,296	0,769	
Pendiente	1,036	0,059	17,603	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1277506,159	1	1277506,159	309,877	0
Error	164904,789	44	4122,62		
Total (correlación)	1442410,948				
Coeficiente de correlación: 0,941			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 64,208					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: ABALARIO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	148,54	46,554	3,19	0,003	
Pendiente	0,785	0,074	10,555	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	733908,138	1	733908,138	111,403	0
Error	263515,561	44	6587		
Total (correlación)	997423,699				
Coeficiente de correlación: 0,857			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 81,166					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: ROCÍO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-63,02	38,851	-1,624	0,112	
Pendiente	0,977	0,062	15,747	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1137776,427	1	1137776,427	247,981	0
Error	183526,198	44	4588,155		
Total (correlación)	1321302,625				
Coeficiente de correlación: 0,928			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 67,736					

Cuadro 2. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 2)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: MEDIANA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	2,007	35,5	0,057	0,955	
Pendiente	0,984	0,057	17,341	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1151982,459	1	1151982,459	300,714	0
Error	153232,965	44	3830,824		
Total (correlación)	1305215,424				
Coeficiente de correlación: 0,939			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 61,894					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: CABEZUDOS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-115,013	40,092	-2,869	0,007	
Pendiente	1,121	0,064	17,496	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1495588,186	1	1495588,186	306,097	0
Error	195439,86	44	4885,997		
Total (correlación)	1691028,046				
Coeficiente de correlación: 0,940			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 69,900					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: ALAMILLO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	39,889	69,646	0,574	0,569	
Pendiente	1,121	0,111	10,077	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1497278,978	1	1497278,978	101,549	0
Error	589774,957	44	14744,374		
Total (correlación)	2087053,935				
Coeficiente de correlación: 0,847			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 121,426					

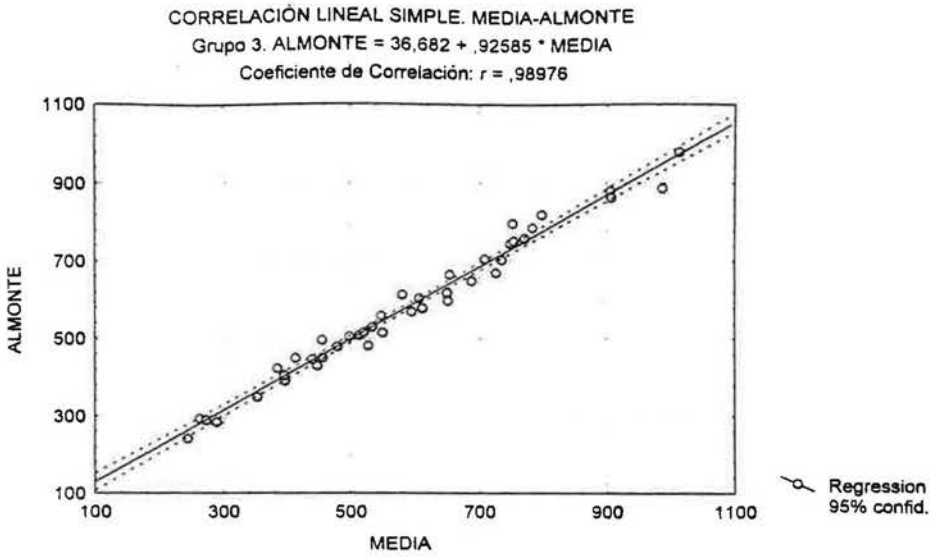
Cuadro 2. (continuación)

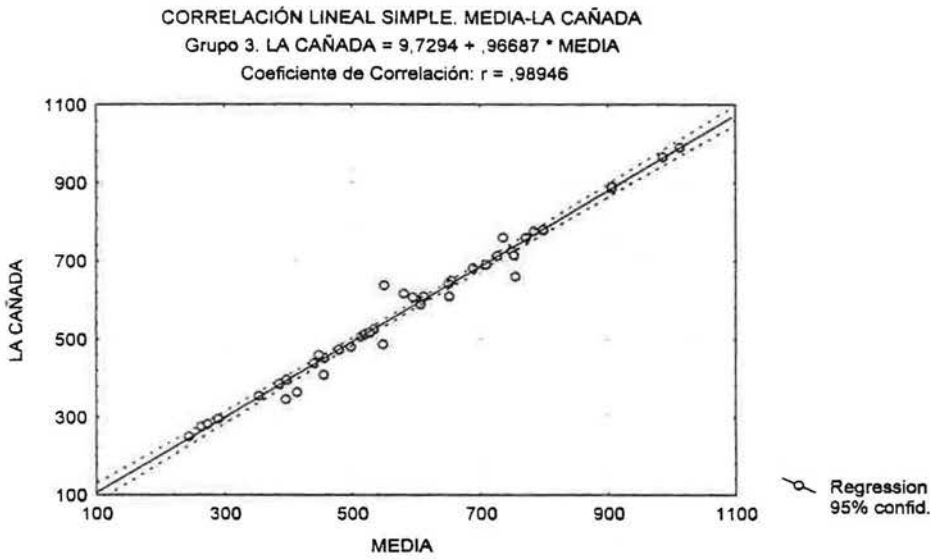
ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: MIMBRALES			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 2		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-1,498	18,663	-0,08	0,936	
Pendiente	0,976	0,03	32,731	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1134287	1	1134287,293	1071,305	0
Error	42351,594	44	1058,79		
Total (correlación)	1176638,594				
Coeficiente de correlación: 0,982			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 32,539					

Cuadro 2. (continuación)

Variable	Bodegones	Abalario	El Rocío	La Mediana	Cabezudos	El Alamillo	Los Mimbrales
Nº Observ.	45	45	45	45	45	45	45
Mínimo	320	257,1	251,2	305,5	220,5	261,5	266,5
Máximo	1103	1013,5	1134	1038	1105	1219,74	1022,77
Rango	783	756,4	882,8	732,5	884,5	958,24	756,27
Media	621,7729	526,1514	613,4724	594,9245	560,5679	715,9417	586,8474
Varianza	24326,39	32222,03	35180,75	31834,52	41244,59	50915,47	28698,51
Desv. Estándar	155,9692	179,505	187,5653	178,4223	203,0876	225,6446	169,4063
Error Estándar	24,06657	27,69822	28,94196	27,53116	31,3371	34,81771	26,13997
Sesgo	0,490199	0,917261	0,368416	0,531498	0,882913	0,250048	0,462299
Kurtosis	0,771549	0,696996	0,030818	-0,282258	0,645049	-0,578968	0,182598
Sum	26114,46	22098,36	25765,84	24986,83	23543,85	30069,55	24647,59
Mediana	632,2	488	604,05	592,25	526,75	708,5	567,13

Tabla 2. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 2





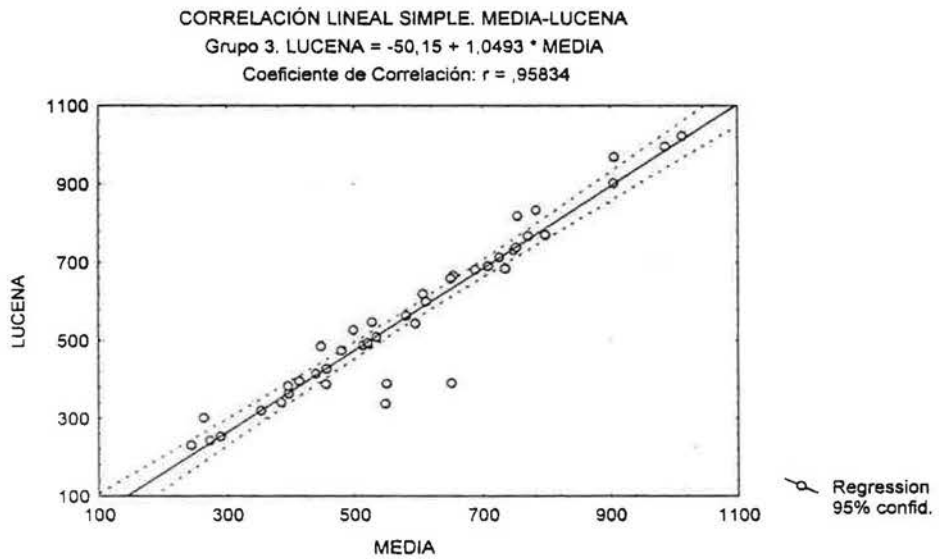
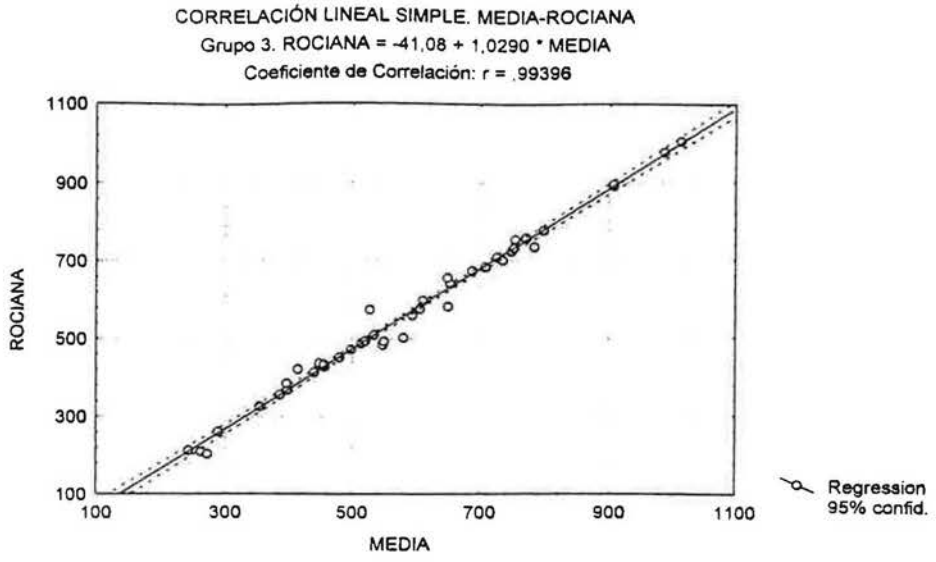


Figura 7. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 3 (P anual en mm).



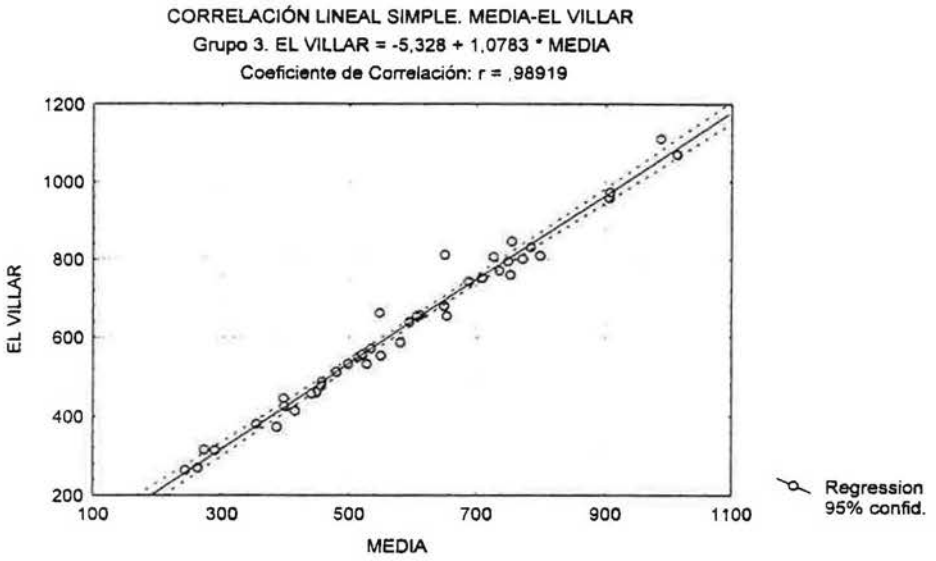


Figura 7. (continuación)

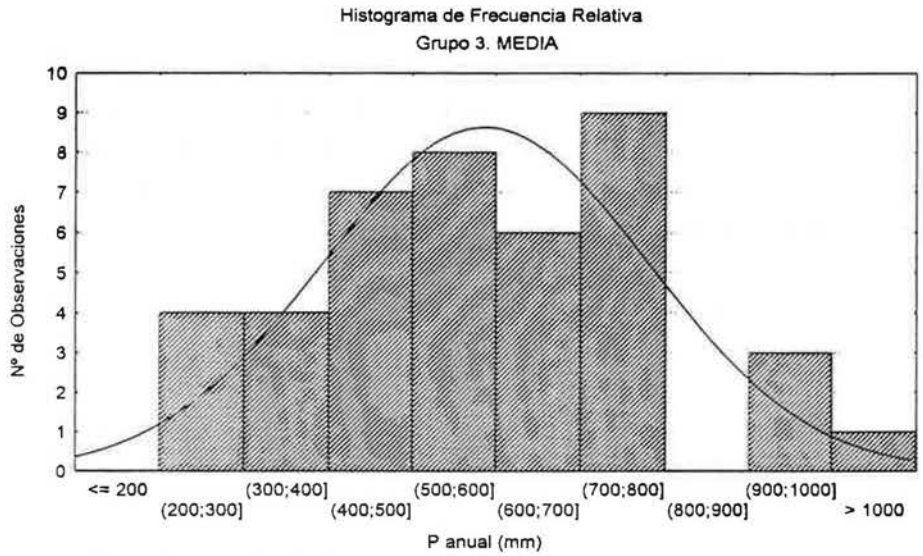


Figura 8. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 3. Valores: Precipitación anual en mm.

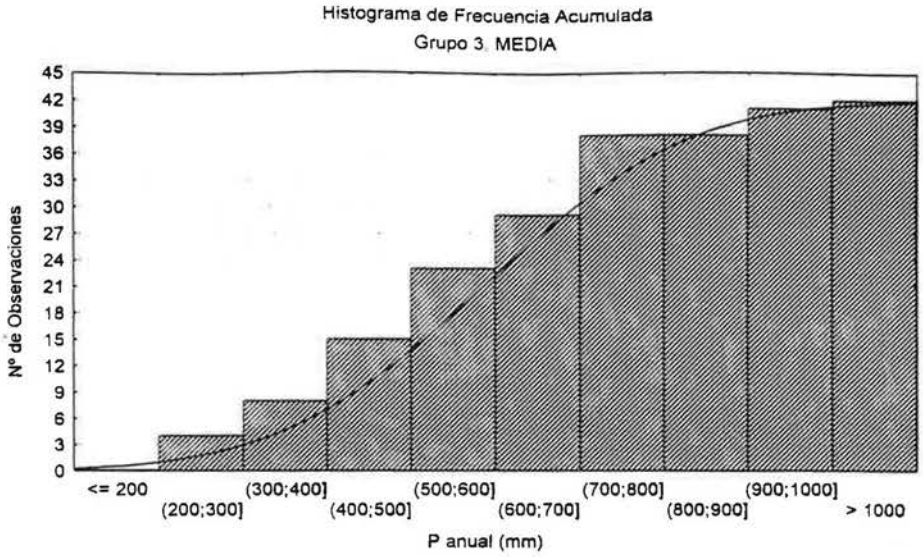


Figura 8. Continuación

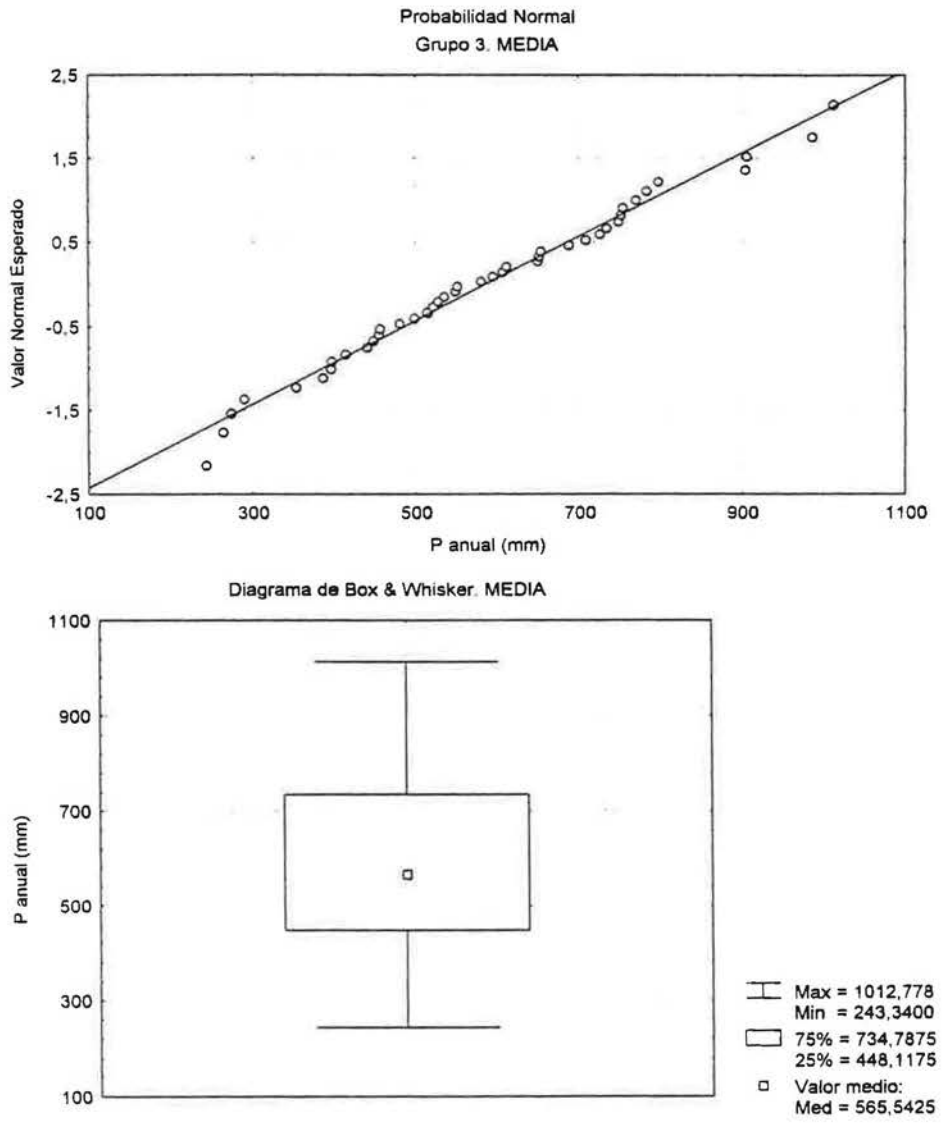


Figura 9. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 3. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 3

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: ALMONTE			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 3		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	36,682	13,02	2,817	0,007	
Pendiente	0,926	0,021	43,85	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1323128,842	1	1323128,842	1922,831	0
Error	27524,598	44	688,115		
Total (correlación)	1350653,44				
Coeficiente de correlación: 0,989			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 26,232					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: ROCIANA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 3		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-41,08	11,077	-3,712	0,001	
Pendiente	1,029	0,018	57,285	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1634426,257	1	1634426,257	3281,532	0
Error	19922,725	44	498,068		
Total (correlación)	1654348,982				
Coeficiente de correlación: 0,994			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 22,317					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: LA CAÑADA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 3		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	9,729	13,795	0,705	0,485	
Pendiente	0,967	0,022	43,222	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1442959,679	1	1442959,679	1868,137	0
Error	30896,23	44	772,406		
Total (correlación)	1473855,909				
Coeficiente de correlación: 0,989			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 27,792					

Cuadro 3. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 3)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: LUCENA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 3		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-50,155	30,495	-1,645	0,108	
Pendiente	1,049	0,049	21,22	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1699582,949	1	1699582,949	450,268	0
Error	150984,265	44	3774,607		
Total (correlación)	1850567,214				
Coeficiente de correlación: 0,958			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 61,438					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: EL VILLAR			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 3		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-5,328	16,375	-0,365	0,717	
Pendiente	1,078	0,027	40,783	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1810185,769	1	1810185,769	1663,267	0
Error	43533,262	44	1088,332		
Total (correlación)	1853719,031				
Coeficiente de correlación: 0,989			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 32,990					

Cuadro 3. (continuación)

Variable	Rociana	La Cañada	Almonte	Lucena	El Villar
N° Observ.	45	45	45	45	45
Mínimo	204,3	251,38	242,6	231,8	265,08
Máximo	1006,07	991,84	981,2	1024,46	1112,3
Rango	801,77	740,46	738,6	792,66	847,22
Media	562,0121	576,4188	579,3314	564,866	626,6693
Varianza	40347,38	35947,71	32942,77	45135,79	44735,57
Desv. Estándar	200,8666	189,5988	181,5014	212,4518	211,5078
Error Estándar	30,99439	29,25573	28,00628	32,78203	32,63637
Sesgo	0,243806	0,25254	0.203483	0,427822	0,309154
Kurtosis	-0,347559	-0,536972	-0,571733	-0,618855	-0,418723
Sum	23604,51	24209,59	24331,92	23724,37	26320,11
Mediana	535,045	599,9	564,8	536,4	614,15

Tabla 3. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 3

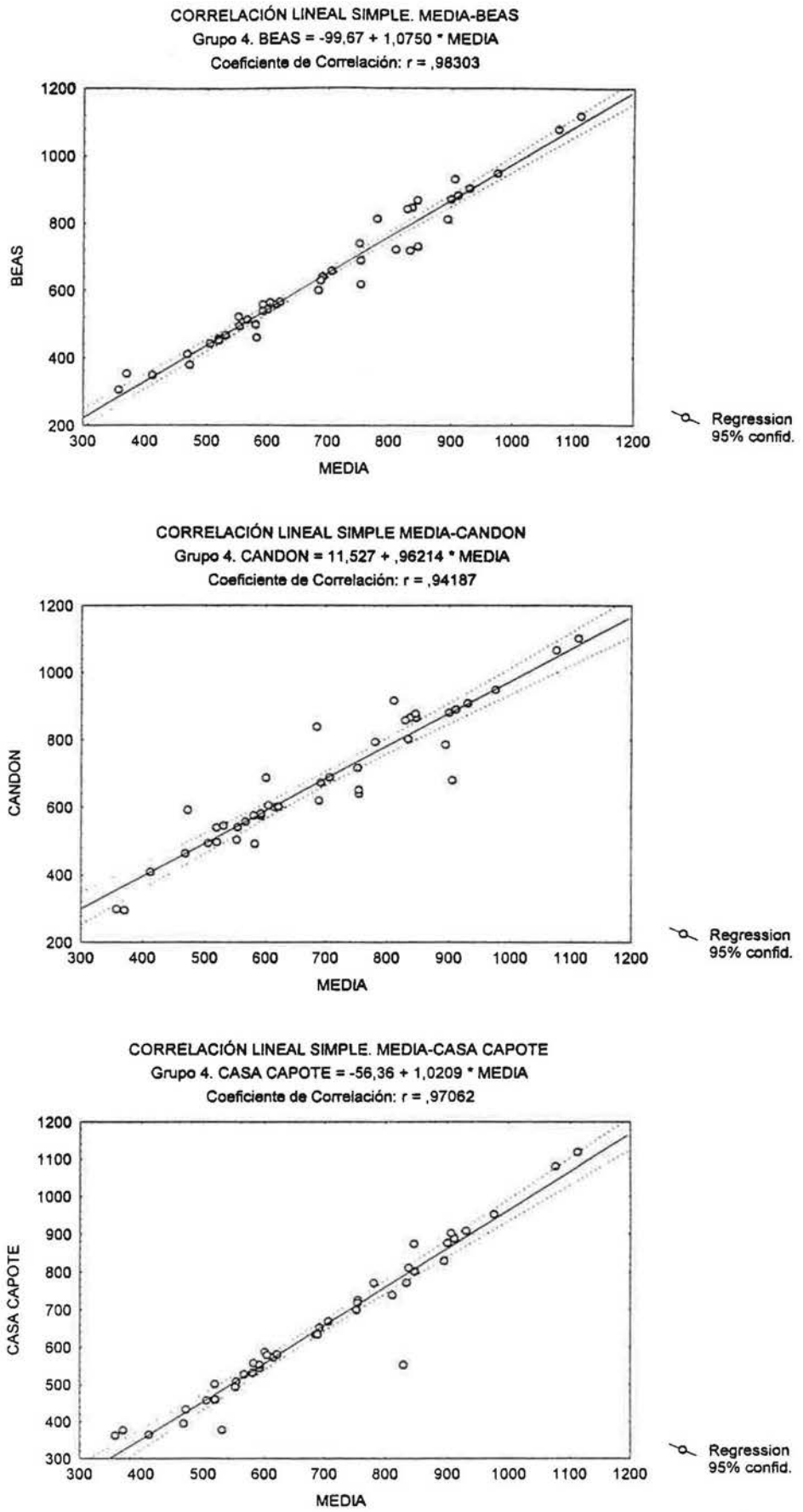


Figura 10. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 4 (P anual en mm).

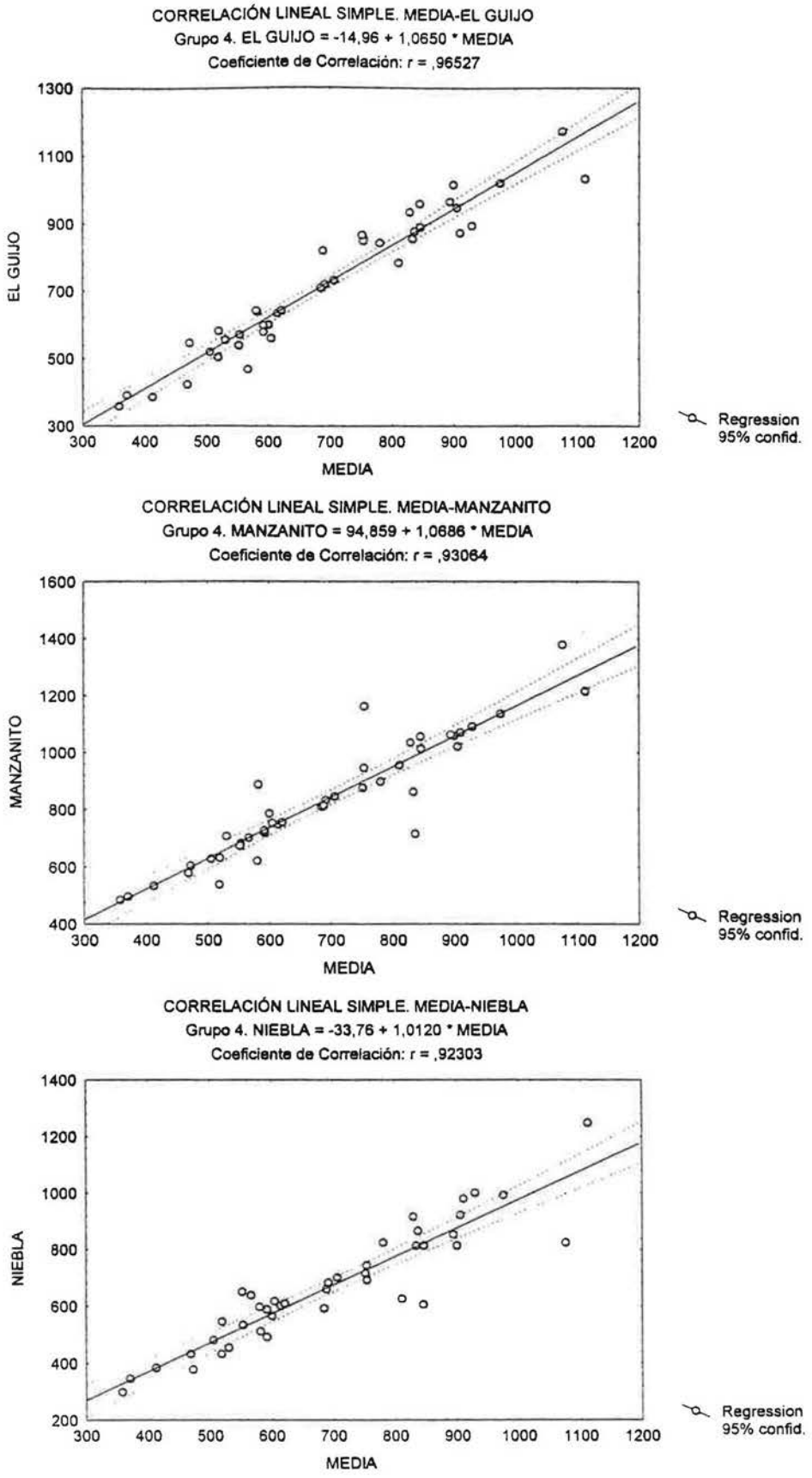


Figura 10. (continuación)

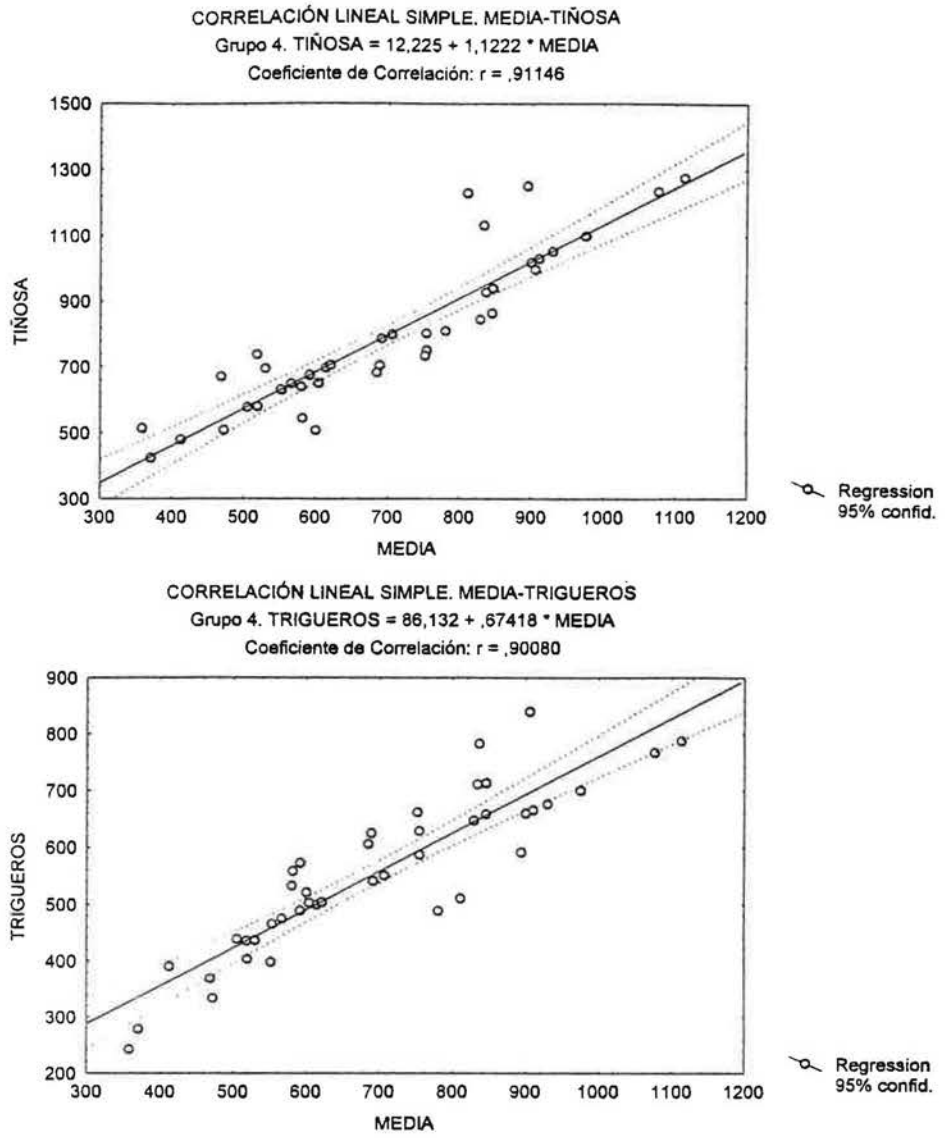


Figura 10. (continuación)

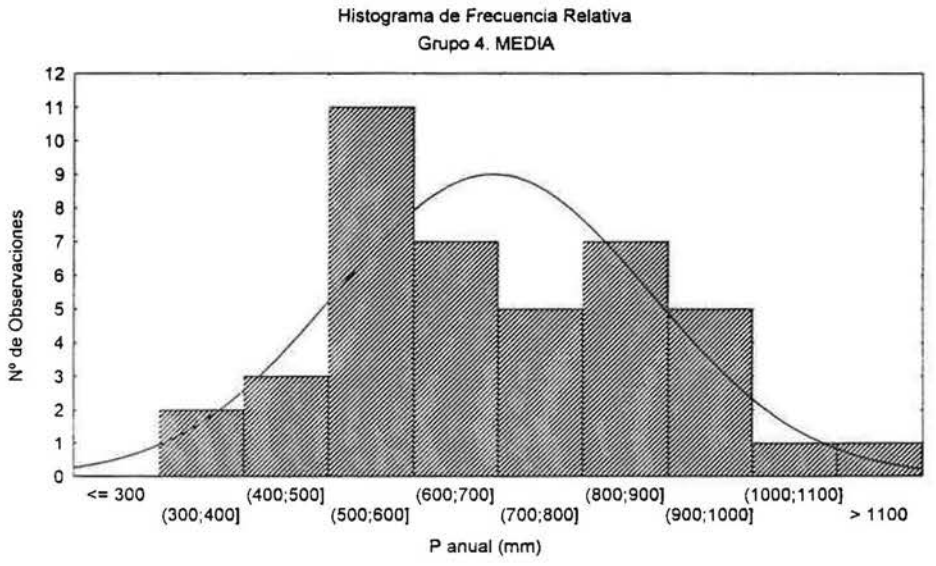


Figura 11. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 4. Valores: Precipitación anual en mm.

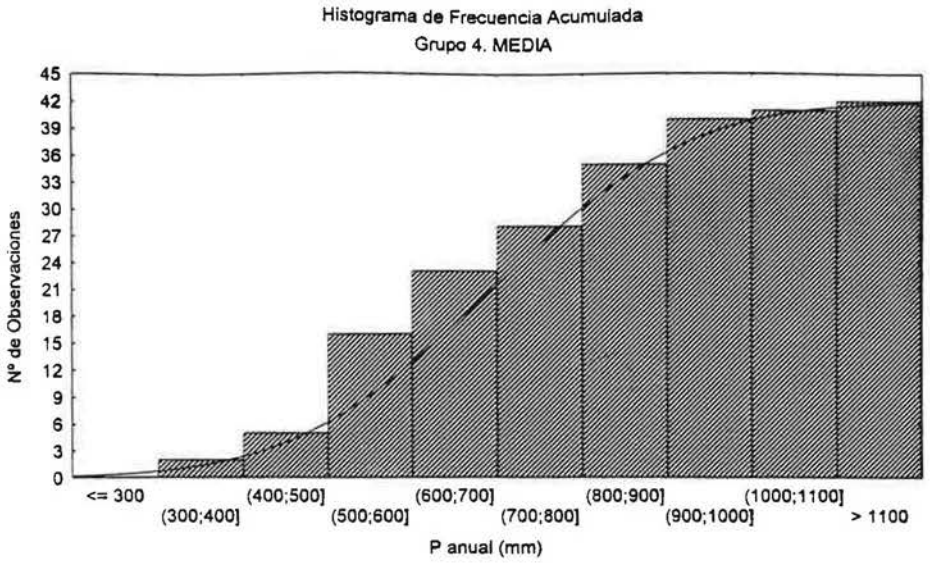


Figura 11. Continuación

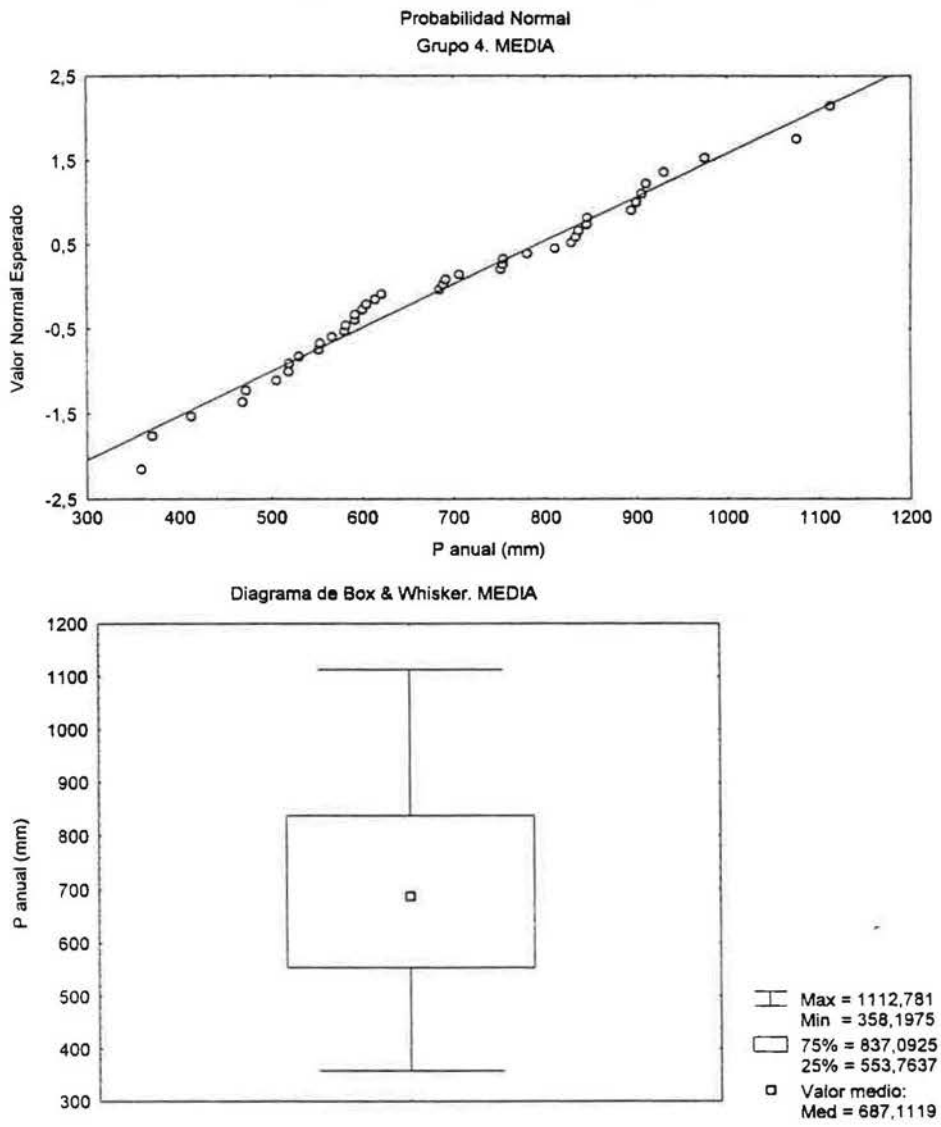


Figura 12. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 4. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 4

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: NIEBLA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-33,763	47,869	-0,705	0,485	
Pendiente	1,012	0,067	15,174	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1451568,632	1	1451568,632	230,248	0
Error	252175,058	44	6304,376		
Total (correlación)	1703743,69				
Coeficiente de correlación: 0,923			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 79,4					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: MANZANITO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	94,859	47,685	1,989	0,054	
Pendiente	1,069	0,066	16,084	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1618497,586	1	1618497,586	258,707	0
Error	250244,007	44	6256,1		
Total (correlación)	1868741,593				
Coeficiente de correlación: 0,931			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 79,096					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: EL GUIJO			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-14,959	32,711	-0,457	0,654	
Pendiente	1,065	0,046	23,368	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1607625,124	1	1607625,124	546,071	0
Error	117759,4	44	2943,985		
Total (correlación)	1725384,524				
Coeficiente de correlación: 0,965			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 54,259					

Cuadro 4. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 4)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: TIÑOSA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	12,225	57,484	0,213	0,833	
Pendiente	1,122	0,08	14,012	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1785070,15	1	1785070,15	196,345	0
Error	363660,593	44	9091,515		
Total (correlación)	2148730,743				
Coeficiente de correlación: 0,911			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 95,349					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: CANDÓN			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	11,527	38,95	0,296	0,769	
Pendiente	0,962	0,054	17,73	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1312083,48	1	1312083,48	314,345	0
Error	166961,048	44	4174,026		
Total (correlación)	1479044,528				
Coeficiente de correlación: 0,942			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 64,607					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: BEAS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-99,67	22,763	-4,379	0	
Pendiente	1,075	0,032	33,896	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1637882,578	1	1637882,578	1148,928	0
Error	57022,991	44	1425,575		
Total (correlación)	1694905,569				
Coeficiente de correlación: 0,983			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 37,757					

Cuadro 4. (continuación)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: CASA CAPOTE			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-56,365	28,723	-1,962	0,057	
Pendiente	1,021	0,04	25,511	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1477199,089	1	1477199,089	650,804	0
Error	90792,326	44	2269,808		
Total (correlación)	1567991,415				
Coeficiente de correlación: 0,971			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 47,643					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: TRIGUEROS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 4		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	86,132	47,818	3,201	0,003	
Pendiente	0,674	0,067	8,485	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	452955,618	1	452955,618	71,999	0
Error	251643,804	44	6291,095		
Total (correlación)	704599,422				
Coeficiente de correlación: 0,900			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 79,316					

Cuadro 4. (continuación)

Variable	Manzanito	El Guijo	Tiñosa	Candón	Beas	Casa Capote	Niebla	Trigueros
Nº Observ.	45	45	45	45	45	45	45	45
Mínimo	484,6	358,2	424,3	295,8	305,4	362,6	298,88	242,9
Máximo	1379,1	1173	1276,85	1102,16	1119,11	1119,1	1248,8	939,5
Rango	894,5	814,8	852,55	806,36	813,71	756,5	949,92	596,6
Media	836,2936	723,9855	790,8786	679,099	646,196	651,9702	668,3998	553,906
Varianza	45579,06	42082,55	52408,07	36074,26	41339,2	38243,69	41554,72	19364,4
Desv. Estándar	213,4925	205,1403	228,9281	189,9322	203,32	195,5599	203,8498	139,156
Error Estándar	32,94261	31,65384	35,32437	29,30718	31,373	30,17556	31,4547	21,4722
Sesgo	0,395509	0,07723	0,665328	0,191184	0,44587	0,492386	0,517747	-0,08
Kurtosis	-0,42692	-0,91963	-0,43726	-0,376136	-0,541	-0,42489	0,276016	-0,3622
Sum	35124,33	30407,39	33216,9	28522,16	27140,2	27382,75	28072,79	23264,1
Mediana	812,015	716,92	721,355	645,7	611,2	610,6	632,355	546,405

Tabla 4. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 4

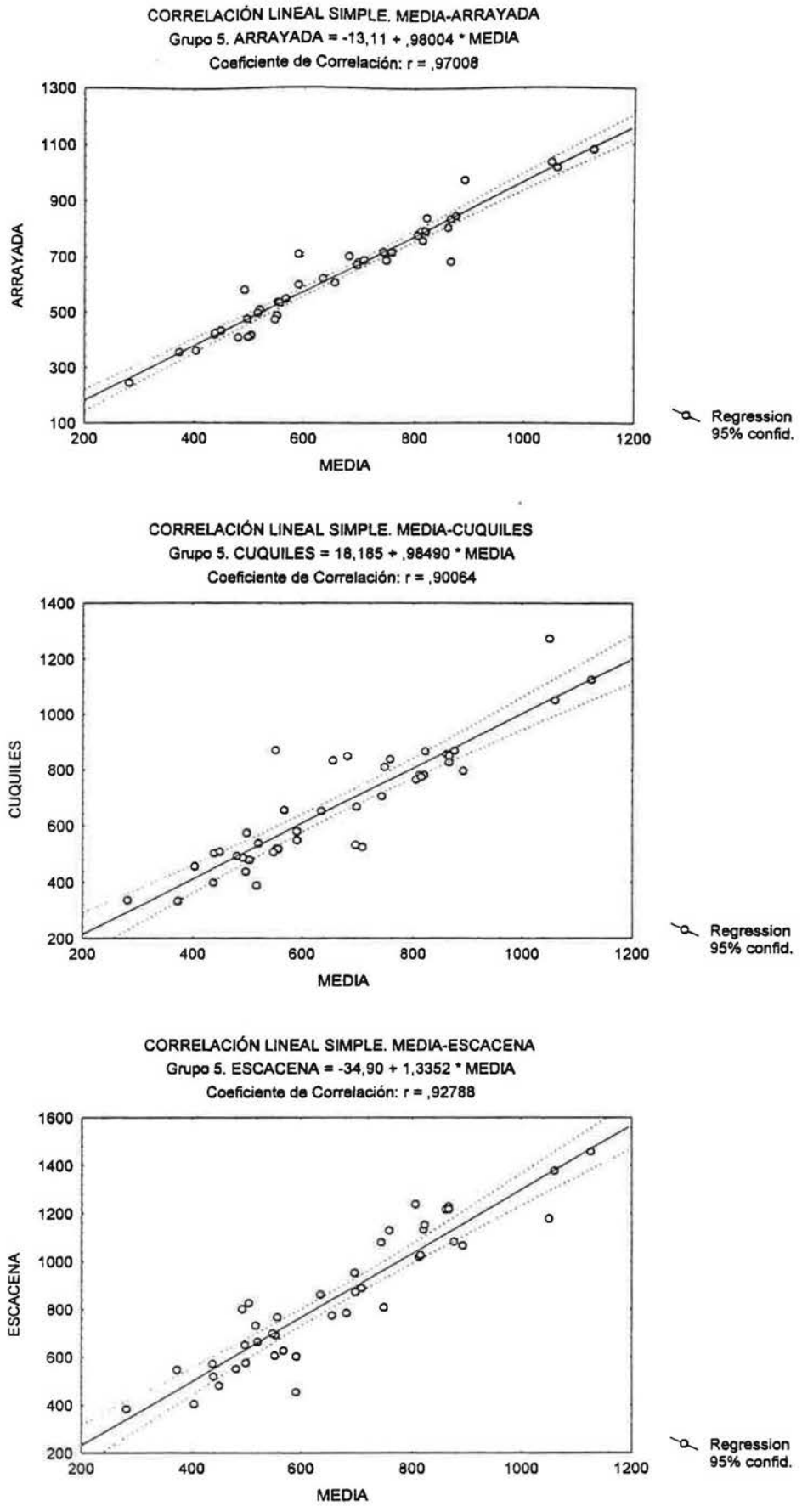
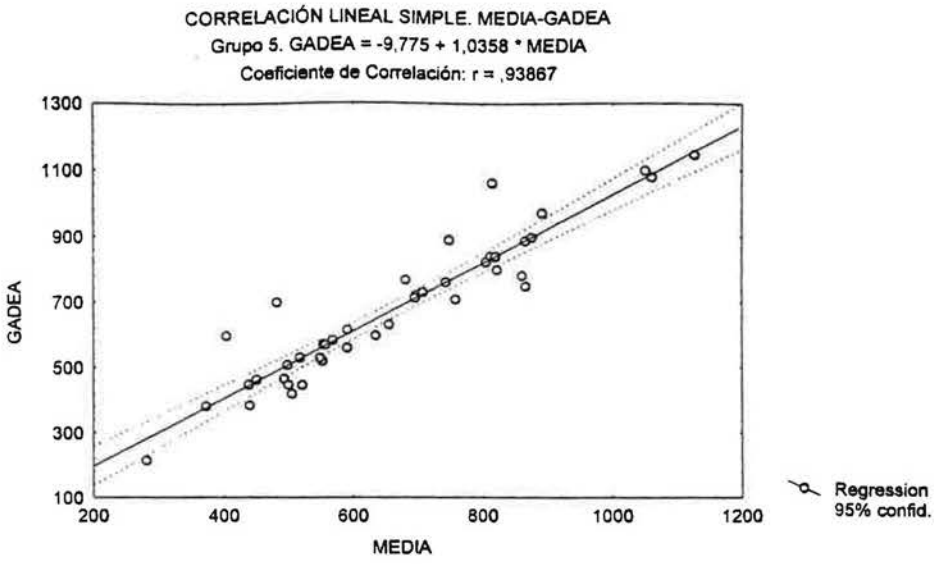
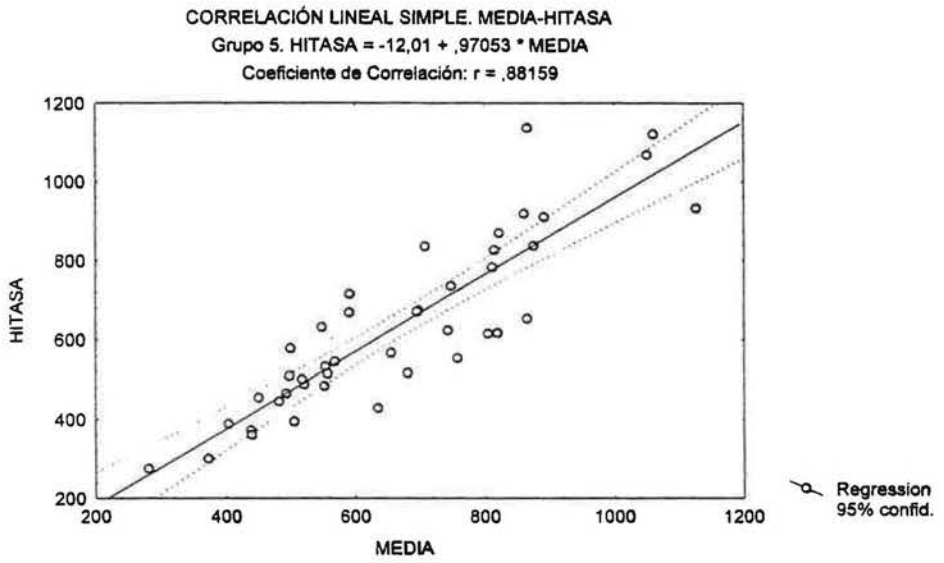


Figura 13. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 5 (P anual en mm).





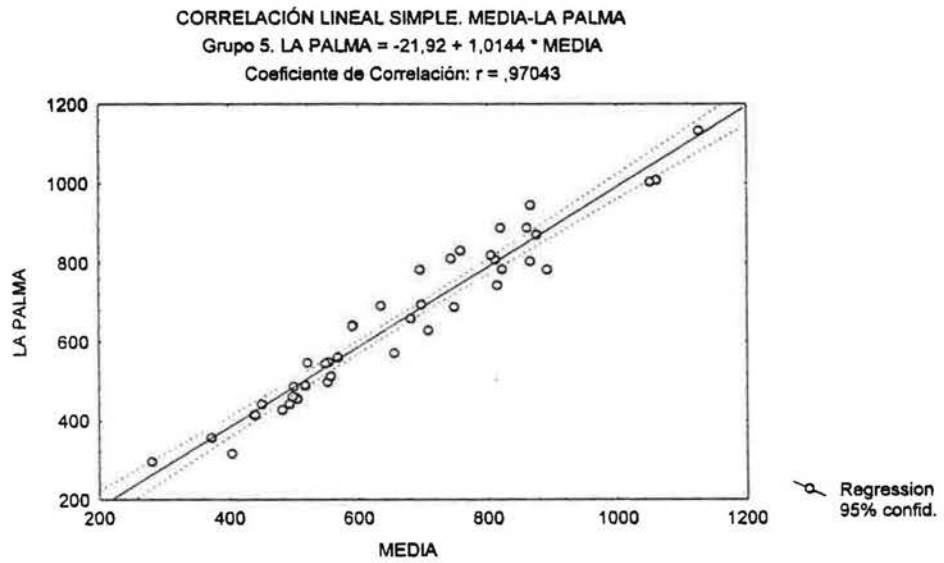
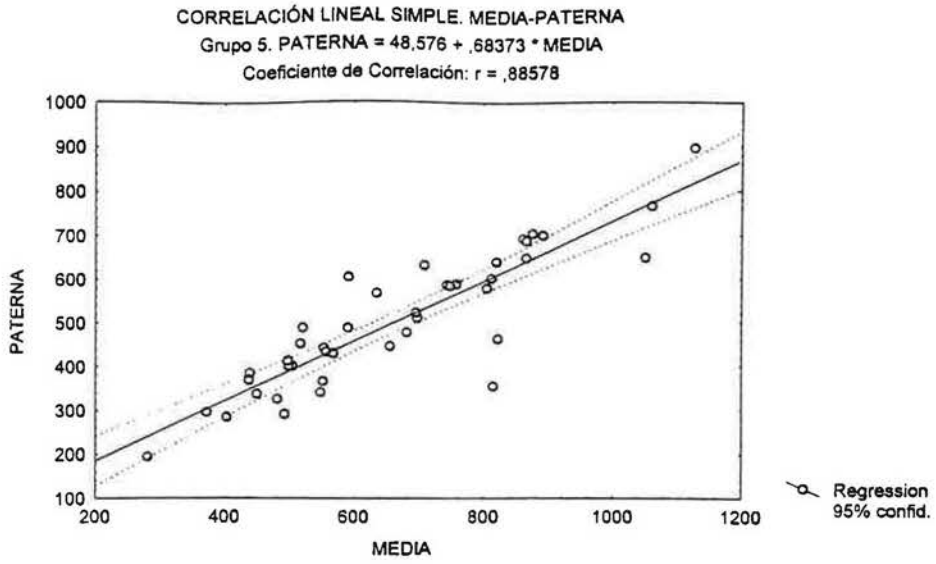


Figura 13. (continuación)



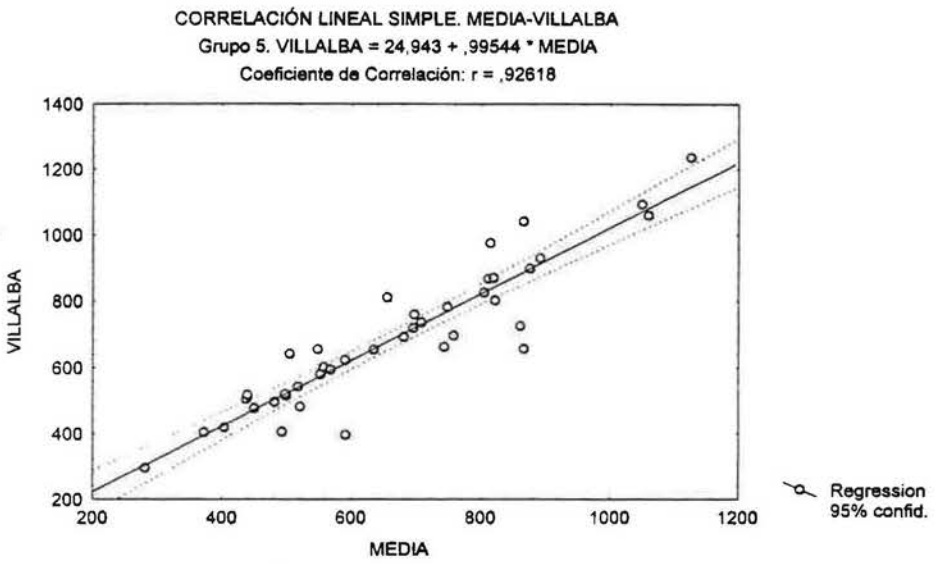


Figura 13. (continuación)

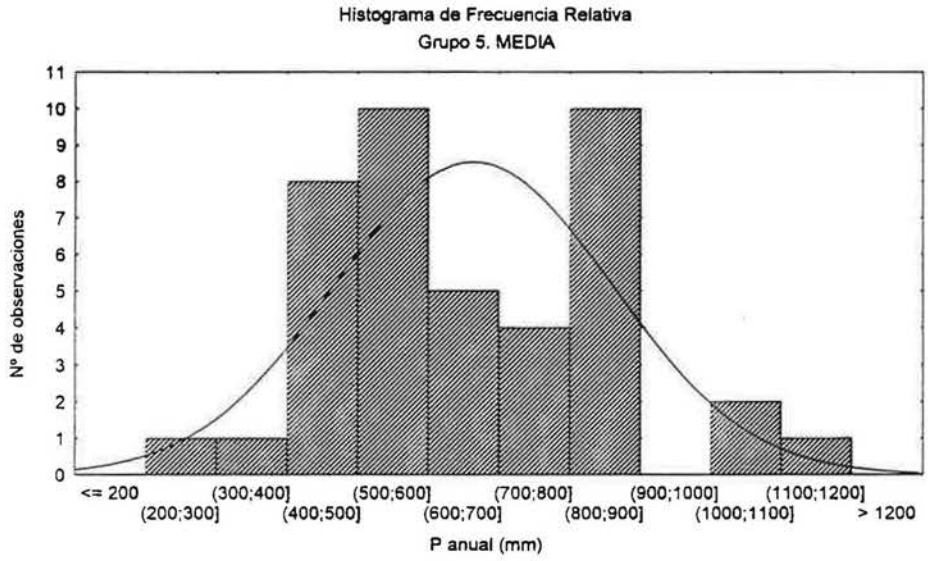


Figura 14. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 5. Valores: Precipitación anual en mm

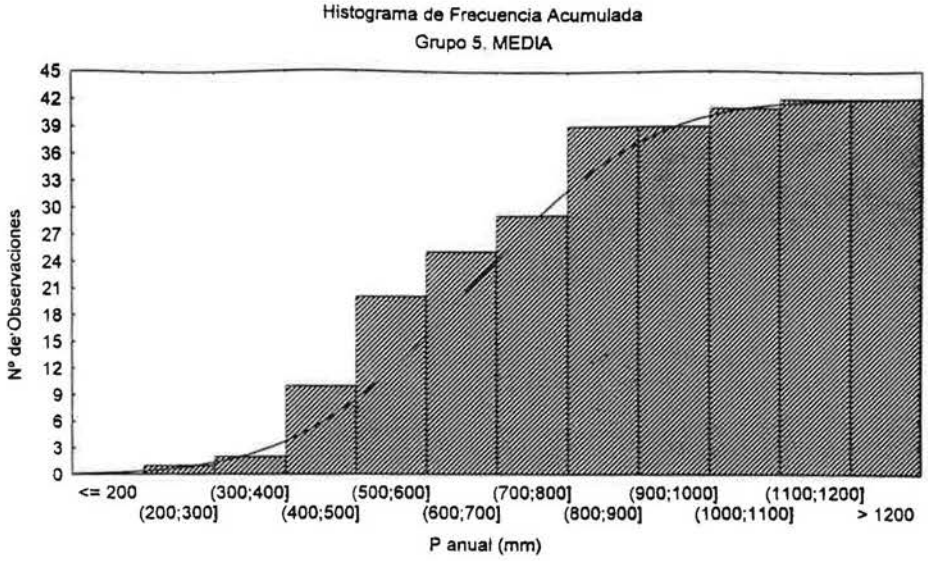


Figura 14. Continuación

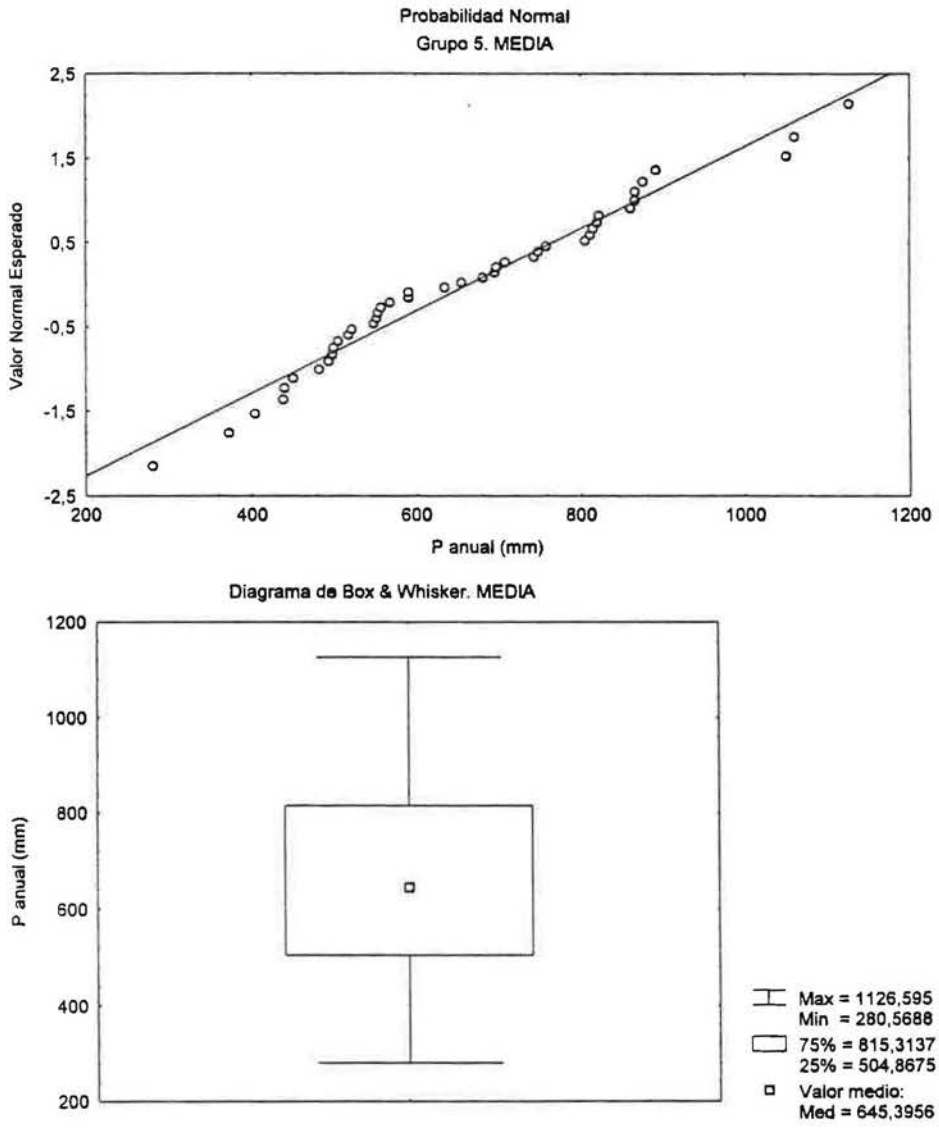


Figura 15. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 5. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 5

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: PATERNA			Variable independiente: MEDIA DEL BGRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	49,576	38,718	1,286	0,206	
Pendiente	0,684	0,056	12,176	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	741817,053	1	741817,053	148,253	0
Error	200148,575	44	5003,714		
Total (correlación)	941965,628				
Coeficiente de correlación: 0,885			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 70,737					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: ESCACENA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-34,9	57,203	-0,591	0,558	
Pendiente	1,335	0,083	16,116	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	2836805,363	1	2836805	259,732	0
Error	436881,594	44	10922,04		
Total (correlación)	3273686,957				
Coeficiente de correlación: 0,927			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 104,509					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: HITASA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-12,01	57,304	-0,116	0,909	
Pendiente	0,97	0,083	11,611	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1477602,82	1	1477602,82	134,811	0
Error	438422,562	44	10960,564		
Total (correlación)	1916025,382				
Coeficiente de correlación: 0,881			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 104,693					

Cuadro 5. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 5)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: VILLALBA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	24,943	43,449	0,619	0,54	
Pendiente	0,995	0,063	15,804	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1573745,74	1	1573745,74	249,753	0
Error	252048,176	44	6301,204		
Total (correlación)	1825793,916				
Coeficiente de correlación: 0,926			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 79,380					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: GADEA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-9,775	41,296	-0,168	0,868	
Pendiente	1,035	0,06	17,268	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1697279,132	1	1697279,132	298,177	0
Error	227687	44	5692,185		
Total (correlación)	1924966,132				
Coeficiente de correlación: 0,938			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 75,447					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: LA PALMA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-21,92	27,109	-0,716	0,478	
Pendiente	1,014	0,039	25,772	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1629315,066	1	1629315,066	664,195	0
Error	98122,623	44	2453,066		
Total (correlación)	1727437,689				
Coeficiente de correlación: 0,970			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 49,528					

Cuadro 5. (continuación)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: CUQUILES			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	18,185	53,901	0,514	0,61	
Pendiente	0,984	0,078	12,447	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1502493,347	1	1502493,347	154,937	0
Error	387898,105	44	9697,453		
Total (correlación)	1890391,452				
Coeficiente de correlación: 0,900			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 98,476					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: ARRAYADA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 5		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-13,11	26,543	-0,393	0,697	
Pendiente	0,98	0,038	25,42	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1519547,039	1	1519547,039	646,167	0
Error	94065,325	44	2351,633		
Total (correlación)	1613612,364				
Coeficiente de correlación: 0,970			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 48,494					

Cuadro 5. (continuación)

Variable	Villalba	Gadea	La Palma	Cuquiles	Arrayada	Paterna	Escacena	Hitasa
Nº Observ.	45	45	45	45	45	45	45	45
Mínimo	296,61	214,52	296,3	334,06	245,3	195	384,2	275,6
Máximo	1236,7	1147,03	1133,2	1274,54	1081,43	897	1458,9	1137,2
Rango	940,09	932,51	836,9	940,48	936,13	702	1074,7	961,6
Media	685,1971	677,2319	650,9043	671,4498	636,936	502,0798	850,7238	631,722
Varianza	44542,91	46950,4	42132,63	46112,32	39356,3	22974,77	79846,02	46732,6
Desv. Estándar	211,0519	216,6804	205,2623	214,7378	198,384	151,5743	282,5704	216,177
Error Estándar	32,56602	33,43451	31,67267	33,13476	30,6114	23,38842	43,60156	33,3569
Sesgo	0,564	0,318602	0,293437	0,622591	0,3383	0,306949	0,269417	0,65768
Kurtosis	0,0093	-0,3434	-0,66884	0,187269	-0,3577	-0,24443	-0,9303	-0,1323
Sum	28778,28	28443,74	27337,98	28200,89	26751,3	21087,35	35730,4	26532,3
Mediana	657,2	665,5	640,25	653,85	646,885	484,135	805,35	597,1

Tabla 5. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 5

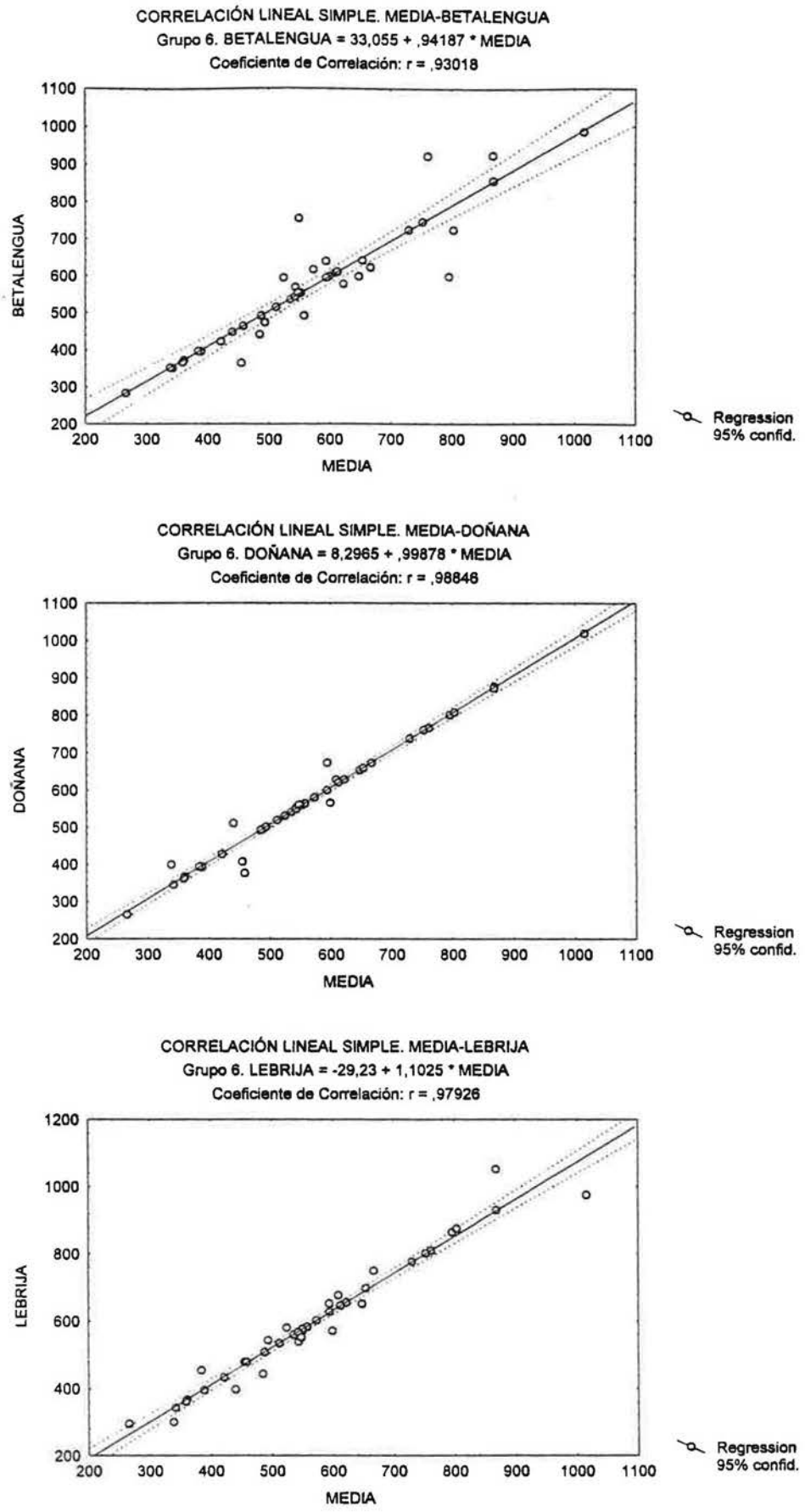
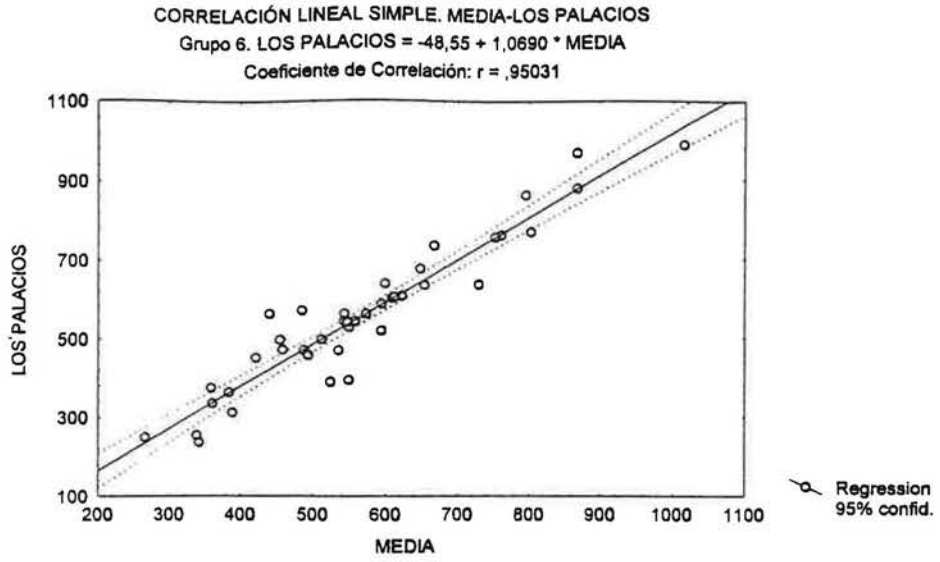
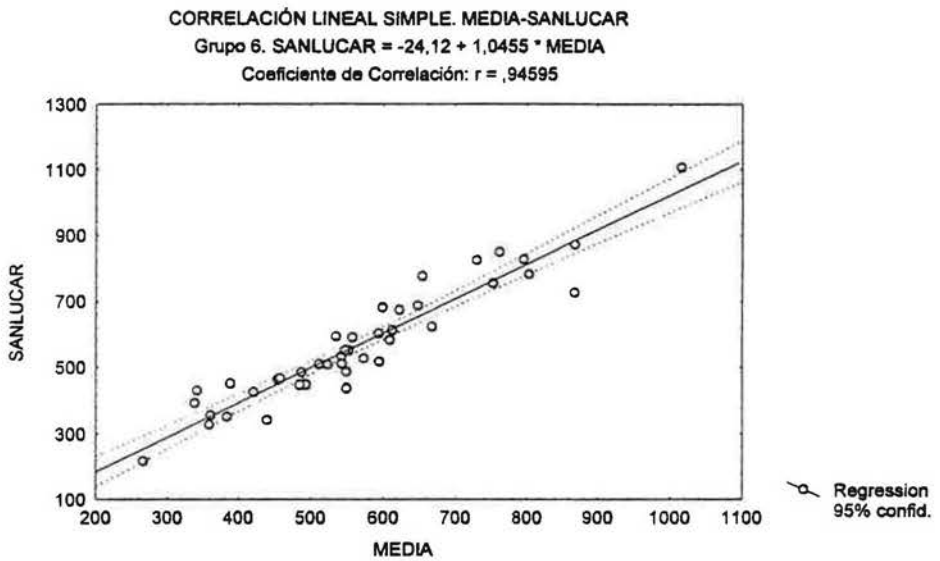


Figura 16. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 6 (P anual en mm).





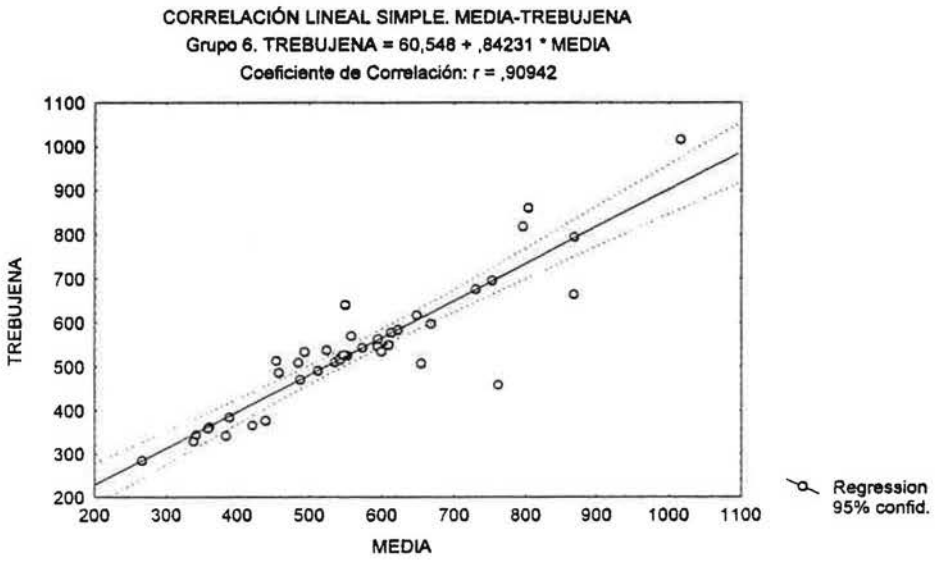
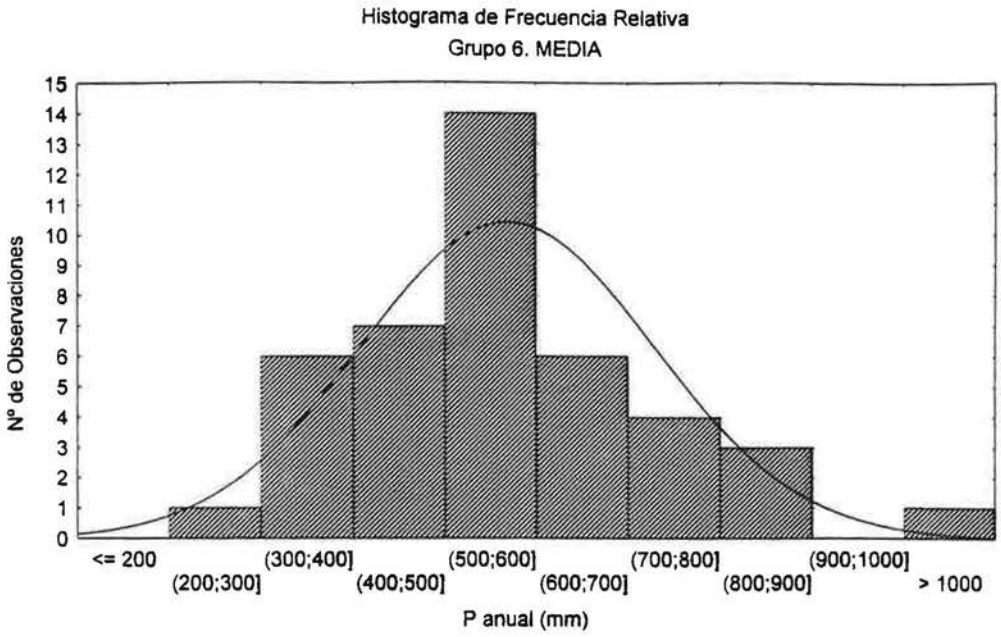


Figura 16. (continuación)



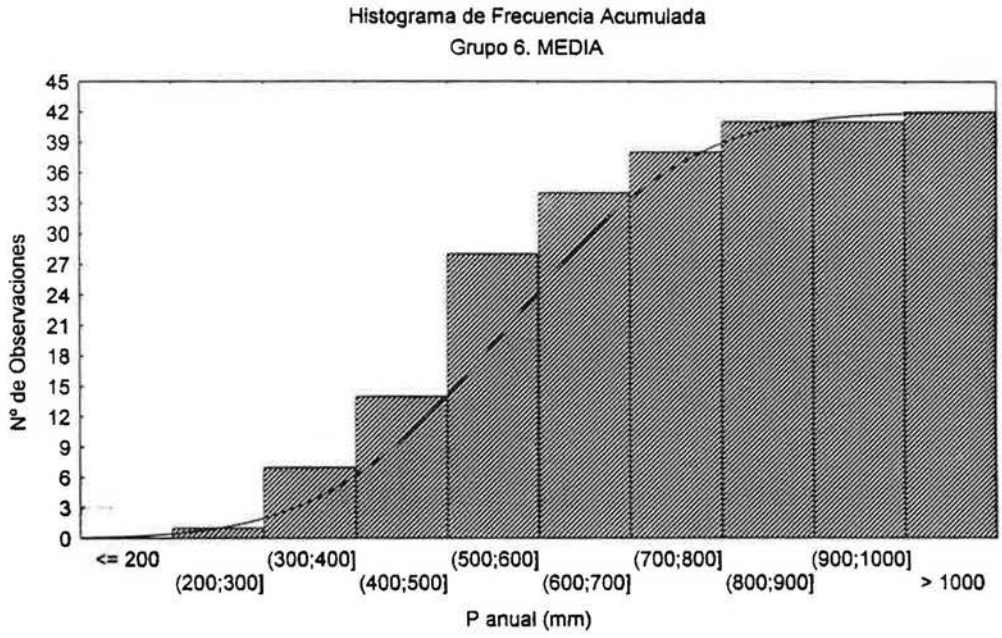
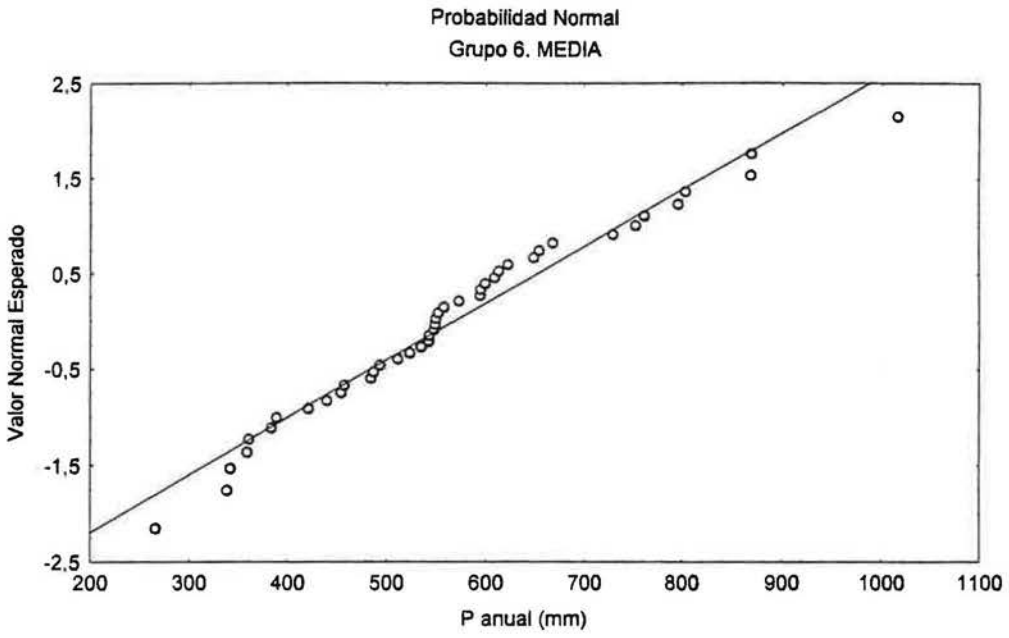


Figura 17. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 6. Valores: Precipitación anual en mm.



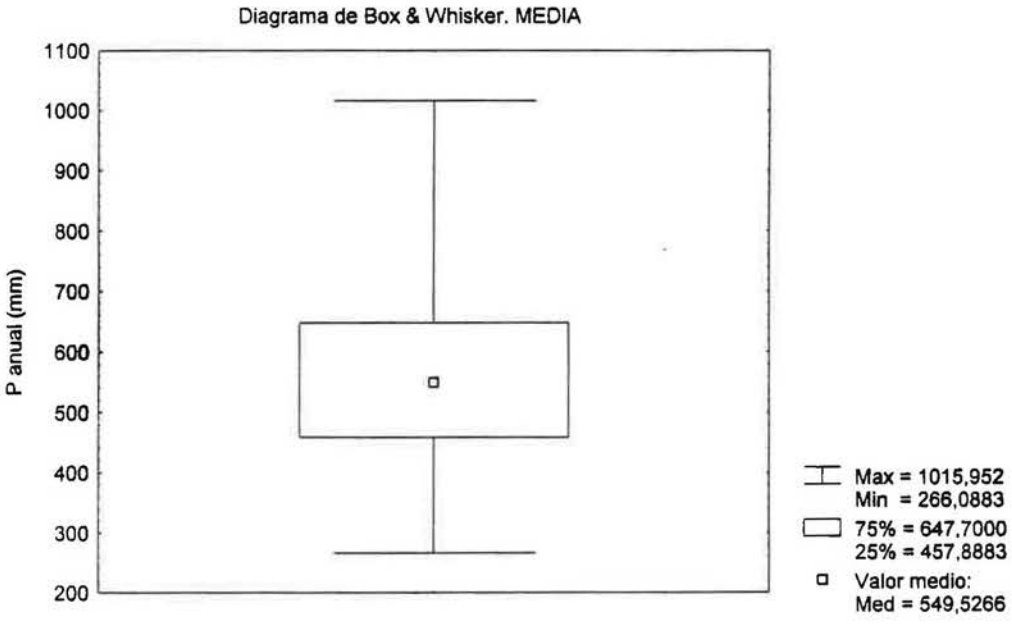


Figura 18. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 6. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 6

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: BETALENGUA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	33,055	34,677	0,952	0,347	
Pendiente	0,942	0,059	16,021	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	937218,306	1	937218,306	256,679	0
Error	146052,895	44	3651,322		
Total (correlación)	1083271,201				
Coeficiente de correlación: 0,930			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 60,426					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: SANLUCAR			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-24,12	33,325	-0,732	0,468	
Pendiente	1,045	0,056	18,519	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1156510,741	1	1156510,741	342,97	0
Error	134881,934	44	3372,048		
Total (correlación)	1291392,675				
Coeficiente de correlación: 0,946			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 58,069					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: TREBUJENA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	60,548	35,923	1,685	0,1	
Pendiente	0,842	0,061	13,83	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	749457,209	1	749457,209	191,266	0
Error	156736,176	44	3918,404		
Total (correlación)	906193,385				
Coeficiente de correlación: 0,909			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 62,597					

Cuadro 6. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 6)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: LEBRIJA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-29,23	21,386	-1,349	0,185	
Pendiente	1,102	0,036	30,398	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1283298,457	1	1283298,457	924,041	0
Error	55551,594	44	1388,79		
Total (correlación)	1338850,051				
Coeficiente de correlación: 0,979			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 37,266					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: DOÑANA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	8,295	14,275	0,581	0,564	
Pendiente	0,999	0,024	41,27	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1053782,687	1	1053782,687	1703,189	0
Error	24748,455	44	618,711		
Total (correlación)	1078531,142				
Coeficiente de correlación: 0,988			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 24,874					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: LOS PALACIOS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 6		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-48,552	32,657	-1,487	0,145	
Pendiente	1,069	0,055	19,308	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1207201,909	1	1207201,909	372,791	0
Error	129531,099	44	3238,277		
Total (correlación)	1336733,008				
Coeficiente de correlación: 0,950			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 56,906					

Cuadro 6. (continuación)

Variable	Sanlucar	Betalengua	Trebujena	Lebrija	Doñana	Los Palacios
N° Observ.	45	45	45	45	45	45
Mínimo	217,7	283,53	284,8	295,2	265,3	236,9
Máximo	1107,3	985,4	1016,1	1052,1	1019,85	990,86
Rango	889,6	701,87	731,3	756,9	754,55	753,96
Media	569,8226	568,1345	539,0648	597,1271	575,7088	558,7631
Varianza	31471,84	26416,3	22102,28	32659,81	26305,64	32603,24
Desv. Estándar	177,4031	162,5309	148,6683	180,7202	162,1901	180,5637
Error Estándar	27,37389	25,07907	22,94002	27,88574	25,02648	27,86158
Sesgo	0,73404	0,696536	0,969867	0,562971	0,54201	0,452893
Kurtosis	0,799316	0,413516	1,816629	0,051378	0,293771	0,195655
Sum	23932,55	23861,65	22640,72	25079,34	24179,77	23468,05
Mediana	531,3	561,485	526,6	574,7	560,855	545,165

Tabla 6. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 6

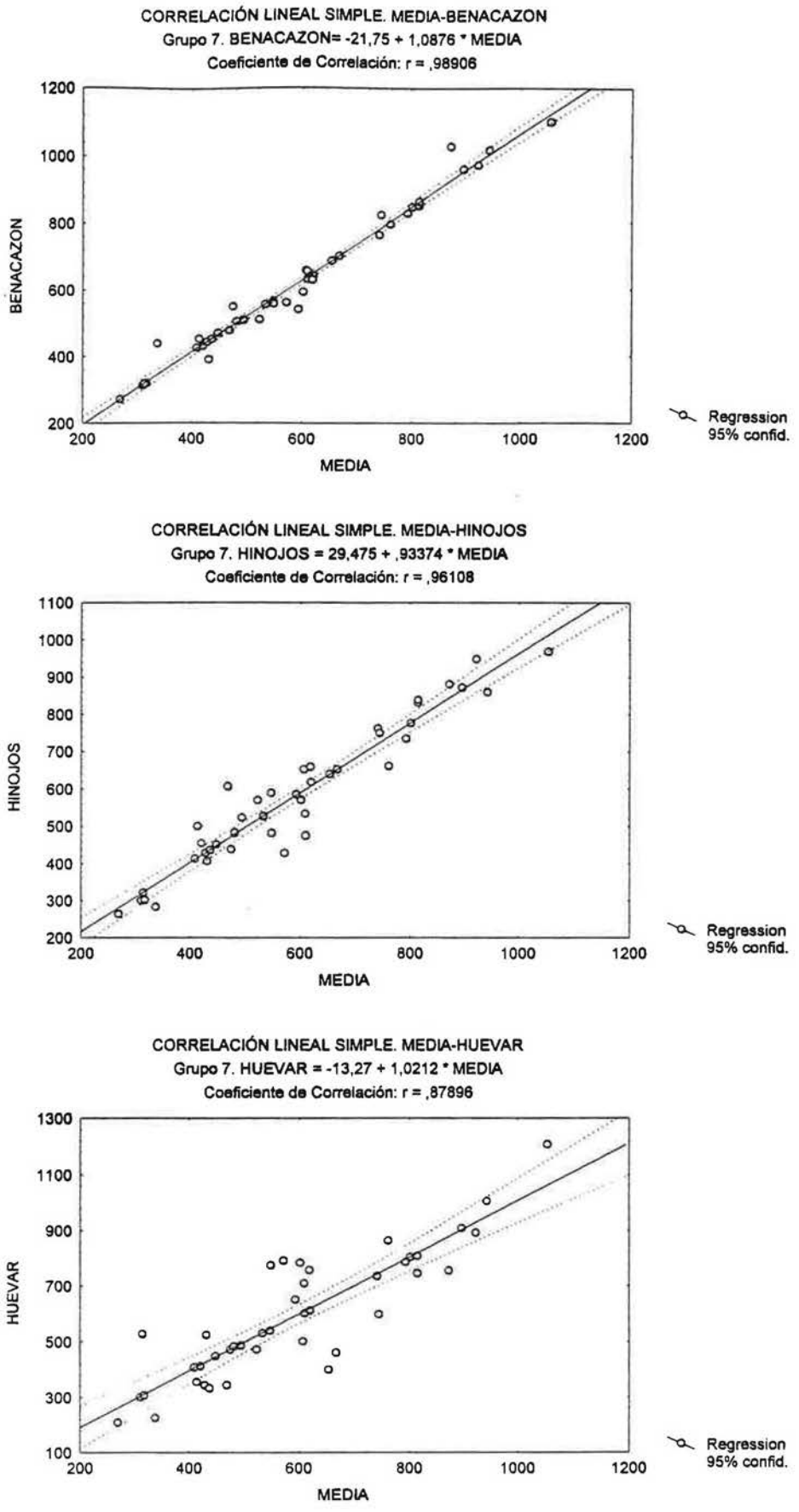


Figura 19. Análisis de regresión (modelo lineal simple) en las estaciones pluviométricas del Grupo 7 (P anual en mm).

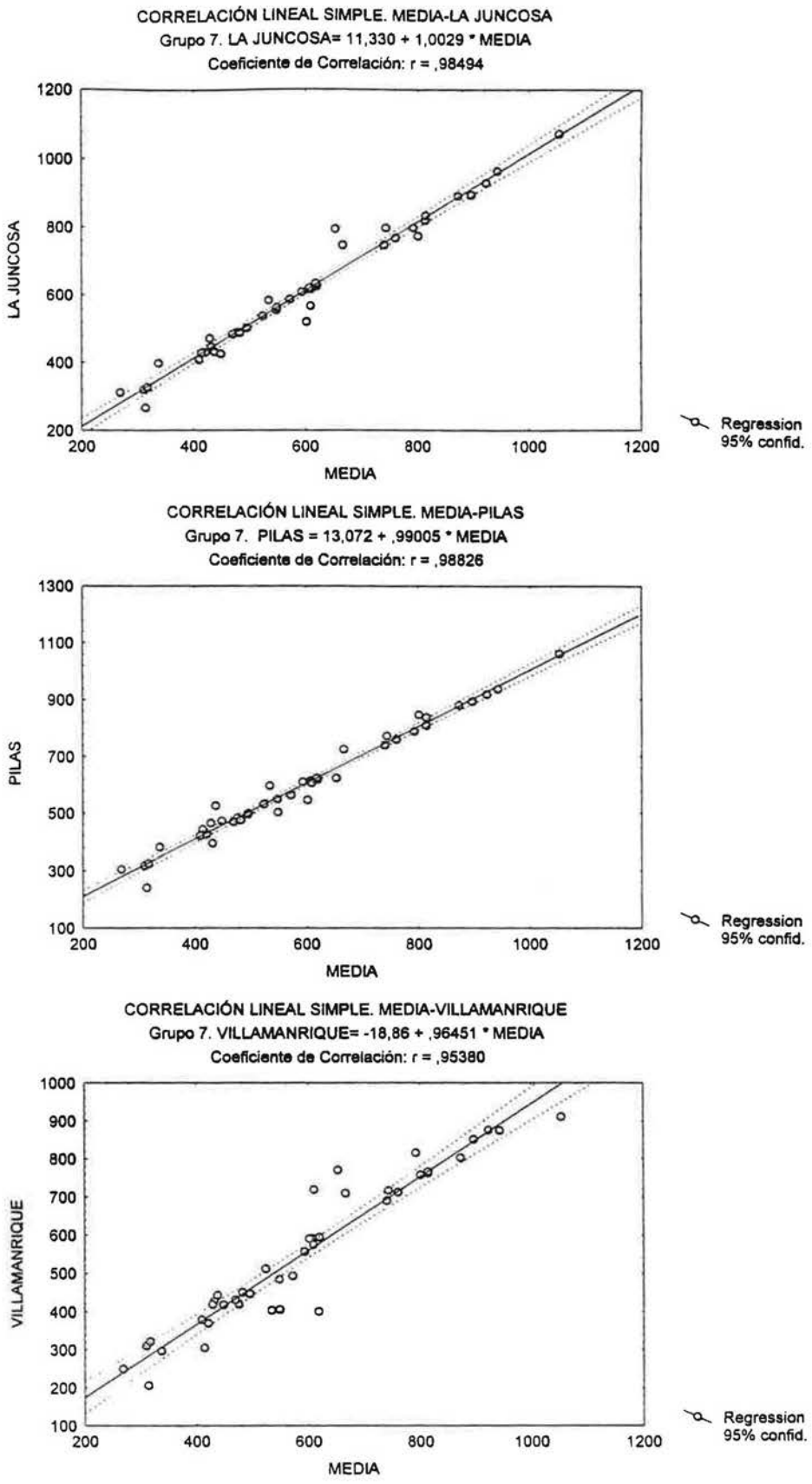
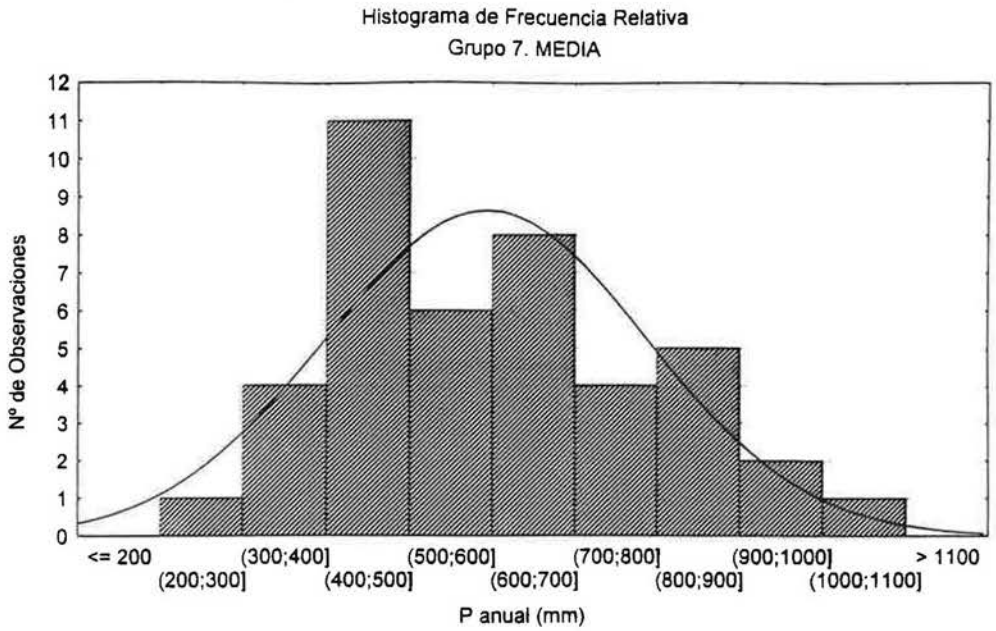


Figura 19. (continuación)



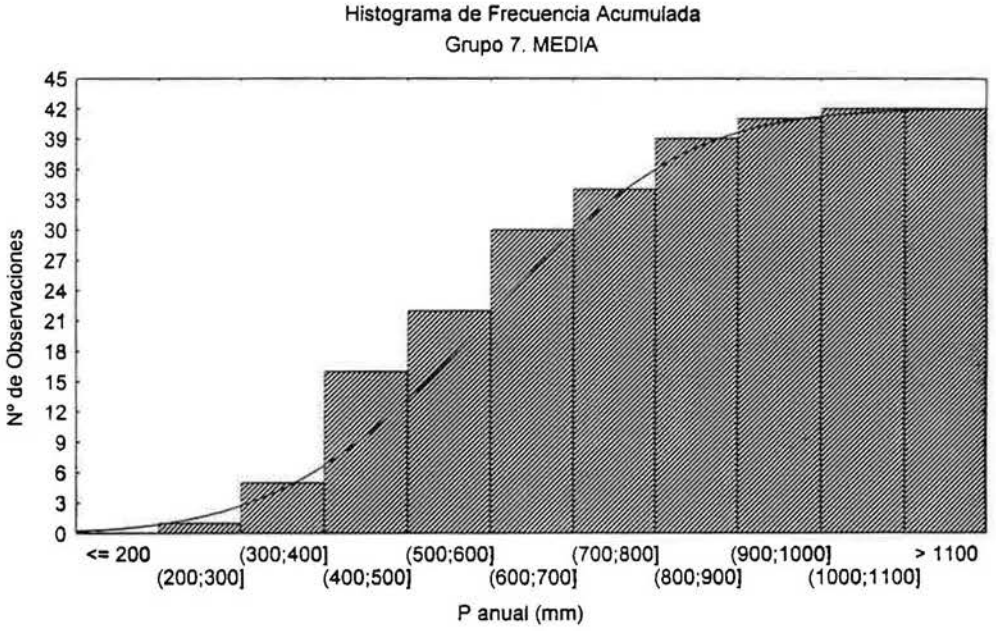
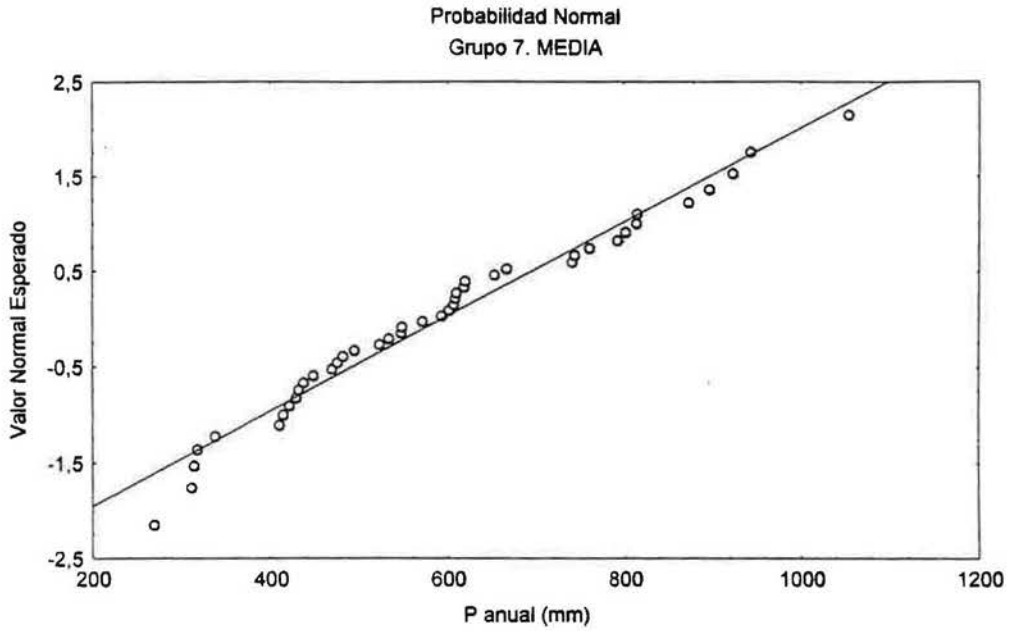


Figura 20. Distribución de frecuencias de la estación Media del Grupo 7. Valores: Precipitación anual en mm.



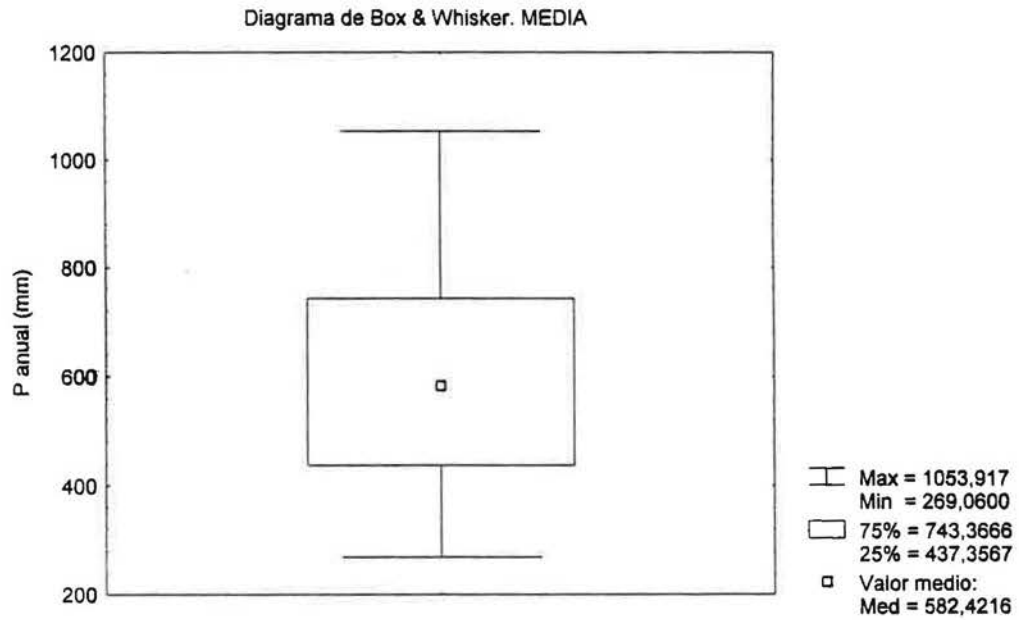


Figura 21. Prueba de ajuste a la normalidad en la estación Media del Grupo 7. Valores: Precipitación anual en mm.

DATOS ESTADÍSTICOS DEL GRUPO 7

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: BENACAZÓN			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-21,745	15,99	-1,36	0,181	
Pendiente	1,088	0,026	42,413	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1822579,064	1	1822579,064	1798,844	0
Error	40527,774	44	1013,194		
Total (correlación)	1863106,838				
Coeficiente de correlación: 0,989			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 31,831					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: HUEVAR			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-13,27	54,625	-0,243	0,809	
Pendiente	1,021	0,088	11,657	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1606614,917	1	1606614,917	135,874	0
Error	472970,512	44	11824,263		
Total (correlación)	2079585,429				
Coeficiente de correlación: 0,879			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 108,739					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b

Variable dependiente: HINOJOS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	29,475	26,462	1,114	0,272	
Pendiente	0,933	0,042	22,002	0	

ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1343304,797	1	1343304,797	484,082	0
Error	110998,029	44	2774,951		
Total (correlación)	1454302,826				
Coeficiente de correlación: 0,961			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 52,678					

Cuadro 7. Resultados estadísticos según modelo de regresión lineal simple de datos de precipitación (Grupo 7)

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: VILLAMANRIQUE			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	-18,863	29,954	-0,63	0,532	
Pendiente	0,964	0,048	20,078	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1433285,574	1	1433285,574	403,106	0
Error	142224,128	44	3555,603		
Total (correlación)	1575509,702				
Coeficiente de correlación: 0,954			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 59,629					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: PILAS			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	13,072	15,09	0,866	0,391	
Pendiente	0,99	0,024	40,911	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1510192,616	1	1510192,616	1673,713	0
Error	36092,033	44	902,301		
Total (correlación)	1546284,649				
Coeficiente de correlación: 0,988			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 30,038					

ANÁLISIS DE REGRESIÓN, MODELO LINEAL: Y = aX + b					
Variable dependiente: JUNCOSA			Variable independiente: MEDIA DEL GRUPO 7		
Parámetro	Estimado	Error estándar	t (Student)	Probabilidad	
Ordenada	11,33	17,359	0,653	0,518	
Pendiente	1,003	0,028	36,025	0	
ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F (de Fisher)	Probabilidad
Modelo	1549681,665	1	1549681,665	1297,806	0
Error	47763,119	44	1194,078		
Total (correlación)	1597444,784				
Coeficiente de correlación: 0,985			**Variabilidad explicada: 95%**		
Error estándar de estimación: 34,555					

Cuadro 7. (continuación)

Variable	Benacazón	Huevar	Hinojos	Villamanrique	Pilas	Juncosa
N° Observ.	45	45	45	45	45	45
Mínimo	272,26	209,6	264,1	206	241,5	267
Máximo	1101,2	1208,4	969,1	911,4	1060,65	1072,75
Rango	828,94	898,8	705	705,4	819,15	805,75
Media	623,6498	592,6883	583,5524	553,4698	600,56	606,4495
Varianza	45441,63	50721,6	35470,8	38427,07	37714,26	38962,07
Desv. Estándar	213,1704	225,2146	188,3369	196,0282	194,2016	197,3881
Error Estándar	32,89291	34,75136	29,06102	30,24781	29,96596	30,45765
Sesgo	0,50471	0,449023	0,299918	0,218653	0,383075	0,397981
Kurtosis	-0,52952	-0,13206	-0,6933	-1,15877	-0,4866	-0,60942
Sum	26193,29	24892,91	24509,2	23245,73	25223,52	25,470,88
Mediana	566,32	535,725	570,7	502,7	580,9	575,85

Tabla 7. Valores medios de los estadísticos de las estaciones del Grupo 7

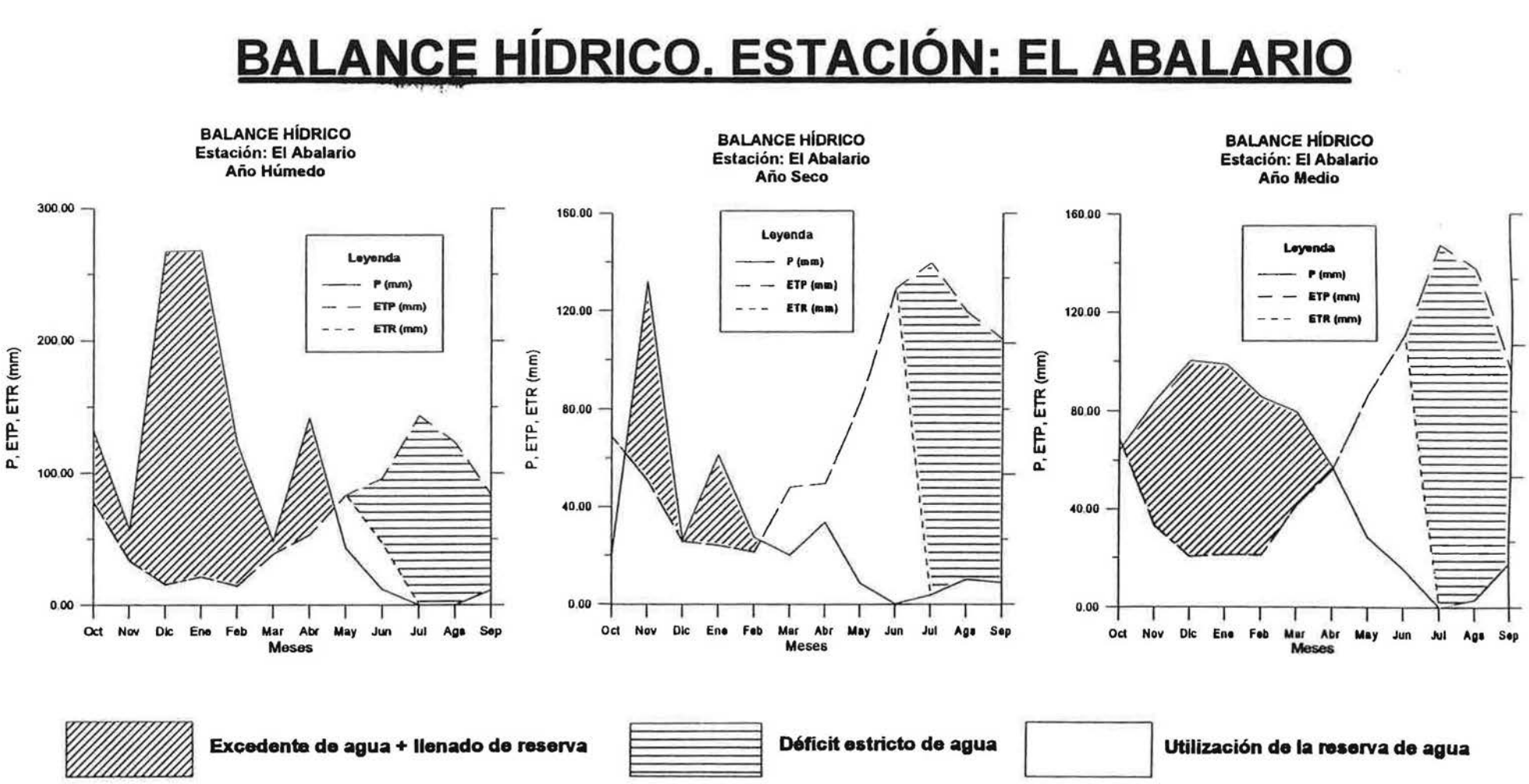


Figura 22. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Abalario

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: BODEGONES

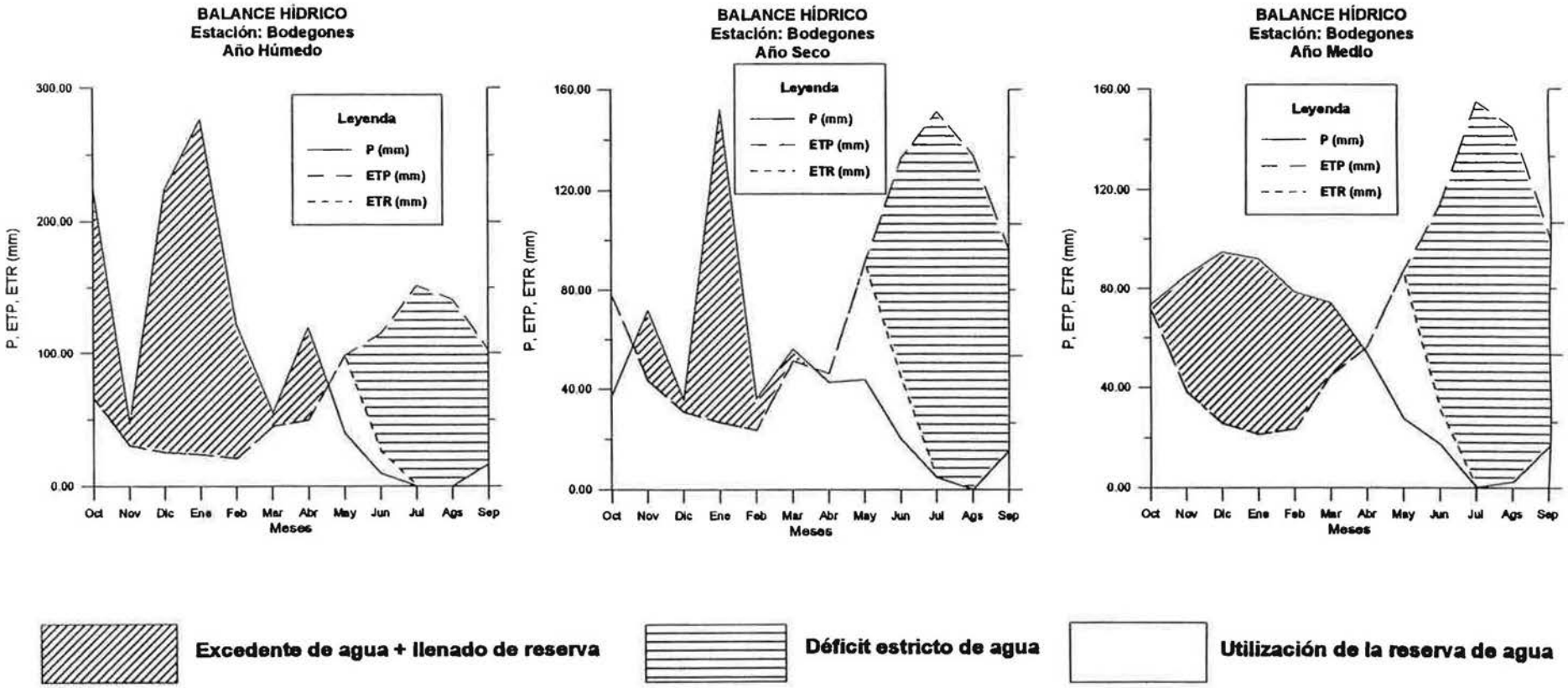


Figura 23. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Bodegones

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: CABEZUDOS

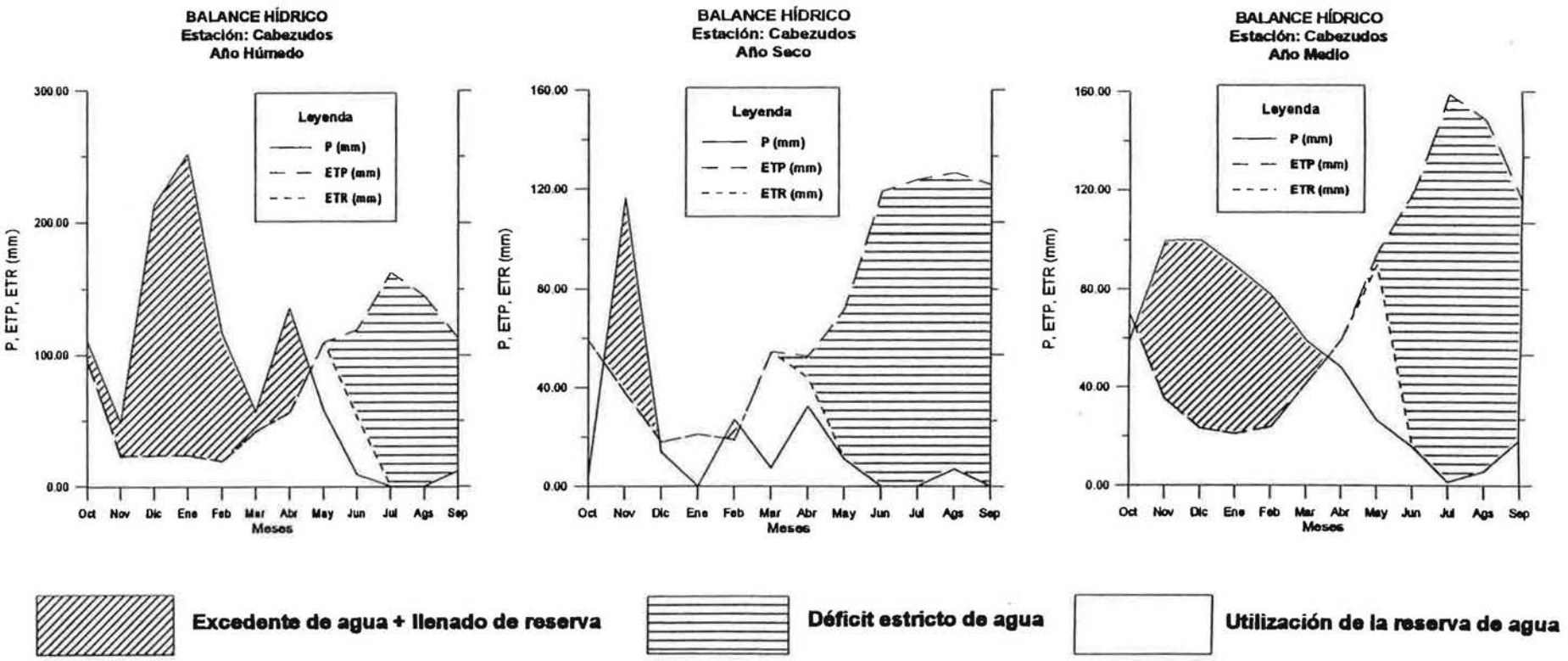


Figura 24. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Cabezudos

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: EL GUIJO

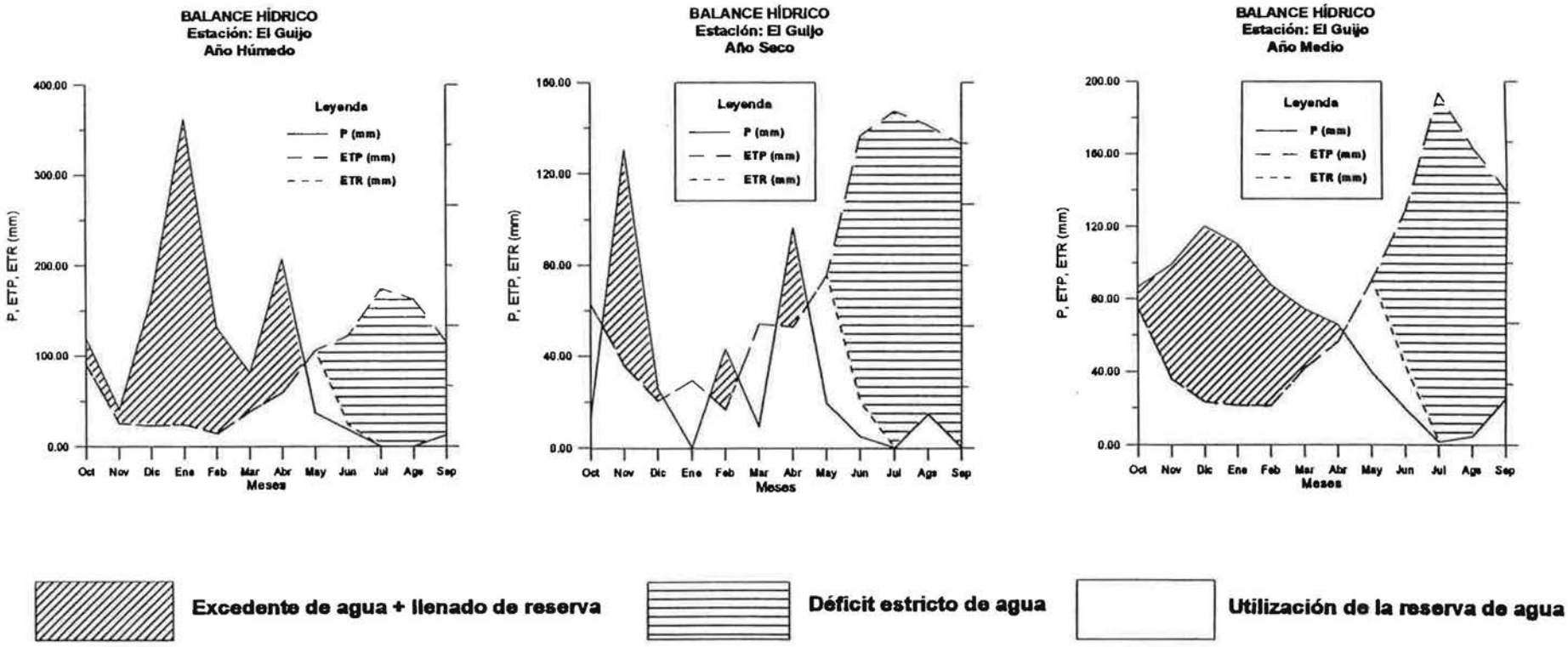


Figura 25. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Guijo

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: EL VILLAR

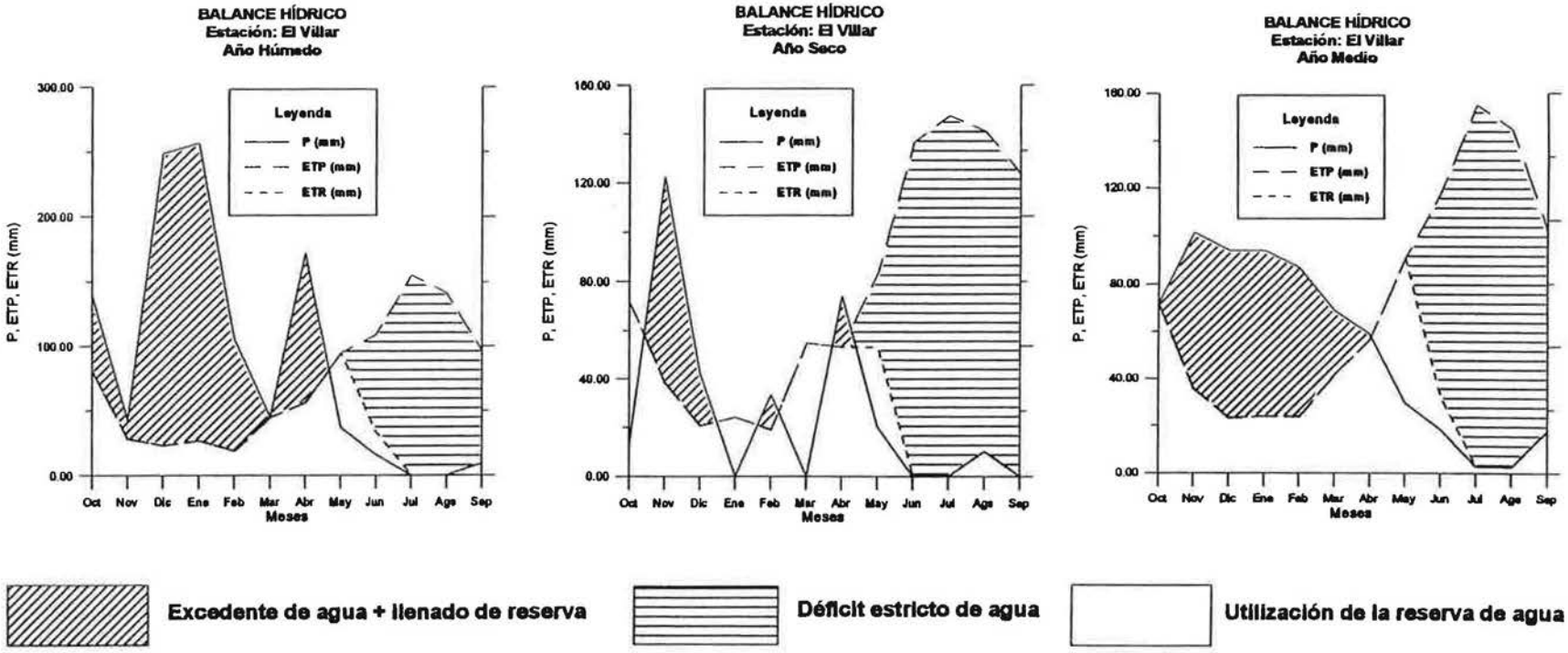


Figura 26. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación El Villar

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: ESCACENA

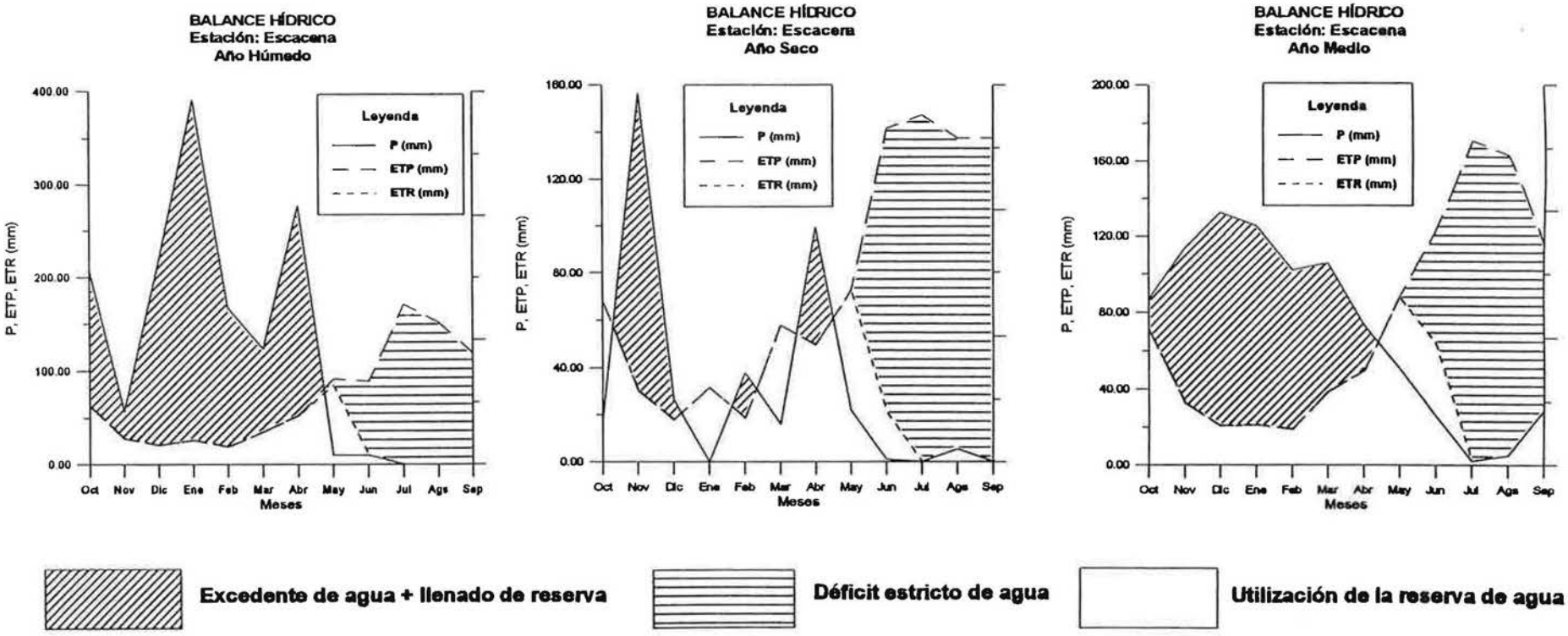


Figura 27. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Escacena

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: HUELVA

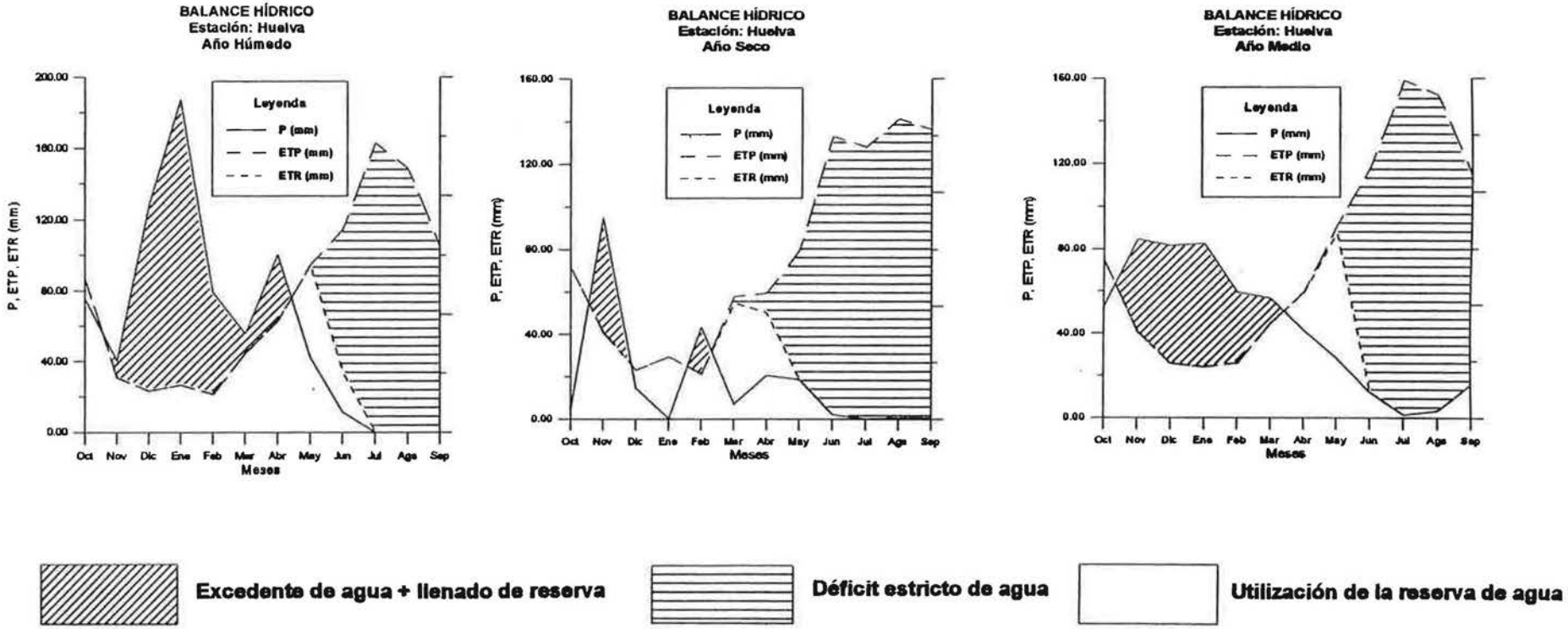


Figura 28. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Huelva

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: JUNCOSA

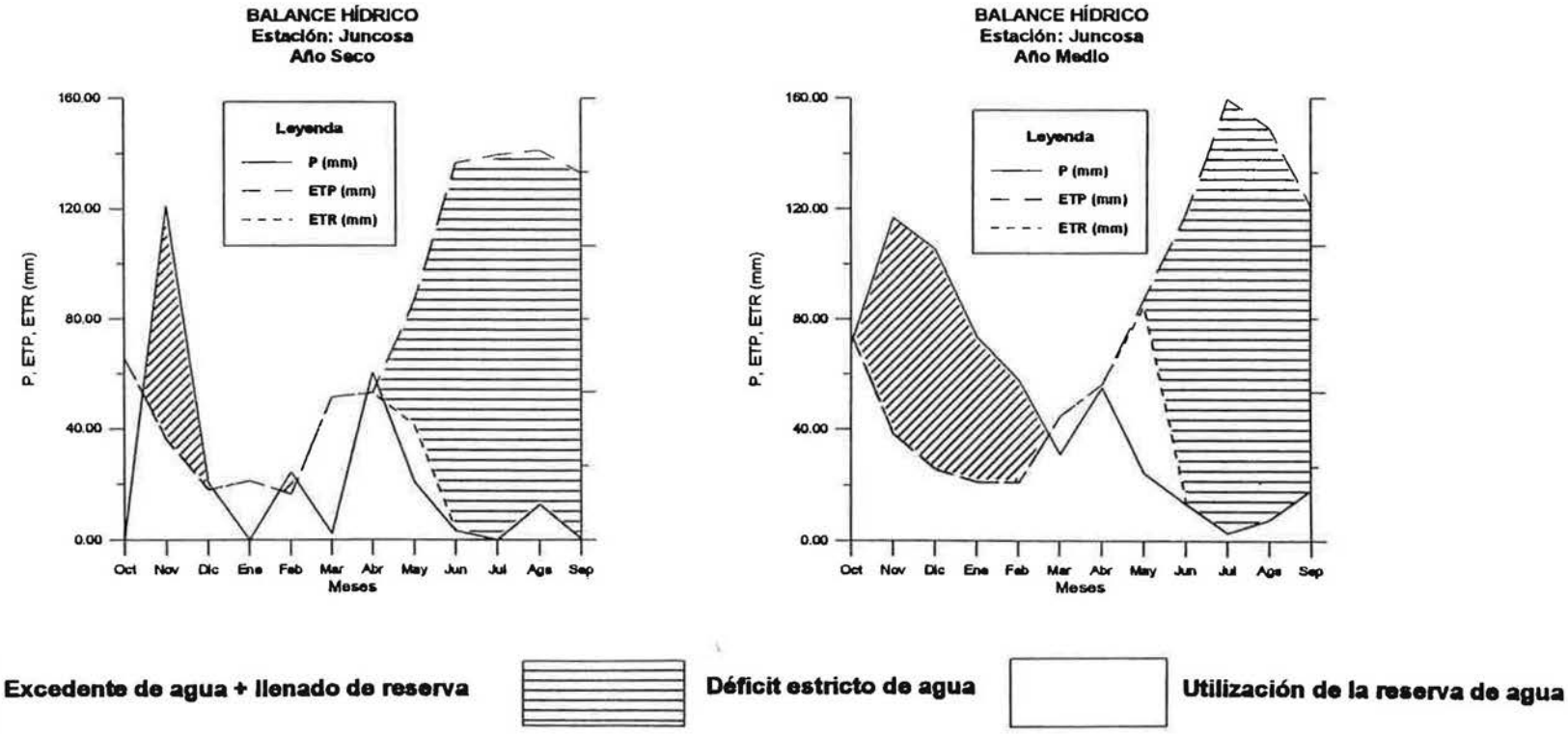


Figura 29. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Juncosa

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: LA PALMA

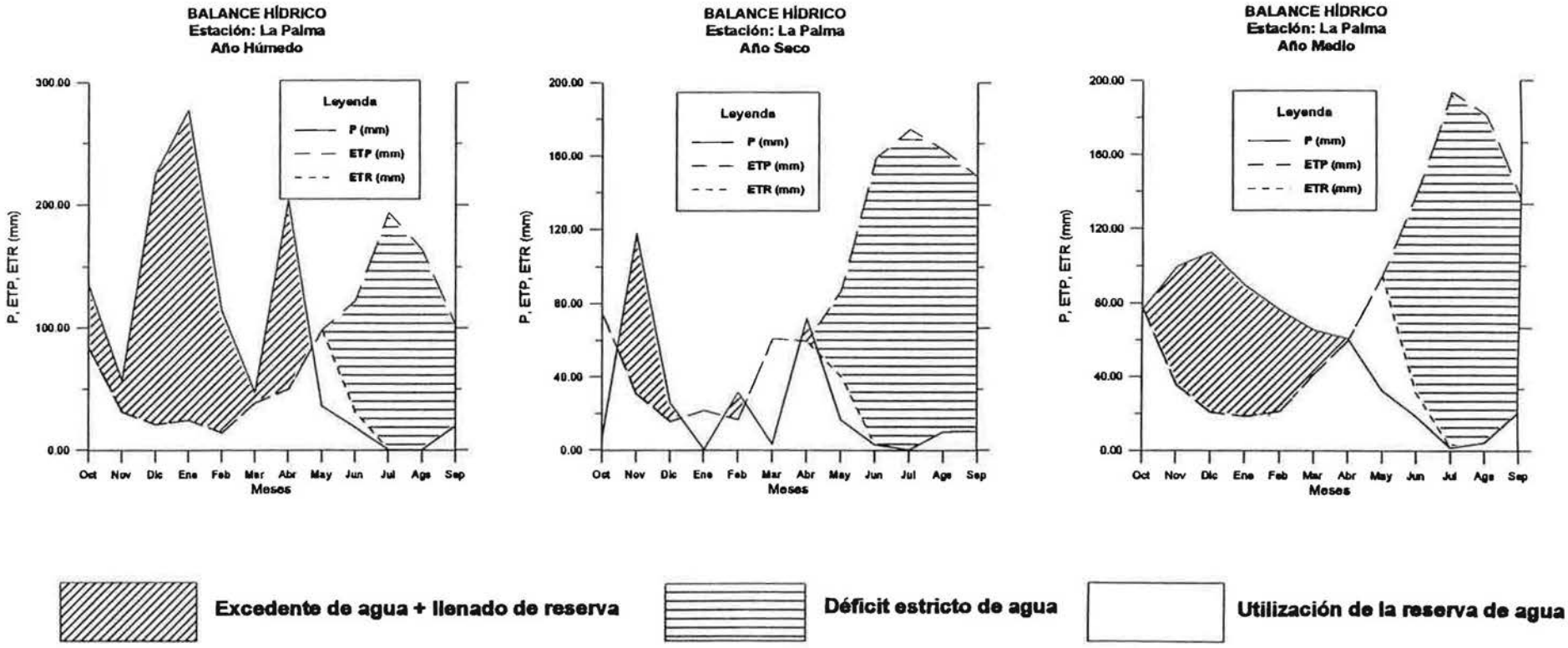


Figura 30. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación La Palma

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: LA MEDIANA

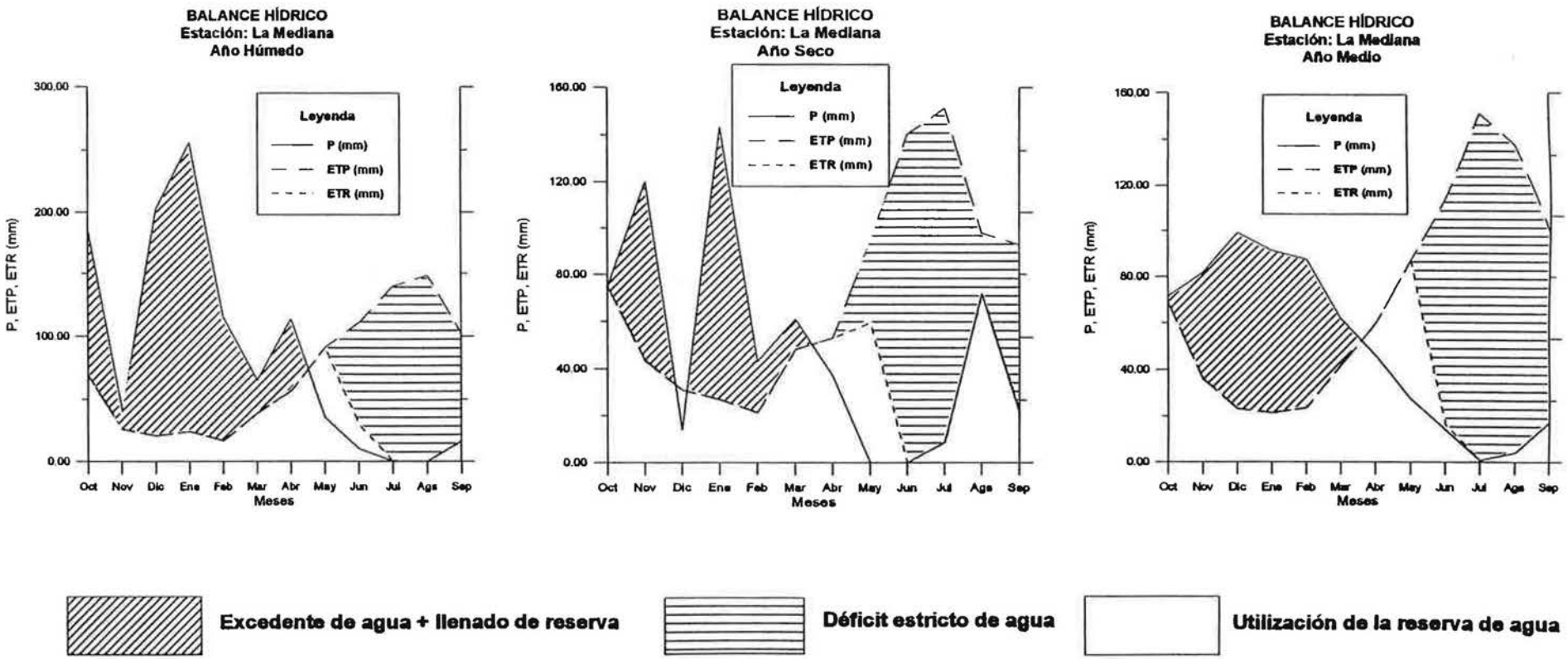


Figura 31. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mediana

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: MANZANITO

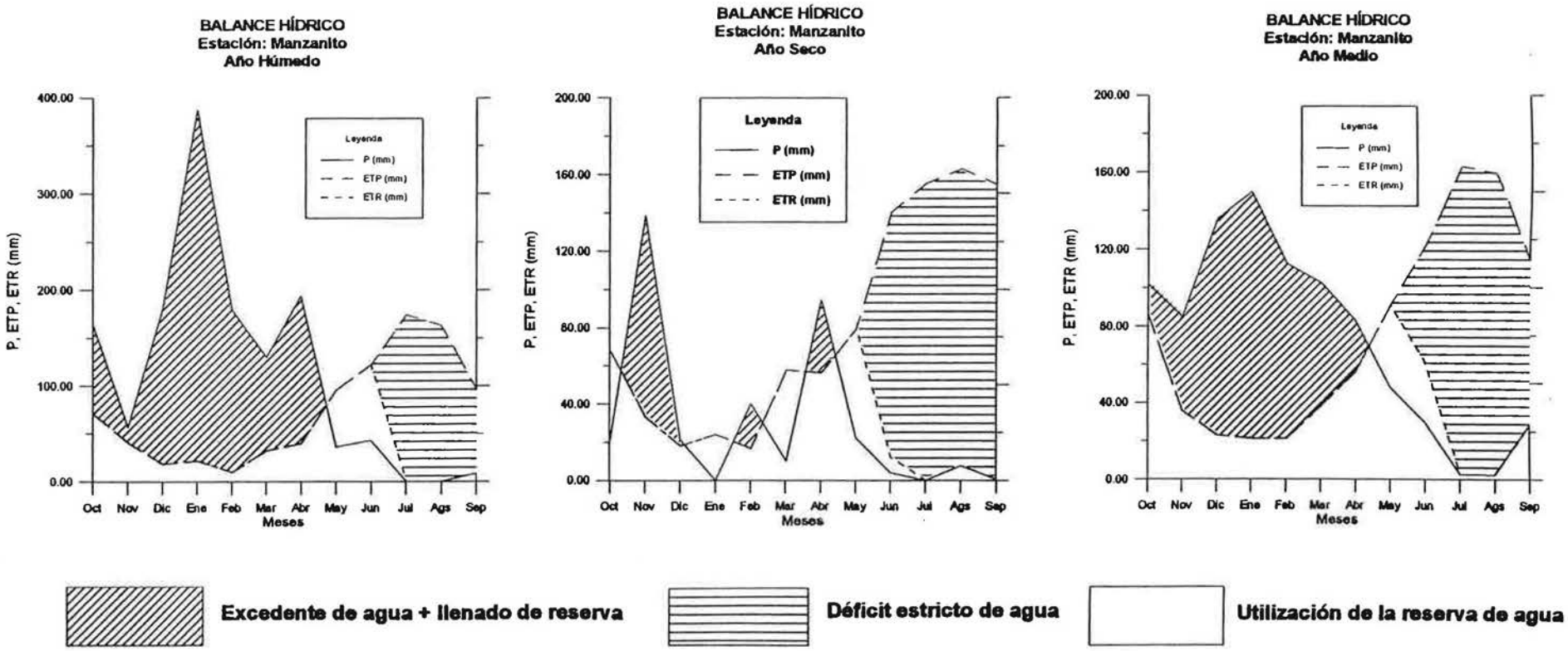


Figura 32. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Manzanito

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: LOS MIMBRALES

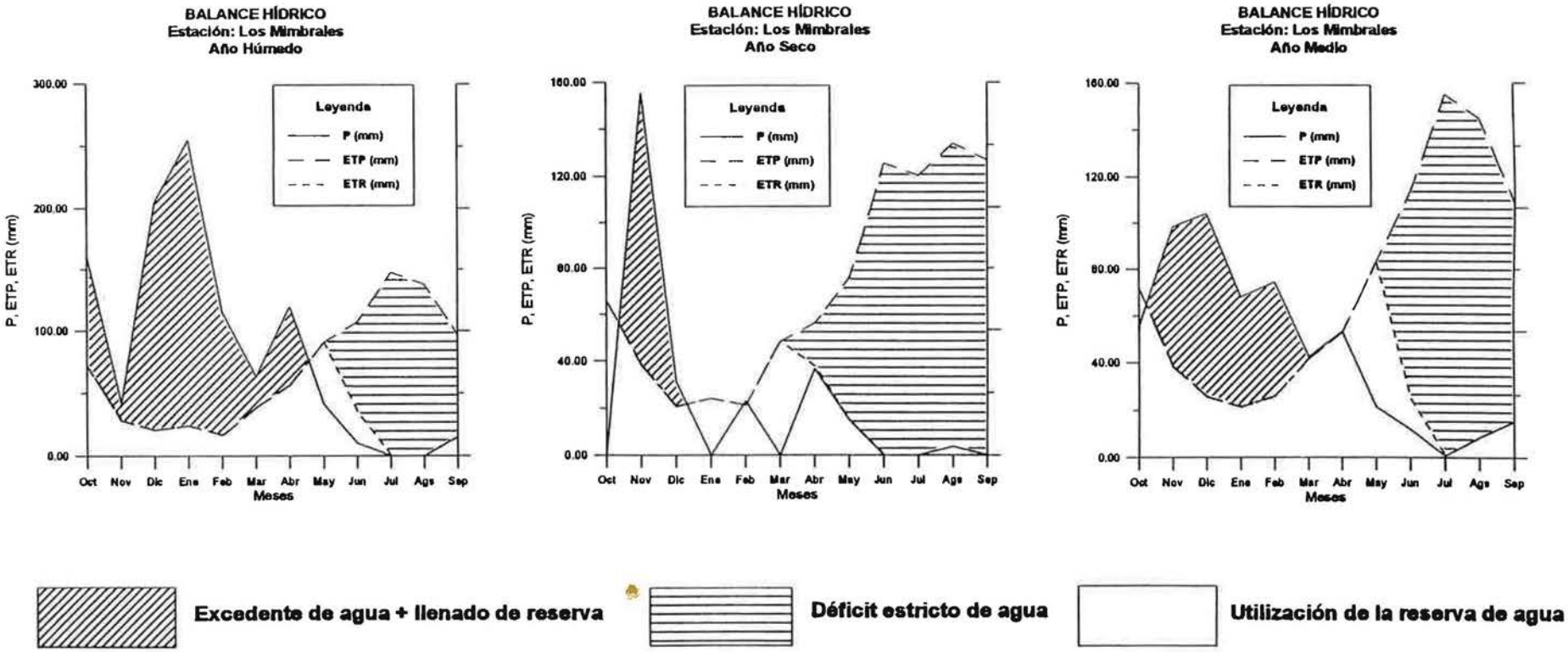
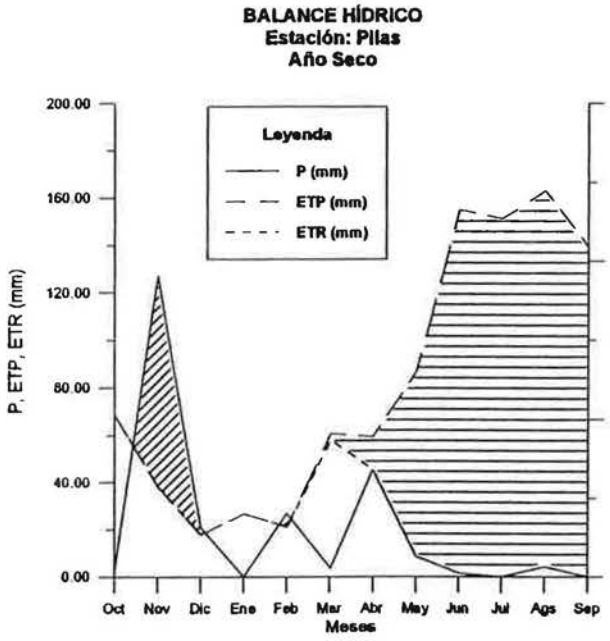
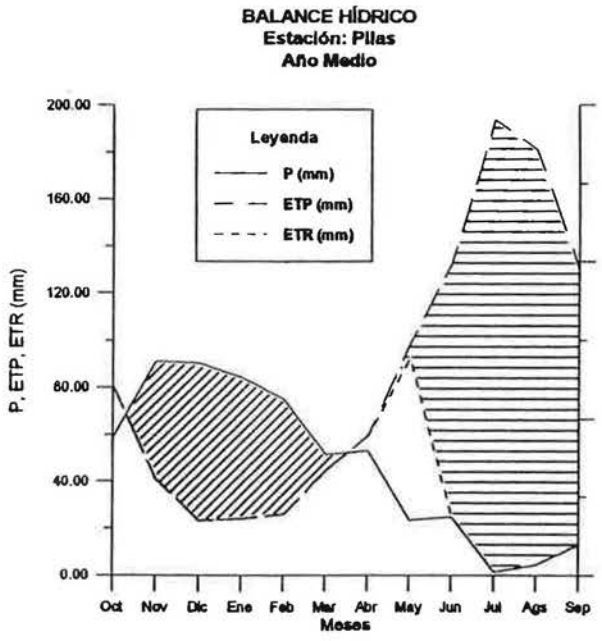


Figura 33. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Mimbrales

BALANCE HÍDRICO. ESTACIÓN: PILAS





Excedente de agua + llenado de reserva **Déficit estricto de agua** **Utilización de la reserva de agua**

Figura 34. Balance hídrico de los años seco, húmedo y medio del periodo de estudio, en la estación Pilas

ANEXO 2

INVENTARIO
PUNTOS DE AGUA

Sondeo	Cota	X	Y	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
1-1-5	12,00	737,00	4118,40	75,00	103,30	8,40	0,0134
1-1-6	5,00	737,30	4118,10	70,86	95,93	2,92	0,0093
1-1-7	11,00	737,60	4117,70	76,80	109,56	8,74	0,0124
1-1-8	9,00	737,30	4117,40	77,50	103,30	8,23	0,0092
1-1-9	6,00	736,90	4117,80	88,65	102,32	4,73	0,0077
1-1-10	4,00	736,60	4117,50	74,00	96,66	1,88	0,0072
1-1-11	4,00	736,30	4117,90	71,70	111,38	3,75	0,0085
1-2-3	17,00	737,90	4120,50	60,00	73,50	12,25	0,0163
1-2-4	20,50	737,80	4119,80	70,65	89,09	16,25	0,0021
1-2-5	15,00	738,20	4119,40	78,00	92,03	12,00	0,0110
1-2-6	8,00	738,80	4119,40	79,10	111,38	4,13	0,0165
1-2-8	8,50	738,80	4118,70	76,90	114,04	5,94	0,0170
1-2-9	9,50	738,40	4118,30	75,05	114,33	8,70	0,0245
1-2-10	14,50	738,10	4118,70	72,00	100,35	11,61	0,0086
1-2-11	17,00	737,80	4119,10	64,00	94,88	12,15	0,0128
1-3-1	20,50	738,60	4121,10	58,00	44,73	15,31	0,0130
1-3-2	20,00	739,00	4121,50	73,90	87,95	15,32	0,0080
1-3-3	20,50	739,40	4121,80	74,50	73,50	15,45	0,0087
1-3-4	20,00	739,70	4121,40	78,00	88,33	15,61	0,0112
1-3-5	22,50	740,00	4121,00	88,00	94,88	18,80	0,0152
1-3-9	15,00	739,90	4119,60	73,95	105,85	9,38	0,0210
1-3-10	10,50	739,60	4119,30	75,00	103,94	5,37	0,0080
1-3-11	17,00	739,20	4119,70	75,00	97,31	12,96	0,0230
1-3-12	19,50	740,00	4120,30	98,00	100,68	15,00	0,0220
1-4-1	15,00	740,90	4123,10	56,00	33,87	7,83	0,0024
1-4-2	18,00	741,30	4123,40	60,80	13,98	10,00	0,0009
1-4-3	12,50	741,70	4123,00	46,30	30,17	7,60	0,0016
1-4-5	14,00	740,90	4122,40	60,00	99,35	8,75	0,0090
1-4-6	21,00	740,50	4122,10	66,65	78,75	14,30	0,0130
1-4-8	12,00	741,20	4122,00	59,90	86,81	6,75	0,0062
1-4-10	12,00	742,00	4122,60	52,15	60,66	6,90	0,0040
1-4-11	13,50	742,30	4122,30	60,00	83,28	8,42	0,0063
1-4-13	11,00	741,50	4121,60	67,30	77,90	5,50	0,0050
1-4-16	10,00	741,90	4121,30	64,50	96,62	9,07	0,0080
1-4-17	10,00	742,20	4121,60	67,30	84,47	10,00	0,0063
1-4-18	7,50	742,60	4121,90	73,80	107,72	3,05	0,0057
1-4-19	24,00	740,20	4121,80	80,05	87,95	18,90	0,0165
1-5-1	8,68	743,40	4121,80	85,50	77,04	6,30	0,0059
1-5-2	5,73	743,70	4122,10	56,40	65,84	4,20	0,0089
1-5-3	7,13	744,11	4122,50	68,00	65,84	6,70	0,0058
1-5-4	6,09	744,50	4122,80	79,90	40,83	4,02	0,0030
1-5-5	5,93	744,90	4123,10	64,50	93,82	4,85	0,0084
1-5-6	5,68	745,20	4122,70	54,00	99,68	4,90	0,0140
1-5-9	6,96	744,10	4121,80	57,00	92,75	5,40	0,0063
1-5-10	7,53	743,70	4121,50	66,00	73,04	6,55	0,0052
1-5-11	5,93	744,40	4121,40	67,90	94,88	5,00	0,0075
1-5-12	5,37	744,80	4121,70	71,50	103,30	6,10	0,0160
1-5-14	5,94	745,60	4122,30	55,65	121,95	5,92	0,0200
1-5-15	5,22	745,90	4122,00	60,50	81,66	4,95	0,0200
1-5-16	3,00	745,50	4121,70	64,90	121,13	1,60	0,0136
1-5-19	3,50	746,20	4121,60	61,65	99,35	5,10	0,0160
1-5-20	3,50	746,50	4121,40	79,00	102,00	6,06	0,0155
1-5-21	6,75	743,00	4121,60	60,65	79,60	7,10	0,0066
1-6-1	20,00	742,40	4123,00	63,15	31,95	14,70	0,0030
1-6-2	16,12	742,80	4123,30	74,00	13,98	13,70	0,0013
1-6-3	8,00	743,20	4123,60	73,90	55,20	4,92	0,0130

Tabla 1. Datos técnicos de los sondeos de la zona regable Almonte-Marismas (según IARA, 1974)

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
1-6-4	8,00	743,50	4123,90	60,65	37,21	6,05	0,0030
1-6-5	9,00	743,90	4124,20	70,00	96,28	5,50	0,0110
1-6-6	7,00	744,20	4123,90	70,65	60,01	5,60	0,0068
1-6-10	14,50	742,70	4122,60	64,65	51,07	10,85	0,0035
1-6-11	10,50	743,00	4122,20	70,90	81,66	8,30	0,0040
1-6-12	8,56	743,40	4122,50	60,00	48,31	6,25	0,0050
1-6-13	6,50	743,80	4122,80	63,15	75,73	3,30	0,0076
1-6-14	6,00	744,20	4123,20	68,70	30,17	4,60	0,0028
1-6-15	6,00	744,60	4123,50	76,85	82,02	4,80	0,0124
1-8-1	21,00	737,30	4121,90	70,00	14,54	13,20	0,0012
1-8-2	19,00	737,70	4122,30	67,50	17,03	10,00	0,0014
1-8-3	24,00	738,10	4122,60	62,30	75,29	15,15	0,0036
1-8-4	31,00	738,40	4122,90	60,00	31,97	21,30	0,0069
1-8-7	29,00	737,80	4122,50	64,50	73,95	20,67	0,0048
1-8-8	27,50	738,40	4122,20	68,90	60,01	18,60	0,0061
1-8-9	17,50	738,00	4121,90	70,50	20,35	10,45	0,0008
1-8-10	18,50	737,60	4121,60	55,50	40,28	11,60	0,0110
1-9-3	23,00	736,10	4121,00	67,40	69,19	17,55	0,0152
1-9-4	20,00	736,50	4121,30	55,45	77,47	14,35	0,0164
1-9-5	27,00	736,90	4121,60	55,40	40,83	18,80	0,0031
1-9-6	24,50	737,20	4121,30	62,00	94,88	18,60	0,0150
1-9-7	21,00	736,90	4120,90	65,00	62,19	15,29	0,0200
1-9-8	19,50	736,50	4120,60	69,75	82,06	15,05	0,0195
1-9-11	31,00	736,60	4122,60	70,10	41,52	23,20	0,0033
1-9-12	27,00	736,30	4122,40	58,25	28,83	19,15	0,0015
1-9-13	26,50	735,90	4122,00	55,00	46,20	20,95	0,0069
1-9-14	22,00	735,50	4121,40	55,20	37,21	17,60	0,0064
3-3-7	23,00	723,55	4117,75	47,00	76,73	7,38	0,0043
3-3-8	23,50	723,15	4117,45	104,00	12,59	6,70	0,0090
3-3-9	26,50	722,85	4117,25	61,00	104,90	11,25	0,0091
3-3-10	27,00	722,55	4117,65	58,50	110,74	11,48	0,0180
3-3-11	27,50	722,85	4117,85	51,86	28,13	11,34	0,0020
3-6-9	21,50	726,75	4119,15	37,35	17,70	9,98	0,0046
3-6-10	19,00	727,15	4119,35	37,15	58,70	7,05	0,0096
3-6-11	18,50	727,65	4119,45	42,00	28,13	4,10	0,0023
3-6-12	18,50	728,05	4119,55	37,10	16,40	6,60	0,0006
3-6-14	18,00	725,85	4118,95	57,55	4,23	3,58	0,0001
3-7-1	13,50	727,25	4117,35	50,00	81,25	6,36	0,0042
3-7-2	13,50	727,55	4117,55	43,30	51,10	5,26	0,0030
3-7-3	15,00	727,85	4117,85	43,00	50,91	5,10	0,0026
3-7-4	18,50	727,55	4118,85	34,30	20,86	4,94	0,0011
3-7-5	17,00	727,85	4118,45	36,00	31,45	6,13	0,0023
3-7-6	17,00	727,55	4118,25	37,30	44,05	6,96	0,0040
3-7-7	13,00	726,95	4117,75	32,80	46,00	2,94	0,0018
3-7-8	13,50	726,65	4118,15	33,80	37,70	2,36	0,0021
3-7-9	16,50	726,95	4118,35	36,00	31,45	8,59	0,0021
3-7-10	19,00	727,25	4118,65	37,05	32,07	9,08	0,0043
3-7-13	18,50	727,05	4118,85	55,50	18,72	5,80	0,0012
3-8-1	8,50	726,25	4116,05	50,00	64,15	3,35	0,0030
3-8-2	13,00	725,05	4117,65	20,00	7,90	1,10	0,0016
3-8-3	8,50	726,55	4116,25	35,00	57,48	3,00	0,0040
3-8-6	14,00	725,35	4117,25	31,00	26,13	2,81	0,0012
3-8-7	13,00	725,65	4116,85	37,00	37,47	2,50	0,0014
3-8-8	10,00	725,95	4116,45	48,00	45,36	2,15	0,0019
3-8-9	13,00	726,25	4117,35	35,00	38,52	2,08	0,0018
3-8-10	11,00	726,55	4116,85	40,00	44,06	2,04	0,0014

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
3-8-11	11,00	726,25	4116,65	37,00	28,80	1,95	0,0018
3-8-12	8,00	726,55	4115,65	61,00	99,35	5,07	0,0045
3-8-13	7,00	726,86	4115,85	42,00	18,95	1,64	0,0012
3-8-14	7,00	727,15	4116,05	42,30	64,76	2,08	0,0041
3-8-16	11,00	726,85	4117,15	65,00	87,16	4,45	0,0031
3-8-17	13,00	726,55	4117,45	60,86	56,26	4,10	0,0059
3-8-18	15,50	726,25	4117,95	61,00	37,20	4,80	0,0020
3-8-19	17,50	725,95	4118,35	54,00			0,0012
3-9-1	12,00	724,65	4116,15	52,00	51,70	2,33	0,0016
3-9-2	11,50	724,95	4116,35	59,00	60,60	3,40	0,0016
3-9-3	12,00	725,35	4116,55	54,00	57,70	3,38	0,0030
3-9-4	12,00	725,05	4116,95	35,00	36,90	2,33	0,0017
3-9-5	13,00	724,35	4116,55	43,00	44,30	3,94	0,0021
3-9-6	15,00	724,05	4116,95	38,00	45,60	3,80	0,0036
3-9-7	14,00	724,35	4117,15	41,50	49,50	4,54	0,0030
3-9-8	13,50	724,75	4117,35	28,00	28,50	3,04	0,0019
3-9-10	12,50	724,65	4116,75	43,50	40,28	2,43	0,0019
3-9-11	20,50	723,75	4117,35	48,00	76,01	5,32	0,0012
3-10-1	19,00	722,45	4115,65	54,80	62,70	4,95	0,0015
3-10-2	20,00	722,45	4115,95	51,00	61,90	6,09	0,0029
3-10-3	19,00	722,85	4115,55	56,00	52,29	6,80	0,0018
3-10-4	20,00	722,75	4115,85	55,00	51,15	4,74	0,0013
3-10-5	20,50	722,75	4116,25	48,00	60,60	5,30	0,0036
3-10-6	18,00	723,15	4115,85	50,00	53,55	5,43	0,0025
3-10-7	18,50	723,05	4116,15	47,00	77,25	3,78	0,0049
3-10-8	20,00	722,75	4116;55	57,00	56,26	5,50	0,0094
3-10-9	23,50	722,45	4116,95	55,00	99,68	8,45	0,0091
3-10-10	20,50	723,15	4116,85	57,55	76,75	6,78	0,0200
3-10-11	20,00	723,45	4117,05	70,00	110,17	5,61	0,0150
3-10-12	16,00	723,75	4116,65	59,85	28,13	3,61	0,0023
3-10-13	17,50	723,55	4116,45	95,00	68,91	5,40	0,0044
3-10-14	16,00	723,75	4116,05	60,00	69,19	4,00	0,0045
3-10-15	14,00	724,05	4116,25	66,00	44,48	4,40	0,0018
3-10-16	15,50	723,55	4115,25	84,70	68,81	5,75	0,0027
3-10-17	17,00	723,15	4115,05	76,00	77,60	5,60	0,0031
3-11-1	12,50	724,35	4115,25	60,00	45,00	2,32	0,0018
3-11-2	11,00	724,55	4114,85	62,00	66,30	4,26	0,0020
3-11-3	9,00	724,85	4114,45	72,00	82,50	3,59	0,0039
3-11-4	9,00	725,25	4114,65	66,00	84,10	1,80	0,0034
3-11-5	10,00	724,95	4115,05	63,00	86,40	2,64	0,0031
3-11-6	11,50	724,65	4115,45	58,50	66,30	2,86	0,0024
3-11-7	11,00	724,95	4115,75	61,50	77,90	3,49	0,0031
3-11-8	9,00	725,55	4114,95	57,00	60,00	2,51	0,0021
3-11-9	9,00	725,85	4115,15	57,00	81,70	1,82	0,0038
3-11-10	10,50	725,55	4115,55	54,00	71,70	2,17	0,0037
3-11-11	11,00	725,25	4115,95	69,00	82,40	3,60	0,0036
3-11-12	9,50	725,95	4115,75	56,00	81,20	2,10	0,0036
3-11-13	9,00	726,15	4115,35	57,50	77,50	3,55	0,0036
3-12-1	5,00	726,95	4113,55	74,00	92,20	2,12	0,0057
3-12-2	5,50	725,75	4113,35	73,75	86,40	0,70	0,0041
3-12-3	4,50	726,55	4113,25	75,50	82,40	1,63	0,0054
3-12-4	6,50	727,35	4113,85	68,00	87,60	2,31	0,0052
3-12-5	7,00	727,45	4114,65	55,00	86,80	2,90	0,0049
3-12-6	7,50	727,15	4115,05	60,50	88,70	3,65	0,0052
3-12-7	6,50	726,75	4114,65	67,35	90,20	3,59	0,0061
3-12-8	6,50	726,35	4114,35	50,15	80,80	2,05	0,0049

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
3-12-9	6,00	725,95	4114,05	56,00	90,60	1,08	0,0041
3-12-10	8,50	727,55	4115,35	48,80	88,70	3,55	0,0076
4-1-1	21,50	715,75	4114,55	75,00	3,22	2,50	0,0001
4-1-2	20,50	716,15	4114,45	76,00	5,15	5,10	0,0003
4-1-3	20,50	716,65	4114,35	71,00	8,44	7,63	0,0002
4-1-4	17,50	717,55	4113,75	67,00	32,07	5,64	0,0017
4-1-5	18,50	717,05	4113,75	87,00	23,54	6,10	0,0011
4-1-6	20,00	716,55	4113,85	80,00	47,49	3,20	0,0068
4-1-7	21,00	716,05	4113,95	85,00	24,36	3,89	0,0014
4-1-8	23,00	715,65	4114,05	83,00	13,72	4,20	0,0003
4-2-1	27,00	715,45	4113,05	70,00	11,10	3,68	0,0003
4-2-2	26,00	715,85	4113,05	73,00	15,71	5,50	0,0004
4-2-3	22,00	716,35	4112,95	73,75	14,87	5,50	0,0010
4-2-4	20,00	716,85	4112,85	64,70	11,34	4,72	0,0006
4-2-5	19,50	717,35	4112,75	97,00	18,58	2,90	0,0005
4-2-6	22,50	716,75	4112,35	104,00	17,79	6,57	0,0008
4-2-7	25,50	716,65	4111,85	111,00	31,87	5,44	0,0007
4-2-8	27,00	716,15	4111,95	103,00	46,65	4,30	0,0018
4-2-9	31,00	715,65	4112,05	100,00	42,43	7,70	0,0013
4-2-10	31,50	715,25	4112,15	79,00	30,56	3,29	0,0008
4-2-11	30,00	715,35	4112,65	73,00	31,87	4,64	0,0012
4-3-1	33,00	715,05	4111,15	110,00	80,01	5,00	0,0023
4-3-2	30,50	715,45	4111,05	117,00	52,29	15,23	0,0016
4-3-3	29,00	716,45	4110,85	134,00	79,60	5,79	0,0044
4-3-4	28,00	716,95	4110,75	134,75	77,04	4,60	0,0034
4-3-5	29,00	716,85	4110,25	124,60	82,48	6,41	0,0033
4-3-6	30,50	716,35	4110,35	134,75	93,11	6,45	0,0052
4-3-7	30,50	715,85	4110,45	121,60	77,04	7,04	0,0027
4-3-8	30,00	715,45	4110,55	136,50	43,58	5,51	0,0013
4-3-9	32,50	714,85	4110,65	125,45	73,04	6,75	0,0030
4-4-1	33,00	714,75	4109,65	108,50	80,80	4,30	0,0034
4-4-2	33,00	715,25	4109,55	111,00	78,75	7,98	0,0033
4-4-3	32,00	716,15	4109,35	94,30	102,97	7,82	0,0046
4-4-4	31,50	716,65	4109,25	92,00	97,31	6,28	0,0025
4-4-5	32,00	716,55	4108,75	101,20	64,30	7,80	0,0034
4-4-6	33,00	716,05	4108,85	114,55	72,58	5,46	0,0041
4-4-7	33,50	715,55	4108,95	98,25	68,62	8,00	0,0050
4-4-8	34,00	715,15	4109,05	103,00	77,04	9,86	0,0054
4-4-9	34,00	714,65	4109,15	103,50	66,85	9,00	0,0035
4-5-1	20,00	718,45	4113,05	107,00	81,77	8,61	0,0033
4-5-2	18,50	718,95	4112,95	102,70	50,71	8,48	0,0023
4-5-4	17,50	719,35	4112,35	106,75	74,40	7,57	0,0033
4-5-5	17,50	719,25	4111,85	97,00	58,33	9,18	0,0016
4-5-6	19,50	718,75	4111,95	104,00	46,20	8,86	0,0015
4-5-7	21,00	718,25	4112,05	110,05	56,26	8,41	0,0019
4-6-1	15,50	720,25	4111,85	101,00	60,01	7,86	0,0027
4-6-2	13,00	720,75	4111,75	96,00	66,34	6,00	0,0027
4-6-3	10,50	721,25	4111,65	97,45	94,18	4,44	0,0051
4-6-4	10,50	721,75	4111,55	96,00	120,30	2,57	0,0055
4-6-5	13,00	721,65	4111,05	89,95	84,87	4,00	0,0060
4-6-6	15,50	721,55	4110,55	105,00	118,90	7,32	0,0052
4-6-7	16,00	721,05	4110,65	88,00	81,66	8,37	0,0036
4-6-8	16,00	720,55	4110,75	105,00	74,85	11,63	0,0039
4-6-9	16,00	720,05	4110,85	113,00	80,80	10,80	0,0057
4-7-1	8,00	723,15	4111,05	69,30	94,58	0,94	0,0043
4-7-2	6,00	724,15	4110,55	91,00	112,27	0,59	0,0061

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
4-7-3	8,00	723,65	4110,05	106,00	102,65	0,92	0,0060
4-7-4	11,00	723,15	4110,05	100,00	87,58	1,55	0,0061
4-7-5	5,00	724,15	4110,05	120,50	94,18	1,52	0,0057
4-8-1	9,00	724,15	4109,05	41,10	35,02	1,92	0,0026
4-8-2	6,00	724,65	4109,05	64,50	52,49	2,80	0,0024
4-8-3	5,00	725,15	4108,55	71,45	80,84	1,56	0,0034
4-8-4	8,50	724,65	4107,95	114,00	98,00	3,32	0,0070
4-8-5	11,50	724,15	4107,95	129,00	118,06	4,60	0,0061
4-8-6	9,50	724,15	4108,55	97,30	104,26	3,21	0,0060
4-9-1	30,50	717,85	4109,45	93,00	72,12	9,20	0,0025
4-9-2	26,50	718,45	4109,35	117,90	58,89	5,91	0,0022
4-9-3	23,00	719,05	4109,25	100,00	52,20	10,79	0,0016
4-9-4	27,00	718,85	4108,35	98,22	60,56	10,36	0,0041
4-9-5	29,00	718,25	4108,45	107,05	68,33	11,18	0,0033
4-9-6	31,00	717,65	4108,55	110,00	64,30	9,25	0,0030
4-10-1	19,00	719,65	4109,15	113,00	57,75	6,23	0,0030
4-10-2	19,50	720,25	4108,95	87,50	70,33	6,35	0,0023
4-10-3	21,50	720,45	4108,45	112,25	70,44	11,27	0,0023
4-10-4	23,00	720,65	4107,95	101,30	65,97	7,95	0,0028
4-10-5	23,00	720,05	4108,05	99,22	98,67	7,07	0,0056
4-10-6	24,00	719,45	4108,25	101,50	49,67	9,36	0,0030
4-11-1	37,50	715,75	4108,05	108,55	80,43	8,27	0,0047
4-11-2	34,50	716,35	4107,85	114,00	72,58	6,86	0,0052
4-11-3	36,00	717,55	4107,65	114,50	80,43	8,28	0,0059
4-11-4	37,00	716,85	4107,45	125,60	90,94	10,20	0,0071
4-11-5	39,00	715,95	4107,45	113,40	81,25	10,69	0,0041
4-11-6	43,00	715,35	4107,65	118,00	45,79	7,07	0,0011
4-11-7	43,00	715,15	4108,15	122,50	81,25	7,80	0,0032
4-12-1	16,00	722,15	4110,05	85,00	110,77	6,32	0,0042
4-12-2	15,50	722,65	4110,05	58,60	47,49	2,75	0,0016
4-12-3	16,00	722,65	4109,55	118,00	108,03	4,20	0,0048
4-12-4	17,50	722,65	4109,05	108,00	80,63	4,94	0,0040
4-12-5	18,50	722,15	4109,05	108,00	70,25	7,76	0,0045
4-12-6	15,50	722,15	4110,55	65,50	69,05	3,16	0,0038
4-13-1	20,00	721,65	4108,55	107,00	80,43	6,70	0,0026
4-13-2	19,50	722,15	4108,55	100,30	82,48	7,40	0,0041
4-13-3	19,00	722,65	4108,55	101,15	69,19	6,87	0,0017
4-13-4	15,00	723,15	4108,55	111,25	91,30	5,53	0,0026
4-13-5	16,00	723,15	4107,95	127,50	72,12	6,92	0,0036
4-13-6	17,50	722,65	4107,95	117,40	52,29	5,00	0,0018
4-13-7	19,00	722,15	4107,95	93,00	73,04	3,36	0,0027
4-13-8	21,50	721,65	4107,95	95,50	92,02	5,30	0,0053
5-1-2	36,00	716,45	4117,45	71,00	5,00	11,18	
5-1-3	33,00	716,95	4117,45	65,67	0,50	10,00	
5-1-4	30,00	717,45	4117,45	74,35	3,00	7,64	0,0001
5-1-5	29,00	717,95	4117,45	65,67	5,13	6,08	0,0003
5-1-6	28,50	718,95	4117,95	42,60	2,72	4,03	
5-1-7	27,50	718,45	4117,95	50,30	2,27	3,20	0,0001
5-1-8	25,00	717,95	4117,95	61,00	1,20	2,36	0,0002
5-1-9	35,00	717,45	4117,95	77,00	7,93	8,06	0,0003
5-1-10	36,50	716,95	4117,95	73,00	1,20	7,90	0,0001
5-2-1	25,00	721,95	4117,45	39,00	85,56	8,43	0,0167
5-2-2	25,00	719,45	4117,45	75,00	4,78	3,84	0,0001
5-2-3	26,50	719,95	4117,45	74,30	40,28	5,45	0,0048
5-2-4	26,00	720,45	4117,45	50,00	25,16	6,71	0,0005
5-2-5	27,00	720,95	4117,45	49,00	34,86	9,48	0,0054

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
5-2-6	25,50	721,45	4117,45	42,00	38,78	7,82	0,0104
5-2-7	30,00	721,45	4117,95	38,00	34,45	10,81	0,0075
5-2-8	33,00	720,95	4117,95	35,00	35,58	9,40	0,0036
5-2-9	30,00	720,45	4117,95	42,00	32,69	7,45	0,0068
5-2-10	30,50	719,95	4117,95	43,00	34,45	6,97	0,0056
5-2-11	30,00	719,45	4117,95	36,00	13,88	4,83	0,0007
5-2-12	26,50	721,95	4117,95	51,00	18,39	8,83	0,0006
5-3-1	21,00	719,45	4116,55	59,67	24,83	7,44	0,0005
5-3-2	22,50	719,95	4116,55	61,00	44,48	7,25	0,0025
5-3-3	23,50	720,45	4116,55	60,00	61,11	8,32	0,0040
5-3-4	22,50	720,95	4116,55	51,70	91,67	6,20	0,0048
5-3-5	23,00	721,45	4116,55	56,00	108,03	6,43	0,0073
5-3-6	22,50	721,95	4116,55	55,45	72,13	6,85	0,0095
5-3-7	21,00	721,95	4116,05	57,30	30,17	5,32	0,0012
5-3-8	21,00	721,45	4116,05	76,00	102,00	5,44	0,0061
5-3-9	21,50	720,95	4116,05	65,22	99,35	6,27	0,0070
5-3-10	21,50	720,45	4116,05	75,00	97,31	7,10	0,0057
5-3-11	20,00	719,95	4116,05	73,75	57,75	5,38	0,0023
5-3-12	19,50	719,45	4116,05	78,00	40,01	7,32	0,0019
5-3-14	24,50	720,45	4117,05	56,80	17,29	6,60	0,0046
5-3-15	23,50	720,95	4117,05	52,20	36,14	7,11	0,0025
5-3-16	24,00	721,45	4117,05	60,86	120,30	9,05	0,0120
5-3-17	23,50	721,95	4117,05	73,00	96,28	7,31	0,0140
5-4-1	19,00	719,95	4115,55	86,00	78,57	6,15	0,0037
5-4-2	20,00	720,45	4115,55	83,30	78,33	3,70	0,0040
5-4-3	20,00	720,95	4115,55	82,00	83,68	5,14	0,0062
5-4-4	19,50	721,45	4115,55	81,00	42,80	5,00	0,0012
5-4-5	18,00	721,45	4115,05	102,00	60,01	4,95	0,0033
5-4-6	19,00	720,95	4115,05	90,00	43,35	5,00	0,0008
5-4-7	17,00	720,45	4115,05	71,00	36,68	2,73	0,0012
5-4-8	18,00	719,95	4115,05	101,00	77,04	3,79	0,0031
5-4-9	18,00	719,45	4115,05	85,00	55,39	4,22	0,0031
5-5-1	16,00	720,95	4114,55	92,05	11,11	2,96	0,0005
5-5-2	13,00	721,95	4114,05	92,42	82,74	3,70	0,0026
5-5-3	16,00	721,95	4114,55	101,00	52,49	5,98	0,0024
5-5-4	13,00	722,45	4114,05	101,00	79,82	4,55	0,0043
5-5-5	10,50	721,95	4113,55	110,80	99,01	3,55	0,0036
5-5-6	13,00	721,45	4114,05	96,00	29,56	4,64	0,0008
5-7-5	26,50	717,95	4117,05	73,00	1,00	8,80	0,0001
5-8-1	16,00	720,15	4114,15	98,00	80,43	5,36	0,0043
5-8-2	12,00	720,95	4113,75	101,00	70,25	3,67	0,0029
5-8-3	9,00	722,15	4113,15	101,05	74,85	2,43	0,0021
5-8-4	6,00	722,45	4112,65	117,00	104,26	1,14	0,0036
5-8-5	9,50	721,65	4113,05	101,00	60,01	1,90	0,0017
5-8-6	14,00	720,45	4113,65	102,86	52,92	2,45	0,0021
5-8-7	16,50	719,55	4114,15	109,00	49,00	5,83	0,0022
5-8-8	17,00	719,35	4114,55	104,00	56,68	3,70	0,0021
AM-1	2,31	731,35	4113,95	130,00	109,56	0,50	0,0090
AM-2	2,22	732,05	4114,05	86,50	117,21	0,35	0,0105
AM-3	2,17	732,85	4114,15	108,00	123,58	1,07	0,0140
AM-4	1,86	733,55	4114,25	122,00	100,35	1,44	0,0087
AM-7	2,37	736,35	4114,35	103,35	103,94	1,20	0,0160
AM-8	2,60	737,15	4114,35	133,00	106,79	0,73	0,0160
AM-9	2,18	737,85	4114,35	92,00	125,70	1,10	0,0210
AM-10	2,58	738,75	4114,35	112,00	101,01	1,76	0,0165
AM-11	2,76	742,40	4117,20	147,00	132,92	1,20	0,0230

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
AM-12	2,83	742,80	4117,65	152,00	132,92	0,90	0,0165
AM-13	2,74	743,30	4118,00	121,00	93,93	4,40	0,0127
AM-14	3,26	743,75	4118,70	106,00	105,85	3,90	0,0145
AM-15	3,38	744,50	4118,70	112,65	104,58	4,00	0,0190
AM-16	3,11	744,20	4118,10	116,75	102,65	4,30	0,0160
AM-17	3,54	743,90	4117,50	122,00	100,68	5,90	0,0175
AM-18	2,82	743,50	4116,75	132,55	126,78	0,68	0,0175
M-1-1	3,18	730,20	4111,85	148,86	117,49	0,00	0,0110
M-1-3	2,33	732,20	4111,85	152,50	105,53	1,12	0,0076
M-1-4	2,50	730,00	4110,85	143,00	119,18	0,00	0,0105
M-1-5	2,58	731,00	4108,85	124,86	107,72	0,00	0,0089
M-1-6	2,31	732,00	4110,85	160,00	114,04	1,98	0,0122
M-2-1	2,33	730,80	4109,35	210,00	115,20	0,60	0,0096
M-2-2	2,44	731,70	4109,35	196,00	115,20	0,64	0,0105
M-2-3	2,53	732,30	4109,35	182,00	101,67	0,45	0,0180
M-2-4	2,20	732,30	4108,35	196,00	112,27	0,63	0,0105
M-2-5	2,51	731,30	4108,35	161,00	110,17	0,74	0,0140
M-2-6	2,27	730,60	4108,35	182,00	118,90	0,00	0,0110
M-2-7	2,46	731,30	4107,35	182,00	51,65	1,03	0,0063
M-3-2	2,17	734,50	4113,35	141,00	108,34	1,49	0,0100
M-3-3	2,48	735,20	4113,35	154,00	90,94	2,75	0,0110
M-3-4	2,50	735,20	4111,85	139,90	100,02	2,72	0,0125
M-3-5	2,49	734,70	4110,85	153,00	102,32	1,97	0,0120
M-3-6	2,19	733,30	4109,85	151,86	113,16	0,83	0,0125
M-3-7	2,30	732,80	4110,35	163,90	105,53	1,41	0,0125
M-3-8	2,29	733,70	4110,85	159,70	105,22	0,80	0,0125
M-3-9	2,28	733,70	4111,85	153,10	95,93	1,44	0,0092
M-4-1	2,46	734,30	4109,35	158,00	127,82	1,35	0,0355
M-4-3	2,32	735,30	4108,35	187,86	114,04	1,43	0,0150
M-4-4	2,17	735,30	4106,95	175,50	77,04	1,20	0,0115
M-4-5	2,27	734,30	4106,95	160,50	92,75	1,03	0,0087
M-4-7	2,53	733,30	4108,35	176,50	122,50	1,15	0,0115
M-4-8	2,26	733,30	4107,65	187,55	125,72	0,82	0,0105
M-4-9	2,12	735,30	4107,75	197,85	108,03	1,67	0,0290
M-5-1	2,29	735,80	4111,85	148,55	90,94	1,80	0,0160
M-5-2	2,27	736,80	4111,85	151,00	112,57	1,60	0,0175
M-5-3	2,33	737,70	4111,85	145,86	113,75	1,75	0,0335
M-5-4	1,63	738,40	4111,85	148,00	116,91	1,10	0,0205
M-5-6	2,46	737,70	4113,25	142,55	121,95	1,53	0,0260
M-5-7	2,46	736,80	4113,25	140,00	93,82	2,30	0,0120
M-5-8	2,42	735,80	4113,25	154,00	75,29	2,65	0,0076
M-6-1	2,37	735,80	4110,35	163,00	104,58	0,94	0,0285
M-6-2	2,53	736,80	4110,85	176,95	111,97	1,38	0,0260
M-6-3	2,40	737,70	4110,85	182,00	107,10	1,55	0,0210
M-6-4	2,14	738,40	4110,85	194,00	126,51	1,10	0,0230
M-6-5	2,03	738,40	4109,35	196,50	102,65	1,60	0,0125
M-6-6	2,42	737,70	4109,35	200,40	121,13	1,10	0,0200
M-6-7	2,32	736,70	4109,35	171,00	99,68	0,60	0,0225
M-7-1	2,29	739,70	4113,85	135,00	131,66	2,70	0,0240
M-7-2	2,58	740,20	4113,35	170,00	118,34	1,76	0,0240
M-7-3	2,12	739,70	4113,35	163,86	97,31	2,55	0,0125
M-7-4	2,43	739,70	4112,85	141,25	90,58	2,73	0,0205
M-7-5	2,60	739,70	4112,25	169,55	121,68	1,60	0,0260
M-7-6	2,48	739,70	4111,45	175,86	77,47	2,10	0,0047
M-7-7	2,38	739,70	4110,85	182,60	129,56	1,37	0,0200
M-7-8	2,50	739,20	4110,85	173,00	123,31	2,41	0,0260

Tabla 1. Continuación

Sondeo	Cota	Longitud	Latitud	Profundidad (m)	Caudal (l/s)	N. Piezométrico (m)	Transmisividad (m^2/s)
M-8-1	6,49	739,20	4117,55	86,00	108,34	4,50	0,0155
M-8-2	4,38	740,70	4116,65	91,65	111,38	3,07	0,0110
M-8-3	3,37	740,00	4118,05	79,00	125,72	1,58	0,0140
M-8-4	2,41	739,30	4117,05	92,00	116,06	1,34	0,0180
M-8-5	2,78	739,70	4117,35	76,70	124,92	1,52	0,0190
M-8-6	2,86	740,00	4117,55	88,65	117,21	1,20	0,0230
M-8-7	2,78	739,30	4116,55	105,10	128,34	1,95	0,0210
M-8-8	2,79	739,70	4116,85	72,00	103,94	0,93	0,0180
M-8-9	2,99	740,10	4117,05	89,00	121,68	1,44	0,0180
M-8-10	2,79	739,50	4116,05	97,00	119,46	2,37	0,0190
M-8-11	2,93	739,90	4116,25	105,00	126,25	1,08	0,0165
M-8-12	2,85	740,30	4116,45	94,90	99,35	1,67	0,0190
M-8-13	2,85	741,10	4116,95	97,00	111,07	1,25	0,0085
M-8-14	2,46	739,80	4115,55	125,15	89,83	1,88	0,0125
M-8-15	3,20	740,50	4116,05	126,00	87,95	1,45	0,0055
M-8-16	2,66	741,40	4116,45	111,20	100,02	1,82	0,0130
M-8-17	2,77	740,00	4115,15	140,00	131,87	1,00	0,0130
M-8-18	2,49	740,80	4115,55	109,00	101,01	0,35	0,0040
M-8-19	2,90	741,60	4116,05	105,10	134,41	1,52	0,0280

Tabla 1. Continuación

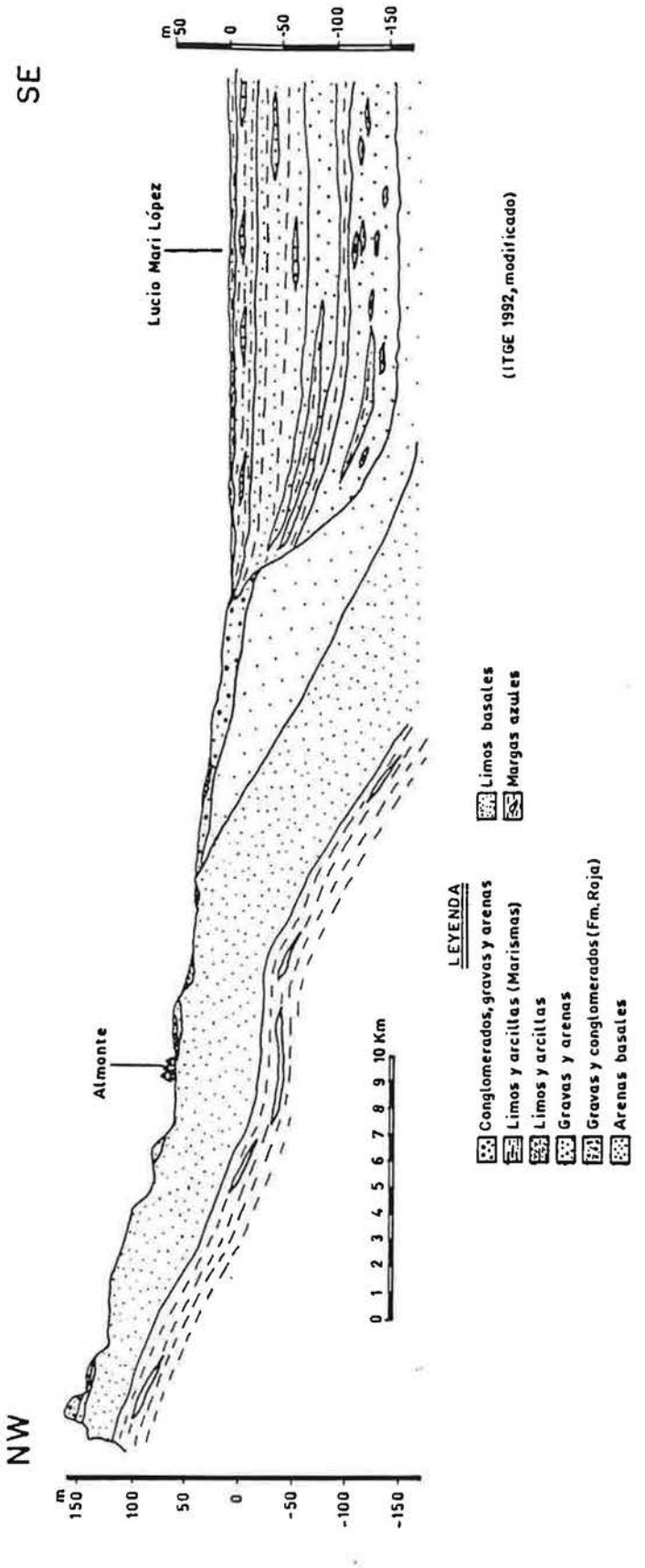


Figura 1. Perfil geológico I-I′ (modificado de ITGE, 1992)

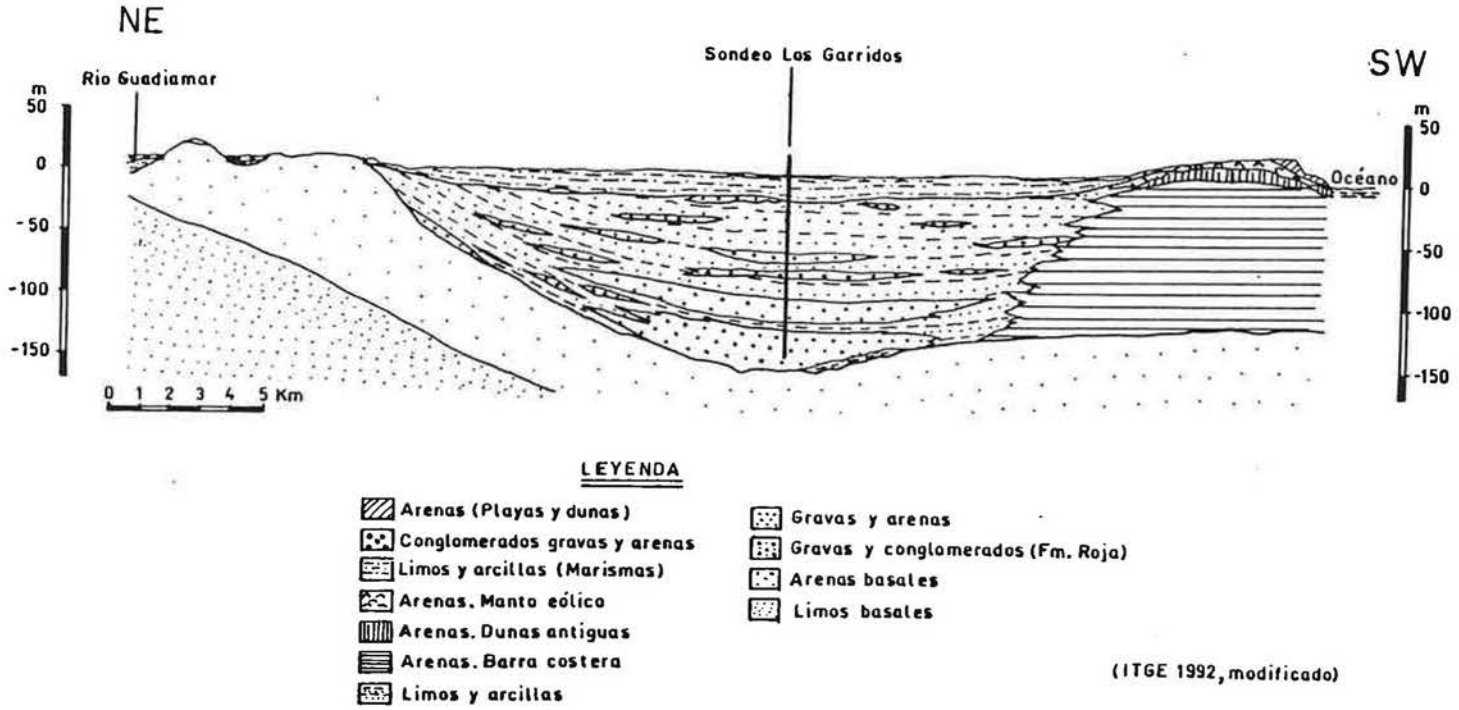


Figura 2. Perfil geológico II-II' (modificado de ITGE, 1992)

ANEXO 3

MAPAS DE ISOPIEZAS
Y
CORTES HIDROGEOLÓGICOS

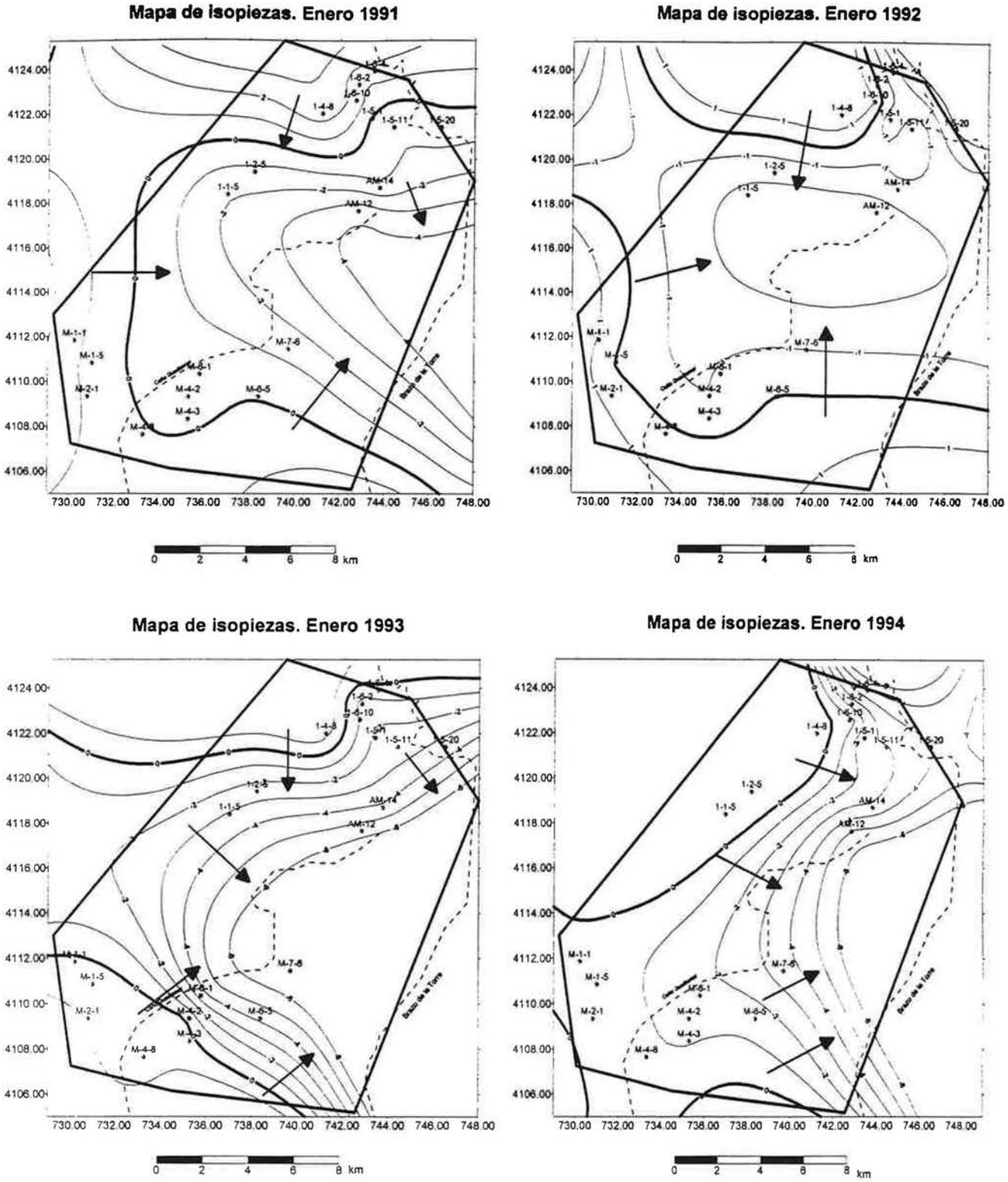


Figura 1. Mapas de isopiezas del mes de Enero para las 4 campañas

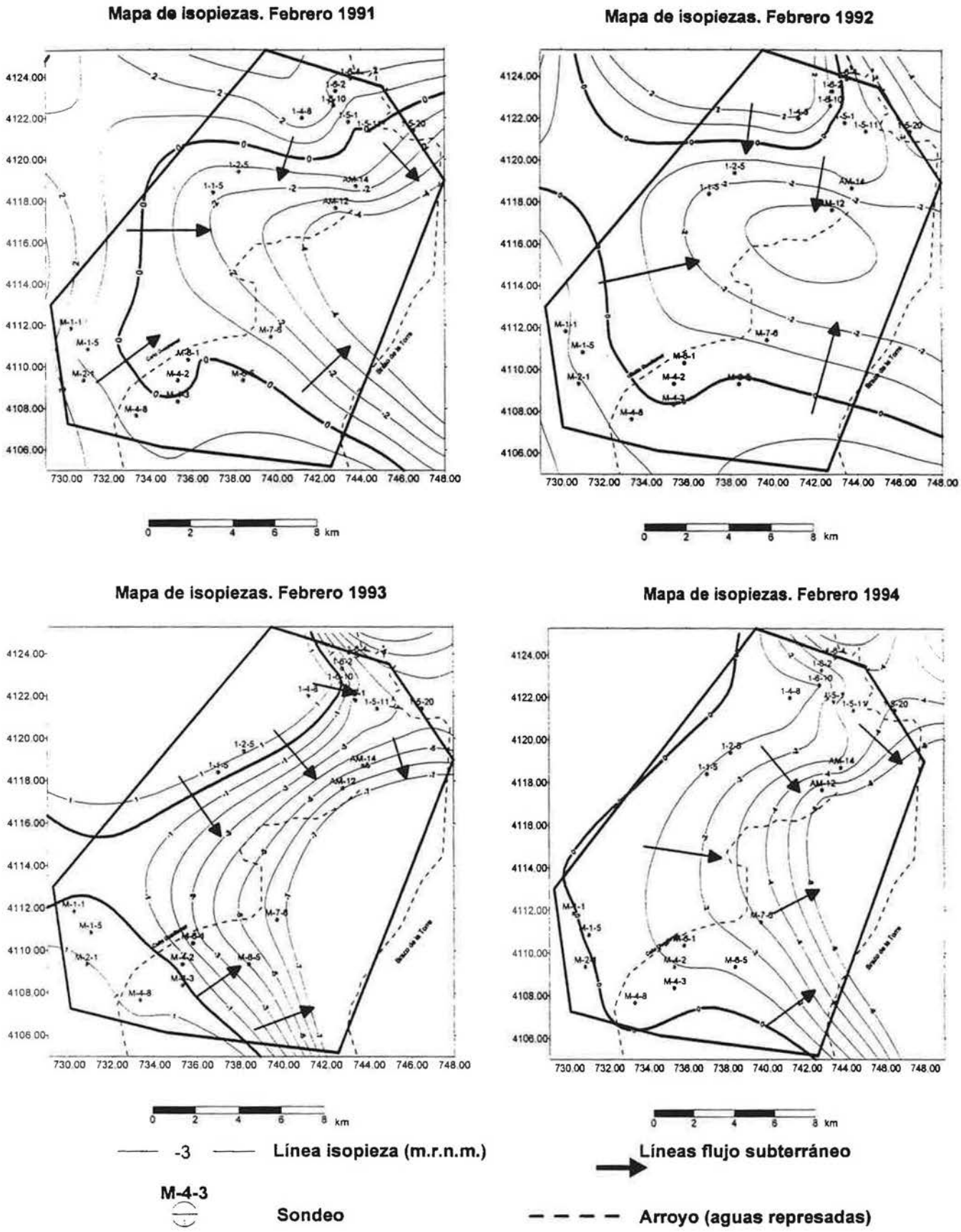


Figura 2. Mapas de isopiezas del mes de Febrero para las 4 campañas

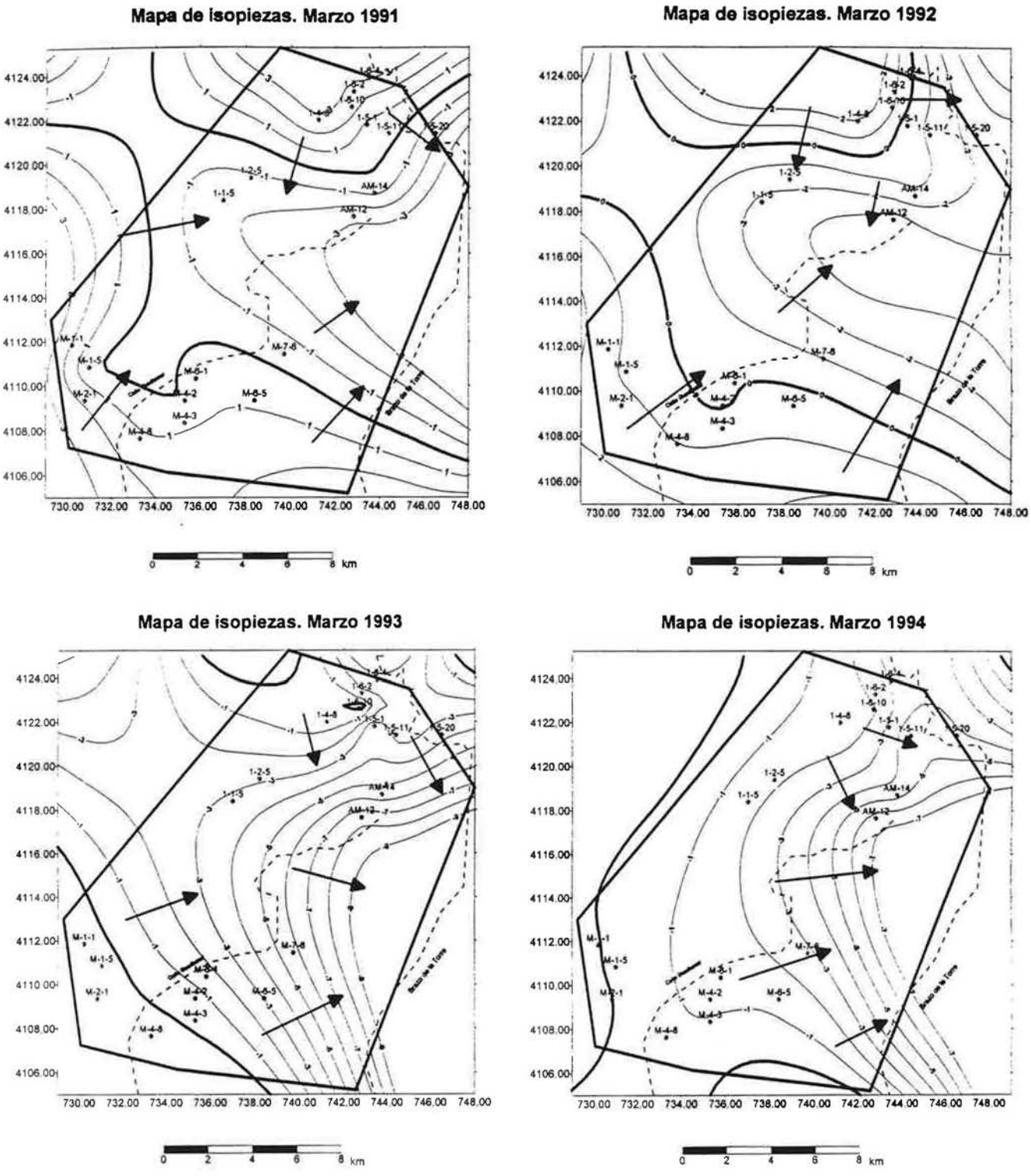


Figura 3. Mapas de isopiezas del mes de Marzo para las 4 campañas

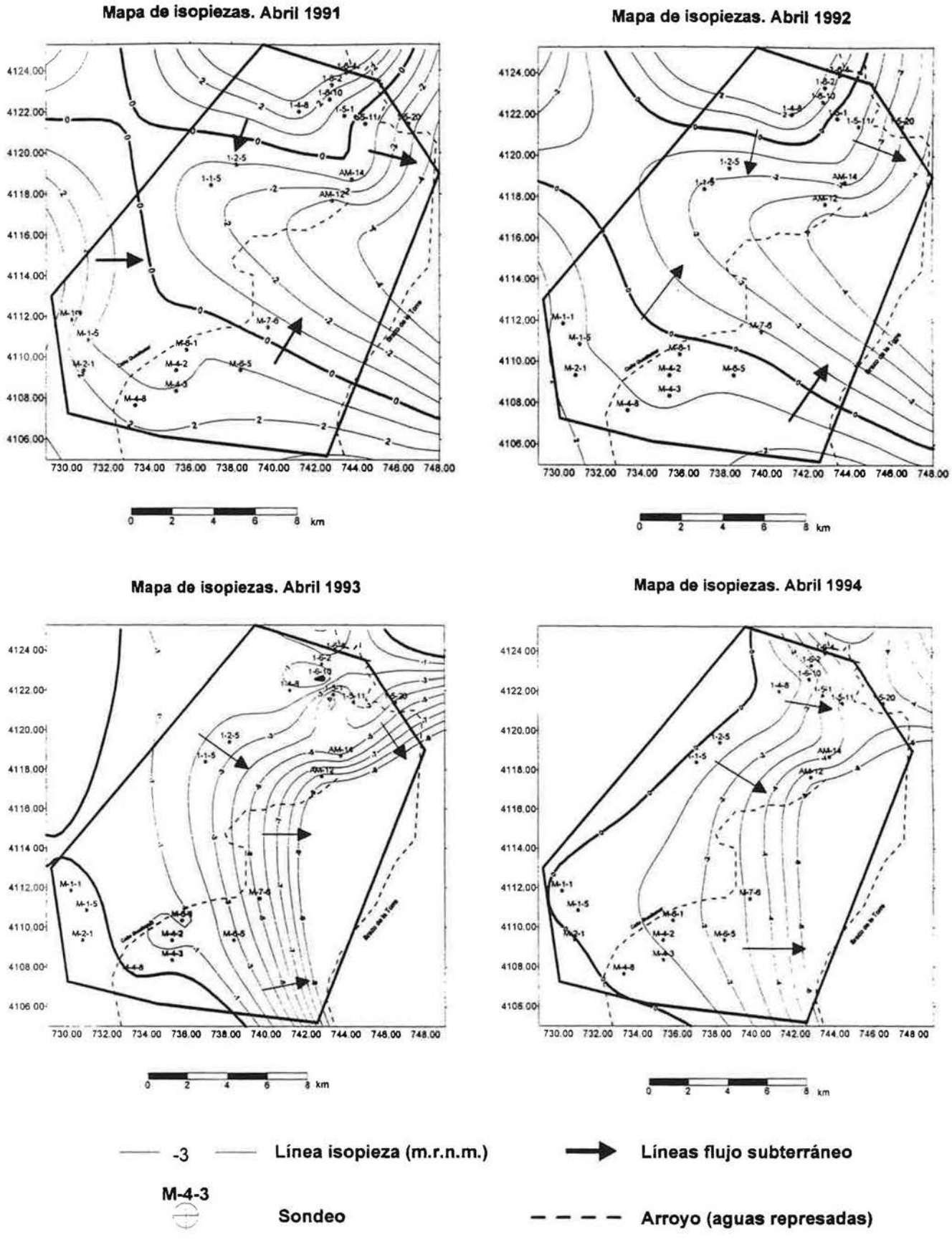


Figura 4. Mapas de isopiezas del mes de Abril para las 4 campañas

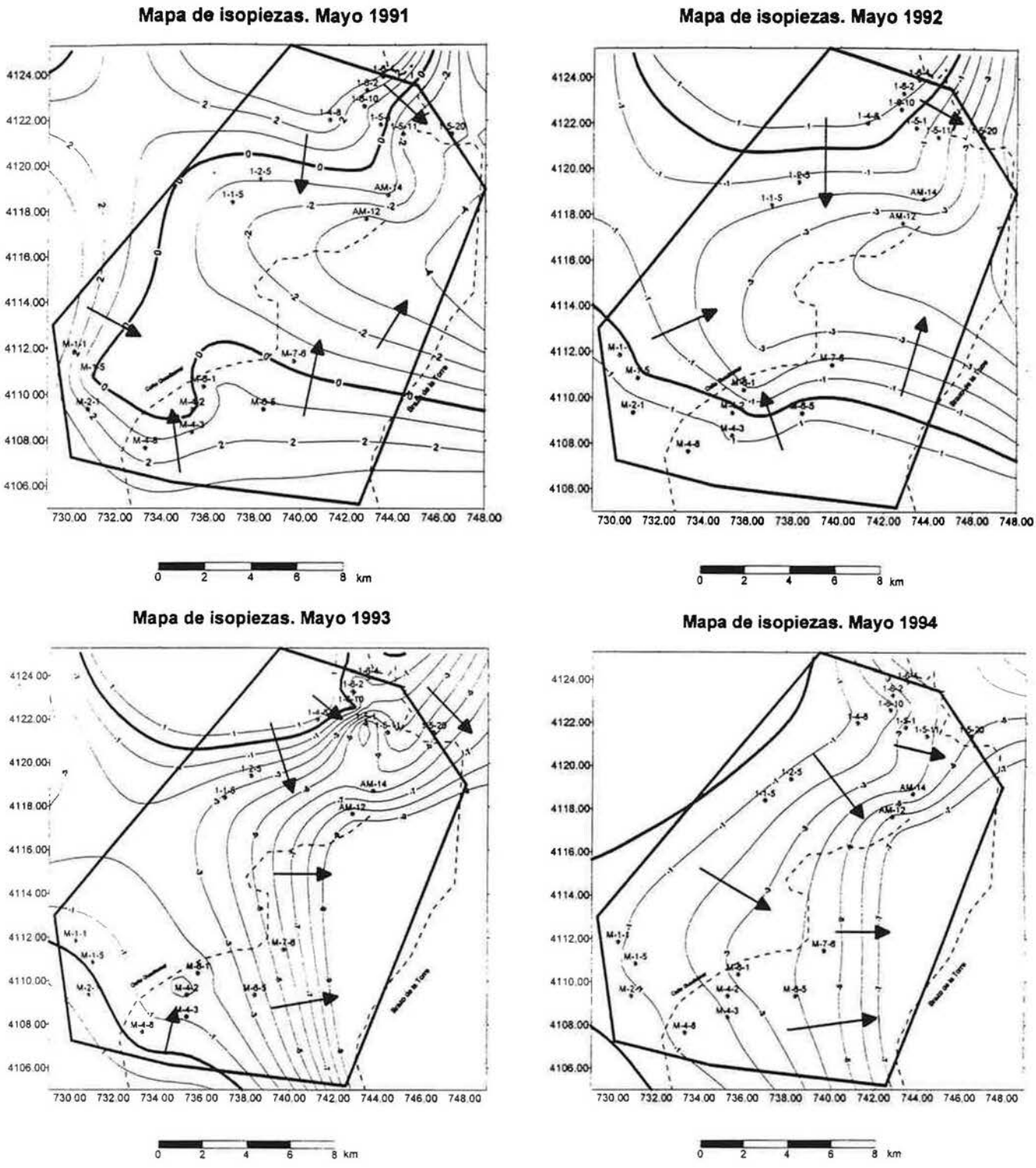


Figura 5. Mapas de isopiezas del mes de Mayo para las 4 campañas

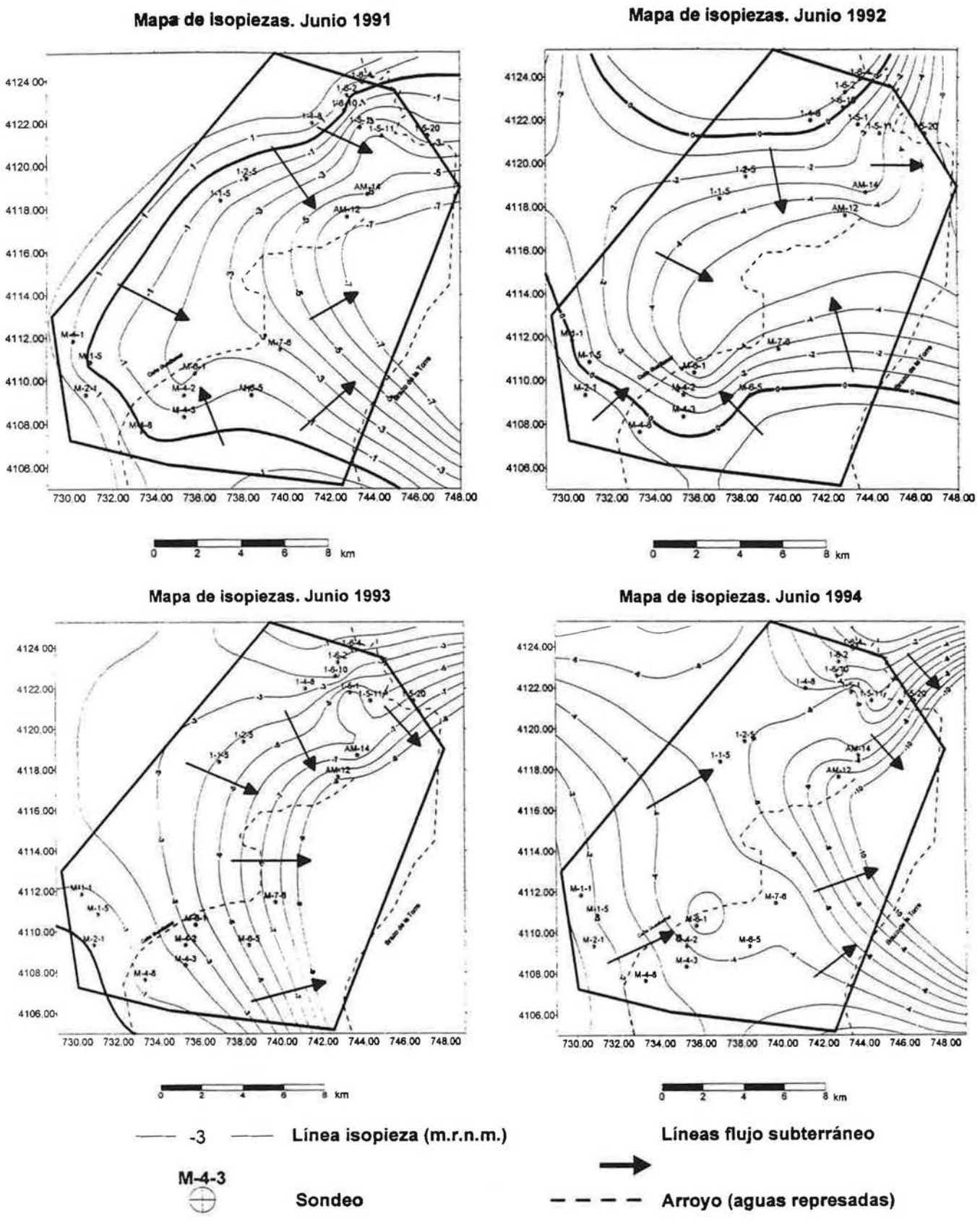


Figura 6. Mapas de isopiezas del mes de Junio para las 4 campañas

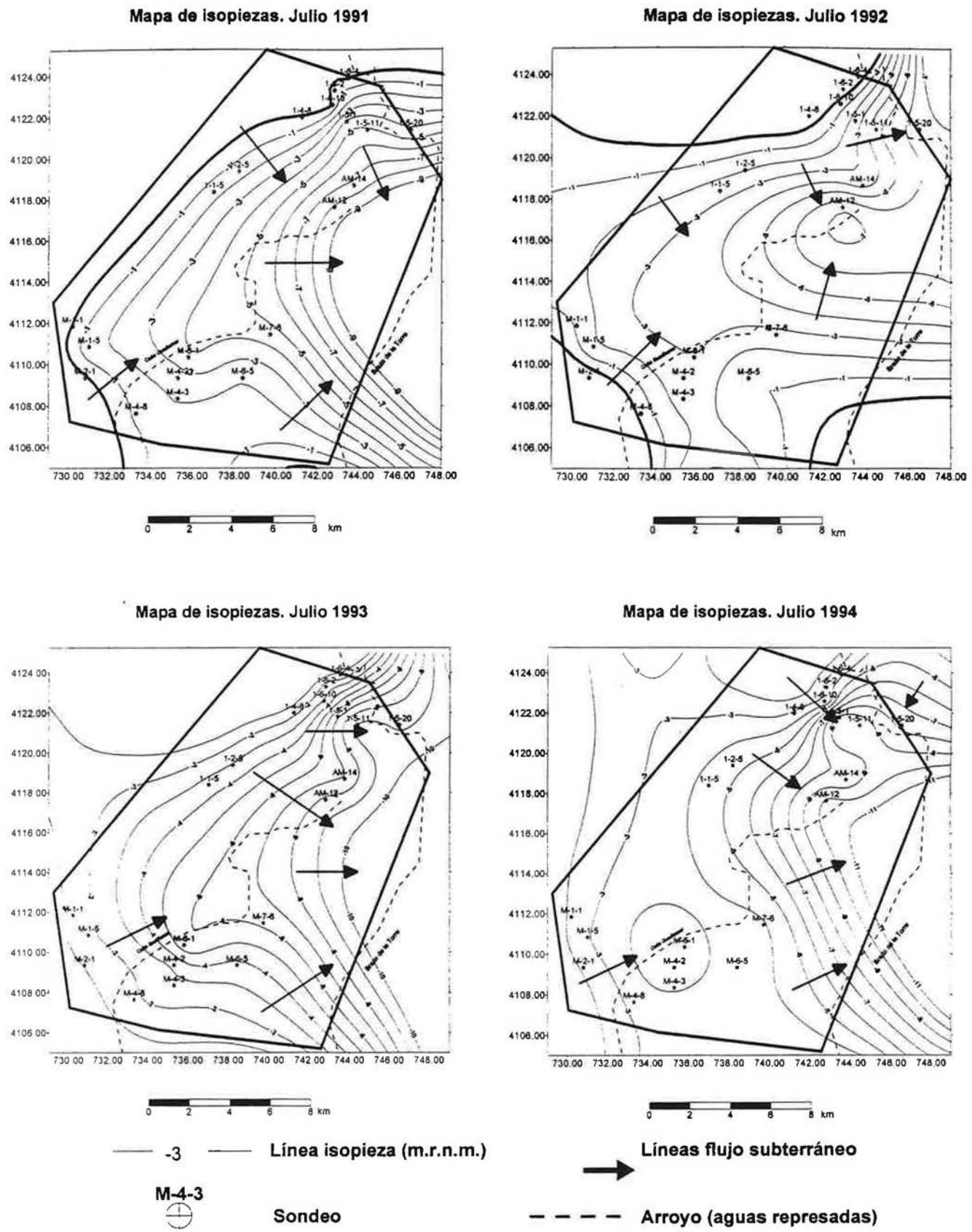


Figura 7. Mapas de isopiezas del mes de Julio para las 4 campañas

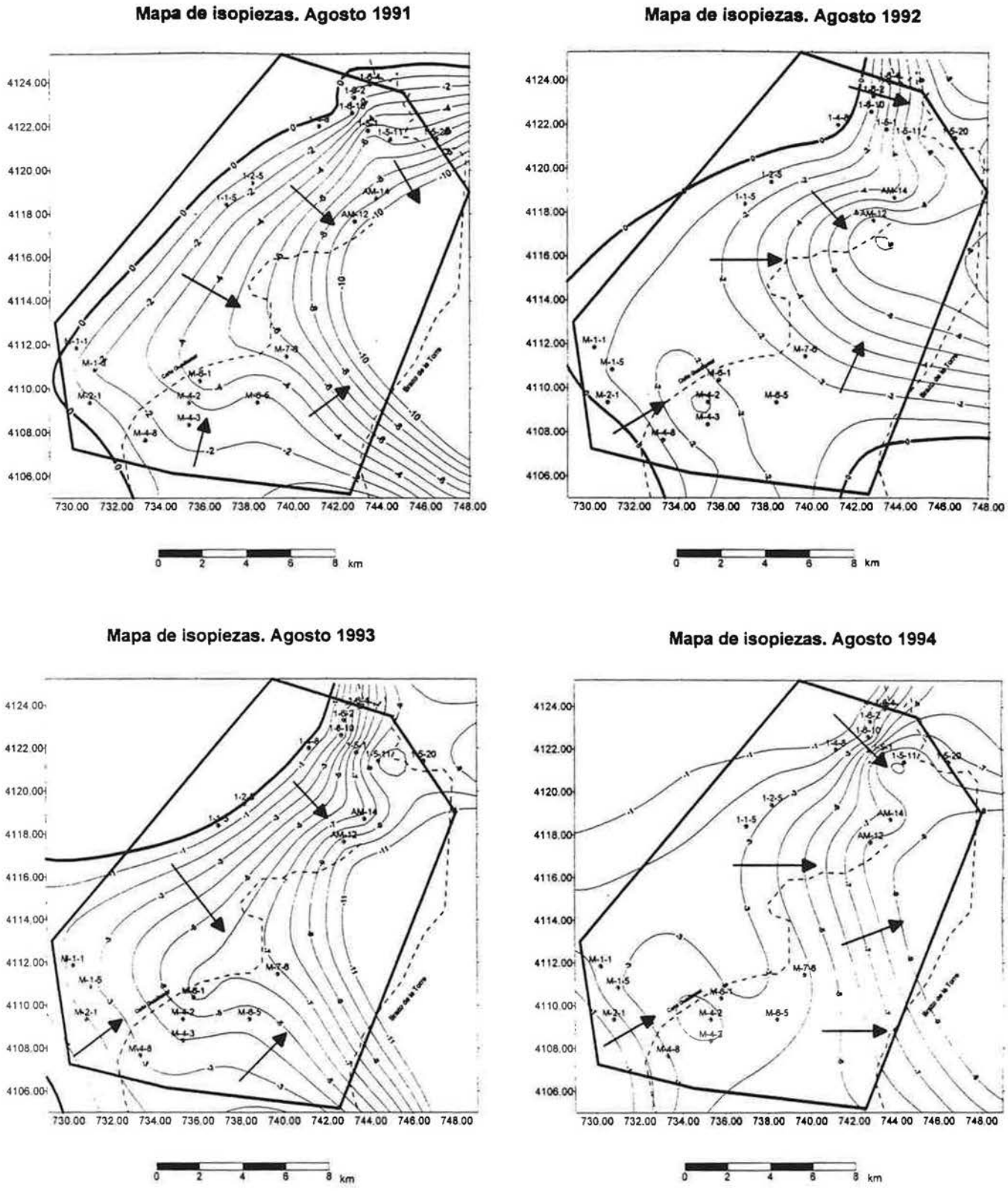


Figura 8. Mapas de isopiezas del mes de Agosto para las 4 campañas

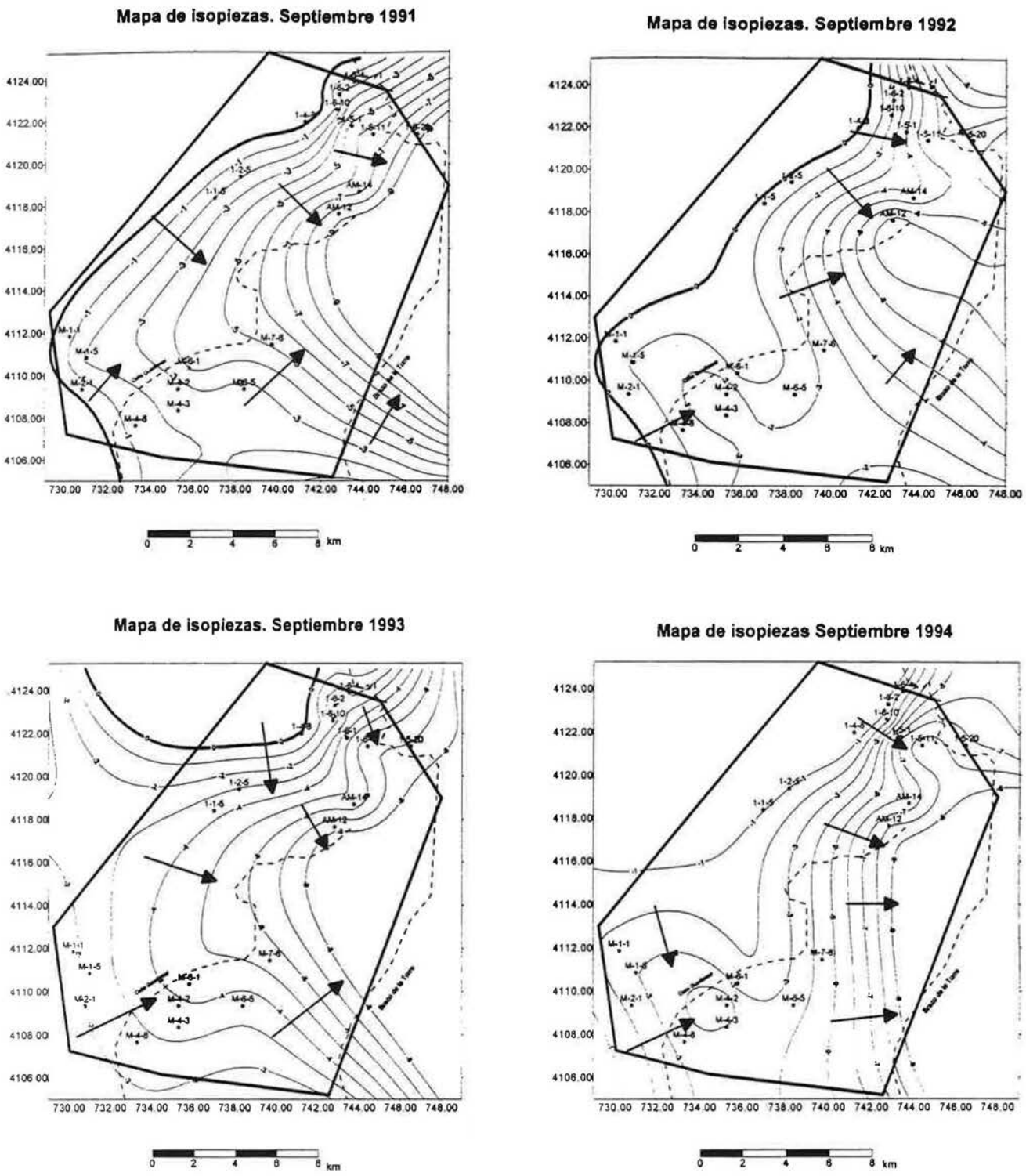


Figura 9. Mapas de isopiezas del mes de Septiembre para las 4 campañas

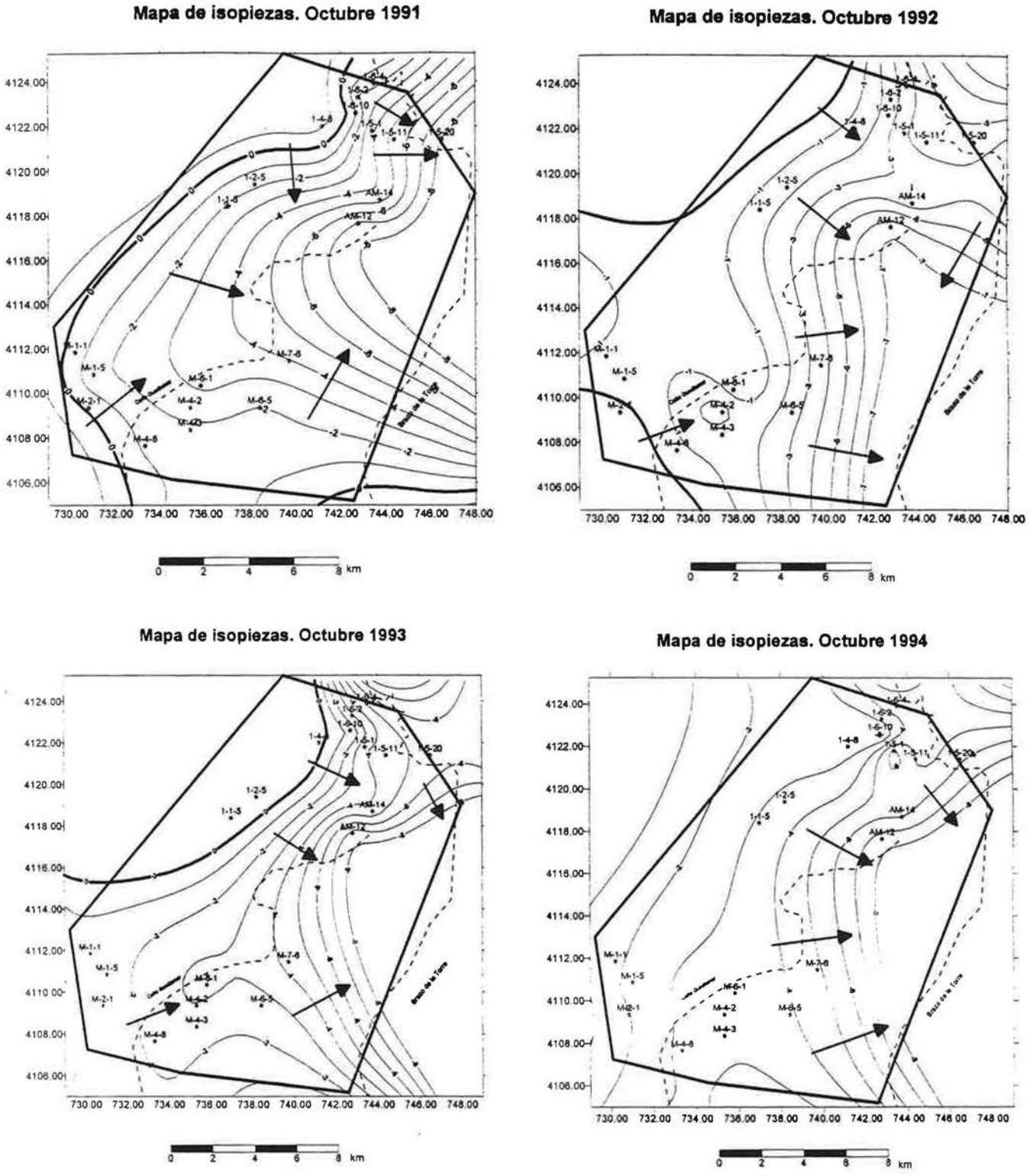


Figura 10. Mapas de isopiezas del mes de Octubre para las 4 campañas

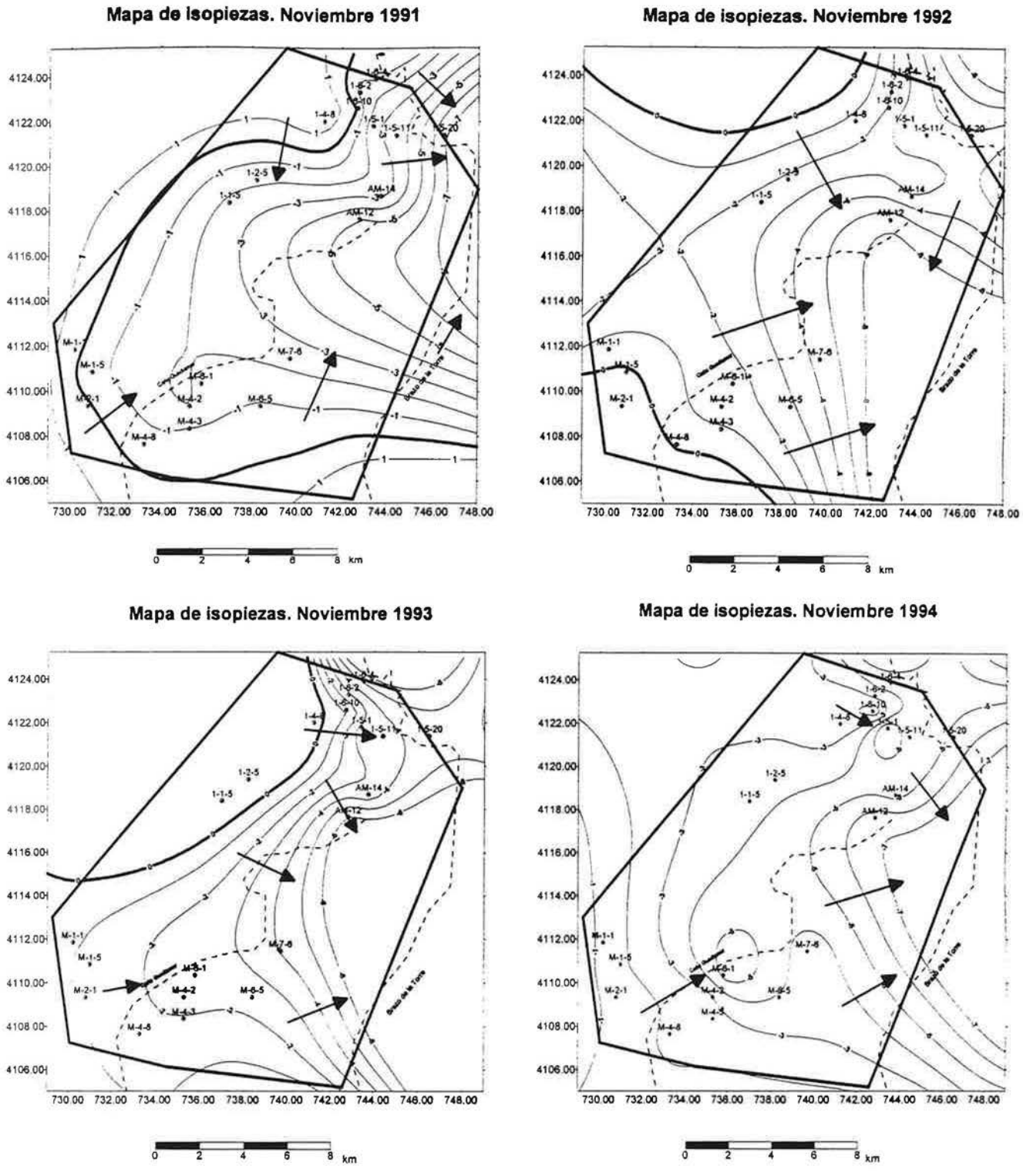


Figura 11. Mapas de isopiezas del mes de Noviembre para las 4 campañas

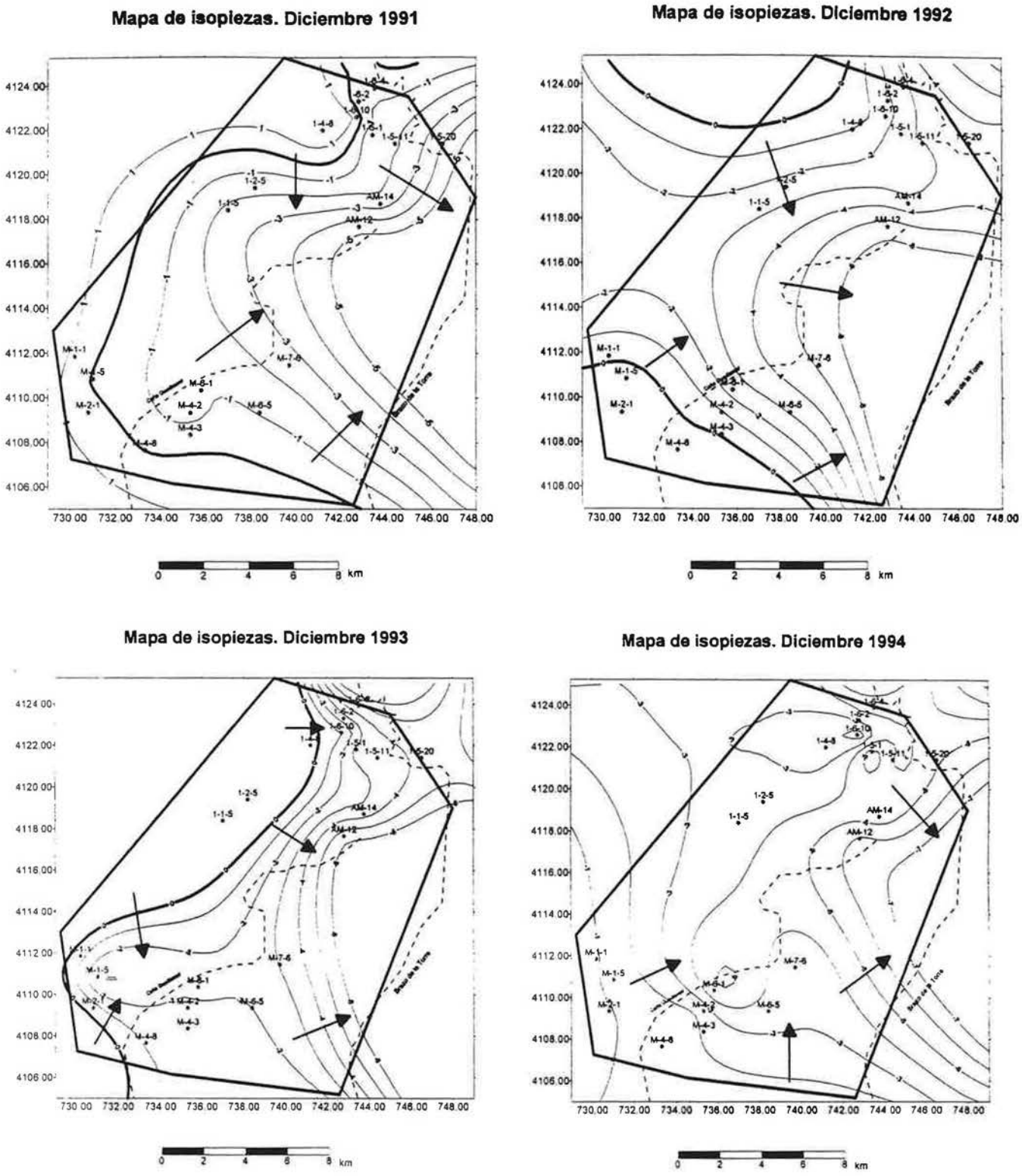


Figura 12. Mapas de isopiezas del mes de Diciembre para las 4 campañas

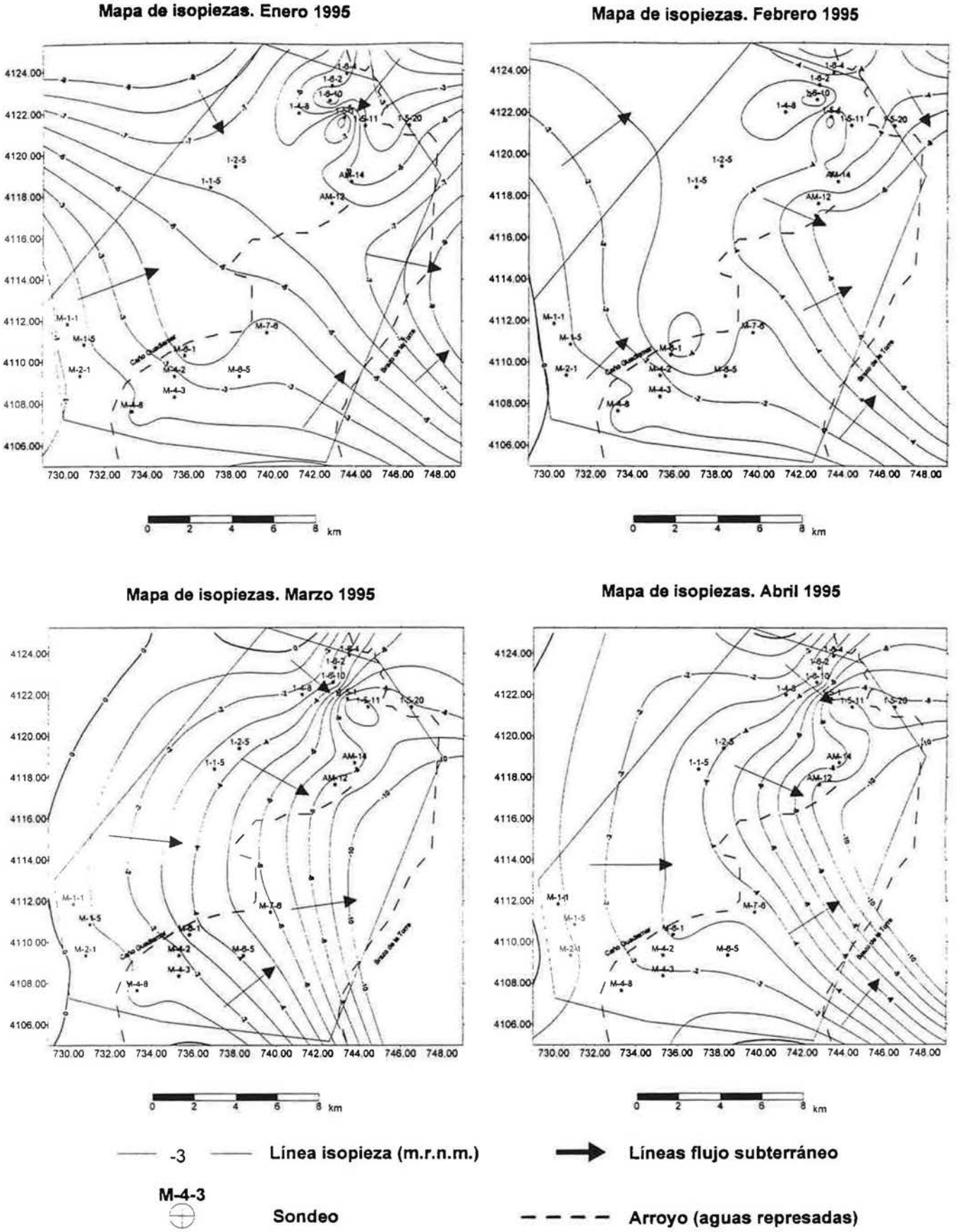


Figura 13. Mapas de isopiezas de los meses Enero a Abril de 1995

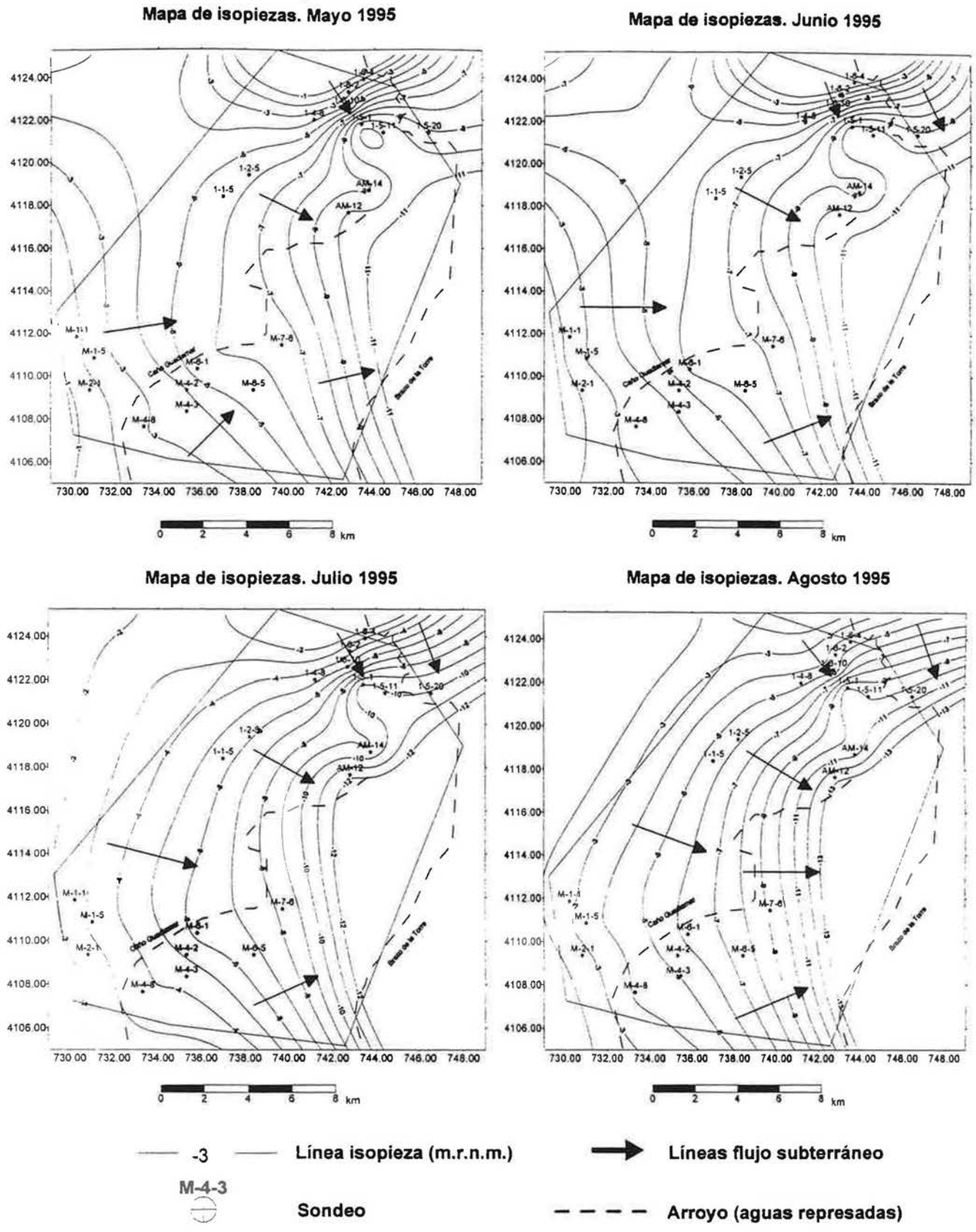


Figura 14. Mapas de isopiezas de los meses Mayo a Agosto de 1995

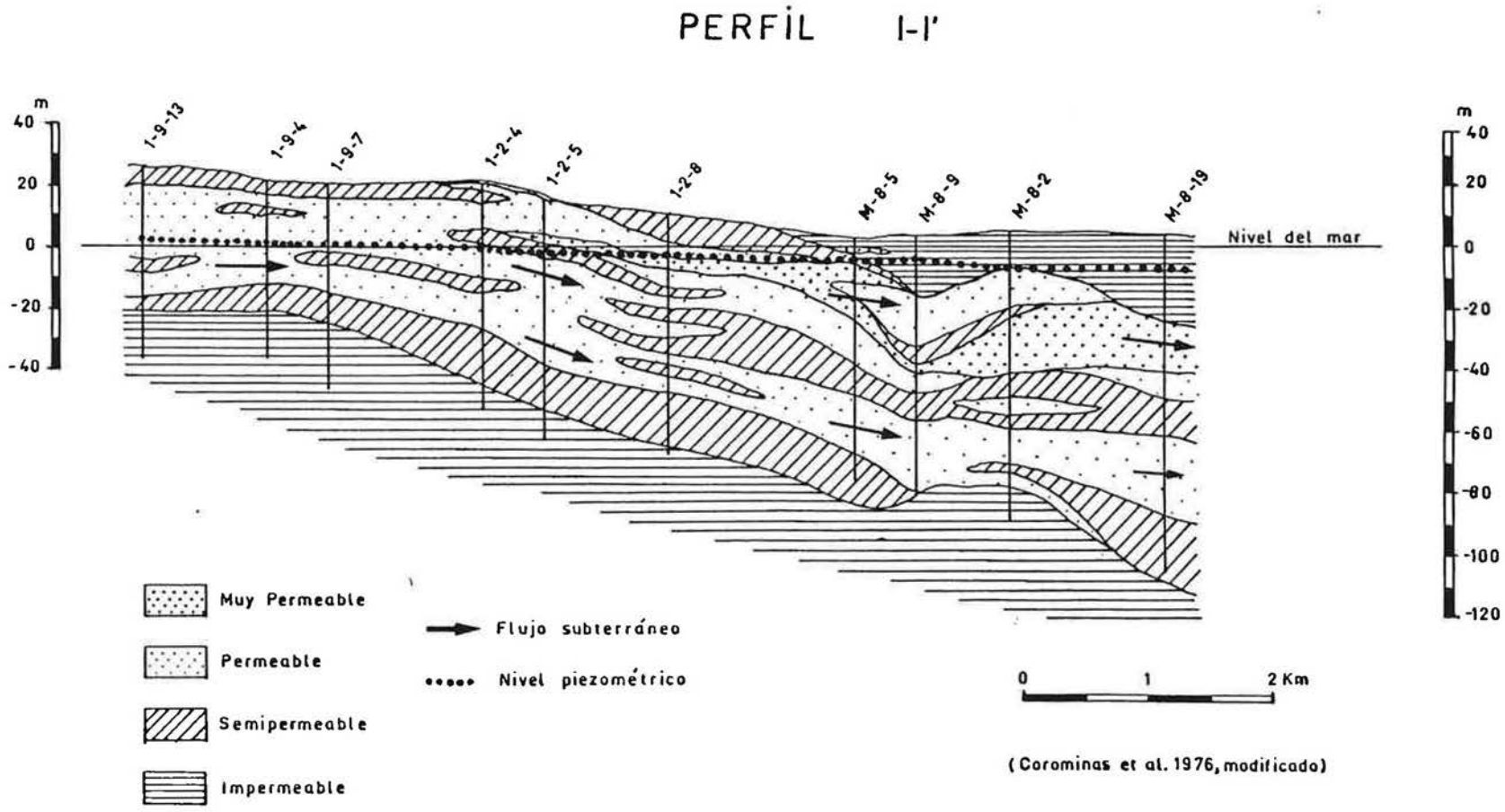


Figura 15. Corte hidrogeológico I-I' (nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)

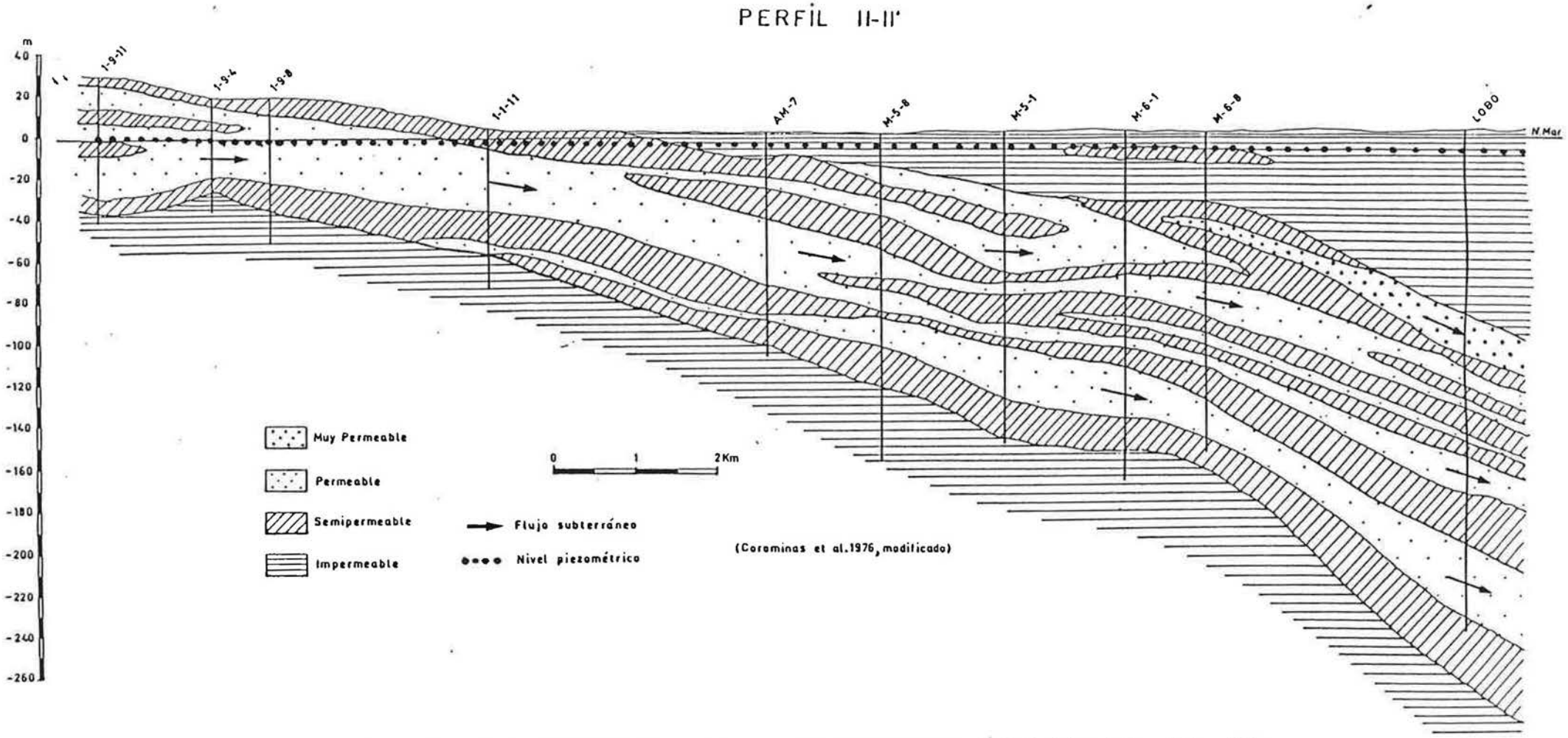


Figura 16. Corte hidrogeológico II-II´ (nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)

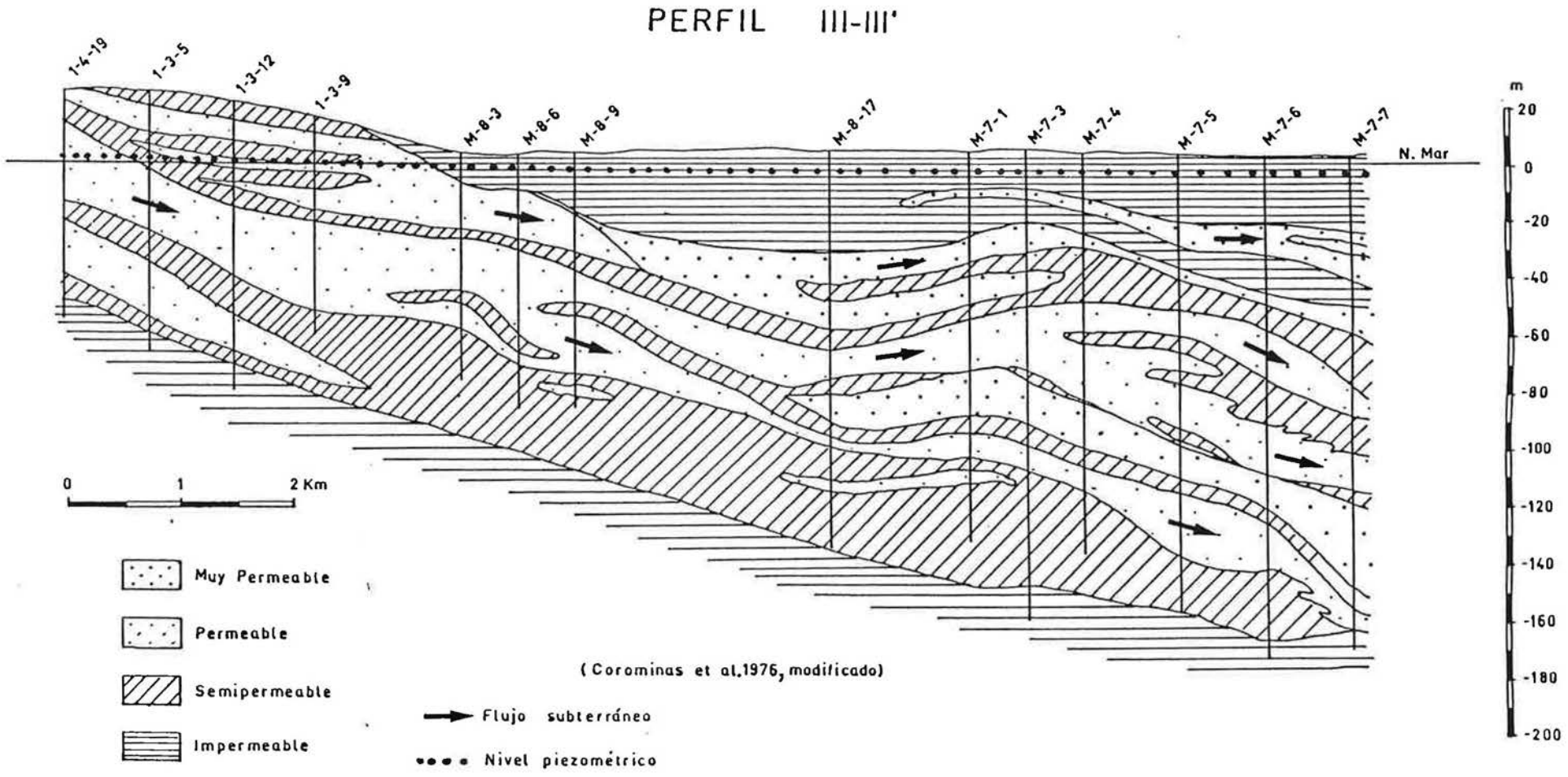


Figura 17. Corte hidrogeológico III-III' (nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)

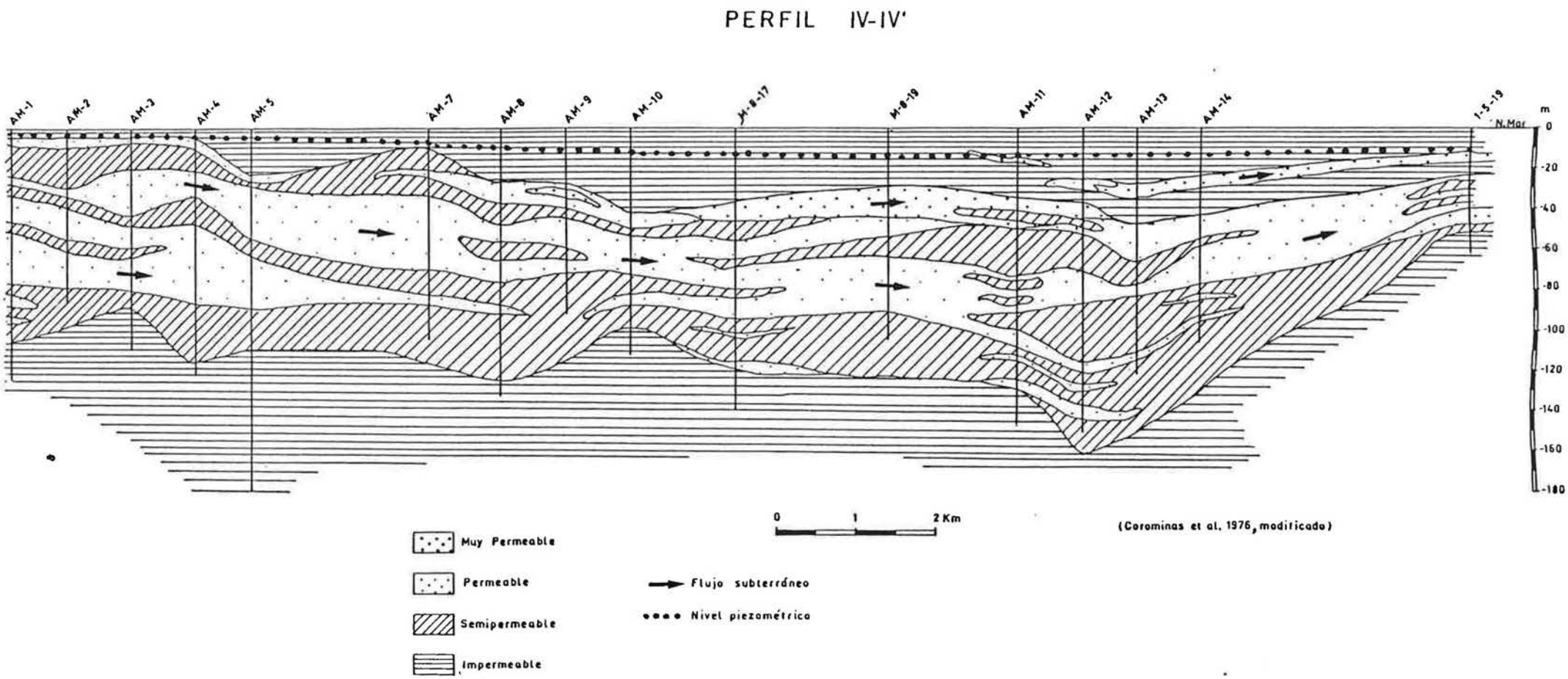


Figura 18. Corte hidrogeológico IV-IV' (nivel piezométrico correspondiente al año seco, 1992-93, del periodo oct/90-sep/95)

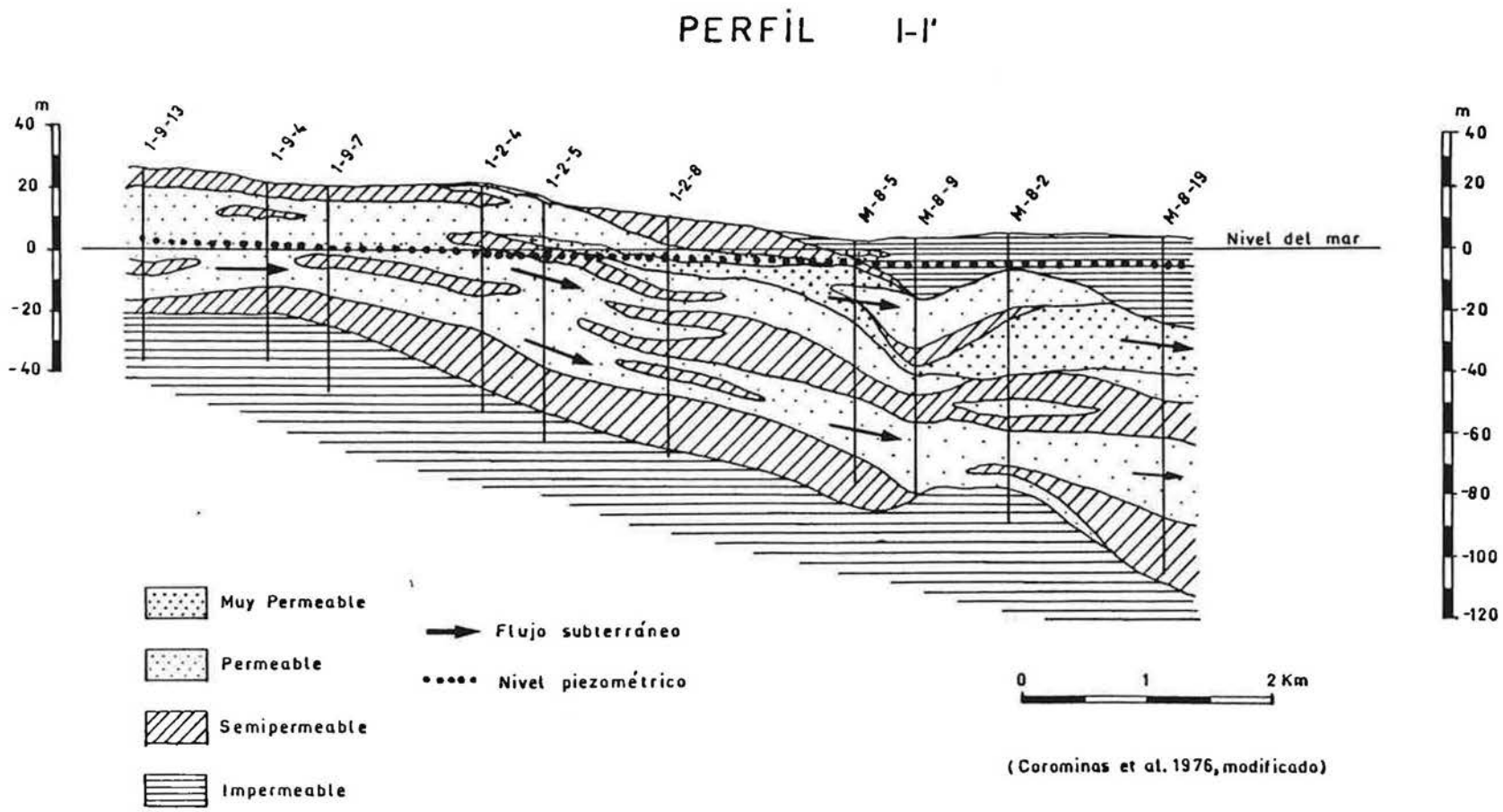


Figura 19. Corte hidrogeológico I-I' (nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)

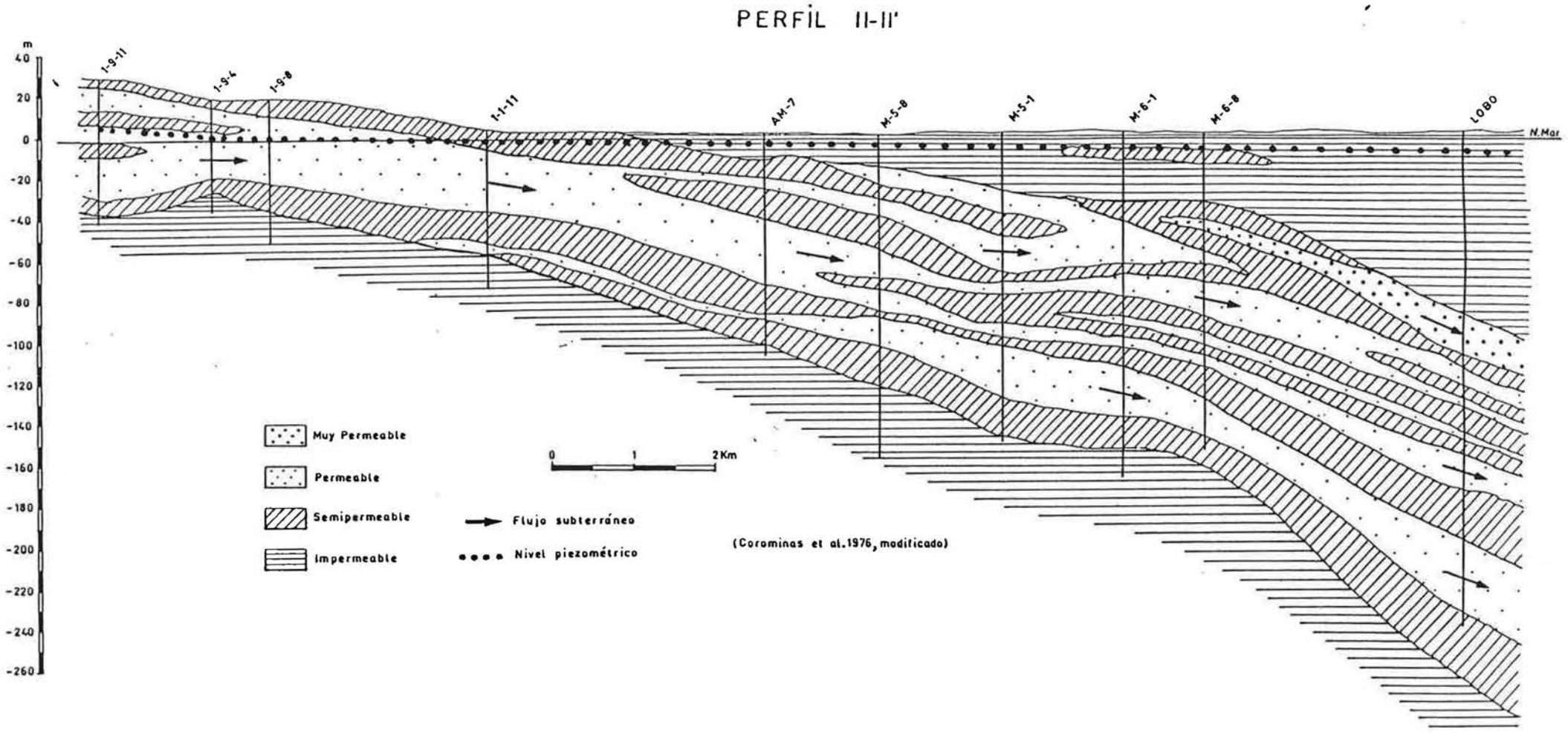


Figura 20. Corte hidrogeológico II-II' (nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)

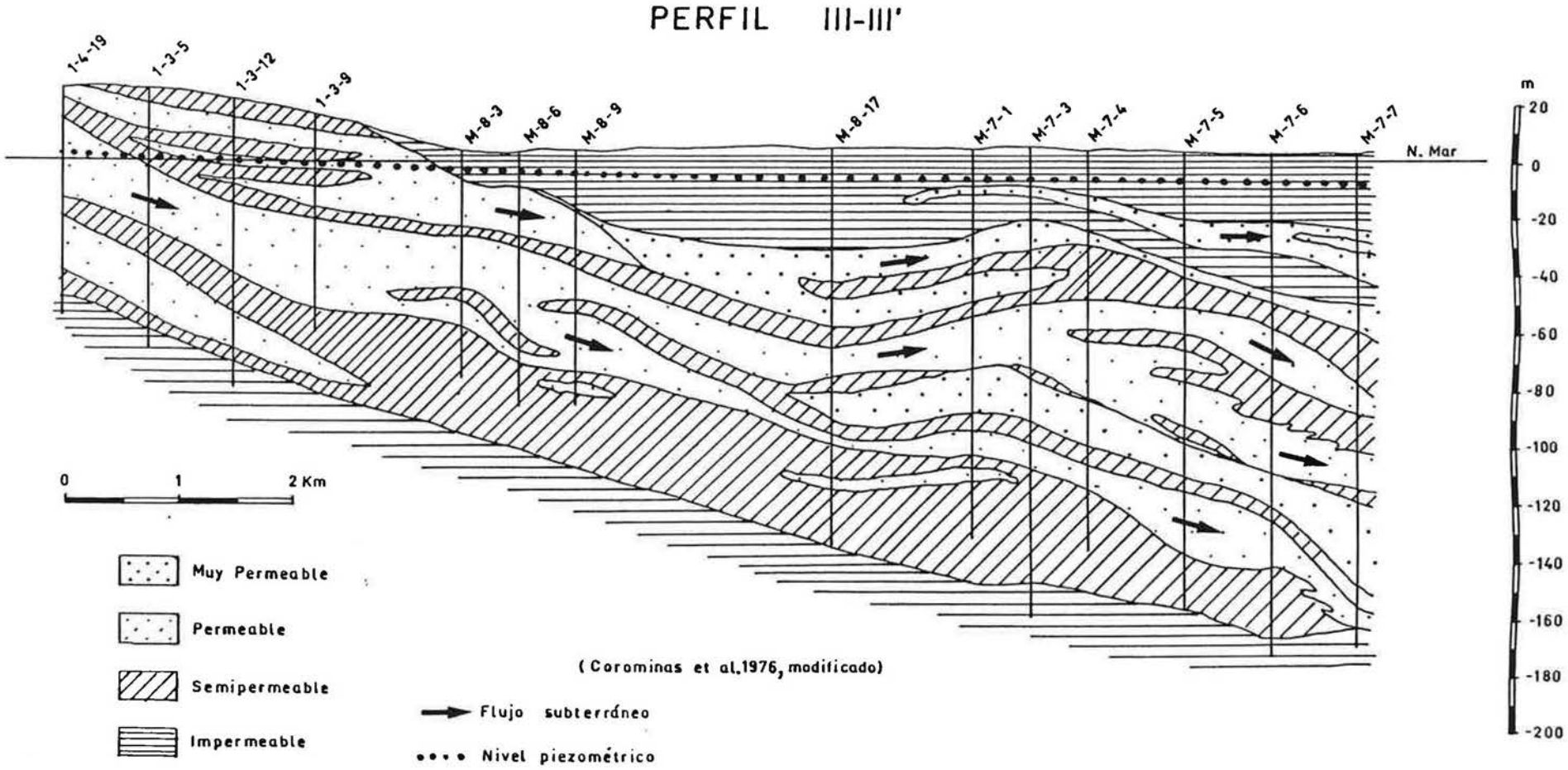


Figura 21. Corte hidrogeológico III-III' (nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)

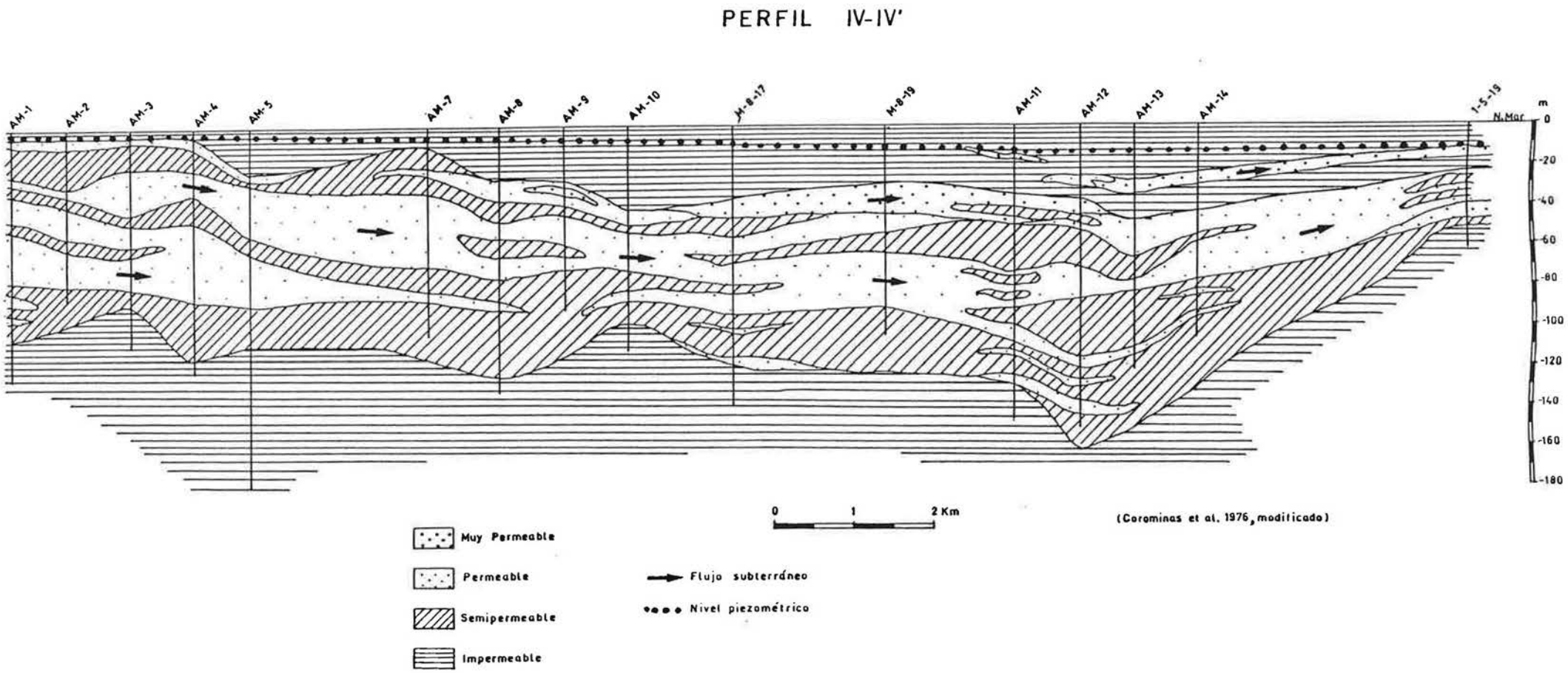


Figura 22. Corte hidrogeológico IV-IV' (nivel piezométrico correspondiente al año medio, del periodo oct/90-sep/95)

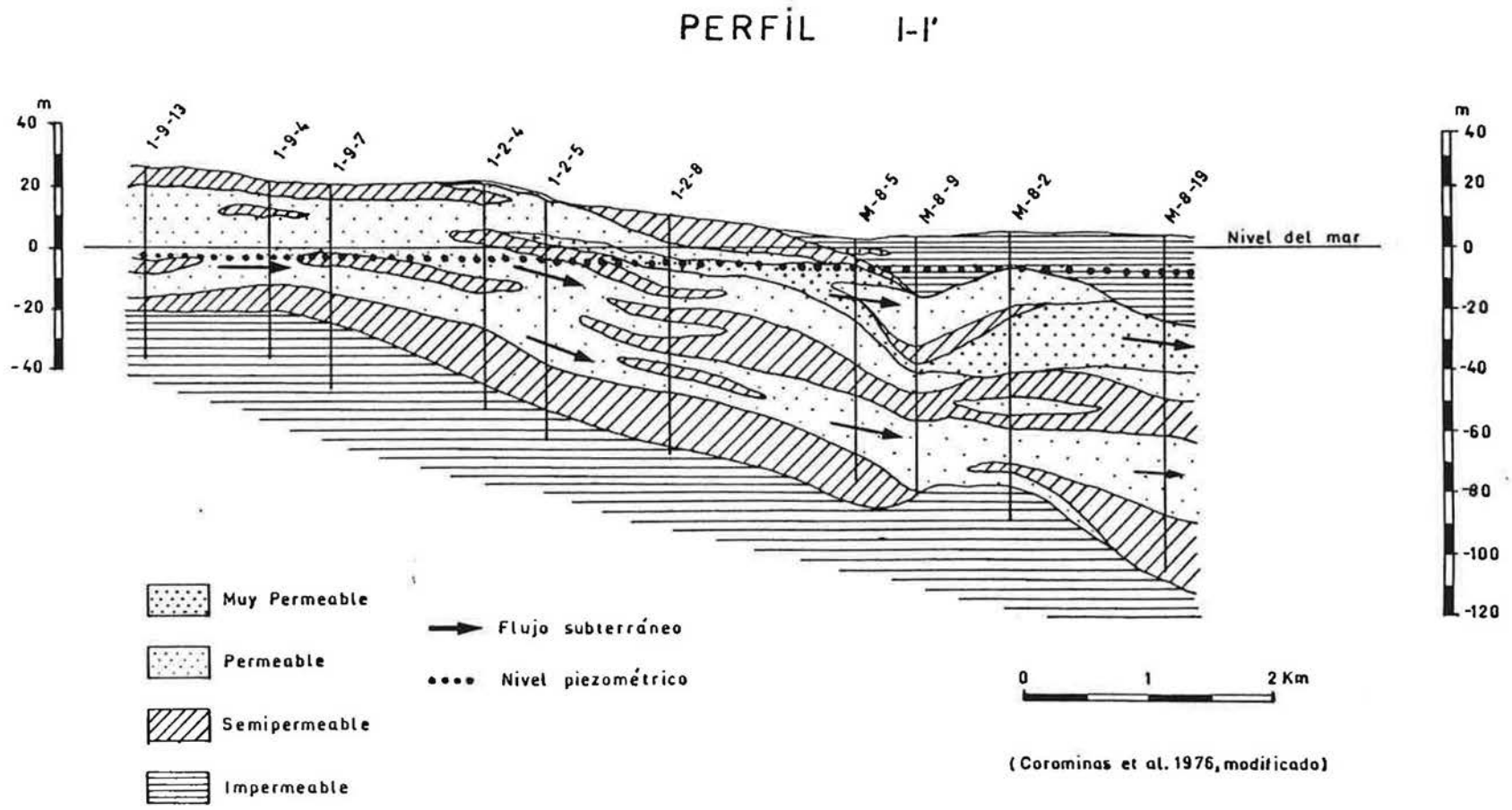


Figura 23. Corte hidrogeológico I-I' (nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)

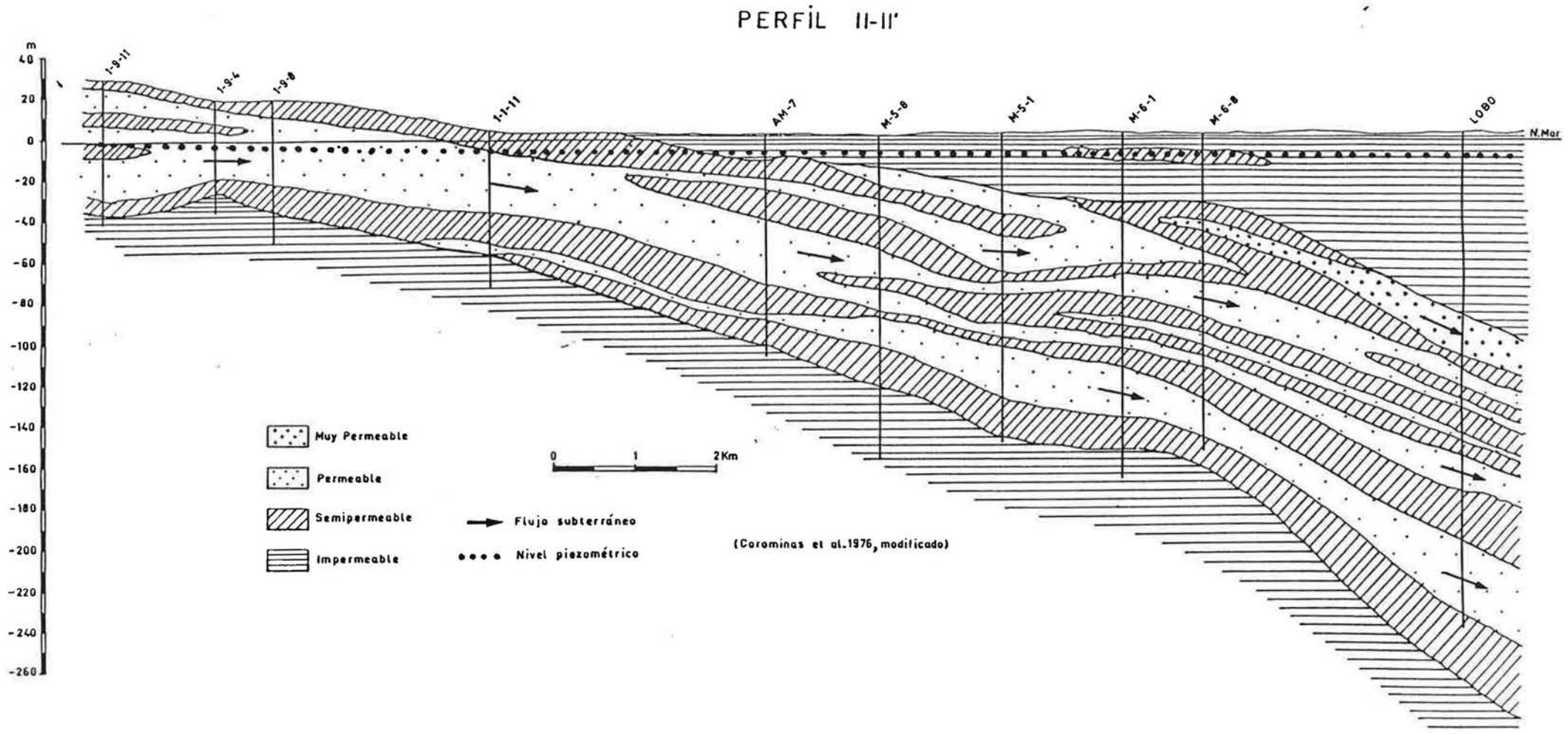


Figura 24. Corte hidrogeológico II-II´ (nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)

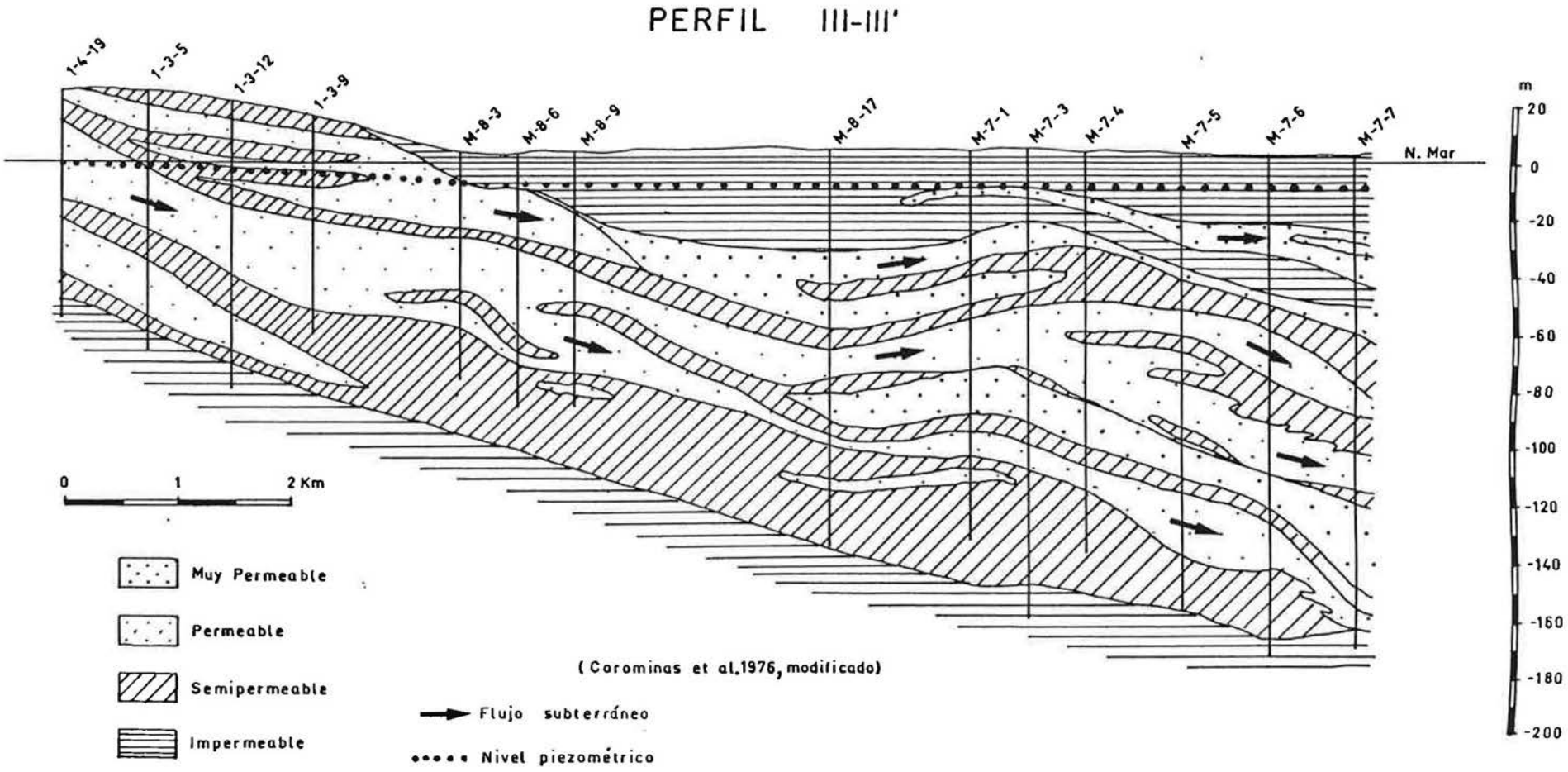


Figura 25. Corte hidrogeológico III-III' (nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)

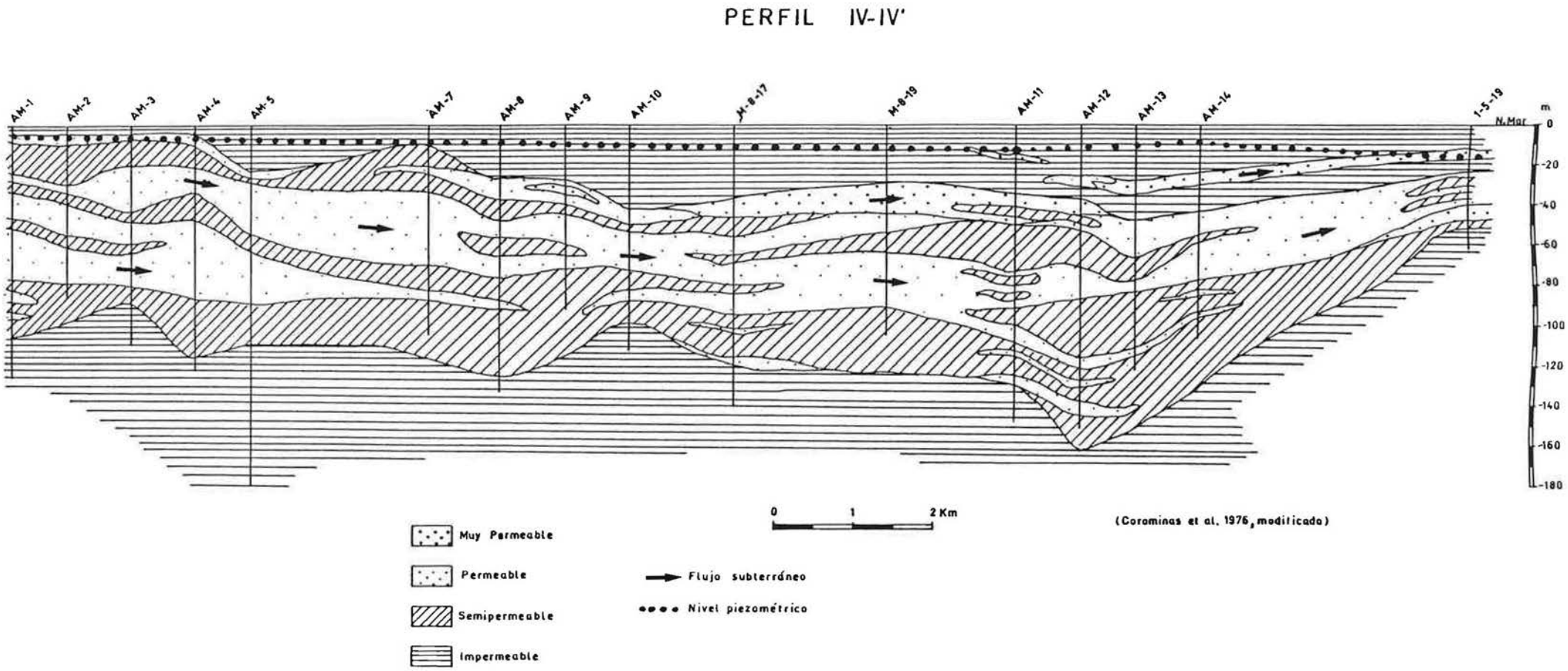


Figura 26. Corte hidrogeológico IV-IV' (nivel piezométrico correspondiente al año húmedo, 1994-95, del periodo oct/90-sep/95)

ANEXO 4

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO

Muestra	Li^+		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		Na^+		Sr^{2+}		B^{3+}		Cl^-	
26/11/94	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq
AM-12	0,440	0,063	216,000	5,525	1010,000	50,399	1550,000	127,550	11520,000	501,120	0,740	0,017	1,300	0,361	22867,280	645,086
AM-13	0,230	0,033	61,200	1,565	413,000	20,609	692,000	56,945	5200,000	226,200	0,310	0,007	1,200	0,333	10235,900	288,755
AM-14	0,010	0,001	8,290	0,212	8,060	0,402	36,100	2,971	263,000	11,441	0,040	0,001	1,450	0,402	487,250	13,745
AM-16	0,020	0,003	11,300	0,289	7,250	0,362	56,900	4,682	433,000	18,836	0,040	0,001	0,900	0,250	807,060	22,767
AM-17	0,140	0,020	173,000	4,425	225,000	11,228	647,000	53,242	6080,200	264,489	0,280	0,006	1,350	0,375	11792,170	332,657
AM-8	0,010	0,001	4,280	0,109	88,500	4,416	22,100	1,819	69,000	3,002	0,040	0,001	0,900	0,250	188,170	5,308
M-1-1	0,000	0,000	6,430	0,164	33,100	1,652	12,200	1,004	84,500	3,676	0,035	0,001	0,760	0,211	158,170	4,462
M-2-6	0,000	0,000	5,430	0,139	29,520	1,473	6,520	0,537	26,300	1,144	0,030	0,001	0,510	0,142	72,950	2,058
M-4-8	0,000	0,000	2,350	0,060	28,900	1,442	6,340	0,522	38,500	1,675	0,040	0,001	0,650	0,180	77,260	2,180
M-7-6	0,090	0,013	78,600	2,011	232,500	11,602	324,500	26,703	2210,000	96,135	0,190	0,004	1,700	0,472	4148,000	117,015
I-5-5	0,100	0,014	12,220	0,313	118,470	5,912	84,800	6,978	4,170	0,181	0,540	0,012	0,850	0,236	315,420	8,898
I-4-18	0,060	0,009	3,650	0,093	84,600	4,222	16,400	1,350	68,300	2,971	0,360	0,008	0,850	0,236	183,620	5,180
I-6-12	0,070	0,010	3,910	0,100	81,200	4,052	30,200	2,485	79,740	3,469	0,370	0,008	0,660	0,183	216,170	6,098

Muestra	$SO_4^=$		SiO_2		HCO_3^-		Br^-		I^-		pH	Conductividad	T^a	E.B.I.		
26/11/94	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppb	meq		µS/cm	°C			
AM-12	1655,210	34,461	3,800	0,100	9,250	0,152	8,630	0,108	345,000	0,003	6,500	20000,000	18,900	0,375%		
AM-13	540,000	11,243	0,000	0,000	6,750	0,111	15,300	0,192	362,000	0,003	6,600	15700,000	19,200	0,889%		
AM-14	1,500	0,031	2,860	0,075	82,560	1,353	1,030	0,013	25,600	0,000	8,300	1100,000	19,300	0,935%		
AM-16	3,200	0,067	3,450	0,091	86,240	1,413	2,310	0,029	423,320	0,003	7,900	1900,000	19,400	0,292%		
AM-17	14,350	0,299	1,680	0,044	17,120	0,281	1,320	0,017	478,800	0,004	6,400	18300,000	19,400	0,079%		
AM-8	32,000	0,666	10,800	0,284	219,480	3,597	0,890	0,011	17,510	0,000	7,500	600,000	20,100	0,075%		
M-1-1	14,300	0,298	6,560	0,172	112,760	1,848	0,620	0,008	60,100	0,000	7,900	500,000	18,700	0,669%		
M-2-6	3,200	0,067	7,900	0,208	76,540	1,254	0,350	0,004	14,900	0,000	8,000	200,000	18,900	0,708%		
M-4-8	3,500	0,073	9,400	0,247	98,510	1,615	0,470	0,006	85,600	0,001	6,200	200,000	20,400	0,078%		
M-7-6	840,000	17,489	1,840	0,048	67,480	1,106	1,410	0,018	276,500	0,002	8,400	8200,000	19,600	0,480%		
I-5-5	30,200	0,629	11,200	0,294	235,370	3,858	0,680	0,009	5,230	0,000	7,500	1300,000	19,800	0,917%		
I-4-18	78,600	1,636	7,000	0,184	115,320	1,890	0,750	0,009	12,530	0,000	7,300	800,000	19,900	0,959%		
I-6-12	46,800	0,974	9,680	0,254	194,120	3,182	0,840	0,011	6,410	0,000	7,500	800,000	20,000	0,203%		

Cuadro 1. Resultados analíticos de la 1ª campaña de muestreo

Resultados analíticos correspondiente a la 1ª Campaña de muestreo
(E.B.I.: error balance iónico)

Cuadro 2. Resultados analíticos de la 2ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		Na^+		Sr^{2+}		B^{3+}		Cl^-	
30/4/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq
AM-12	0,460	0,066	214,000	5,474	1150,000	57,385	1690,000	139,070	10200,000	443,700	11,200	0,256	2,000	0,555	21764,320	613,971
AM-13	0,280	0,040	66,800	1,709	513,000	25,599	757,000	62,294	4750,000	206,625	4,050	0,092	1,200	0,333	10056,420	283,692
AM-14	0,020	0,003	8,950	0,229	10,300	0,514	37,900	3,119	222,000	9,657	0,050	0,001	1,500	0,416	445,890	12,579
AM-16	0,030	0,004	13,600	0,348	7,130	0,356	56,100	4,616	406,000	17,661	0,030	0,001	0,900	0,250	756,710	21,347
AM-17	0,160	0,023	170,000	4,349	300,000	14,970	702,000	57,768	5480,000	238,380	3,480	0,079	1,400	0,389	11063,320	312,096
AM-8	0,010	0,001	2,630	0,067	102,000	5,090	18,800	1,547	72,400	3,149	0,270	0,006	0,900	0,250	198,720	5,606
M-1-1	0,010	0,001	2,990	0,076	44,600	2,226	11,400	0,938	44,500	1,936	0,210	0,005	0,800	0,222	124,630	3,516
M-2-6	0,010	0,001	2,520	0,064	27,100	1,352	5,420	0,446	21,900	0,953	0,110	0,003	0,500	0,139	58,910	1,662
M-4-8	0,010	0,001	2,580	0,066	30,600	1,527	6,620	0,545	36,300	1,579	0,120	0,003	0,600	0,167	70,910	2,000
M-7-6	0,140	0,020	80,600	2,062	260,000	12,974	447,000	36,784	2690,000	117,015	0,630	0,014	1,600	0,444	5242,380	147,888
I-5-5	0,150	0,022	10,400	0,266	110,200	5,499	85,400	7,028	4,030	0,175	0,850	0,019	0,800	0,222	308,540	8,704
I-4-18	0,010	0,001	3,140	0,080	80,400	4,012	12,200	1,004	64,400	2,801	0,280	0,006	1,000	0,278	168,810	4,762
I-6-12	0,000	0,000	2,260	0,058	75,300	3,757	26,900	2,214	73,700	3,206	0,050	0,001	0,600	0,167	191,260	5,395

Muestra	$SO_4^=$		SiO_2		HCO_3^-		Br^-		I^-		pH	Conductividad	Tª	E.B.I.
30/4/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppb	meq		µS/cm	ºC	
AM-12	1370,000	28,523	4,540	0,119	9,150	0,150	9,900	0,124	319,000	0,003	7,100	20000,000	19,200	0,290%
AM-13	598,000	12,450	1,510	0,040	6,100	0,100	16,400	0,205	352,000	0,003	7,000	19100,000	19,600	0,041%
AM-14	1,660	0,035	1,330	0,035	79,470	1,303	0,930	0,012	24,500	0,000	8,400	1300,000	20,100	0,041%
AM-16	2,850	0,059	3,080	0,081	82,390	1,350	2,250	0,028	422,000	0,003	7,900	2200,000	19,800	0,970%
AM-17	14,900	0,310	7,080	0,186	6,100	0,100	1,300	0,016	465,000	0,004	6,500	20000,000	19,800	0,546%
AM-8	35,000	0,729	11,960	0,314	222,480	3,646	0,860	0,011	16,900	0,000	8,000	900,000	21,200	0,574%
M-1-1	13,800	0,287	7,530	0,198	96,570	1,583	0,600	0,008	59,300	0,000	8,600	400,000	19,000	0,091%
M-2-6	4,040	0,084	7,370	0,194	72,320	1,185	0,330	0,004	12,100	0,000	8,700	200,000	19,300	0,360%
M-4-8	4,530	0,094	9,800	0,258	106,760	1,750	0,430	0,005	87,800	0,001	8,400	300,000	21,000	0,447%
M-7-6	955,000	19,883	1,620	0,043	73,170	1,199	1,490	0,019	283,000	0,002	8,400	12600,000	20,000	0,095%
I-5-5	32,300	0,672	10,200	0,268	220,760	3,618	0,650	0,008	4,050	0,000	7,600	1800,000	20,100	0,852%
I-4-18	76,400	1,591	8,870	0,233	109,760	1,799	0,680	0,009	10,700	0,000	7,400	1100,000	20,200	0,135%
I-6-12	44,100	0,918	9,320	0,245	184,650	3,026	0,930	0,012	5,030	0,000	7,600	1200,000	20,600	0,264%

Resultados analíticos correspondientes a la 2ª Camapaña de muestreo
(E.B.I.: error balance iónico)

Cuadro 3. Resultados analíticos de la 3ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		Na^+		Sr^{2+}		B^{3+}		Cl^-	
6/8/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq
AM-12	0,430	0,062	133,000	3,402	1270,000	63,373	1360,000	111,914	10500,000	456,750	9,050	0,207	1,900	0,527	21584,340	608,894
AM-13	0,210	0,030	69,100	1,768	705,000	35,180	953,000	78,422	6320,000	274,920	3,830	0,087	1,300	0,361	13105,860	369,716
AM-14	0,020	0,003	7,990	0,204	11,200	0,559	38,500	3,168	256,000	11,136	0,030	0,001	1,300	0,361	482,300	13,606
AM-16	0,030	0,004	10,500	0,269	8,100	0,404	51,800	4,263	429,000	18,662	0,000	0,000	1,000	0,278	786,590	22,190
AM-17	0,150	0,022	45,100	1,154	315,000	15,719	750,100	61,726	5600,000	243,600	3,500	0,080	1,200	0,333	11418,350	322,112
AM-8	0,010	0,001	2,220	0,057	104,000	5,190	17,800	1,465	86,000	3,741	0,270	0,006	0,800	0,222	264,620	7,465
M-1-1	0,010	0,001	2,880	0,074	45,900	2,290	24,200	1,991	69,800	3,036	0,200	0,005	0,800	0,222	186,720	5,267
M-2-6	0,010	0,001	2,380	0,061	30,700	1,532	13,000	1,070	27,100	1,179	0,080	0,002	0,600	0,167	80,080	2,259
M-4-8	0,010	0,001	1,960	0,050	38,700	1,931	9,600	0,790	36,800	1,601	0,140	0,003	0,600	0,167	95,270	2,688
M-7-6	0,110	0,016	64,000	1,637	221,000	11,028	331,000	27,238	2200,000	95,700	2,020	0,046	1,700	0,472	4308,900	121,554
I-5-5	0,010	0,001	7,090	0,181	125,000	6,238	46,500	3,826	151,000	6,569	0,520	0,012	0,700	0,194	319,080	9,001
I-4-18	0,010	0,001	1,480	0,038	74,800	3,733	22,700	1,868	62,600	2,723	0,240	0,005	0,800	0,222	205,170	5,788
I-6-12	0,000	0,000	1,780	0,046	68,000	3,393	23,100	1,901	87,100	3,789	0,240	0,005	0,500	0,139	197,150	5,562

Muestra	$SO_4^=$		SiO_2		HCO_3^-		Br^-		I^-		pH	Conductividad	Tª	E.B.I.		
6/8/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppb	meq		µS/cm	ºC			
AM-12	1290,000	26,858	9,420	0,248	9,860	0,162	10,500	0,131	371,000	0,003	7,000	20000,000	19,500	0,000		
AM-13	659,000	13,720	6,950	0,183	12,500	0,205	15,900	0,199	365,000	0,003	6,500	20000,000	19,800	0,009		
AM-14	16,300	0,339	1,680	0,044	83,560	1,370	1,010	0,013	39,900	0,000	7,900	1200,000	20,200	0,003		
AM-16	4,780	0,100	3,900	0,103	84,500	1,385	2,310	0,029	448,000	0,004	7,900	1900,000	20,000	0,004		
AM-17	18,900	0,393	7,500	0,197	5,300	0,087	1,150	0,014	475,000	0,004	6,700	20000,000	20,000	0,000		
AM-8	33,400	0,695	13,800	0,363	146,350	2,399	0,750	0,009	20,100	0,000	7,900	900,000	21,200	0,005		
M-1-1	33,000	0,687	13,400	0,352	96,660	1,584	0,600	0,008	58,900	0,000	8,300	600,000	22,900	0,005		
M-2-6	4,220	0,088	7,160	0,188	97,570	1,599	0,320	0,004	12,000	0,000	8,300	200,000	19,800	0,007		
M-4-8	6,080	0,127	11,900	0,313	100,620	1,649	0,490	0,006	112,000	0,001	8,200	300,000	20,000	0,008		
M-7-6	582,000	12,117	3,060	0,080	76,020	1,246	1,590	0,020	321,000	0,003	8,100	8100,000	20,300	0,004		
I-5-5	177,000	3,685	11,800	0,310	250,760	4,110	1,140	0,014	41,600	0,000	7,300	1200,000	21,400	0,006		
I-4-18	39,300	0,818	9,730	0,256	117,820	1,931	0,340	0,004	9,270	0,000	7,500	700,000	20,500	0,003		
I-6-12	43,900	0,914	10,900	0,287	168,740	2,766	0,980	0,012	11,900	0,000	7,400	700,000	21,600	0,001		

Resultados analíticos correspondientes a la 3ª Campaña de muestre
E.B.I.: error balance iónico

Cuadro 4. Resultados analíticos de la 4ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		Na^+		Sr^{2+}		B^{3+}		Cl^-	
3/11/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq
AM-12	0,320	0,046	40,600	1,039	1200,000	59,880	1600,000	131,664	10000,000	435,000	11,900	0,272	1,870	0,519	21475,150	605,814
AM-13	0,180	0,026	67,300	1,722	610,000	30,439	965,000	79,410	6320,000	274,920	4,850	0,111	1,260	0,350	13163,840	371,352
AM-14	0,010	0,001	7,500	0,192	24,400	1,218	39,900	3,283	219,000	9,527	0,110	0,003	1,280	0,355	443,600	12,514
AM-16	0,020	0,003	9,000	0,230	11,500	0,574	61,900	5,094	440,000	19,140	0,030	0,001	0,980	0,272	830,340	23,424
AM-17	0,120	0,017	17,100	0,437	340,000	16,966	840,000	69,124	6000,000	261,000	3,550	0,081	1,250	0,347	12125,560	342,062
AM-8	0,010	0,001	3,500	0,090	70,500	3,518	22,000	1,810	70,000	3,045	0,250	0,006	0,750	0,208	210,200	5,930
M-1-1	0,010	0,001	3,500	0,090	35,200	1,756	14,900	1,226	60,000	2,610	0,170	0,004	0,770	0,214	138,150	3,897
M-2-6	0,010	0,001	2,000	0,051	24,200	1,208	9,300	0,765	22,000	0,957	0,110	0,003	0,790	0,219	63,350	1,787
M-4-8	0,010	0,001	1,600	0,041	32,300	1,612	10,300	0,848	35,000	1,523	0,190	0,004	0,590	0,164	85,250	2,405
M-7-6	0,070	0,010	59,400	1,519	163,000	8,134	353,000	29,048	2000,000	87,000	1,900	0,043	1,710	0,475	4005,300	112,990
I-5-5	0,010	0,001	8,500	0,217	124,300	6,203	45,700	3,761	162,000	7,047	0,500	0,011	0,700	0,194	326,350	9,206
I-4-18	0,010	0,001	1,200	0,031	54,800	2,735	24,500	2,016	53,000	2,306	0,250	0,006	0,760	0,211	166,300	4,691
I-6-12	0,020	0,003	2,000	0,051	56,000	2,794	42,200	3,473	78,000	3,393	0,250	0,006	0,490	0,136	136,150	3,841

Muestra	$SO_4^=$		SiO_2		HCO_3^-		Br^-		I^-		pH	Conductividad	Tª	E.B.I.		
3/11/95	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppm	meq	ppb	meq		µS/cm	ºC			
AM-12	1050,000	21,861	3,450	0,091	12,190	0,200	14,200	0,178	279,000	0,002	6,400	20000,000	21,800	0,000		
AM-13	648,100	13,493	5,300	0,139	13,100	0,215	16,900	0,212	275,000	0,002	6,700	20000,000	19,900	0,002		
AM-14	26,720	0,556	2,270	0,060	79,860	1,309	0,730	0,009	21,700	0,000	7,700	1500,000	20,300	0,007		
AM-16	6,950	0,145	0,900	0,024	88,540	1,451	2,950	0,037	275,000	0,002	8,200	2200,000	20,000	0,005		
AM-17	45,300	0,943	14,800	0,389	21,340	0,350	3,600	0,045	352,000	0,003	6,000	20000,000	20,500	0,007		
AM-8	28,600	0,595	14,300	0,376	130,260	2,135	0,570	0,007	1,750	0,000	7,100	900,000	21,400	0,001		
M-1-1	22,800	0,475	1,270	0,033	88,400	1,449	0,430	0,005	50,000	0,000	7,900	600,000	22,500	0,006		
M-2-6	4,500	0,094	4,900	0,129	78,750	1,291	0,140	0,002	10,600	0,000	7,900	250,000	20,500	0,005		
M-4-8	7,400	0,154	9,320	0,245	98,060	1,607	0,340	0,004	51,800	0,000	7,700	400,000	19,900	0,002		
M-7-6	557,000	11,597	4,200	0,110	66,900	1,096	3,750	0,047	205,000	0,002	7,600	10000,000	20,300	0,002		
I-5-5	170,000	3,539	12,000	0,315	270,130	4,427	1,120	0,014	40,000	0,000	7,500	1300,000	21,000	0,007		
I-4-18	43,200	0,899	12,300	0,323	98,120	1,608	0,270	0,003	10,800	0,000	7,000	700,000	22,000	0,007		
I-6-12	183,200	3,814	8,390	0,221	132,300	2,168	0,600	0,008	36,000	0,000	7,100	1000,000	21,800	0,001		

Resultados analíticos correspondientes a la 4ª Campaña de muestreo
E.B.I.: error balance iónico

26/11/94	Mg^{2+}/Ca^{2+}	K^{+}/Na^{+}	Na^{+}/Ca^{2+}	$Na^{+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	Cl^{-}/HCO_3^{-}	SO_4^{2-}/Cl^{-}	$Cl^{-}-(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Br^{-}/Cl^{-}	Ca^{2+}/Cl^{-}	Mg^{2+}/Cl^{-}	$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Cl^{-}$	$(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Sr^{2+}/Ca^{2+}
AM-12	2,531	0,011	9,943	2,816	4254,974	0,053	0,215	0,001	0,078	0,198	0,276	0,785	0,000
AM-13	2,763	0,007	10,976	2,917	2610,035	0,039	0,211	0,001	0,071	0,197	0,269	0,789	0,000
AM-14	7,366	0,019	28,445	3,392	10,158	0,002	0,152	0,029	0,029	0,216	0,245	0,848	0,002
AM-16	12,943	0,015	52,064	3,734	16,107	0,003	0,160	0,011	0,018	0,208	0,222	0,840	0,003
AM-17	4,742	0,017	23,557	4,103	1185,534	0,001	0,192	0,001	0,034	0,160	0,194	0,808	0,001
AM-8	0,412	0,036	0,680	0,481	1,476	0,126	0,414	0,047	0,832	0,343	1,175	0,586	0,000
M-1-1	0,608	0,045	2,225	1,384	2,414	0,087	0,139	0,047	0,370	0,225	0,595	0,881	0,000
M-2-8	0,364	0,121	0,777	0,569	1,640	0,032	0,377	0,069	0,716	0,261	0,977	0,623	0,000
M-4-8	0,362	0,036	1,161	0,853	1,350	0,033	0,204	0,063	0,682	0,239	0,901	0,798	0,001
M-7-8	2,302	0,021	8,286	2,510	105,801	0,149	0,161	0,004	0,099	0,228	0,327	0,839	0,000
I-5-5	1,150	1,723	0,031	0,014	2,307	0,071	0,944	0,027	0,664	0,784	1,449	0,056	0,002
I-4-18	0,320	0,031	0,704	0,533	2,741	0,316	0,408	0,046	0,815	0,261	1,078	0,592	0,002
I-8-12	0,613	0,029	0,856	0,531	1,917	0,160	0,415	0,030	0,664	0,408	1,072	0,585	0,002
30/4/95	Mg^{2+}/Ca^{2+}	K^{+}/Na^{+}	Na^{+}/Ca^{2+}	$Na^{+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	Cl^{-}/HCO_3^{-}	SO_4^{2-}/Cl^{-}	$Cl^{-}-(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Br^{-}/Cl^{-}	Ca^{2+}/Cl^{-}	Mg^{2+}/Cl^{-}	$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Cl^{-}$	$(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Sr^{2+}/Ca^{2+}
AM-12	2,423	0,012	7,732	2,259	4084,003	0,046	0,268	0,001	0,093	0,227	0,320	0,732	0,004
AM-13	2,433	0,008	8,072	2,351	2837,512	0,044	0,266	0,001	0,090	0,220	0,310	0,734	0,004
AM-14	6,068	0,024	18,789	2,858	9,857	0,003	0,214	0,033	0,041	0,248	0,289	0,786	0,002
AM-16	12,975	0,020	49,639	3,552	15,808	0,003	0,156	0,012	0,017	0,216	0,233	0,844	0,002
AM-17	3,859	0,018	15,924	3,277	3121,818	0,001	0,222	0,001	0,048	0,185	0,233	0,778	0,005
AM-8	0,304	0,021	0,619	0,475	1,537	0,130	0,426	0,045	0,908	0,276	1,184	0,574	0,001
M-1-1	0,422	0,040	0,870	0,612	2,221	0,082	0,428	0,063	0,633	0,267	0,900	0,572	0,002
M-2-8	0,330	0,068	0,704	0,530	1,402	0,051	0,388	0,063	0,814	0,268	1,082	0,612	0,002
M-4-8	0,357	0,042	1,034	0,762	1,143	0,047	0,178	0,063	0,763	0,272	1,036	0,822	0,002
M-7-8	2,835	0,018	9,019	2,352	123,316	0,134	0,195	0,003	0,088	0,249	0,336	0,805	0,001
I-5-5	1,278	1,518	0,032	0,014	2,406	0,077	0,949	0,026	0,632	0,807	1,439	0,051	0,004
I-4-18	0,250	0,029	0,696	0,559	2,647	0,334	0,395	0,058	0,842	0,211	1,053	0,605	0,002
I-8-12	0,589	0,018	0,853	0,537	1,783	0,170	0,395	0,031	0,696	0,410	1,107	0,605	0,000
8/8/95	Mg^{2+}/Ca^{2+}	K^{+}/Na^{+}	Na^{+}/Ca^{2+}	$Na^{+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	Cl^{-}/HCO_3^{-}	SO_4^{2-}/Cl^{-}	$Cl^{-}-(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Br^{-}/Cl^{-}	Ca^{2+}/Cl^{-}	Mg^{2+}/Cl^{-}	$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Cl^{-}$	$(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Sr^{2+}/Ca^{2+}
AM-12	1,786	0,007	7,207	2,608	3787,784	0,044	0,244	0,001	0,104	0,184	0,288	0,756	0,003
AM-13	2,229	0,006	7,815	2,420	1804,595	0,037	0,252	0,001	0,095	0,212	0,307	0,748	0,002
AM-14	5,669	0,018	19,926	2,968	9,934	0,025	0,166	0,027	0,041	0,233	0,274	0,834	0,001
AM-16	10,546	0,014	48,170	3,999	16,022	0,004	0,147	0,013	0,018	0,192	0,210	0,853	0,000
AM-17	3,927	0,005	15,496	3,145	3708,102	0,001	0,240	0,001	0,049	0,192	0,240	0,760	0,005
AM-8	0,282	0,015	0,721	0,562	3,112	0,093	0,491	0,030	0,695	0,196	0,891	0,509	0,001
M-1-1	0,669	0,024	1,326	0,709	3,325	0,130	0,410	0,042	0,435	0,378	0,813	0,590	0,002
M-2-8	0,698	0,052	0,770	0,453	1,413	0,039	0,451	0,074	0,678	0,474	1,152	0,548	0,001
M-4-8	0,409	0,031	0,829	0,588	1,830	0,047	0,386	0,052	0,719	0,294	1,012	0,614	0,002
M-7-8	2,470	0,017	8,678	2,501	97,556	0,100	0,199	0,004	0,091	0,224	0,315	0,801	0,004
I-5-5	0,613	0,028	1,053	0,653	2,190	0,409	0,250	0,022	0,693	0,425	1,118	0,750	0,002
I-4-18	0,500	0,014	0,730	0,486	2,997	0,141	0,523	0,036	0,645	0,323	0,968	0,477	0,001
I-8-12	0,560	0,012	1,117	0,716	2,011	0,164	0,311	0,025	0,610	0,342	0,952	0,689	0,002
3/11/95	Mg^{2+}/Ca^{2+}	K^{+}/Na^{+}	Na^{+}/Ca^{2+}	$Na^{+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	Cl^{-}/HCO_3^{-}	SO_4^{2-}/Cl^{-}	$Cl^{-}-(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Br^{-}/Cl^{-}	Ca^{2+}/Cl^{-}	Mg^{2+}/Cl^{-}	$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/Cl^{-}$	$(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}$	Sr^{2+}/Ca^{2+}
AM-12	2,199	0,002	7,285	2,271	3032,192	0,036	0,280	0,001	0,099	0,217	0,316	0,720	0,005
AM-13	2,609	0,006	9,032	2,503	1729,559	0,036	0,255	0,001	0,082	0,214	0,296	0,745	0,004
AM-14	2,697	0,020	7,824	2,117	9,561	0,044	0,223	0,028	0,097	0,262	0,360	0,777	0,002
AM-16	8,676	0,012	33,354	3,377	16,141	0,006	0,173	0,012	0,024	0,217	0,242	0,827	0,001
AM-17	4,074	0,002	15,384	3,032	977,983	0,003	0,236	0,001	0,050	0,202	0,252	0,764	0,005
AM-8	0,515	0,029	0,868	0,571	2,777	0,100	0,471	0,035	0,593	0,305	0,898	0,529	0,002
M-1-1	0,696	0,034	1,486	0,875	2,890	0,122	0,307	0,055	0,451	0,315	0,765	0,693	0,002
M-2-8	0,634	0,053	0,792	0,485	1,385	0,052	0,436	0,123	0,676	0,428	1,104	0,564	0,002
M-4-8	0,526	0,027	0,945	0,619	1,498	0,064	0,350	0,068	0,670	0,352	1,023	0,650	0,003
M-7-8	3,571	0,017	10,696	2,340	103,046	0,103	0,217	0,004	0,072	0,257	0,329	0,783	0,005
I-5-5	0,606	0,031	1,136	0,707	2,079	0,364	0,211	0,021	0,674	0,408	1,082	0,789	0,002
I-4-18	0,737	0,013	0,843	0,485	2,917	0,192	0,502	0,045	0,583	0,430	1,013	0,498	0,002
I-8-12	1,243	0,015	1,214	0,541	1,771	0,993	0,103	0,035	0,726	0,904	1,632	0,897	0,002

Cuadro 5. Principales relaciones iónicas de las 4 campañas de muestreo

Sondeo	Fecha	ΔLi^+	ΔK^+	ΔNa^+	ΔSr^{2+}	ΔCa^{2+}	ΔMg^{2+}	ΔB^{3+}	ΔSiO_2	ΔHCO_3^-	ΔBr^-	ΔSO_4^{2-}
AM-12	nov-94	0,0514	-6,1844	-52,1374	-0,3427	28,9010	1,8017	-1,1369	0,0998	-1,7462	-0,8683	-33,1057
AM-12	abr-95	0,0548	-5,6710	-82,9257	-0,0870	34,8909	19,3030	-1,3119	4,5399	-1,8591	-0,8052	-35,8212
AM-12	ags-95	0,0506	-7,6509	-65,5299	-0,1333	41,0427	-6,8767	-1,2944	9,4199	-1,8656	-0,7900	-36,9610
AM-12	nov-95	0,0348	-9,9586	-84,6435	-0,0665	37,6491	13,4650	-1,2419	3,4499	-1,8385	-0,7390	-41,6387
AM-13	nov-94	0,0278	-3,6786	-22,0643	-0,1590	8,6075	-0,3100	-0,4574	0,0000	-3,0616	-0,2443	-19,4188
AM-13	abr-95	0,0351	-3,4435	-37,3056	-0,0708	13,7608	6,0121	-0,5750	1,5099	-3,0904	-0,2228	-17,6869
AM-13	ags-95	0,0234	-4,9455	-42,6414	-0,1226	20,5661	5,6055	-0,7520	6,9499	-2,6778	-0,3596	-25,3265
AM-13	nov-95	0,0190	-5,0213	-44,0414	-0,1002	15,7728	6,2786	-0,7427	5,2999	-2,6621	-0,3495	-25,7228
AM-14	nov-94	0,0012	-0,0419	-1,4362	-0,0158	-2,7261	-1,4223	0,1579	0,0751	-2,8027	-0,0058	-2,1474
AM-14	abr-95	0,0027	-0,0039	-2,2210	-0,0149	-2,5767	-1,0499	-0,2305	1,3299	-2,8575	-0,0053	-2,0232
AM-14	ags-95	0,0027	-0,0471	-1,6212	-0,0159	-2,5649	-1,1980	-0,2316	1,6799	-2,7868	-0,0059	-1,8248
AM-14	nov-95	0,0012	-0,0398	-2,2962	-0,0135	-1,8710	-0,8729	-0,2329	2,2699	-2,8513	-0,0077	-1,4948
AM-16	nov-94	0,0025	-0,1287	-1,7632	-0,0207	-3,0578	-1,4448	-0,0127	0,0908	-2,7101	-0,0035	-3,0464
AM-16	abr-95	0,0039	-0,0440	-1,7220	-0,0201	-3,0178	-1,2377	-0,2314	3,0799	-2,7783	-0,0021	-2,9066
AM-16	ags-95	0,0039	-0,1386	-1,4429	-0,0213	-2,9966	-1,7535	-0,2323	3,8999	-2,7407	-0,0026	-2,9537
AM-16	nov-95	0,0025	-0,1994	-2,0208	-0,0213	-2,8667	-1,1596	-0,2268	0,8999	-2,6701	0,0035	-3,0363
AM-17	nov-94	0,0140	-1,8153	-21,3528	-0,1835	-2,1902	-12,4518	-0,5029	0,0441	-2,7346	-0,4859	-34,9099
AM-17	abr-95	0,0172	-1,3190	-29,8629	-0,0993	2,2157	-3,9737	-0,8204	7,0799	-2,9888	-0,4550	-32,7689
AM-17	ags-95	0,0156	-4,6957	-33,2153	-0,1043	2,6410	-1,9407	-0,8422	7,4999	-2,9681	-0,4720	-33,7229
AM-17	nov-95	0,0109	-5,7739	-32,8914	-0,1139	3,2448	1,6223	-0,8511	14,7999	-2,6318	-0,4716	-35,2395
AM-8	nov-94	0,0014	0,0086	-2,6537	-0,0112	1,5601	-0,9526	0,0220	0,2838	-0,5887	0,0052	-0,6385
AM-8	abr-95	0,0014	-0,0390	-2,7605	-0,0061	2,2241	-1,2814	-0,2176	11,9599	-0,5385	0,0044	-0,6069
AM-8	ags-95	0,0013	-0,0833	-3,7601	-0,0071	2,2639	-1,7210	-0,2226	13,7999	-1,7796	0,0002	-0,8328
AM-8	nov-95	0,0014	-0,0227	-3,1421	-0,0068	0,6418	-1,0803	-0,2219	14,2999	-2,0488	0,0003	-0,7737
M-1-1	nov-94	-0,0001	0,0789	-1,2551	-0,0109	-1,1771	-1,6046	-0,0152	0,1724	-2,3409	0,0031	-0,9194
M-1-1	abr-95	0,0014	0,0081	-2,1852	-0,0064	-0,5727	-1,4886	-0,2167	7,5299	-2,6097	0,0043	-0,8318
M-1-1	ags-95	0,0014	-0,0265	-2,5839	-0,0075	-0,5644	-0,7720	-0,2202	13,3999	-2,6019	0,0016	-0,6135
M-1-1	nov-95	0,0014	0,0142	-1,8374	-0,0075	-1,0541	-1,2739	-0,2196	1,2699	-2,7422	0,0016	-0,6839
M-2-6	nov-94	0,0000	0,0970	-1,7291	-0,0097	-1,2782	-1,6099	-0,0798	0,2076	-2,9432	0,0034	-0,9015
M-2-6	abr-95	0,0014	0,0297	-1,5815	-0,0076	-1,3862	-1,6243	-0,2164	7,3699	-3,0137	0,0037	-0,8430
M-2-6	ags-95	0,0014	0,0153	-1,8664	-0,0086	-1,2258	-1,1154	-0,2177	7,1599	-2,5978	0,0027	-0,9011
M-2-6	nov-95	0,0014	0,0141	-1,6843	-0,0077	-1,5349	-1,3291	-0,2190	4,8999	-2,9079	0,0012	-0,8464
M-4-8	nov-94	0,0000	0,0160	-1,3024	-0,0095	-1,3130	-1,6481	-0,0412	0,2470	-2,5826	0,0047	-0,9079
M-4-8	abr-95	0,0014	0,0251	-1,2448	-0,0076	-1,2224	-1,5908	-0,2158	9,7999	-2,4481	0,0045	-0,8679
M-4-8	ags-95	0,0014	-0,0032	-1,8113	-0,0075	-0,8404	-1,4775	-0,2164	11,8999	-2,5462	0,0042	-0,9068
M-4-8	nov-95	0,0014	-0,0073	-1,6476	-0,0062	-1,1507	-1,3656	-0,2177	9,3199	-2,5892	0,0027	-0,8500
M-7-8	nov-94	0,0108	-0,1173	-5,1329	-0,0684	5,1415	2,4598	0,0223	0,0483	-2,6805	-0,1577	4,6144
M-7-8	abr-95	0,0174	-0,6263	-10,6774	-0,0752	5,5177	6,6061	-0,4921	1,6199	-2,4768	-0,2035	3,8112
M-7-8	ags-95	0,0136	-0,5731	-9,4530	-0,0291	4,4212	2,1223	-0,4386	3,0599	-2,5243	-0,1623	-1,2272
M-7-8	nov-95	0,0080	-0,5353	-10,8223	-0,0272	1,8034	5,5789	-0,3945	4,1999	-2,7044	-0,1223	-0,8607
I-5-5	nov-94	0,0143	0,1465	-8,5463	-0,0017	2,9397	3,5169	0,0010	0,2943	-0,3155	-0,0029	-1,0478
I-5-5	abr-95	0,0215	0,1035	-8,3863	0,0054	2,5333	3,6036	-0,2264	10,1999	-0,5556	-0,0029	-0,9840
I-5-5	ags-95	0,0013	0,0134	-2,2476	-0,0023	3,2623	0,3454	-0,2208	11,7999	-0,0629	0,0027	1,9979
I-5-5	nov-95	0,0013	0,0458	-1,9446	-0,0028	3,2207	0,2401	-0,2215	11,9999	0,2554	0,0022	1,8309
I-4-18	nov-94	0,0086	-0,0052	-2,5743	-0,0038	1,3696	-1,3970	0,0084	0,1839	-2,2964	0,0037	0,3450
I-4-18	abr-95	0,0014	-0,0107	-2,3863	-0,0054	1,1735	-1,6623	-0,2182	8,8699	-2,3890	0,0034	0,3424
I-4-18	ags-95	0,0014	-0,0718	-3,3426	-0,0069	0,8610	-0,9954	-0,2245	9,7299	-2,2532	-0,0024	-0,5362
I-4-18	nov-95	0,0014	-0,0590	-2,8216	-0,0061	-0,1017	-0,6365	-0,2232	12,2999	-2,5800	-0,0016	-0,3415
I-6-12	nov-94	0,0100	-0,0152	-2,8626	-0,0041	1,1703	-0,4379	-0,0462	0,2544	-1,0016	0,0034	-0,4122
I-6-12	abr-95	-0,0001	-0,0447	-2,5239	-0,0110	0,8986	-0,5744	-0,2163	9,3199	-1,1593	0,0056	-0,3957
I-6-12	ags-95	-0,0001	-0,0600	-2,0832	-0,0068	0,5289	-0,9190	-0,2160	10,8999	-1,4195	0,0060	-0,4170
I-6-12	nov-95	0,0028	-0,0231	-1,0081	-0,0056	-0,0143	0,9835	-0,2173	8,3899	-2,0229	0,0038	2,6614

Cuadro 6. Valores de los Δiónicos para las muestras de las 4 campañas

Cuadro 7. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 1ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+				K^+				Na^+				Sr^{2+}			
26/11/94	Teónco	Real	ΔLi^+	IS	Teórico	Real	ΔK^+	IS	Teórico	Real	ΔNa^+	IS	Teórico	Real	ΔSr^{2+}	IS
AM-12	0,0121	0,0634	0,0514	19,01%	11,7097	5,5253	-6,1844	47,19%	553,2574	501,1200	-52,1374	90,58%	0,3595	0,0169	-0,3427	4,70%
AM-13	0,0054	0,0331	0,0278	16,24%	5,2441	1,5655	-3,6786	29,85%	248,2643	226,2000	-22,0643	91,11%	0,1660	0,0071	-0,1590	4,26%
AM-14	0,0002	0,0014	0,0012	16,04%	0,2540	0,2121	-0,0419	83,49%	12,8767	11,4405	-1,4362	88,85%	0,0167	0,0009	-0,0158	5,47%
AM-16	0,0004	0,0029	0,0025	13,86%	0,4177	0,2891	-0,1287	69,20%	20,5987	18,8355	-1,7632	91,44%	0,0216	0,0009	-0,0207	4,23%
AM-17	0,0062	0,0202	0,0140	30,75%	6,0407	4,4253	-1,6153	73,26%	285,8415	264,4887	-21,3528	92,53%	0,1899	0,0064	-0,1835	3,37%
AM-8	0,0001	0,0014	0,0014	5,08%	0,1009	0,1095	0,0086	92,18%	5,6552	3,0015	-2,6537	53,08%	0,0121	0,0009	-0,0112	7,53%
M-1-1	0,0001	0,0000	-0,0001	0,00%	0,0856	0,1645	0,0789	52,02%	4,9308	3,6758	-1,2551	74,55%	0,0117	0,0008	-0,0109	6,85%
M-2-6	0,0000	0,0000	0,0000	0,00%	0,0419	0,1389	0,0970	30,19%	2,8731	1,1441	-1,7291	39,82%	0,0104	0,0007	-0,0097	6,61%
M-4-8	0,0000	0,0000	0,0000	0,00%	0,0441	0,0601	0,0160	73,44%	2,9772	1,6748	-1,3024	56,25%	0,0104	0,0009	-0,0095	8,76%
M-7-6	0,0022	0,0130	0,0108	16,69%	2,1278	2,0106	-0,1173	94,49%	101,2679	96,1350	-5,1329	94,93%	0,0728	0,0043	-0,0684	5,96%
I-5-5	0,0001	0,0144	0,0143	0,97%	0,1661	0,3126	0,1465	53,12%	8,7277	0,1814	-8,5463	2,08%	0,0141	0,0123	-0,0017	87,61%
I-4-18	0,0001	0,0086	0,0086	0,82%	0,0986	0,0934	-0,0052	94,71%	5,5453	2,9711	-2,5743	53,58%	0,0121	0,0082	-0,0038	68,19%
I-6-12	0,0001	0,0101	0,0100	0,87%	0,1152	0,1000	-0,0152	86,78%	6,3313	3,4687	-2,8626	54,79%	0,0126	0,0084	-0,0041	67,30%

Muestra	SiO_2				HCO_3^-				Br^-				SO_4^{2-}			
26/11/94	Teórico	Real	ΔSiO_2	IS	Teórico	Real	ΔHCO_3^-	IS	Teórico	Real	ΔBr^-	IS	Teórico	Real	ΔSO_4^{2-}	IS
AM-12	0,0001	0,0999	0,0998	0,10%	1,8978	0,1516	-1,7462	7,99%	0,9763	0,1080	-0,8683	11,07%	67,5672	34,4615	-33,1057	51,00%
AM-13	0,0001	0,0001	0,0000	100,00%	3,1723	0,1106	-3,0616	3,48%	0,4359	0,1916	-0,2443	43,95%	30,6616	11,2428	-19,4188	36,67%
AM-14	0,0001	0,0752	0,0751	0,13%	4,1558	1,3532	-2,8027	32,56%	0,0187	0,0129	-0,0058	68,87%	2,1786	0,0312	-2,1474	1,43%
AM-16	0,0001	0,0907	0,0906	0,11%	4,1236	1,4135	-2,7101	34,28%	0,0324	0,0289	-0,0035	89,24%	3,1130	0,0666	-3,0464	2,14%
AM-17	0,0001	0,0442	0,0441	0,23%	3,0152	0,2806	-2,7346	9,31%	0,5024	0,0165	-0,4859	3,29%	35,2086	0,2988	-34,9099	0,85%
AM-8	0,0001	0,2839	0,2838	0,04%	4,1860	3,5973	-0,5887	85,94%	0,0059	0,0111	0,0052	53,20%	1,3048	0,6662	-0,6385	51,06%
M-1-1	0,0001	0,1725	0,1724	0,06%	4,1890	1,8481	-2,3409	44,12%	0,0046	0,0078	0,0031	59,83%	1,2171	0,2977	-0,9194	24,46%
M-2-6	0,0001	0,2077	0,2076	0,05%	4,1976	1,2545	-2,9432	29,89%	0,0010	0,0044	0,0034	22,77%	0,9681	0,0666	-0,9015	6,88%
M-4-8	0,0001	0,2471	0,2470	0,04%	4,1972	1,6146	-2,5826	38,47%	0,0012	0,0059	0,0047	20,09%	0,9807	0,0729	-0,9079	7,43%
M-7-6	0,0001	0,0484	0,0483	0,21%	3,7865	1,1060	-2,6805	29,21%	0,1754	0,0177	-0,1577	10,07%	12,8744	17,4888	4,6144	73,61%
I-5-5	0,0001	0,2944	0,2943	0,03%	4,1732	3,8577	-0,3155	92,44%	0,0114	0,0085	-0,0029	74,86%	1,6766	0,6288	-1,0478	37,50%
I-4-18	0,0001	0,1840	0,1839	0,05%	4,1865	1,8901	-2,2964	45,15%	0,0057	0,0094	0,0037	61,06%	1,2915	1,6365	0,3450	78,92%
I-6-12	0,0001	0,2545	0,2544	0,04%	4,1832	3,1816	-1,0016	76,06%	0,0071	0,0105	0,0034	67,76%	1,3866	0,9744	-0,4122	70,27%

Muestra	Cl^-		Ca^{2+}				Mg^{2+}				B^{3+}			
26/11/94	Real	% de Mezcla	Teorico	Real	ΔCa^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔMg^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔB^{3+}	IS
AM-12	645,0860	120,22%	23,4980	50,3990	26,9010	46,62%	125,7478	127,5495	1,8017	98,59%	1,4977	0,3608	-1,1369	24,09%
AM-13	288,7547	53,67%	12,0012	20,6087	8,6075	58,23%	57,2547	56,9447	-0,3100	99,46%	0,7904	0,3330	-0,4574	42,13%
AM-14	13,7453	2,31%	3,1283	0,4022	-2,7261	12,86%	4,3930	2,9707	-1,4223	67,62%	0,2445	0,4024	0,1579	60,77%
AM-16	22,7672	3,99%	3,4194	0,3618	-3,0576	10,58%	6,1271	4,6823	-1,4448	76,42%	0,2624	0,2498	-0,0127	95,17%
AM-17	332,6571	61,87%	13,4177	11,2275	-2,1902	83,68%	65,6935	53,2416	-12,4518	81,05%	0,8775	0,3746	-0,5029	42,69%
AM-8	5,3083	0,73%	2,8561	4,4162	1,5601	64,67%	2,7712	1,8186	-0,9526	65,62%	0,2278	0,2498	0,0220	91,19%
M-1-1	4,4620	0,57%	2,8288	1,6517	-1,1771	58,39%	2,6086	1,0039	-1,6048	38,49%	0,2261	0,2109	-0,0152	93,29%
M-2-6	2,0579	0,12%	2,7512	1,4730	-1,2782	53,54%	2,1465	0,5365	-1,6099	25,00%	0,2213	0,1415	-0,0798	63,95%
M-4-8	2,1795	0,15%	2,7552	1,4421	-1,3130	52,34%	2,1698	0,5217	-1,6481	24,04%	0,2215	0,1804	-0,0412	81,42%
M-7-6	117,0151	21,59%	6,4602	11,6018	5,1415	55,68%	24,2433	26,7031	2,4598	90,79%	0,4495	0,4718	0,0223	95,28%
I-5-5	8,8980	1,40%	2,9719	5,9117	2,9397	50,27%	3,4612	6,9782	3,5169	49,60%	0,2349	0,2359	0,0010	99,58%
I-4-18	5,1799	0,71%	2,8520	4,2215	1,3696	67,56%	2,7466	1,3496	-1,3970	49,14%	0,2275	0,2359	0,0084	96,45%
I-6-12	6,0982	0,88%	2,8816	4,0519	1,1703	71,12%	2,9231	2,4852	-0,4379	85,02%	0,2293	0,1832	-0,0462	79,86%

Cuadro 8. Cálculo de los Aiónicos correspondientes a la 2ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+				K^+				Na^+				Sr^{2+}			
30/4/95	Teórico	Real	ΔLi^+	IS	Teónco	Real	ΔK^+	IS	Teónco	Real	ΔNa^+	IS	Teórico	Real	ΔSr^{2+}	IS
AM-12	0,0115	0,0663	0,0548	17,30%	11,1451	5,4741	-5,6710	49,12%	526,6257	443,7000	-82,9257	84,25%	0,3427	0,2557	-0,0870	74,62%
AM-13	0,0053	0,0403	0,0351	13,10%	5,1522	1,7087	-3,4435	33,17%	243,9306	206,6250	-37,3056	84,71%	0,1633	0,0925	-0,0708	56,62%
AM-14	0,0002	0,0029	0,0027	7,26%	0,2328	0,2289	-0,0039	98,33%	11,8780	9,6570	-2,2210	81,30%	0,0161	0,0011	-0,0149	7,10%
AM-16	0,0004	0,0043	0,0039	8,64%	0,3919	0,3479	-0,0440	88,76%	19,3830	17,6610	-1,7220	91,12%	0,0208	0,0007	-0,0201	3,29%
AM-17	0,0058	0,0231	0,0172	25,23%	5,6676	4,3486	-1,3190	76,73%	268,2429	238,3800	-29,8629	88,87%	0,1787	0,0794	-0,0993	44,45%
AM-8	0,0001	0,0014	0,0014	5,47%	0,1063	0,0673	-0,0390	63,28%	5,9099	3,1494	-2,7605	53,29%	0,0123	0,0062	-0,0061	50,18%
M-1-1	0,0000	0,0014	0,0014	2,75%	0,0684	0,0765	0,0081	89,42%	4,1210	1,9358	-2,1852	46,97%	0,0111	0,0048	-0,0064	43,00%
M-2-6	0,0000	0,0014	0,0014	0,34%	0,0348	0,0645	0,0297	53,91%	2,5341	0,9527	-1,5815	37,59%	0,0101	0,0025	-0,0076	24,76%
M-4-8	0,0000	0,0014	0,0014	0,78%	0,0409	0,0660	0,0251	61,96%	2,8239	1,5791	-1,2448	55,92%	0,0103	0,0027	-0,0076	26,53%
M-7-6	0,0027	0,0202	0,0174	13,60%	2,6880	2,0617	-0,6263	76,70%	127,6924	117,0150	-10,6774	91,64%	0,0895	0,0144	-0,0752	16,06%
I-5-5	0,0001	0,0216	0,0215	0,63%	0,1625	0,2660	0,1035	61,09%	8,5616	0,1753	-8,3863	2,05%	0,0140	0,0194	0,0054	71,97%
I-4-18	0,0001	0,0014	0,0014	4,37%	0,0910	0,0803	-0,0107	88,26%	5,1877	2,8014	-2,3863	54,00%	0,0118	0,0064	-0,0054	54,05%
I-6-12	0,0001	0,0000	-0,0001	0,00%	0,1025	0,0578	-0,0447	56,40%	5,7298	3,2060	-2,5239	55,95%	0,0122	0,0011	-0,0110	9,38%

Muestra	SiO_2				HCO_3^-				Br^-				$SO_4^{=}$			
30/4/95	Teórico	Real	ΔSiO_2	IS	Teórico	Real	ΔHCO_3^-	IS	Teórico	Real	ΔBr^-	IS	Teórico	Real	$\Delta SO_4^{=}$	IS
AM-12	0,0001	4,5400	4,5399	0,00%	2,0091	0,1500	-1,8591	7,46%	0,9291	0,1239	-0,8052	13,34%	64,3446	28,5234	-35,8212	44,33%
AM-13	0,0001	1,5100	1,5099	0,01%	3,1904	0,1000	-3,0904	3,13%	0,4282	0,2053	-0,2228	47,95%	30,1372	12,4504	-17,6869	41,31%
AM-14	0,0001	1,3300	1,3299	0,01%	4,1600	1,3025	-2,8575	31,31%	0,0170	0,0116	-0,0053	68,67%	2,0578	0,0346	-2,0232	1,68%
AM-16	0,0001	3,0800	3,0799	0,00%	4,1287	1,3504	-2,7783	32,71%	0,0303	0,0282	-0,0021	93,11%	2,9659	0,0593	-2,9066	2,00%
AM-17	0,0001	7,0800	7,0799	0,00%	3,0888	0,1000	-2,9888	3,24%	0,4713	0,0163	-0,4550	3,45%	33,0791	0,3102	-32,7689	0,94%
AM-8	0,0001	11,9600	11,9599	0,00%	4,1850	3,6464	-0,5385	87,13%	0,0064	0,0108	0,0044	59,25%	1,3356	0,7287	-0,6069	54,56%
M-1-1	0,0001	7,5300	7,5299	0,00%	4,1924	1,5828	-2,6097	37,75%	0,0032	0,0075	0,0043	42,72%	1,1191	0,2873	-0,8318	25,67%
M-2-6	0,0001	7,3700	7,3699	0,00%	4,1991	1,1853	-3,0137	28,23%	0,0004	0,0041	0,0037	9,61%	0,9271	0,0841	-0,8430	9,07%
M-4-8	0,0001	9,8000	9,7999	0,00%	4,1979	1,7498	-2,4481	41,68%	0,0009	0,0054	0,0045	16,91%	0,9622	0,0943	-0,8679	9,80%
M-7-6	0,0001	1,6200	1,6199	0,01%	3,6761	1,1993	-2,4768	32,62%	0,2222	0,0187	-0,2035	8,40%	16,0719	19,8831	3,8112	80,83%
I-5-5	0,0001	10,2000	10,1999	0,00%	4,1739	3,6183	-0,5556	86,69%	0,0111	0,0081	-0,0029	73,46%	1,6565	0,6725	-0,9840	40,60%
I-4-18	0,0001	8,8700	8,8699	0,00%	4,1880	1,7990	-2,3890	42,96%	0,0051	0,0085	0,0034	166,95%	1,2482	1,5906	0,3424	78,47%
I-6-12	0,0001	9,3200	9,3199	0,00%	4,1857	3,0264	-1,1593	72,30%	0,0061	0,0116	0,0056	52,05%	1,3138	0,9182	-0,3957	69,89%

Muestra	Cl^-		Ca^{2+}				Mg^{2+}				B^{3+}			
30/4/95	Real	% de Mezcla	Teórico	Real	ΔCa^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔMg^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔB^{3+}	IS
AM-12	613,9715	114,41%	22,4941	57,3850	34,8909	39,20%	119,7671	139,0701	19,3030	86,12%	1,4359	0,1239	-1,3119	8,63%
AM-13	283,6916	52,72%	11,8379	25,5987	13,7608	46,24%	56,2814	62,2935	6,0121	90,35%	0,7803	0,2053	-0,5750	26,31%
AM-14	12,5786	2,09%	3,0907	0,5140	-2,5767	16,63%	4,1687	3,1188	-1,0499	74,81%	0,2422	0,0116	-0,2305	4,81%
AM-16	21,3468	3,73%	3,3736	0,3558	-3,0178	10,55%	5,8541	4,6165	-1,2377	78,86%	0,2596	0,0282	-0,2314	10,85%
AM-17	312,0963	58,03%	12,7543	14,9700	2,2157	85,20%	61,7413	57,7676	-3,9737	93,56%	0,8367	0,0163	-0,8204	1,95%
AM-8	5,6059	0,79%	2,8657	5,0898	2,2241	56,30%	2,8284	1,5471	-1,2814	54,70%	0,2283	0,0108	-0,2178	4,72%
M-1-1	3,5158	0,40%	2,7983	2,2255	-0,5727	79,53%	2,4267	0,9381	-1,4886	38,66%	0,2242	0,0075	-0,2167	3,35%
M-2-6	1,6619	0,05%	2,7384	1,3523	-1,3862	49,38%	2,0703	0,4460	-1,6243	21,54%	0,2205	0,0041	-0,2164	1,87%
M-4-8	2,0004	0,11%	2,7494	1,5269	-1,2224	55,54%	2,1354	0,5448	-1,5908	25,51%	0,2212	0,0054	-0,2158	2,43%
M-7-6	147,8875	27,36%	7,4563	12,9740	5,5177	57,47%	30,1775	36,7836	6,6061	82,04%	0,5108	0,0187	-0,4921	3,65%
I-5-5	8,7039	1,36%	2,9657	5,4990	2,5333	53,93%	3,4239	7,0276	3,6036	48,72%	0,2345	0,0081	-0,2264	3,47%
I-4-18	4,7621	0,63%	2,8385	4,0120	1,1735	70,75%	2,6663	1,0039	-1,6623	37,65%	0,2267	0,0085	-0,2182	3,76%
I-6-12	5,3954	0,75%	2,8589	3,7575	0,8986	76,09%	2,7880	2,2136	-0,5744	79,40%	0,2279	0,0116	-0,2163	5,11%

Cuadro 9. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 3ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+				K^+				Na^+				Sr^{2+}			
6/8/95	Teórico	Real	ΔLi^+	IS	Teórico	Real	ΔK^+	IS	Teórico	Real	ΔNa^+	IS	Teórico	Real	ΔSr^{2+}	IS
AM-12	0,0114	0,0620	0,0506	18,36%	11,0530	3,4021	-7,6509	30,78%	522,2799	456,7500	-65,5299	87,45%	0,3399	0,2066	-0,1333	60,79%
AM-13	0,0069	0,0303	0,0234	22,79%	6,7131	1,7676	-4,9455	26,33%	317,5614	274,9200	-42,6414	86,57%	0,2100	0,0874	-0,1226	41,64%
AM-14	0,0002	0,0029	0,0027	7,93%	0,2515	0,2044	-0,0471	81,27%	12,7572	11,1360	-1,6212	87,29%	0,0166	0,0007	-0,0159	4,12%
AM-16	0,0004	0,0043	0,0039	9,01%	0,4072	0,2686	-0,1386	65,96%	20,1044	18,6615	-1,4429	92,82%	0,0213	0,0000	-0,0213	0,00%
AM-17	0,0060	0,0216	0,0156	27,78%	5,8493	1,1537	-4,6957	19,72%	276,8153	243,6000	-33,2153	88,00%	0,1842	0,0799	-0,1043	43,39%
AM-8	0,0001	0,0014	0,0013	7,88%	0,1400	0,0568	-0,0833	40,55%	7,5011	3,7410	-3,7601	49,87%	0,0133	0,0062	-0,0071	46,37%
M-1-1	0,0001	0,0014	0,0014	5,03%	0,1002	0,0737	-0,0265	73,54%	5,6202	3,0363	-2,5839	54,02%	0,0121	0,0046	-0,0075	37,74%
M-2-6	0,0000	0,0014	0,0014	1,12%	0,0456	0,0609	0,0153	74,88%	3,0453	1,1789	-1,8664	38,71%	0,0105	0,0018	-0,0086	17,45%
M-4-8	0,0000	0,0014	0,0014	1,67%	0,0534	0,0501	-0,0032	93,95%	3,4121	1,6008	-1,8113	46,92%	0,0107	0,0032	-0,0075	29,87%
M-7-6	0,0022	0,0159	0,0136	14,19%	2,2102	1,6371	-0,5731	74,07%	105,1530	95,7000	-9,4530	91,01%	0,0752	0,0461	-0,0291	61,29%
I-5-5	0,0001	0,0014	0,0013	9,88%	0,1679	0,1814	0,0134	92,59%	8,8161	6,5685	-2,2476	74,51%	0,0141	0,0119	-0,0023	84,03%
I-4-18	0,0001	0,0014	0,0014	5,70%	0,1096	0,0379	-0,0718	34,54%	6,0657	2,7231	-3,3426	44,89%	0,0124	0,0055	-0,0069	44,25%
I-6-12	0,0001	0,0000	-0,0001	0,00%	0,1055	0,0455	-0,0600	43,15%	5,8720	3,7889	-2,0832	64,52%	0,0123	0,0055	-0,0068	44,69%

Muestra	SiO_2				HCO_3^-				Br^-				$SO_4^{=}$			
6/8/95	Teórico	Real	ΔSiO_2	IS	Teórico	Real	ΔHCO_3^-	IS	Teórico	Real	ΔBr^-	IS	Teórico	Real	$\Delta SO_4^{=}$	IS
AM-12	0,0001	9,4200	9,4199	0,00%	2,0272	0,1616	-1,8656	7,97%	0,9214	0,1315	-0,7900	14,27%	63,8188	26,8578	-36,9610	42,08%
AM-13	0,0001	6,9500	6,9499	0,00%	2,8827	0,2049	-2,6778	7,11%	0,5587	0,1991	-0,3596	35,63%	39,0469	13,7204	-25,3265	35,14%
AM-14	0,0001	1,6800	1,6799	0,01%	4,1563	1,3695	-2,7868	32,95%	0,0185	0,0126	-0,0059	68,30%	2,1642	0,3394	-1,8248	15,68%
AM-16	0,0001	3,9000	3,8999	0,00%	4,1256	1,3850	-2,7407	33,57%	0,0315	0,0289	-0,0026	109,03%	3,0532	0,0995	-2,9537	3,26%
AM-17	0,0001	7,5000	7,4999	0,00%	3,0529	0,0869	-2,9661	2,85%	0,4864	0,0144	-0,4720	2,96%	34,1164	0,3935	-33,7229	1,15%
AM-8	0,0001	13,8000	13,7999	0,00%	4,1783	2,3987	-1,7796	57,41%	0,0092	0,0094	0,0002	97,97%	1,5282	0,6954	-0,8328	45,51%
M-1-1	0,0001	13,4000	13,3999	0,00%	4,1862	1,5843	-2,6019	37,85%	0,0059	0,0075	0,0016	78,09%	1,3005	0,8871	-0,6135	52,83%
M-2-6	0,0001	7,1600	7,1599	0,00%	4,1969	1,5992	-2,5978	38,10%	0,0013	0,0040	0,0027	32,52%	0,9890	0,0879	-0,9011	8,88%
M-4-8	0,0001	11,9000	11,8999	0,00%	4,1954	1,6492	-2,5462	39,31%	0,0020	0,0061	0,0042	31,83%	1,0334	0,1266	-0,9068	12,25%
M-7-6	0,0001	3,0600	3,0599	0,00%	3,7703	1,2460	-2,5243	33,05%	0,1822	0,0199	-0,1623	10,92%	13,3445	12,1172	-1,2272	90,80%
I-5-5	0,0001	11,8000	11,7999	0,00%	4,1728	4,1100	-0,0629	101,53%	0,0115	0,0143	0,0027	80,78%	1,6873	3,6851	1,9979	45,79%
I-4-18	0,0001	9,7300	9,7299	0,00%	4,1843	1,9311	-2,2532	46,15%	0,0067	0,0043	-0,0024	63,96%	1,3545	0,8182	-0,5362	60,41%
I-6-12	0,0001	10,9000	10,8999	0,00%	4,1851	2,7656	-1,4195	66,08%	0,0063	0,0123	0,0060	51,45%	1,3310	0,9140	-0,4170	145,63%

Muestra	Cl^-		Ca^{2+}				Mg^{2+}				B^{3+}			
6/8/95	Real	% de Mezcla	Teórico	Real	ΔCa^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔMg^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔB^{3+}	IS
AM-12	608,8842	1,13	22,3303	63,3730	41,0427	35,24%	118,7911	111,9144	-6,8767	106,14%	1,4258	0,1315	-1,2944	9,22%
AM-13	369,7163	0,69	14,6134	35,1795	20,5661	41,54%	72,8169	78,4224	5,6055	92,85%	0,9511	0,1991	-0,7520	20,93%
AM-14	13,6057	0,02	3,1238	0,5589	-2,5649	17,89%	4,3661	3,1682	-1,1980	72,56%	0,2442	0,0126	-0,2316	5,18%
AM-16	22,1897	0,04	3,4008	0,4042	-2,9966	11,89%	6,0161	4,2626	-1,7535	70,85%	0,2613	0,0289	-0,2323	11,07%
AM-17	322,1117	0,60	13,0775	15,7185	2,6410	83,20%	63,6664	61,7257	-1,9407	103,14%	0,8566	0,0144	-0,8422	1,68%
AM-8	7,4649	0,01	2,9257	5,1896	2,2639	56,38%	3,1858	1,4648	-1,7210	45,98%	0,2320	0,0094	-0,2226	4,05%
M-1-1	5,2674	0,01	2,8548	2,2904	-0,5644	80,23%	2,7634	1,9914	-0,7720	72,06%	0,2277	0,0075	-0,2202	3,30%
M-2-6	2,2591	0,00	2,7577	1,5319	-1,2258	55,55%	2,1851	1,0698	-1,1154	48,96%	0,2217	0,0040	-0,2177	1,81%
M-4-8	2,6876	0,00	2,7715	1,9311	-0,8404	69,68%	2,2675	0,7900	-1,4775	34,84%	0,2226	0,0061	-0,2164	2,76%
M-7-6	121,5541	0,22	6,6067	11,0279	4,4212	59,91%	25,1157	27,2380	2,1223	92,21%	0,4585	0,0199	-0,4386	4,34%
I-5-5	9,0012	0,01	2,9752	6,2375	3,2623	47,70%	3,4811	3,8265	0,3454	90,97%	0,2351	0,0143	-0,2208	6,07%
I-4-18	5,7878	0,01	2,8716	3,7325	0,8610	129,98%	2,8634	1,8680	-0,9954	65,24%	0,2287	0,0043	-0,2245	1,86%
I-6-12	5,5616	0,01	2,8643	3,3932	0,5289	118,47%	2,8199	1,9009	-0,9190	148,35%	0,2283	0,0123	-0,2160	5,38%

Cuadro 10. Cálculo de los Δiónicos correspondientes a la 4ª campaña de muestreo

Muestra	Li^+				K^+				Na^+				Sr^{2+}			
3/11/95	Teórico	Real	ΔLi^+	IS	Teórico	Real	ΔK^+	IS	Teórico	Real	ΔNa^+	IS	Teórico	Real	ΔSr^{2+}	IS
AM-12	0,0113	0,0461	0,0348	24,54%	10,9971	1,0385	-9,9586	9,44%	519,6435	435,0000	-84,6435	83,71%	0,3382	0,2717	-0,0665	80,33%
AM-13	0,0069	0,0259	0,0190	26,71%	6,7428	1,7215	-5,0213	25,53%	318,9614	274,9200	-44,0414	86,19%	0,2109	0,1107	-0,1002	52,50%
AM-14	0,0002	0,0014	0,0012	14,44%	0,2317	0,1919	-0,0398	82,81%	11,8227	9,5265	-2,2962	80,58%	0,0160	0,0025	-0,0135	15,66%
AM-16	0,0004	0,0029	0,0025	14,31%	0,4296	0,2302	-0,1994	53,59%	21,1608	19,1400	-2,0208	90,45%	0,0220	0,0007	-0,0213	3,12%
AM-17	0,0064	0,0173	0,0109	36,89%	6,2113	0,4374	-5,7739	7,04%	293,8914	261,0000	-32,8914	88,81%	0,1950	0,0810	-0,1139	41,56%
AM-8	0,0001	0,0014	0,0014	5,89%	0,1122	0,0895	-0,0227	79,80%	6,1871	3,0450	-3,1421	49,22%	0,0125	0,0057	-0,0068	45,81%
M-1-1	0,0000	0,0014	0,0014	3,25%	0,0753	0,0895	0,0142	84,12%	4,4474	2,6100	-1,8374	58,69%	0,0114	0,0039	-0,0075	34,18%
M-2-6	0,0000	0,0014	0,0014	0,50%	0,0370	0,0512	0,0141	72,37%	2,6413	0,9570	-1,6843	36,23%	0,0102	0,0025	-0,0077	24,60%
M-4-8	0,0000	0,0014	0,0014	1,31%	0,0482	0,0409	-0,0073	84,85%	3,1701	1,5225	-1,6476	48,03%	0,0105	0,0043	-0,0062	41,13%
M-7-6	0,0021	0,0101	0,0080	20,72%	2,0548	1,5195	-0,5353	73,95%	97,8223	87,0000	-10,8223	88,94%	0,0706	0,0434	-0,0272	61,44%
I-5-5	0,0001	0,0014	0,0013	10,14%	0,1716	0,2174	0,0458	78,94%	8,9916	7,0470	-1,9446	78,37%	0,0142	0,0114	-0,0028	80,17%
I-4-18	0,0001	0,0014	0,0014	4,28%	0,0897	0,0307	-0,0590	34,21%	5,1271	2,3055	-2,8216	44,97%	0,0118	0,0057	-0,0061	48,42%
I-6-12	0,0000	0,0029	0,0028	1,59%	0,0743	0,0512	-0,0231	68,87%	4,3991	3,3930	-1,0061	77,13%	0,0113	0,0057	-0,0056	50,40%

Muestra	SiO_2				HCO_3^-				Br^-				$SO_4^{=}$			
3/11/95	Teórico	Real	ΔSiO_2	IS	Teórico	Real	ΔHCO_3^-	IS	Teórico	Real	ΔBr^-	IS	Teórico	Real	$\Delta SO_4^{=}$	IS
AM-12	0,0001	3,4500	3,4499	0,00%	2,0383	0,1998	-1,8385	9,80%	0,9168	0,1778	-0,7390	19,39%	63,4997	21,8610	-41,6387	34,43%
AM-13	0,0001	5,3000	5,2999	0,00%	2,8768	0,2147	-2,6621	7,46%	0,5611	0,2116	-0,3495	37,71%	39,2163	13,4934	-25,7228	34,41%
AM-14	0,0001	2,2700	2,2699	0,00%	4,1603	1,3089	-2,8513	31,46%	0,0169	0,0091	-0,0077	54,22%	2,0511	0,5563	-1,4948	27,12%
AM-16	0,0001	0,9000	0,8999	0,01%	4,1212	1,4512	-2,6701	35,21%	0,0334	0,0369	0,0035	90,45%	3,1810	0,1447	-3,0363	4,55%
AM-17	0,0001	14,8000	14,7999	0,00%	2,9816	0,3498	-2,6318	11,73%	0,5167	0,0451	-0,4716	8,72%	36,1827	0,9431	-35,2395	2,61%
AM-8	0,0001	14,3000	14,2999	0,00%	4,1838	2,1350	-2,0488	51,03%	0,0069	0,0071	0,0003	96,28%	1,3691	0,5955	-0,7737	43,49%
M-1-1	0,0001	1,2700	1,2699	0,01%	4,1911	1,4489	-2,7422	34,57%	0,0038	0,0054	0,0016	70,36%	1,1586	0,4747	-0,6839	40,97%
M-2-6	0,0001	4,9000	4,8999	0,00%	4,1986	1,2907	-2,9079	30,74%	0,0006	0,0018	0,0012	33,50%	0,9401	0,0937	-0,8464	9,97%
M-4-8	0,0001	9,3200	9,3199	0,00%	4,1964	1,6072	-2,5892	38,30%	0,0015	0,0043	0,0027	35,81%	1,0041	0,1541	-0,8500	15,34%
M-7-6	0,0001	4,2000	4,1999	0,00%	3,8009	1,0965	-2,7044	28,85%	0,1693	0,0470	-0,1223	27,74%	12,4574	11,5967	-0,8607	93,09%
I-5-5	0,0001	12,0000	11,9999	0,00%	4,1721	4,4274	0,2554	94,23%	0,0118	0,0140	0,0022	84,44%	1,7085	3,5394	1,8309	48,27%
I-4-18	0,0001	12,3000	12,2999	0,00%	4,1882	1,6082	-2,5800	38,40%	0,0050	0,0034	-0,0016	67,71%	1,2409	0,8994	-0,3415	72,48%
I-6-12	0,0001	8,3900	8,3899	0,00%	4,1913	2,1684	-2,0229	51,74%	0,0037	0,0075	0,0038	49,28%	1,1528	3,8142	2,6614	30,22%

Muestra	Cl^-		Ca^{2+}				Mg^{2+}				B^{3+}			
3/11/95	Real	% de Mezcla	Teórico	Real	ΔCa^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔMg^{2+}	IS	Teórico	Real	ΔB^{3+}	IS
AM-12	605,8140	112,89%	22,2309	59,8800	37,6491	37,13%	118,1990	131,6640	13,4650	89,77%	1,4197	0,1778	-1,2419	12,52%
AM-13	371,3519	69,10%	14,6662	30,4390	15,7728	48,18%	73,1313	79,4099	6,2786	92,09%	0,9543	0,2116	-0,7427	22,17%
AM-14	12,5140	2,08%	3,0886	1,2176	-1,8710	39,42%	4,1563	3,2834	-0,8729	79,00%	0,2421	0,0091	-0,2329	3,78%
AM-16	23,4239	4,11%	3,4406	0,5739	-2,8667	16,68%	6,2534	5,0938	-1,1596	81,46%	0,2637	0,0369	-0,2268	14,01%
AM-17	342,0620	63,63%	13,7212	16,9660	3,2448	80,87%	67,5013	69,1236	1,6223	97,65%	0,8962	0,0451	-0,8511	5,03%
AM-8	5,9297	0,85%	2,8761	3,5180	0,6418	81,76%	2,8907	1,8104	-1,0803	62,63%	0,2290	0,0071	-0,2219	3,12%
M-1-1	3,8972	0,47%	2,8106	1,7565	-1,0541	62,50%	2,5000	1,2261	-1,2739	49,04%	0,2250	0,0054	-0,2196	2,39%
M-2-6	1,7871	0,07%	2,7425	1,2076	-1,5349	44,03%	2,0944	0,7653	-1,3291	36,54%	0,2208	0,0018	-0,2190	0,79%
M-4-8	2,4049	0,19%	2,7624	1,6118	-1,1507	58,35%	2,2132	0,8476	-1,3656	38,30%	0,2220	0,0043	-0,2177	1,92%
M-7-6	112,9895	20,84%	6,3303	8,1337	1,8034	77,83%	23,4695	29,0484	5,5789	80,79%	0,4415	0,0470	-0,3945	10,63%
I-5-5	9,2063	1,46%	2,9819	6,2026	3,2207	48,07%	3,5205	3,7607	0,2401	93,61%	0,2355	0,0140	-0,2215	5,95%
I-4-18	4,6913	0,61%	2,8362	2,7345	-0,1017	96,42%	2,6527	2,0161	-0,6365	76,00%	0,2265	0,0034	-0,2232	1,49%
I-6-12	3,8408	0,46%	2,8087	2,7944	-0,0143	99,49%	2,4892	3,4726	0,9835	71,68%	0,2248	0,0075	-0,2173	3,34%

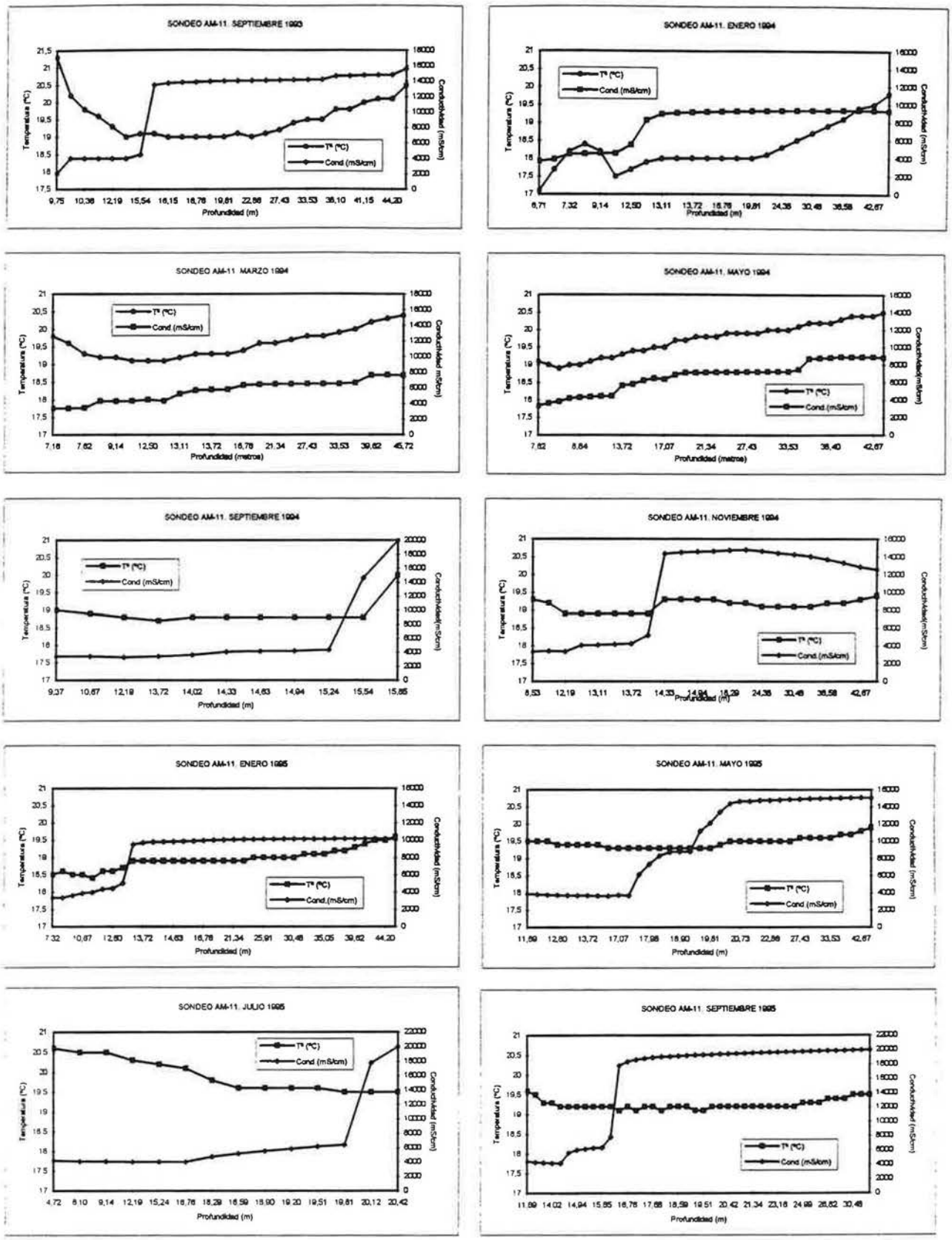


Figura 1. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-11

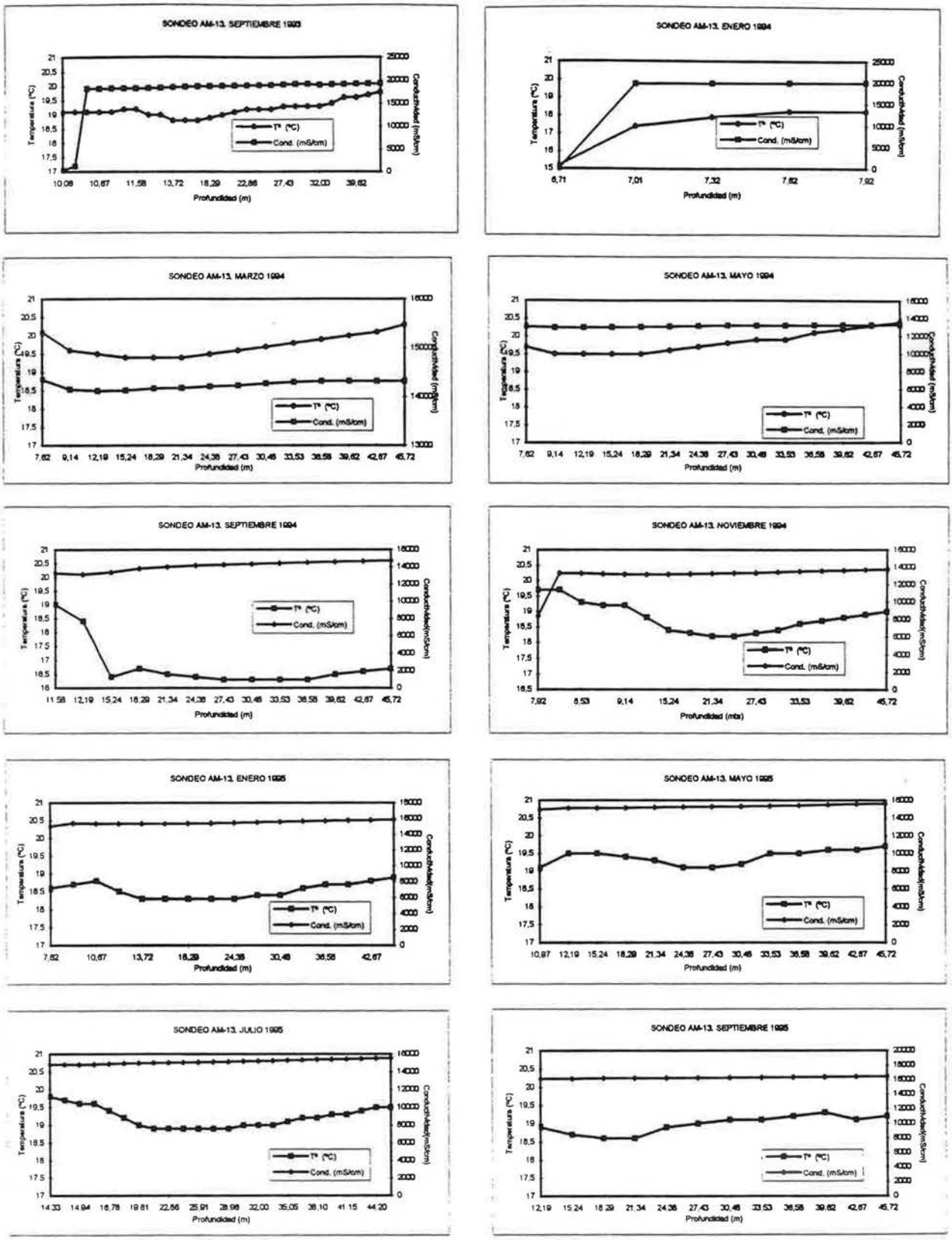


Figura 2. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-13

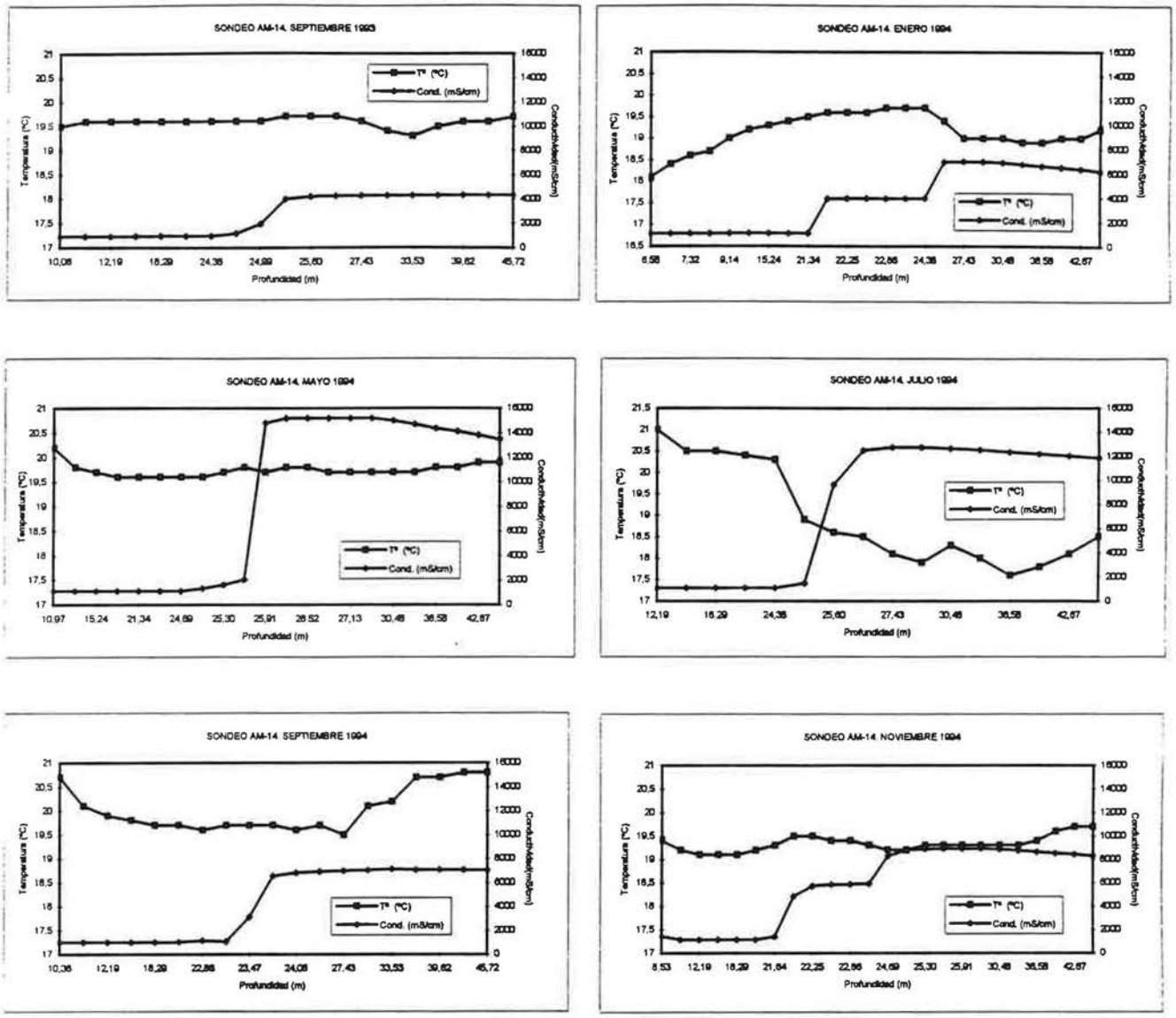


Figura 3. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-14

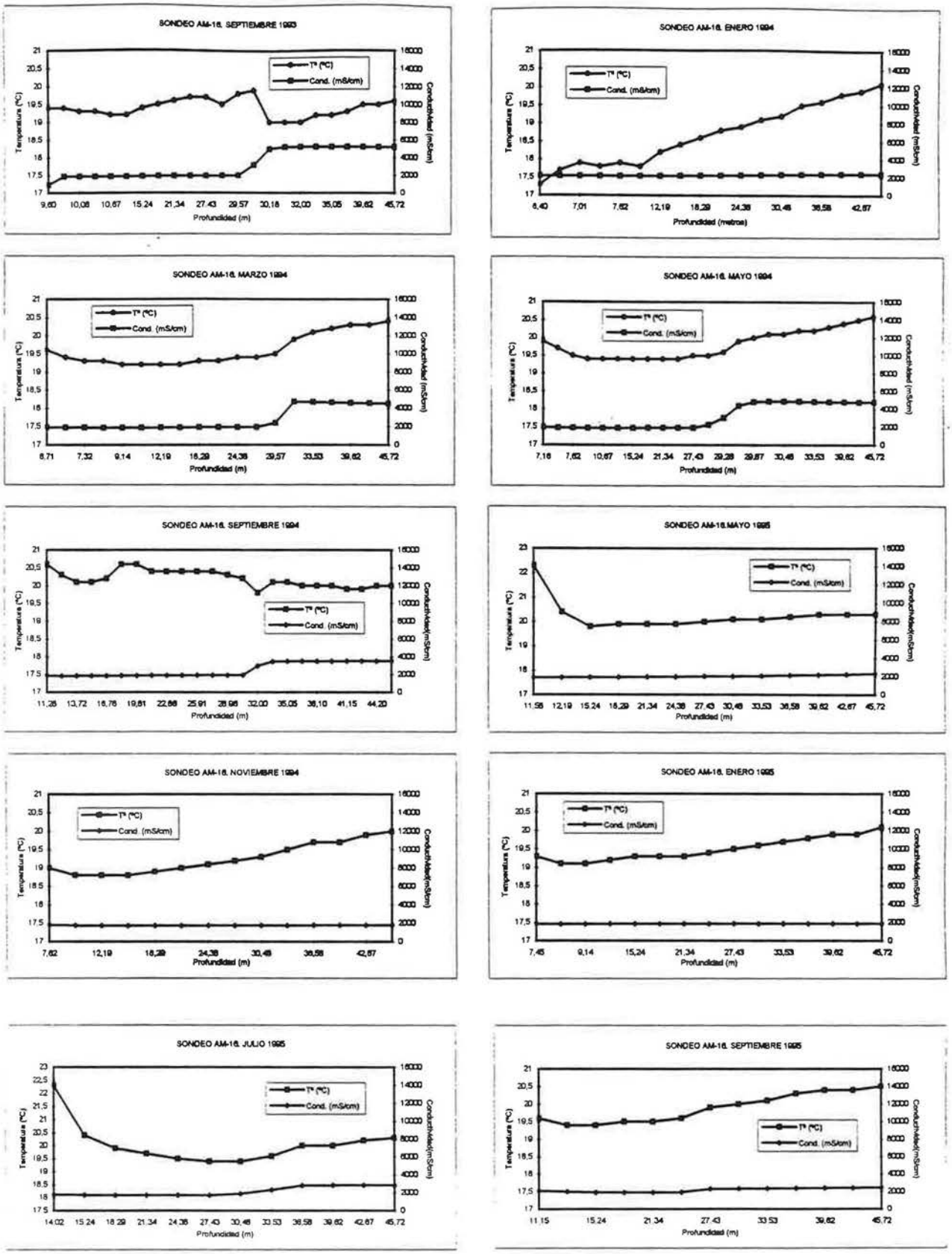


Figura 4. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-16

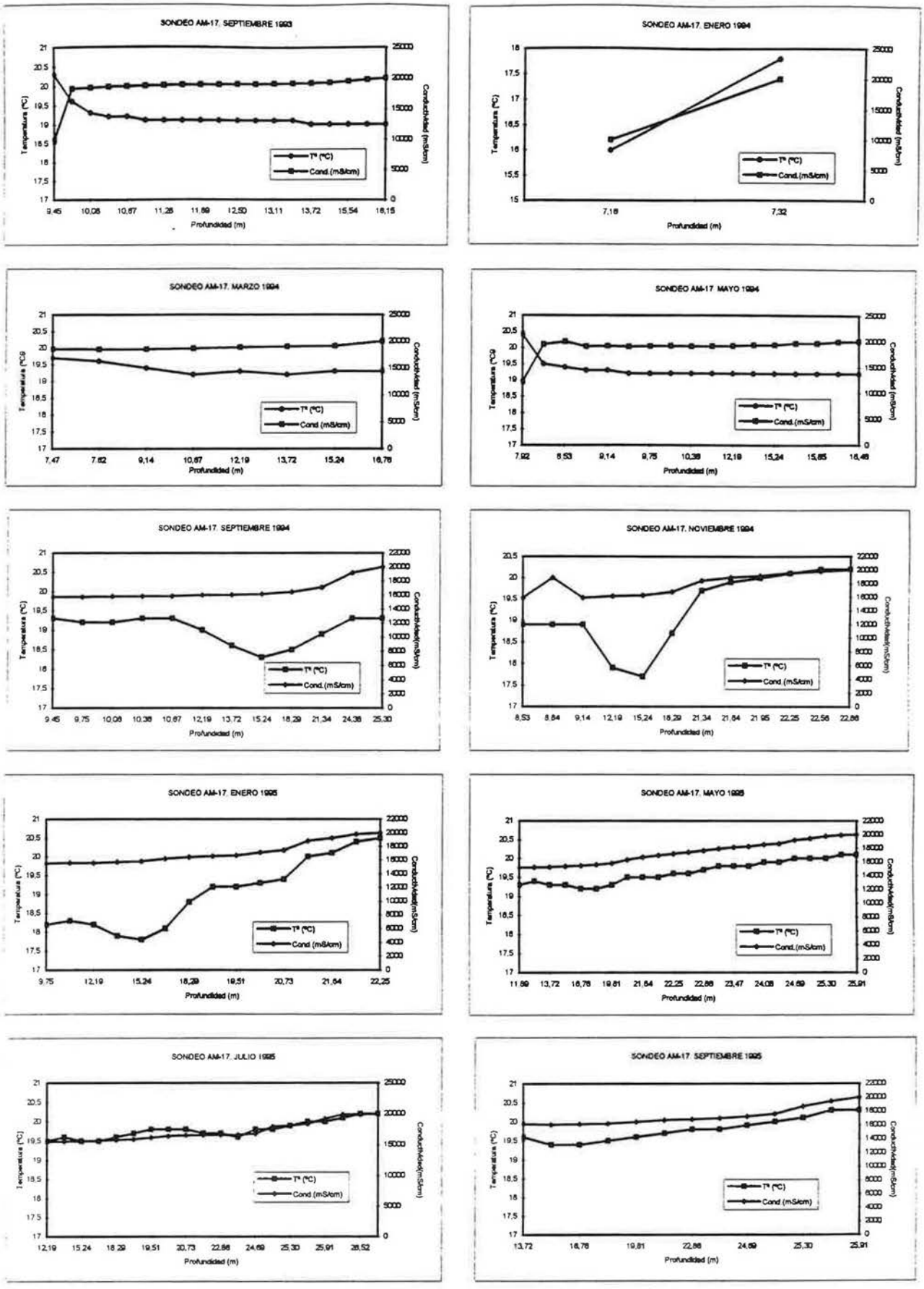


Figura 5. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo AM-17

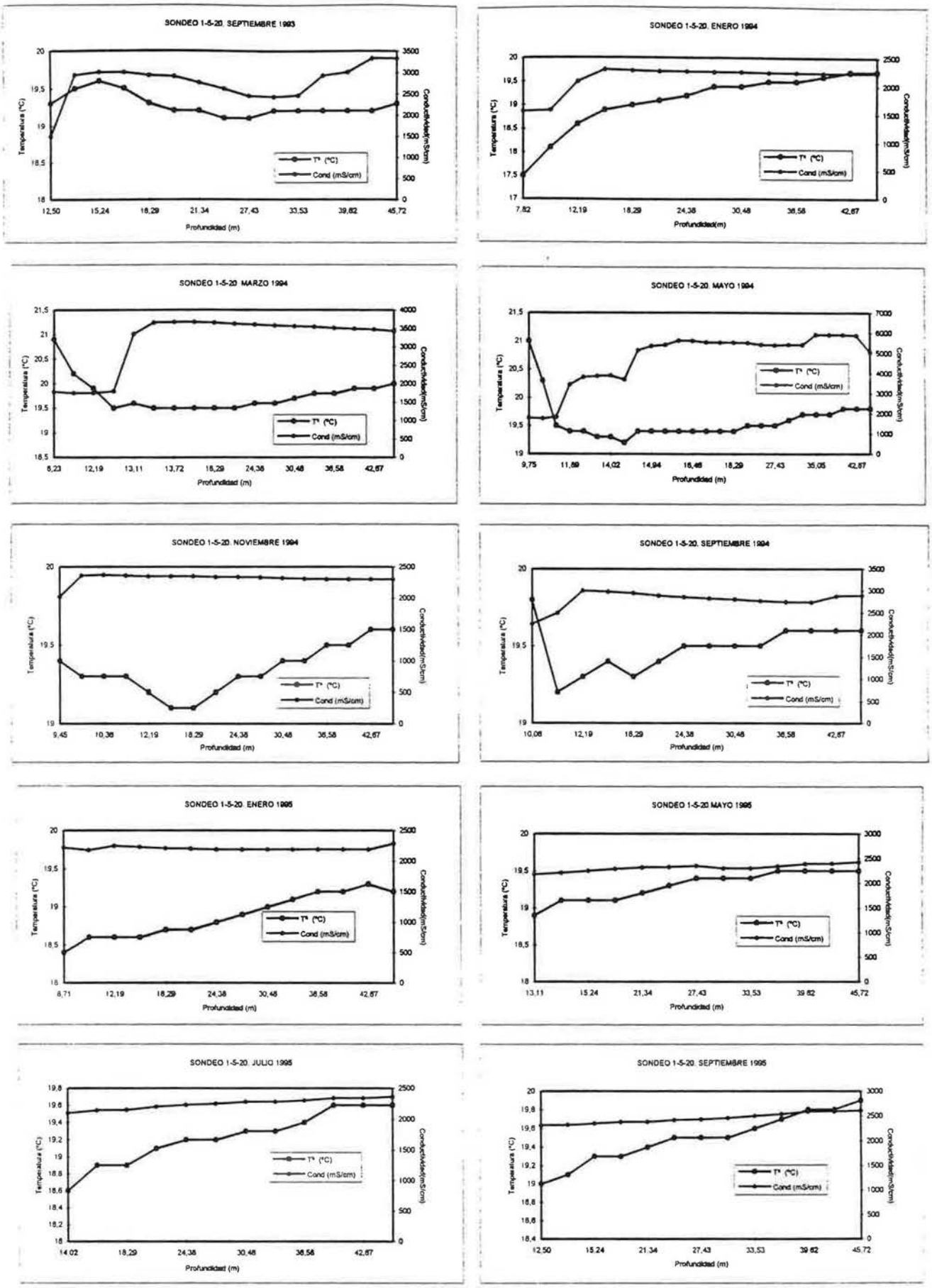


Figura 6. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo 1-5-20

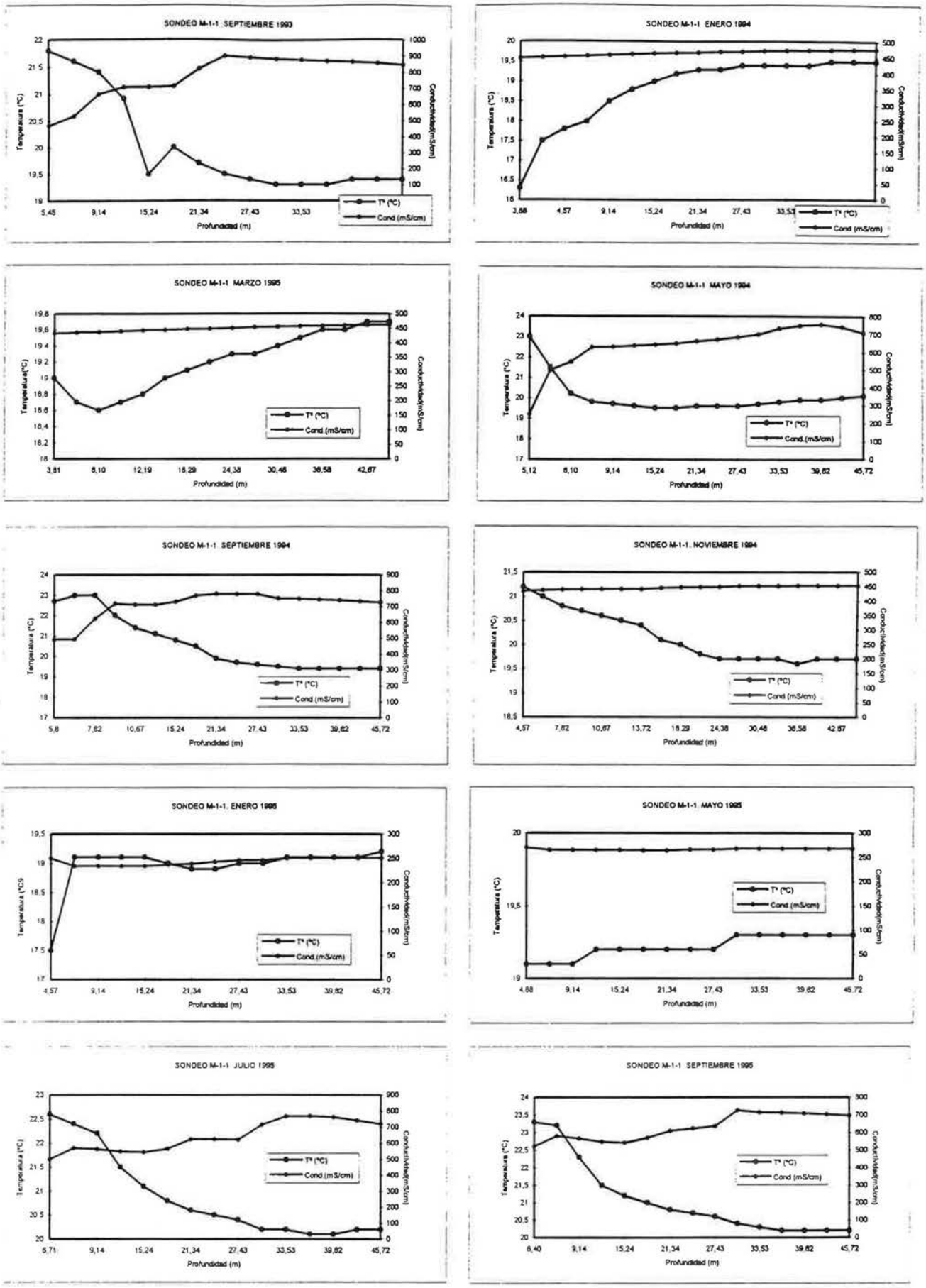


Figura 7. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-1-1

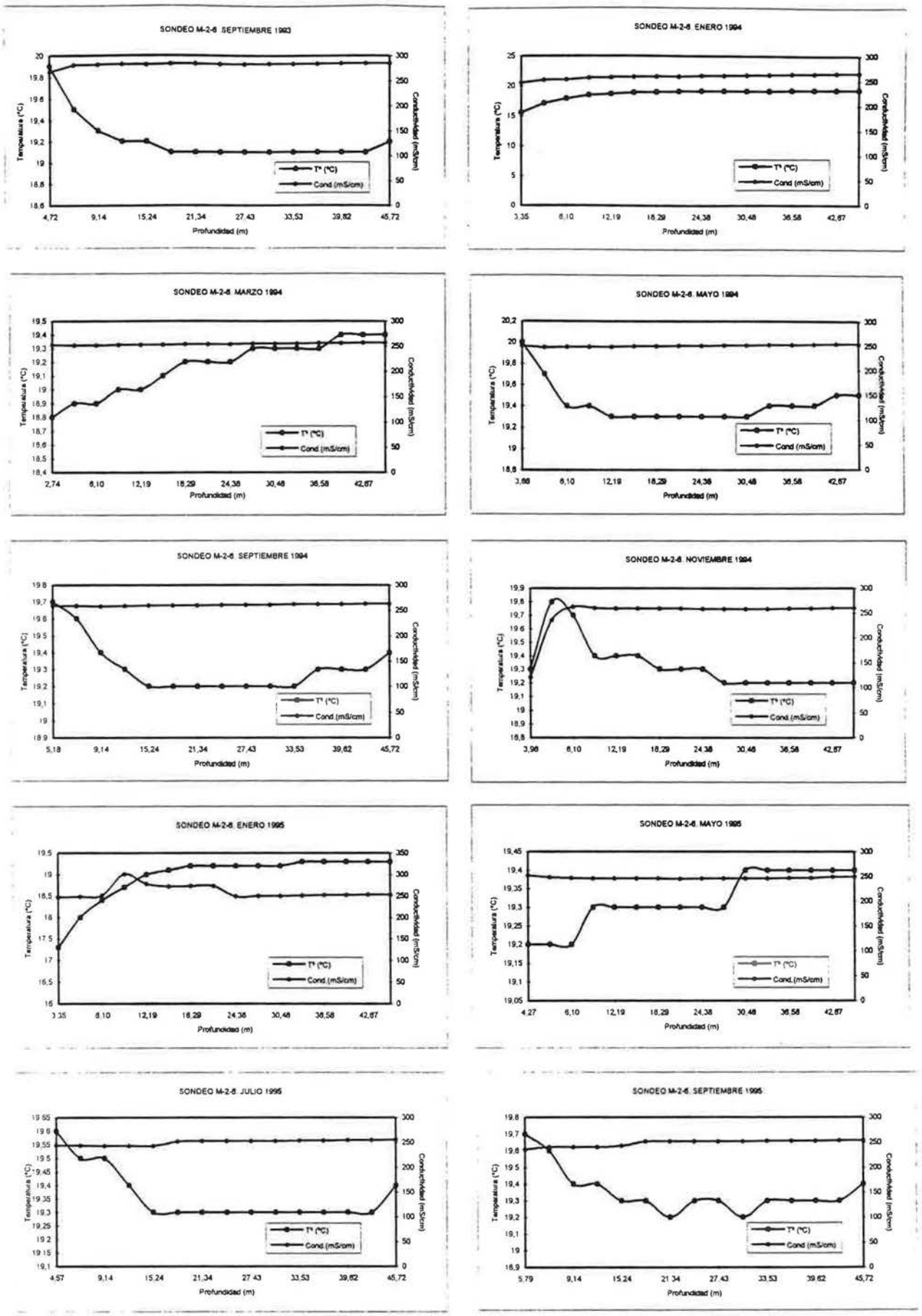


Figura 8. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-2-6

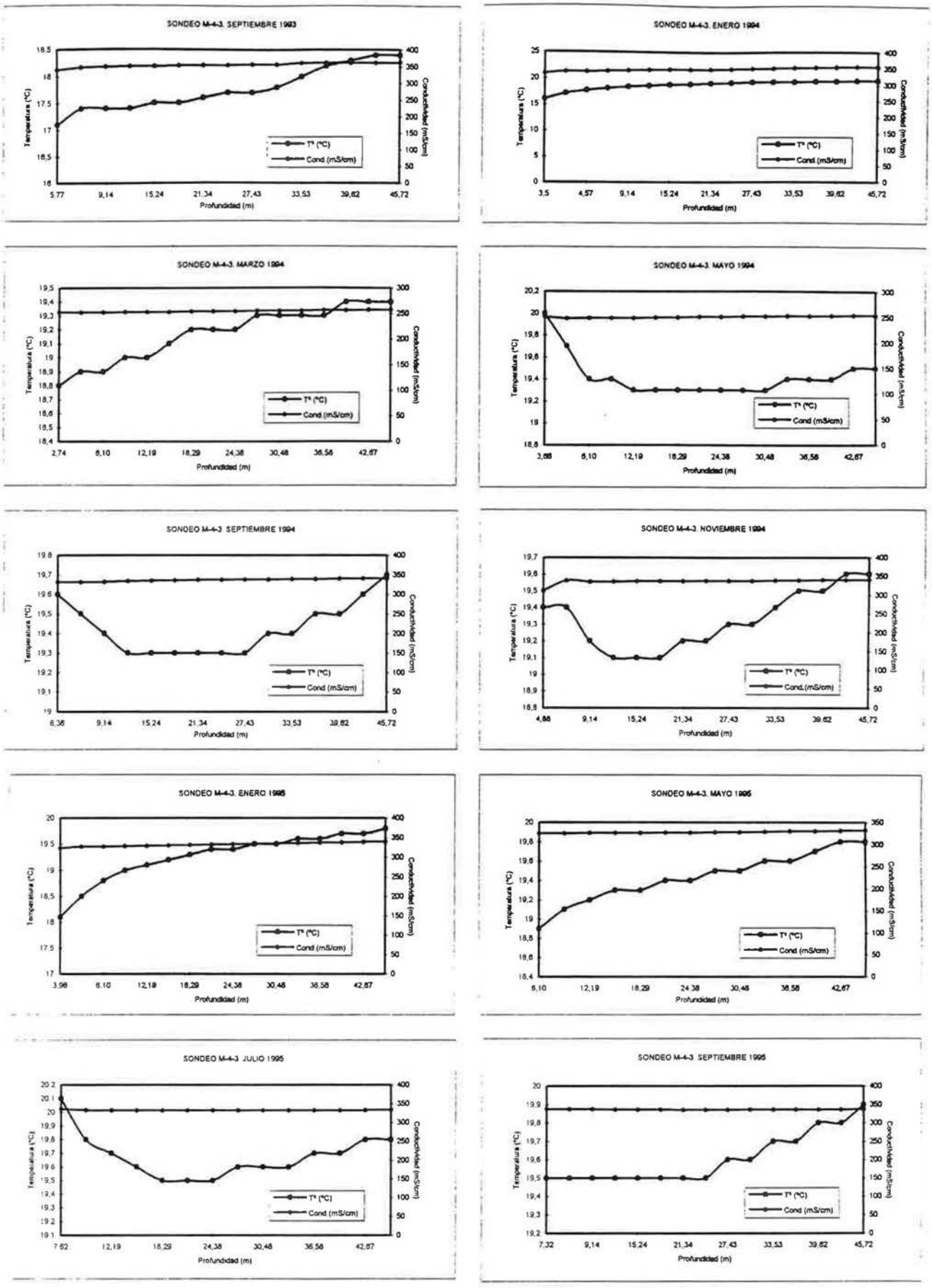


Figura 9. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-4-3

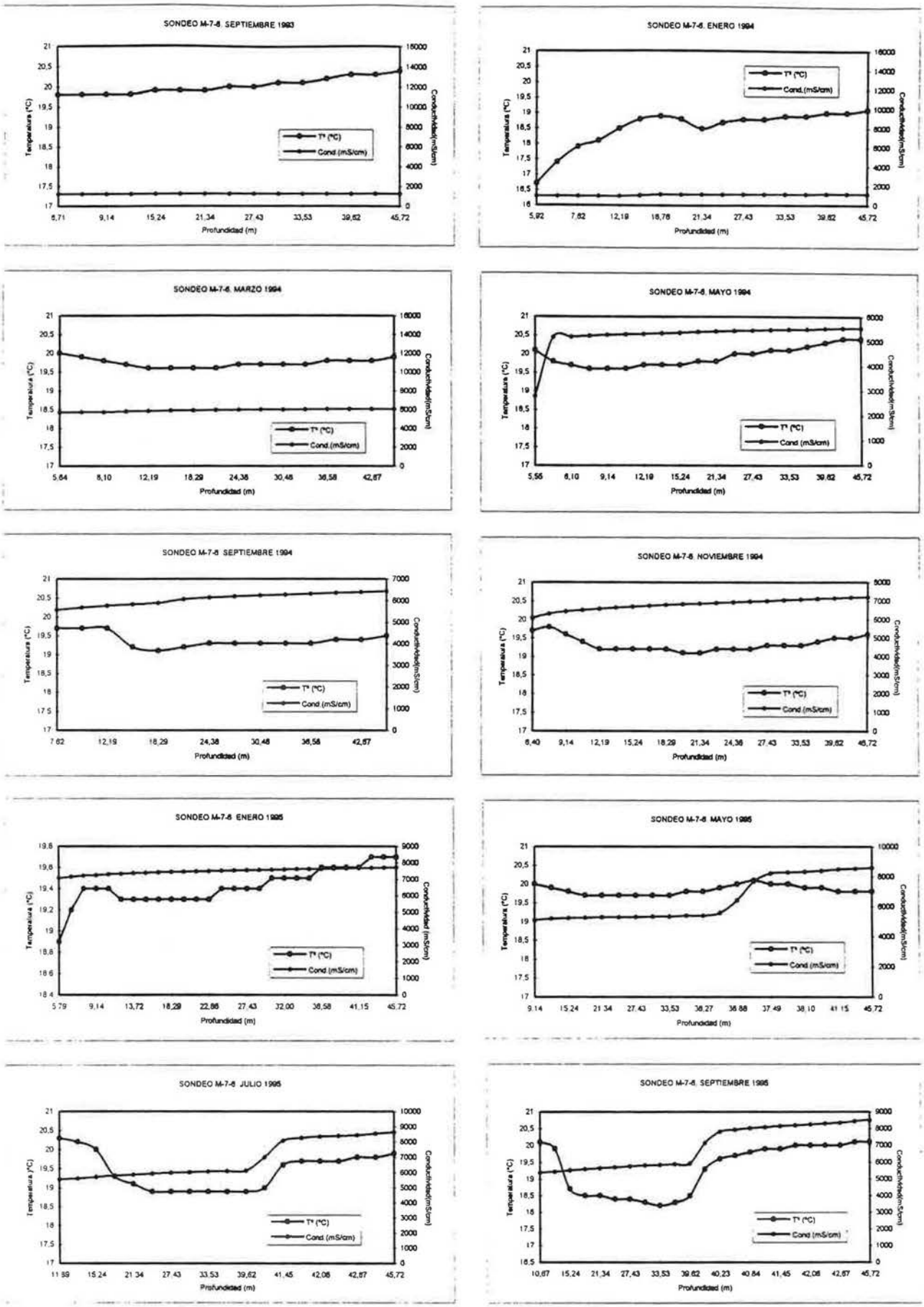
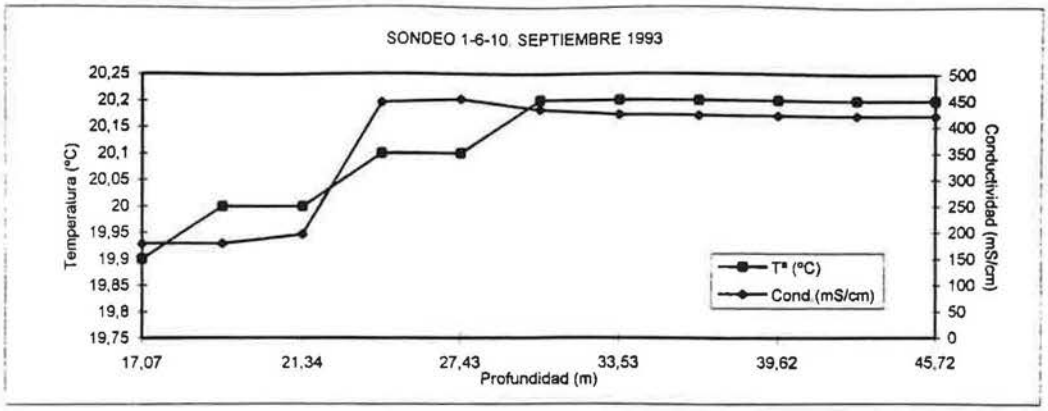
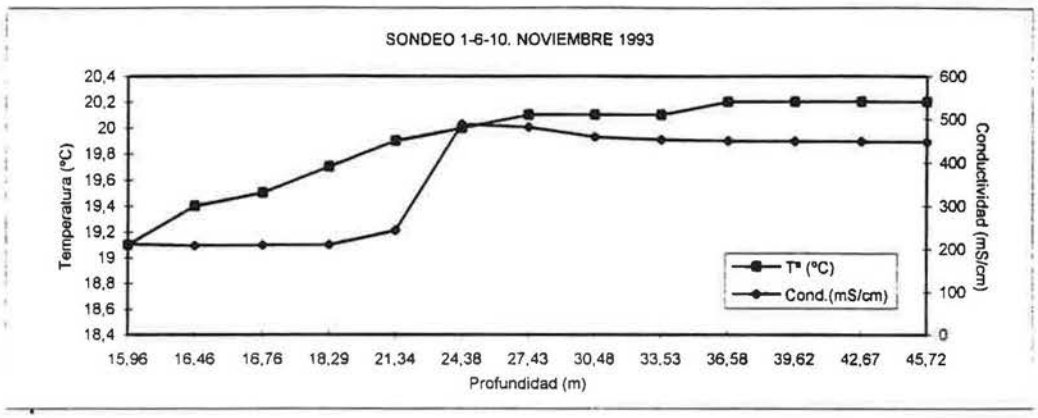
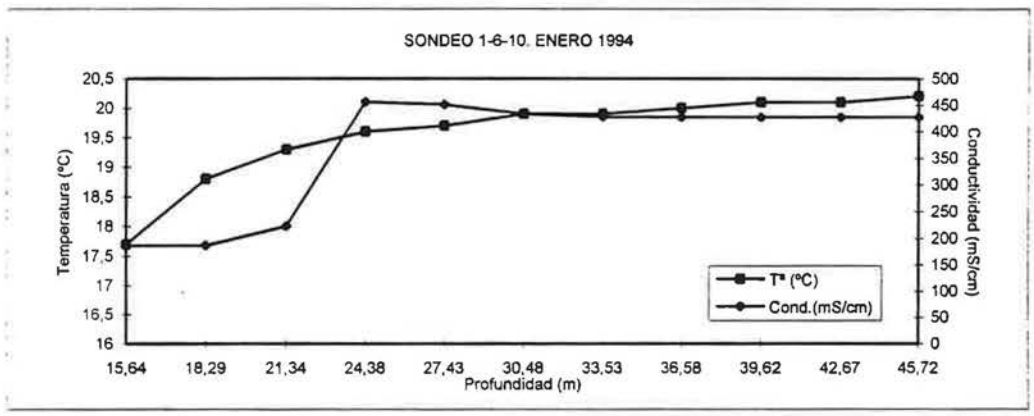


Figura 10. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo M-7-6







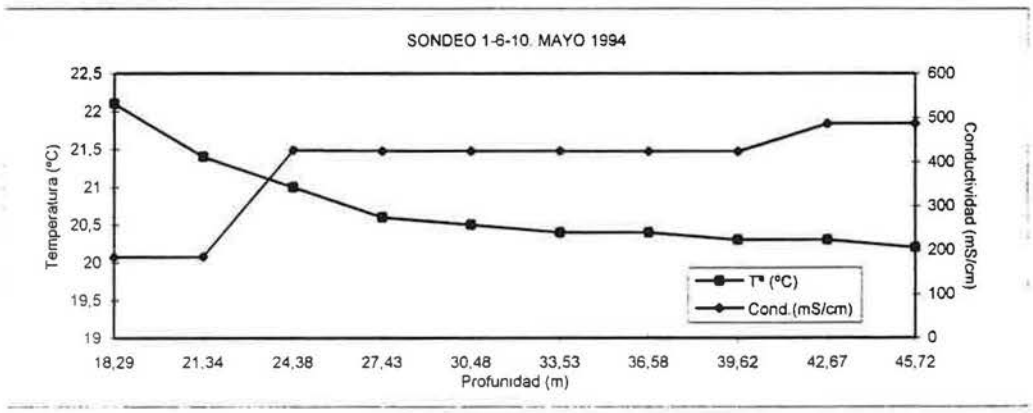


Figura 11. Registro vertical de conductividad-temperatura. Sondeo 1-6-10

ANEXO 5

INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU UTILIZACIÓN PARA RIEGO (PROGRAMA AGUAS)

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM--12
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.5

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	1,010.000	50.399	Cloruros ...	%22,868.000	644.896
Magnesio ...	1,550.000	127.467	Sulfatos ...	1,655.000	34.458
Sodio	%11,520.000	500.870	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	216.000	5.524	Bicarbonatos	9.250	0.152
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.300	0.361	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	%14,297.300	684.621	Suma .....:	%24,532.250	679.505

Relacion CE/Suma cationes .: 29.213

Relacion CE/Suma aniones ..: 29.433

INTERPRETACION

P.H. .....: Acido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 53.112 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 499.253
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.074
Relación de Sodio .....: 0.738
CSR (Indice Eaton) .....: -177.715 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 891.100 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.089 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.395 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.

Cuadro 1. Sondeo AM-12, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-12
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.1

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	1,150.000	57.385	Cloruros ...	%21,765.000	613.790
Magnesio ...	1,690.000	138.980	Sulfatos ...	1,370.000	28.524
Sodio	%10,200.000	443.478	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	214.000	5.473	Bicarbonatos	9.150	0.150
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	2.000	0.556	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	%13,256.000	645.872	Suma .....:	%23,144.150	642.464

Relacion CE/Suma cationes .: 30.966

Relacion CE/Suma aniones ..: 31.130

INTERPRETACION

P.H. .....:	Ligeramente alcalino
C.E. .....:	Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	%12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....:	7.200
SAR .....:	44.756 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	420.710
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.090
Relación de Sodio .....:	0.693
CSR (Indice Eaton) .....:	-196.215 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	983.780 Agua muy dura.
Indice de Scott .....:	0.094 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	S4
	Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....:	Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....:	0.413 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 2. Sondeo AM-12, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-12
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	1,270.000	63.373
Magnesio ...	1,360.000	111.842
Sodio	%10,500.000	456.522
Potasio	133.000	3.402
NH4+	0.000	0.000
Boro	1.900	0.528
Suma .....:	%13,264.900	635.666

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	%21,585.000	608.714
Sulfatos ...	1,290.000	26.858
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	9.800	0.161
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	%22,884.800	635.733

Relacion CE/Suma cationes .: 31.463

Relacion CE/Suma aniones ..: 31.460

INTERPRETACION

P.H. .....: Neutro
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 48.774 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 458.478
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.100
Relación de Sodio .....: 0.723
CSR (Indice Eaton) .....: -175.055 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 877.820 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.095 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.567 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 3. Sondeo AM-12, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-12
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.4

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	1,200.000	59.880	Cloruros ...	%21,475.000	605.612
Magnesio ...	1,600.000	131.579	Sulfatos ...	1,050.000	21.861
Sodio	%10,000.000	434.783	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	40.600	1.038	Bicarbonatos	12.190	0.200
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.870	0.519	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	%12,842.470	627.800	Suma .....:	%22,537.190	627.673

Relacion CE/Suma cationes .: 31.857

Relacion CE/Suma aniones ..: 31.864

INTERPRETACION

P.H. .....:	Acido
C.E. .....:	Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	%12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....:	7.200
SAR .....:	44.437 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	417.712
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.096
Relación de Sodio .....:	0.694
CSR (Indice Eaton) .....:	-191.259 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	959.200 Agua muy dura.
Indice de Scott .....:	0.095 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	S4
	Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....:	Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....:	0.455 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 4. Sondeo AM-12, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-13
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6060

C.E.(µmhos/cm): 15700

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	413.000	20.609
Magnesio ...	692.000	56.908
Sodio	5,200.000	226.087
Potasio	61.200	1.565
NH4+	0.000	0.000
Boro	1.200	0.333
Suma .....:	6,367.400	305.502

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	%10,236.000	288.663
Sulfatos ...	540.000	11.243
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	6.750	0.111
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	%10,782.750	300.017

Relacion CE/Suma cationes .: 51.391

Relacion CE/Suma aniones ..: 52.330

INTERPRETACION

P.H. .....: Muy alcalino
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %10,048.000
Presión Osmótica (atm) .....: 5.652
SAR .....: 36.316 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 341.366
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.068
Relación de Sodio .....: 0.745
CSR (Indice Eaton) .....: -77.406 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 388.354 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.199 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.362 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 5. Sondeo AM-13, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-13
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7 C.E.(µmhos/cm): 19100

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	513.000	25.599	Cloruros ...	%10,057.000	283.615
Magnesio ...	757.000	62.253	Sulfatos ...	598.000	12.451
Sodio	4,750.000	206.522	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	66.800	1.708	Bicarbonatos	6.100	0.100
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.200	0.333	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	6,088.000	296.416	Suma .....:	%10,661.100	296.166

Relacion CE/Suma cationes .: 64.437 Relacion CE/Suma aniones ..: 64.491

INTERPRETACION

P.H. .....: Neutro
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,224.000
Presión Osmótica (atm) .....: 6.876
SAR .....: 31.161 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 292.909
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.087
Relación de Sodio .....: 0.702
CSR (Indice Eaton) .....: -87.752 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 440.134 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.203 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.411 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 6. Sondeo AM-13, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-13
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.5

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	705.000	35.180	Cloruros ...	%13,106.000	369.600
Magnesio ...	953.000	78.372	Sulfatos ...	659.000	13.721
Sodio	6,320.000	274.783	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	69.100	1.767	Bicarbonatos	12.500	0.205
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.300	0.361	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	8,048.400	390.462	Suma .....:	%13,777.500	383.525

Relacion CE/Suma cationes .: 51.221

Relacion CE/Suma aniones ..: 52.148

INTERPRETACION

P.H. .....: Acido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 36.468 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 342.796
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.091
Relación de Sodio .....: 0.708
CSR (Indice Eaton) .....: -113.346 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 568.886 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.156 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.449 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 7. Sondeo AM-13, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-13
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.7 C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	610.000	30.439	Cloruros ...	%13,164.000	371.235
Magnesio ...	965.000	79.359	Sulfatos ...	648.100	13.494
Sodio	6,320.000	274.783	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	67.300	1.721	Bicarbonatos	13.100	0.215
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.260	0.350	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	7,963.560	386.652	Suma .....:	%13,825.200	384.944

Relacion CE/Suma cationes .: 51.726 Relacion CE/Suma aniones ..: 51.956

INTERPRETACION

P.H. .....:	Ligeramente ácido
C.E. .....:	Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	%12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....:	7.200
SAR .....:	37.086 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	348.606
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.079
Relación de Sodio .....:	0.714
CSR (Indice Eaton) .....:	-109.583 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	550.080 Agua muy dura.
Indice de Scott .....:	0.155 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	S4
	Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....:	Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....:	0.384 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 8. Sondeo AM-13, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-14
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.3

C.E.(µmhos/cm): 1100

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	8.060	0.402	Cloruros ...	487.300	13.742
Magnesio ...	36.100	2.969	Sulfatos ...	1.500	0.031
Sodio	263.000	11.435	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	8.290	0.212	Bicarbonatos	82.560	1.353
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.450	0.403	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	316.900	15.421	Suma .....:	571.360	15.127

Relacion CE/Suma cationes .: 71.333

Relacion CE/Suma aniones ..: 72.718

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	704.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.396
SAR .....:	8.808 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	32.589
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.027
Relación de Sodio .....:	0.772
CSR (Indice Eaton) .....:	-2.018 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	16.888 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....:	4.186 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3A S2
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con medio contenido en Sodio, riesgos en suelos arcillosos con C.I.C. elevado y con drenaje dificil usar en suelos arenosos y bien drenados.
Normas H.Greene .....:	Agua regular.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de admisible a dudosa.
Relación Ca/Mg .....:	0.135 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 9. Sondeo AM-14, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-14
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.4 C.E.(µmhos/cm): 1300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	10.300	0.514	Cloruros ...	446.000	12.578
Magnesio ...	37.900	3.117	Sulfatos ...	1.660	0.035
Sodio	222.000	9.652	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	8.950	0.229	Bicarbonatos	79.470	1.303
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.500	0.417	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	280.650	13.928	Suma .....:	527.130	13.915

Relacion CE/Suma cationes .: 93.334 Relacion CE/Suma aniones ..: 93.425

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 832.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.468
SAR .....: 7.164 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 26.506
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.039
Relación de Sodio .....: 0.727
CSR (Indice Eaton) .....: -2.328 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 18.190 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....: 4.574 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S2
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con medio contenido en Sodio, riesgos en suelos arcillosos con C.I.C. elevado y con drenaje dificil usar en suelos arenosos y bien drenados.
Normas H.Greene .....: Agua regular.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de admisible a dudosa.
Relación Ca/Mg .....: 0.165 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 10. Sondeo AM-14, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-14
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9

C.E.(µmhos/cm): 1200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	11.200	0.559	Cloruros ...	483.000	13.621
Magnesio ...	38.500	3.166	Sulfatos ...	16.300	0.339
Sodio	256.000	11.130	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	7.990	0.204	Bicarbonatos	83.560	1.370
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.300	0.361	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	314.990	15.421	Suma .....:	582.860	15.330

Relacion CE/Suma cationes .: 77.816

Relacion CE/Suma aniones ..: 78.277

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 768.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.432
SAR .....: 8.156 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 30.176
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.038
Relación de Sodio .....: 0.749
CSR (Indice Eaton) .....: -2.355 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 18.662 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....: 4.224 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S2
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con medio contenido en Sodio, riesgos en suelos arcillosos con C.I.C. elevado y con drenaje dificil usar en suelos arenosos y bien drenados.
Normas H.Greene .....: Agua regular.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de admisible a dudosa.
Relación Ca/Mg .....: 0.177 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 11. Sondeo AM-14, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-14
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.7 C.E.(µmhos/cm): 1500

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	24.400	1.218	Cloruros ...	444.000	12.521
Magnesio ...	39.900	3.281	Sulfatos ...	26.720	0.556
Sodio	219.000	9.522	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	7.500	0.192	Bicarbonatos	79.860	1.309
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.280	0.356	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	292.080	14.568	Suma .....:	550.580	14.387

Relacion CE/Suma cationes .: 102.966 Relacion CE/Suma aniones ..: 104.263

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	960.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.540
SAR .....:	6.349 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	23.490
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema creciente de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.087
Relación de Sodio .....:	0.679
CSR (Indice Eaton) .....:	-3.190 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	22.539 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....:	4.595 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3A S2
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con medio contenido en Sodio, riesgos en suelos arcillosos con C.I.C. elevado y con drenaje dificil usar en suelos arenosos y bien drenados.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de admisible a dudosa.
Relación Ca/Mg .....:	0.371 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 12. Sondeo AM-14, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-16
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9 C.E.(µmhos/cm): 1900

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	7.250	0.362	Cloruros ...	808.000	22.786
Magnesio ...	56.900	4.679	Sulfatos ...	3.200	0.067
Sodio	433.000	18.826	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	11.300	0.289	Bicarbonatos	86.240	1.414
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.900	0.250	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	509.350	24.406	Suma .....:	897.440	24.267

Relacion CE/Suma cationes .: 77.849 Relacion CE/Suma aniones ..: 78.297

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	1,216.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.684
SAR .....:	11.858 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	47.432
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.015
Relación de Sodio .....:	0.789
CSR (Indice Eaton) .....:	-3.627 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	25.255 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....:	2.525 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3B S3
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con alto contenido en Sodio, alta proporción de Sodio intercambiable. Uso solo en suelos bien lavados, y con tecnicas especiales.
Normas H.Greene .....:	Agua regular.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de dudosa a no valida.
Relación Ca/Mg .....:	0.077 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 13. Sondeo AM-16, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-16
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9 C.E.(µmhos/cm): 2200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	7.130	0.356	Cloruros ...	757.000	21.348
Magnesio ...	56.100	4.613	Sulfatos ...	2.850	0.059
Sodio	406.000	17.652	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	13.600	0.348	Bicarbonatos	82.390	1.351
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.900	0.250	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	483.730	23.219	Suma .....:	842.240	22.758

Relacion CE/Suma cationes .: 94.749 Relacion CE/Suma aniones ..: 96.669

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 1,408.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.792
SAR .....: 11.199 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 44.795
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.016
Relación de Sodio .....: 0.780
CSR (Indice Eaton) .....: -3.619 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 24.896 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 2.695 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3B S3
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con alto contenido en Sodio, alta proporción de Sodio intercambiable. Uso solo en suelos bien lavados, y con tecnicas especiales.
Normas H.Greene .....: Agua regular.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de dudosa a no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.077 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 14. Sondeo AM-16, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-16
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9

C.E.(µmhos/cm): 1900

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	8.100	0.404
Magnesio ...	51.800	4.260
Sodio	429.000	18.652
Potasio	10.500	0.269
NH4+	0.000	0.000
Boro	1.000	0.278
Suma .....:	500.400	23.863

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	787.000	22.194
Sulfatos ...	4.780	0.100
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	84.500	1.385
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	876.280	23.679

Relacion CE/Suma cationes .: 79.623

Relacion CE/Suma aniones ..: 80.241

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 1,216.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.684
SAR .....: 12.214 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 48.856
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.017
Relación de Sodio .....: 0.800
CSR (Indice Eaton) .....: -3.279 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 23.367 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 2.592 Agua mediocre.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3B S3
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con alto contenido en Sodio, alta proporción de Sodio intercambiable. Uso solo en suelos bien lavados, y con tecnicas especiales.
Normas H.Greene .....: Agua regular.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de dudosa a no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.095 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 15. Sondeo AM-16, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-16
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.2

C.E.(µmhos/cm): 2200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	11.500	0.574	Cloruros ...	831.000	23.435
Magnesio ...	61.900	5.090	Sulfatos ...	6.950	0.145
Sodio	440.000	19.130	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	9.000	0.230	Bicarbonatos	88.540	1.451
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.980	0.272	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	523.380	25.297	Suma .....:	926.490	25.031

Relacion CE/Suma cationes .: 86.966

Relacion CE/Suma aniones ..: 87.891

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino

C.E. .....: Problema creciente de salinización

Sales totales (mg/l) .....: 1,408.000

Presión Osmótica (atm) .....: 0.792

SAR .....: 11.368 Riesgo de alcalinización

SAR ajustado .....: 45.470

Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.

Relación de Calcio .....: 0.023

Relación de Sodio .....: 0.772

CSR (Indice Eaton) .....: -4.213 Agua recomendable.

Dureza (Grados franceses) .....: 28.378 Agua medianamente dura.

Indice de Scott .....: 2.455 Agua mediocre.

Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3B S3
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con alto contenido en Sodio, alta proporción de Sodio intercambiable. Uso solo en suelos bien lavados, y con tecnicas especiales.

Normas H.Greene .....: Agua regular.

Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.

Normas Wilcox .....: Agua de dudosa a no valida.

Relación Ca/Mg .....: 0.113 Agua mala.

Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.

Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.

Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 16. Sondeo AM-16, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-17
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.4

C.E.(µmhos/cm): 18300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	225.000	11.228	Cloruros ...	%11,793.000	332.572
Magnesio ...	647.000	53.207	Sulfatos ...	14.350	0.299
Sodio	6,081.000	264.391	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	173.000	4.425	Bicarbonatos	17.120	0.281
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.350	0.375	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	7,127.350	333.626	Suma .....:	%11,824.470	333.151

Relacion CE/Suma cationes .: 54.852

Relacion CE/Suma aniones ..: 54.930

INTERPRETACION

P.H. .....: Acido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %11,712.000
Presión Osmótica (atm) .....: 6.588
SAR .....: 46.580 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 437.854
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.034
Relación de Sodio .....: 0.804
CSR (Indice Eaton) .....: -64.154 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 322.814 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.173 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.211 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 17. Sondeo AM-17, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-17
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.5

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	300.000	14.970	Cloruros ...	%11,064.000	312.014
Magnesio ...	702.000	57.730	Sulfatos ...	14.900	0.310
Sodio	5,480.000	238.261	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	170.000	4.348	Bicarbonatos	6.100	0.100
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.400	0.389	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	6,653.400	315.698	Suma .....:	%11,085.000	312.424

Relacion CE/Suma cationes .: 63.352

Relacion CE/Suma aniones ..: 64.016

INTERPRETACION

P.H. .....: Acido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 39.518 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 371.473
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.048
Relación de Sodio .....: 0.766
CSR (Indice Eaton) .....: -72.600 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 364.224 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.184 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.259 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 18. Sondeo AM-17, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-17
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.7

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	315.000	15.719	Cloruros ...	%11,419.000	322.025
Magnesio ...	750.100	61.686	Sulfatos ...	18.900	0.394
Sodio	5,600.000	243.478	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	45.100	1.153	Bicarbonatos	5.300	0.087
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.200	0.333	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	6,711.400	322.369	Suma .....:	%11,443.200	322.505

Relacion CE/Suma cationes .: 62.041

Relacion CE/Suma aniones ..: 62.015

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente ácido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 39.137 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 367.892
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.049
Relación de Sodio .....: 0.759
CSR (Indice Eaton) .....: -77.318 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 387.791 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.179 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.255 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 19. Sondeo AM-17, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: AM-17
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6

C.E.(µmhos/cm): 20000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	340.000	16.966	Cloruros ...	%12,126.000	341.963
Magnesio ...	840.000	69.079	Sulfatos ...	45.300	0.943
Sodio	6,000.000	260.870	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	17.100	0.437	Bicarbonatos	21.340	0.350
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.250	0.347	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	7,198.350	347.699	Suma .....:	%12,192.640	343.256

Relacion CE/Suma cationes .: 57.521

Relacion CE/Suma aniones ..: 58.266

INTERPRETACION

P.H. .....: Acido
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: %12,800.000
Presión Osmótica (atm) .....: 7.200
SAR .....: 39.772 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 373.855
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.049
Relación de Sodio .....: 0.752
CSR (Indice Eaton) .....: -85.695 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 431.080 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.168 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.246 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 20. Sondeo AM-17, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: I-5-5
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.5

C.E.(µmhos/cm): 1300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	118.500	5.913	Cloruros ...	315.500	8.897
Magnesio ...	84.900	6.982	Sulfatos ...	30.200	0.629
Sodio	4.200	0.183	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	12.300	0.315	Bicarbonatos	235.400	3.859
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.850	0.236	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	220.750	13.628	Suma .....:	581.100	13.385

Relacion CE/Suma cationes .: 95.389

Relacion CE/Suma aniones ..: 97.123

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 832.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.468
SAR .....: 0.072 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 0.266
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.452
Relación de Sodio .....: 0.014
CSR (Indice Eaton) .....: -9.036 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 64.604 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 6.466 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 0.847 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 21. Sondeo 1-5-5, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-5-5
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.6 C.E.(µmhos/cm): 1800

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	110.200	5.499	Cloruros ...	309.000	8.714
Magnesio ...	85.400	7.023	Sulfatos ...	32.300	0.672
Sodio	4.030	0.175	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	10.400	0.266	Bicarbonatos	220.700	3.618
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.800	0.222	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	210.830	13.185	Suma .....:	562.000	13.005

Relacion CE/Suma cationes .: 136.514 Relacion CE/Suma aniones ..: 138.413

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 1,152.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.648
SAR .....: 0.070 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 0.259
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.433
Relación de Sodio .....: 0.014
CSR (Indice Eaton) .....: -8.904 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 62.735 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 6.602 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3B S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 0.783 Agua dudosa.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 22. Sondeo 1-5-5, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: I-5-5
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.3

C.E.(µmhos/cm): 1200

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	125.000	6.238
Magnesio ...	46.500	3.824
Sodio	151.000	6.565
Potasio	7.090	0.181
NH4+	0.000	0.000
Boro	0.700	0.194
Suma .....:	330.290	17.003

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	319.000	8.996
Sulfatos ...	177.000	3.685
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	250.700	4.110
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	746.700	16.791

Relacion CE/Suma cationes .: 70.578

Relacion CE/Suma aniones ..: 71.466

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 768.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.432
SAR .....: 2.927 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 10.830
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema creciente de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.375
Relación de Sodio .....: 0.395
CSR (Indice Eaton) .....: -5.952 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 50.408 Agua dura.
Indice de Scott .....: 6.395 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 1.631 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 23. Sondeo 1-5-5, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-5-5
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.5 C.E.(µmhos/cm): 1300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	124.300	6.203	Cloruros ...	326.000	9.193
Magnesio ...	45.700	3.758	Sulfatos ...	170.000	3.539
Sodio	162.000	7.043	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	8.500	0.217	Bicarbonatos	270.100	4.428
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.700	0.194	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	341.200	17.416	Suma .....:	766.100	17.161

Relacion CE/Suma cationes .: 74.643 Relacion CE/Suma aniones ..: 75.754

INTERPRETACION

P.H. .....:	Ligeramente alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	832.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.468
SAR .....:	3.156 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	11.678
	Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita problema creciente de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.365
Relación de Sodio .....:	0.414
CSR (Indice Eaton) .....:	-5.533 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	49.903 Agua dura.
Indice de Scott .....:	6.258 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3A S1
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....:	1.650 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 24. Sondeo 1-5-5, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-4-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 6.2 C.E.(µmhos/cm): 200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	28.900	1.442	Cloruros ...	77.260	2.179
Magnesio ...	6.340	0.521	Sulfatos ...	3.500	0.073
Sodio	38.500	1.674	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.350	0.060	Bicarbonatos	98.510	1.615
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.650	0.181	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	76.740	3.878	Suma .....:	179.270	3.867

Relacion CE/Suma cationes .: 51.572 Relacion CE/Suma aniones ..: 51.725

INTERPRETACION

P.H. .....:	Acido
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	128.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.072
SAR .....:	1.689 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	4.392
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.396
Relación de Sodio .....:	0.460
CSR (Indice Eaton) .....:	-0.349 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	9.837 Agua dulce.
Indice de Scott .....:	26.404 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C1 S1
	Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	2.766 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 25. Sondeo M-4-8, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-4-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.4 C.E.(µmhos/cm): 300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	30.600	1.527	Cloruros ...	71.000	2.002
Magnesio ...	6.620	0.544	Sulfatos ...	4.530	0.094
Sodio	36.300	1.578	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.580	0.066	Bicarbonatos	106.700	1.749
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.600	0.167	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	76.700	3.882	Suma .....:	182.230	3.846

Relacion CE/Suma cationes .: 77.274 Relacion CE/Suma aniones ..: 78.008

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	192.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.108
SAR .....:	1.551 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	4.032
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.418
Relación de Sodio .....:	0.432
CSR (Indice Eaton) .....:	-0.322 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	10.377 Agua dulce.
Indice de Scott .....:	28.732 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C2 S1
	Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	2.805 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 26. Sondeo M-4-8, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-4-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.2 C.E.(µmhos/cm): 300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	38.700	1.931	Cloruros ...	96.000	2.707
Magnesio ...	9.600	0.789	Sulfatos ...	6.080	0.127
Sodio	36.800	1.600	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	1.960	0.050	Bicarbonatos	100.600	1.649
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.600	0.167	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	87.660	4.537	Suma .....:	202.680	4.483

Relacion CE/Suma cationes .: 66.117 Relacion CE/Suma aniones ..: 66.919

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	192.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.108
SAR .....:	1.372 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	3.841
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.447
Relación de Sodio .....:	0.370
CSR (Indice Eaton) .....:	-1.071 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	13.630 Agua dulce.
Indice de Scott .....:	21.250 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C2 S1
	Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	2.446 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 27. Sondeo M-4-8, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-4-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.7 C.E.(µmhos/cm): 400

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	32.300	1.612	Cloruros ...	85.000	2.397
Magnesio ...	10.300	0.847	Sulfatos ...	7.400	0.154
Sodio	35.000	1.522	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	1.600	0.041	Bicarbonatos	98.060	1.608
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.590	0.164	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	79.790	4.185	Suma .....:	190.460	4.159

Relacion CE/Suma cationes .: 95.571 Relacion CE/Suma aniones ..: 96.184

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 256.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.144
SAR .....: 1.372 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 3.568
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.405
Relación de Sodio .....: 0.382
CSR (Indice Eaton) .....: -0.851 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 12.319 Agua dulce.
Indice de Scott .....: 24.000 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 1.903 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 28. Sondeo M-4-8, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.5 C.E.(µmhos/cm): 600

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	88.500	4.416	Cloruros ...	188.200	5.307
Magnesio ...	22.100	1.817	Sulfatos ...	32.000	0.666
Sodio	69.000	3.000	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	4.280	0.109	Bicarbonatos	219.500	3.598
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.900	0.250	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	184.780	9.593	Suma .....:	439.700	9.572

Relacion CE/Suma cationes .: 62.545 Relacion CE/Suma aniones ..: 62.683

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 384.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.216
SAR .....: 1.699 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 5.608
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.478
Relación de Sodio .....: 0.325
CSR (Indice Eaton) .....: -2.635 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 31.230 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 10.840 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 2.430 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 29. Sondeo AM-8, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8 C.E.(µmhos/cm): 900

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	102.000	5.090	Cloruros ...	199.000	5.612
Magnesio ...	18.800	1.546	Sulfatos ...	35.000	0.729
Sodio	72.400	3.148	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.630	0.067	Bicarbonatos	222.400	3.646
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.900	0.250	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	196.730	10.101	Suma .....:	456.400	9.987

Relacion CE/Suma cationes .: 89.100 Relacion CE/Suma aniones ..: 90.121

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	576.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.324
SAR .....:	1.728 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	5.703
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.520
Relación de Sodio .....:	0.322
CSR (Indice Eaton) .....:	-2.990 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	33.246 Agua dura.
Indice de Scott .....:	10.251 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3A S1
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....:	3.292 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 30. Sondeo AM-8, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9 C.E.(µmhos/cm): 900

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	104.000	5.190	Cloruros ...	265.000	7.473
Magnesio ...	17.800	1.464	Sulfatos ...	33.400	0.695
Sodio	86.000	3.739	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.220	0.057	Bicarbonatos	146.300	2.398
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.800	0.222	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	210.820	10.672	Suma .....:	444.700	10.567

Relacion CE/Suma cationes .: 84.336 Relacion CE/Suma aniones ..: 85.171

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 576.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.324
SAR .....: 2.050 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 6.765
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.499
Relación de Sodio .....: 0.360
CSR (Indice Eaton) .....: -4.255 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 33.334 Agua dura.
Indice de Scott .....: 7.698 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 3.545 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 31. Sondeo AM-8, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: AM-8
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.1 C.E.(µmhos/cm): 900

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	70.500	3.518	Cloruros ...	210.000	5.922
Magnesio ...	22.000	1.809	Sulfatos ...	28.600	0.595
Sodio	70.000	3.043	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	3.500	0.090	Bicarbonatos	130.200	2.134
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.750	0.208	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	166.750	8.669	Suma .....:	368.800	8.652

Relacion CE/Suma cationes .: 103.824 Relacion CE/Suma aniones ..: 104.022

INTERPRETACION

P.H. .....:	Ligeramente alcalino
C.E. .....:	Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	576.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.324
SAR .....:	1.865 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	5.967
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.420
Relación de Sodio .....:	0.364
CSR (Indice Eaton) .....:	-3.193 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	26.689 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....:	9.714 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C3A S1
	Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....:	1.944 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 32. Sondeo AM-8, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M--1-1
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9

C.E.(µmhos/cm): 500

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	33.100	1.652	Cloruros ...	158.200	4.461
Magnesio ...	12.200	1.003	Sulfatos ...	14.300	0.298
Sodio	84.500	3.674	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	6.430	0.164	Bicarbonatos	112.800	1.849
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.760	0.211	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	136.990	6.704	Suma .....:	285.300	6.608

Relacion CE/Suma cationes .: 74.577

Relacion CE/Suma aniones ..: 75.663

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino

C.E. .....: No hay problema de salinización

Sales totales (mg/l) .....: 320.000

Presión Osmótica (atm) .....: 0.180

SAR .....: 3.189 Sin riesgo de alcalinización

SAR ajustado .....: 9.566

Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema creciente de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.

Relación de Calcio .....: 0.261

Relación de Sodio .....: 0.580

CSR (Indice Eaton) .....: -0.806 Agua recomendable.

Dureza (Grados franceses) .....: 13.301 Agua dulce.

Indice de Scott .....: 12.895 Agua tolerable.

Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1

Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.

Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.

Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.

Relación Ca/Mg .....: 1.646 Agua buena.

Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.

Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.

Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 33. Sondeo M-1-1, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-1-1
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.6 C.E.(µmhos/cm): 400

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	44.600	2.226	Cloruros ...	125.000	3.525
Magnesio ...	11.400	0.938	Sulfatos ...	13.800	0.287
Sodio	44.500	1.935	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.990	0.076	Bicarbonatos	96.600	1.584
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.800	0.222	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	104.290	5.397	Suma .....:	235.400	5.396

Relacion CE/Suma cationes .: 74.122 Relacion CE/Suma aniones ..: 74.129

INTERPRETACION

P.H. .....: Muy alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 256.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.144
SAR .....: 1.538 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 4.308
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.437
Relación de Sodio .....: 0.380
CSR (Indice Eaton) .....: -1.579 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 15.847 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....: 16.320 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 2.374 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 34. Sondeo M-1-1, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-1-1
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.3 C.E.(µmhos/cm): 600

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	45.900	2.290	Cloruros ...	187.000	5.274
Magnesio ...	24.200	1.990	Sulfatos ...	33.000	0.687
Sodio	69.800	3.035	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.880	0.074	Bicarbonatos	96.600	1.584
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.800	0.222	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	143.580	7.611	Suma .....:	316.600	7.544

Relacion CE/Suma cationes .: 78.831 Relacion CE/Suma aniones ..: 79.531

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	384.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.216
SAR .....:	2.074 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	6.638
	Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.313
Relación de Sodio .....:	0.415
CSR (Indice Eaton) .....:	-2.697 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	21.445 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....:	10.909 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C2 S1
	Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	1.151 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 35. Sondeo M-1-1, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: M-1-1
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9

C.E.(µmhos/cm): 600

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	35.200	1.756
Magnesio ...	14.900	1.225
Sodio	60.000	2.609
Potasio	3.500	0.090
NH4+	0.000	0.000
Boro	0.770	0.214
Suma .....:	114.370	5.894

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	138.000	3.892
Sulfatos ...	22.800	0.475
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	88.400	1.449
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	249.200	5.816

Relacion CE/Suma cationes .: 101.800

Relacion CE/Suma aniones ..: 103.171

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 384.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.216
SAR .....: 2.136 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 6.409
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.314
Relación de Sodio .....: 0.467
CSR (Indice Eaton) .....: -1.533 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 14.939 Agua medianamente dulce.
Indice de Scott .....: 14.783 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 1.433 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 36. Sondeo M-1-1, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-2-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8 C.E.(µmhos/cm): 200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	29.520	1.473	Cloruros ...	73.000	2.059
Magnesio ...	6.520	0.536	Sulfatos ...	3.200	0.067
Sodio	26.300	1.143	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	5.430	0.139	Bicarbonatos	76.540	1.255
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.510	0.142	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	68.280	3.433	Suma .....:	152.740	3.380

Relacion CE/Suma cationes .: 58.254 Relacion CE/Suma aniones ..: 59.171

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 128.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.072
SAR .....: 1.141 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 2.852
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.467
Relación de Sodio .....: 0.363
CSR (Indice Eaton) .....: -0.754 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 10.066 Agua dulce.
Indice de Scott .....: 27.945 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C1 S1
Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 2.747 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 37. Sondeo M-2-6, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-2-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.7 C.E.(µmhos/cm): 200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	27.100	1.352	Cloruros ...	59.000	1.664
Magnesio ...	5.420	0.446	Sulfatos ...	4.100	0.085
Sodio	21.900	0.952	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.520	0.064	Bicarbonatos	72.300	1.185
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.500	0.139	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	57.440	2.954	Suma .....:	135.400	2.934

Relacion CE/Suma cationes .: 67.716 Relacion CE/Suma aniones ..: 68.156

INTERPRETACION

P.H. .....:	Muy alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	128.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.072
SAR .....:	1.004 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	2.511
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.492
Relación de Sodio .....:	0.346
CSR (Indice Eaton) .....:	-0.613 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	9.008 Agua dulce.
Indice de Scott .....:	34.576 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C1 S1
	Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	3.034 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 38. Sondeo M-2-6, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-2-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.3 C.E.(µmhos/cm): 200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	30.700	1.532	Cloruros ...	81.000	2.284
Magnesio ...	13.000	1.069	Sulfatos ...	4.220	0.088
Sodio	27.100	1.178	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.380	0.061	Bicarbonatos	97.570	1.600
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.600	0.167	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	73.780	4.007	Suma .....:	182.790	3.972

Relacion CE/Suma cationes .: 49.915 Relacion CE/Suma aniones ..: 50.357

INTERPRETACION

P.H. .....:	Alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	128.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.072
SAR .....:	1.033 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	2.686
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.405
Relación de Sodio .....:	0.312
CSR (Indice Eaton) .....:	-1.002 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	13.031 Agua dulce.
Indice de Scott .....:	25.185 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C1 S1
	Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	1.433 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 39. Sondeo M-2-6, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: M-2-6
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.9

C.E.(µmhos/cm): 250

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	24.200	1.208
Magnesio ...	9.300	0.765
Sodio	22.000	0.957
Potasio	2.000	0.051
NH4+	0.000	0.000
Boro	0.790	0.219
Suma .....:	58.290	3.200

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	63.000	1.777
Sulfatos ...	4.500	0.094
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	78.750	1.291
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	146.250	3.161

Relacion CE/Suma cationes .: 78.137

Relacion CE/Suma aniones ..: 79.081

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 160.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.090
SAR .....: 0.963 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 2.408
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.412
Relación de Sodio .....: 0.327
CSR (Indice Eaton) .....: -0.681 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 9.882 Agua dulce.
Indice de Scott .....: 32.381 Agua buena.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C1 S1
Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 1.579 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
No hay problemas en riegos de superficie.

Cuadro 40. Sondeo M-2-6, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: M-7-6
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.4

C.E.(µmhos/cm): 8200

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	232.500	11.602
Magnesio ...	324.500	26.686
Sodio	2,210.000	96.087
Potasio	78.600	2.010
NH4+	0.000	0.000
Boro	1.700	0.472
Suma .....:	2,847.300	136.857

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	4,148.000	116.977
Sulfatos ...	840.000	17.489
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	67.480	1.106
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	5,055.480	135.572

Relacion CE/Suma cationes .: 59.917

Relacion CE/Suma aniones ..: 60.484

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 5,248.000
Presión Osmótica (atm) .....: 2.952
SAR .....: 21.961 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 206.432
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.086
Relación de Sodio .....: 0.715
CSR (Indice Eaton) .....: -37.181 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 191.819 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.492 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.435 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 41. Sondeo M-7-6, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-7-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.4 C.E.(µmhos/cm): 12600

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	260.000	12.974	Cloruros ...	5,243.000	147.857
Magnesio ...	447.000	36.760	Sulfatos ...	955.000	19.883
Sodio	2,690.000	116.957	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	80.600	2.061	Bicarbonatos	73.100	1.198
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.600	0.444	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	3,479.200	169.196	Suma .....:	6,271.100	168.939

Relacion CE/Suma cationes .: 74.470 Relacion CE/Suma aniones ..: 74.583

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 8,064.000
Presión Osmótica (atm) .....: 4.536
SAR .....: 23.454 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 220.466
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.078
Relación de Sodio .....: 0.702
CSR (Indice Eaton) .....: -48.536 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 249.164 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.389 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.353 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 42. Sondeo M-7-6, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-7-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 8.1 C.E.(µmhos/cm): 8100

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	221.000	11.028	Cloruros ...	4,309.000	121.517
Magnesio ...	331.000	27.220	Sulfatos ...	582.000	12.117
Sodio	2,200.000	95.652	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	64.000	1.637	Bicarbonatos	76.020	1.246
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.700	0.472	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	2,817.700	136.010	Suma .....:	4,967.020	134.881

Relacion CE/Suma cationes .: 59.555 Relacion CE/Suma aniones ..: 60.053

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 5,184.000
Presión Osmótica (atm) .....: 2.916
SAR .....: 21.873 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 205.604
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.082
Relación de Sodio .....: 0.714
CSR (Indice Eaton) .....: -37.002 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 191.622 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.473 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.405 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 43. Sondeo M-7-6, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: M-7-6
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.6 C.E.(µmhos/cm): 10000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	163.000	8.134	Cloruros ...	4,005.000	112.944
Magnesio ...	353.000	29.030	Sulfatos ...	557.000	11.597
Sodio	2,000.000	86.957	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	59.400	1.519	Bicarbonatos	66.900	1.097
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.710	0.475	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	2,577.110	126.114	Suma .....:	4,628.900	125.638

Relacion CE/Suma cationes .: 79.293 Relacion CE/Suma aniones ..: 79.594

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema grave de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 6,400.000
Presión Osmótica (atm) .....: 3.600
SAR .....: 20.173 Riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 189.622
Para Montmorillonita problema grave de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita problema grave de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos problema grave de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.066
Relación de Sodio .....: 0.701
CSR (Indice Eaton) .....: -36.067 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 186.186 Agua muy dura.
Indice de Scott .....: 0.509 Agua mala.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: S4

Aguas con muy alto contenido en Sodio, impropias para riego. Solo cuando C.I.C. sea adecuada, contenido muy bajo en Cloruros y con tecnicas especiales, se puede utilizar.
Normas H.Greene .....: Agua mala calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua no valida.
Relación Ca/Mg .....: 0.280 Agua mala.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema Grave.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Grave problema en riego por superficie.

Cuadro 44. Sondeo M-7-6, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-4-18
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.3 C.E.(µmhos/cm): 1300

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	84.600	4.222	Cloruros ...	183.700	5.180
Magnesio ...	16.400	1.349	Sulfatos ...	78.700	1.639
Sodio	68.300	2.970	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	3.650	0.093	Bicarbonatos	115.400	1.892
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.850	0.236	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	173.800	8.869	Suma .....:	377.800	8.711

Relacion CE/Suma cationes .: 146.574 Relacion CE/Suma aniones ..: 149.239

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 832.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.468
SAR .....: 1.779 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 5.872
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.494
Relación de Sodio .....: 0.348
CSR (Indice Eaton) .....: -3.678 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 27.907 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 11.105 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 3.130 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 45. Sondeo 1-4-18, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-4-18
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.4 C.E.(µmhos/cm): 1100

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	80.400	4.012	Cloruros ...	169.000	4.766
Magnesio ...	12.200	1.003	Sulfatos ...	76.500	1.593
Sodio	64.400	2.800	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	3.140	0.080	Bicarbonatos	109.700	1.798
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	1.000	0.278	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	161.140	8.173	Suma .....:	355.200	8.157

Relacion CE/Suma cationes .: 134.584 Relacion CE/Suma aniones ..: 134.853

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 704.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.396
SAR .....: 1.768 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 5.658
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.513
Relación de Sodio .....: 0.358
CSR (Indice Eaton) .....: -3.217 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 25.126 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 12.071 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 3.999 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 46. Sondeo 1-4-18, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-4-18
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.5 C.E.(µmhos/cm): 700

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	74.800	3.733	Cloruros ...	206.000	5.809
Magnesio ...	22.700	1.867	Sulfatos ...	39.300	0.818
Sodio	62.600	2.722	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	1.480	0.038	Bicarbonatos	117.800	1.931
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.800	0.222	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	162.380	8.581	Suma .....:	363.100	8.559

Relacion CE/Suma cationes .: 81.574 Relacion CE/Suma aniones ..: 81.788

INTERPRETACION

P.H. .....:	Ligeramente alcalino
C.E. .....:	No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....:	448.000
Presión Osmótica (atm) .....:	0.252
SAR .....:	1.627 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....:	5.205
	Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
	Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
	Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....:	0.449
Relación de Sodio .....:	0.327
CSR (Indice Eaton) .....:	-3.668 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....:	28.052 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....:	9.903 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .:	C2 S1
	Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.
	Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Normas H.Greene .....:	Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....:	Agua dudosa.
Normas Wilcox .....:	Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....:	1.999 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....:	Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....:	Sin problemas en riego por aspersión.
	Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 47. Sondeo 1-4-18, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-4-18
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7 C.E.(µmhos/cm): 700

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	54.800	2.735	Cloruros ...	166.000	4.681
Magnesio ...	24.500	2.015	Sulfatos ...	43.200	0.899
Sodio	53.000	2.304	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	1.200	0.031	Bicarbonatos	98.120	1.609
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.760	0.211	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	134.260	7.295	Suma .....:	307.320	7.189

Relacion CE/Suma cationes .: 95.950 Relacion CE/Suma aniones ..: 97.367

INTERPRETACION

P.H. .....: Neutro
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 448.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.252
SAR .....: 1.495 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 4.785
Para Montmorillonita no hay problema de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.388
Relación de Sodio .....: 0.327
CSR (Indice Eaton) .....: -3.141 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 23.794 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 12.289 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 1.357 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Sin problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 48. Sondeo 1-4-18, 03-11-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 26.11.94

AGRICULTOR	FINCA
Nombre ....:	Nombre ....: I-6-12
Domicilio .:	Municipio .: PND
Municipio .:	Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.5 C.E.(µmhos/cm): 800

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	81.200	4.052	Cloruros ...	216.200	6.097
Magnesio ...	30.200	2.484	Sulfatos ...	46.800	0.974
Sodio	79.740	3.467	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	3.910	0.100	Bicarbonatos	194.200	3.184
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.660	0.183	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	195.710	10.286	Suma .....:	457.200	10.255

Relacion CE/Suma cationes .: 77.778 Relacion CE/Suma aniones ..: 78.011

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 512.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.288
SAR .....: 1.918 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 6.329
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.405
Relación de Sodio .....: 0.347
CSR (Indice Eaton) .....: -3.352 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 32.742 Agua dura.
Indice de Scott .....: 9.436 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 1.631 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 49. Sondeo 1-6-12, 26-11-94

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 30.04.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: I-6-12
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.6

C.E.(µmhos/cm): 1200

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	75.300	3.757	Cloruros ...	192.000	5.415
Magnesio ...	26.900	2.212	Sulfatos ...	44.100	0.918
Sodio	73.700	3.204	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.260	0.058	Bicarbonatos	184.600	3.026
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.600	0.167	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	178.760	9.398	Suma .....:	420.700	9.359

Relacion CE/Suma cationes .: 127.680

Relacion CE/Suma aniones ..: 128.219

INTERPRETACION

P.H. .....: Alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 768.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.432
SAR .....: 1.855 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 6.121
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.410
Relación de Sodio .....: 0.349
CSR (Indice Eaton) .....: -2.943 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 29.908 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 10.625 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 1.699 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 50. Sondeo 1-6-12, 30-04-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 06.08.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: I-6-12
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.4

C.E.(µmhos/cm): 700

CATIONES	mg/l	meq/l
Calcio	68.000	3.393
Magnesio ...	23.100	1.900
Sodio	87.100	3.787
Potasio	1.780	0.046
NH4+	0.000	0.000
Boro	0.500	0.139
Suma .....:	180.480	9.264

ANIONES	mg/l	meq/l
Cloruros ...	198.000	5.584
Sulfatos ...	43.900	0.914
Carbonatos .	0.000	0.000
Bicarbonatos	168.700	2.766
NO3-	0.000	0.000
NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	410.600	9.263

Relacion CE/Suma cationes .: 75.559

Relacion CE/Suma aniones ..: 75.567

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: No hay problema de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 448.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.252
SAR .....: 2.328 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 7.682
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.374
Relación de Sodio .....: 0.417
CSR (Indice Eaton) .....: -2.527 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 26.517 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 10.303 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C2 S1
Salinidad media, solo se resentiran los cultivos muy sensibles y puede emplearse con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de excelente a buena.
Relación Ca/Mg .....: 1.786 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: Problema creciente.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 51. Sondeo 1-6-12, 06-08-95

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

Análisis Nº: 0 Fecha ...: 03.11.95

AGRICULTOR

Nombre ....:
Domicilio .:
Municipio .:

FINCA

Nombre ....: I-6-12
Municipio .: PND
Cultivo ...:

RESULTADOS ANALITICOS

PH .....: 7.1

C.E.(µmhos/cm): 1000

CATIONES	mg/l	meq/l	ANIONES	mg/l	meq/l
Calcio	56.000	2.794	Cloruros ...	136.000	3.835
Magnesio ...	42.200	3.470	Sulfatos ...	183.200	3.814
Sodio	78.000	3.391	Carbonatos .	0.000	0.000
Potasio	2.000	0.051	Bicarbonatos	132.300	2.169
NH4+	0.000	0.000	NO3-	0.000	0.000
Boro	0.490	0.136	NO2-	0.000	0.000
Suma .....:	178.690	9.843	Suma .....:	451.500	9.818

Relacion CE/Suma cationes .: 101.591

Relacion CE/Suma aniones ..: 101.849

INTERPRETACION

P.H. .....: Ligeramente alcalino
C.E. .....: Problema creciente de salinización
Sales totales (mg/l) .....: 640.000
Presión Osmótica (atm) .....: 0.360
SAR .....: 1.916 Sin riesgo de alcalinización
SAR ajustado .....: 6.323
Para Montmorillonita problema creciente de alcalinización.
Para Ilita y Verniculita no hay problema de alcalinización.
Para Caolinita y Sesquióxidos no hay problema de alcalinización.
Relación de Calcio .....: 0.289
Relación de Sodio .....: 0.351
CSR (Indice Eaton) .....: -4.096 Agua recomendable.
Dureza (Grados franceses) .....: 31.386 Agua medianamente dura.
Indice de Scott .....: 15.000 Agua tolerable.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .: C3A S1
Alta salinidad, deben emplearse excepcionalmente para plantas de elevada tolerancia y suelo con buen drenaje.

Aguas con bajo contenido en Sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.

Normas H.Greene .....: Agua buena calidad.
Recomendaciones Tames .....: Agua dudosa.
Normas Wilcox .....: Agua de buena a admisible.
Relación Ca/Mg .....: 0.805 Agua buena.
Fitotoxicidad por Boro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Cloro .....: No hay problema.
Fitotoxicidad por Sodio .....: Problemas en riego por aspersión.
Problema creciente en riego por superficie.

Cuadro 52. Sondeo 1-6-12, 03-11-95

Caracterización de las salinidades en el Preparque Norte del Parque Nacional de Doñana

Autor:
Emilio Manuel Romero Macías

Director:
Dr. Arsenio González Martínez

Tesis Doctoral

Universidad de Huelva