

Proy. T-16/11

T
16
53

TESIS DOCTORAL



UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE GEODINAMICA

**EVALUACION DE LA RECARGA Y COMPORTAMIENTO
DE LA ZONA NO SATURADA EN EL ACUIFERO
ALMONTE-MARISMAS (HUELVA)**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento 61968230x
Nº Copia 121233118

Manuel Olías

Manuel Olías Alvarez

UNIVERSIDAD DE GRANADA
[21 DIC. 1994]
COMISION DE DOCTORADO

Granada, Diciembre de 1994

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Facultad de Ciencias
Fecha 11-1-95
ENTRADA NUM. 41

D. José Javier Cruz San Julián y D. José Benavente Herrera, Catedrático y Profesor Titular, respectivamente, del Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada:

CERTIFICAN: que la presente Memoria, titulada "*Evaluación de la recarga y comportamiento de la zona no saturada en el acuífero Almonte-Marismas (Huelva)*" ha sido realizada bajo nuestra dirección por D. Manuel Olías Alvarez y que cumple, a nuestro juicio, las suficientes condiciones para que su autor pueda optar al grado de DOCTOR EN CIENCIAS GEOLOGICAS. Lo que certificamos a los efectos oportunos.

Granada, 16 de Diciembre de 1994



Fdo. José Javier Cruz San Julián



Fdo. José Benavente Herrera

I N D I C E

1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Introducción y antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	6
1.3. Metodología.....	7
1.4. Agradecimientos.....	10
2. EL MARCO GEOLOGICO.....	13
2.1. Introducción.....	15
2.2. Estratigrafía.....	16
2.2.1. Mioceno transgresivo de base.....	16
2.2.2. Margas azules.....	16
2.2.3. Limos basales.....	18
2.2.4. Arenas basales.....	20
2.2.5. Formación Roja.....	22
2.2.6. Depósitos de marismas e infrayacentes...	24
2.2.7. Depósitos de Barra costera.....	26
2.2.8. Turberas.....	27
2.2.9. Manto eólico-dunas fósiles.....	27
2.2.10. Dunas actuales.....	28
2.2.11. Terrazas fluviales, aluviales y playas.....	28
2.3. Tectónica.....	29
2.4. Historia geológica.....	31
3. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS.....	35
3.1. Introducción.....	37
3.2. Formaciones permeables, naturaleza y límites del acuífero.....	37
3.3. Geometría del acuífero.....	39
3.4. Piezometría.....	39
3.5. Parámetros hidrodinámicos.....	43
3.6. Balance del sistema.....	44
3.6.1. Alimentación al sistema.....	45
3.6.2. Salidas del sistema.....	47
3.6.2.1. Drenaje a ríos y arroyos.....	48
3.6.2.2. Evapotranspiración.....	48
3.6.2.3. Salidas al océano.....	49
3.6.2.4. Extracciones por bombeo.....	49
3.6.2.5. Descarga al acuífero confinado.....	49
3.7. Características hidroquímicas generales.....	50

4. RESULTADOS DEL CONTROL PIEZOMETRICO.....	51
4.1. Introducción.....	53
4.2. Características de los piezómetros perforados..	54
4.3. Resultados	57
4.3.1. Evolución piezométrica.....	57
4.3.2. Evolución piezométrica en la estación 4 (Palacio Doñana).....	65
4.3.3. Estimación de la recarga mediante los ascensos del nivel piezométrico en la estación 4 (Palacio Doñana).....	68
4.3.4. Recopilación de datos de niveles en la estación 5 (Corral Largo) para el periodo 1973-1993.....	73
4.3.5. Análisis de las oscilaciones de pequeño rango del nivel piezométrico.....	75
4.3.5.1. Oscilaciones de mareas en la estación 4 (Palacio Doñana)....	75
4.3.5.2. Oscilaciones diarias en la estación 5 (Corral Largo).....	77
4.4. Datos del control foronómico.....	83
5. ANALISIS DE LOS DATOS LISIMETRICOS.....	89
5.1. Introducción.....	91
5.2. Características de construcción de los lisímetros.....	91
5.3. Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).....	93
5.3.1. Método de Thornthwaite.....	93
5.3.2. Método de Makkink.....	93
5.3.3. Método de Penman.....	94
5.3.4. Datos de partida.....	94
5.3.5. Resultados.....	98
5.4. Datos lisimétricos experimentales.....	100
6. HIDROQUIMICA.....	113
6.1. Introducción y metodología.....	115
6.2. Evolución temporal.....	118
6.3. Análisis factorial.....	131
6.4. Estado de saturación del agua. Simulación hidrogeoquímica.....	134
6.5. Estimación de la recarga por el balance de cloruros.....	137

7. PERFILES ISOTOPICOS EN LA ZONA NO SATURADA.....	141
7.1. Metodología.....	143
7.2. Perfiles de octubre de 1989.....	144
7.2.1. Perfil 1 (Rociana).....	144
7.2.2. Perfil 2 (El Caoso).....	150
7.2.3. Perfil 3 (Los Mimbrales).....	153
7.2.4. Perfil 4 (Palacio Doñana).....	156
7.2.5. Conclusiones de los perfiles de octubre de 1989.....	157
7.3. Perfiles en la estación 4 (Palacio Doñana) durante 1991.....	158
8. MODELIZACION DE LA ZONA NO SATURADA.....	163
8.1. Dinámica del agua en la zona no saturada.....	165
8.1.1. El potencial del agua en el suelo.....	165
8.1.2. Ecuaciones del movimiento del agua en la zona no saturada.....	169
8.1.3. Conductividad hidráulica no saturada....	171
8.2. Modelización de la zona no saturada.....	175
8.2.1. Introducción.....	175
8.2.2. El programa SWIM.....	176
8.3. Modelización de la zona no saturada en la estación 4 (Palacio Doñana).....	178
8.3.1. Parámetros de entrada.....	178
8.3.2. Calibración del modelo. Resultados.....	186
8.3.3. Modelización considerando la vegetación.....	198
8.4. Modelización de la zona no saturada en la estación 5 (Corral Largo).....	202
8.4.1. Parámetros de entrada.....	202
8.4.2. Calibración del modelo. Resultados.....	205
9. CONCLUSIONES.....	217
REFERENCIAS.....	223

A N E X O S

ANEXO I: Datos diarios de la pluviometría en las estaciones controladas

- ANEXO II: Datos piezométricos puntuales y datos de piezometría, conductividad y temperatura del agua obtenidos de los datta-logger
- ANEXO III: Resultados de los análisis hidroquímicos
- ANEXO IV: Perfiles de humedad obtenidos mediante la sonda de neutrones

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Localización de las estaciones experimentales seleccionadas	8
Figura 2.1.	Mapa geológico del acuífero Almonte-Marismas (modificado de Baonza et al., 1984)	17
Figura 3.1.	Corte hidrogeológico simplificado I - I' (IGME, 1983)	40
Figura 3.2.	Corte hidrogeológico simplificado II - II' (IGME, 1983)	41
Figura 4.1.	Evolución del nivel piezométrico en la estación 1 (Rociana)	61
Figura 4.2.	Evolución del nivel piezométrico en la estación 2 (El Caoso)	62
Figura 4.3.	Evolución del nivel piezométrico en la estación 3 (Los Mimbrales)	63
Figura 4.4.	Evolución del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo)	64
Figura 4.5	a, b, c y d. Evolución de la profundidad de nivel y la precipitación en la estación 4 (Palacio Doñana)	66
Figura 4.6.	a) Perfiles de humedad en la estación 4 con distintas profundidades del nivel piezométrico y b) esquema explicativo de la disminución de la porosidad eficaz con la profundidad	69
Figura 4.7.	Valores de la porosidad eficaz hallados en función de la profundidad del nivel piezométrico	71
Figura 4.8.	Evolución del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo) desde 1973 a 1993	74
Figura 4.9.	Efecto de la influencia de mareas en el piezómetro 4 (Palacio Doñana)	76
Figura 4.10.	Oscilaciones diarias del nivel en la estación 5 (Corral Largo) en mayo de 1992	77
Figura 4.11.	Oscilaciones diarias del nivel en la estación 5 (Corral Largo) en junio de 1992	79
Figura 4.12.	Cálculo de la transpiración de la vegetación a partir de las oscilaciones diarias del nivel piezométrico	80
Figura 4.13.	Oscilaciones diarias del nivel en la estación 5 (Corral Largo) en agosto de 1992	81
Figura 4.14.	Caudales aforados en el arroyo del Partido (1989/90)	84
Figura 4.15.	Caudales aforados en el arroyo del Partido (1990/91)	84
Figura 4.16.	Caudales aforados en el arroyo de La Rocina (1989/90)	86
Figura 4.17.	Curva de gastos en el arroyo de La Rocina	86
Figura 4.18.	Caudales estimados para el arroyo de La Rocina y aforos directos (1990/91)	87
Figura 5.1.	Radiación global en la estación de Huelva, radiación global calculada a partir de los datos de insolación y radiación global de Huelva corregida	97
Figura 5.2.	Evolución de la ETP mensual calculada por los métodos de Thornthwaite, Penman y Makkink	99
Figura 5.3.	Valores mensuales de la precipitación y drenaje en los lisímetros	101
Figura 5.4.	Variación del contenido de agua en los lisímetros	102
Figura 5.5.	Valores mensuales de la precipitación y ETR en los lisímetros	104
Figura 5.6.	Comparación de los perfiles de humedad obtenidos en los lisímetros y en condiciones naturales.	104
Figura 5.7.	Comparación de la ETR obtenida, en el año 1991/92, en los lisímetros y los valores calculados mediante un balance hídrico del suelo a nivel diario	107

Figura 5.8.	Comparación de la ETR obtenida, en el año 1991/92, en los lisímetros y los valores calculados mediante un balance hídrico del suelo a nivel diario	108
Figura 5.9.	ETR medida experimentalmente y calculada por un balance diario por los métodos de Thornthwaite y Penman para los años 1991/92 y 1992/93 (valores de la ETP entre septiembre y diciembre reducidos a la mitad)	109
Figura 5.10.	Relación de los valores mensuales de la ETR obtenida experimentalmente y los valores calculados a partir de un balance diario.	111
Figura 5.11.	Relación entre la precipitación y lluvia útil deducida de la aplicación de un balance diario de agua en el suelo.	111
Figura 6.1.	Localización de los puntos con un control hidroquímico periódico.	115
Figura 6.2.	Diagramas de Piper y Schoeller de los valores medios obtenidos en los piezómetros y pozos controlados	120
Figura 6.3.	Evolución de la temperatura en los piezómetros controlados	122
Figura 6.4.	Evolución de la conductividad eléctrica del agua en los piezómetros controlados	122
Figura 6.5.	Evolución del pH en los piezómetros controlados	123
Figura 6.6.	Evolución del contenido en cloruros en los piezómetros controlados	123
Figura 6.7.	Evolución del contenido en bicarbonatos en los piezómetros controlados	124
Figura 6.8.	Evolución del contenido en sulfatos en los piezómetros controlados	124
Figura 6.9.	Evolución del contenido en calcio en los piezómetros controlados	125
Figura 6.10.	Evolución del contenido en magnesio en los piezómetros controlados	125
Figura 6.11.	Evolución del contenido en sodio en los piezómetros controlados	126
Figura 6.12.	Evolución del contenido en potasio en los piezómetros controlados	126
Figura 6.13.	Evolución del contenido en sílice en los piezómetros controlados	127
Figura 6.14	a,b,c y d. Evolución de la conductividad eléctrica en el piezómetro 4 (Palacio Doñana)	128
Figura 6.15.	Evolución de las precipitaciones y contenido en sulfatos en la estación 1 (Rociana)	130
Figura 6.16.	Resultados del análisis factorial en la estación 2 (El Caoso)	132
Figura 6.17.	Resultados del análisis factorial en la estación 4 (Palacio Doñana)	133
Figura 6.18.	Evolución de los valores analizados y simulados del contenido en bicarbonatos en la estación 2 (El Caoso)	136
Figura 6.19.	Evolución de los valores analizados y simulados del contenido en calcio y magnesio en la estación 2 (El Caoso)	136
Figura 6.20.	Evolución del contenido en cloruros de la precipitación en las estaciones 2 (El Caoso) y 4 (Palacio Doñana)	138
Figura 7.1.	Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el perfil 1 (Rociana)	146
Figura 7.2.	Representación del contenido en agua, exceso en deuterio, $\delta^{18}\text{O}$ y δD en función de la profundidad en los perfiles 1 (Rociana) y 2 (El Caoso)	148
Figura 7.3.	Humedad acumulada en función de la profundidad en los perfiles 1 (Rociana) y 2 (El Caoso)	149
Figura 7.4.	Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el perfil 2 (El Caoso)	151
Figura 7.5.	Relación contenido en agua - exceso en deuterio en el perfil 2 (El Caoso)	151

Figura 7.6.	Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el perfil 3 (Los Mimbres)	154
Figura 7.7.	Explicación del perfil 3 (Los Mimbres)	154
Figura 7.8.	Representación del contenido en agua, exceso en deuterio, $\delta^{18}\text{O}$ y δD en función de la profundidad en los perfiles 3 (Los Mimbres) y 4 (Palacio Doñana)	155
Figura 7.9.	Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el perfil 4 (Palacio Doñana)	156
Figura 7.10.	Diagrama oxígeno-18 versus deuterio de los perfiles de 1991 (Palacio Doñana)	160
Figura 7.11.	Representación del contenido en agua, exceso en deuterio, $\delta^{18}\text{O}$ y δD en función de la profundidad en los perfiles de 1991 (Palacio Doñana)	162
Figura 8.1.	Curva de retención de humedad del suelo (Hillel, 1980a)	167
Figura 8.2.	Explicación del fenómeno de histéresis por el "efecto del bote de tinta", a) drenaje capilar (secado) y b) elevación capilar (humedecimiento) (Hillel, 1980a)	168
Figura 8.3.	Función de la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas para dos tipos de suelos (Hillel, 1980a)	172
Figura 8.4.	Representación del contenido en agua en la zona no saturada en función de la distancia al nivel piezométrico en la estación 4 (Palacio Doñana)	180
Figura 8.5.	a) Curva de retención de humedad del suelo en la estación 4 (Palacio Doñana) y b) Idem en escala doble logarítmica	182
Figura 8.6.	a) Conductividad hidráulica en condiciones no saturadas en función del potencial matricial y b) Idem en función de la humedad	183
Figura 8.7.	Curvas granulométricas para distintas profundidades en la estación 4 (Palacio Doñana)	185
Figura 8.8.	a) Curvas de retención de humedad del suelo en la estación 4 (Palacio Doñana) suponiendo una capa superior con mayor capacidad de retención b) Idem en escala doble logarítmica	187
Figura 8.9.	a) Conductividad hidráulica en condiciones no saturadas en función del potencial matricial para las dos capas definidas en la estación 4 (Palacio Doñana) y b) Idem en función de la humedad	188
Figura 8.10.	Comparación entre los perfiles de humedad experimentales y los obtenidos del modelo en la estación 4 (Palacio Doñana)	190
Figura 8.11.	Comparación entre la evolución del nivel piezométrico registrada y la obtenida a partir del modelo en la estación 4 (Palacio Doñana)	194
Figura 8.12.	Evaporación en función de la profundidad del nivel piezométrico, para distintos valores de ETP en la estación 4 (Palacio Doñana), obtenida de la aplicación del modelo	197
Figura 8.13.	Distribución de las raíces en profundidad en una zona de características parecidas a la estación 4 (Palacio Doñana) (Muñoz Reinoso, com. pers.)	199
Figura 8.14.	Curvas granulométricas para distintas profundidades en la estación 5 (Corral Largo)	203
Figura 8.15.	a) Curva de retención de humedad del suelo en la estación 5 (Corral Largo) y b) Idem en escala doble logarítmica	207

Figura 8.16. a) Curva de retención de humedad del suelo en la estación 5 (Corral Largo) para todas capas consideradas en el modelo y b) Función de conductividad hidráulica en condiciones no saturadas	207
Figura 8.17. Comparación entre los perfiles de humedad experimentales y los obtenidos del modelo en la estación 5 (Corral Largo)	208
Figura 8.18. Relación entre precipitación y recarga en la estación 5 (Corral Largo)	215
Figura 8.19. Representación de los datos diarios de precipitación y de evaporación obtenidos por el modelo en la estación 5 (Corral Largo) para el año 1992/93	216

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Resumen de los datos del balance de investigaciones previas	44
Tabla 4.1. Precipitación mensual en las estaciones de control (valores en mm)	58
Tabla 4.2. Valores mensuales de la precipitación y recarga calculada a partir de los ascensos de nivel en la estación 4 (Palacio Doñana)	73
Tabla 4.3. Estimaciones de la transpiración vegetal a partir de las oscilaciones diarias del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo)	82
Tabla 5.1. Valores mensuales de los datos de partida para el cálculo de la ETP	95
Tabla 5.2. Valores mensuales de la ETP calculada por los métodos de Thornthwaite, Penman y Makkink	99
Tabla 5.3. Valores mensuales de la precipitación, drenaje y ETR en los listímetros	100
Tabla 5.4. Valores mensuales de la ETR calculada por el balance hídrico del suelo a nivel diario	106
Tabla 5.5. Valores mensuales de la ETR calculada con una capacidad de campo de 100 mm, y ETP por los métodos de Thornthwaite y Penman (valores de la ETP entre septiembre y diciembre reducidos a la mitad)	110
Tabla 6.1. Resumen de los resultados de los análisis hidroquímicos	119
Tabla 6.2. Valores de los contenidos en nitratos, nitritos, amonio y fosfatos en septiembre de 1992 (nd = no se detecta)	131
Tabla 6.3. Aportación de cloruros por las precipitaciones en la estación 2 (El Caoso) y 4 (Palacio Doñana)	139
Tabla 7.1. Contenidos isotópicos en los perfiles de la zona no saturada de octubre de 1989	145
Tabla 7.2. Valores de δD y precipitación mensual en la estación de la OIEA en Gibraltar	149
Tabla 7.3. Contenidos isotópicos en la precipitación, aguas subterráneas y perfiles de la zona no saturada en la estación 4 (Palacio Doñana) durante 1991	159
Tabla 8.1. Resultados del modelo para los cuatro años de control en la estación 4 (Palacio Doñana) sin considerar la vegetación	196
Tabla 8.2. Resultados del modelo para los cuatro años de control en la estación 4 (Palacio Doñana) teniendo en cuenta la vegetación	201

Tabla 8.3.	<i>Características hidráulicas de las diferentes capas utilizadas en la modelización del perfil de la estación 5 (Corral Largo)</i>	206
Tabla 8.4.	<i>Resultados del modelo para los cuatro años de control en la estación 5 (Corral Largo)</i>	214

1. INTRODUCCION



1.1. Introducción y Antecedentes.

El acuífero Almonte-Marismas está ubicado en la parte baja de la Depresión del Guadalquivir, comprende una extensión próxima a 2400 km² que, en su mayor parte, pertenece al borde suroriental de la provincia de Huelva, limitando con Sevilla y Cádiz.

Sobre este sistema acuífero se encuentra una de las zonas húmedas más importantes de Europa, el Parque Nacional de Doñana, que constituye un enclave geográfico privilegiado para las principales rutas migratorias de numerosas aves. Ocupa una superficie cercana a los 760 km² (incluyendo las zonas de preparque) distinguiéndose tres ecosistemas principales: a) las marismas de la margen derecha del Guadalquivir, b) las arenas estabilizas o cotos, y c) el complejo de dunas móviles con sus "corrales" (senos interdunares colonizados por la vegetación). Una cuarta zona muy importante desde el punto de vista ecológico es el ecotono de La Vera-La Retuerta, zona de contacto entre las arenas y la marismas que mantiene una humedad permanente durante todo el año. La importancia de las aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana radica en que, en extensas zonas, el nivel piezométrico se halla a muy poca distancia de la superficie del terreno, de modo que se desarrollan diferentes comunidades vegetales en función de la profundidad del agua. Además, las lagunas y zonas de humedad permanente (como el ecotono de La Vera-La Retuerta) son alimentadas por aguas subterráneas y, durante el estiaje, cuando la marisma se seca, constituyen un recurso fundamental para la abundante fauna.

Esta reserva natural es, desde hace algunos años, una fuente de controversia debido a los, a menudo, intereses contrapuestos entre la conservación del Parque y el desarrollo turístico y agrícola de la zona, que supone, entre otros impactos, una mayor explotación del acuífero.

Las primeras investigaciones sobre el acuífero Almonte-Marismas se realizaron, al amparo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, a finales de los años 70, por la FAO en colaboración con el IGME, con el objetivo de recopilar información sobre los

recursos de este sistema con vistas a su explotación (FAO, 1970). Como consecuencia de estos estudios se elaboró el Plan de Transformación en Regadío de la zona de Almonte-Marismas (FAO, 1972a; FAO, 1972 b; FAO, 1975), que pretendía la puesta en regadío de una superficie de 240 km² en los alrededores de lo que actualmente es el Parque Nacional de Doñana. En estos primeros trabajos primaban los intereses económicos; en los balances del sistema se consideraba que las extracciones de aguas subterráneas se compensarían con una descenso importante de niveles y una disminución espectacular de las salidas por evapotranspiración, pero no se tenían en cuenta las repercusiones medioambientales que ello pudiera ocasionar. En estas investigaciones se elabora un primer modelo matemático del acuífero (FAO, 1972a).

Otras publicaciones en relación con los estudios de la FAO son los realizados por el IRYDA (1976 y 1978) como organismo encargado de la ejecución del proyecto de transformación en regadío. El trabajo del MOPU (1979) se enfoca a una mejora de los datos de hidrología superficial y calidad de las aguas que llegan a la marisma. En IGME (1983) se actualizan los conocimientos que se tienen del acuífero hasta ese momento. Plata et al. (1983) y Baonza et al. (1984) realizan una exhaustiva investigación sobre las características hidroquímicas e isotópicas del acuífero.

Mientras tanto se desarrollan nuevos modelos matemáticos del sistema, como los efectuados por INTECSA (1976), Lucena y García (1978), IGME (1982) y Yagüe y LLamas (1984).

Otros trabajos no hidrogeológicos pero si fundamentales en cuanto a las características geológicas y geomorfológicas del área son los desarrollados por Viguiet (1974), Zazo (1980) y Menanteau (1980). Otra rama del medio físico, como es la edafología, es tratada por Siljeström (1985).

A principios de los años 80 un grupo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid, dirigido por el profesor Llamas Madurga, inicia sus trabajos

enfocados a estudiar las características hidrogeológicas de los principales ecosistemas del Parque (Rodríguez-Arévalo, 1984; Tenajas, 1984; Vela, 1984) alertando del impacto de la extracción de aguas subterráneas sobre la ecología del Parque (Rodríguez Arévalo y LLamas, 1986; Llamas, 1988; ; Suso y Llamas, 1990; Suso y Llamas, 1993).

En 1987, el IGME publica los resultados de la aplicación del modelo matemático realizado en 1982 para simular la evolución del acuífero, en el que se deducen importantes descensos piezométricos y se aconseja no incrementar el número de hectáreas puestas en regadío (7000 ha en aquella fecha).

Otros informes con relación a la posible incidencia de la explotación del acuífero en el Parque Nacional de Doñana son los emitidos por el Comité Internacional de Expertos, financiado por la Worl Wildlife Fundation (Hollis et al., 1989), y el reciente Dictamen de la Comisión Internacional de Expertos sobre el Desarrollo del Entorno de Doñana (Castell et al., 1992), que presenta, ente otros anexos, una revisión crítica de los modelos realizados sobre el acuífero (Sahuquillo et al., 1992).

En los últimos años se han efectuado diversos estudios enfocados al cálculo de la recarga, como el trabajo del ITGE (1991), que aplica técnicas isotópicas, o los realizados por investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña (Guimerà et al., 1991; Samper et al., 1991; Samper y Guimerà, 1993). Un resumen de los trabajos llevados a cabo por estos investigadores puede encontrarse en Custodio (1992) y Custodio et al. (1992).

Otros trabajos recientes en relación a las características hidroquímicas del acuífero son: Manzano et al. (1991), García-Novo et al. (1991), Orihuela Calvo y González Martínez, (1991), Poncela et al. (1992) y López et al. (1994).

En algunos casos, parte de los datos presentados en esta memoria ha sido objeto de interpretaciones previas publicadas en varios trabajos (Olías et al., 1991a; Olías et al., 1991b; Olías et al., in litt.). Tales interpretaciones se presentan en esta memoria modificadas

y/o completadas a la luz de resultados posteriores o de series de datos más extensas.

1.2. Objetivos

Como se recoge en el epígrafe anterior, los trabajos sobre las características hidrogeológicas del acuífero Almonte-Marismas son numerosos. Sin embargo, los resultados de los distintos balances hídricos que presentan muestran una gran dispersión, en especial en cuanto a los valores de recursos. Este hecho traduce la necesidad de incrementar y mejorar los datos de partida de dichos estudios.

Por ello, el objetivo fundamental de este trabajo es conseguir nuevos datos experimentales sobre la recarga del acuífero, el comportamiento de la zona no saturada y los mecanismos de infiltración pues, excepto algunos datos aportados por investigaciones recientes, no se dispone de medidas empíricas de la recarga que puedan corroborar si los datos de partida de los trabajos anteriores son veraces.

En particular, se tratará de valorar, entre otros parámetros, aquellos que contribuyen a caracterizar, tanto cualitativa como cuantitativamente, la recarga del sistema con especial énfasis en la identificación de las peculiaridades que a este respecto muestran las principales formaciones litológicas que integran el acuífero, con la consideración de las particularidades edáficas y sin olvidar las variaciones que a nivel de la infiltración pueden inducir diferentes tipos de vegetación.

En concreto, se intentará investigar en detalle:

- a) Alimentación pluviométrica.
- b) Evaluación de la evapotranspiración en determinadas condiciones litológicas y de especies vegetales.
- c) Estudio de perfiles de humedad en la zona no saturada, mediante tensiómetros y

testificaciones neutrónicas.

d) Estudio en continuo, mediante limnógrafos y data-loggers, de la evolución piezométrica.

e) Y, finalmente, en el caso de que existieran condicionantes edáficos que implicaran el distinto funcionamiento hidráulico de determinados horizontes (produciéndose, por ejemplo, niveles colgados o infiltración retardada), se estudiaría con detalle el comportamiento hidráulico por encima y debajo de tales horizontes, con objeto de analizar su influencia en la magnitud y dinámica de la infiltración correspondiente.

1.3. Metodología

A continuación se resumen las principales fases seguidas en esta investigación y los métodos empleados en cada una de ellas. En los capítulos donde se aplican técnicas específicas se expone una descripción más detallada de la metodología utilizada.

Como es habitual, la primera fase de esta investigación consistió en la recopilación y análisis de la información preexistente sobre el acuífero Almonte-Marismas, con especial énfasis en las cifras asignadas a los recursos y las estimaciones de la recarga.

Seguidamente se realizó un programa de trabajo de recolección de datos experimentales basado en la elección de una serie de estaciones, en cada una de las cuales se planeó llevar a cabo un control de las variables meteorológicas, control en continuo de la superficie piezométrica del acuífero e instalación de tubos de acceso para realizar perfiles de humedad del suelo mediante testificación con una sonda de neutrones.

Atendiendo a diversos factores (características litológicas y tipos de suelos y aprovechamientos) se eligieron cinco estaciones experimentales en las ubicaciones siguientes (fig. 1.1):

- 1.- En el norte de Rociana, a unos 200 metros del pueblo por la carretera de Villarrasa.
- 2.- Al sur de Hinojos, en la finca llamada "El Caoso".
- 3.- En la finca "Los Mimbrales", al sur del Rocío.
- 4.- En las proximidades del Palacio de Doñana, en la Estación Biológica de Doñana.
- 5.- En el Corral Largo, al sur de la laguna de Santa Olalla.

En todas ellas se perforó un piezómetro, excepto en la estación de "El Caoso". En esta zona existía un horizonte endurecido denominado "fragipán" que, según investigaciones previas, podría diferenciar una capa colgada desconectada del acuífero principal, por lo que se realizaron dos perforaciones: una hasta el techo de ese horizonte endurecido y otra penetrando unos metros en la zona saturada del acuífero.

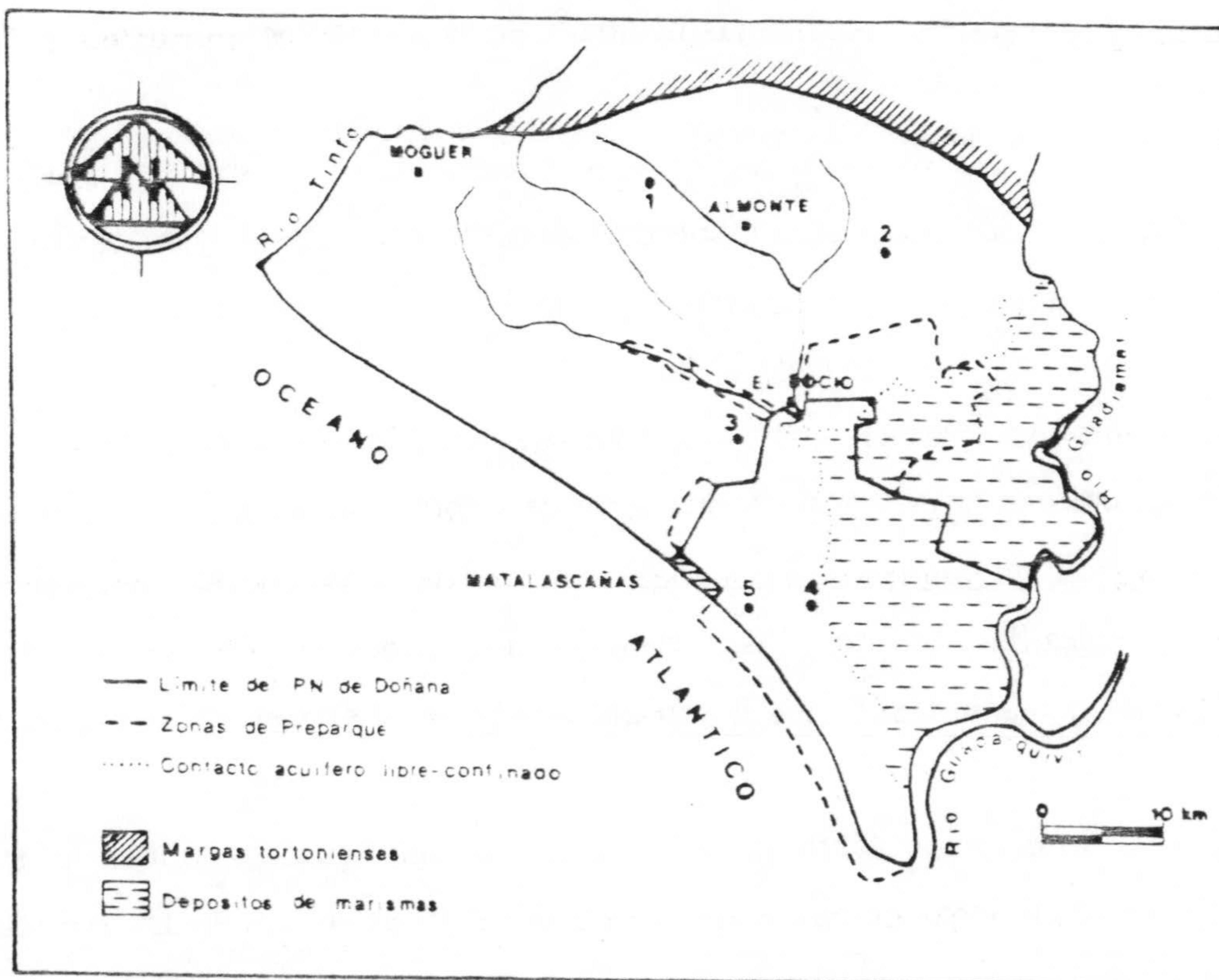


Figura 1.1. Localización de las estaciones experimentales seleccionadas

Estos piezómetros fueron controlados inicialmente de forma periódica hasta la progresiva instalación de unidades de control continuo. El primer data-logger (con control de piezometría, temperatura y conductividad del agua), se instaló en septiembre de 1989 en la estación 5 (Palacio Doñana). Luego se instalaron limnógrafos en las estaciones 2 (El Caoso) y 3 (Los Mimbrales), que fueron reemplazados cuando se completó la red de data-loggers en mayo de 1992.

Se instalaron también un pluviómetro, dos pluviógrafos y un termohigrógrafo, además de contar con los datos meteorológicos de otras estaciones existentes. Por otra parte, se construyó una pareja de cajas lisimétricas en las estación de Los Mimbrales.

Se han realizado medidas foronómicas y registros de humedad del suelo de forma periódica mediante una sonda de neutrones. También se han efectuados medidas del potencial mátrico del suelo mediante tensiómetros. Se han estudiado las características físicas de los suelos (análisis granulométricos, determinación de la densidad aparente, ensayos de infiltración, etc.).

También se han efectuado estudios hidroquímicos e isotópicos del agua, tanto de la zona saturada como de la zona no saturada.

Una tercera fase ha consistido en el tratamiento e interpretación de los datos de campo con ayuda de programas informáticos generales (hojas de cálculo, programas estadísticos, bases de datos, etc.) y otros programas específicos en algunos apartados (por ejemplo, para el tratamiento de los datos hidroquímicos se han empleado programas de análisis factorial y simulación hidrogeoquímica). En algunos casos se han realizados programas, en lenguaje QBASIC, para el tratamiento de los resultados.

Una herramienta muy útil ha sido la aplicación de un programa de simulación del movimiento del agua en un perfil vertical del suelo (SWIM), cuyos resultados se han contrastado con los perfiles de humedad experimentales y la evolución del nivel piezométrico.

Por último, se ha redactado la presente memoria en la que se integran todos los resultados obtenidos con las diversas técnicas empleadas.

1.4. Agradecimientos

Son muchas las personas que me han apoyado y animado durante el transcurso de este trabajo. Sin su ayuda la realización de esta Tesis no hubiera sido posible.

En primer lugar quiero dar las gracias a los directores de este trabajo, D. Javier Cruz San Julián y D. José Benavente Herrera, Catedrático y Profesor de Universidad, respectivamente, del Departamento de Geodinámica de la Universidad de Granada, por depositar su confianza en mí para llevar a buen término esta investigación. Trabajar junto a ellos me ha permitido formarme como hidrogeólogo gracias a su gran experiencia y capacidad para transmitir sus conocimientos. Les agradezco también su amistad y amabilidad que han hecho el trabajo mucho más llevadero.

Esta investigación se ha realizado gracias a una beca, desde 1989 a 1993, de Formación del Personal Investigador de la Junta de Andalucía. Quede aquí constancia de mi reconocimiento por tan fundamental apoyo.

Muchos de los medios materiales para llevar cabo este trabajo han sido posibles por el soporte económico del Proyecto "Efectos Ecológicos de la Explotación de Acuíferos en el Parque Nacional de Doñana", financiado por la Dirección General de Obras Hidráulicas. Quiero agradecer las facilidades dadas por D. José Rodrigo, D. Antonio Silgado y D. Mariano Palancar, Ingenieros de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Mi agradecimiento a D. Francisco García Novo, Catedrático del Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla, gran experto y conocedor de todo lo relacionado con el Parque Nacional de Doñana y D. José Carlos Muñoz Reinoso, Investigador del citado

Departamento, con el que he compartido numerosas jornadas de campo y un intercambio constante de datos e ideas.

Mi reconocimiento, asimismo, al ICONA y a la Estación Biológica de Doñana del CSIC, que han facilitado el desarrollo de mi investigación. En particular a D. Juan Carlos Solís y a todos los guardas del Parque. A D. Miguel Martín Machuca, responsable de la Oficina de Proyectos del Instituto Tecnológico Geominero de España en Sevilla, por la abundante documentación facilitada de las investigaciones realizadas por ese organismo en el acuífero Almonte-Marismas.

También quiero mencionar a aquellas personas que me han permitido instalar las estaciones experimentales y efectuar los controles, en particular, a D. José Luis Juidía, de Rociana, D. Francisco Garrido, de la finca "Los Mimbrales" y D. Francisco Rojas, de la finca "El Caoso". A D. Arsenio González y D. Diego Orihuela, profesores de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Huelva, con los que compartí una interesante visita a Doñana.

Muchas de las técnicas que he empleado las he adquirido durante mis estancias en centros extranjeros, que fueron a nivel científico muy fructíferas, y gratas personalmente por la amabilidad con la que fui recibido. Mi reconocimiento a D. Roberto Gofiantini, D. Antonio Plata Bedmar y D. Luis Araguás Araguás, investigadores de la Organización Internacional de la Energía Atómica en Viena, al profesor Carlos Costa Almeida, de la Universidad de Lisboa y Julia Schüle y Andreas Winkler, de la Universidad Libre de Berlín.

Asimismo mi gratitud a Antonio García Guerrero por la habilidad con la que dirigió la perforación de los piezómetros. A Elena Medina por su ayuda en las engorrosas determinaciones de permeabilidad y, en general, a todos los amigos que me han acompañado y han conseguido hacer más amenas las jornadas de campo.

A Javier Cardenal, Santiago García, María del Carmen Hidalgo, José Carlos

Martínez, Francisco Moral, Carmen Almecija, Namira Al Amrani, Said Bentrica, Belkacen Boumadi y José Luís García Aróstegui, amigos y "compañeros de fatigas" con los que he tenido un constante intercambio de ideas y he compartido muchas buenos momentos, y también algunos menos buenos, durante mis años de estancia en el Departamento de Geodinámica y en el Instituto del Agua de la Universidad de Granada. Ana Sanroma, además, ha realizado con eficiencia gran parte de los análisis químicos, y Amelia Calvente, siempre dispuesta a ofrecerme su ayuda.

A Teresa, por haber soportado con paciencia los agobios típicos de la última fase de la realización de una tesis, también le agradezco su ilusión y la concienzuda revisión de esta memoria.

En último lugar, que no en orden de importancia, a toda mi familia, que en todo momento me ha animado durante estos años; en especial a mis hermanas María de Gracia, Laura e Inmaculada, por el agradable "apoyo logístico" que me prestaron en Sevilla durante mis frecuentes viajes a Doñana.

2. *EL MARCO GEOLOGICO*



2.1. INTRODUCCION

El sistema acuífero de Almonte-Marismas se encuentra situado en la parte baja de la Depresión del Guadalquivir. Sus límites son: al este los ríos Guadiamar y Guadalquivir, al sur y suroeste el Océano Atlántico y al norte y noroeste las margas azules impermeables del Tortonense (fig. 1). Ocupa una extensión próxima a 2.400 km².

El relleno de la cuenca del Guadalquivir está constituido por una serie de depósitos marinos de edad Neógena, cubiertos y parcialmente arrasados por sedimentos de origen fluvio-marino y eólicos del Cuaternario.

En el borde norte de la cuenca los sedimentos neógenos reposan directamente sobre el Paleozoico (y en contadas ocasiones sobre materiales triásicos autóctonos del borde de la Meseta). El zócalo paleozoico se hunde progresivamente con un suave buzamiento hacia el sur, provocado por una flexura.

El borde meridional de la cuenca del Guadalquivir está constituido por el Subbético, cabalgante hacia el norte, en opinión de algunos autores en forma de olistostroma.

Los materiales neógenos se disponen en capas horizontales o subhorizontales (fig. 2 y 3), con un suave buzamiento hacia el sur (adaptándose a la morfología del sustrato), ya que no han sufrido movimientos tectónicos importantes.

A continuación se presenta una breve síntesis de los principales trabajos realizados sobre las características geológicas de esta región.

Hay que reseñar que, aunque las características geológicas de la región, a gran escala, no son muy complicadas (depósitos neógenos y cuaternarios dispuestos casi horizontalmente y poco afectados por la tectónica), existen numerosas discrepancias entre los distintos autores a la hora de datar las formaciones e incluso para definir las.

2.2. ESTRATIGRAFIA

En este capítulo se describen las principales formaciones depositadas a partir de la transgresión del Mioceno Superior hasta la actualidad, lo que corresponde a las últimas fases de relleno de la Depresión del Guadalquivir.

2.2.1. Mioceno transgresivo de base (Mioceno superior II)

La serie estratigráfica del Neógeno comienza con una formación denominada "Mioceno transgresivo de base" (IGME, 1983) que se dispone discordantemente sobre el sustrato paleozoico. Dado que estos materiales no forman parte del sistema acuífero de Almonte-Marismas, serán descritos con mayor brevedad.

Viguiet (1974) atribuye al "Mioceno Superior II" esta formación, que él denomina "nivel detrítico de base".

Se trata de materiales detríticos que comienzan por un conglomerado en la base sobre el que se disponen unas molasas compactas fosilíferas y unas arenas amarillas o gris azuladas, que se hacen más arcillosas a techo. Se encuentra siempre bajo las margas azules que se describen en el próximo epígrafe.

2.2.2. Margas azules (Mioceno Superior-Plioceno Inferior)

Estas margas, que representan el sustrato impermeable del acuífero Almonte-Marismas, son el principal constituyente del relleno de la depresión del Guadalquivir y se disponen concordantemente sobre el tramo anterior.

Se trata de margas azules, de color ocre-amarillento en superficie por alteración.

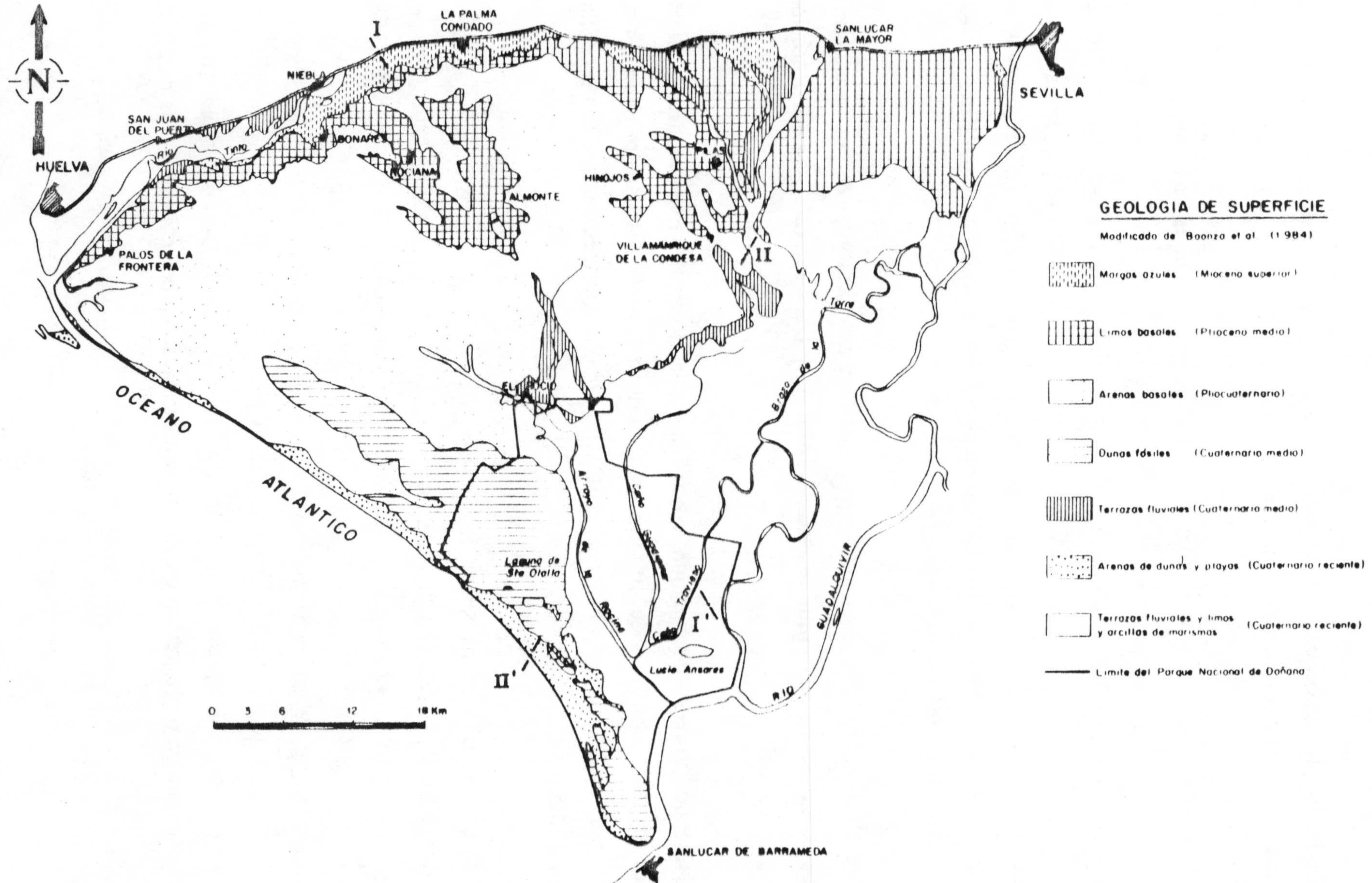


Figura 2.1. Mapa geológico del acuífero Almonte-Marismas

Tanto a techo como a muro se hacen generalmente más limo-arenosas.

El medio de depósito de estas margas sería una cuenca marina de pronunciada subsidencia y aguas de profundidad media a grande.

Contienen abundante microfauna; sin embargo, su datación es controvertida, dadas las diferentes edades que les asignan los diversos trabajos consultados. La FAO (1972a) les atribuye una edad Tortoniense Superior. Pastor y Leyva (1976) las incluyen en el Andaluciense. Viguiet (1974) describe el paso del Mioceno al Plioceno dentro de las margas azules, con lo cual esta formación comprendería al menos hasta el Plioceno inferior. Esta es la edad que se acepta también en los trabajos realizados más recientemente (IGME, 1983; Rodríguez-Arévalo, 1984, etc.).

Estas margas constituyen el límite norte del área estudiada y quedan cubiertas hacia el sur por un paquete de limos (que se describirán en el siguiente epígrafe). La estratificación es masiva, poco visible.

Presentan un ligero buzamiento monoclinal hacia el sur; su potencia aumenta desde 100 m en el norte hasta más de 1000 m en el sur: en los sondeos para prospección de hidrocarburos de El Asperillo y Moguer, el IGME (1983) asigna a este tramo una potencia del orden de 1200 m.

Los numerosos sondeos perforados en la región evidencian la existencia de un surco de dirección NE-SW en el techo de estas margas. Esta depresión se alarga hacia el norte, bajo la vertical del río Guadiamar, y hacia el oeste, por el arroyo de la Rocina (IGME, 1983)

2.2.3. Limos basales (Plioceno Medio)

Las margas azules pasan gradualmente a los denominados "limos basales" (IGME, 1983), por un aumento progresivo en la fracción detrítica. Su potencia media es de 50 m;

no obstante, se trata de una formación no siempre diferenciada, pues algunos autores la incluyen dentro de las margas azules (FAO, 1972a). Afloran en la mitad norte de la región.

Predominan los limos arenosos calcáreos, de colores amarillentos. Sin embargo, su composición varía considerablemente de unos puntos a otros.

En el sector situado al oeste de Almonte, este tramo limoarenoso presenta a techo una lumaquela de ostreas de unos 5 m de espesor. Hacia el este de dicha localidad predominan progresivamente las arenas sobre los limos y aparecen también arcillas intercaladas (IGME, 1983).

En la zona cercana a Huelva aumenta el contenido arcilloso y aparece entre los sedimentos gran cantidad de glauconita, que indica la influencia de las aguas continentales en el medio de depósito. En el sector de Marismas esta formación no aflora; según los datos de los sondeos está formada esencialmente por alternancia de capas de arenas y/o areniscas bioclásticas y lumaquelas de ostreas negras. Colmatan la depresión del Plioceno inferior, amortiguando las irregularidades del relieve infrayacente (IGME, 1983).

A partir del análisis de la abundante microfauna que engloban, se deduce que estos limos se depositaron en un medio de aguas someras y salobres. Son el resultado de un tránsito desde el depósito de las margas azules a un medio más somero, lo que testimonia una tendencia general de tipo regresivo.

Según la FAO (1972a) e IRYDA (1976), su depósito tuvo lugar en el Mioceno Superior. Pastor y Leyva (1976) y Torres (1977) atribuyen este tramo al Andaluciense. Sin embargo, dado que hemos aceptado para las margas azules una edad que llega hasta el Plioceno inferior, estos limos deben ser datados como Plioceno medio.

Viguiér (1974) cartografía estos limos como margas y arcillas arenosas verdes, a las que atribuye una edad Plioceno medio.

2.2.4. Arenas basales (Pliocuaternario)

Se trata de arenas blanco-amarillentas o amarillo rojizas, que son más arcillosas hacia la base. También pueden presentar localmente pequeñas intercalaciones de margas limo-arenosas azuladas y de gravas. Las arenas están formadas esencialmente por granos de cuarzo; el resto lo constituyen fragmentos de rocas metamórficas y feldespatos, con una elevada proporción de minerales pesados.

Se disponen discordantemente sobre los limos basales; esta discordancia es, a menudo, de tipo erosivo. Localmente se observa entre ambas formaciones un conglomerado de cemento ferruginoso, de espesor variable (desde 20 cm y 1 m).

El espesor de estas arenas aumenta desde 30 m en la zona norte de Almonte a más de 60 m en la zona de El Rocío (FAO, 1972a).

Afloran ampliamente en el área norte de la región. Son pobres en estructuras sedimentarias y microfauna, puesto que han sufrido intensos procesos edáficos posteriormente a su depósito, que han borrado la mayor parte de las mismas.

Leyva y Pastor (1975) concluyen, atendiendo diversos criterios, que la génesis de estos depósitos tuvo lugar en un medio complejo: se trataría de sedimentos depositados en ambiente marino, constituidos a partir de sedimentos fluviales aportados por transferencia lateral.

En el trabajo del IGME (1983) se consideran de origen esencialmente marino, aunque existen paquetes de origen fluvial, eólico y litoral. La formación se puede considerar en su conjunto como de origen deltaico, pues el medio de depósito sería la dispersión fluvial en medio litoral y con eventual influencia eólica.

Estas arenas afloran también en el talud que se dispone paralelo a la línea de costa (desde Huelva a Matalascañas). Aquí su potencia varía entre 10 y 30 m, con espesores máximos entre Mazagón y el Médano del Asperillo, que se reducen gradualmente hacia el oeste y el este.

En esta área las litofacies son diferentes a las descritas anteriormente. El tramo más bajo de la unidad presenta capas ricas en minerales pesados, aunque con escasa continuidad lateral y espesores de orden centimétrico. Intercalado en las arenas se distingue un tramo de arenas rojo-violáceas con finas láminas de arcillas rojas, con una potencia entre 1 y 1'5 m. También se identifican varios niveles de turba arenosa y margosa que posiblemente pasan lateralmente a arcillas y/o margas arenosas, con gran cantidad de materia orgánica y óxidos de Fe. A veces aparecen, además, capas compactadas de óxidos nodulares.

Las estructuras sedimentarias que se observan en este sector son: laminación paralela, estratificación y/o laminación cruzada, estratificación difusa o masiva, etc. Todo esto hace suponer que durante el depósito de las arenas basales hubo momentos de aguas someras y ambiente reductor que produjeron los depósitos de turba y de hierro de pantanos que se intercalan en esta formación (Leyva y Pastor, 1976).

Esta unidad también ha sido denominada "arenas sahelenses" (FAO, 1972a, MOPU, 1979 y Baonza et al., 1984) asignando a este término un carácter de facies regresiva del Mioceno terminal.

Leyva y Pastor (1975) le atribuyen una edad plio-cuaternaria por hallarse sobre materiales datados como Mioceno terminal. Estos autores encuentran, en la base de los materiales que se superponen, a estas arenas ostreas de gran tamaño, pero que no permiten ninguna datación.

Zazo (1980) las denomina "arenas rojas": las data como cuaternarias en la Bahía de Cádiz y admite que en Huelva puedan llegar a ser de edad Plioceno superior (al menos la

parte baja de la formación).

Viguié (1974) incluye estas arenas en el Plioceno medio; no aparecen cartografiadas en sus mapas ya que no las considera como una unidad diferenciada.

Por último, hay que citar que entre esta unidad y la Formación Roja suprayacente aparecen en algunos puntos unas margas verdes muy plásticas, ricas en granos de cuarzo. Sólo llegan a alcanzar cierta potencia (hasta 3 m) en raras ocasiones. Estas margas se formaron en un medio claramente marino, como se deduce de los restos microfósiles que contienen.

2.2.5. Formación Roja (Cuaternario antiguo)

Esta unidad aflora ampliamente en las proximidades de Moguer; se superpone en clara discordancia a las arenas basales, discordancia que es a veces erosiva.

Su potencia varía desde pocos decímetros a casi 20 m y aumenta desde el noreste a suroeste. Esta formación presenta una litología relativamente heterogénea: gravas, arenas y conglomerados, sueltos en algunos puntos y en otros cementados por óxidos de hierro, de ahí el predominio de la tonalidad rojiza que la caracteriza. La proporción en que se encuentran los anteriores constituyentes también es muy variable; a veces predominan las arenas, otras las gravas con matriz arenosa o bien unidas por cemento ferruginoso, etc.

Normalmente presenta en su superficie costras ferruginosas o conglomeráticas de cemento ferruginoso con espesor de 0.5 a 1 m.

Las estructuras sedimentarias que presentan son: paleocanales (muy frecuentes), estratificación cruzada (a veces bimodal y acuñada), orientación de los cantos, etc. Otro rasgo característico es que no presentan fauna. Por todo ello se les atribuye un origen fluvial

en régimen torrencial generalizado. Estos depósitos constituyen un glacis que desciende suavemente hacia el sur, desde los materiales paleozoicos de la Meseta, con una pendiente media de 5°.

En lo referente a la petrografía de estos materiales, los granos más abundantes son los de cuarzo, que aparecen en un porcentaje mayor que en las arenas basales infrayacentes. También presentan un grado de madurez mayor que éstas últimas, debido a que, en parte, la Formación Roja se nutre de la removilización de las arenas basales por el sistema fluvial que origina el glacis.

La FAO (1972a) asigna a estos depósitos una edad Plio-Villafranquiense, ya que son posteriores a las arenas basales (que consideran de edad Mioceno Terminal) y anteriores al Cuaternario Antiguo.

Viguiet (1974), Pastor y Leyva (1976) y otros autores los datan como Cuaternario Antiguo, puesto que presentan una discordancia erosiva muy marcada y generalmente encostrada en la formación de arenas basales (a las que se atribuyó una edad Plio-Cuaternaria). No obstante, Pastor y Leyva (1976) no descartan la posibilidad de que la Formación Roja pueda ser pliocena en parte, con lo cual la formación anterior pertenecería en su totalidad al Plioceno.

Un hecho interesante es que esta formación no se ha encontrado en los sondeos perforados en los limos y arcillas de las marismas. Además, la presencia de una lumaquela de ostreas en la base de esta unidad, en las proximidades de Villamanrique de la Condesa, parece confirmar que durante el depósito de la Formación Roja la zona de marismas permaneció sumergida.

2.2.6. Depósitos de marismas e infrayacentes (Cuaternario)

Se trata de depósitos fluvio-marinos del Cuaternario Antiguo y Medio, cubiertos por los sedimentos de marismas del Cuaternario reciente. El sector de las actuales marismas corresponde al mayor acúmulo de sedimentos cuaternarios en la Depresión del Guadalquivir.

Se disponen discordantemente sobre las formaciones infrayacentes (generalmente pliocuaternarias), con un contacto de tipo erosivo.

La zona de marismas sufrió, durante el Cuaternario Antiguo, una etapa de subsidencia más acusada que los sectores adyacentes. El depósito de sedimentos estuvo favorecido por la formación de una barra costera, que avanzaba hacia el sureste y cerró lo que hasta entonces era un golfo marino. Como consecuencia de ello se originó un ambiente de albufera que, progresivamente, fue colmatado por los sedimentos continentales que aportaban los cursos fluviales. A medida que se acumulaban los depósitos, el medio se iba haciendo más somero, hasta llegar a una zona de marismas como la actual.

Los depósitos fluvio-marinos comienzan generalmente con una capa de cantos rodados y gravas, que se encuentra entre 90 y 150 m de profundidad y tiene una potencia que varía entre 10 y 30 m. Existe otra capa más superficial, con unas características similares a la anterior, entre los 50 y 80 m de profundidad, con un espesor de 5 a 30 m. Estos dos tramos están bien individualizados, aunque son frecuentes los cambios laterales de facies, de forma que en las zonas próximas a los bordes parecen confundirse en una sola capa de 10 m de espesor (IGME, 1983).

Entre ambas capas, y sobre la más superficial, existe un paquete de arcillas y limos, con abundante microfauna típica de mares poco profundos y aguas bastante salinas.

Por tanto, se puede considerar el medio de depósito de estos materiales como de tipo marino, litoral, con influencias lacustres y episodios importantes de régimen fluvial.

Por encima de este conjunto de sedimentos fluvio-marinos, que no afloran en superficie, se disponen una serie de depósitos típicos de marismas, con una sedimentación que prosigue hasta el momento actual.

Es muy difícil establecer las características estratigráficas de la formación de marismas, debido a que la topografía prácticamente horizontal no permite la observación de cortes.

Leyva y Pastor (1976) distinguen tres tramos en esta formación, aunque opinan que quizás pueda tratarse de un sólo término con cambios laterales de facies rápidos y múltiples. Se expone a continuación un resumen de la descripción que hacen estos autores de los diferentes tramos.

El tramo inferior está constituido por sedimentos típicos de llanura de inundación, con una potencia entre 7 y 25 m.

Suprayacente y discordante sobre el anterior (a veces acordante o concordante) se dispone un segundo tramo. Su potencia generalmente es reducida (varía desde 20 cm a 5 m). Su litología es similar a la del paquete infrayacente en su parte baja: se trata de argiliolitas y/o limolitas arcillosas con paso a fangolitas.

El tercer y último tramo corresponde a los sedimentos actuales depositados en las cotas más bajas, en las zonas deprimidas, donde hay un estancamiento de las aguas de inundación. Por efecto de la evaporación estas aguas se cargan fuertemente en sales, lo que configura la litología de los sedimentos que se depositan: argiliolitas y/o fangolitas con láminas de sales.

En los bordes de los actuales cursos fluviales de las marismas, o más o menos dispersos, se encuentran pequeñas elevaciones más arenosas denominadas paciles y vetas. Corresponden a los "levees" actuales y abandonados, producidos por el desbordamiento de

los caños de las marismas (Tenajas, 1984).

La sedimentación en las marismas prosigue en la actualidad, aunque ralentizada. La velocidad de sedimentación se ha calculado por técnicas isotópicas: varía entre 5 mm/año para el período comprendido entre los 7.000 y 8.000 años antes del momento presente 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).

2.2.7. Depósitos de barra costera (Würmiense)

Vela (1984) la define como la formación arenosa que aflora a lo largo de la costa entre los sedimentos de marisma y el Océano Atlántico. Sus afloramientos constituyen el acantilado que se extiende desde Matalascañas hasta El Asperillo a lo largo de la playa.

En esta formación predominan las arenas amarillo-rojizas o blancas, entre las que se intercalan niveles margosos con turba que se acuñan lateralmente y pasan a margas verdosas. Presentan frecuentemente laminación cruzada y paralela (Vela, 1984).

En un corte al este de Matalascañas, Vela (1984) asigna a esta formación una potencia de 100 m. La potencia disminuye hacia el noroeste, de tal forma que, al oeste de Matalascañas, se encuentra el espesor mínimo aflorante (20 m).

Hacia el interior de la cuenca, el paso de estos materiales arenosos a los limos y arcillas de las marismas, se realiza gradualmente por un cambio lateral de facies: las arenas finas de playa pasan a arenas y arcillas, que constituye un término intermedio, y, finalmente, a los limos y arcillas azulados de las marismas.

Estos depósitos se interpretan como la superposición de surcos y barras prelitorales,

donde eventualmente se formarían los niveles turbosos y margosos (Vela, 1984).

A partir de la datación con Carbono 14 de unos niveles de turba intercalados en esta formación se les atribuye una edad Würmiense (entre 10.000 y 41.000 años antes del momento presente).

2.2.8. Turberas (Holoceno medio)

En la zona de estudio existen varias turberas; se trata de turba de mala calidad y arcillas oscuras, que pueden tener niveles arenosos intercalados.

Los espesores son variables. La potencia máxima observada es de 20 m en la turbera de Las Madres (en el extremo suroeste de la región).

Estas turberas se originaron después del encajamiento de la red fluvial, debido al avance de los antiguos frentes dunares que impiden el drenaje de algunos arroyos, de tal forma que se instaló un ambiente pantanoso con formación de turba. En el trabajo del IGME (1983) se consideran como Holoceno medio.

2.2.9. Manto eólico y dunas fósiles

Esta unidad la constituyen arenas blancas o, en ocasiones, pardas. Su potencia es variable y llegan a alcanzar, como máximo, varios metros de espesor.

Sobre la barrera de costa se formaron sucesivas generaciones de dunas que, o bien fueron arrasadas por la erosión dando lugar a un extenso manto arenoso (manto eólico), o bien han sido fijadas por la vegetación conservando su antigua morfología (dunas fósiles).

En cuanto a sus características litológicas, predominan los granos de cuarzo; en los restantes constituyentes, son más abundantes los feldespatos que los fragmentos de rocas. Su redondeamiento está comprendido entre 0'7 y 0'9, es decir, de subredondeados a redondeados.

En general, se clasifican como cuarzoarenitas, con baja proporción de subarcosas y sublitarenitas.

2.2.10. Dunas actuales

Se trata de 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 las marismas) de 3 m/año. En el Parque Nacional de Doñana se diferencian hasta cuatro trenes dunares, separados por depresiones interdunares o "corrales".

Son sedimentos típicamente eólicos, constituidos por arenas finas silíceas y carbonáticas, que provienen del arrasamiento de las formaciones infrayacentes (sobre todo de las arenas basales).

2.2.11. Terrazas fluviales, aluviales y playas

Las terrazas se producen debido al encajamiento de la red fluvial después del depósito de la formación roja. Se distinguen en algunas zonas hasta 3 niveles de terrazas, con una potencia muy variable (pueden alcanzar hasta 8 m de espesor).

Están constituidas por cantos de litología variable (cuarcitas, esquistos y pizarras esencialmente), arenas cuarcíticas y una matriz limo-arenosa (IGME,1983).

Las playas se extienden a lo largo de toda la línea de costa. Están formadas por arenas que se clasifican normalmente como cuarzoarenitas y subarcosas, con escasos feldespatos y un porcentaje de minerales pesados variable, que llega a alcanzar hasta el 97 % en las zonas de máxima concentración.

El estudio de la evolución de las playas proporciona información acerca de la tectónica reciente; se detecta que entre Mazagón y la Torre del Loro hay un avance de la línea de costa y un retroceso desde Matalascañas hasta Sanlúcar de Barrameda. Esta evolución es atribuible a la existencia de basculamientos, cuestión que será tratada con más detalles en el próximo epígrafe al abordar el análisis de la Tectónica reciente.

2.3. TECTONICA

La región donde se localiza el acuífero de Almonte-Marismas puede ser definida como una cuenca sedimentaria con un substrato paleozoico donde, desde el Mesozoico, se han ido depositando una serie de formaciones sedimentarias. Estos materiales se comportan de una forma plástica, en contraste con la rigidez y competencia del zócalo paleozoico (IGME, 1983).

Siguiendo las conclusiones del Grupo de Investigación Neotectónica del Arco de Gibraltar (1977), pueden distinguirse tres fases en cuanto a la evolución de la cuenca:

- Una primera etapa de tectónica distensiva desde el Tortonense hasta principios del Cuaternario, que origina la depresión tectónica del Guadalquivir. A lo largo de esta etapa se producen movimientos muy importantes y tiene lugar el emplazamiento de los materiales olistostrómicos de procedencia meridional que constituyen el llamado "Manto de Carmona".

Durante esta fase los movimientos tectónicos constituyen el principal control

paleogeográfico de la cuenca.

- La segunda etapa corresponde a una fase compresiva al comienzo del Cuaternario, con una dirección de acortamiento que varía desde NW-SE a N-S.

Según Viguié (1974), en esta etapa se originó la falla del Bajo Guadalquivir; se trata de una falla normal que es la responsable de la distribución desigual de las arenas basales a un lado y a otro del Valle del Guadalquivir. En el labio hundido se encuentran las marismas, separadas del mar por una flecha litoral; en el labio levantado (margen izquierda del Guadalquivir) afloran las arenas basales, que en la margen derecha están a una profundidad mucho mayor. Viguié data esta falla como Pleistoceno inferior.

- En una última etapa, a partir del Cuaternario medio y que llega hasta la actualidad, se generan en esta zona pliegues de gran radio de curvatura.

Varios investigadores (Leyva y Pastor, 1976; Torres, 1977; IGME, 1983; etc.) han definido la existencia de un suave abombamiento en la zona, cuyo eje se hunde hacia el sur.

Como claro exponente de la tectónica reciente, existen playas levantadas entre Matalascañas y Sanlúcar de Barrameda. Por el contrario, entre Matalascañas y Huelva existe un hundimiento general de la costa. Estas diferencias se explican por la existencia de un basculamiento, cuyo eje pasa por Matalascañas, que levanta la parte oriental y hunde, en igual magnitud, la parte occidental. Este proceso, que parece continuar en la actualidad (IGME, 1983), contribuye, en una pequeña parte, a la desecación progresiva de las marismas.

2.4. HISTORIA GEOLOGICA

Los sedimentos detríticos neógenos y cuaternarios del Valle del Guadalquivir yacen, casi en su totalidad, sobre un substrato paleozoico, excepto en su borde suroriental, donde se disponen sobre sedimentos mesozoicos autóctonos.

En el Triásico, la zona comienza a subsidir y se instala un mar con una sedimentación que continúa en el Jurásico y Cretácico. Estas formaciones, que más tarde se plegarán en la orogenia alpina, no se depositan en lo que actualmente es el Valle del Guadalquivir, donde hasta el Tortonense se produce un hiato estratigráfico.

En el Mioceno superior (Tortonense) se produce una transgresión importante debido a la subsidencia del zócalo paleozoico, que es más acusada en la Depresión del Guadalquivir. El mar invade toda la cuenca y comienza el depósito de los sedimentos terciarios.

En primer lugar, en clara discordancia sobre los materiales paleozoicos, se dispone la formación denominada "Mioceno Transgresivo de base". Se trata de facies detríticas groseras que pasan posteriormente a margas azules, debido a la transgresión tortoniense y a la profundización de la cuenca.

Se instaure de este modo una cuenca marina de profundidad media a grande, donde se produce el depósito de las margas azules ya en el Mioceno Superior. Esta sedimentación continúa hasta el Plioceno Inferior, con unas características muy uniformes, de modo que se alcanzan unos espesores de hasta 1.200 m; la subsidencia, durante este periodo, debió ser permanente.

A causa de la pronunciada subsidencia se producen importantes desequilibrios gravitacionales. Así, en las zonas de mayor inestabilidad, se originan deslizamientos gravitatorios submarinos que avanzan desde el sureste hacia el noroeste, es decir, hacia el centro de la cuenca. Estos deslizamientos constituyen un olistostroma formado por

sedimentos alóctonos en una masa caótica de materiales del Triásico, Jurásico, Cretácico y Paleógeno, junto con otras masas, con menor dislocación, de carácter flyschoide, de edad Oligoceno-Mioceno (IGME, 1983). En algunos sondeos estos sedimentos se encuentran sobre los materiales de edad Mioceno Superior-Plioceno Inferior.

El paso del Mioceno al Plioceno se produce en el seno de las margas azules, sin ningún cambio litológico apreciable.

A finales del Plioceno Inferior se produce un periodo regresivo; como consecuencia de ello, las margas azules pasan gradualmente a limos arenosos calcáreos.

Hacia el techo, los limos se van haciendo más arenosos; esto indica que la regresión continúa y se llega a una emersión progresiva. Se produce entonces una erosión del techo de los limos basales y posteriormente un depósito de arenas (IGME, 1983). Se trata de las arenas basales, originadas en un medio marino de poca profundidad, con importante influencia continental. En cuanto a la edad de esta formación, Leyva y Pastor (1975) la datan como Pliocuaternario. Estas arenas no se han encontrado en algunos sondeos en el Parque Nacional de Doñana, por lo que o bien el depósito de las arenas no ha tenido lugar o, más probablemente, han sido erosionadas (Tenajas, 1984).

A comienzos del Cuaternario se origina la falla del Bajo Guadalquivir que, como ha sido mencionado en el epígrafe anterior, afecta a las arenas basales hundiéndolas en la margen derecha del Guadalquivir.

La regresión continúa después del depósito de las arenas basales y se produce una emersión importante de estos sedimentos, a excepción de la zona de las actuales marismas. En las zonas emergidas se instaura una red fluvial importante que genera un depósito de tipo glacis: se trata de la denominada "Formación Roja" que yace discordante sobre las arenas basales. Esta unidad debe su color a que en esta etapa se produce una fuerte denudación de las arenas basales y las formaciones neógenas más altas, probablemente a causa de un cambio

climático al comienzo del Cuaternario, y se depositan sobre ellas los materiales de la Formación Roja.

A finales del Plioceno y principios del Cuaternario se produce una pequeña transgresión que va a dar lugar a la formación de un golfo situado en la zona de las actuales marismas (IGME, 1983), como lo demuestra el hecho de haber encontrado una lumaquela de ostras en la base de la Formación Roja, en las proximidades de Villamanrique de la Condesa.

Sin embargo, otros autores, como Tenajas (1984), atribuyen la instalación de ese golfo a la falla del Bajo Guadalquivir, que condiciona la paleogeografía al crear una zona hundida sobre la que se desarrollaron las marismas del Guadalquivir.

Simultáneamente, se va formando una barra costera en el borde más occidental del golfo, que avanza hacia el SE cerrando la bahía y transformándola progresivamente en una albufera. La barra costera se alimenta, principalmente, de las arenas basales infrayacentes. Se interpreta como la superposición de surcos y barras prelitorales donde, eventualmente, se depositan niveles turbosos y margosos (Vela, 1984).

El paso de un ambiente de golfo abierto a un medio restringido, de tipo albufera, provoca un cambio brusco en la sedimentación: se depositan sedimentos fluviales detríticos muy groseros. Los aportes fluviales sucesivos van colmatando la cuenca bajo un régimen típicamente deltaico, con algunas interferencias de origen costero y/o parálico (IGME, 1983). Leyva y Pastor (1976) atribuyen a un régimen torrencial, con un clima de tipo subtropical, el depósito de los sedimentos groseros.

Conforme se va rellenando la cuenca, se va transformando en un medio típico de marismas, con un depósito de limos y arcillas que continúa en la actualidad, aunque más ralentizado debido a la colmatación de la cuenca.

Por otra parte, sucesivos descensos en el nivel de base de los ríos provocaron el encajamiento de la red fluvial y la formación de varios niveles de terrazas.

Sobre la barra costera y la Formación Roja se desarrollan varios sistemas de dunas. Se distingue un sistema antiguo de dunas fijadas por la vegetación (parcialmente arrasado) y un sistema actual que alcanza su mayor desarrollo en el Parque Nacional de Doñana. Estas arenas eólicas sufren una fuerte removilización y, en la actualidad, avanzan recubriendo la marisma.

El avance de estos sistemas de dunas puede llegar a obstruir la desembocadura de algunos arroyos, impidiendo su drenaje. De este modo se generan unos ambientes pantanosos en los que se generan capas de turba.

Mientras tanto, en las zonas costeras se producen depósitos de playas que se alimentan a partir de las arenas de formaciones infrayacentes.

Por último, es digno de reseñar que en el Cuaternario medio y reciente se producen algunos abombamientos y basculamientos en esta zona. Son los responsables de la diferente dinámica litoral entre las playas al este y oeste de Matalascañas, así como de que en algunos lugares existen capas de turba subhorizontales.

3. *CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS*



3.1. INTRODUCCION

Existe una amplia documentación hidrogeológica sobre el acuífero Almonte-Marismas; las investigaciones sobre este sistema se iniciaron a finales de los años 60, cuando la FAO, en colaboración con el Gobierno español, emprendió una serie de estudios encaminados a evaluar la posibilidad de transformar en regadío extensas zonas del acuífero. Desde entonces, se han llevado a cabo numerosos trabajos sobre la hidrogeología de ese sistema, realizados por diferentes organismos (IGME, IRYDA, MOPU, Universidades, etc).

A continuación se resumen, a partir de la abundante bibliografía existente, las principales características hidrogeológicas del acuífero. Se hace especial hincapié en los datos relativos al balance del sistema, que, por otro lado, son los más discutidos; a este respecto se incluye al final de este capítulo una síntesis de los principales trabajos realizados con anterioridad.

3.2. FORMACIONES PERMEABLES. NATURALEZA Y LIMITES DEL ACUIFERO

Como se desprende de la descripción litoestratigráfica de los materiales realizada en el capítulo anterior, las formaciones permeables presentes en el área estudiada son las siguientes:

- "Arenas basales" del Pliocuatnario, que forman el cuerpo principal del acuífero. Su espesor varía desde 20 m en la zona de Almonte a 80-100 m en el borde las marismas, en cuyo extremo meridional se llegan a alcanzar hasta 200 m de espesor (IGME, 1983).
- "Formación Roja" del Cuaternario Antiguo (gravas, arenas, conglomerados), con una potencia muy variable, pero que no supera los 15 o 20 m (IGME, 1983).

- Depósitos fluviomarinos cuaternarios, situados bajo las actuales marismas. Constituidos principalmente por dos capas de cantos rodados y gravas: la más profunda con una potencia entre 10 y 30 m y la superficial con un espesor que varía entre 5 y 30 m (IGME, 1983).
- Barra costera, sistema de dunas actuales y antiguas, terrazas fluviales, playas, etc.
- "Limos basales" del Plioceno, que afloran extensamente en la zona septentrional del sistema; se incluyen en el acuífero, aunque en realidad su comportamiento es semipermeable-permeable.

Todas estas formaciones están conectadas hidráulicamente entre sí, constituyendo un único sistema acuífero: el denominado Almonte-Marismas que, como más adelante se detallará, es en parte libre y en parte confinado (o más exactamente semiconfinado). Localmente pueden existir niveles colgados ligados a capas impermeables más o menos continuas (IGME, 1983). Custodio (1992) diferencia entre un nivel profundo más permeable y un recubrimiento, a veces de decenas de metros de espesor, de arenas medias y finas bastante menos permeable, que actuaría como un nivel semiconfinante de los materiales anteriores más profundos.

Los límites del sistema son (fig. 1):

- Por el norte y el noroeste, los afloramientos de margas azules impermeables del Tortoniense.
- Por el este, los ríos Guadiamar y Guadalquivir. El primero como se detallará en apartados posteriores constituye una divisoria de aguas subterráneas. El segundo constituye un límite convencional, pues las formaciones acuíferas se prolongan hacia el sureste, aunque el interés del acuífero en este sector es reducido debido a la deficiente calidad del agua.
- Por el sur y suroeste, el Océano Atlántico.
- Por el oeste, el río Tinto.

3.3. GEOMETRIA DEL ACUIFERO

Los materiales permeables son aflorantes o subaflorantes en la mayor parte del sistema (1840 km²) donde constituyen la parte libre del acuífero. Bajo las actuales marismas del Guadalquivir el acuífero pasa a estar semiconfinado por la formación de limos y arcillas, con una superficie de 560 km².

El substrato impermeable del sistema está constituido por las margas azules del Mioceno Superior-Plioceno inferior, que se disponen con un suave buzamiento hacia el sur (fig. 2).

Como ya se indicó en el epígrafe 2.1.2. la superficie del techo de estas margas presenta unos surcos o depresiones bajo el río Guadiamar y arroyo de La Rocina. En la zona de Almonte el techo de las margas azules presenta un buzamiento general hacia el sur del orden del 5 %.

Así mismo, debido al buzamiento hacia el sur de las margas azules, la potencia del acuífero aumenta de norte a sur, alcanzando espesores del orden de 200 m bajo las marismas (IGME, 1983).

3.4. PIEZOMETRIA

El nivel piezométrico se halla a muy poca profundidad en todo el acuífero. En líneas generales, la superficie piezométrica se adapta a la topográfica (fig. 2 y 3). En la parte libre del sistema, la profundidad del nivel piezométrico es inferior a 10 m en la mayor parte de la superficie, con una profundidad media de 6 m (IGME, 1983). Los mayores espesores no saturados se alcanzan en la zona de Almonte-Hinojos-Villamanrique. Por el contrario, las menores profundidades se encuentran en la superficie ocupada por el Parque Nacional de

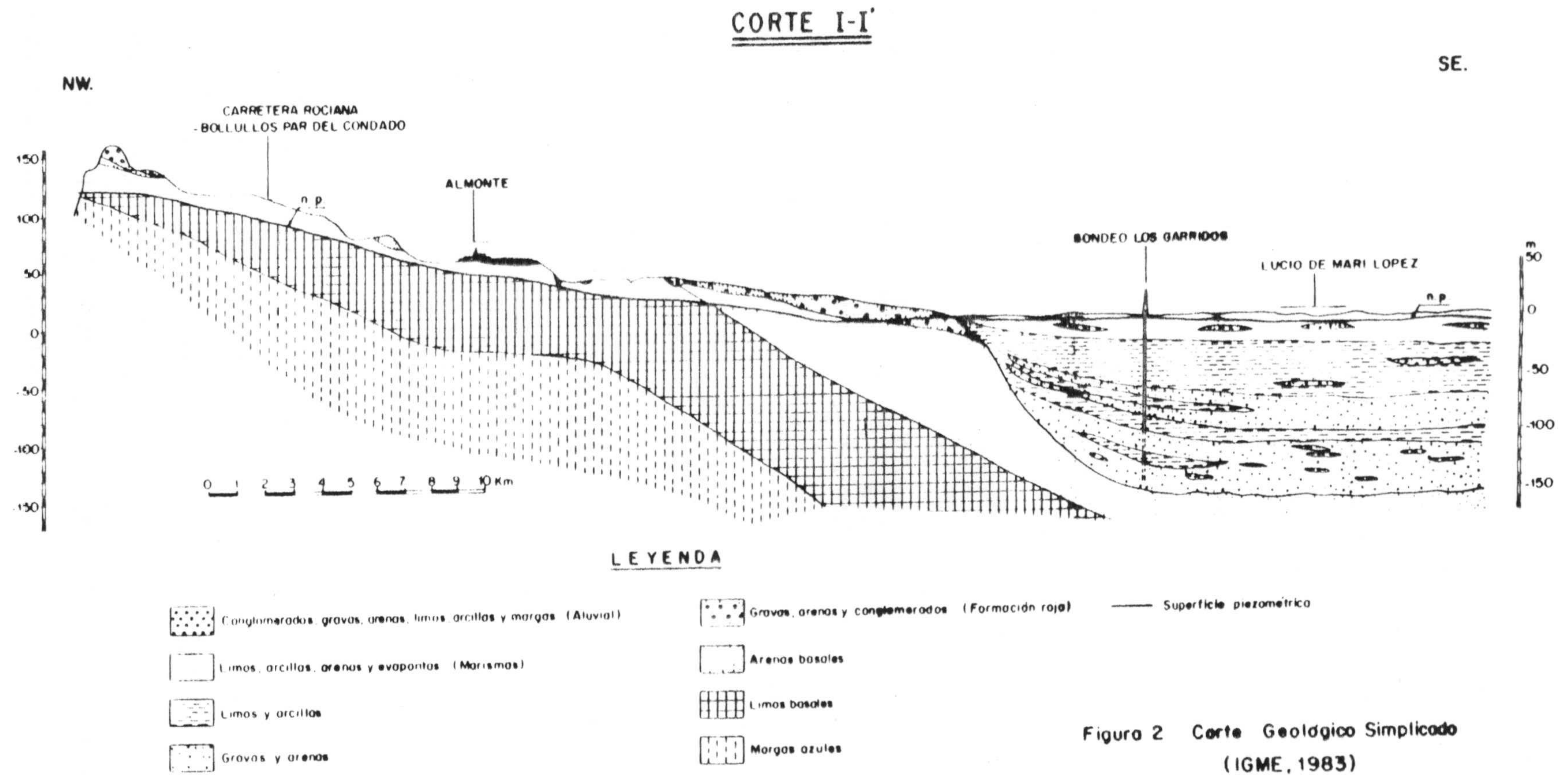
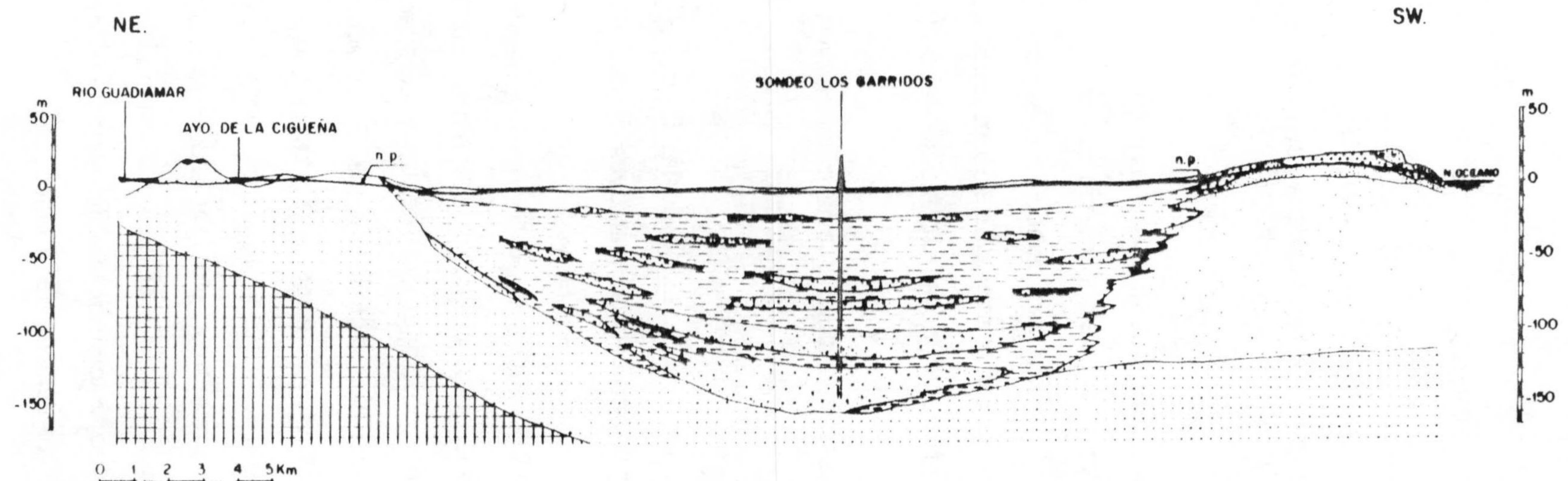


Figura 3.1. Corte hidrogeológico simplificado I-I' (IGME, 1983)

CORTE II-II'



LEYENDA

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Arenas (Playas, dunas actuales) Conglomerados, gravas, arenas, limos, arcillas y margas (Aluvial) Limos, arcillas, arenas y evaporitas (Marismas) Arenas (Manto edico) | <ul style="list-style-type: none"> Arenas (Dunas antiguas) Arenas (Barra costera) Limos y arcillas Gravas y arenas | <ul style="list-style-type: none"> Gravas, arenas y conglomerados (Formación roja) Arenas basales Limos basales Superficie piezométrica |
|---|--|---|

Figura 3 Corte Geológico Simplificado
(IGME, 1983)

Figura 3.2. Corte hidrogeológico simplificado II-II' (IGME, 1983)

Doñana y su entorno, donde, en la época húmeda, el nivel piezométrico llega a alcanzar la superficie del terreno en numerosas depresiones.

En el acuífero semiconfinado el nivel piezométrico se sitúa por encima de la superficie topográfica, de modo que todos los sondeos perforados en la zona de marismas son artesianos (FAO, 1972a).

Los mayores gradientes hidráulicos se encuentran en la parte norte del acuífero (con valores del orden de 1.6%). Por el contrario, los valores mínimos corresponden a la zona del acuífero semiconfinado bajo las marismas, donde no se supera el 0.25 ‰ (IGME, 1983). El nivel piezométrico desciende desde una cota de 150 m en el borde norte, hasta el nivel del mar; lo que representa un gradiente hidráulico medio del 5‰.

De los mapas de isopiezas se deduce que la circulación se realiza preferentemente hacia las marismas, excepto en dos áreas: la zona costera, donde existe un "domo piezométrico" alargado paralelo a la costa, y en la parte oeste del acuífero, donde la circulación se realiza de este a oeste. El trazado de las líneas isopiezas también indica un drenaje del acuífero hacia los principales ríos y arroyos de la zona.

Las fluctuaciones estacionales de los niveles, en régimen natural, son del orden de tres metros, según IGME (1983). Sin embargo, los datos que hemos obtenido en esta investigación muestran que, en condiciones de intensas precipitaciones, estas oscilaciones pueden ser mucho mayores (superiores incluso a 8 m). En el acuífero semiconfinado estas variaciones son, en general, inferiores a un metro (FAO, 1972a). Según Rodríguez Arévalo (1984), en el ecotono La Vera-La Retuerta (zona de contacto acuífero libre-semiconfinado) las oscilaciones son menores de 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 estacionales varían entre 2.5 y 3 m. Así mismo, este autor también detecta un progresivo descenso de los niveles en las áreas próximas a los centros de bombeo.

3.5. PARAMETROS HIDRODINAMICOS

La permeabilidad varía entre 10^{-5} m/s en la parte septentrional del acuífero y 2×10^{-3} m/s en la zona de Villamanrique de la Condesa. No obstante, el valor en la mayor parte del acuífero es de 10^{-4} m/s y las diferencias en los caudales obtenidos por las obras de captación se deben a variaciones en las transmisividades debidas a cambios en el espesor saturado (FAO, 1972a).

A partir de la aplicación de un modelo matemático (IGME, 1983) se distinguen los siguientes sectores en el acuífero según el valor de la transmisividad:

1. Franja más septentrional del acuífero (al norte de Almonte); es la de más baja transmisividad, con valores medios inferiores a 10^{-4} m²/s que aumentan hacia el sureste.
2. Zona costera entre Mazagón y Matalascañas, con transmisividades de 10^{-3} a 10^{-4} m²/s. En esta zona el coeficiente de infiltración es prácticamente del 100%.
3. Franja del acuífero libre que bordea el contacto con el acuífero semiconfinado; es el área de transmisividades más altas.
- 4 y 5. Pertenecientes al acuífero semiconfinado; sólo se separan a efectos prácticos, pues uno corresponde a la parte del acuífero semiconfinado con agua dulce y el otro con agua salina. La transmisividad es alta en ambos casos, debido fundamentalmente a un incremento del espesor del acuífero.

El coeficiente de almacenamiento para el acuífero semiconfinado tiene un valor entre 10^{-3} y 10^{-4} . Para la parte libre del sistema se obtienen valores entre 2×10^{-4} y 2×10^{-3} , lo que parece indicar la existencia de una capa superficial discontinua que actúa confinando el acuífero. Sin embargo, en explotaciones continuadas, una vez que el descenso del nivel en

el acuífero supera esta capa, el acuífero se comporta como típicamente libre, con un valor del coeficiente de almacenamiento entre 2 y 5% (IGME, 1983).

3.6. BALANCE DEL SISTEMA

Es en este apartado donde existe una mayor discrepancia entre los distintos informes consultados. El hecho de que entre las mayores divergencias se encuentren las cifras de recursos (cuyas estimaciones extremas difieren prácticamente en una proporción de 1 a 3) traduce la necesidad de incrementar y mejorar los datos de partida del balance.

En la tabla 1 se resumen los diferentes balances extraídos de la bibliografía existente. Se constata que las cifras que han sido asignadas para la evapotranspiración se sitúan entre un mínimo de 60 y un máximo de 270 hm³/año y el drenaje a ríos y arroyos ha sido evaluado desde 7 hasta 166 hm³/año. Para los otros componentes del balance se encuentran discrepancias similares.

Tabla 1. RESUMEN DE LOS DATOS DEL BALANCE DE INVESTIGACIONES PREVIAS

	FAO 1972	FAO (*) 1972	IRYDA (*) 1976	Lucena y García (*) 1978	IGME 1982*	IGME 1983
Superficie (km ²)						
libre	1963	2030	2180	2500	1840	1840
semiconfinado	1400	1400	1525		560	560
ENTRADAS (hm ³ /año)						
Infiltración	301	450	148	427	200	278(2)
Retorno 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
Descargas 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) Se considera la alimentación como la lluvia útil

3.6.1. Alimentación al sistema

La recarga del sistema proviene fundamentalmente de la infiltración de las precipitaciones sobre la zona libre del acuífero. Otras entradas, tales como la infiltración de la escorrentía generada sobre las margas azules que constituyen el borde norte del sistema y el retorno de regadíos, son de mucha menor magnitud.

En el trabajo del IGME (1983), al igual que en el informe de la FAO (1972a), se distinguen tres zonas según su capacidad de infiltración, lo que condicionará la recarga:

- Zona oeste y barra costera, con permeabilidades muy altas debido a su carácter arenoso.
- Franja que bordea las marismas, donde se favorece la infiltración debido a la topografía muy suave.
- Zona norte, con menos infiltración debido a las mayores pendientes y a la intercalación de paquetes limo-arcillosos.

En el trabajo realizado por Baonza et al., (1984) se indica que, debido a la presencia episódica de niveles impermeables próximos a la superficie, la distribución de la alimentación es muy irregular (excepto en la zona de dunas).

En el estudio de la FAO (1972a) se divide la superficie del acuífero en dos zonas para el cálculo de la recarga: una forestal, con una capacidad de campo de 300 mm, que cubre 707 km² y el resto (con una superficie de 1256 km²), con una reserva útil de 100 mm. La recarga en la primera es de 63 mm (44 hm³/año) y en la segunda de 200 mm (257 hm³/año) con una pluviometría media anual de 585 mm.

Según el trabajo del IGME (1983), la precipitación media en el área de recarga en el

periodo 1969-80 es de 575 mm, la ETP varía entre 824 y 843 mm, calculada según el método de Thornthwaite, y superior a 1200 mm según el método de Turc. En la evaluación de la ETR no se tiene en cuenta en este trabajo la diferenciación de tres zonas en el acuífero con distinto coeficiente de infiltración, sino que se distinguen las dos zonas definidas por la FAO: una forestal (de 710 km₂ de extensión), con una capacidad de campo de 300 mm, y otra con un valor de 100 mm de capacidad de campo (con una superficie de 1130 km²). Los valores obtenidos de este modo son de 1031 hm³ para la precipitación, y 754 hm³ para la ETR, calculada ésta según el método de Thornthwaite, pues el de Turc se desestima por proporcionar valores excesivamente altos de la ETP. La lluvia útil asciende, por tanto, a 278 hm³. En este informe se considera como infiltración toda la lluvia útil; la escorrentía superficial, por lo tanto, se considera nula.

Vela (1984), al calcular la recarga para la zona de dunas, considera representativa la estación "El Abalario", próxima al área estudiada, con una pluviometría media de 618 mm. Este autor calcula el balance hídrico para una reserva útil de 100 mm. La ETP calculada por Thornthwaite supone 823 mm y la ETR 427 mm, lo que implica una lluvia útil de 191 mm (31 % de la precipitación). Dado que no existe escorrentía superficial, la lluvia útil constituye la recarga del acuífero en esta zona.

A partir de la aplicación del último modelo matemático del IGME (1982), se obtiene un valor para la lluvia útil de 250 hm³/año, de los cuales 50 corresponden a la escorrentía superficial y el resto (200 hm³/año) constituye la alimentación al acuífero.

Baonza et al.(1984) a partir del contenido en tritio de las aguas subterráneas. Según estos autores, la recarga media es de 56 mm/año (106 hm³/año). No obstante, aportan esta cifra como un dato meramente estimativo, debido a la disposición no uniforme de los pozos investigados en la superficie del acuífero y a la desigual distribución de las concentraciones en dicho isótopo.

Guimerà et al. (1991), mediante una experiencia de trazado en la zona no saturada

con cloruro de litio (en un área arenosa sin vegetación), deducen una recarga del 70% de la precipitación entre diciembre de 1989 (fecha de aplicación del trazador) y junio de 1990. En este mismo trabajo se realiza un balance de cloruros entre los contenidos de la precipitación y el de agua intersticial por debajo de la zona de evapotranspiración (estimado a partir del existente en la parte superior del nivel freático), proporcionando valores entre 120 y 240 mm para la recarga, lo que representa del 20 al 40% de la precipitación media. También se estima la recarga, para el año completo, a partir de los ascensos del nivel piezométrico observados; considerando una porosidad drenable de 0.25 la recarga es de 412.5 mm (54% de la precipitación).

Samper et al. (1991) por medio de un balance diario del agua en el suelo, en una zona de arenas sin vegetación, obtiene una estimación de 300 mm para la recarga media

Coletto Fiaño y Gómez Martos (1992) obtienen, durante el año 1989-90, un valor superior a 700 mm para la recarga mediante la utilización de isótopos estables y perfiles de humedad en la zona no saturada. No obstante, hay que señalar que estos valores se obtuvieron en una parcela arenosa desprovista de vegetación (la misma ensayada por Guimerà et al., 1991) a lo largo de un año excepcionalmente lluvioso (900 mm).

3.6.2. Salidas del sistema

La descarga del sistema se produce por:

- Drenaje a ríos y arroyos
- Evapotranspiración adicional en zonas forestales con el nivel piezométrico a menos de 2 m de profundidad.
- Salidas hacia el océano.
- Extracciones por bombeo
- Flujo hacia el acuífero semiconfinado.

3.6.2.1. Drenaje a ríos y arroyos

En base a una serie de aforos puntuales realizados durante los años 1969 a 1971 en los arroyos de la Rocina y del Gato, la FAO (1972a) calcula el caudal por unidad de superficie y se extrapola la media de estos resultados al resto de la cuenca. La escorrentía superficial se estima en $59 \text{ hm}^3/\text{año}$.

En el trabajo del IGME (1983), a partir de los mismos datos que la FAO, se obtiene un resultado de $50 \text{ hm}^3/\text{año}$, exceptuando la cuenca del río Guadiamar. Para el caso de este río, las salidas se calculan en base al gradiente hidráulico y la transmisividad media, totalizando $30 \text{ hm}^3/\text{año}$. Por lo tanto, la descarga a ríos y arroyos supone $80 \text{ hm}^3/\text{año}$ según el informe mencionado (IGME, 1983).

3.6.2.2. Evapotranspiración en las zonas de bosques con nivel piezométrico a profundidad menor de 2 m

La FAO (1972a) distingue dos zonas: 1) una zona forestal de pinos y eucaliptos, con nivel piezométrico a menos de 2 m de profundidad, de 215 km^2 de superficie y 2) zona de arbustos con nivel piezométrico a profundidades mayores de 2 m, con una superficie de 100 km^2 . Las cantidades calculadas de evapotranspiración para cada una de dichas zonas son de 136 y $3 \text{ hm}^3/\text{año}$, respectivamente.

En el informe del IGME (1983) la superficie cubierta por zonas forestales con nivel piezométrico inferior a 2 m es de 220 km^2 . Se supone que en estas zonas la ETR es igual a la ETP, lo que supone un consumo adicional por la vegetación de $60 \text{ hm}^3/\text{año}$. De la aplicación del modelo matemático se obtiene un valor de $73 \text{ hm}^3/\text{año}$.

3.6.2.3. Salidas al océano

En el trabajo de la FAO (1972a) no se tienen en cuenta las salidas subterráneas al mar para realizar un primer balance (ver cuadro 1). Sin embargo, dichas salidas son contempladas en el modelo matemático realizado en el mismo trabajo, que evalúa cifra de 50 hm³/año como pérdidas al mar.

En el informe del IGME (1983) se utiliza la anterior estimación de 50 hm³/año. A partir de la utilización del modelo matemático esta cifra se reduce a 38 hm³/año.

3.6.2.4. Extracciones por bombeo

Los datos referentes a las extracciones por bombeo se muestran en el cuadro 1. Estos valores, en todos los informes previos consultados, se han obtenido básicamente a partir de encuestas puntuales y de acuerdo con los datos relativos a las necesidades hídricas o dotaciones de los cultivos que ocupan la mayor parte de la superficie del acuífero libre. Más recientemente Castells et al. (1992) evalúan las extracciones por bombeo entre 73 y 82 hm³/año.

3.6.2.5. Flujo hacia el acuífero semiconfinado

La FAO (1972a), a partir de la aplicación de un modelo analógico de tipo Hele-Shaw, aporta un valor de 80 hm³/año como descarga al acuífero semiconfinado. Sin embargo, tras la aplicación de su modelo matemático, esta cifra se incrementa hasta 120 hm³/año.

En el trabajo del IGME (1983) se facilita un valor de 40 hm³/año para este término del balance. Del modelo se obtiene una cifra de 15 hm³/año.

3.7. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS GENERALES

En el informe realizado por el IGME (1983) se distinguen 3 zonas en cuanto a las características hidroquímicas de las aguas del acuífero: acuífero libre, semiconfinado y los lentejones incluidos en las formaciones semiconfinantes.

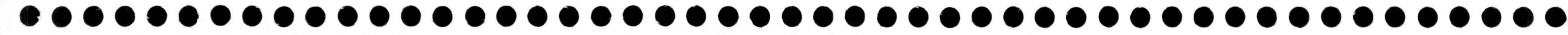
En el acuífero libre, en general, las aguas son de muy buena calidad: los contenidos en Cl^- están comprendidos entre 25 y 250 ppm; los de SO_4^{2-} son inferiores a 400 ppm, con amplias zonas con contenidos menores a los 25 ppm; en cuanto al total de sólidos disueltos (TSD), gran parte del acuífero libre tiene contenidos inferiores a 750 mg/l. En la zona de contacto acuífero libre-semiconfinado las aguas son algo más mineralizadas y con facies entre cloruradas sódicas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas (Manzano et al., 1991). En la parte norte del acuífero, las aguas son fundamentalmente bicarbonatadas cálcico-magnésicas debido a la presencia de limos arenosos calcáreos (limos del Plioceno).

En la zona de Marismas existe una interfase NNE-SSW entre aguas dulces (al oeste) y aguas saladas o salobres (al este) congénitas de los sedimentos. Debido a la continua recarga de agua dulce en la parte libre del acuífero, la interfase se desplaza lentamente hacia el este, en régimen natural. En la zona del acuífero semiconfinado con agua dulce, la calidad es similar a la del acuífero libre.

La tercera de las zonas antes definidas la constituyen los lentejones permeables intercalados entre los sedimentos arcillosos de marismas y en las margas azules infrayacentes al acuífero principal. El agua subterránea tiene en estos lentejones contenidos en cloruros similares a los de las aguas salobres del acuífero semiconfinado. Existe una gradación en el contenido en sales de estos lentejones, debido al flujo ascendente de agua dulce a través de la formación semipermeable de las marismas, de forma que las aguas van lavando los lentejones más próximos al acuífero de agua dulce y se van cargando progresivamente en sales hasta alcanzar la superficie.

4. RESULTADOS DEL CONTROL PIEZOMETRICO





4.1 INTRODUCCION

A continuación se describen las características de los sondeos perforados y, posteriormente, los principales resultados y conclusiones extraídas de las series de datos piezométricos registradas. Por último, se exponen los resultados de los controles foronómicos realizados en los primeros años de control.

Aunque el plan trazado al comienzo de esta investigación preveía la instalación de data-logger en todas las estaciones, éste no se completó hasta mayo de 1992. El único piezómetro controlado en continuo durante los cuatro años de estudio fue el de la estación 4 (Palacio de Doñana) en la que se instaló un data-logger en septiembre de 1989. En mayo de 1990 se instaló un limnógrafo vertical convencional en la estación 2 (El Caoso) y, en enero de 1991, un limnógrafo horizontal en la estación 3 (Los Mimbrales). Los limnógrafos fueron retirados cuando en mayo de 1992 se instalaron en las estaciones 1, 2, 3 y 5 unidades automáticas de adquisición de datos como la de la estación 4.

Estas unidades (marca ETRELEC) constan de un módulo central programable, un módulo de memoria intercambiable y una sonda sumergible para el registro de la piezometría, temperatura y conductividad del agua. El módulo de memoria intercambiable transfiere los datos almacenados mediante una unidad lectora acoplada a un ordenador, de este modo se facilita su tratamiento posterior. La toma de medidas se programó con un intervalo de 30 minutos en un principio y, más tarde, a la vista de los resultados y el gasto de memoria y baterías que ello suponía, se decidió ampliar este intervalo a 1 hora. La precisión que se alcanza es de 0.01 °C, 1 μ S/cm y variaciones del nivel piezométrico de 1 mm.

4.2. CARACTERISTICAS DE LOS PIEZOMETROS PERFORADOS

Para realizar los piezómetros en las estaciones seleccionadas se llevó a cabo una

campana de perforación en junio de 1989. Las perforaciones se realizaron por rotación, con inyección de aire comprimido, entubándose con tuberías de PVC de 145 mm de diámetro. Seguidamente se describen los datos de cada sondeo:

- **Piezómetro 1** (al norte de Rociana). Se perforan 10 m. Se entubaron los cuatro primeros metros con tubo ciego y los seis últimos metros con tubo ranurado. En la perforación sólo se cortan los limos amarillos del Plioceno medio. El nivel piezométrico se encontró a 5.5 m de profundidad.

- **Piezómetros 2 y 2'** (al sur de Hinojos, junto a la finca "El Caoso"). Como anteriormente indicamos, en esta zona se preveía la existencia de un horizonte fragipán, por lo que, siguiendo el plan de investigación, se planteó la instalación de dos tubos piezométricos de distinta profundidad: el primero hasta la zona saturada y el segundo hasta el techo del fragipán, para así poder detectar la posible existencia de una zona saturada "colgada".

Antes de iniciar la perforación, se practicó una cata de 2.2 m de profundidad (por medio de una retroexcavadora), con el fin de conocer exactamente la profundidad a la que se hallaba el fragipán. Se obtuvo el siguiente perfil del suelo:

0-120 cm: Horizonte A, de arenas blancas, posiblemente de origen eólico, muy sueltas, sin ninguna estructura. Dentro de este nivel se puede distinguir una capa más superficial con tonos más oscuros debido al mayor contenido de materia orgánica; así mismo, presenta abundantes raíces. El contacto con la capa inferior es gradual.

121-165 cm: Horizonte B, de acumulación de materia orgánica y material fino. Presenta tonos muy oscuros (casi negro). Se trata de granos de arenas aglomerados por materia orgánica y arcillas. Este horizonte tiene un alto contenido en humedad y presenta un comportamiento plástico. El contacto con la capa inferior es

neto.

166-185 cm: Fragipán, capa más compacta y de color claro amarillento. No presenta gran dureza (puede ser debido a que presenta un cierto grado de humedad). Aspecto franco arenoso. Se rompe en agregados de varios centímetros, en los que se observan poros pequeños. Los contactos con las capas superior e inferior son netos.

186-220 cm: Arenas sueltas, parecidas a las del horizonte A pero más amarillentas, sin contenidos apreciables de materia orgánica. Puede tratarse de las arenas basales del Plio-cuaternario.

Una vez realizada la cata, se procedió a perforar en las inmediaciones. En primer lugar, se comenzó con el sondeo más profundo, en el que se alcanzaron 15 m de profundidad. Durante la perforación se tomaron muestras de detritus a distintas profundidades:

- 2 m: nivel arcilloso muy oscuro, con abundante materia orgánica.
- 3 m: arena fina amarillenta.
- 6 m: limos amarillos.
- 9 m: limos amarillos.
- 11 m: margas azules.
- 12 m: margas azules.

No obstante, debido al método de perforación utilizado y la toma de muestras en la boca del sondeo, estos datos sólo deben ser considerados como una aproximación de las distintas profundidades de aparición de los materiales. El agua se encontró a 6.5 metros de profundidad. La entubación se hace con 6 metros de tubo ciego, seguidos de 6 metros de tubo ranurado y, por último, 3 metros de tubo ciego en la parte más superficial.

Hay que resaltar la poca profundidad a la que están las margas azules en este sector, en contra de lo que cabría de acuerdo con los mapas geológicos y a los estudios realizados por la FAO a principios de los 70. Para comprobar si estas margas azules son efectivamente las mismas que afloran en la parte norte del sistema y constituyen la base impermeable del acuífero, se realizó un análisis micropaleontológico sobre una muestra tomada durante la perforación, pero la fauna encontrada no permitió una datación concluyente.

A continuación, a una distancia de aproximadamente 10 m del piezómetro anterior, se perforó el segundo piezómetro hasta una profundidad de 170 cm, entubándose con tubería ranurada.

- **Piezómetro 3** (en la finca Los Mimbrales). En esta ocasión se perforó hasta 18 metros de profundidad; sólo se atravesaron arenas finas amarillentas que, posiblemente, correspondan a las arenas basales que afloran en gran parte de este sector.

El nivel piezométrico se encontró a 1.5 m de la superficie. La entubación se realizó con 9 m de tubo ranurado en la parte inferior, seguidos de 9 m de tubo ciego hasta la superficie.

- **Piezómetro 4** (en las proximidades del Palacio de Doñana). En la perforación se alcanzaron los 10 m de profundidad. La columna estaba formada por arenas finas amarillentas; sólo se interrumpen a unos 2 ó 3 metros de profundidad, donde se halla un nivel más oscuro que corresponde, posiblemente, a un paleosuelo.

El agua se encontró a 1.5 m de profundidad. Se entubó con 6 m de tubo ranurado en la parte inferior y los otros cuatro metros con tubo ciego.

Los piezómetros 3 y 4 se cegaron parcialmente debido a la entrada de arena después de su entubación. En el piezómetro 4 se pudo realizar una limpieza extrayendo toda la arena mediante las técnicas adecuadas. Sin embargo, en el piezómetro 3 (Finca Los Mimbrales)

esto no fue posible, por lo que en octubre de 1989 se realizó otra perforación, esta vez por rotación en circulación directa, llegando hasta los 20 m de profundidad.

En la estación 5 (Corral Largo), dada la imposibilidad de que la máquina de perforación llegara hasta este punto, se realizó una perforación con una barrena manual, alcanzando 2 metros de profundidad (el nivel del agua se situaba a 110 cm de profundidad). Se utilizó un tubo de PVC de 7.5 mm de diámetro abierto por el fondo.

4.3. RESULTADOS DEL CONTROL PIEZOMETRICO

En los piezómetros perforados, hasta la instalación de los data-logger de registro continuo, se llevó a cabo la medida de niveles con una periodicidad aproximadamente mensual. Estos controles también se realizan en otros puntos de interés. En primer lugar, se comentarán los resultados obtenidos en las estaciones 1, 2, 3 y 5. A continuación se tratarán más detalladamente los gráficos obtenidos de la unidad de registro continuo instalada en el Palacio de Doñana (pues se dispone de una serie más amplia), donde se realiza un intento de calcular la recarga por medio de los ascensos de nivel observados. Posteriormente, se analizará la evolución histórica de los niveles en el Corral Largo a partir de datos recopilados y, por último, se efectúa un análisis de las oscilaciones de pequeño rango registradas en las estaciones 4 y 5.

4.3.1. Evolución piezométrica

En algunos de los gráficos presentados se distingue una primera parte con medidas puntuales y otra posterior en continuo, a partir de la instalación de limnigrafos y data-loggers.

En las figuras 4.1 a 4.5 se observa la variación de los niveles piezométricos en las

estaciones experimentales. Durante noviembre y diciembre de 1989 se produce, en todos los casos, un rápido ascenso como respuesta a importantes precipitaciones, hasta situarse el nivel en todos los puntos controlados a pocos decímetros de la superficie del suelo. La amplitud de la oscilación varía de menos de 1 m en la estación 3 (Los Mimbrales) a más de 7 m en la estación 2 (El Caoso), diferencias atribuibles al distinto espesor de la zona no saturada en cada punto.

Tabla 4.1. Precipitación mensual en las estaciones de control (valores en mm)

	nº 1 Rociana	nº 2 Caoso	nº 3 Mimbrales	nº 4 P.Doñana
Sep-89	32.9		10.5	29.0
Oct-89	111.8		141.7	70.6
Nov-89	315.0		257.0	234.5
Dic-89	431.0	303.1	311.7	237.9
Ene-90	115.2	92.7	60.4	83.4
Feb-90	0.0	0.0	3.8	0.0
Mar-90	12.9	29.4	52.5	20.9
Abr-90	70.0	74.3	65.2	70.7
May-90	9.0	16.5	6.0	5.8
Jun-90	0.0	0.0	0.0	0.0
Jul-90	0.0	0.0	0.4	0.0
Ago-90	0.0	0.0	0.2	0.0
Total	1097.8	516.0	909.4	752.8

	nº 1 Rociana	nº 2 Caoso	nº 3 Mimbrales	nº 4 P.Doñana
Sep-90	0.4	3.3	7.2	4.1
Oct-90	63.7	103.4	94.1	60.9
Nov-90	33.4	37.4	46.8	30.8
Dic-90	38.3	29.7	65.1	52.9
Ene-91	14.3	7.9	10.4	3.9
Feb-91	125.6	143.2	153.9	159.9
Mar-91	81.9	123.7	108.5	96.0
Abr-91	70.6	26.4	66.0	51.5
May-91	0.0	0.0	0.8	0.2
Jun-91	21.0	2.8	0.8	0.0
Jul-91	0.2	0.7	7.3	5.1
Ago-91	0.0	0.0	5.4	0.0
Total	449.4	478.5	566.3	465.3

	nº 1 Rociana	nº 2 Caoso	nº 3 Mimbrales	nº 4 P.Doñana
Sep-91	24.1	32.0	28.1	37.5
Oct-91	99.8	124.2	106.9	143.9
Nov-91	21.8	25.5	20.4	25.4
Dic-91	62.0	56.1	56.8	47.9
Ene-92	5.4	4.7	7.0	3.9
Feb-92	19.5	31.5	56.6	50.2
Mar-92	22.8	15.0	21.5	26.8
Abr-92	53.8	36.7	47.6	53.3
May-92	10.3	26.2	20.3	31.4
Jun-92	25.8	46.7	24.2	30.5
Jul-92	0.0	0.0	0.0	0.0
Ago-92	8.3	3.7	3.0	1.4
Total	353.6	402.3	392.4	452.2

	nº 1 Rociana	nº 2 Caoso	nº 3 Mimbrales	nº 4 P.Doñana
Sep-92	36.3	42.4	36.7	23.3
Oct-92	73.9	75.1	73.5	58.0
Nov-92	4.7	3.1	7.4	9.6
Dic-92	40.0	31.3	36.1	41.7
Ene-93	35.9	29.2	29.1	39.9
Feb-93	17.0	14.5	11.5	20.3
Mar-93	105.0	26.3	36.5	34.3
Abr-93	51.8		76.5	58.1
May-93	156.0		95.0	71.0
Jun-93	0.0		4.5	0.2
Jul-93	0.0		0.0	0.0
Ago-93	0.0		0.0	0.0
Total	520.6	221.9	406.8	356.4

Hay que insistir, no obstante, en que estas variaciones constituyen la respuesta a un periodo de lluvias excepcionalmente intensas: entre los meses de noviembre y diciembre de 1989 la precipitación varió entre los 472 mm de la estación 4 (Palacio de Doñana) y 746 mm en la estación 1 (Rociana); es decir, la precipitación, en tan sólo dos meses, superó en

algunos puntos el valor medio de la precipitación anual del área.

En el año 1990/91 el ascenso de los niveles fue menor. En ese año, los valores controlados de la precipitación variaron entre 473 mm en la estación de Rociana y 566 mm en Los Mimbrales. Sin embargo, se aprecia que los niveles en casi todos los puntos se situaron también muy cerca de la superficie. Este ascenso se produce tras unas precipitaciones entre 207 y 267 mm en las distintas estaciones. Se pone de manifiesto la correlación entre los procesos de inundación de la marisma y los ascensos importantes en el nivel piezométrico, que se producen simultáneamente tras lluvias intensas.

En el año hidrológico 1991/92 las precipitaciones estuvieron comprendidas entre 354 mm en la estación 1 (Rociana) y 452 mm en la 4 (Palacio Doñana). Las máximas precipitaciones ocurrieron en octubre: se llegaron a superar los 100 mm. La elevación de los niveles, por consiguiente, fue bastante menor que en los años anteriores, en especial en los puntos con nivel piezométrico más profundo (estaciones 1 y 2), donde los ascensos no pasaron de unos decímetros. Ello puede deberse, además de la presencia de un suelo de granulometría más fina en estos últimos puntos, al papel que puede jugar la franja capilar cuando el nivel piezométrico está próximo a la superficie del suelo, que mantiene una humedad alta, incluso durante el estiaje, a poca profundidad.

El año 1992/93 fue también un año seco (tabla 4.1); como consecuencia, los niveles registrados durante este año son los más bajos de todo el periodo de control. En los piezómetros 1 y 2 sólo se observan dos pequeños ascensos de nivel en octubre de 1992 y mayo de 1993. En los piezómetros 3 y 5 también se observa que los incrementos de nivel fueron mucho menores que en los años anteriores.

Un factor evidente que influye en la recarga es la importancia de la concentración de las precipitaciones en cortos periodos de tiempo. En el área de Doñana las precipitaciones presentan una gran variabilidad temporal tanto interanual como a lo largo del año, lo que condiciona que los principales periodos de recarga se produzcan en diferentes épocas. Así,

en los cuatro años de control los periodos principales de recarga se produjeron durante diciembre y enero en 1989/90 y en marzo de 1990/91, mientras que durante 1991/92 y 1992/93 no se produjo ningún episodio de recarga comparable a los anteriores.

Con respecto al piezómetro 2, perforado en El Caoso hasta 1.7 m (profundidad a la que se encontraba un horizonte endurecido), hay que hacer notar que durante el periodo de observación sólo ha presentado agua durante los meses de enero y febrero de 1990, fechas en las que el nivel piezométrico se hallaba muy cerca de la superficie en todo el acuífero. La profundidad del agua fue idéntica a la registrada en el piezómetro más profundo de esta estación, hasta que se secó al descender el nivel por debajo de los 1,7 m de profundidad. Esto indica que, al menos en este punto, no existe un acuífero colgado desconectado del sistema principal, ni siquiera tras fuertes precipitaciones. Sin embargo, es de resaltar que la conductividad en el piezómetro más somero fue sensiblemente inferior a la del piezómetro más profundo (270 frente a 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el 3 de enero de 1990 y 298 frente a 593 $\mu\text{S}/\text{cm}$); la temperatura también fue ligeramente inferior en el piezómetro más somero; todo ello parece deberse a una rápida mezcla del agua de lluvia con el agua subterránea de la columna del piezómetro 1, mientras que en el piezómetro 2 no se produciría tal mezcla o, en todo caso, lo haría más lentamente o en una proporción mucho menor.

Estos datos coinciden, en lo que se refiere al papel del fragipán, con los obtenidos por el ITGE (1991) y Sahuquillo et al. (1992). En el estudio realizado por el ITGE (1991) en varias parcelas experimentales con presencia del fragipán, se afirma que no se observan efectos debidos a la presencia de este horizonte edáfico. En Sahuquillo et al. (1992) se define el fragipán como una alteración edáfica de las arenas con acumulación de materiales transportados y depositados que aumenta el contenido en hierro y en finos, presenta gran cohesión cuando está seco, pero se desmorona al humedecerlo. Estos autores determinan la permeabilidad del fragipán obteniendo un valor de 0.063 m/día, valor insuficiente para que se genere una capa colgada de agua de forma permanente (Sahuquillo et al., 1992).

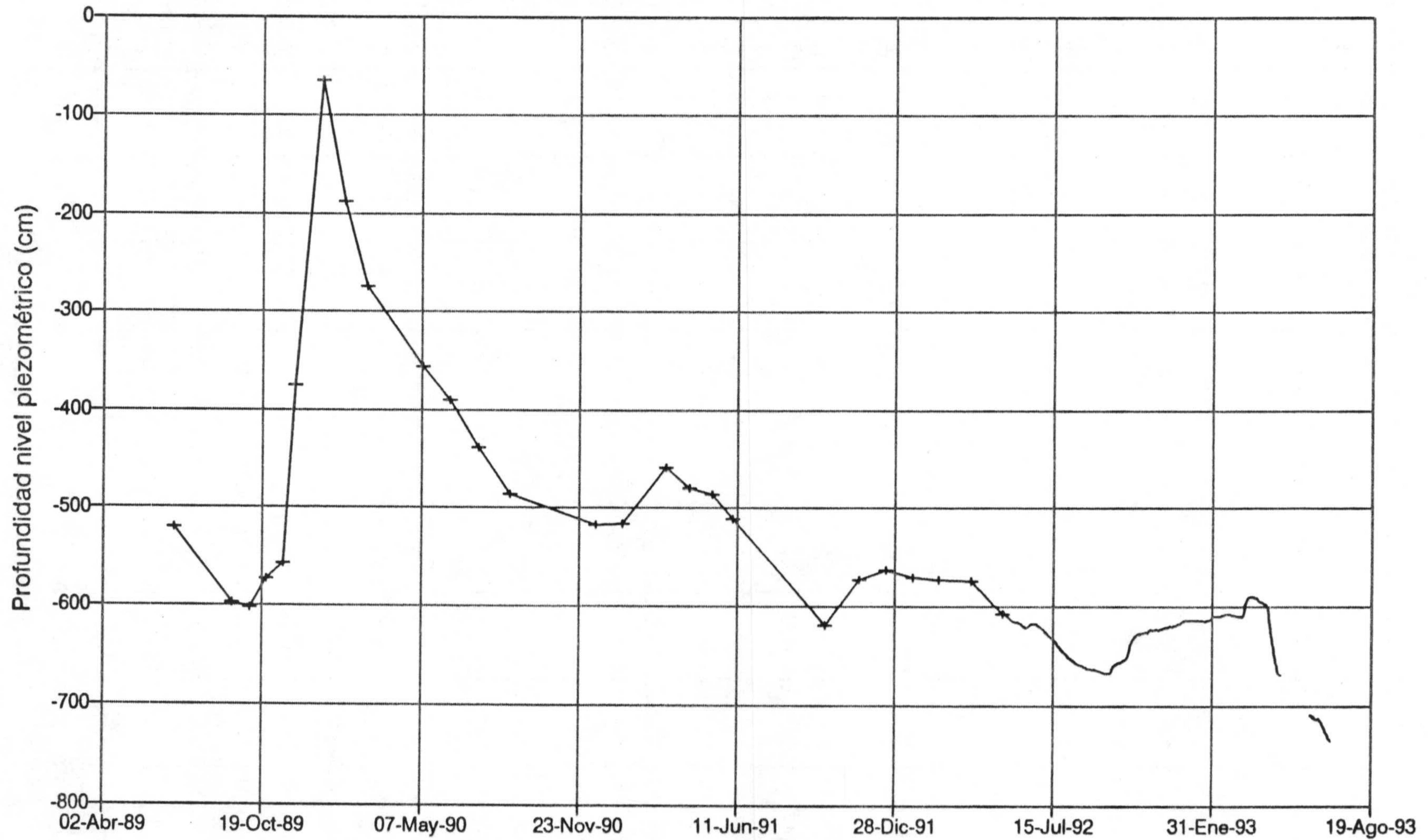


Figura 4.1. Evolución del nivel piezométrico en la estación 1 (Rociana)

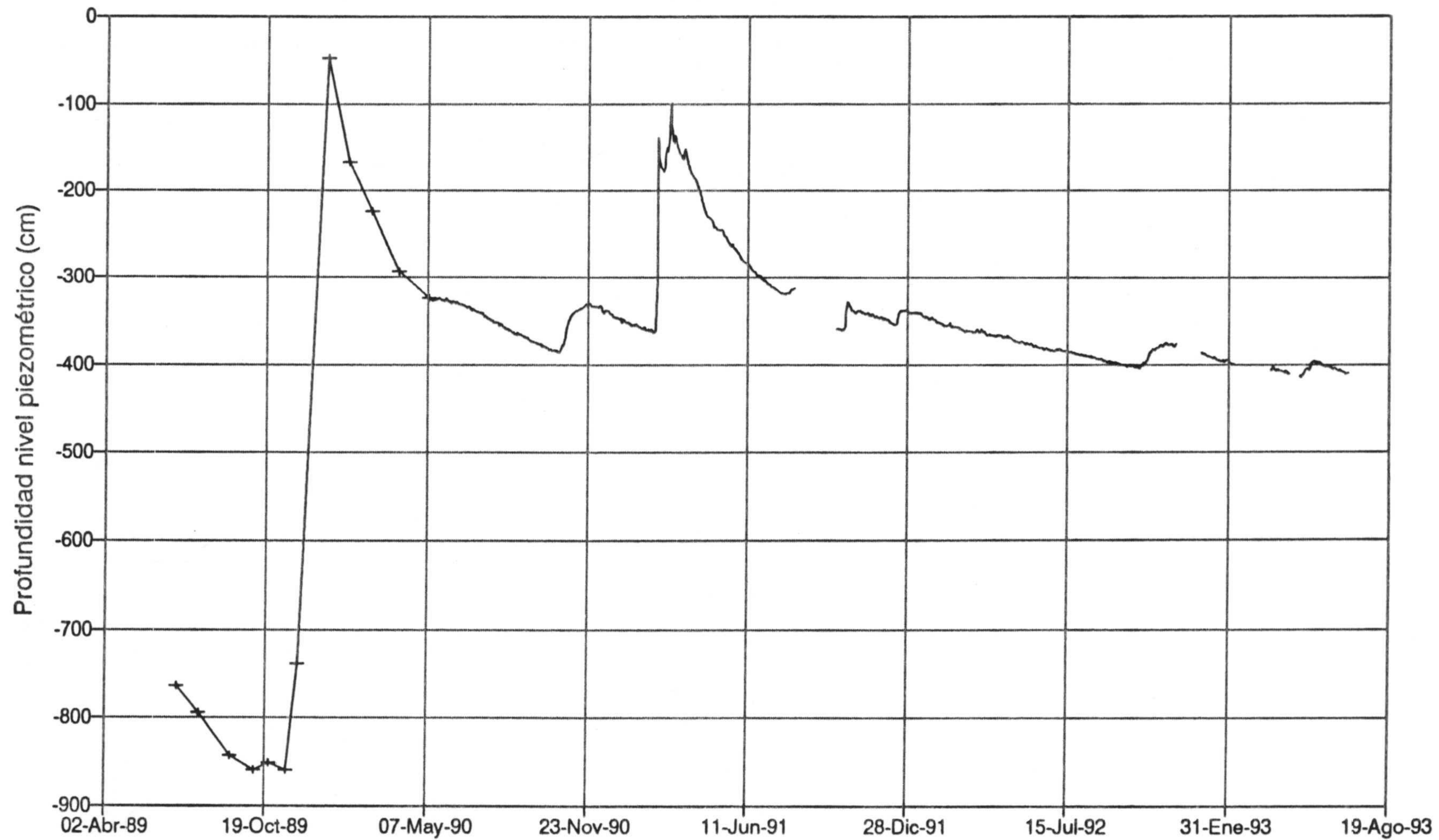


Figura 4.2. Evolución del nivel piezométrico en la estación 2 (El Caoso)

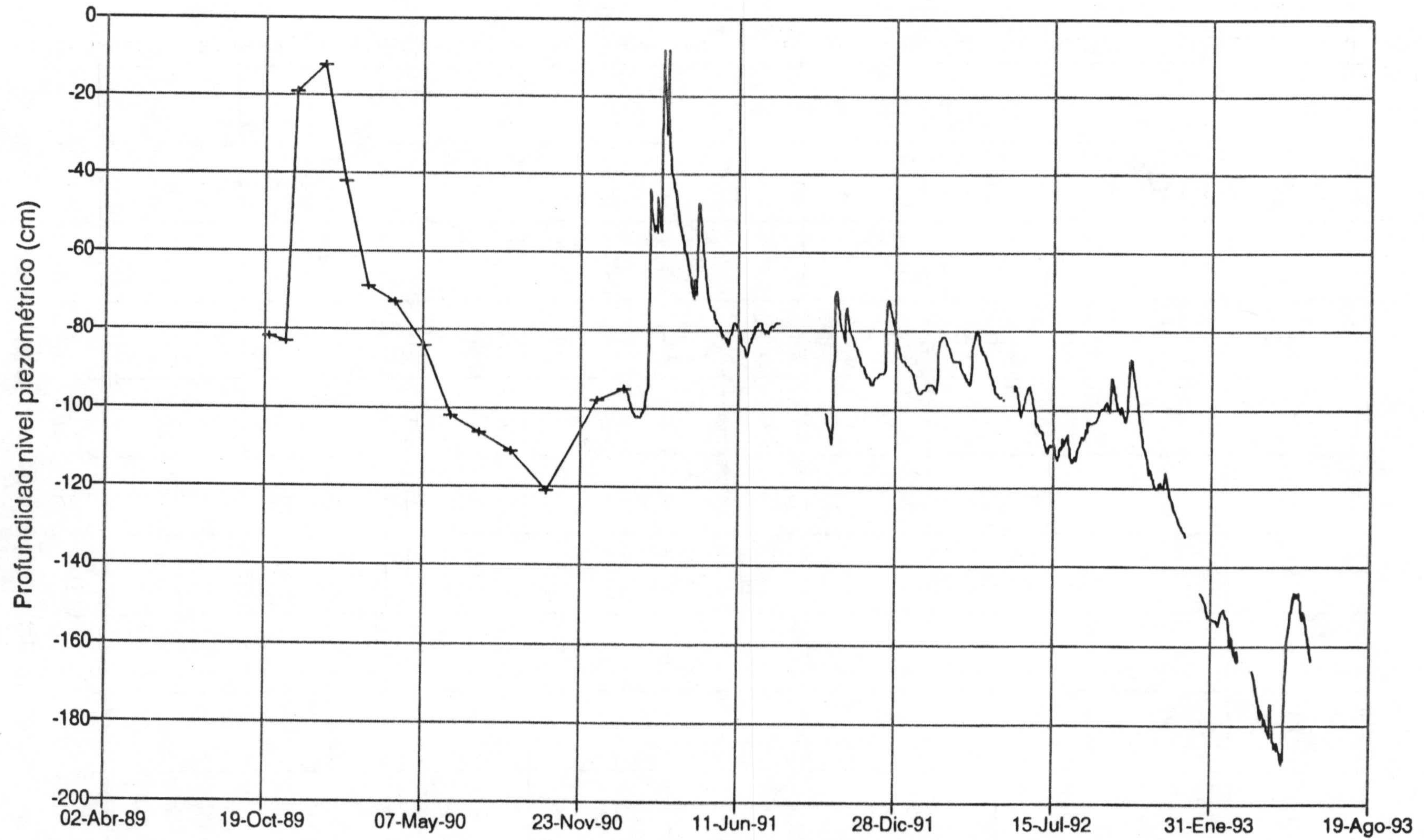


Figura 4.3. Evolución del nivel piezométrico en la estación 3 (Los Mimbrales)

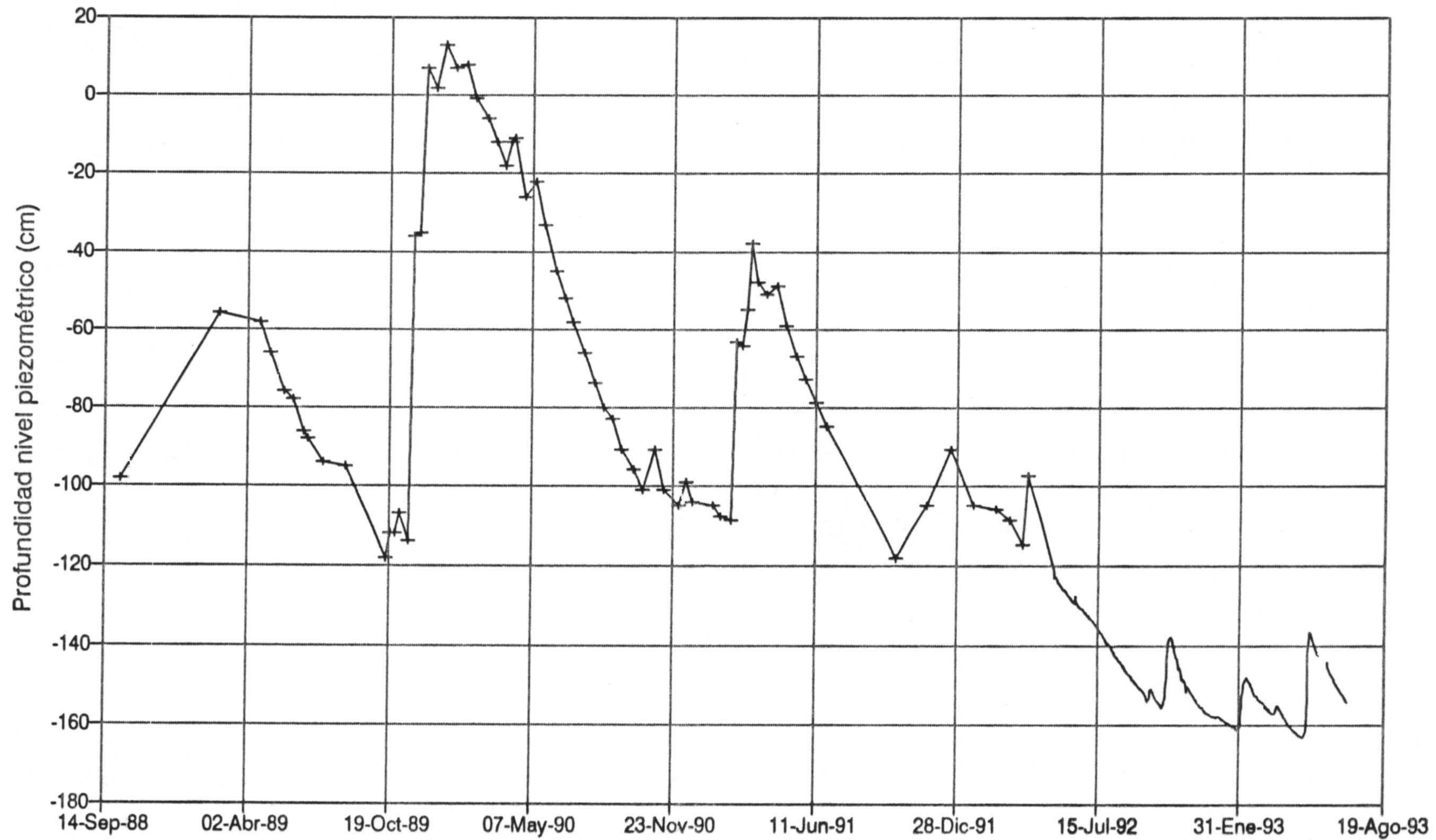


Figura 4.4. Evolución del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo)

4.3.2. Evolución piezométrica en la estación 4 (Palacio Doñana)

Se comprueba una rápida respuesta a la precipitación (fig. 4.5a, b, c y d): el retardo de las precipitaciones en alcanzar el nivel freático se va haciendo menor a medida que el nivel asciende (del orden de varias horas). Es de destacar el ascenso superior a 1 m que tiene lugar entre los días 20 a 23 de noviembre de 1989 como consecuencia de unas precipitaciones de 140 mm. Después de esta subida, el nivel piezométrico se sitúa a unos 40 cm por debajo del suelo. Con un espesor no saturado de tan sólo 40 cm y debido a que, con las continuas lluvias durante este periodo y el efecto de la franja capilar, la capacidad de campo del suelo debe estar totalmente cubierta, el proceso de la infiltración es muy rápido y la respuesta del nivel del agua a la precipitación es casi inmediata (menor de 30 minutos).

Durante los meses de diciembre de 1989 y enero de 1990 se observa que, una vez alcanzada la profundidad de 20 cm, las subidas de nivel son seguidas por un rápido descenso, probablemente causado por un drenaje a los denominados "caños de las marismas". También hay que tener en cuenta el efecto de la franja capilar cuando el nivel piezométrico está próximo a la superficie del suelo; si la franja capilar se extiende hasta la superficie del suelo, la adición de una pequeña cantidad de agua puede ocasionar una inmediata y pronunciada elevación del nivel (Gillham, 1984). Ello se debe a que la porosidad eficaz ("specific yield") disminuye a medida que el nivel del agua se aproxima a la superficie del suelo y, cuando la franja capilar alcanza la superficie, la porosidad eficaz se aproxima a cero

Otra conclusión interesante que se puede extraer de estos resultados es el momento en que comienza el ascenso del nivel piezométrico al inicio del año hidrológico. En el año 1989/90 se inicia el 15 de octubre, inmediatamente después de unas precipitaciones de 38 mm, durante los días 13 y 14 del mismo mes. Con anterioridad habían caído en los días 5, 6 y 7 de septiembre 29 mm, que no afectaron al nivel freático. Es decir, la capacidad de campo en este punto debe ser inferior a 67.2 mm y probablemente menor de 38.2 mm, pues entre las lluvias de septiembre y octubre hay un intervalo superior a un mes, y es lógico suponer que durante este periodo, con una temperatura relativamente elevada, la

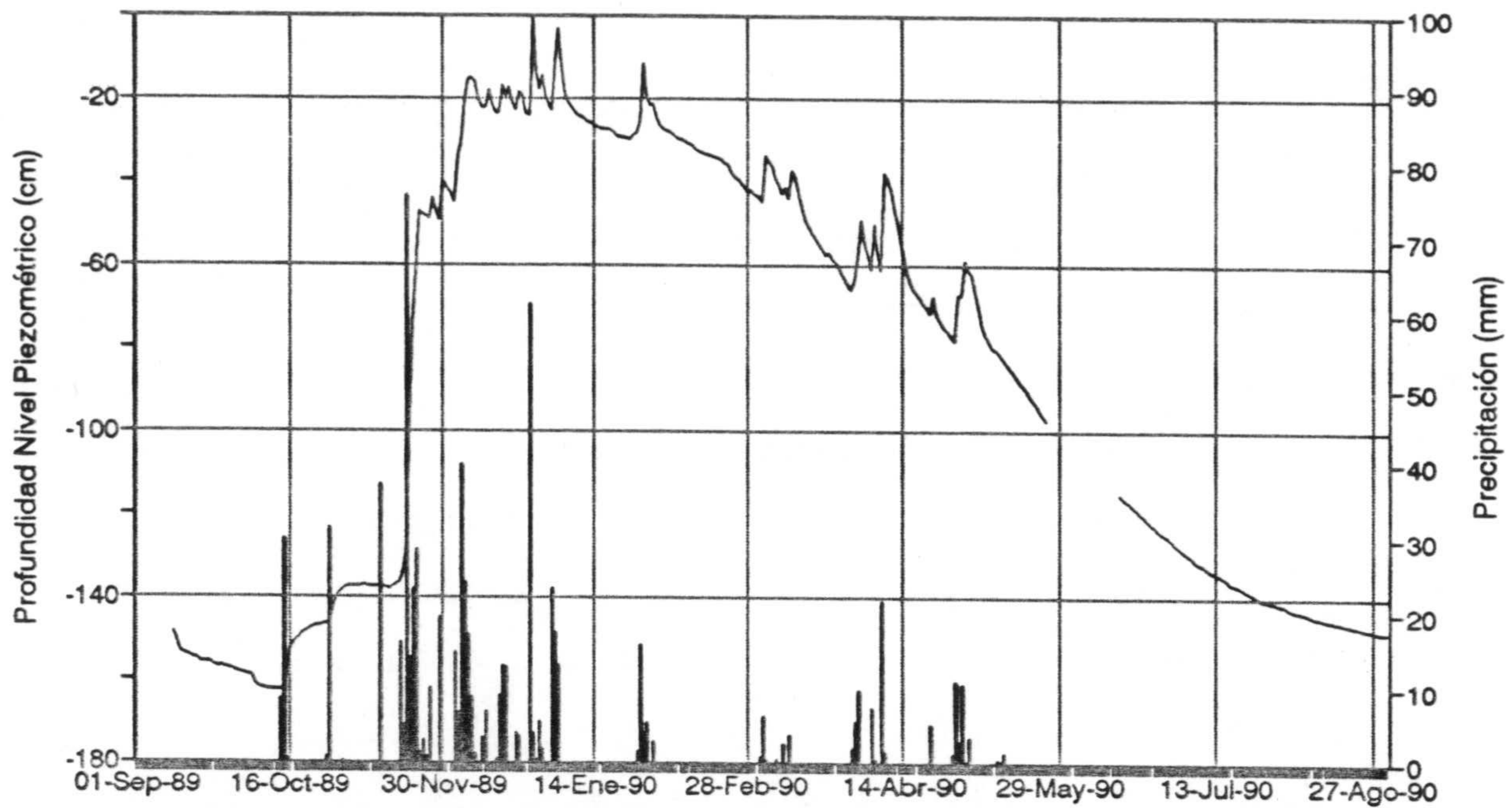


Figura 4.5a. Evolución de la profundidad de nivel y la precipitación en la estación 4 (Palacio Doñana) en el año 1989/90

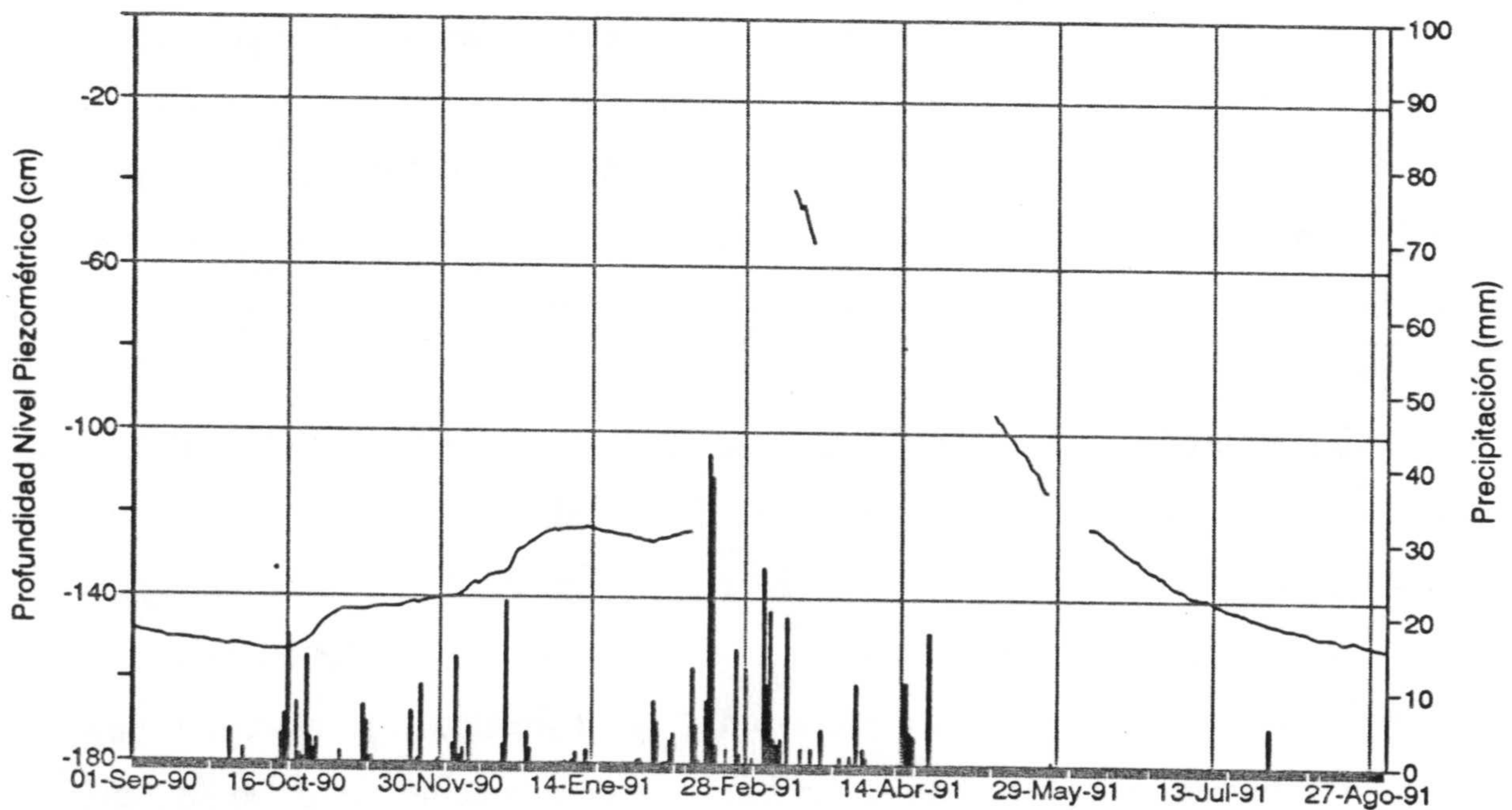


Figura 4.5b. Evolución de la profundidad de nivel y la precipitación en la estación 4 (Palacio Doñana) en el año 1990/91

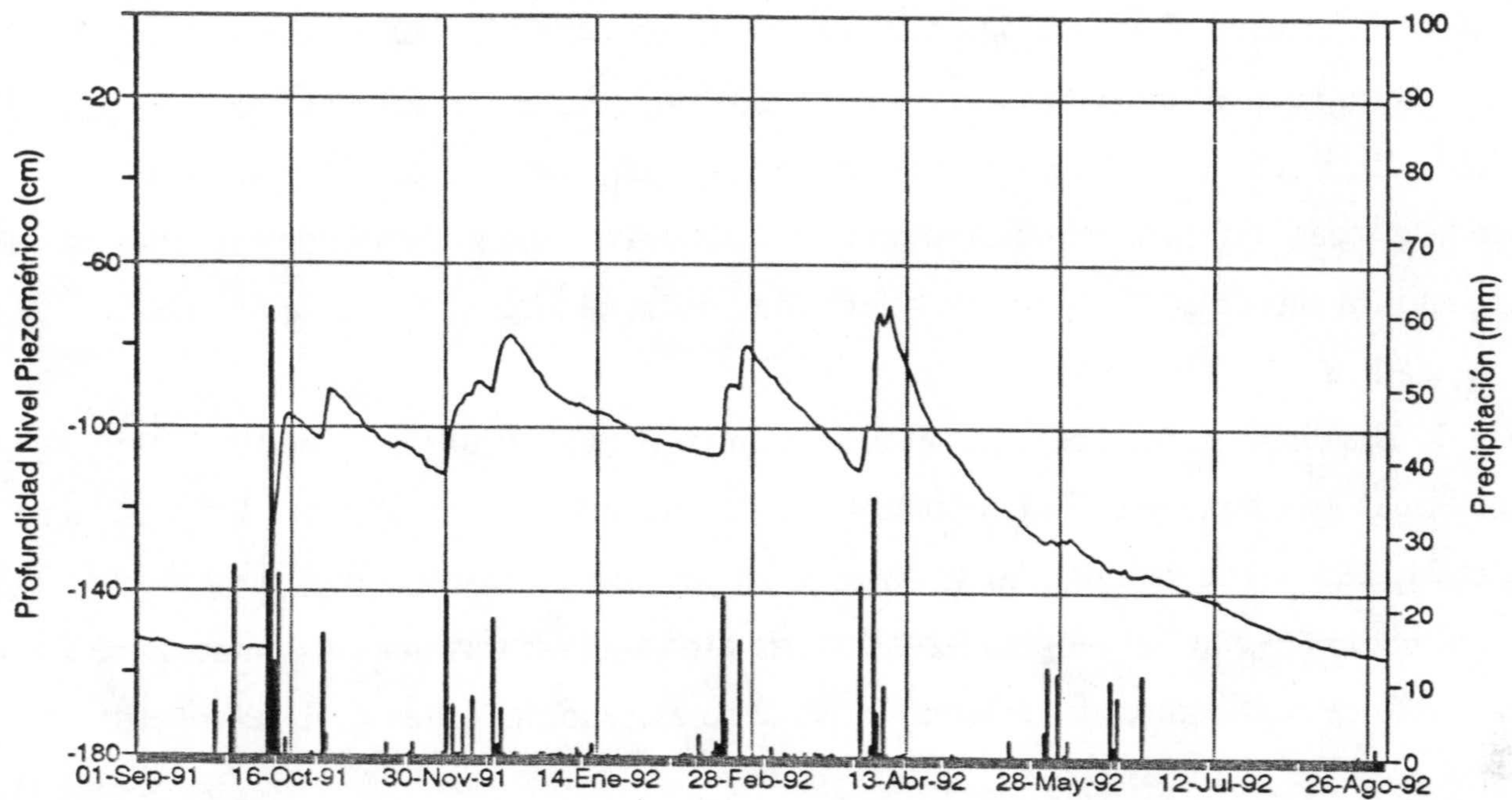


Figura 4.5c. Evolución de la profundidad de nivel y la precipitación en la estación 4 (Palacio Doñana) en el año 1991/92

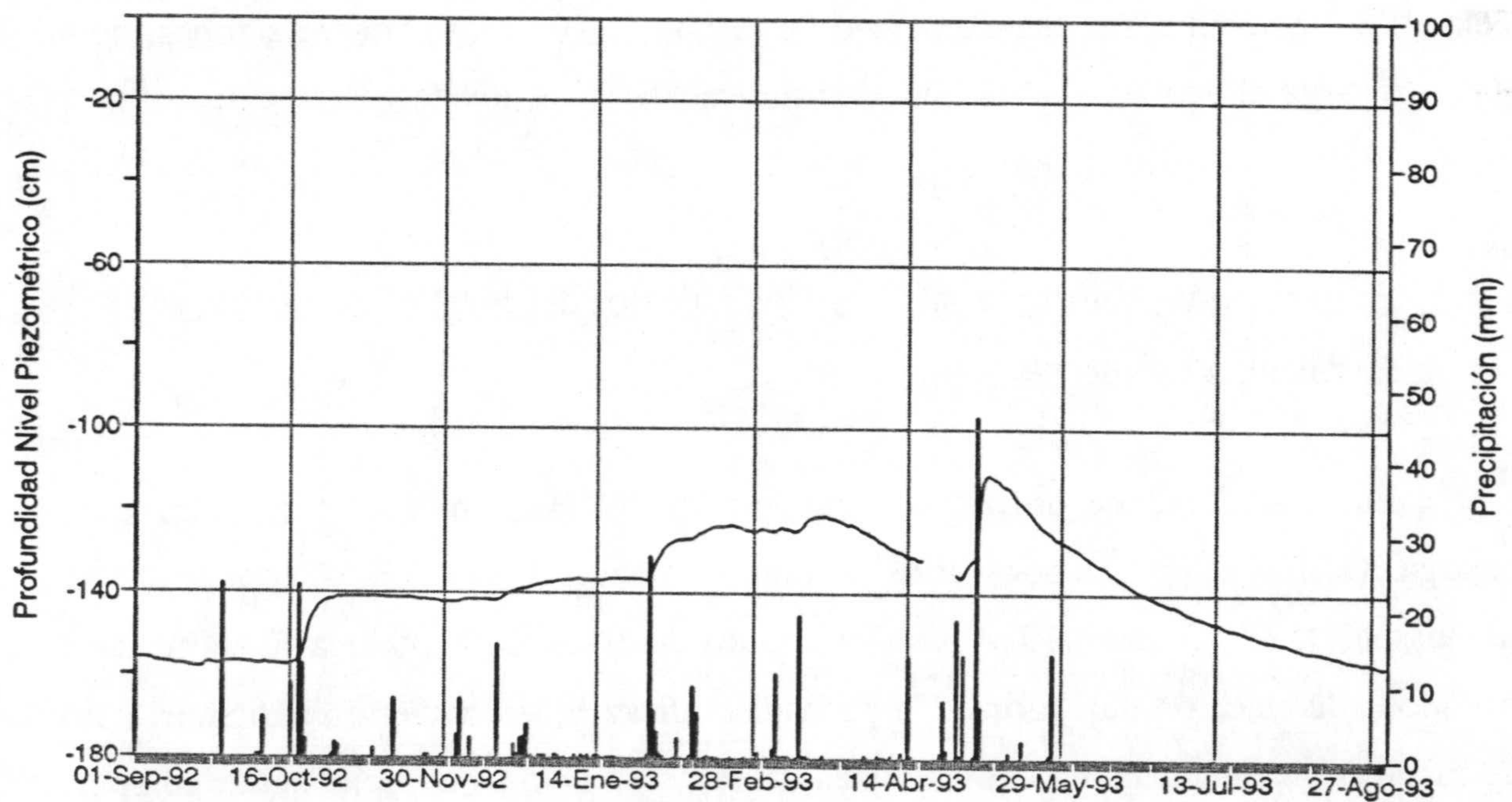


Figura 4.5d. Evolución de la profundidad de nivel y la precipitación en la estación 4 (Palacio Doñana) en el año 1992/93

evapotranspiración habría consumido la reserva de agua del suelo. Esto se corrobora en el inicio del siguiente año hidrológico 1990/91. En esta ocasión, el ascenso comienza el día 17 de octubre, las precipitaciones fueron de 4, 2, 4, 6, y 17 mm el 29 de septiembre y los días 3, 14, 15, y 16 de octubre, respectivamente. O sea, con una precipitación de 33 mm se produce recarga al acuífero (con el nivel piezométrico a unos 150 cm de profundidad). Por lo tanto, la capacidad de campo debe ser muy pequeña (del orden de 30 mm).

Las circunstancias registradas al comienzo de los años hidrológicos 1991/92 y 1992/93 confirman esta hipótesis. En el año 1991/92, tras unas lluvias de 37 mm (7, 5 y 25 mm, los días 24, 28 y 29 de septiembre) se observa un pequeño ascenso de nivel del orden de 2 cm. En el inicio del año hidrológico 92/93 ocurre algo similar; tras una precipitación de 23 mm el día 26 de septiembre, se observa un pequeño ascenso del orden de 1 centímetro

Hay que hacer constar la importancia que podría tener este hecho si se constata que en otras zonas del acuífero el valor de la capacidad de campo del suelo es tan pequeña, puesto que los balances hídricos realizados con anterioridad (FAO, 1972a; IGME, 1983; Vela, 1984) han supuesto una capacidad de campo de 100 mm para estas zonas, de manera que la recarga al acuífero habría sido sensiblemente subestimada.

4.3.3. Estimación de la recarga mediante los ascensos del nivel piezométrico en la estación 4 (Palacio Doñana)

La posibilidad de utilizar las variaciones del nivel piezométrico para calcular la recarga ha sido estudiada por varios autores (Gillham, 1984; Sophocleous, 1985 y 1991; Johansson, 1987; Gilman, 1994) con resultados diversos. El problema fundamental de este método es la elección del valor de la porosidad eficaz, que convierte directamente los datos de ascenso piezométrico en estimaciones de recarga. Ello es especialmente complicado en acuíferos someros, como el caso que nos ocupa, puesto que, como ya se ha dicho, si la franja capilar se extiende hasta la superficie del suelo, la porosidad eficaz disminuye a

medida que el nivel asciende. Si se asume un valor único para la porosidad eficaz, la recarga, normalmente, se sobreestima (Sophocleous, 1985). Con el nivel piezométrico cercano a la superficie, la adición de una pequeña cantidad de agua puede producir un inmediato e importante ascenso del nivel del agua (Gillham, 1984).

En la figura 4.6a se muestra la distribución de humedad en dos perfiles de la estación 4 realizados en dos condiciones diferentes del nivel piezométrico (54 y 140 cm de profundidad). La variación de la porosidad eficaz con la profundidad se esquematiza en la figura 4.6b; se representan tres ascensos de nivel, entre 160 y 150 cm, 80 y 70 cm y 20 y 10 cm. Se comprueba que, conforme el nivel se acerca a la superficie, con el mismo ascenso (10 cm) el incremento de la humedad es menor, es decir, la porosidad eficaz disminuye.

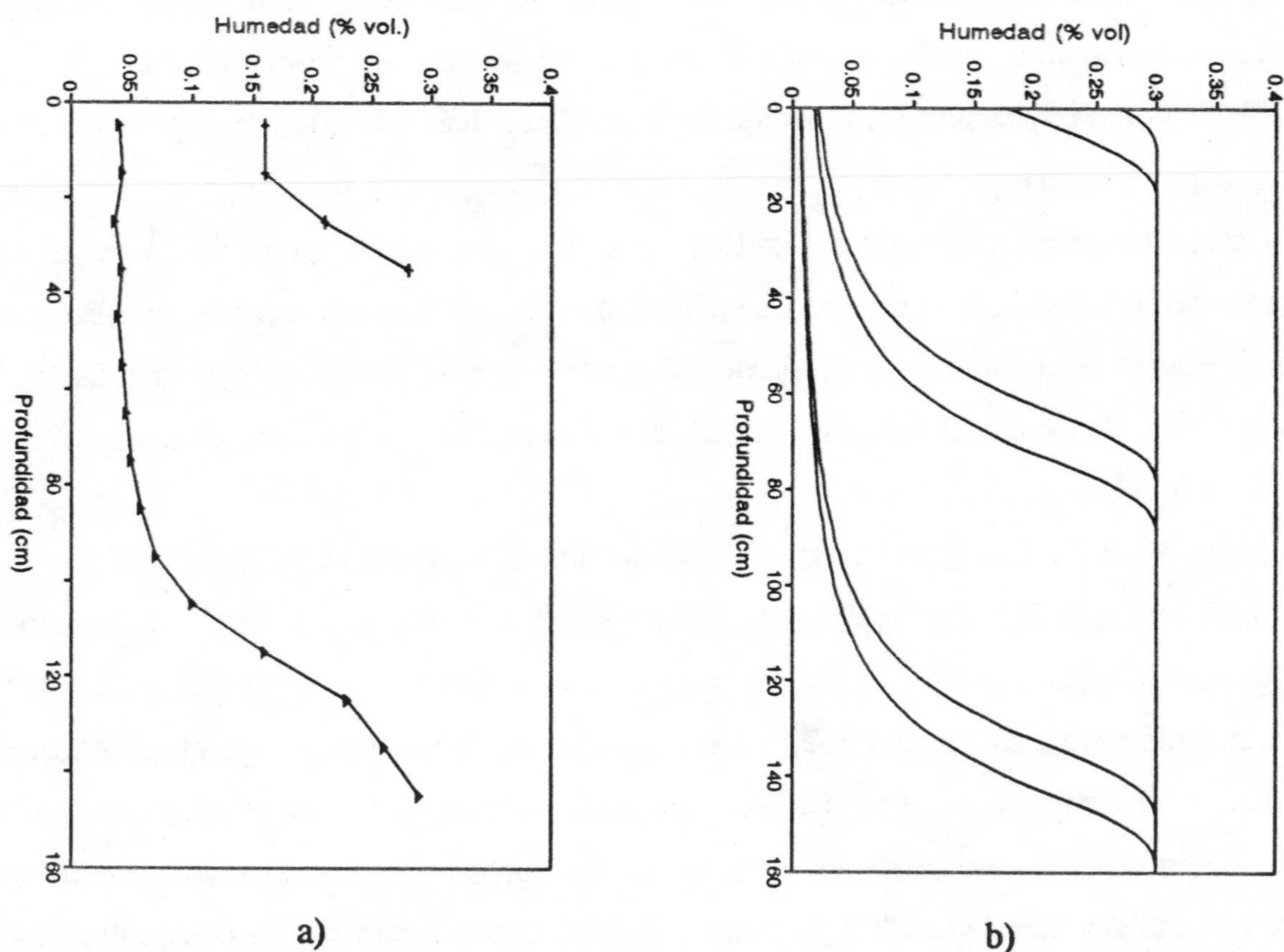


Figura 4.6. a) Perfiles de humedad en la estación 4 con distintas profundidades de nivel piezométrico y b) esquema explicativo de la disminución de la porosidad eficaz con el ascenso del nivel piezométrico

Algunos autores (Sophocleous, 1991) distinguen entre los términos porosidad eficaz ("specific yield") y porosidad rellenable ("fillable porosity"). La porosidad eficaz es el volumen de agua liberado por un descenso del nivel piezométrico a partir de una unidad de volumen de material acuífero. La porosidad rellenable es la cantidad de agua que un acuífero libre puede almacenar por unidad de ascenso del nivel piezométrico y por unidad de área (Sophocleous, 1991). La porosidad drenable, por lo tanto, es menor que la porosidad eficaz debido a un proceso de histéresis.

En otros casos, el ascenso desproporcionado debido a un episodio lluvioso se ha atribuido al incremento de la presión de la fase gaseosa en la zona no saturada, atrapada entre el nivel piezométrico y el frente de infiltración (Freeze y Cherry, 1979). Sin embargo, este no parece el caso que nos ocupa, pues (como se verá en el capítulo 8), durante la infiltración -incluso tras precipitaciones intensas- sólo se alcanza un contenido en agua del 10 a 12% en volumen, bastante inferior a la porosidad eficaz (30%).

Otros problemas que pueden plantearse son la identificación de variaciones del nivel provocadas por el resultado de bombeos, influencias barométricas, de mareas, etc. En el caso del piezómetro 4 (Palacio Doñana), las oscilaciones que se deben a la influencia de las mareas son fácilmente discernibles de los ascensos causados por las precipitaciones.

La porosidad eficaz se ha estimado controlando el ascenso de nivel que provocan eventos lluviosos aislados producidos tras periodos de recarga intensos. Ello implica suponer que no existe almacenamiento de agua en la zona no saturada y toda la precipitación produce recarga. Asimismo, se comprobó que durante esas precipitaciones no se produjo escorrentía superficial en el área. La porosidad eficaz estimada de esta forma varía ampliamente, con un valor medio de 18%. No obstante, para evaluar la porosidad eficaz es más correcto restar a la lluvia diaria el valor de la ETP (Gilman, 1994). De este modo la porosidad eficaz media disminuye hasta el 15%. Estos valores son menores que la porosidad eficaz real, puesto que se produce el citado fenómeno de histéresis, que provoca que los contenidos de agua sean menores en un ciclo de absorción de agua que durante un ciclo de secado, bajo las mismas

condiciones de carga.

Si representamos el valor de la porosidad eficaz (calculada utilizando la lluvia menos la ETP) respecto a la profundidad media a la que se encontraba el nivel piezométrico durante el ascenso (fig. 4.7) se observa una buena relación lineal entre ambas variables. Según esta relación la porosidad eficaz varía entre 0.01, cuando el nivel está próximo a la superficie, y 0.24 cuando se sitúa a 160 cm (máxima profundidad registrada durante el periodo de control).

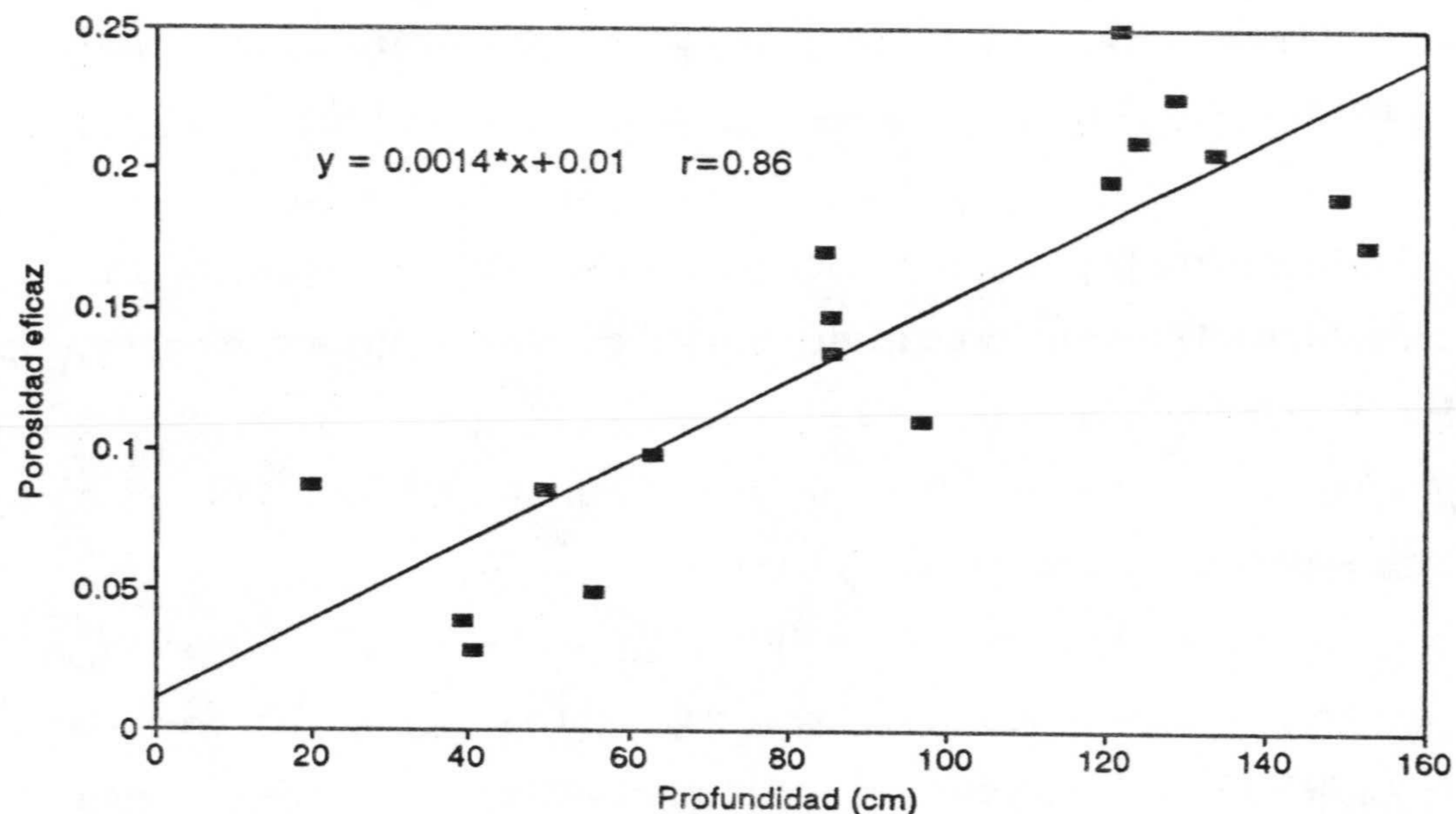


Figura 4.7. Valores de la porosidad eficaz hallados en función de la profundidad del nivel piezométrico

Se ha realizado un sencillo programa que, una vez introducidos los datos diarios de profundidad del nivel piezométrico, calcula los ascensos diarios de nivel (restando el valor de un día al del día siguiente) y la profundidad media entre esos dos valores. Con el valor de la profundidad media del ascenso, a partir de la recta de regresión calculada, se estima la porosidad eficaz, que se multiplica por el ascenso de nivel para proporcionar los valores diarios de recarga. No se consideran los ascensos de nivel inferiores a 0.5 cm, ya que pueden deberse a pequeñas fluctuaciones como las causadas por las mareas. Hay que tener en cuenta,

asimismo, que los resultados deben ser considerados como valores mínimos de la recarga, pues puede que exista recarga sin que se traduzca inmediatamente en un ascenso de nivel superior a 0.5 cm, ó que la recarga no sea suficiente para contrarrestar la tendencia al descenso de la piezometría, y sólo ralentice ésta.

En la tabla 4.2 se muestran los valores mensuales de precipitación y la recarga calculada de esta forma. Se obtiene un valor para la recarga en el año 1989/90 de 310 mm (41% de las precipitaciones), para el año 1991/92 de 266 mm (lo que supone el 59% de la precipitación) y 101 mm para el año 1992/93 (28 % de la precipitación). Los cálculos no se han realizado para el año 1990/91 ya que el data-logger tuvo repetidas averías durante la época de recarga.

El menor porcentaje de infiltración para el año 1989/90, con respecto al año 1991/93, se debe a que durante los meses de noviembre y diciembre de 1989, con unas precipitaciones muy intensas (473 mm), la escorrentía superficial debió representar una fracción significativa de la precipitación. Por el contrario, durante los años 1991/92 y 1992/93 no se produjo escorrentía superficial apreciable en la zona.

La gran diferencia entre los porcentajes de recarga de las precipitaciones entre 1991/92 y 1992/93 puede deberse a que en el año 1992/93, además de su menor pluviosidad, las precipitaciones estuvieron más repartidas a lo largo del año y la precipitación mensual máxima se produjo en mayo (un mes con una ETP relativamente alta). Por otro lado, como se deduce de los gráficos de evolución piezométrica para esos años, los ascensos en el año 1992/93 fueron menos rápidos y más continuos, por lo que desechar los ascensos menores de 0.5 cm conlleva un error mayor que para el año 1991/92.

Se observa que para los meses de mayo de 1990, diciembre de 1991 y abril de 1992 existe una recarga superior a la precipitación (tabla 4.2). Ello se debe a que durante los últimos días de los meses anteriores se produjeron lluvias importantes (23 mm entre el 28 y 30 de abril de 1990, 22 mm el 30 de noviembre de 1991 y 23 mm el 30 de marzo de

1992), que causaron el ascenso de nivel en el mes siguiente.

Tabla 4.2. Valores mensuales de precipitación y recarga calculada mediante los ascensos de nivel en la estación 4 (Palacio Doñana)

	ANO 89/90		ANO 91/92		ANO 92/93	
	Precip. (mm)	Recarga (mm)	Precip. (mm)	Recarga (mm)	Precip. (mm)	Recarga (mm)
Sep	29.0	0.0	37.5	0.0	23.3	0.0
Oct	70.6	49.9	143.9	122.6	58.0	31.4
Nov	234.5	135.9	25.4	0.0	9.6	0.0
Dic	237.9	29.9	47.9	48.5	41.7	1.2
Ene	83.4	12.2	3.9	0.0	39.9	7.7
Feb	0.0	0.0	50.2	36.4	20.3	10.0
Mar	20.9	15.4	26.8	0.0	34.3	7.0
Abr	70.7	58.7	53.3	58.2	58.1	0.0
May	5.8	8.1	31.4	0.0	71.0	43.9
Jun	0.0	0.0	30.5	0.0	0.2	0.0
Jul	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ago	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
Total	752.8	310.1	452.2	265.7	356.4	101.2

4.3.4. Recopilación de datos de niveles en la estación 5 (Corral Largo) para el periodo 1973-1993

En este apartado incluimos una revisión de los datos recopilados de niveles piezométricos en el Corral Largo. Aunque existen periodos de cierta extensión con ausencia de datos, este registro tiene gran interés al ser muy escasos los puntos en la zona sur del Parque Nacional de Doñana de los que se dispone de una serie piezométrica de varios años.

En la figura 4.8 se muestra la evolución de los niveles en uno de los piezómetros, instalados por el Departamento de Ecología de Sevilla, que tiene la serie más larga. Hay que reseñar que la mayoría de estos datos nos han sido facilitados por los investigadores del citado Departamento.

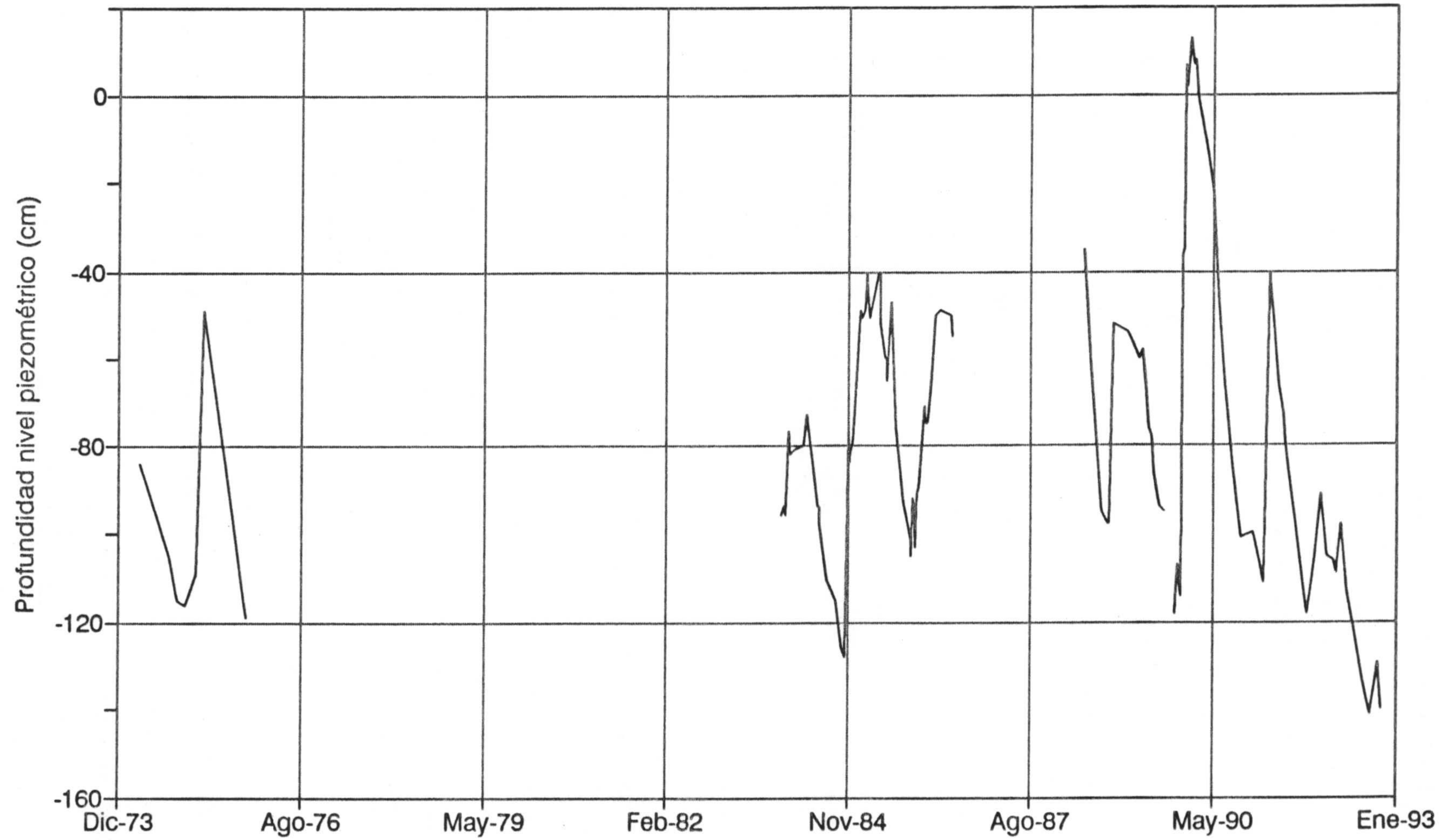


Figura 4.8. Evolución del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo) desde 1973 a 1993

A partir del año 1989 las medidas se hacen aproximadamente cada quince días, de acuerdo con la programación puesta en práctica en el marco del Proyecto "Efectos Ecológicos de la Explotación de Acuíferos en el Parque Nacional de Doñana". Anteriormente, las medidas no tienen una periodicidad determinada.

Se observan unas oscilaciones anuales del nivel piezométrico que varían de 60 a 80 cm, en años que podríamos considerar de pluviometría normal. En el año hidrológico 1989/90 estas fluctuaciones alcanzan los 120 cm, debido a las intensas precipitaciones de noviembre y diciembre.

En la citada figura no se advierte tendencia, ni creciente ni decreciente, sino más bien un estrecho condicionamiento de la evolución piezométrica por efecto de la distribución de los aportes pluviométricos.

4.3.5. Análisis de las oscilaciones de pequeño rango

4.3.5.1. Oscilaciones de mareas en la estación 4 (Palacio Doñana)

En los registros piezométrico se detectaron oscilaciones periódicas de muy pequeña escala (con una amplitud menor de 1 cm), que se interpretan como debidas a la influencia de las mareas del océano en el acuífero (fig. 4.9).

A partir de los datos de las mareas en la desembocadura del Guadalquivir, publicados en el anuario de mareas, se ha estimado un retraso del efecto de la marea de casi 11 horas. Teniendo en cuenta la distancia a la costa (cercana a 5.800 m) y la amplitud de la oscilación de marea en el océano y en punto situado tierra adentro, se ha calculado un valor de la eficiencia de marea en el piezómetro de 0.29. La transmisividad obtenida por FAO (1972a) en un sondeo situado junto al Palacio de Doñana es de 691 m²/día. A partir de este valor y según la ecuación (Custodio y Llamas, 1983):

$$\Delta h_o = \Delta H_o \sqrt{\frac{\pi x^2 S}{t_o T}}$$

se obtiene un valor para el coeficiente de almacenamiento de 1.54×10^{-4} , siendo Δh_o la oscilación del nivel en el piezómetro, ΔH_o la amplitud de marea, x la distancia del piezómetro a la costa, t_o el periodo de mareas, S el coeficiente de almacenamiento y T la transmisividad. Estas fórmulas, sin embargo, sólo son aplicables, estrictamente, a acuíferos confinados.

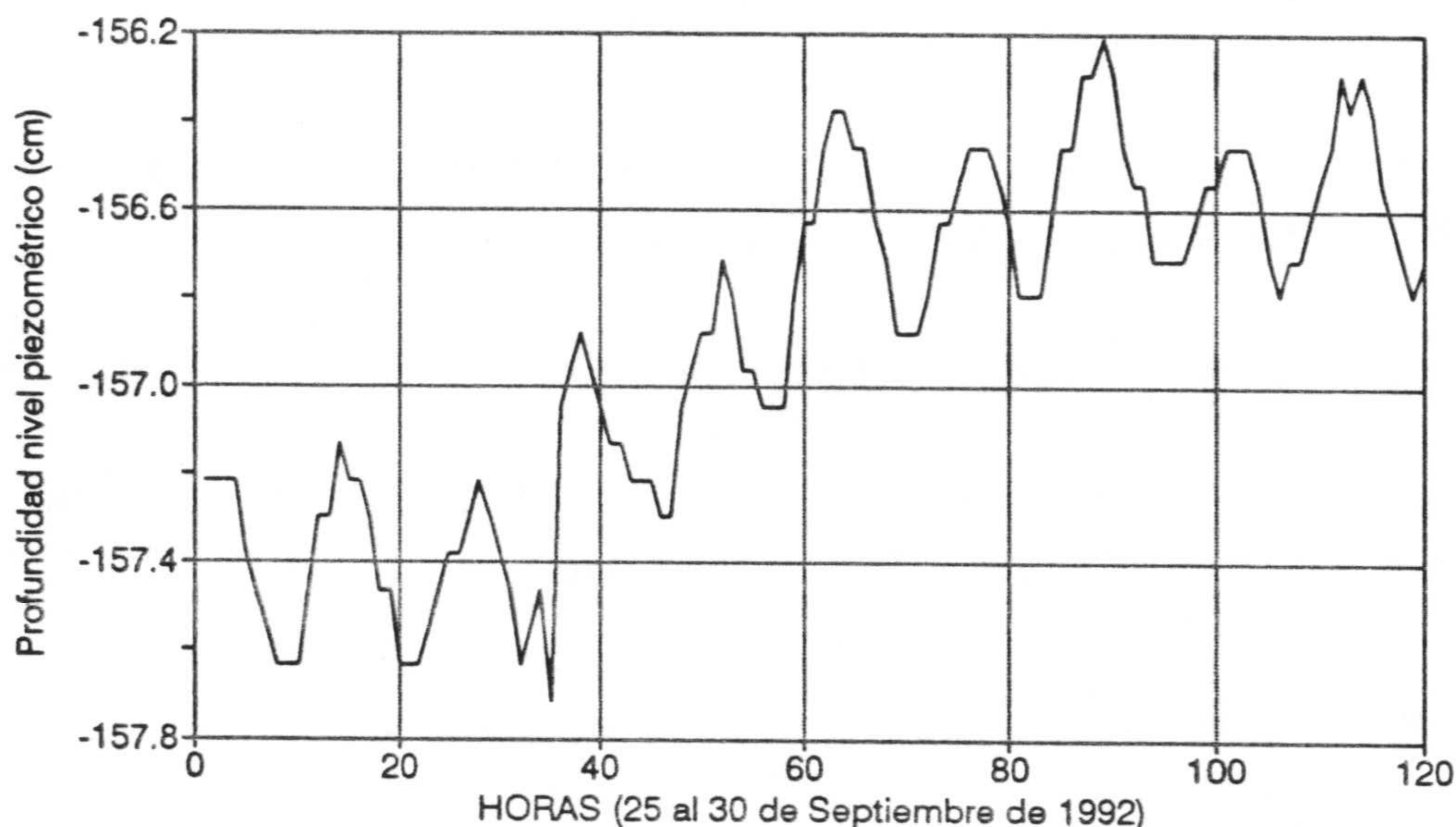


Figura 4.9. Efecto de la influencia de mareas en el piezómetro 4 (Palacio Doñana)

También se puede calcular S a partir del retraso del efecto de marea en llegar al piezómetro, según la fórmula (Custodio y Llamas, 1983):

$$t_e = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{t_o x^2 S}{\pi T}}$$

siendo t_e el retraso de mareas. En este caso se obtiene un valor para el coeficiente de almacenamiento de 1×10^{-4} .

No obstante, a partir de la instalación de un data-logger en la estación 5 (Corral

Largo), situada entre la estación 4 (Palacio Doñana) y la costa, se ha comprobado que en ese punto no se detecta el efecto de la marea; por lo tanto, éste debe transmitirse a través del acuífero semiconfinado lo que supondría que los cálculos anteriores no serían correctos.

4.3.5.2. Oscilaciones diarias en la estación 5 (Corral Largo)

A partir del registro en continuo instalado en mayo de 1992 en esta estación, se detectan unas oscilaciones diarias (fig. 4.10), con una amplitud máxima en torno a 1 cm, que presentan un máximo en las primeras horas de la mañana (desde las 7 a las 9 horas), luego ocurre un rápido descenso hasta aproximadamente las 20 horas y durante la noche experimentan una recuperación. Estas oscilaciones son consecuencia del ciclo diario de transpiración por la vegetación (Davis y De Wiest, 1971; Doss, 1993; Gilman, 1994). La influencia de la evaporación en estas fluctuaciones es pequeña o nula, como se demuestra en zonas que, con la misma profundidad del nivel piezométrico, están desprovistas de vegetación o cuando se elimina la cobertera vegetal (Gilman, 1994).

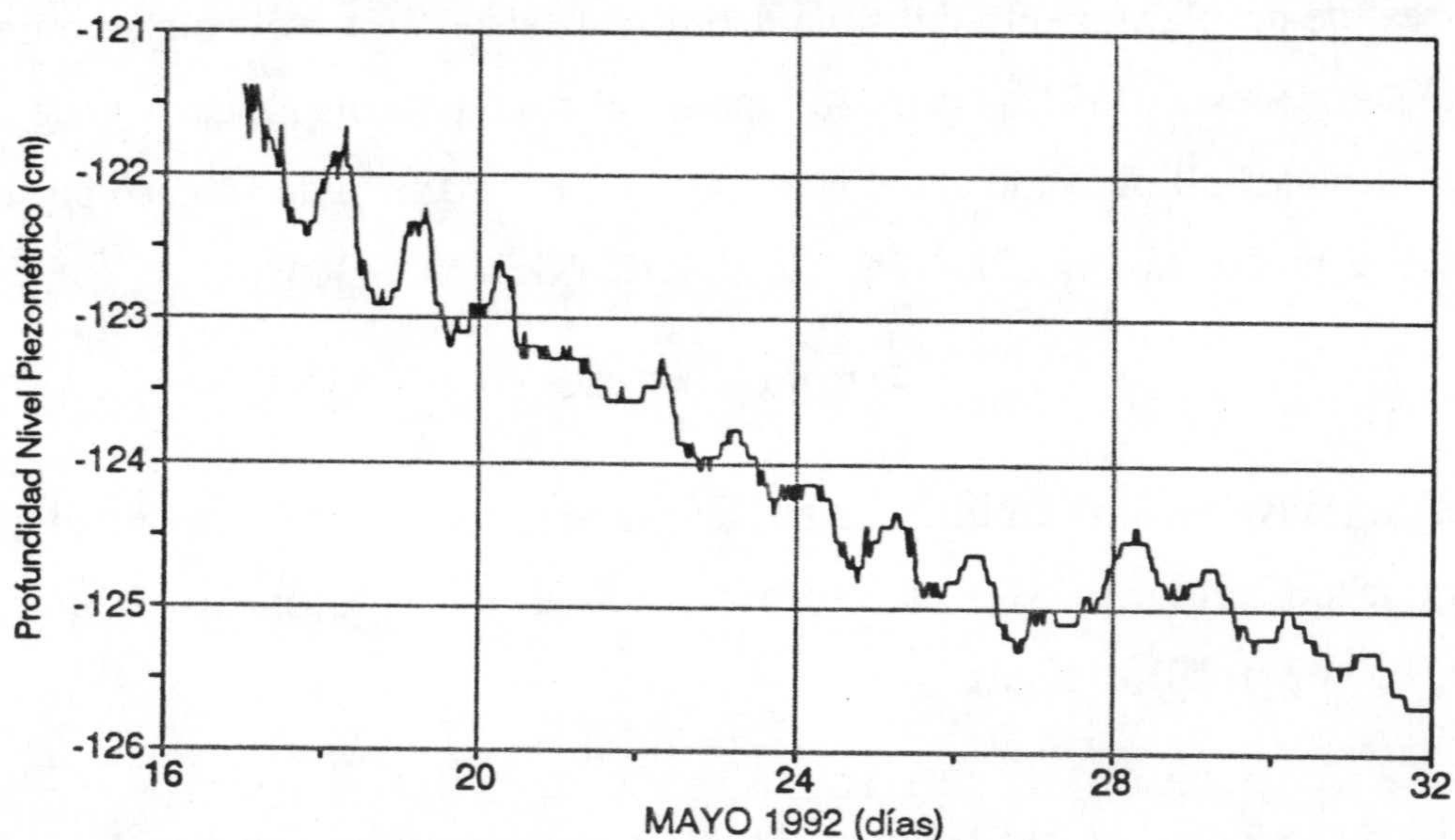


Figura 4.10. Oscilaciones diarias del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo) en mayo de 1992

En la figura 4.10 se muestra la evolución piezométrica desde el 17 (fecha de instalación de la unidad de registro continuo) al 31 de mayo de 1992. Puede comprobarse como estas oscilaciones varían en magnitud hasta, prácticamente, ser nulas durante los días 21 y 27, debido a precipitaciones que tuvieron lugar en dichas fechas, lo que reduce la toma de agua por las plantas en la zona no saturada o en las proximidades de ésta.

La magnitud de estas oscilaciones no depende únicamente de la ETP y de la de la profundidad del nivel piezométrico, sino que también está controlada por las pautas de crecimiento de las plantas y el comportamiento de éstas. Así, los máximos anuales se tienen en el mes de mayo, mientras que en los meses de verano, con una ETP mucho mayor, la magnitud de estas oscilaciones es menor debido a que las plantas responden al stress hídrico cerrando sus estomas, por lo que la transpiración disminuye (Hillel, 1980b). En la figura 4.11 se muestran las oscilaciones para algunos días de junio de 1992, comprobándose lo expuesto anteriormente.

Es posible calcular la transpiración de las plantas a partir de estas oscilaciones de nivel. El método consiste en suponer que el ascenso de nivel durante la noche representa la velocidad real de desplazamiento del agua debido a la succión por el consumo de las plantas (Davis y De Wiest, 1971), por lo tanto el agua transpirada puede calcularse, aproximadamente, multiplicando el valor de la velocidad máxima de ascenso por la porosidad eficaz. De este modo, la transpiración se estimaría (Gilman, 1984):

$$T = m_e (24r + s)$$

donde T es la transpiración (mm/día), r es la velocidad de elevación del nivel piezométrico durante la noche (mm/hora), s es el descenso neto del nivel piezométrico en esas 24 horas (mm) y m_e es la porosidad eficaz.

Si se representan las oscilaciones diarias a una escala menor (fig. 4.11) los gráficos resultantes no están tan bien definidos, debido a la presencia de dientes de sierra debidos, probablemente, a los errores de precisión del instrumento y a la influencia de la presión

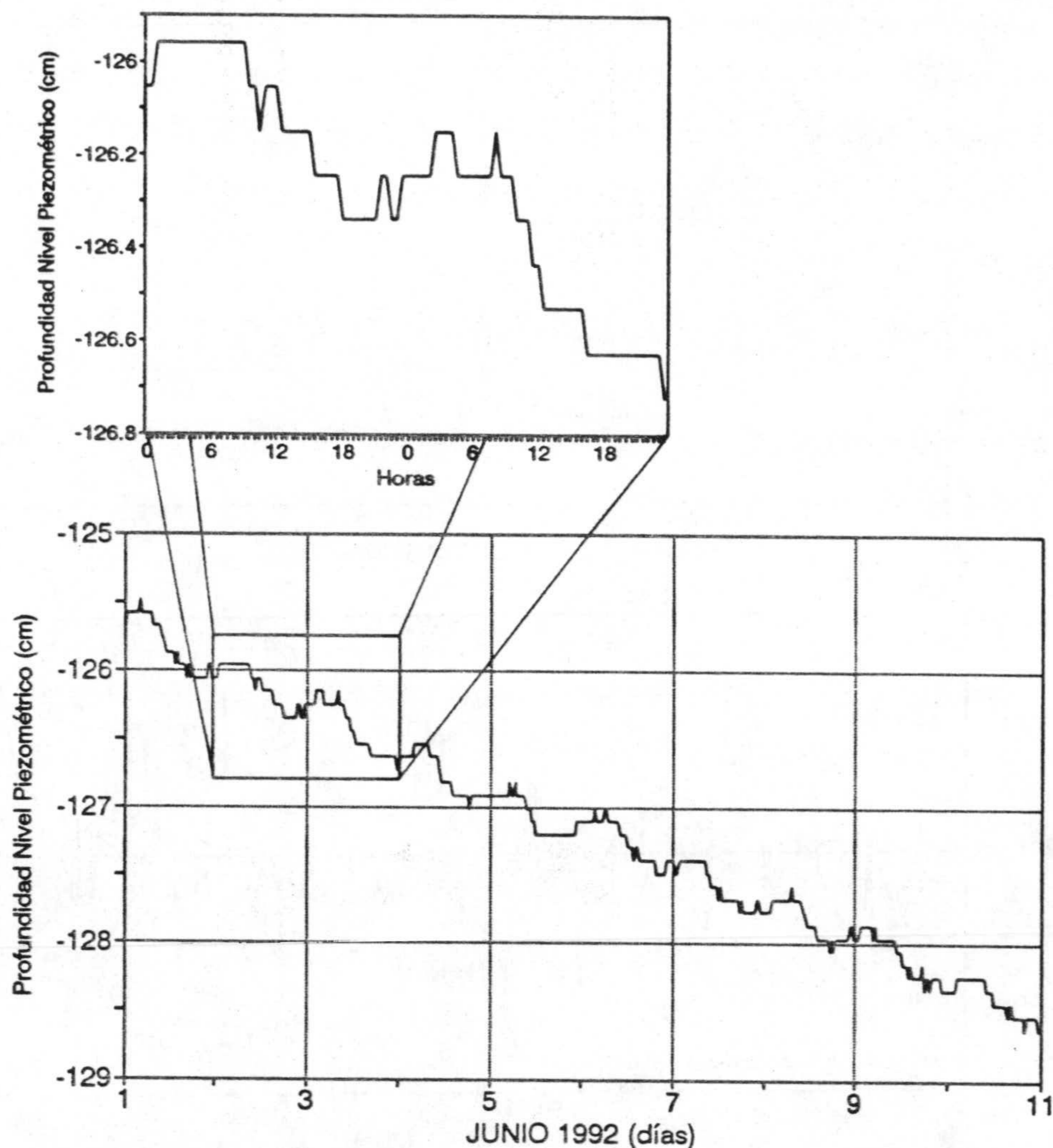


Figura 4.11. Oscilaciones diarias del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo) en junio de 1992.

atmosférica, velocidad del viento, etc. Para solucionar este problema y, al mismo tiempo, evitar la determinación de la transpiración diariamente (lo que haría el proceso engorroso) se ha aplicado la siguiente metodología (esquemática en la figura 4.12):

a) En primer lugar se han identificado los periodos en los cuales estas oscilaciones están bien definidas; en todos los casos existe un descenso del nivel piezométrico con una tendencia lineal (durante los episodios de recarga estas oscilaciones no se producen o están enmascaradas por los ascensos de nivel).

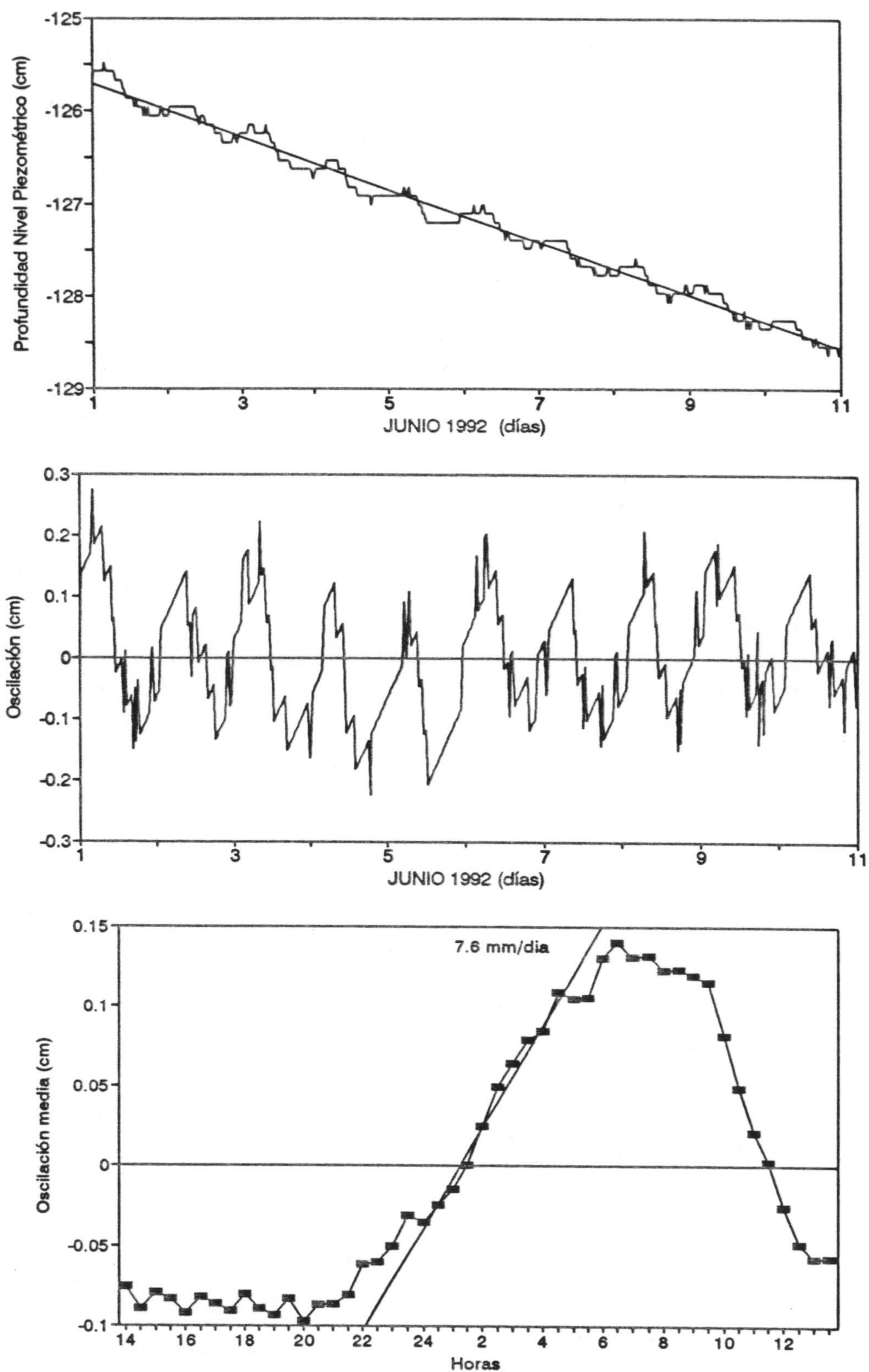


Figura 4.12. Ejemplo del cálculo de la transpiración vegetal a partir de las oscilaciones diarias del nivel piezométrico.

b) Se elimina la tendencia mediante la regresión con el tiempo y sustrayéndola de la serie original. Con ello se consigue que la serie sea estacionaria.

c) Se halla la posición media del nivel para cada hora.

d) Se halla la recta de regresión de los ascensos de nivel, cuya pendiente es la transpiración media del periodo considerado.

No se han realizado los cálculos para todos los meses pues, como se ha apuntado, en ocasiones estas oscilaciones están enmascaradas por los ascensos de nivel o no están bien definidas, como ocurre en el mes de agosto de 1992 (fig. 4.13) donde parecen existir dos máximos, uno en torno a las cero horas y otro a última hora de la tarde (18 a 20 horas) para los que no se ha encontrado una explicación satisfactoria.

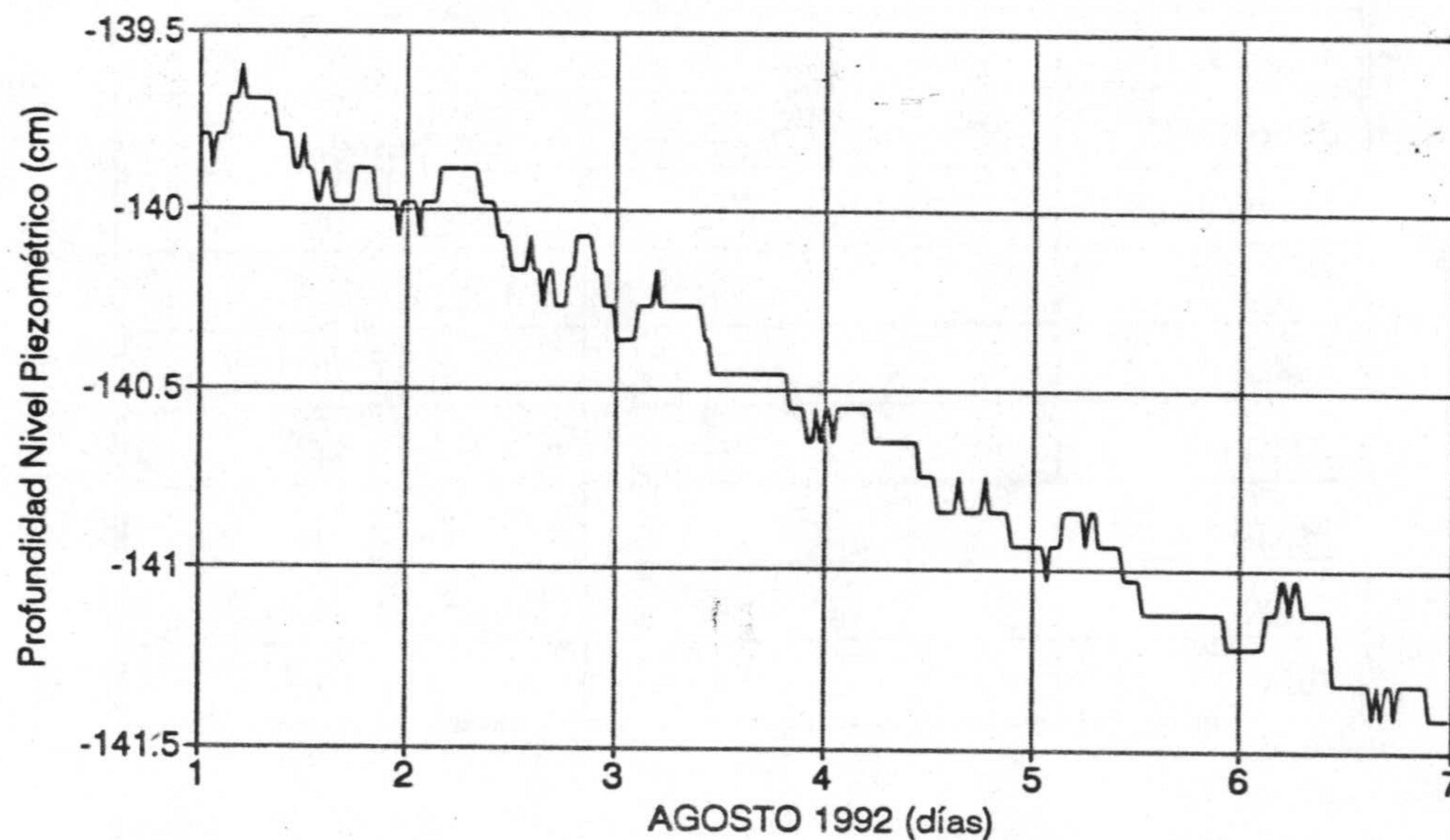


Figura 4.13. Oscilaciones diarias del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo) en agosto de 1992

En la tabla 4.3 se exponen los resultados obtenidos junto con el número de días considerados para cada mes y la ETP media diaria del periodo considerado calculada por el método de Thornthwaite. Los resultados presentan un máximo para el mes de mayo, con una transpiración de 2.5 mm/día; para el resto del año los valores se mantienen en torno a 1 mm/día, excepto para los meses de marzo, abril y junio que es un poco superior.

Aunque la porosidad eficaz encontrada en esta zona es de 0.3, el valor utilizado para calcular la transpiración ha sido 0.2 pues, como se ha visto anteriormente, la porosidad eficaz es menor a la total cuando el nivel piezométrico se halla cercano a la superficie.

Tabla 4.3. *Estimaciones de la transpiración vegetal a partir de las oscilaciones diarias del nivel piezométrico en la estación 5 (Corral Largo)*

	Nº de días considerados	Transpiración (mm/día)
Mayo 92	14	2.21
Junio 92	20	1.44
Julio 92	13	1.20
Diciembre 92	14	1.08
Enero 93	17	0.80
Marzo 93	2	1.92
Abril 93	16	1.54
Mayo 93	9	2.16
Junio 93	15	1.44
Julio 93	31	0.97

4.2. DATOS DEL CONTROL FORONOMICO

En septiembre de 1989 se inició la medida, con una periodicidad mensual, de caudales mediante micromolinete en los arroyos de "El Partido" y "La Rocina" para intentar calcular los coeficientes de escorrentía superficial, así como el volumen de agua drenado por ambos cursos. Estos arroyos son los de mayores cuencas vertientes a la marisma y, por lo tanto, constituyen su principal aporte de aguas de escorrentía.

En la figura 4.14 se representan las medidas realizadas en el arroyo de El Partido en el año 1989/90. Hay que advertir que los caudales punta durante las grandes crecidas no han podido ser registrados, dada la imposibilidad de hacerlo mediante aforo con micromolinete. En el Arroyo de El Partido estas fuertes avenidas provocaron su desbordamiento a su entrada en la marisma. El máximo caudal medido se aproxima a los 6000 l/s; sin embargo, el caudal punta debe ser muy superior (al menos del orden de varias decenas de m³/s). El caudal medio calculado para el año 1989/90 corresponde a un valor de 700 l/s, lo que supone un volumen de aportaciones de 22 hm³ en dicho periodo. No obstante, como se ha citado, el caudal medio real (y, por tanto, el volumen vertido a la marisma) debe ser bastante superior debido a la influencia de las fuertes avenidas acaecidas que no han podido ser registradas.

En enero de 1991 la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir comenzó una campaña de medidas diarias de niveles en escalas instaladas, entre otros puntos, en los Arroyos de La Rocina y El Partido. Al mismo tiempo se realizaban aforos con una periodicidad aproximadamente semanal.

Estos datos están incluidos en la figura 4.15. Con los resultados de caudales y altura de la escala se ha intentado establecer una curva de gastos. Sin embargo, los resultados muestran una dispersión importante, por lo que parece arriesgado extrapolar los valores de caudal a partir de la altura del agua en la escala.

No obstante, se ha calculado el caudal medio en el año 1990/91 a partir de los datos

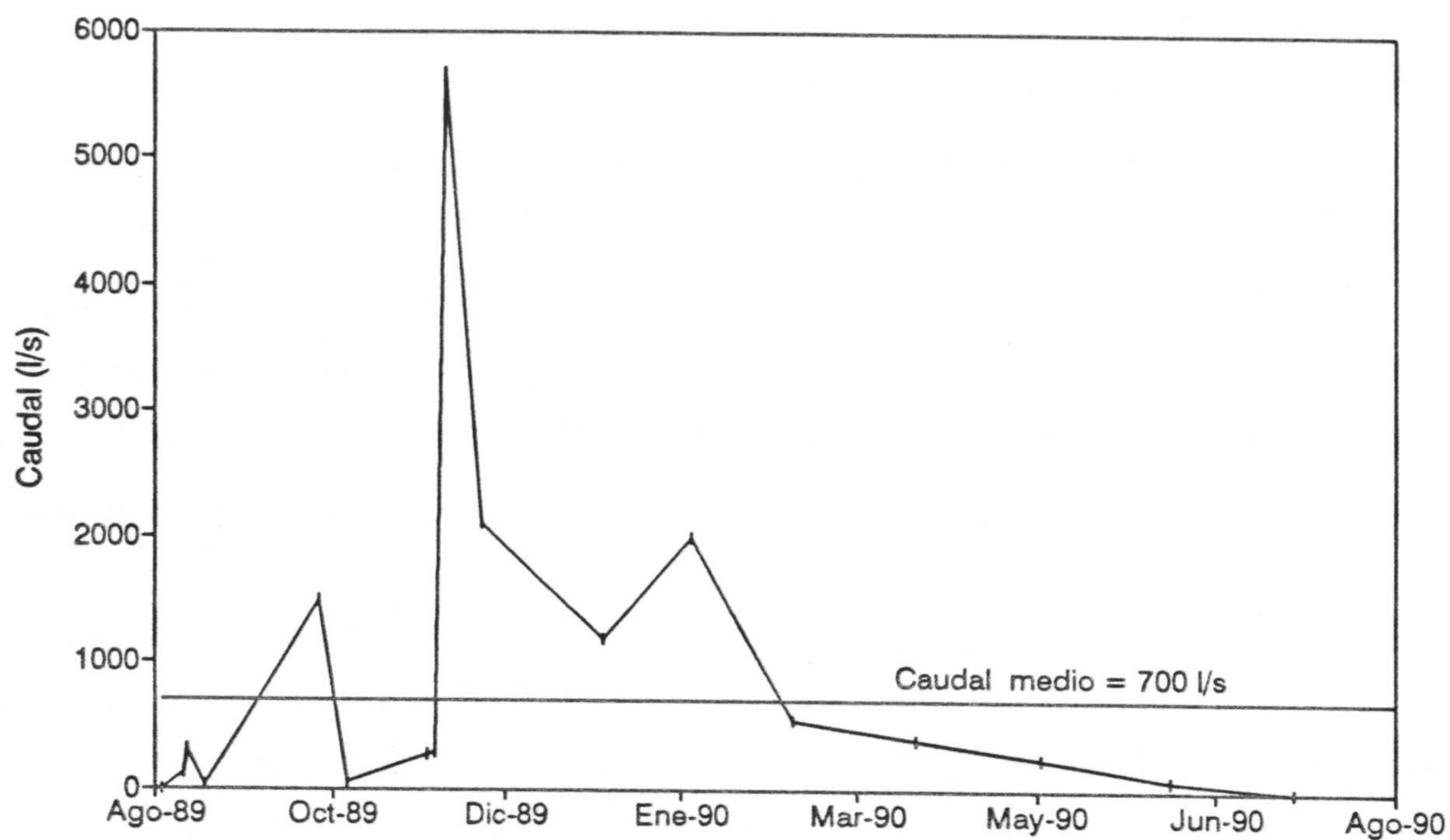


Figura 4.14. Caudales aforados en el arroyo del Partido en el año 1989/90

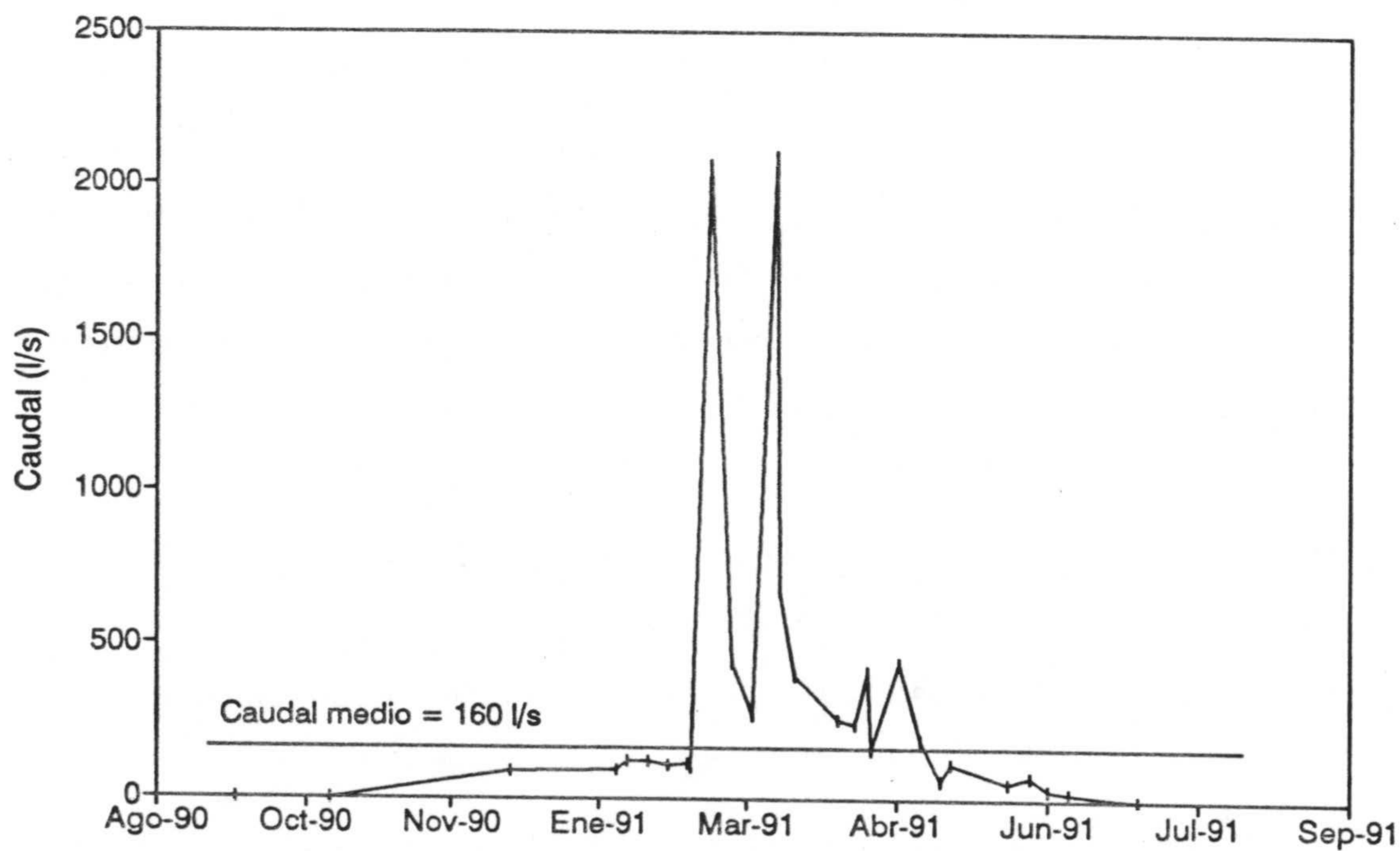


Figura 4.15. Caudales aforados en el arroyo del Partido en el año 1990/91

puntuales de aforos disponibles, tanto los realizados por mi como los efectuados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (fig. 4.15). Dicho caudal alcanza un valor de 160 l/s, es decir, una aportación de 5 hm³.

En cuanto al arroyo de La Rocina, las medidas se realizaban bajo el puente de La Canariega (a su entrada a la marisma). Se ha realizado una estimación del caudal medio y del volumen vertido a la marisma para el año 1989/90 (fig. 4.16). El caudal medio calculado es de 545 l/s, o lo que es lo mismo, una aportación de 17 hm³ en el periodo considerado.

Si comparamos estos datos con los únicos aforos realizados con anterioridad en el arroyo de La Rocina, efectuados en el estudio de la FAO durante los años 1969 a 1971, a partir de los cuales se obtiene un caudal medio de 296 l/s, se observa que estos últimos son muy inferiores a los que aquí se han presentado. El caudal máximo aforado fue de 3856 l/s, que correspondía a una altura en la escala instalada bajo el puente de La Canariega de 80 cm. Durante los meses de noviembre, diciembre y enero, con frecuencia se sobrepasó con creces dicha altura, llegando a alcanzar hasta 160 cm. No obstante, no hay que olvidar que estos valores corresponden a un año excepcionalmente lluvioso.

A partir de los datos obtenidos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en 1991, junto con algunos aforos puntuales realizados en el curso de este trabajo, se ha calculado la siguiente curva de gastos para el arroyo de La Rocina (fig. 4.17):

$$\text{Caudal (m}^3/\text{s)} = 179.25 \times H^{8.831} \text{ (coef. correlación 0.98)}$$

siendo H la altura de la escala en metros. Para la estimación de la curva de gastos se ha eliminado un punto de los obtenidos por Confederación que, por su situación, lejos de la tendencia general, parece corresponder a un dato erróneo.

La evolución de los caudales calculados se puede observar en la figura 4.18. El caudal medio durante el periodo enero a junio de 1991 fue de 1768 l/s (lo que supone un

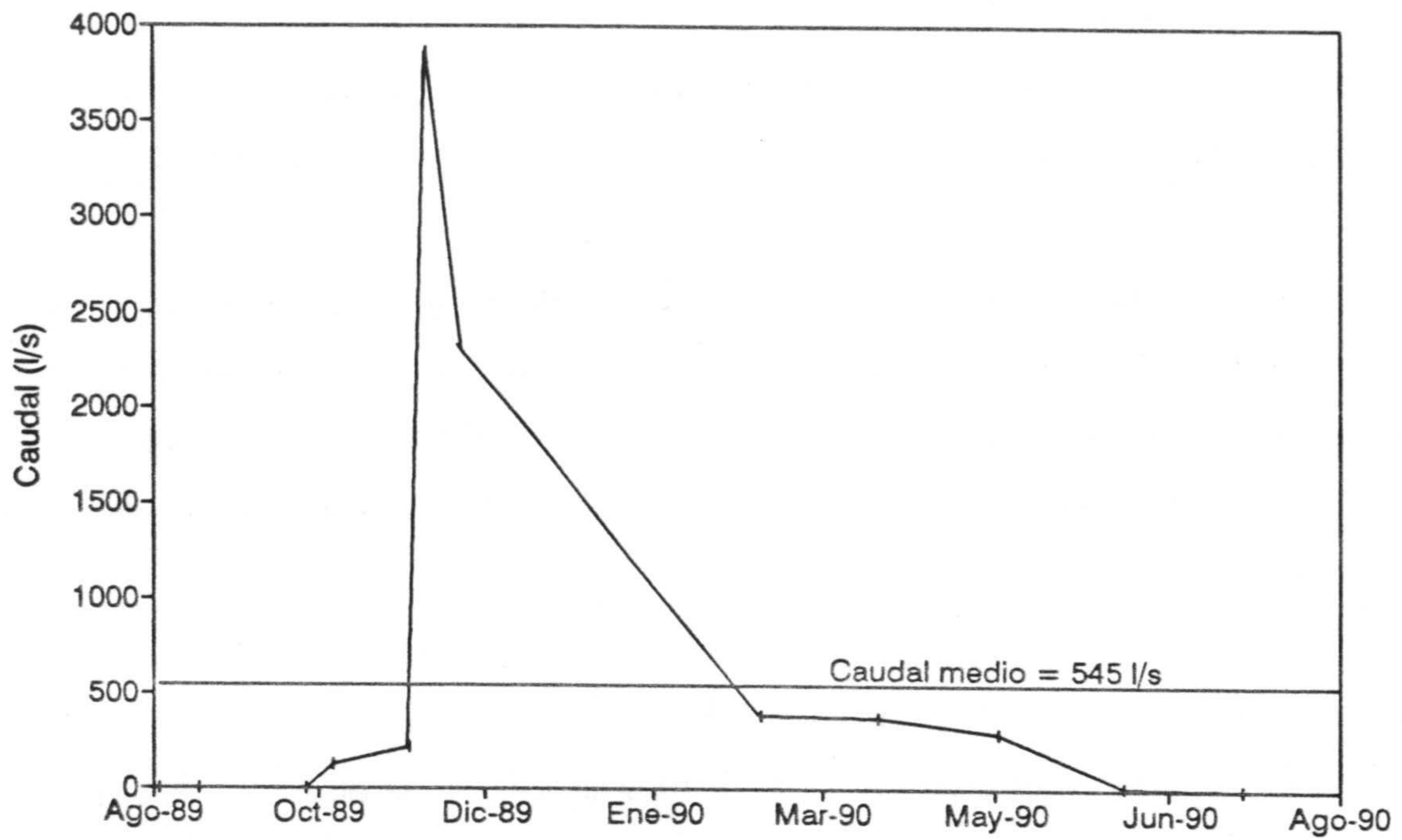


Figura 4.16. Caudales aforados en el arroyo de La Rocina en el año 1989/90

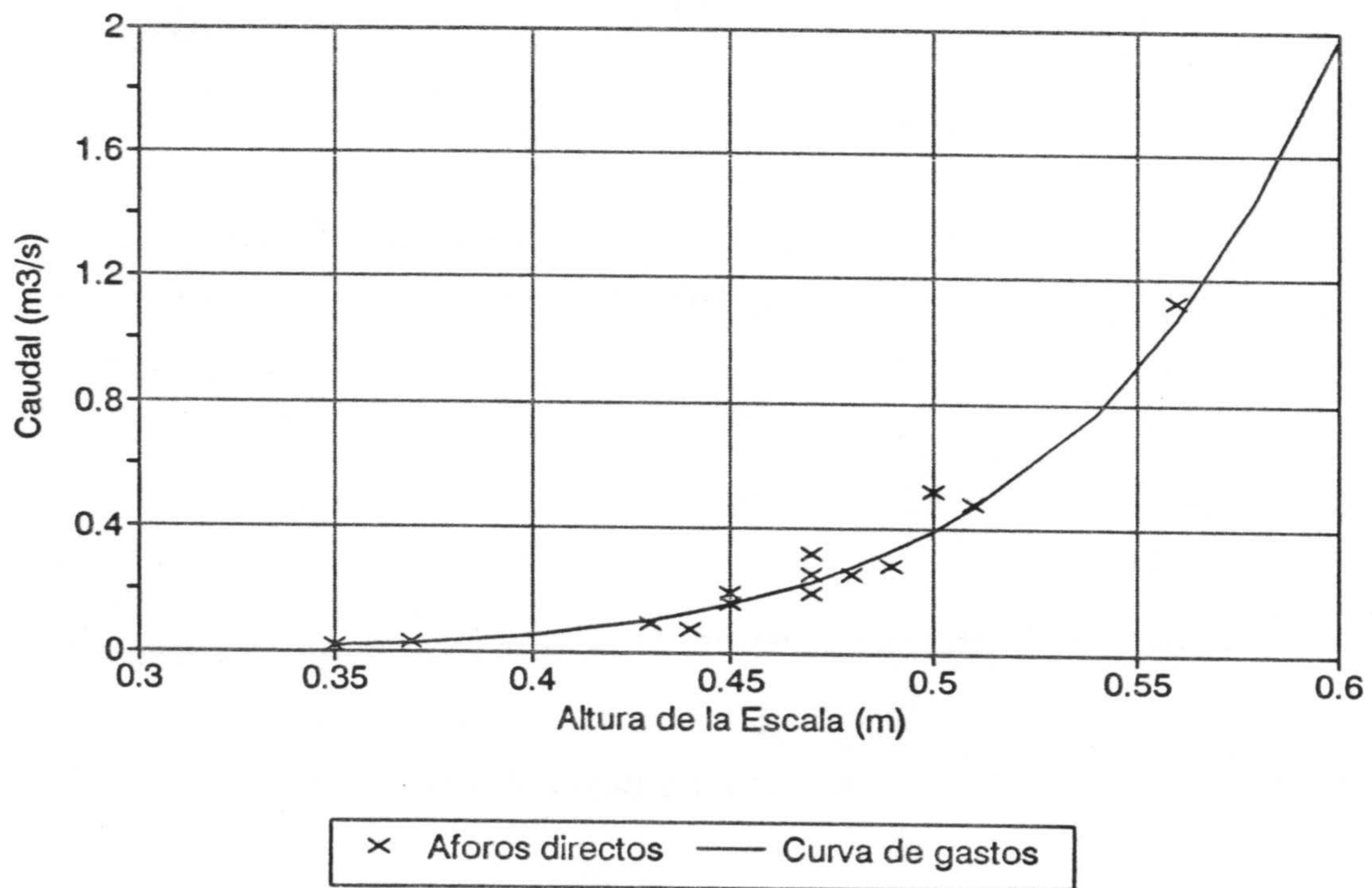


Figura 4.17. Curva de gastos del arroyo de La Rocina

volumen vertido a la marisma de 24.5 hm^3) con un caudal máximo de $114 \text{ m}^3/\text{s}$ el día 7 de marzo. Este último valor debe ser tomado con reservas pues, como puede comprobarse en la figura 4.18, la curva de gastos no está definida para caudales elevados.

Para el conjunto del año 1990/91, teniendo en cuenta los datos puntuales anteriores a enero de 1991 (fig. 4.18), se obtiene un caudal medio de 805 l/s . Ello supone 61 mm de lámina de agua para la superficie de la cuenca del arroyo de La Rocina (419 km^2 ; FAO, 1972), lo que representa el 11% de la precipitación anual registrada en la estación 3 (Los Mimbrales: 566 mm).

No obstante, este valor, aunque en su mayor parte debe corresponder a la escorrentía superficial en sentido estricto, también incluye una cierta proporción de agua infiltrada al acuífero y, posteriormente, drenada hacia el arroyo de La Rocina.

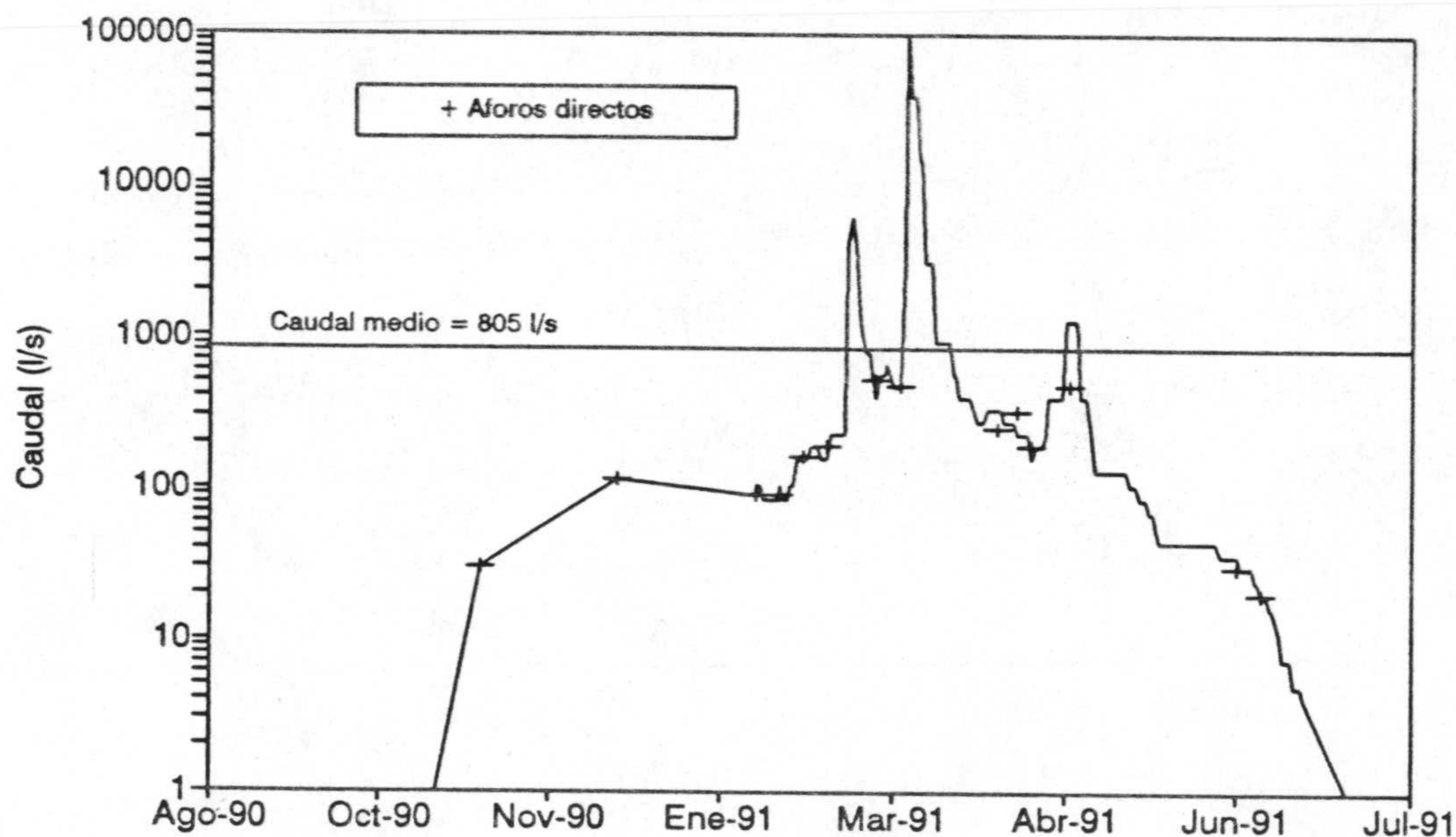


Figura 4.18. Caudales estimados para el arroyo de La Rocina y aforos directos (1990/91)

La lluvia útil calculada diariamente a partir de los datos de precipitación y temperatura de la estación "Los Mimbrales" (utilizando la ETP estimada mediante el método

de Thornthwaite) varía entre 281 y 231 mm, según se tome una capacidad de campo de 50 o 100 mm, dando por válidos los datos anteriores. Ello supone que la escorrentía superficial se sitúa entre el 22 y 26% de la lluvia útil.

5. ANALISIS DE LOS DATOS LISIMETRICOS



5.1. INTRODUCCION

La construcción de una pareja de lisímetros se proyectó como medio para tratar de acotar con precisión los términos del balance hídrico del sistema. Aunque es delicado extrapolar las conclusiones obtenidas en este punto, al menos se dispondría de unas estimaciones fiables de recarga y evapotranspiración en unas determinadas condiciones edáficas y de tipos de vegetación.

Los lisímetros se ubicaron en la estación 3 (Los Mimbrales), ya que en este punto se disponía de los datos de una estación meteorológica automatizada del Servicio de Protección de Vegetales de la Junta de Andalucía, con control en continuo de la pluviometría, temperatura, humedad relativa y velocidad y dirección del viento a 2 m sobre la superficie del suelo.

A continuación se describen brevemente las características de construcción de los lisímetros, en un epígrafe subsiguiente se estima la ETP por diversos métodos y, por último, se exponen los resultados empíricos obtenidos de los lisímetros y se discute la adecuación de los balances hídricos convencionales a las medidas experimentales.

5.2. CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION DE LOS LISIMETROS

Se han tomado como modelo los lisímetros existentes en la Facultad de Ciencias de Granada, pertenecientes al proyecto: "Recursos Hidrogeológicos de la Cuenca del Mediterráneo. Primera Fase: Evaporación y Transpiración".

La estación está equipada con dos cajas lisimétricas de 1 m³ de capacidad que funcionan en régimen natural, es decir, alimentadas por las precipitaciones y con la vegetación que crece espontáneamente.

Las cajas lisimétricas se construyeron de hormigón armado en la base y bloques de hormigón en las paredes. La parte interior de las cajas está revestida con tela asfáltica para asegurar su impermeabilidad. Las paredes están biseladas en su parte superior, de tal forma que las salpicaduras de las gotas de lluvia que incidan sobre ellas no se introduzcan en el interior de los lisímetros.

Para el drenaje de los suelos se utilizó el sistema de "drenaje libre", que consiste en colocar grava de naturaleza silíceas sobre el fondo inclinado y bajo el suelo. Los drenes de las dos cajas van a parar a una caja colectora, donde se realizan las medidas de infiltración.

En lo que se refiere al relleno de las cajas, éste fue el mismo suelo que se extrajo durante la excavación para la construcción de los lisímetros, con el fin de preservar, en la medida de lo posible, las condiciones naturales.

Este suelo consta de dos horizontes bien definidos:

- Horizonte superior (40 cm) de arenas finas sueltas de color pardo amarillento. Se puede distinguir un subhorizonte más superficial (de 20 cm), con un tono más oscuro debido a la presencia de materia orgánica, con abundantes raíces.
- Horizonte inferior arcillo-arenoso, de color amarillento (con un espesor de 60 cm), con vetas de colores abigarrados. Comportamiento plástico en mojado, presencia de concreciones o nódulos de hierro.

Aunque en un principio se planteó efectuar las medidas de drenaje semanalmente, éstas se realizaron con una periodicidad aproximadamente mensual durante primavera y verano y algo menor durante la época de recarga.

5.3. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

La ETP se ha calculado según los métodos de Thornthwaite, Makkink y Penman. En todos los casos los cálculos se han realizado para datos diarios, mediante programas desarrollados al efecto en QBASIC, aunque para simplificar la representación de los resultados, las tablas y gráficos que se presentan corresponden a los valores mensuales.

5.3.1. Metodo de Thornthwaite

Es uno de los métodos más ampliamente utilizados debido a que estima la ETP en función de la temperatura, dato disponible en numerosas estaciones meteorológicas. Se basa en la siguiente relación empírica entre la temperatura media mensual y la ETP, para un mes tipo de 30 días, con una insolación diaria de 12 horas (Sanchez Toribio, 1992):

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T_{media}}{I} \right)^a$$

donde I es el índice anual de calor, cuyo valor se calcula a partir de la temperatura media mensual, y el parámetro a es una función polinómica de I.

5.3.2. Método de Makkink

Este método, también empírico, se basa en la siguiente fórmula (Custodio y LLamas, 1983):

$$ETP = 0.61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_{global} - 0.12$$

donde Δ es la pendiente de la curva de saturación de vapor para la temperatura media diaria del aire, γ la constante psicrométrica (0.485 mm Hg/°C) y R_{global} la radiación global incidente expresada en mm/día de agua evaporable.

5.3.3. Método de Penman

Es un método semiempírico; calcula la evaporación a partir de una superficie de agua libre, combinando el método de balance energético con el déficit de vapor de agua multiplicado por una función de la velocidad del viento (Custodio y Llamas, 1983). Para estimar la ETP, los valores de evaporación en superficie de agua libre se multiplican por un factor de reducción empírico.

La fórmula para calcular la evaporación de una superficie de agua libre, expresada en mm de agua, es:

$$E_{\text{Agua libre}} = \frac{\Delta R_{\text{neto}} + 0.35\gamma(0.5 + 0.54V)(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma}$$

siendo:

Δ y γ definidos en la fórmula anterior

R_{neto} : radiación neta expresada en mm de agua evaporante

V: velocidad del viento a 2 m de altura sobre el suelo (m/seg)

e_a : presión de vapor a saturación en función de la temperatura (mm Hg)

e_d : presión de vapor en el aire (mm Hg)

Los valores del factor de reducción, deducidos por Penman para relacionar la tasa de evaporación de una pradera de hierba baja en el sureste de Inglaterra, son de 0.6 desde Noviembre a Febrero, 0.8 desde Mayo a Agosto y 0.7 para los meses restantes.

5.3.4. Datos de partida

Los datos de temperatura utilizados son los de las estaciones 2 (El Caoso) y 3 (Los Mimbrales), aunque dada la semejanza de los resultados sólo se exponen los de la estación

3. No se han realizado los cálculos con los datos de la estación 4 (Palacio Doñana) pues presenta numerosos lapsos sin información. Los valores de la temperatura media anual (tabla 5.1) varían entre 15.7 y 17.1 °C.

Tabla 5.1. Valores mensuales de los datos de partida para el cálculo de la ETP

AÑO 89/90

	Temperat. °C	Humedad relativa %	Velocidad viento m/s	Insolación horas	Radiación Global cal/cm2
Sep	20.9	77.7	1.58	8.33	444
Oct	18.7	79.8	1.42	6.43	338
Nov	14.6	87.9	1.85	3.96	215
Dic	13.7	94.0	2.06	2.45	158
Ene	9.2	89.8	1.17	5.59	236
Feb	11.7	88.8	1.13	6.68	320
Mar	14.0	77.9	1.73	6.44	382
Abr	14.2	76.5	1.94	8.49	507
May	18.5	74.0	1.68	10.24	547
Jun	20.4	72.7	1.86	11.05	617
Jul	25.1	61.5	1.75	11.24	624
Ago	24.5	69.0	1.53	10.26	546
Media	17.1	79.1	1.64	7.60	411

AÑO 90/91

	Temperat. °C	Humedad relativa %	Velocidad viento m/s	Insolación horas	Radiación Global cal/cm2
Sep	22.1	77.7	1.39	7.49	434
Oct	17.5	83.8	1.71	5.37	319
Nov	11.8	86.0	1.32	6.57	272
Dic	9.1	89.1	1.29	4.19	188
Ene	8.3	86.0	1.18	6.15	229
Feb	8.8	88.5	1.59	5.44	268
Mar	12.8	84.1	2.10	6.21	365
Abr	13.5	77.3	1.77	8.06	464
May	16.9	64.4	1.81	10.52	584
Jun	21.7	67.9	1.69	10.89	586
Jul	24.3	58.7	1.77	11.23	578
Ago	24.8	63.7	1.68	10.64	539
Media	16.0	77.3	1.61	7.73	402

AÑO 91/92

	Temperat. °C	Humedad relativa %	Velocidad viento m/s	Insolación horas	Radiación Global cal/cm2
Sep	22.2	70.0	1.57	8.51	425
Oct	15.4	80.2	1.28	7.07	344
Nov	11.5	78.1	1.30	6.40	274
Dic	9.7	87.4	1.02	5.04	202
Ene	6.7	79.6	1.03	6.11	238
Feb	9.4	77.9	1.12	6.31	277
Mar	12.8	69.0	1.61	7.13	404
Abr	15.5	69.4	2.07	9.56	517
May	19.0	68.0	1.89	9.36	543
Jun	18.4	81.6	2.18	8.92	538
Jul	23.8	67.7	1.64	11.77	645
Ago	23.8	68.8	1.78	10.23	549
Media	15.7	74.8	1.54	8.04	413

AÑO 92/93

	Temperat. °C	Humedad relativa %	Velocidad viento m/s	Insolación horas	Radiación Global cal/cm2
Sep	20.6	74.4	1.48	10.04	523
Oct	15.2	87.4	1.62	6.42	317
Nov	11.5	90.0	0.96	7.31	293
Dic	10.3	93.9	1.40	3.87	188
Ene	7.3			6.90	268
Feb	10.2			7.61	342
Mar	13.5			7.20	390
Abr	13.8			8.64	464
May	16.6			8.48	502
Jun	20.2			10.98	601
Jul	24.5			12.64	688
Ago	24.2			9.93	570
Media	15.7	86.4	1.37	8.33	429

Los datos de humedad relativa empleados son los de la estación 3 (Los Mimbrales). Presenta valores elevados, con medias anuales en torno al 75% y máximos durante el invierno próximos al 90%.

La velocidad del viento a 2 m de altura sobre la superficie del terreno (tabla 5.1) también corresponde a la estación meteorológica de Los Mimbrales. Sólo disponemos de

datos de humedad relativa y velocidad del viento hasta diciembre de 1992, por lo que para 1993 no se puede calcular la ETP mediante los métodos de Makkink y Penman.

Dado que en la zona de estudio no se dispone de ninguna estación con control de la radiación global incidente y la insolación, se han tomado los datos de la estación del Instituto Nacional de Meteorología en Huelva. Los valores que faltan de la serie de radiación global (40 de un total de 1461 datos) se han calculado a partir de los datos de insolación con la ecuación de Angstrom-Prescott (Sanchez Toribio, 1992):

$$R_{Global} = (a + b \frac{n}{N}) R_a$$

donde a y b son coeficientes que tienen valores (según Penman, in Custodio y Llamas, 1983) de 0.18 y 0.55, respectivamente, n es el número de horas de sol medidas con heliógrafo, N es el número máximo de horas de sol posibles y R_a es la intensidad teórica de la radiación incidente suponiendo que no existiera atmósfera. N y R_a se obtienen a partir de las siguientes expresiones (Sanchez Toribio, 1992):

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

$$R_a = 37.586 d_r (\omega_s \text{sen} \phi \text{sen} \delta + \text{cos} \phi \text{cos} \delta \text{sen} \omega_s)$$

donde:

d_r : distancia relativa Tierra-Sol (en radianes)

$$d_r = 0.033 \cos (2\pi J/365 - 1.405)$$

ω_s : ángulo horario de salida del sol (en radianes)

$$\omega_s = \arccos (-\tan \phi \tan \delta)$$

δ : Declinación solar (en radianes)

$$\delta = 0.4093 \text{sen}(2\pi J/365 - 1.405)$$

ϕ : latitud (en radianes)

J: número del día juliano

En la figura 5.1 se muestra la evolución de la radiación global de la estación de Huelva y la radiación global calculada a partir de los datos diarios de insolación mediante la ecuación de Angstrom-Prescott. Puede observarse como la radiación global medida en Huelva, a partir de 1991, tiene tendencia a disminuir con respecto a la calculada a partir de los datos de insolación; ello llevó a pensar en un error sistemático en la medida de la radiación global, lo que se confirmó comparándola con los datos de la estación de Cádiz. Dicha tendencia se ha corregido calculando la regresión de la serie de radiación global medida en Huelva con la de la estación de Cádiz. En la figura 5.1 también se representa la serie corregida utilizada para el cálculo de la ETP.

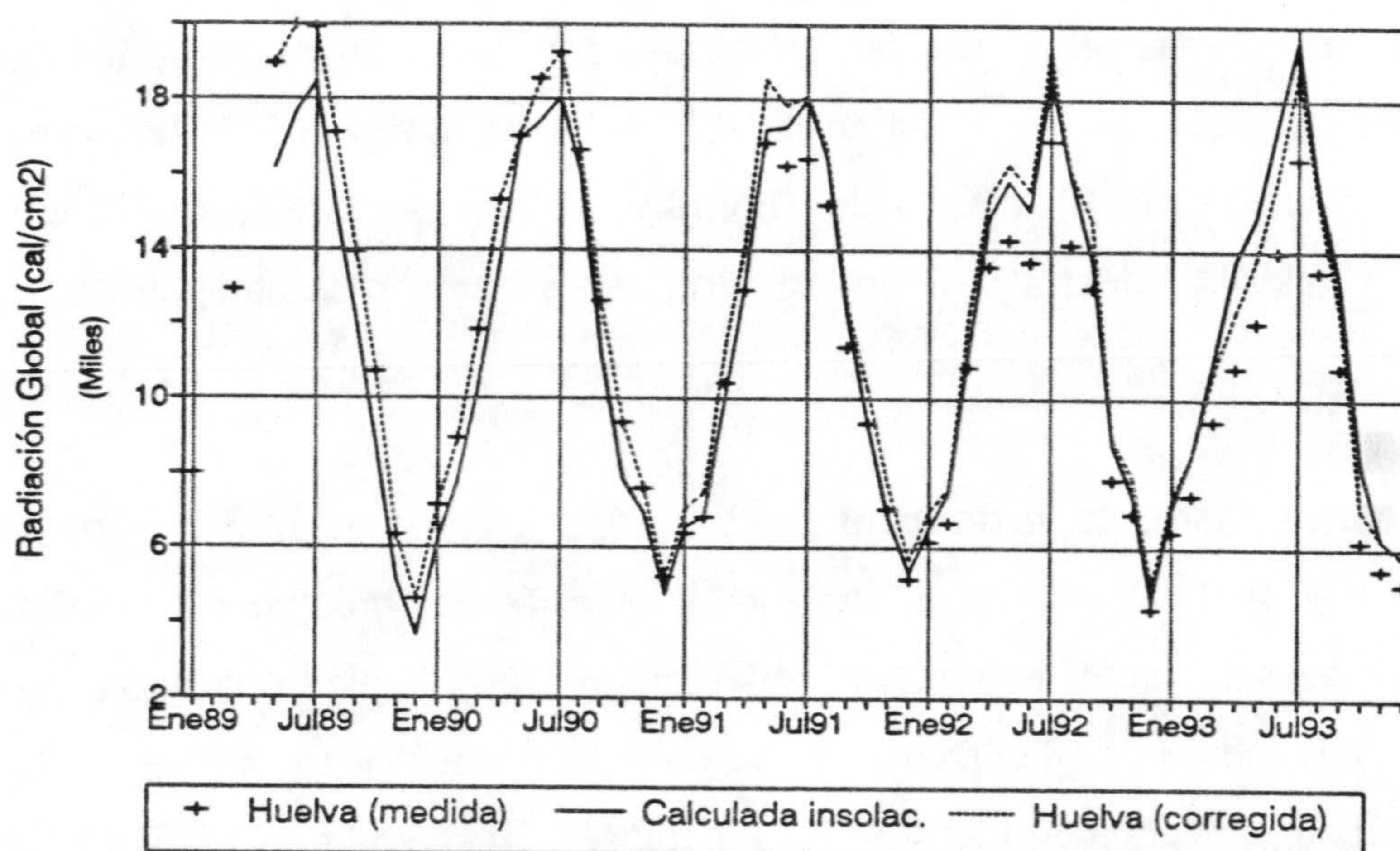


Figura 5.1. Radiación global en la estación de Huelva, radiación global calculada a partir de los datos de insolación y radiación global de Huelva corregida.

Por último, para utilizar el método de Penman se necesitan, además de los datos anteriores, los datos diarios de radiación neta, obtenidos a partir de la radiación global incidente mediante la ecuación (Custodio y Llamas, 1983):

$$R_{Neta} = R_{Global} (1 - r) - 1.8194 \times 10^{-7} T^4 (0.56 - 0.092 \sqrt{e_d}) (1 - 0.09m)$$

donde:

R_{Neta} : radiación neta (cal/cm^2)

R_{Global} : radiación global incidente (cal/cm^2)

r: albedo, 0.05 para evaporación en superficie de agua libre

T: Temperatura del aire ($^{\circ}Kelvin$)

e_a : presión de vapor en el aire (mm Hg)

m: coeficiente de nubosidad, $m = 0.1 + 0.9n/N$, n y N definidos anteriormente.

5.3.5. Resultados

Los datos mensuales de la ETP, calculados a partir de los datos diarios, mediante los tres métodos expuestos, se muestran en la tabla 5.2 y en la figura 5.2. Los valores anuales de la ETP calculada por el método de Thornthwaite son similares a los obtenidos con el método de Makkink, mientras que con la fórmula de Penman se obtienen los valores más bajos.

Si comparamos su distribución a lo largo del año (fig. 5.2), los métodos de Thornthwaite y Penman muestran una evolución más parecida; con ambos métodos se obtienen valores semejantes en invierno, mientras que en primavera (marzo a mayo) la ETP calculada por el método de Penman es mayor que la que se obtiene con el de Thornthwaite y menor durante el verano y otoño (julio a octubre). El método de Makkink proporciona, respecto a los otros dos, valores más elevados durante el invierno y menores durante el verano.

No obstante, hay que tener en cuenta que, para el método de Penman, se han utilizado los coeficientes reductores obtenidos por este investigador en el sureste de Inglaterra, en condiciones climáticas, de vegetación y edáficas muy diferentes al área de Doñana.

Tabla 5.2. Valores mensuales de la ETP calculada por los métodos de Thornthwaite, Penman y Makkink

AÑO 89/90

	Thornthwaite	Penman agua libre	Penman reducido	Makkink
Sep	105.2	119.6	83.7	92.3
Oct	80.3	84.6	59.2	68.7
Nov	44.0	44.1	26.4	37.3
Dic	38.7	31.0	18.6	26.6
Ene	19.0	28.3	17.0	36.5
Feb	28.2	48.3	29.0	49.8
Mar	49.0	89.5	62.6	70.5
Abr	53.8	117.9	82.5	91.9
May	99.4	147.9	118.3	113.1
Jun	120.1	174.7	139.8	128.4
Jul	180.6	206.7	165.3	145.3
Ago	162.1	172.8	138.2	125.8
Total	980.5	1265.2	940.7	986.2

AÑO 90/91

	Thornthwaite	Penman agua libre	Penman reducido	Makkink
Sep	119.9	124.9	87.4	92.1
Oct	74.0	79.8	55.9	63.1
Nov	33.6	38.0	22.8	44.8
Dic	20.9	24.0	14.4	28.1
Ene	18.3	23.5	14.1	34.5
Feb	19.5	37.1	22.3	37.8
Mar	45.5	80.0	56.0	64.8
Abr	53.4	104.4	73.1	82.7
May	88.6	154.8	123.9	116.8
Jun	139.1	169.5	135.6	124.9
Jul	172.3	185.1	148.1	132.5
Ago	165.7	171.1	136.9	124.6
Total	950.8	1192.3	890.4	946.8

AÑO 91/92

	Thornthwaite	Penman agua libre	Penman reducido	Makkink
Sep	122.0	118.3	82.8	90.4
Oct	60.8	71.2	49.8	65.2
Nov	32.5	41.1	24.6	44.7
Dic	24.0	22.1	13.3	31.0
Ene	13.8	25.9	15.6	34.1
Feb	23.3	39.6	23.8	40.8
Mar	46.5	95.5	66.8	73.5
Abr	69.7	127.4	89.1	99.2
May	109.7	153.0	122.4	112.4
Jun	103.5	147.3	117.8	107.6
Jul	165.9	202.7	162.2	147.6
Ago	156.0	171.5	137.2	124.5
Total	927.7	1215.5	905.4	970.9

AÑO 92/93

	Thornthwaite	Penman agua libre	Penman reducido	Makkink
Sep	107.6	136.9	95.8	108.9
Oct	60.2	65.4	45.8	59.6
Nov	32.7	37.2	22.3	48.3
Dic	26.9	26.1	15.7	29.4
Ene	16.7			
Feb	25.6			
Mar	44.6			
Abr	49.2			
May	87.3			
Jun	132.6			
Jul	175.6			
Ago	156.6			
Total	915.6			

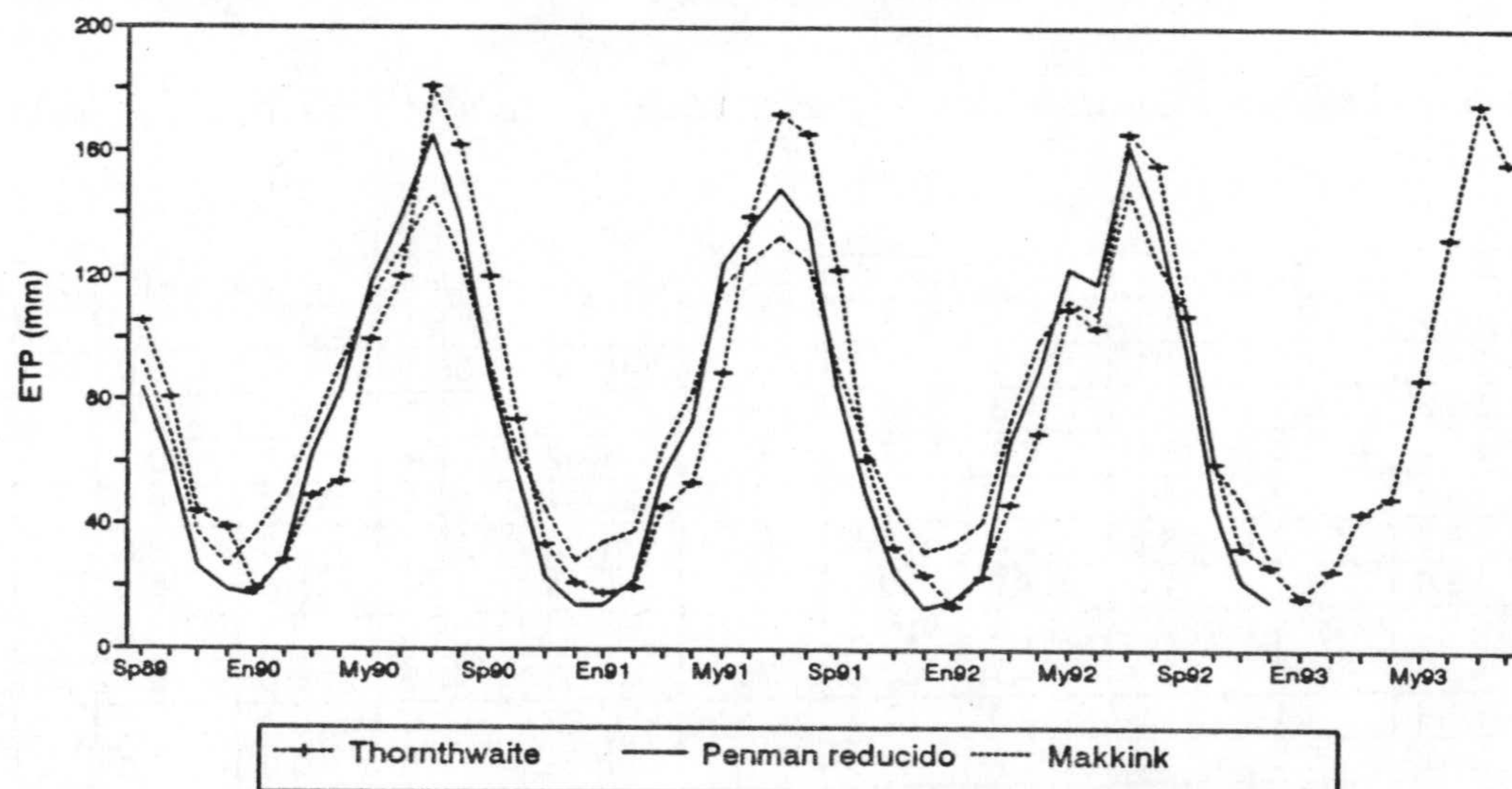


Figura 5.2. Evolución de la ETP mensual por los métodos de Thornthwaite, Penman y Makkink

5.4. DATOS LISIMETRICOS EXPERIMENTALES

Debido a las intensas precipitaciones de noviembre y diciembre de 1989, el nivel piezométrico se situó casi en la superficie del terreno, lo que provocó la inundación de la caja colectora de los drenes provenientes de los lisímetros. Por este motivo, el inicio de las medidas no se realizó hasta mayo de 1990, una vez que el nivel del agua descendió lo suficiente. En septiembre de ese mismo año se procedió a impermeabilizar la caja colectora mediante un recubrimiento de poliéster, para evitar que pudiera repetirse el problema. Sin embargo, los resultados del año 1990/91 no se comentan ya que, debido al ascenso del nivel piezométrico durante febrero de 1991, se produjo de nuevo la inundación de los lisímetros.

Por otro lado, las medidas con la sonda de neutrones (marca TROXLER, modelo 4300) no pudieron comenzar de forma regular hasta mayo de 1991, dado que la legislación española las considera como una instalación radiactiva de segunda categoría, lo que ha obligado a obtener de los organismos competentes una serie de permisos relativos a instalaciones de almacenamiento del instrumento y de capacitación técnica de los usuarios que han demorado la utilización de esta metodología. Ello se vio agravado, además, por defectos de funcionamiento en la sonda de neutrones que obligaron a sustituir el aparato.

Tabla 5.3. Valores mensuales de la precipitación, drenaje y ETR en los lisímetros

	Precipit (mm)	Drenaje (l)		ETR (mm)	
		A	B	A	B
Sep-91	28.1	2.1	2.1	12.5	14.9
Oct-91	106.9	0.1	2.5	14.0	10.4
Nov-91	20.4	72.5	76.5	8.3	7.9
Dic-91	56.8	56.2	54.5	6.7	2.5
Ene-92	7.0	21.9	26.8	3.5	0.5
Feb-92	56.6	7.1	11.0	17.7	12.9
Mar-92	21.5	21.6	24.2	36.9	20.0
Abr-92	47.6	13.2	35.0	64.9	37.0
May-92	20.3	1.1	1.3	50.8	62.4
Jun-92	24.2	0.0	0.0	22.7	44.0
Jul-92	0.0	0.0	0.0	18.9	21.3
Ago-92	3.0	0.0	0.0	6.1	8.0
Total	392.4	195.7	233.8	262.9	241.7

	Precipit (mm)	Drenaje (l)		ETR (mm)	
		A	B	A	B
Sep-92	36.1	0.0	0.0	9.2	10.0
Oct-92	73.5	0.0	0.0	33.5	27.6
Nov-92	7.4	0.0	0.0	20.7	18.0
Dic-92	36.1	0.0	0.0	19.7	17.6
Ene-93	29.1	0.0	8.6	21.8	17.0
Feb-93	11.5	0.0	29.0	21.3	11.0
Mar-93	36.5	0.0	7.8	72.8	62.8
Abr-93	76.5	0.0	0.8	76.8	90.8
May-93	95.0	0.0	0.0	84.1	100.0
Jun-93	4.5	0.0	0.0	30.3	31.0
Jul-93	0.0	0.0	0.0	2.2	3.4
Ago-93	0.0	0.0	0.0		
Total	406.2	0.0	46.2	392.4	389.2

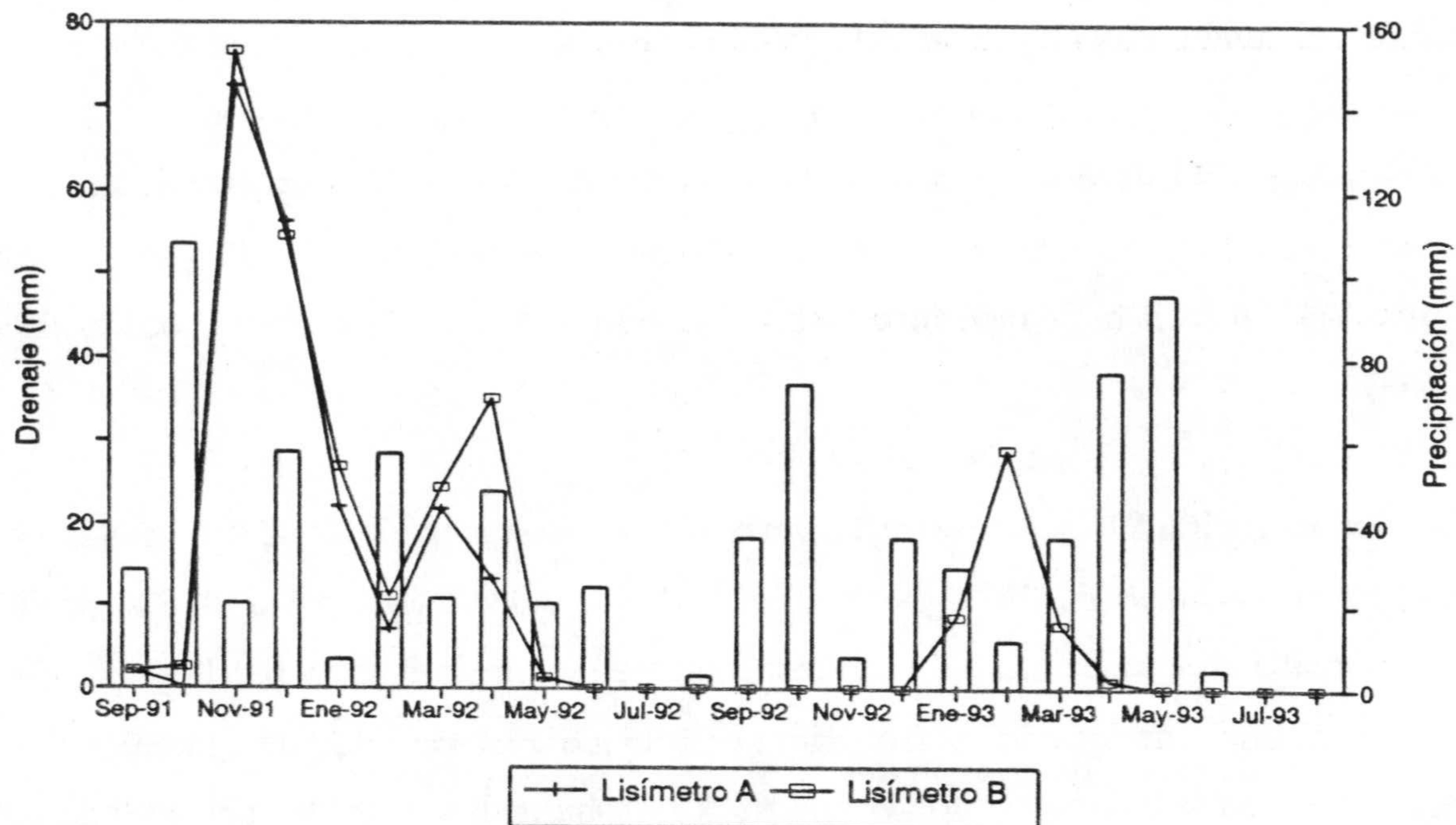


Figura 5.3. Valores mensuales de la precipitación y drenaje en los lisímetros

El año 1991/92 se caracterizó por su escasa pluviometría (392 mm). El volumen drenado por ambos lisímetros fue de 196 y 234 litros para los lisímetros A y B, respectivamente. Ello representa el 50 y 60% de la precipitación. El periodo de máxima infiltración se produjo entre noviembre de 1991 y enero de 1992 (150 y 158 litros).

Durante el año 1992/93 las precipitaciones fueron del mismo orden que en el año anterior (406 mm). En el lisímetro B, además, se añadieron 20 mm en enero de 1993, con el fin de definir la curva característica de retención de humedad realizando medidas simultáneas de potencial matricial y humedad. En el lisímetro A no se produjo drenaje y en el lisímetro B fue de 46 mm.

El mayor porcentaje de drenaje observado en el lisímetro B durante los dos años de control puede relacionarse con un desarrollo de la vegetación menor al observado en el lisímetro A.

A partir de los valores anuales de drenaje y precipitación, y suponiendo que no existe

variación del contenido en agua durante un año hidrológico, se obtiene en el año 1991/92 una ETR de 197 y 159 mm en los lisímetros A y B, respectivamente, y de 406 y 380 mm en el año 1992/93. Estas diferencias entre los dos años controlados parecen excesivas, aún teniendo en cuenta que en el año 1992/93 las precipitaciones entre abril y junio (176 mm), meses de una alta ETP, fueron muy superiores a las registradas durante la misma época en 1991/92 (92 mm).

En la figura 5.4 se muestra la variación del volumen de agua almacenado en los lisímetros desde mayo de 1991 hasta julio de 1993, calculado a partir de los perfiles de humedad realizados mediante la sonda de neutrones; se puede comprobar la gran diferencia que existe al inicio de los años hidrológicos controlados. La cantidad de agua de infiltración en los lisímetros podría venir condicionada por su humedad al inicio del período del año hidrológico; en septiembre de 1991 el volumen almacenado se situaba entre 105 y 121 litros para los lisímetros A y B (aunque estos valores fueron obtenidos posteriormente a unas precipitaciones de 28 mm); por el contrario, estas cantidades están comprendidas entre 22 y 29 litros en septiembre de 1992. El mayor volumen de agua del lisímetro B sólo se debe a que los perfiles de humedad alcanzan una profundidad un poco mayor que en el A.

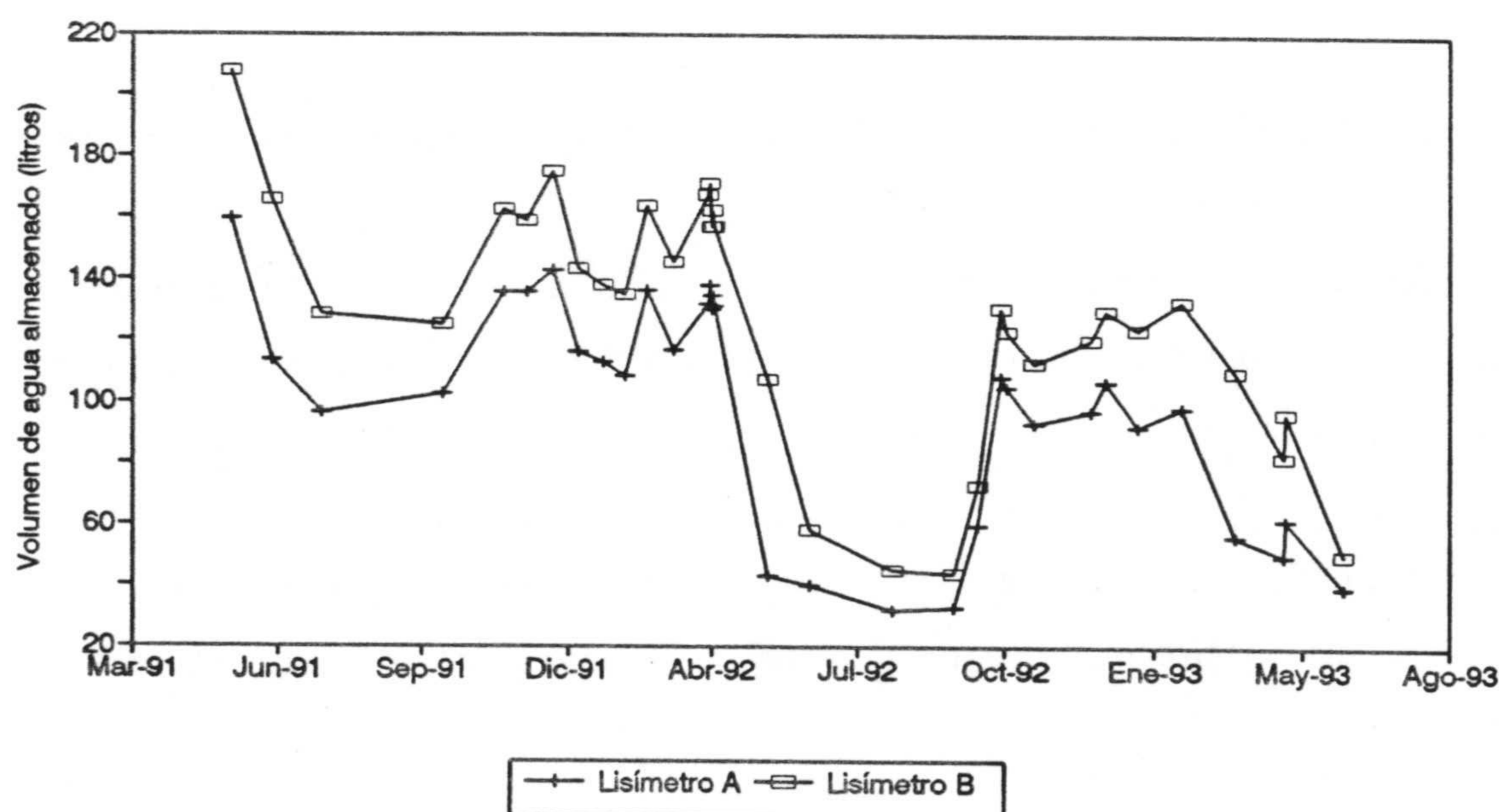


Figura 5.4. Variación del contenido en agua en los lisímetros

Por lo tanto, los valores de la ETR calculados anteriormente son erróneos (ΔV no es igual a cero). Si consideramos la variación del contenido en agua entre las fechas que se realizaron los perfiles de humedad, se obtienen los valores de ETR expuestos en la tabla 5.3, con un total entre 242 y 263 mm para el año 1991/92 y próximo a 390 mm para el año 1992/93. Las diferencias en este caso si podrían ser atribuidas a la desigual distribución pluviométrica durante ambos años. En la figura 5.5 se representan los valores mensuales de la ETR; sobresalen claramente los meses de primavera, con una ETR entre marzo y junio del 67% del total en el año 1991/92 y entre el 67 y 73% (lisímetros A y B, respectivamente) en el año 1992/93.

En la evolución del nivel piezométrico (fig. 4.3) se observa que, al inicio de los tres años hidrológicos considerados, se produce un ascenso apreciable de nivel, aunque en el año 1992/93 no se produce drenaje en los lisímetros. Ello puede ocurrir debido a que, por la escasa profundidad del nivel piezométrico, existe una franja capilar que mantiene una mayor humedad en el suelo natural con respecto a los lisímetros (ya que estos están impermeabilizados) a la misma profundidad (fig. 5.6). La recarga deducida de los lisímetros no sería la natural en esta zona, ya que no existen las mismas condiciones hidráulicas en su base que en el suelo que los rodea (Lerner et al., 1990). Es decir, el nivel piezométrico próximo a la superficie produciría un incremento de la recarga. No obstante, también se favorece, por otro lado, la descarga por evaporación y consumo de la vegetación.

Con el fin de comparar los valores experimentales con los calculados a partir de un balance hídrico convencional del agua en el suelo, con distintos valores de la capacidad de campo y utilizando la ETP calculada por los diferentes métodos expuestos en el epígrafe 5.3, se ha realizado un programa, en lenguaje QBASIC, para la estimación de la lluvia útil y la evapotranspiración real a partir de los datos diarios de la ETP y precipitación. Los ficheros de precipitación y ETP se crean previamente e, introduciendo la capacidad de campo deseada, se realiza el cálculo de la ETR y la lluvia útil a nivel diario.

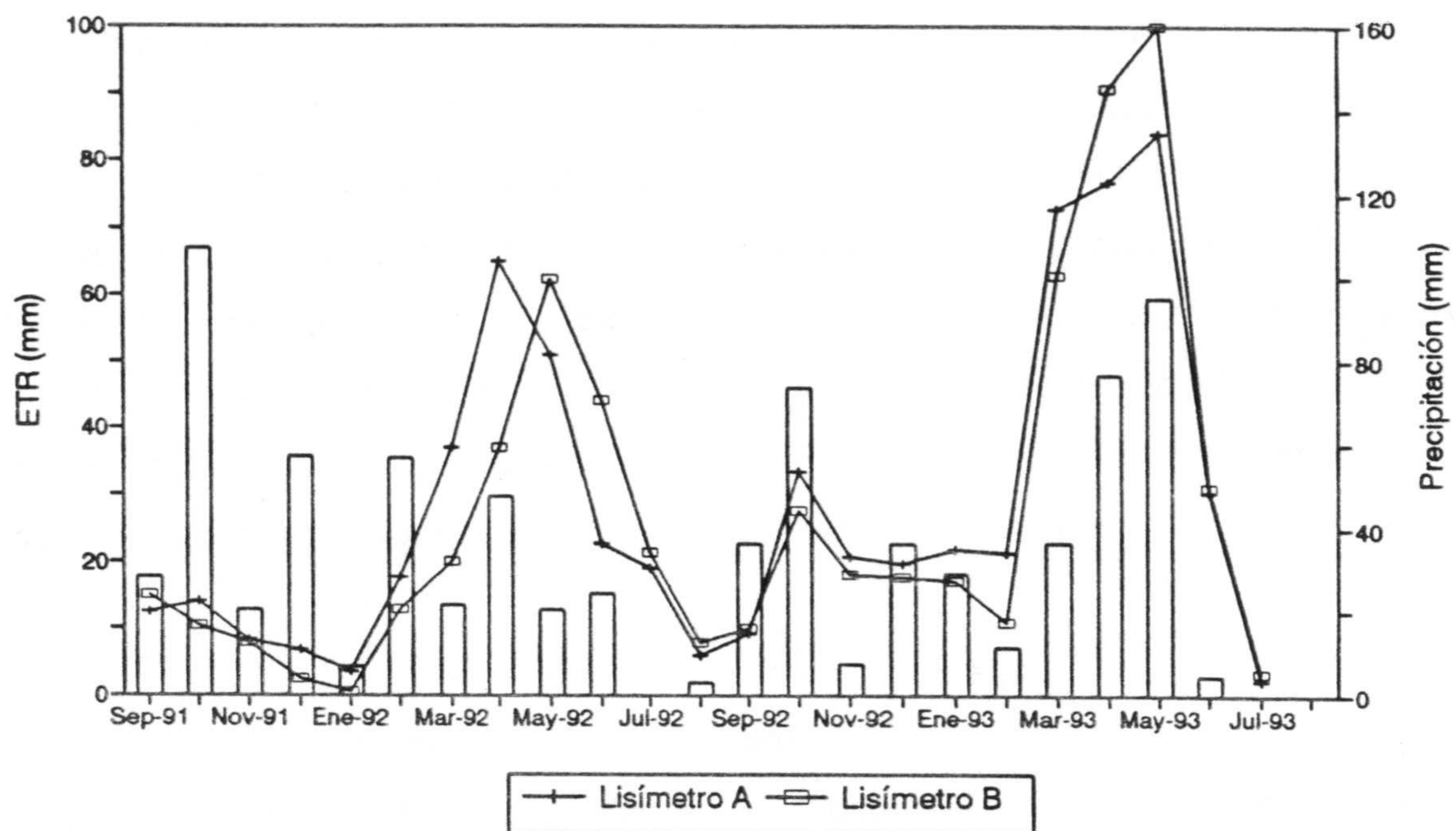


Figura 5.5. Valores mensuales de la precipitación y ETR en los lisímetros

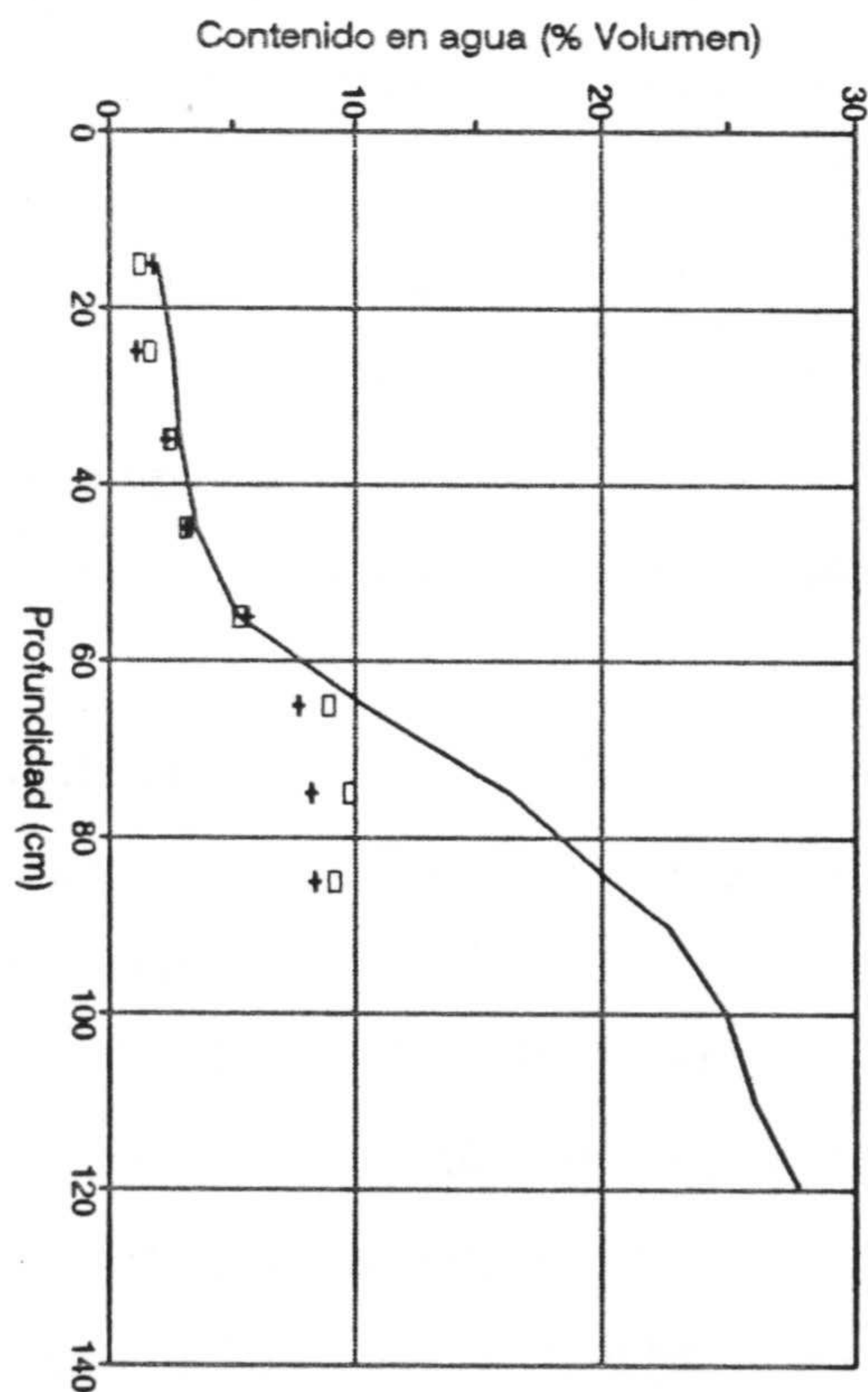


Figura 5.6. Comparación de los perfiles de humedad obtenidos en los lisímetros y en condiciones naturales

Los resultados mensuales de la ETR, calculada los cuatro años de control, para capacidades de campo de 50 , 100 y 150 mm, se relacionan en la tabla 5.4 junto con los obtenidos experimentalmente. Los valores anuales son, con igual capacidad de campo, del mismo orden si se comparan los métodos de Thornthwaite y Penman (algo más bajos con este último); con el método de Makkink se tienen estimaciones muy superiores. En el año 1991/92 se comprueba que los valores medidos son menores que los calculados, incluso con una capacidad de campo de 50 mm. Del año 1992/93 sólo se tienen los resultados completos por el método de Thornthwaite, ya que los datos de ETP por los métodos de Penman y Makkink sólo llegan hasta diciembre de 1992; la estimación que más se aproxima a la hallada experimentalmente se obtiene con una capacidad de campo de 100 mm.

La evolución más parecida entre los datos experimentales y los calculados se obtiene con el método de Thornthwaite y una capacidad de campo de 100 mm (fig. 5.7 y 5.8). Con el método de Penman la mejor aproximación se consigue con una capacidad de campo de 150 mm, pero en este caso la ETR calculada es muy superior a la medida (tabla 5.4). Utilizando el método de Makkink la evolución más parecida se obtiene con una capacidad de campo de 50 mm.

En todos los casos los mayores desajustes se producen porque los valores de la ETR calculados en el otoño y primeros meses de invierno son superiores a los registrados. Por ello, se ha realizado una nueva estimación reduciendo a la mitad los valores diarios de la ETP durante los meses de septiembre a diciembre. Se utilizan los métodos de Thornthwaite y Penman y una capacidad de campo de 100 mm pues, según los resultados anteriores, parecen los más idóneos.

Los resultados obtenidos de este modo se muestran en la tabla 5.5 y en la figura 5.9. Se comprueba una mayor semejanza con el método de Thornthwaite; los valores durante el otoño se ajustan con bastante aproximación a las medidas experimentales (sobre todo en el año 1992/93) y su evolución es similar, con máximos muy destacados entre los meses de marzo a junio. La ETR obtenida durante estos meses supera, en algunos casos, los valores

Tabla 5.4. Valores mensuales (en mm) de la ETR calculada por el balance hídrico del suelo a nivel diario

AÑO 89/90	Valores experimentales			Capacidad de campo=50			Capacidad de campo=100 m			Capacidad de campo=150 m		
	Ppcion	Lis. A	Lis. B	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink
Sp-89	10.5			10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Oc-89	141.7			55.0	44.3	44.3	55.0	44.3	48.6	55.0	44.3	48.6
Nv-89	257.0			44.0	26.4	26.4	44.0	26.4	37.3	44.0	26.4	37.3
Dc-89	311.7			38.7	18.6	18.6	38.7	18.6	26.6	38.7	18.6	26.6
En-90	60.4			19.0	17.0	17.0	19.0	17.0	36.5	19.0	17.0	36.5
Fb-90	3.8			28.2	29.0	29.0	28.2	29.0	49.8	28.2	29.0	49.8
Mr-90	52.5			49.0	62.6	62.6	49.0	62.6	70.5	49.0	62.6	70.5
Ab-90	65.2			53.8	61.0	82.5	53.8	82.5	74.6	53.8	82.5	91.9
My-90	6.0			42.6	24.9	103.3	92.6	53.3	24.9	99.4	103.3	57.5
Jn-90	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2	0.0	0.0
Jl-90	0.4			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Ag-90	0.2			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Total	909.4	0.0	0.0	341.6	294.9	294.9	391.6	344.9	579.7	441.6	394.9	429.7
AÑO 90/91	Ppcion	Lis. A	Lis. B	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink
Sp-90	7.2			7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Oc-90	94.1			40.3	29.7	29.7	40.3	29.7	31.3	40.3	29.7	31.3
Nv-90	46.8			33.6	22.8	22.8	33.6	22.8	44.8	33.6	22.8	44.8
Dc-90	65.1			20.9	14.4	14.4	20.9	14.4	28.1	20.9	14.4	28.1
En-91	10.4			18.3	14.1	14.1	18.3	14.1	34.5	18.3	14.1	34.5
Fb-91	153.9			19.5	22.3	22.3	19.5	22.3	37.8	19.5	22.3	37.8
Mr-91	108.5			45.5	56.0	56.0	45.5	56.0	64.8	45.5	56.0	64.8
Ab-91	66.0			53.4	62.1	73.1	53.4	73.1	82.7	53.4	73.1	82.7
My-91	0.8			32.7	25.4	108.4	82.7	64.5	47.9	88.6	108.4	97.9
Jn-91	0.8			0.8	0.8	6.9	0.8	0.8	0.8	45.0	6.9	0.8
Jl-91	7.3			7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
Ag-91	5.4			5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Total	566.3	0.0	0.0	265.6	267.5	397.3	355.6	317.5	392.6	336.0	367.6	442.6
AÑO 91/92	Ppcion	Lis. A	Lis. B	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink
Sp-91	28.1	12.5	14.9	14.8	13.6	13.6	14.8	13.6	13.7	14.8	13.6	13.7
Oc-91	106.9	14.0	10.4	52.8	47.5	47.5	52.8	47.5	58.7	52.8	47.5	58.7
Nv-91	20.4	8.3	7.9	32.6	24.6	24.6	32.6	24.6	44.7	32.6	24.6	44.7
Dc-91	56.8	6.7	2.5	24.0	13.3	13.3	24.0	13.3	31.0	24.0	13.3	31.0
En-92	7.0	3.5	0.5	13.8	15.6	15.6	13.8	15.6	34.1	13.8	15.6	34.1
Fb-92	56.6	17.7	12.9	23.3	23.8	23.8	23.3	23.8	40.8	23.3	23.8	40.8
Mr-92	21.5	36.9	20.0	46.6	53.8	66.8	46.6	66.8	59.6	46.6	66.8	59.6
Ab-92	47.6	64.9	37.0	63.1	61.8	89.1	69.8	89.1	62.4	69.8	89.1	62.4
My-92	20.3	50.8	62.4	20.3	20.3	70.8	63.6	30.0	20.3	87.6	70.8	20.3
Jn-92	24.2	22.7	44.0	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
Jl-92	0.0	18.9	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ag-92	3.0	6.1	8.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Total	332.4	263.0	245.6	318.4	301.5	392.4	308.4	351.5	392.4	392.4	392.4	332.4
AÑO 92/93	Ppcion	Lis. A	Lis. B	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink	Thornt.	Penman	Makkink
Sp-92	36.7	9.2	10.0	13.8	11.7	14.4	13.8	11.7	14.4	13.8	11.7	14.4
Oc-92	73.5	33.5	27.6	60.2	45.8	59.6	60.2	45.8	59.6	60.2	45.8	59.6
Nv-92	7.4	20.7	18.0	32.7	22.3	39.8	32.7	22.3	43.5	32.7	22.3	43.5
Dc-92	36.1	19.7	17.6	27.0	15.7	22.8	27.0	15.7	22.8	27.0	15.7	22.8
En-92	29.1	21.8	17.0	16.7			16.7			16.7		
Fb-92	11.5	21.3	11.0	25.6			25.6			25.6		
Mr-92	36.5	72.8	62.8	44.6			44.6			44.6		
Ab-92	76.5	76.8	90.8	31.1			34.9			34.9		
My-92	95.0	84.1	100.0	87.3			87.3			87.3		
Jn-92	4.5	30.3	31.0	18.3			64.0			64.0		
Jl-92	0.0	2.2	3.4	0.0			0.0			0.0		
Ag-92	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0			0.0		
Total	406.6	392.4	339.2	357.2	295.4	139.7	406.8	295.4	140.4	406.8	295.4	140.4

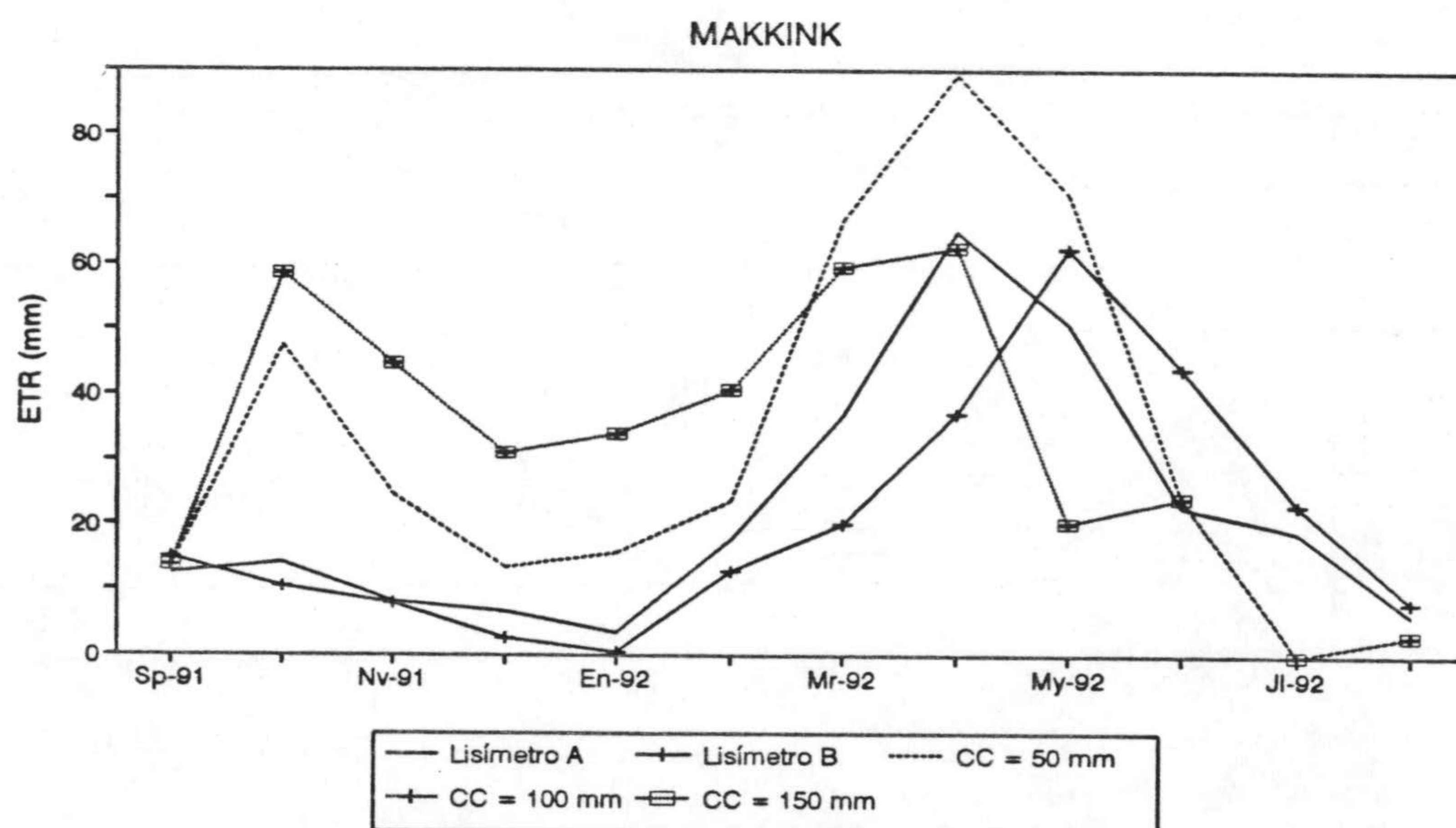
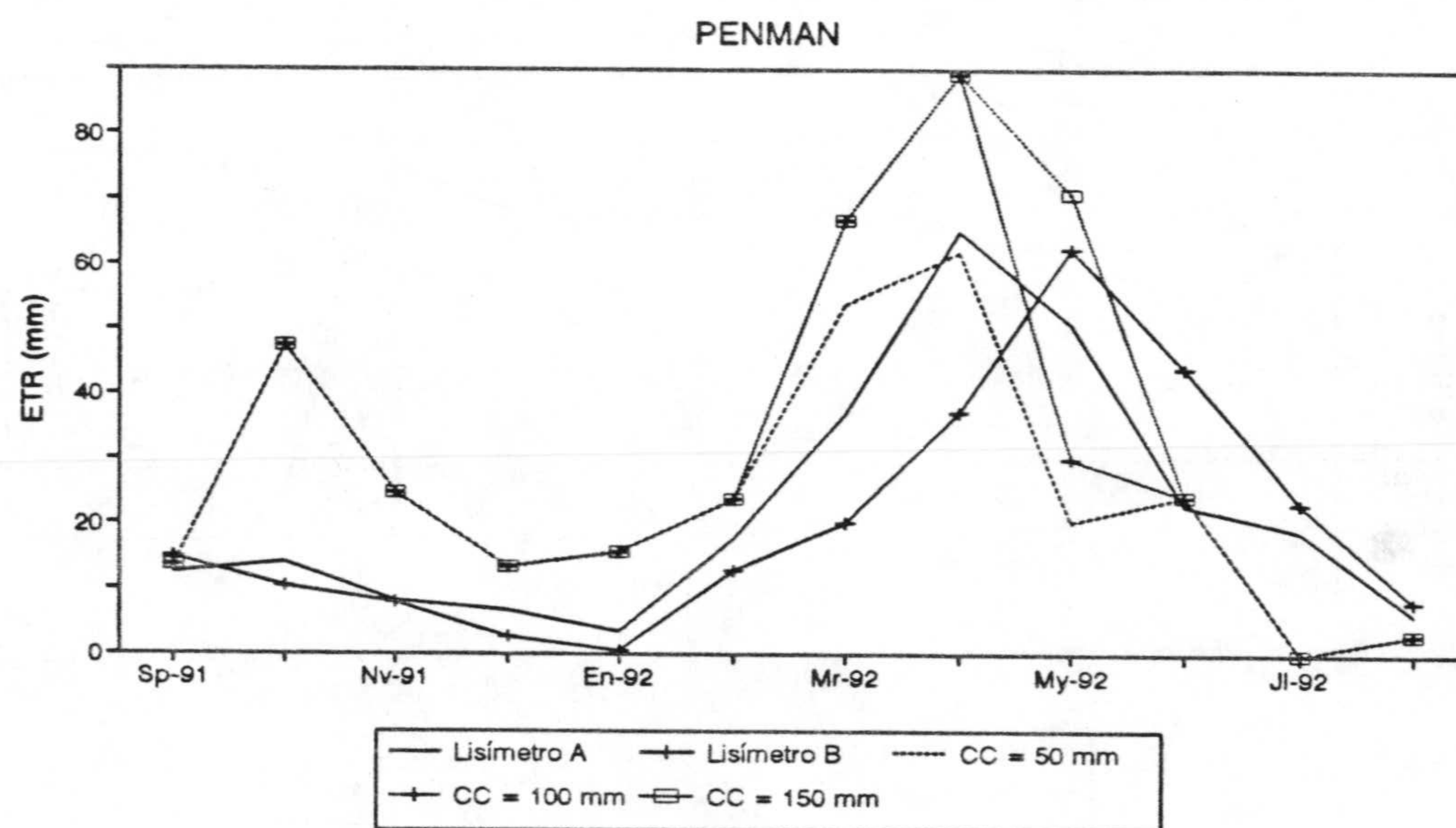
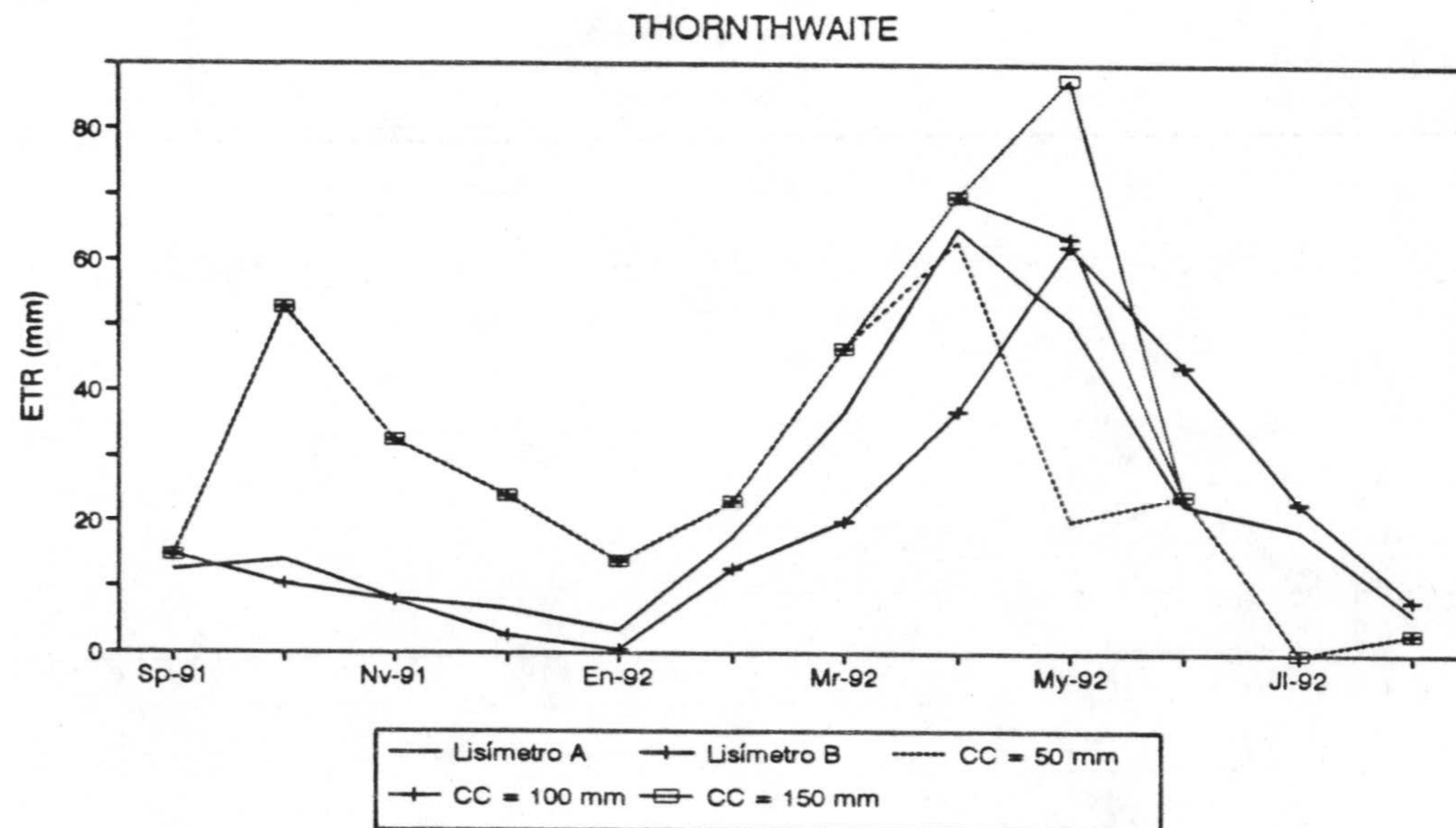


Figura 5.7. Comparación de la ETR experimental con la calculada para el año 1991/92.

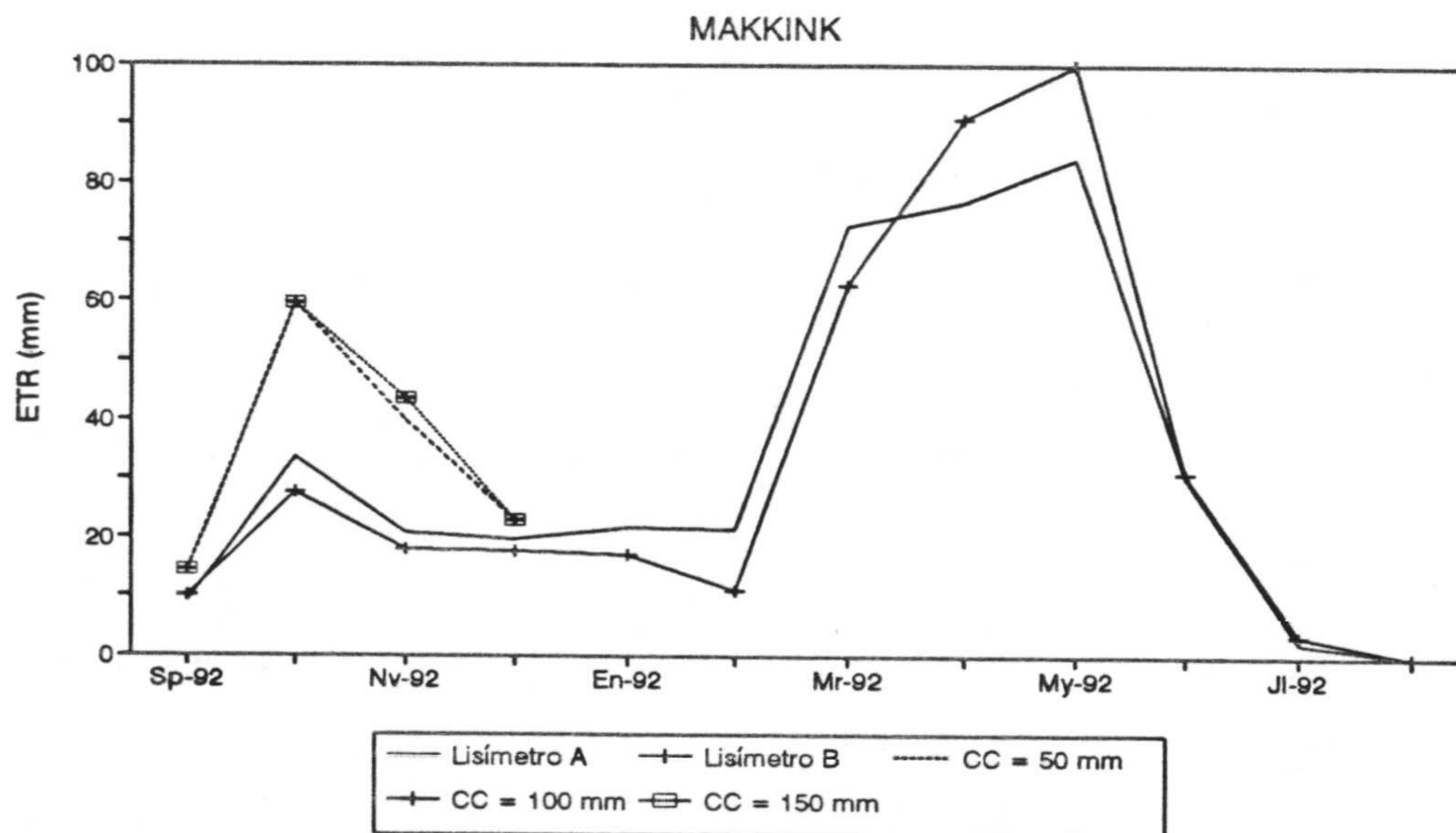
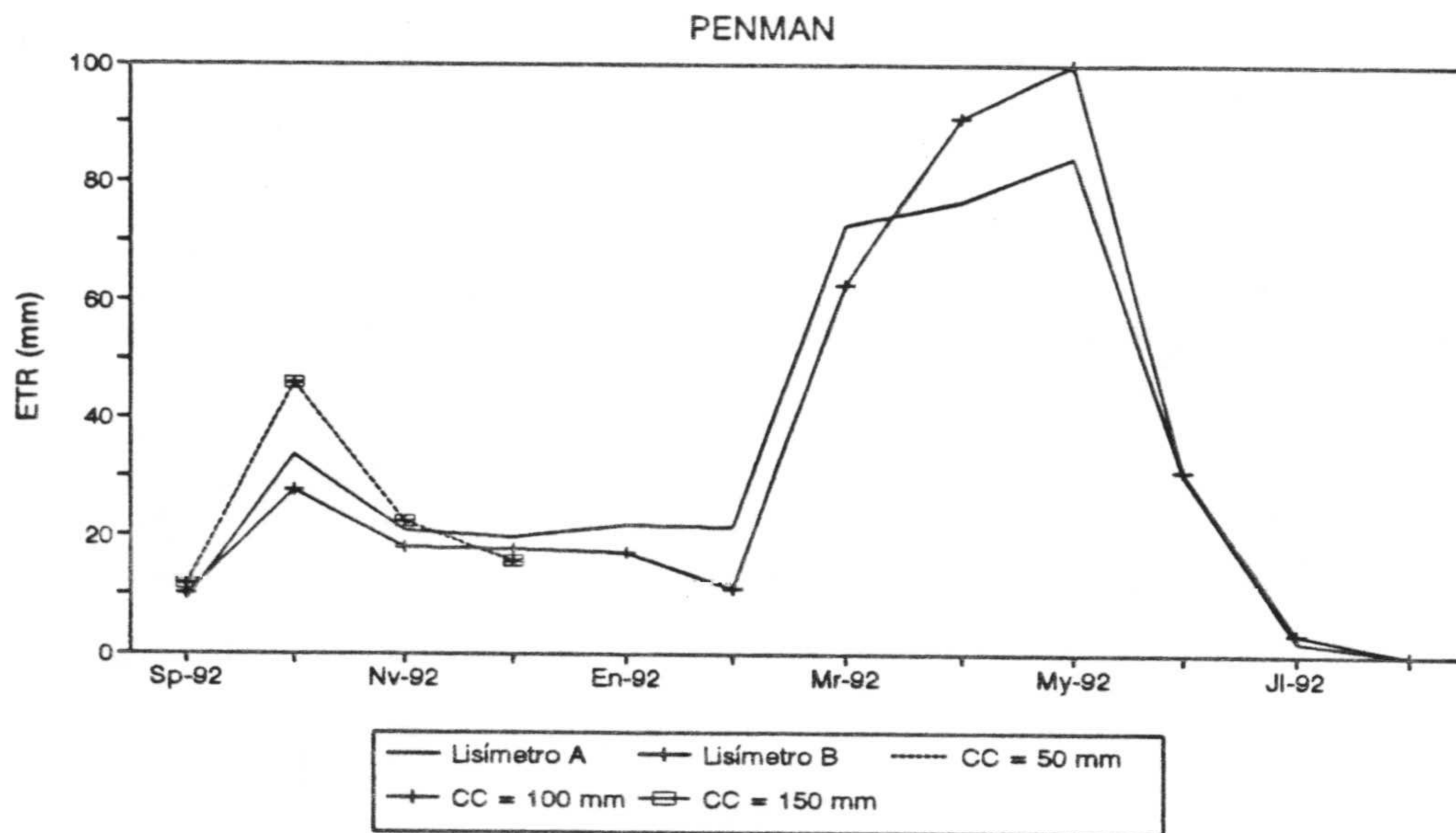
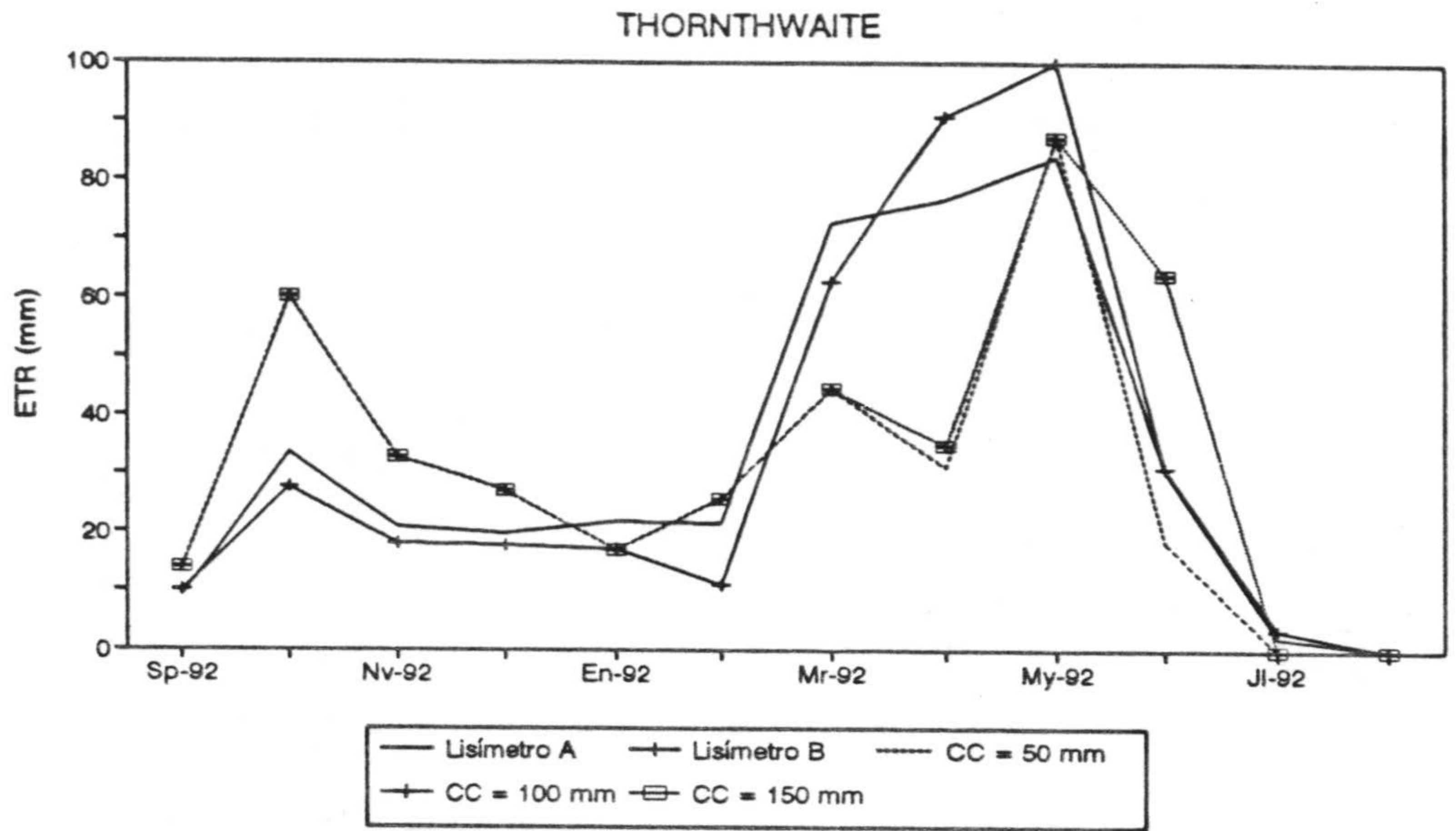


Figura 5.8. Comparación de la ETR experimental con la calculada para el año 1992/93

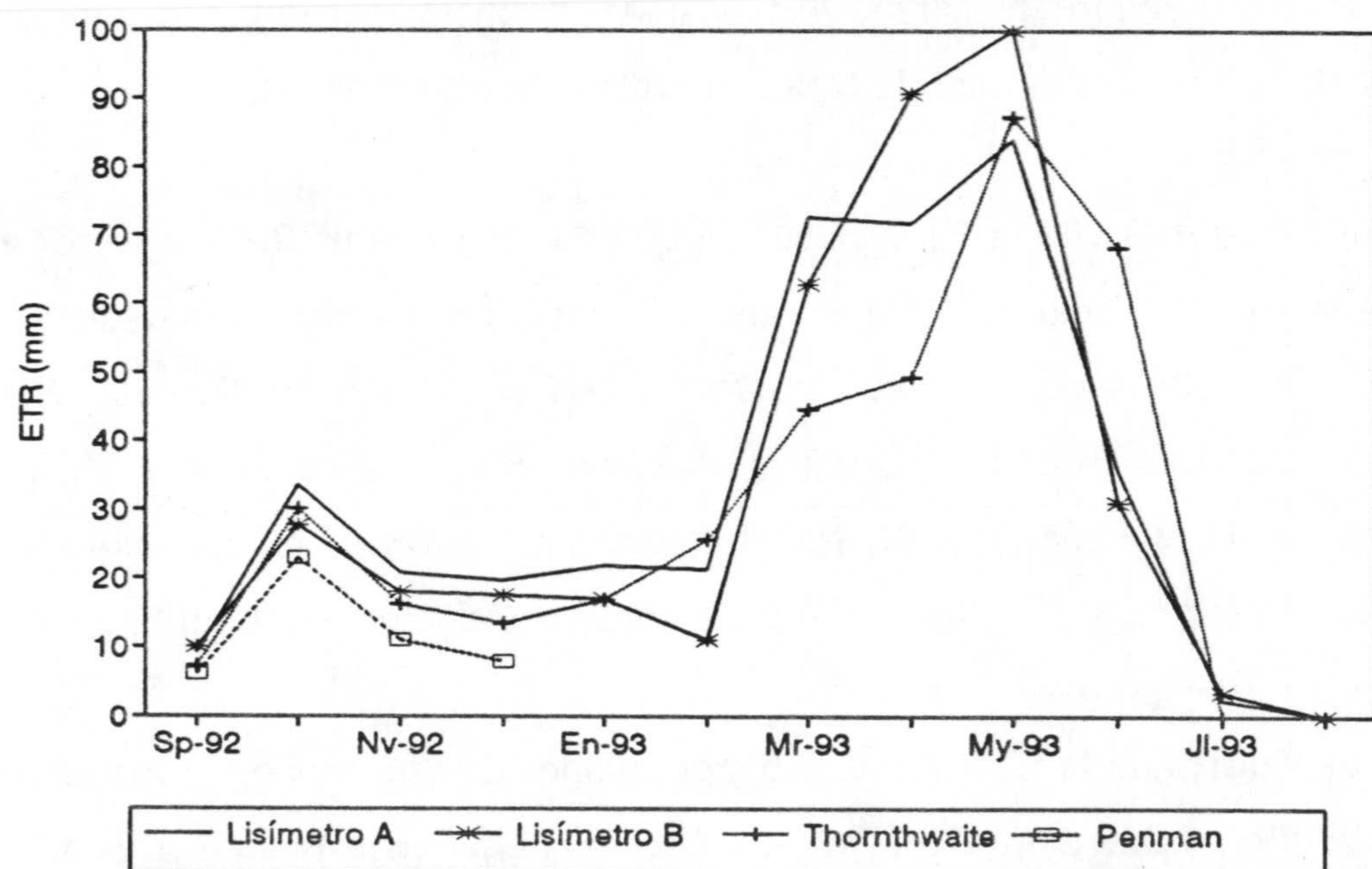
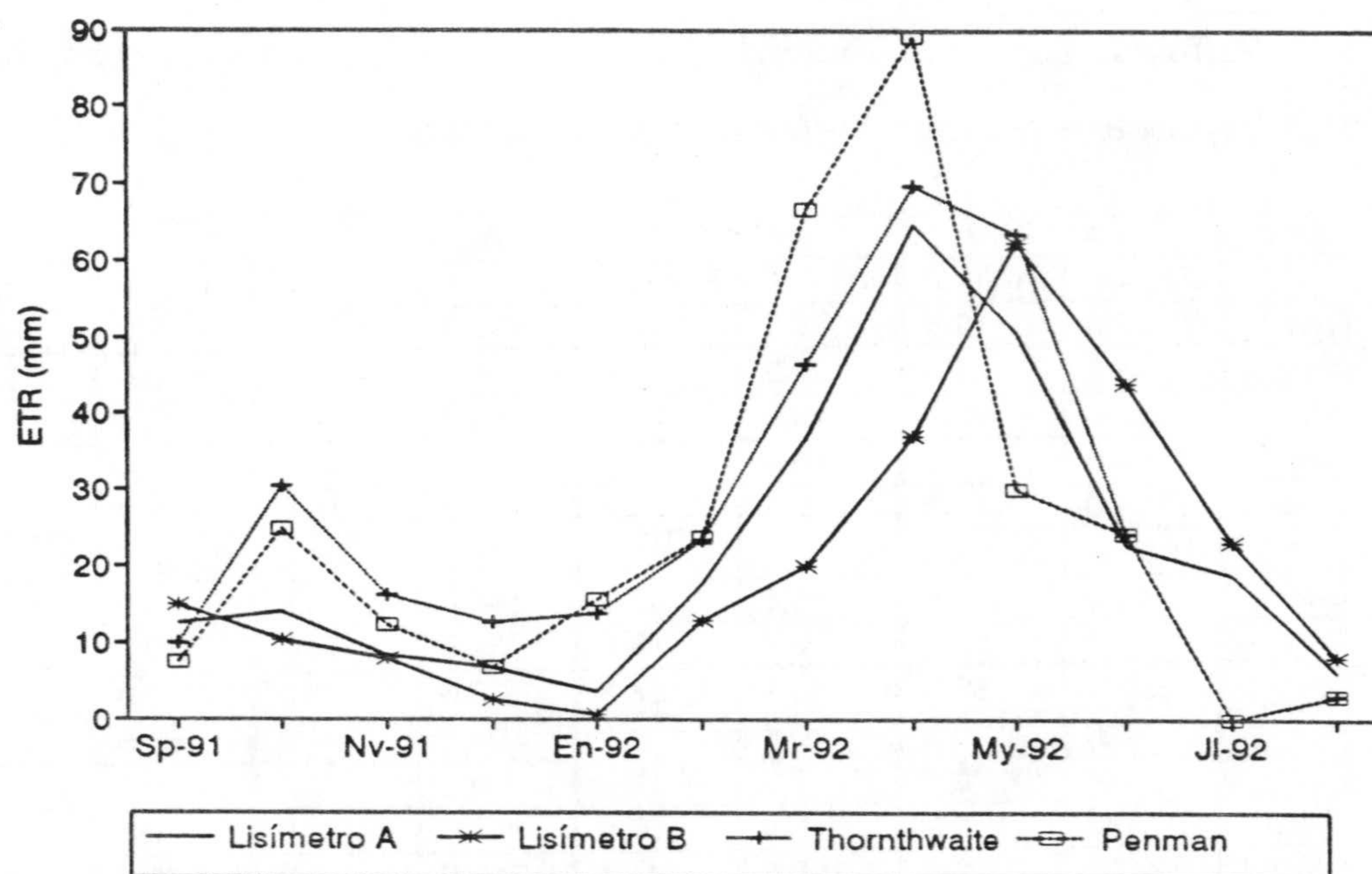


Figura 5.9. ETR medida experimentalmente y calculada por un balance diario con la ETP estimada por los métodos de Thornthwaite y Penman (valores de la ETP entre septiembre y diciembre reducidos a la mitad)

Tabla 5.5. Valores mensuales de la ETR calculada por un balance diario con la ETP estimada por los métodos de Thornthwaite y Penman (valores de la ETP entre septiembre y diciembre reducidos a la mitad)

	Año 89/90		Año 90/91		Año 91/92		Año 92/93	
	Thornt.	Penman	Thornt.	Penman	Thornt.	Penman	Thornt.	Penman
Sep	10.5	10.5	7.2	7.2	9.9	7.4	7.2	6.1
Oct	32.8	27.4	22.2	15.5	30.4	24.9	30.1	22.9
Nov	22.0	13.2	16.8	11.4	16.3	12.3	16.3	11.1
Dic	19.3	9.3	10.5	7.2	12.7	6.6	13.5	7.8
Ene	19.0	17.0	18.3	14.1	13.8	15.6	16.7	
Feb	28.2	29.0	19.5	22.3	23.3	23.8	25.6	
Mar	49.0	62.6	45.5	56.0	46.6	66.8	44.6	
Abr	53.8	82.5	53.4	73.1	69.8	89.1	49.2	
May	92.6	53.3	82.7	64.5	63.6	30.0	87.3	
Jun	0.0	0.0	0.8	0.8	24.2	24.2	68.3	
Jul	0.4	0.4	7.3	7.3	0.0	0.0	0.0	
Ago	0.2	0.2	5.4	5.4	3.0	3.0	0.0	
Total	327.8	305.5	289.6	284.7	313.6	303.8	358.8	47.9

de la ETP, por ejemplo en marzo, abril y mayo de 1993, pero ello se compensa con una ETR calculada mayor a la medida experimentalmente en el mes de junio.

En el año 1991/92 la ETR calculada de esta forma es un 20% superior a la medida, mientras que para el año 1992/93 es un 11% superior. La representación de los valores mensuales de la ETR obtenida de esta forma con el método de Thornthwaite y el valor mensual medio de ambos lisímetros (fig. 5.10) muestra una buena relación lineal con un coeficiente de correlación de 0.82, mientras que sin realizar la reducción de los valores de ETP en los meses de septiembre a diciembre esta correlación era de 0.69.

Los valores de la ETR (tabla 5.5), calculados de este modo, se mantienen entre 290 m (año 1990/91) y 359 mm (año 1992/93). La lluvia útil que se obtendría es de 582 mm para el año 1989/90, 277 mm el año 1990/91, 79 mm el año 1991/92 y 49 mm el año 1992/93. Si representamos estos valores en función de la pluviometría anual (fig. 5.11) se observa una buena relación lineal. Por lo tanto, podemos realizar una primera aproximación a la estimación de la lluvia útil aplicando la ecuación expuesta en la figura 5.11, aunque ésta

puede variar según la distribución pluviométrica durante el año, como se ha expuesto anteriormente.

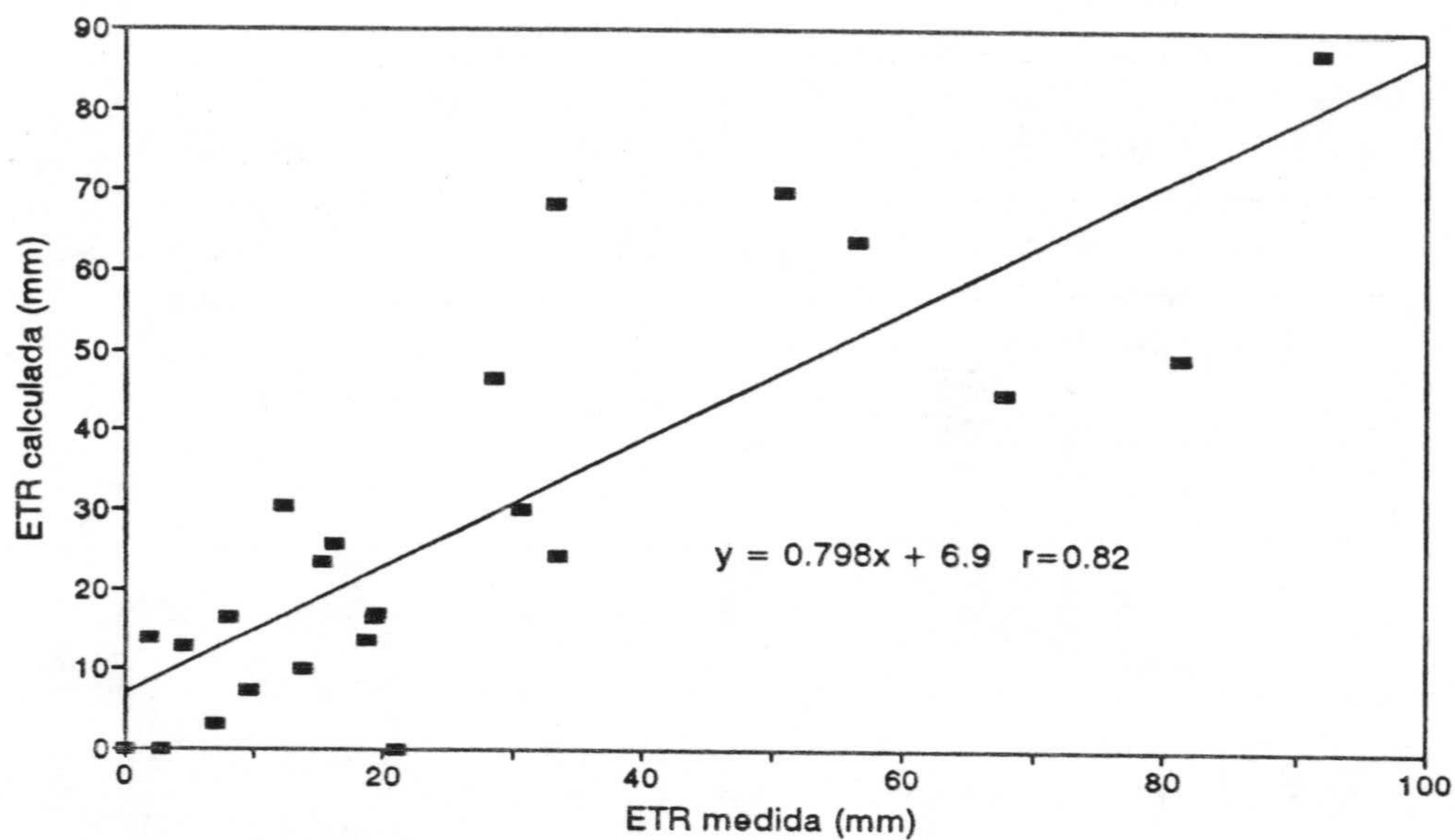


Figura 5.10. Relación entre los valores mensuales de la ETR obtenidos experimentalmente y los valores calculados a partir del balance diario de agua en el suelo.

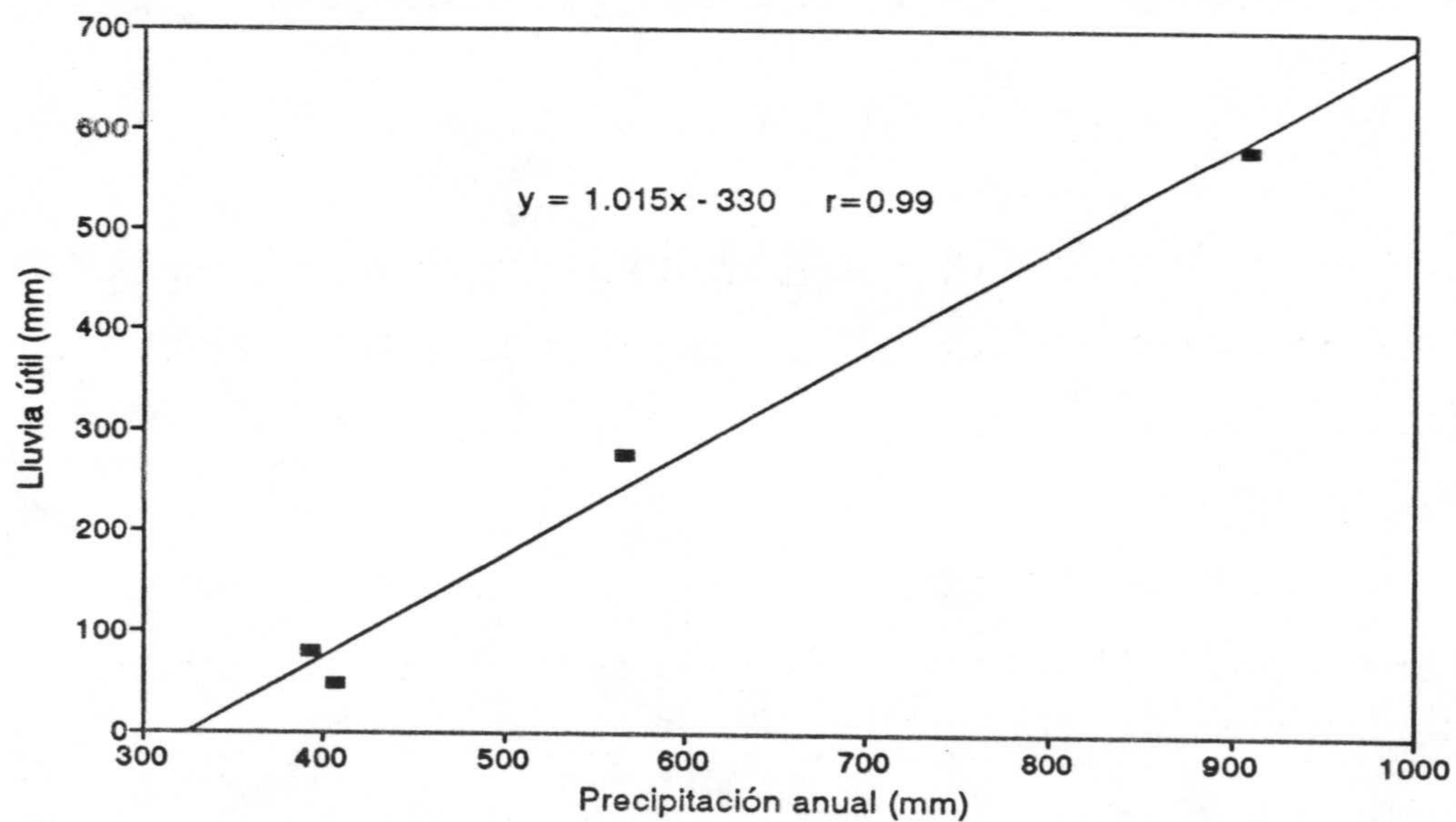


Figura 5.11. Relación entre la precipitación y lluvia útil deducida de la aplicación del balance diario de agua en el suelo



6. *HIDROQUIMICA*



6.1. INTRODUCCION Y METODOLOGIA

Los puntos en los que se dispone de un registro hidroquímico más completo corresponden a cuatro piezómetros someros y a tres pozos abiertos manualmente (fig. 6.1) que se explotaban para abastecimiento doméstico. Las muestras se han tomado en la parte superior de la zona saturada. Las determinaciones realizadas "in situ" fueron la temperatura, la conductividad y el pH; en laboratorio se analizaron cloruros, bicarbonatos, sulfatos, sodio, calcio, magnesio, potasio y, a partir de julio de 1991, sílice. En septiembre de 1992 se realizó un muestreo en el que se determinaron nitritos, nitratos, ión amonio y fosfatos, además de los componentes anteriores.

Además de las medidas habituales en los piezómetros y pozos, también se han tomado muestras de agua de lluvia para su análisis. Las muestras se recogieron de los depósitos totalizadores de los pluviógrafos de la estaciones 2 y 4.

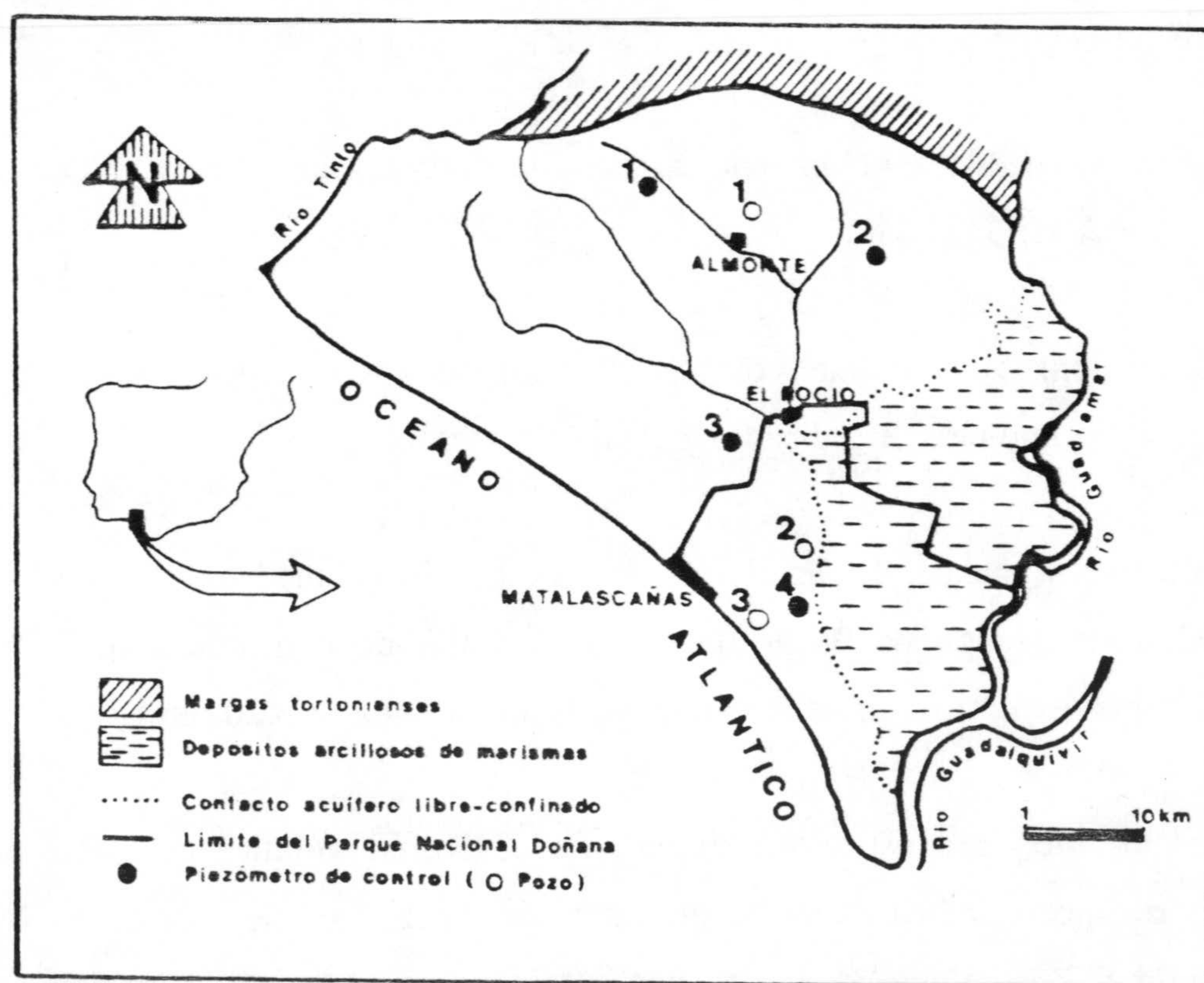


Figura 6.1. Localización de los puntos con un control hidroquímico periódico

Las muestras se tomaban en la parte superior de la zona saturada. Posteriormente se almacenaban, sin conservantes, en recipientes de 500 cm³ de polietileno. Para la determinación de nitratos, nitritos, amonio y fosfatos la muestra se conservaba en frío, añadiendo 40 mg/l de Cl₂Hg y los análisis se efectuaron antes de transcurridas 24 horas desde el muestreo.

Los parámetros controlados "in situ" se determinaron con los siguientes instrumentos: la temperatura por medio de un termómetro digital, modelo Elite de NEURTEK, la conductividad eléctrica del agua con un conductímetro portátil de CRISON, modelo 523 y el pH con pH-metro portátil, marca CRISON, modelo 506.

Los análisis químicos de las muestras se han realizado en el laboratorio del Instituto del Agua de la Universidad de Granada, excepto los primeros análisis que se efectuaron en el Departamento de Geodinámica. Las determinaciones para cada componente se realizaron según la siguiente metodología:

- **Cloruros**, mediante volumetría (argentometría) valorando con AgNO₃ 0.02 N y el indicador K₂CrO₄ al 5%.
- **Bicarbonatos**, mediante volumetría valorando con ácido clorhídrico 0.05N y utilizando como agente indicador naranja de metilo.
- **Sulfatos**, se ha empleado el método turbidimétrico mediante la precipitación de BaSO₄ (por adición de BaCl₂.2H₂O) en medio ácido con agitación. La medida se realizó por espectrofotometría a una longitud de onda de 420 nm.
- **Calcio**, mediante espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz por el método espectrométrico directo de llama aire-acetileno. Se utilizó una longitud de onda de 422.7 nm con adición de una sal alcalina (0.2% de cloruro de lantano) para minimizar interferencias.

- **Magnesio**, utilizando también espectrofotometría de absorción atómica con el método espectrométrico directo de aire acetileno. En este caso no es necesaria la adición de sal alcalina.
- **Sodio y Potasio**, mediante espectrofotometría atómica de emisión con llama de aire acetileno y longitudes de onda de 589.0 y 766.5 nm, respectivamente.
- **Sílice**, por el método colorimétrico del molibdosilicato, con medida espectrofotométrica. El método consiste en añadir a la muestra una disolución de molibdato amónico y ácido oxálico (para evitar interferencias con los fosfatos). La medida se realiza a una longitud de onda de 410 nm.
- **Nitratos**, se utilizó el método colorimétrico del ácido fenol-disulfónico. La medida se efectúa en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.
- **Nitritos**, la determinación del contenido en nitritos se basa en la medida espectrométrica del color que se obtiene después de la reacción de los nitritos con el ácido sulfanílico en medio clorhídrico (método de Zambelli; Rodier, 1979). La medida se realiza a una longitud de onda de 435 nm.
- **Amonio**, se utiliza la reacción colorimétrica del NH_4^+ con el fenol en presencia de un agente oxidante en medio alcalino. La medida se realiza mediante el espectrofotómetro UV-visible a 636 nm.
- **Fosfatos**, se emplea el método colorimétrico del ácido ascórbico. Se añade a la muestra una solución de molibdato amónico y ácido ascórbico y se realiza la medida mediante el espectrofotómetro UV-visible a 882 nm.

Para las determinaciones de calcio, magnesio, sodio y potasio se ha utilizado un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz de PERKIN-ELMER, modelo 2380.

El espectrómetro de UV-visible de doble haz utilizado es el modelo U-2000 de HITACHI.

6.2. EVOLUCION TEMPORAL

El número de análisis realizados está comprendido entre 34 y 37 en los piezómetros y es menor en los pozos (entre 10 y 24 muestras). En la tabla 6.1 se presentan los estadísticos básicos de las variables físico-químicas determinadas para cada uno de los puntos. Los resultados coinciden, en líneas generales, con las investigaciones anteriores (IGME, 1983; Plata et al., 1983; Baonza et al., 1984; Manzano et al., 1991; Poncela et al., 1992). Así, las aguas de la zona norte presentan facies bicarbonatada cálcico-magnésica; al sur predominan las aguas cloruradas sódicas. La conductividad y el pH son más elevados en las muestras situadas al norte. Por otro lado, también es de destacar el bajo contenido en sulfatos en la mayor parte de los puntos y las altas concentraciones de sílice en la zona norte.

En cuanto a la evolución temporal (figuras 6.3 a 6.13), los datos muestran variaciones, en algún caso importantes, en todas las variables controladas. Sólo se comentan los datos de los piezómetros ya que la evolución que siguen los pozos controlados, en líneas generales, similar a la de los piezómetros.

La temperatura muestra oscilaciones estacionales, que son mayores, de hasta 12 °C, en la zona sur del acuífero, donde el nivel piezométrico se sitúa muy próximo a la superficie del terreno (a menos de 2 m, durante todo el año, en los piezómetros 3 y 4 y pozos 2 y 3). Dichas oscilaciones son menores, con algún desfase respecto a la temperatura atmosférica, en los puntos de la zona norte, donde los niveles, aunque eventualmente pueden ascender hasta cerca de la superficie del terreno, se sitúan generalmente entre 3 y 6 m de profundidad.

La conductividad presenta cambios considerables en todos los puntos. Algunos de estos cambios son debidos a la dilución que se produce durante fuertes episodios lluviosos, al llegar el agua de recarga de las precipitaciones al acuífero, que -con la excepción de los

Tabla 6.1. Resumen de los resultados de los análisis hidroquímicos

	Temp. °C	Conduc. uS/cm	pH	Cl- mg/l	HCO ₃ - mg/l	SO ₄ = mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	K+ mg/l	SiO ₂ mg/l
Piezómetro 1											
N° Datos	34	34	31	34	34	34	34	34	34	34	18
Media	18.4	911.4	7.1	59.1	359.0	87.9	28.7	90.5	47.7	14.2	41.7
Mínimo	17.0	670.0	6.7	39.0	198.0	52.2	23.0	56.0	26.7	7.0	36.0
Máximo	20.0	1080.0	7.7	67.0	404.1	172.0	34.0	109.0	62.0	22.0	49.0
Desv.típica	0.8	101.1	0.3	5.3	44.4	31.5	2.5	12.5	7.2	2.9	3.6
Coef.variación	4.3%	11.1%	3.6%	9.0%	12.4%	35.8%	8.7%	13.8%	15.1%	20.4%	8.6%
Piezómetro 2											
N° Datos	36	35	33	36	36	36	36	36	36	36	19
Media	17.9	725.2	7.0	20.6	501.5	24.0	18.3	91.9	40.2	1.3	46.2
Mínimo	21.9	884.0	7.3	39.1	625.3	46.2	22.0	120.0	58.0	6.0	59.0
Máximo	14.0	376.0	6.6	10.6	228.7	10.4	8.0	44.0	19.4	0.4	31.4
Desv.típica	1.9	119.0	0.2	6.0	102.5	10.4	2.6	20.4	7.6	1.0	7.0
Coef.variación	10.6%	16.4%	2.9%	29.1%	20.4%	43.3%	14.2%	22.2%	18.9%	76.9%	15.2%
Piezómetro 3											
N° Datos	37	37	35	37	37	37	37	37	37	37	19
Media	19.0	337.9	6.6	43.4	67.8	36.7	34.4	17.2	11.2	3.7	12.6
Mínimo	14.5	160.0	5.9	10.6	30.5	10.0	8.0	8.0	2.4	1.1	10.0
Máximo	26.0	498.0	10.1	85.0	213.5	58.4	65.0	52.0	26.7	10.0	17.0
Desv.típica	3.3	102.6	0.7	25.5	41.1	11.6	19.7	9.2	3.7	1.8	2.2
Coef.variación	17.4%	30.4%	10.1%	58.8%	60.6%	31.6%	57.3%	53.5%	33.0%	48.6%	17.5%
Piezómetro 4											
N° Datos	36	37	31	37	37	37	37	37	37	37	19
Media	18.4	436.0	6.6	108.0	58.3	27.3	64.0	13.6	10.7	3.4	14.8
Mínimo	13.0	250.0	6.2	60.0	38.1	9.7	35.7	6.0	4.4	1.8	11.9
Máximo	25.0	756.0	7.0	220.0	91.5	64.0	129.0	24.0	22.0	9.0	18.0
Desv.típica	3.5	160.9	0.2	42.8	18.4	15.2	25.0	5.3	5.5	1.5	1.7
Coef.variación	19.0%	36.9%	3.0%	39.6%	31.6%	55.7%	39.1%	39.0%	51.4%	44.3%	11.5%
Pozo 1											
N° Datos	10	10	7	10	10	10	10	10	10	10	3
Media	17.2	1187.4	7.2	114.9	466.6	124.5	56.2	124.5	54.4	9.8	35.7
Mínimo	15.0	1040.0	7.0	74.5	366.0	82.3	47.0	109.0	34.0	8.0	33.0
Máximo	19.6	1256.0	7.5	138.0	571.9	150.0	61.5	144.0	80.0	12.0	39.0
Desv.típica	1.3	68.8	0.2	22.6	70.4	20.1	4.4	13.2	13.3	1.6	2.5
Coef.variación	7.6%	5.8%	2.9%	19.7%	15.1%	16.1%	7.8%	10.6%	24.4%	16.3%	7.0%
Pozo 2											
N° Datos	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15	6
Media	16.6	356.7	6.6	72.8	50.4	33.5	41.3	21.9	6.5	6.1	27.5
Mínimo	12.0	257.0	6.3	57.0	30.5	19.0	34.0	12.0	4.0	4.0	25.0
Máximo	24.0	503.0	7.1	99.4	90.0	44.4	55.0	40.0	10.0	9.0	30.0
Desv.típica	3.2	62.2	0.2	14.6	18.4	5.8	6.6	9.6	1.7	1.7	1.6
Coef.variación	19.3%	17.4%	3.0%	20.1%	36.5%	17.3%	16.0%	43.8%	26.2%	27.9%	5.8%
Pozo 3											
N° Datos	24	24	18	24	24	24	24	24	24	24	10
Media	16.5	322.3	6.8	64.3	43.0	30.8	35.7	18.9	6.6	3.7	13.5
Mínimo	13.0	156.0	6.3	17.0	15.3	10.0	12.0	12.0	3.0	2.0	10.0
Máximo	22.0	480.0	7.4	113.6	84.0	48.5	58.8	28.0	9.0	9.0	16.0
Desv.típica	2.6	92.3	0.3	26.9	15.0	9.5	12.0	5.0	1.5	1.6	1.7
Coef.variación	15.8%	28.6%	4.4%	41.8%	34.9%	30.8%	33.6%	26.5%	22.7%	43.2%	12.6%

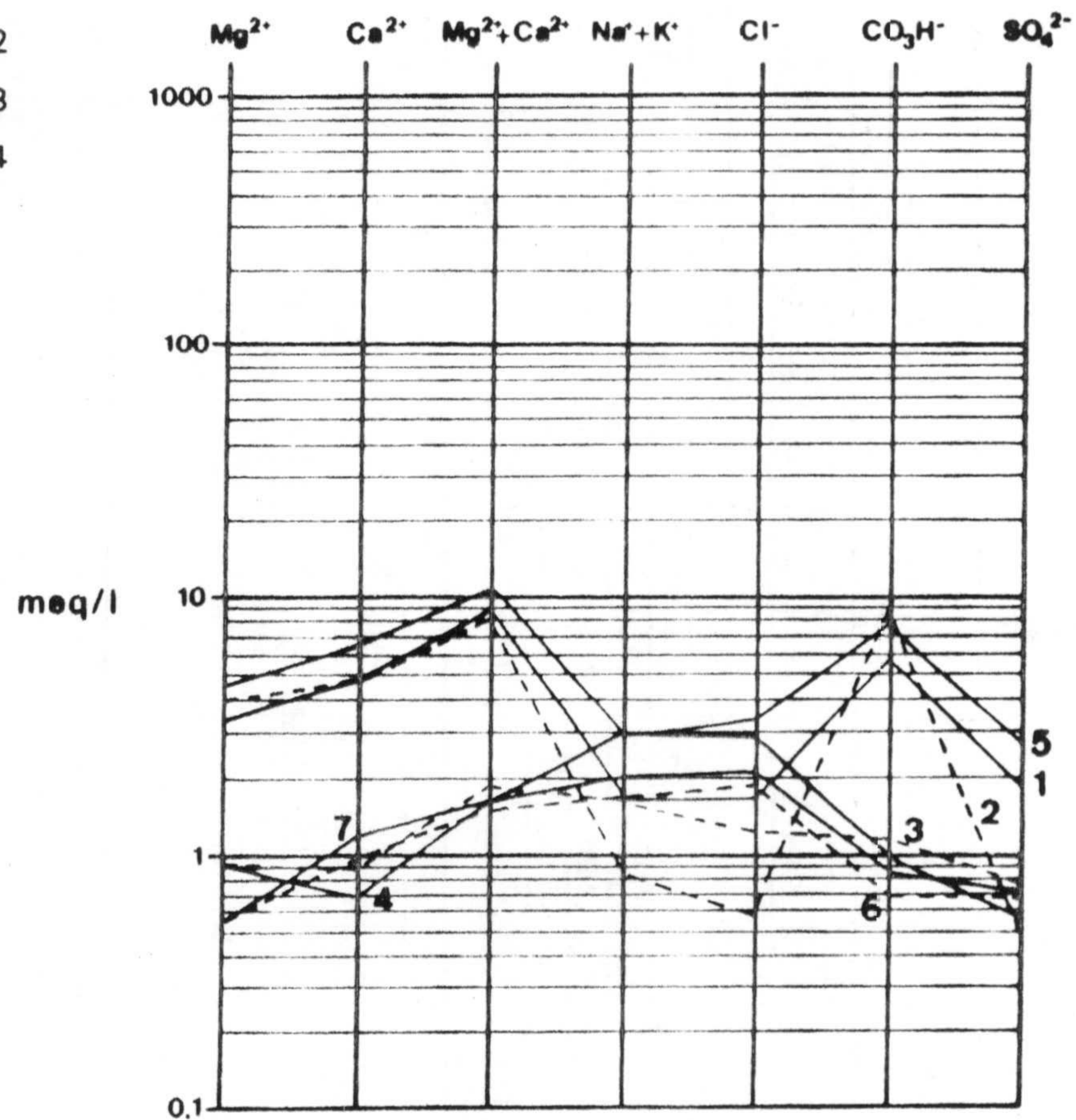
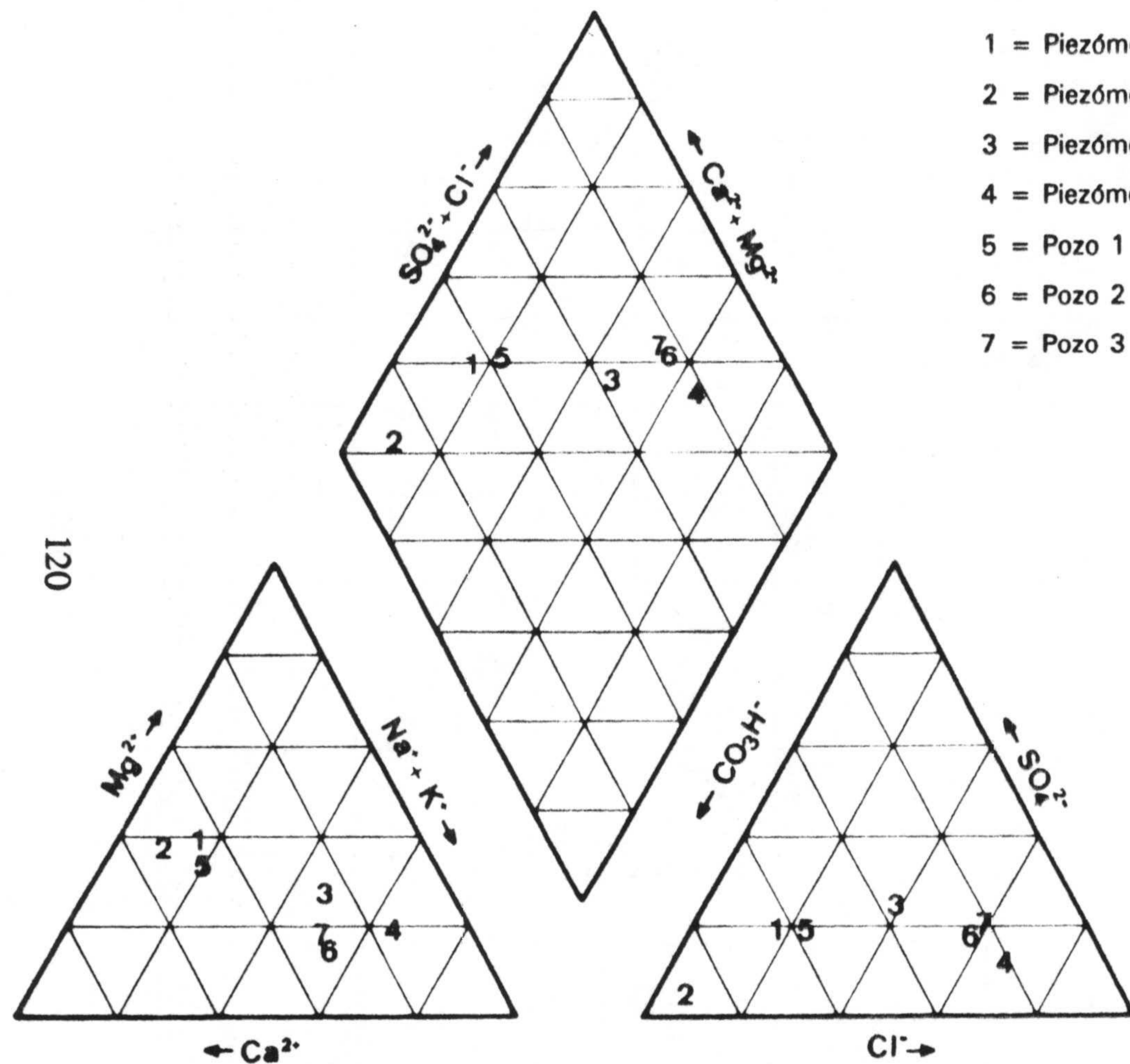


Figura 6.2. Diagramas de Piper y Schoeller de los valores medios obtenidos en los piezómetros y pozos controlados

sulfatos- origina un descenso de la concentración de todos los iones. Después de estos períodos se recuperan los valores de la conductividad hasta alcanzar los anteriores a la recarga. Este fenómeno de dilución se ha comprobado a partir del control en continuo de la piezometría y conductividad del agua en el piezómetro 4 (fig. 6.14), y está de acuerdo con las experiencias de trazado de Manzano et al. (1991), que ponen de manifiesto la importancia de los flujos verticales en los metros superiores del acuífero libre. No obstante, existen otras fluctuaciones estacionales en los puntos situados en la parte sur (fig. 6.4), que presentan, al contrario de lo expuesto anteriormente, los valores más elevados de la conductividad eléctrica del agua durante el invierno-primavera y los más bajos en verano.

Cloruros y sodio también muestran una clara variación estacional en los puntos situados al sur, con valores altos durante el invierno y menores en verano. En los puntos de la zona norte estas variaciones son mucho menores (fig. 6.6). La evolución del sodio es similar a la de los cloruros.

En la zona sur, la conductividad muestra una correlación muy alta, con coeficiente mayor de 0.9, con cloruros y sodio. Los máximos valores registrados en las oscilaciones de conductividad (y, por tanto, en los contenidos de los iones Cl^- y Na^+) corresponden a las épocas de nivel piezométrico más alto y podrían atribuirse a la presencia de una zona de salinidad relativamente elevada en los horizontes más superficiales del suelo, como pone de manifiesto Siljeström (1985) en varios perfiles edáficos de la zona de contacto entre arenas eólicas y marismas (conocida como "La Vera"). No obstante, si existe ese horizonte, resta por explicar la razón de que no se detecte un incremento de conductividad como consecuencia del posible lavado de las sales durante la infiltración de la recarga que precede el ascenso de nivel piezométrico.

Bicarbonatos, calcio y magnesio presentan una evolución similar a los anteriores iones en los puntos más meridionales y otras variaciones, más difíciles de interpretar y de mayor rango, en la zona norte. Hay que tener en cuenta que la importancia relativa de estos iones en la mineralización total del agua es diferente en ambas zonas, pues mientras en la norte las

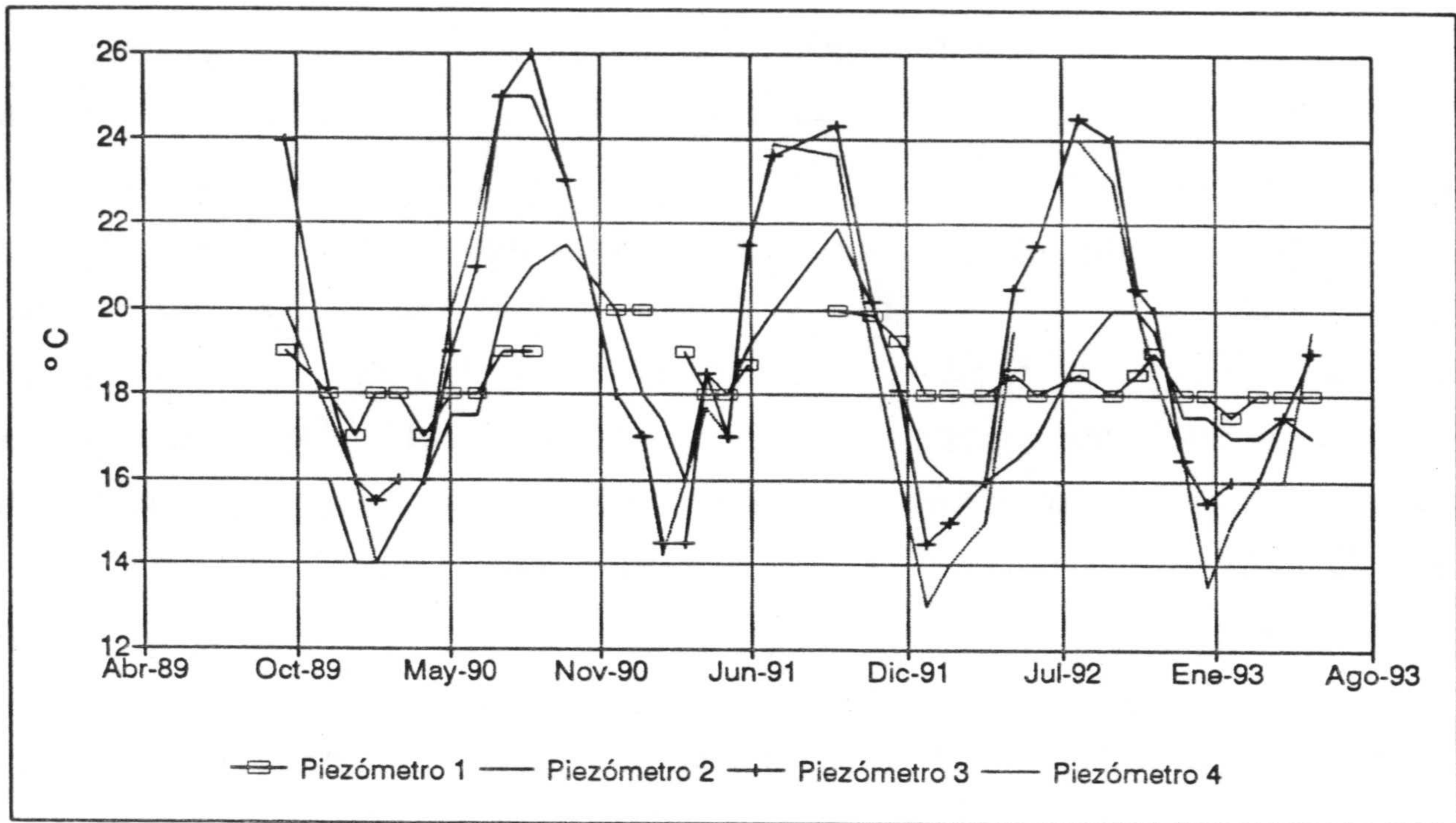


Figura 6.3. Evolución de la temperatura en los piezómetros controlados

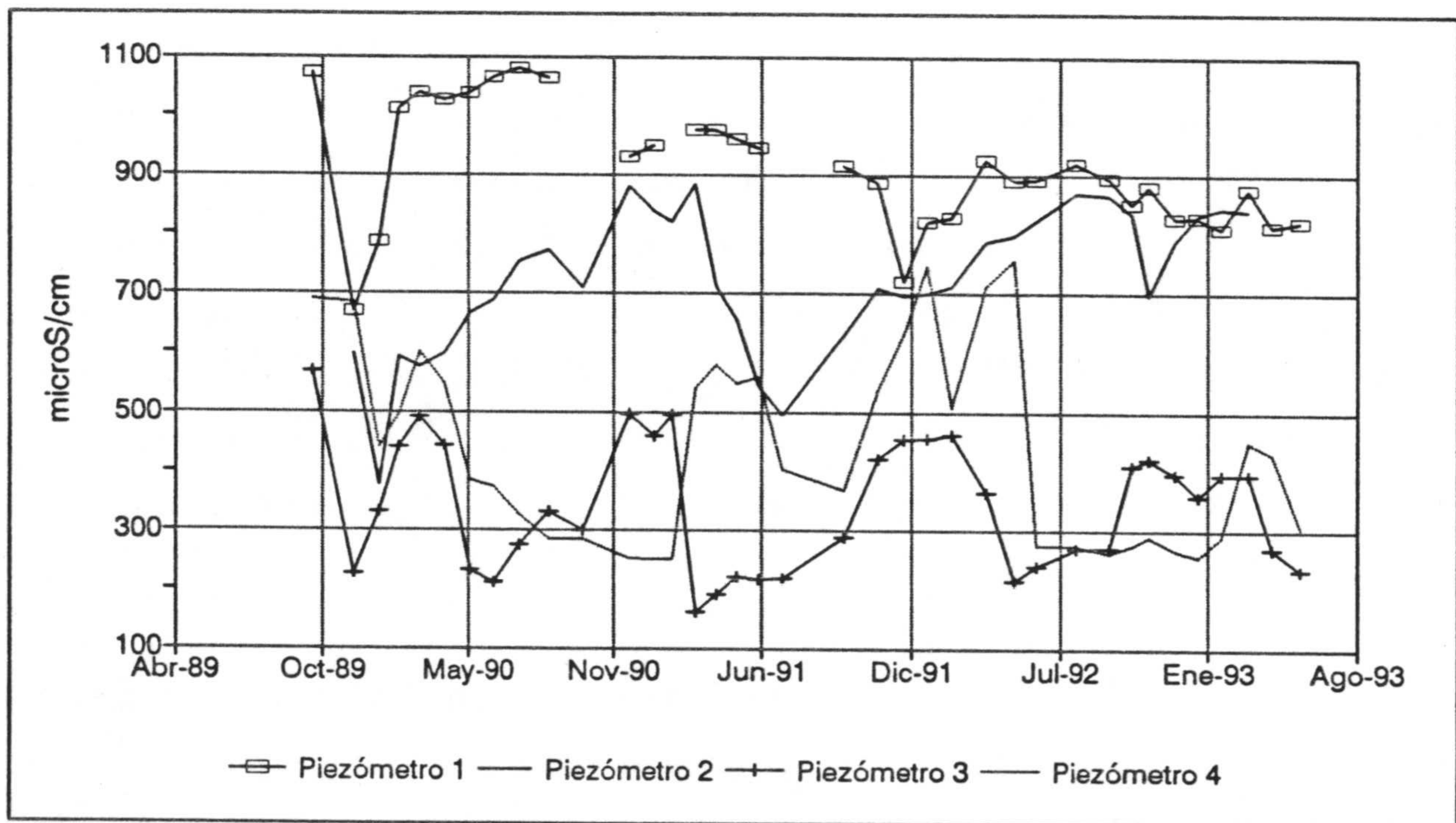


Figura 6.4. Evolución de la conductividad eléctrica en los piezómetros controlados

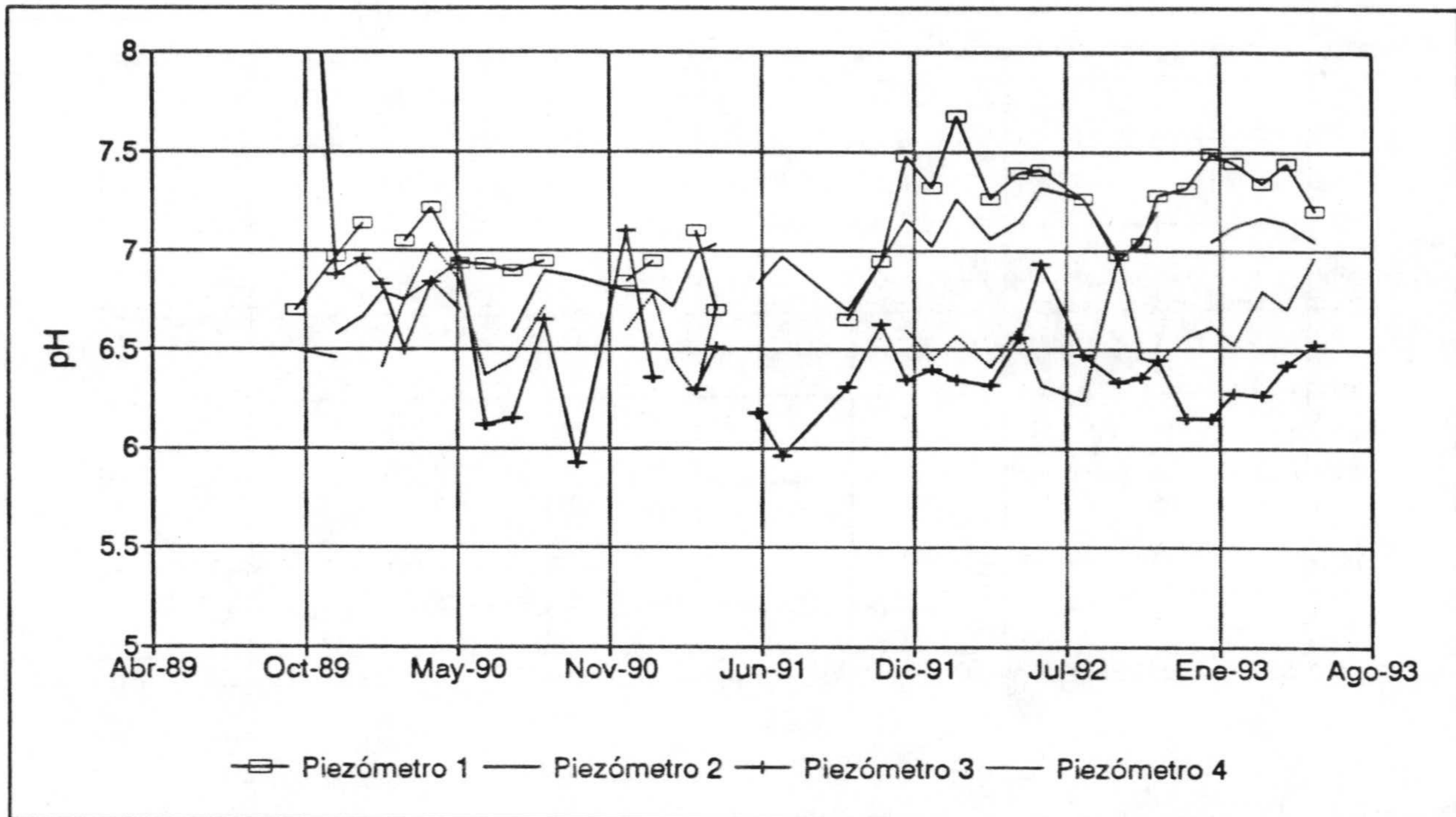


Figura 6.5. Evolución del pH en los piezómetros controlados

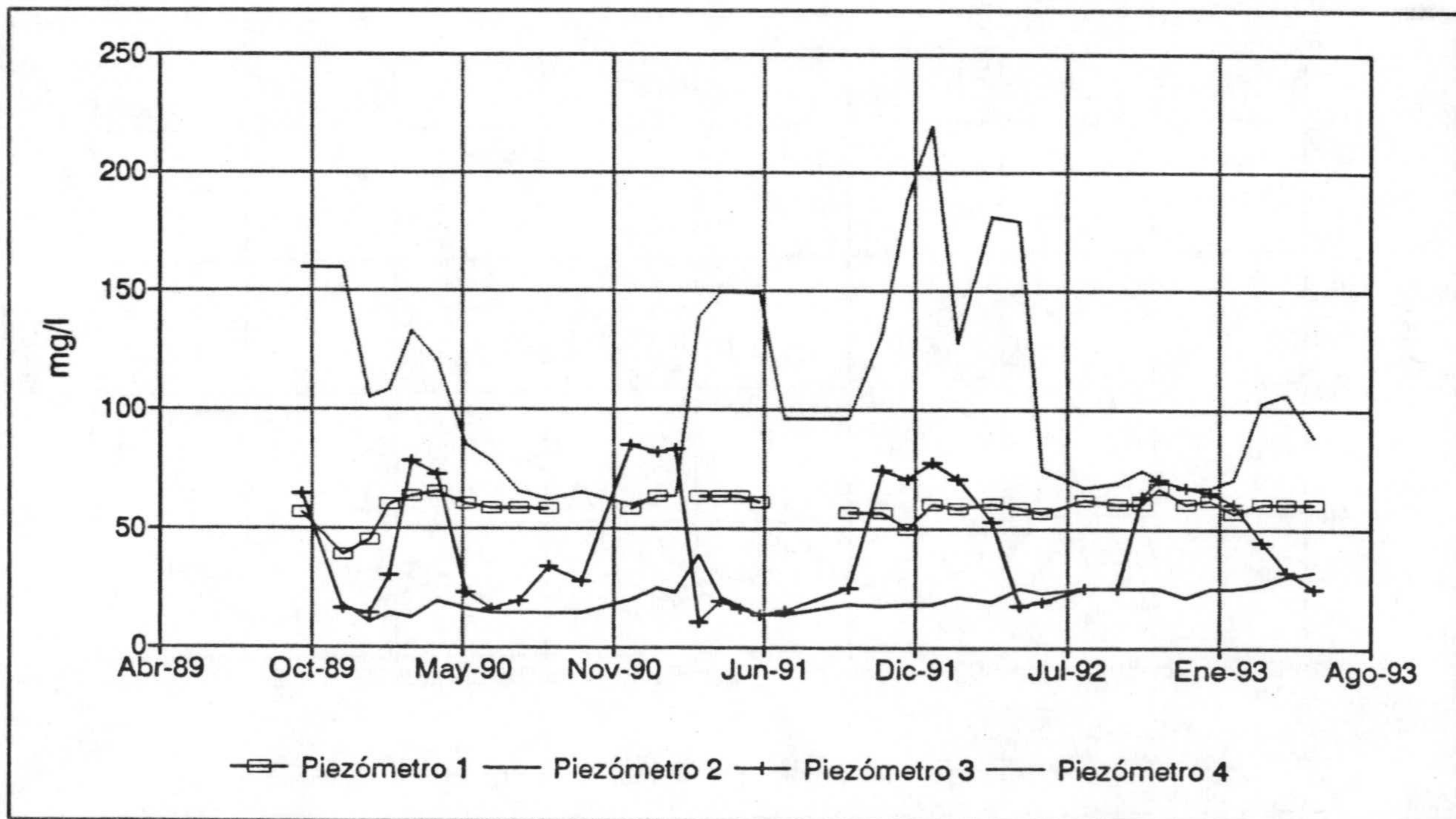


Figura 6.6. Evolución del contenido en cloruros en los piezómetros controlados

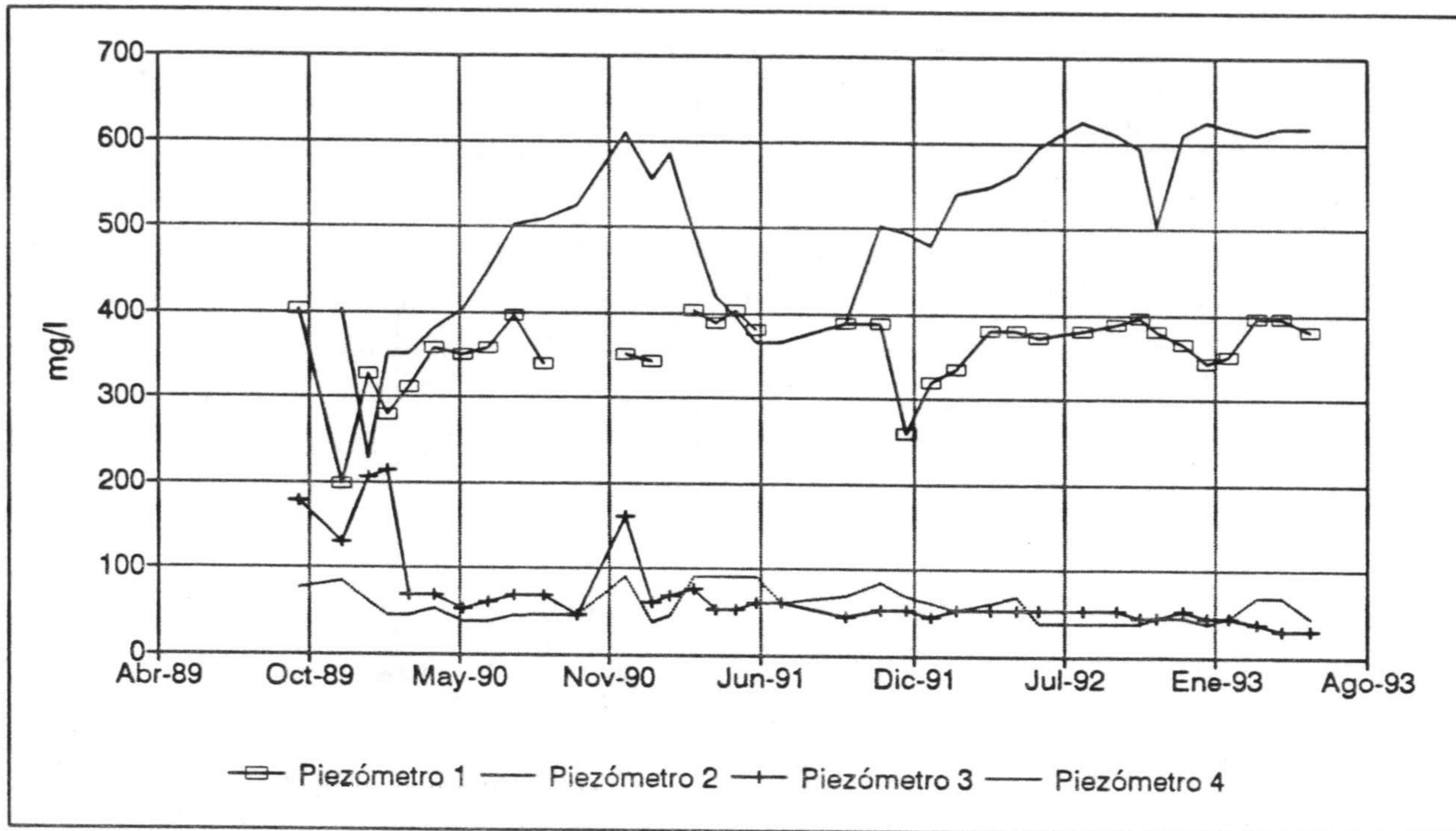


Figura 6.7. Evolución del contenido en bicarbonatos en los piezómetros controlados

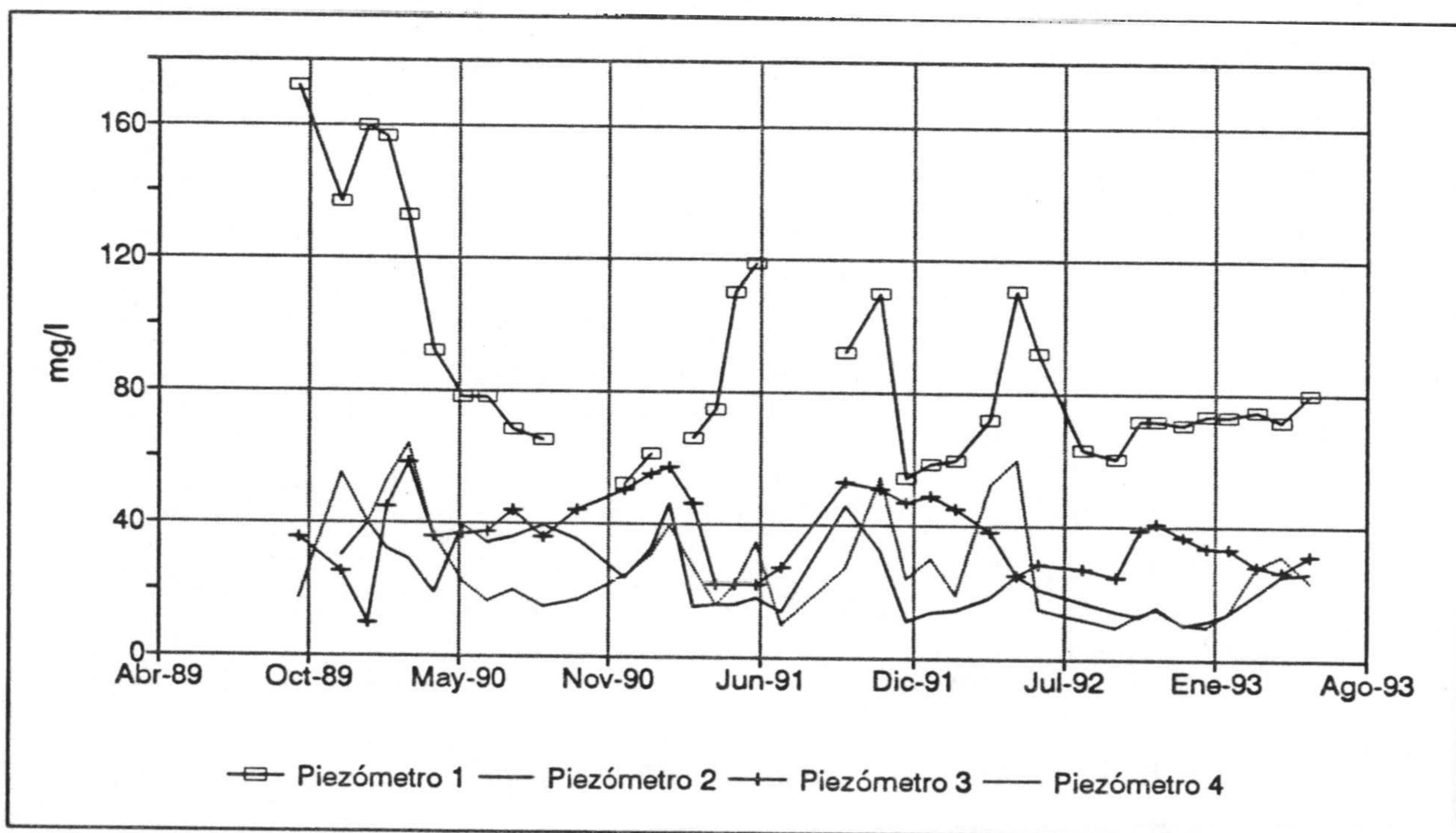


Figura 6.8. Evolución del contenido en sulfatos en los piezómetros controlados

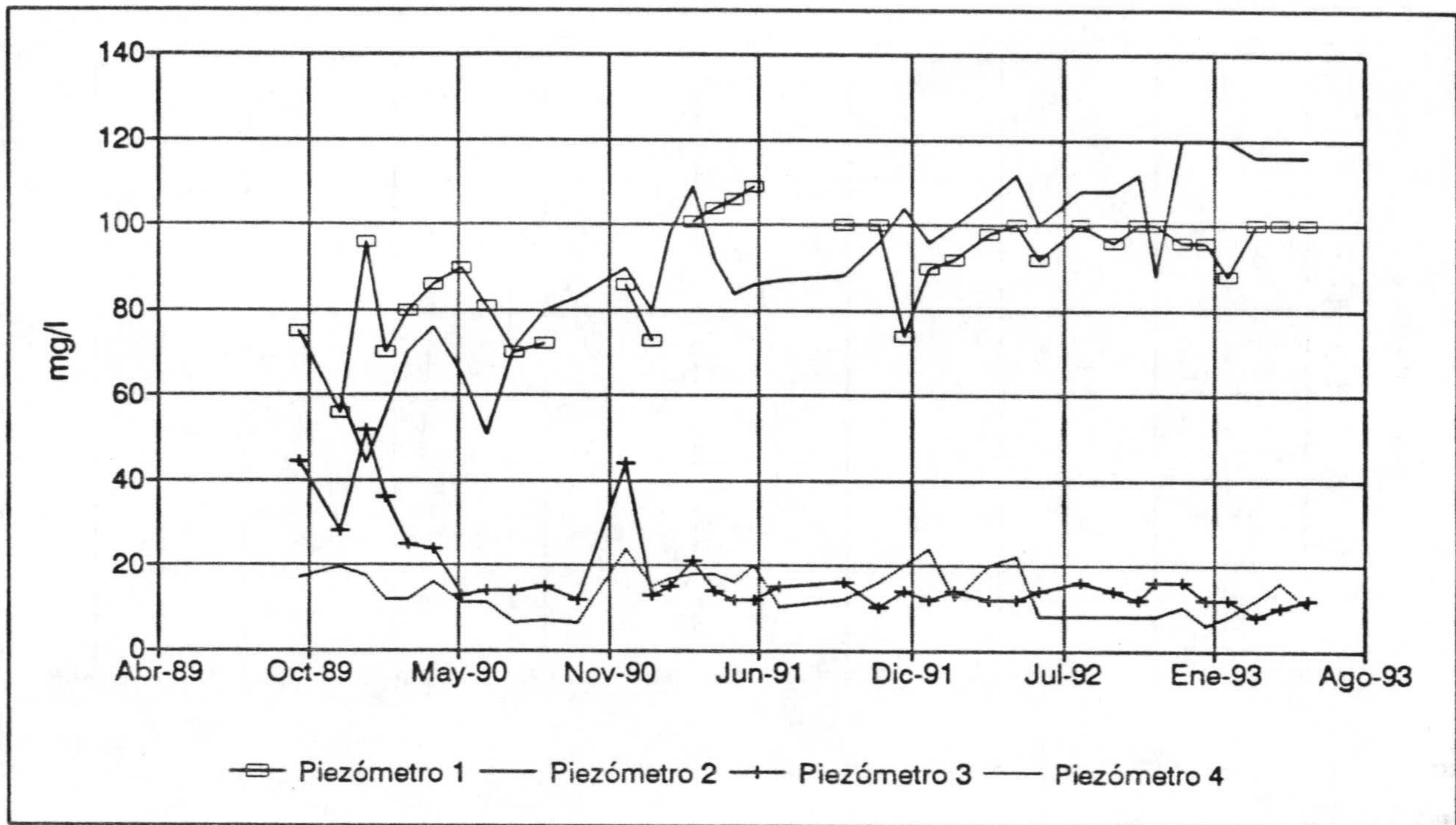


Figura 6.9. Evolución del contenido en calcio en los piezómetros controlados

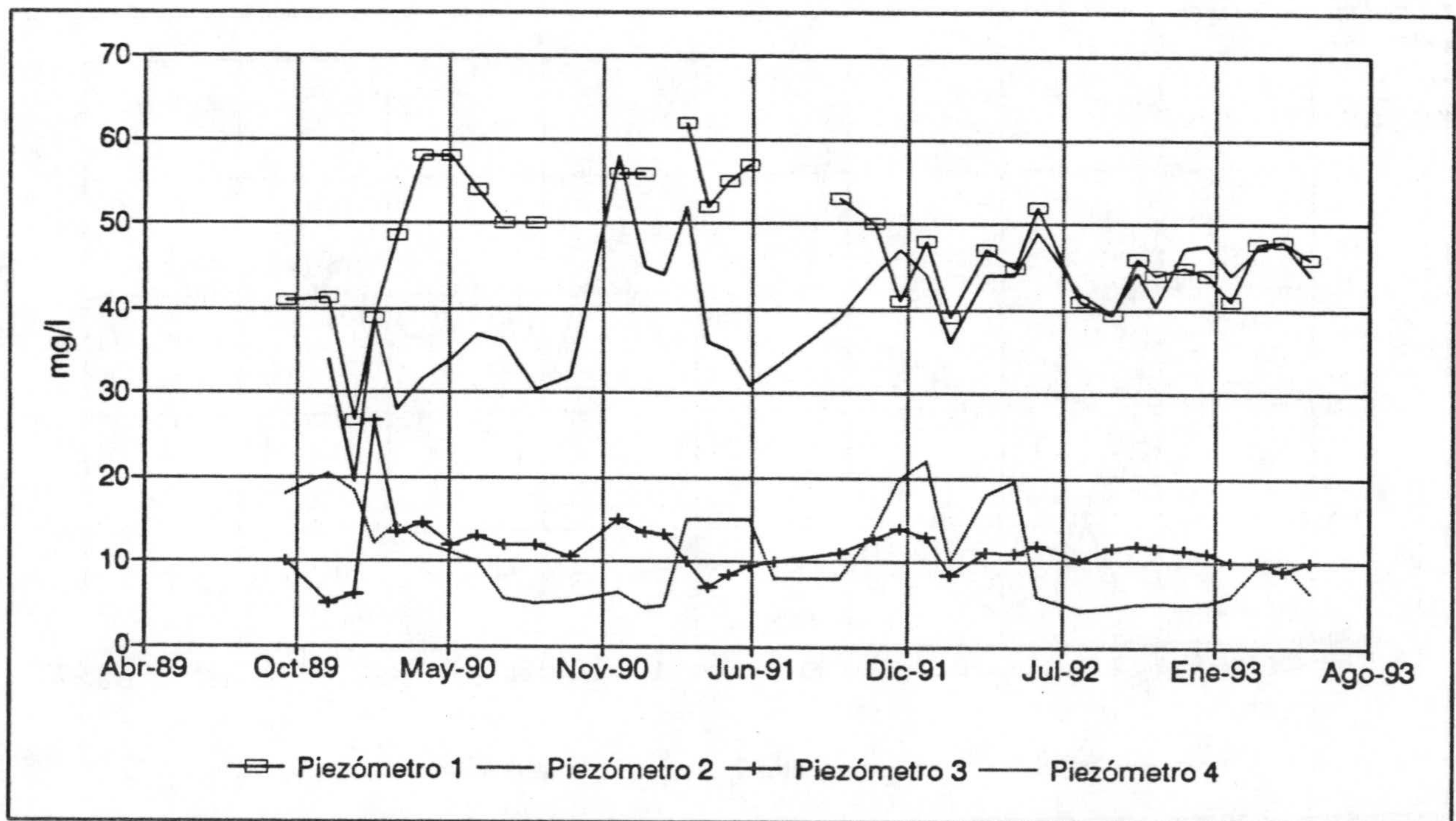


Figura 6.10. Evolución del contenido en magnesio en los piezómetros controlados

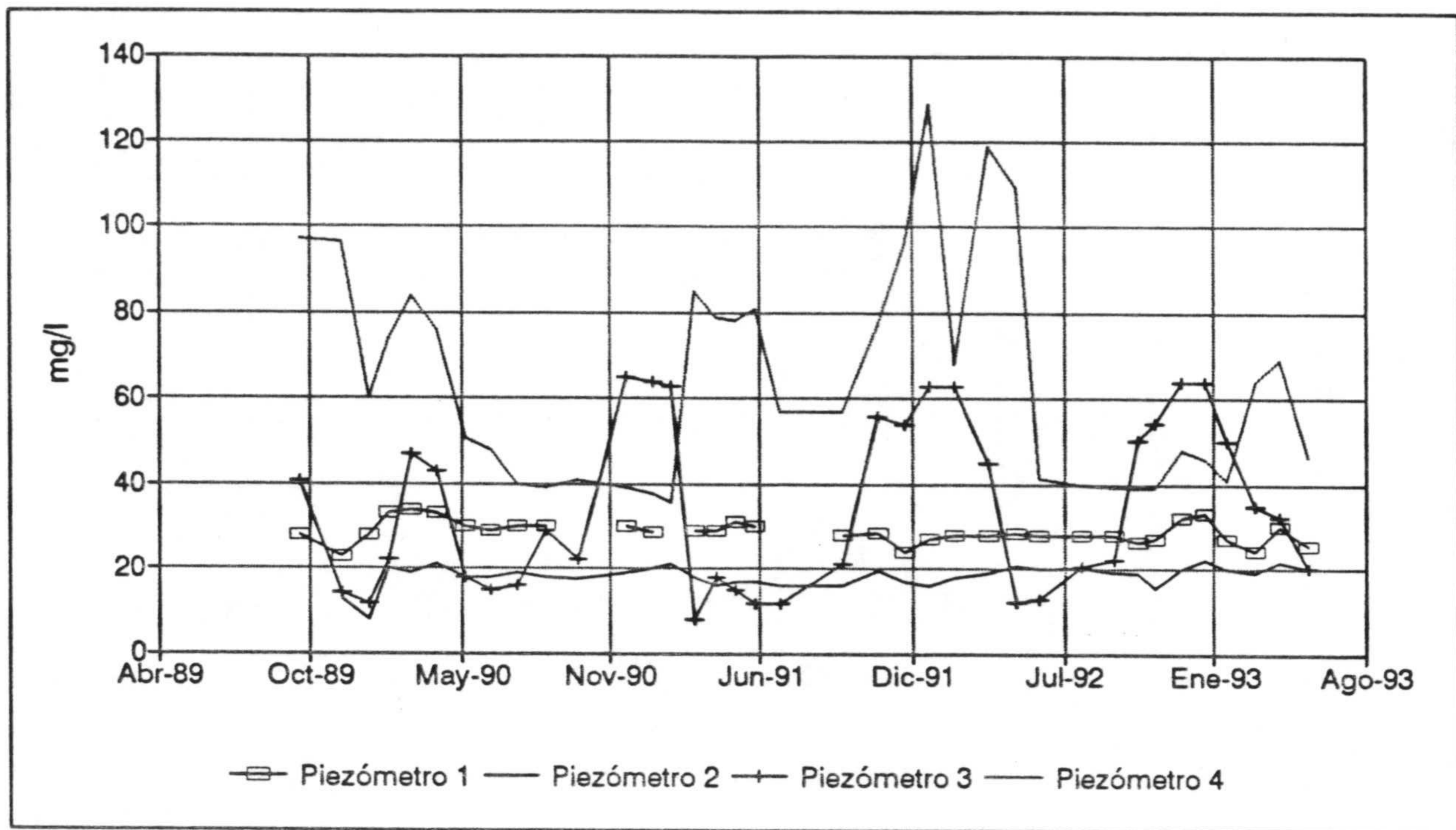


Figura 6.11. Evolución del contenido en sodio en los piezómetros controlados

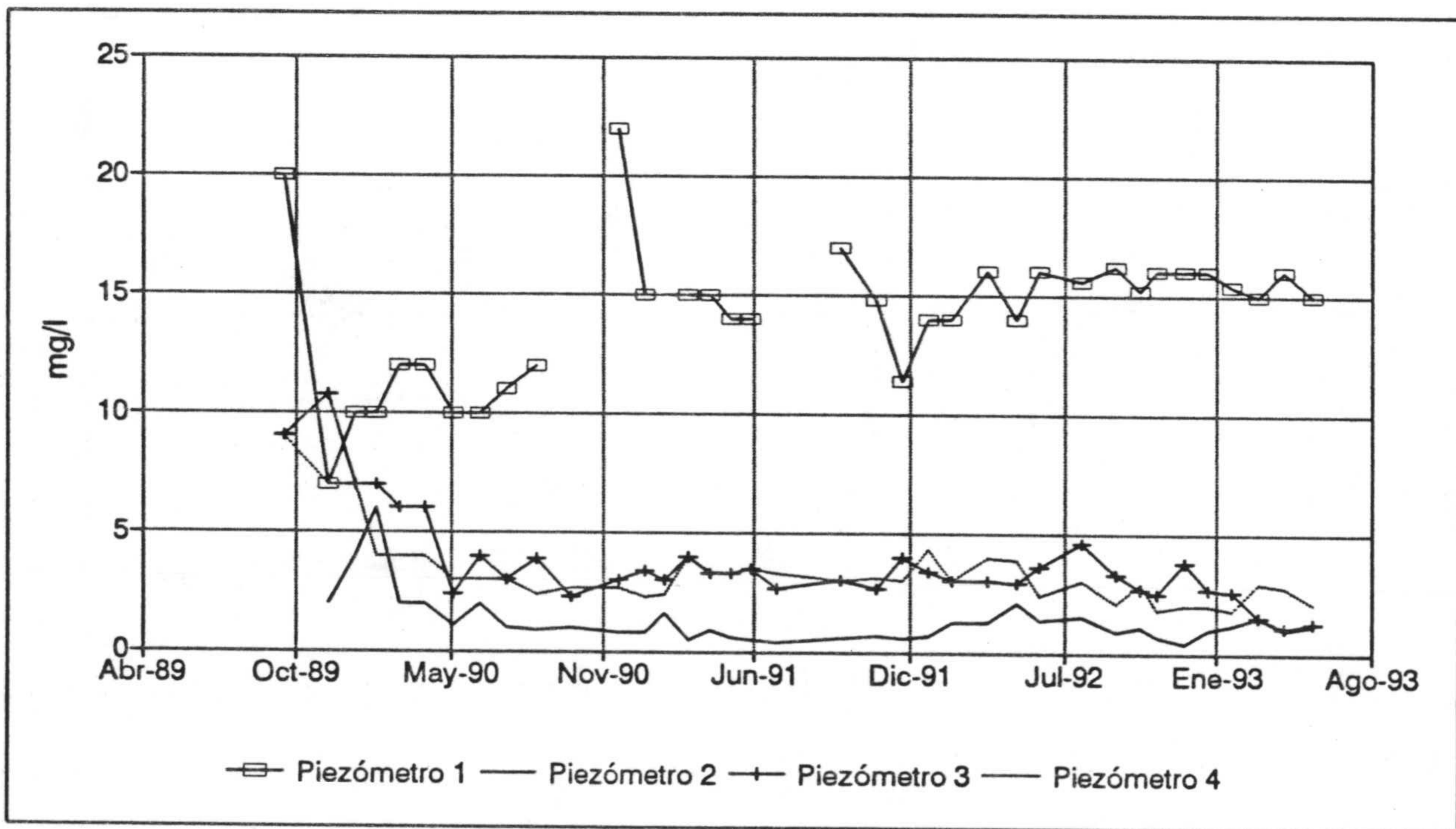


Figura 6.12. Evolución del contenido en potasio en los piezómetros controlados

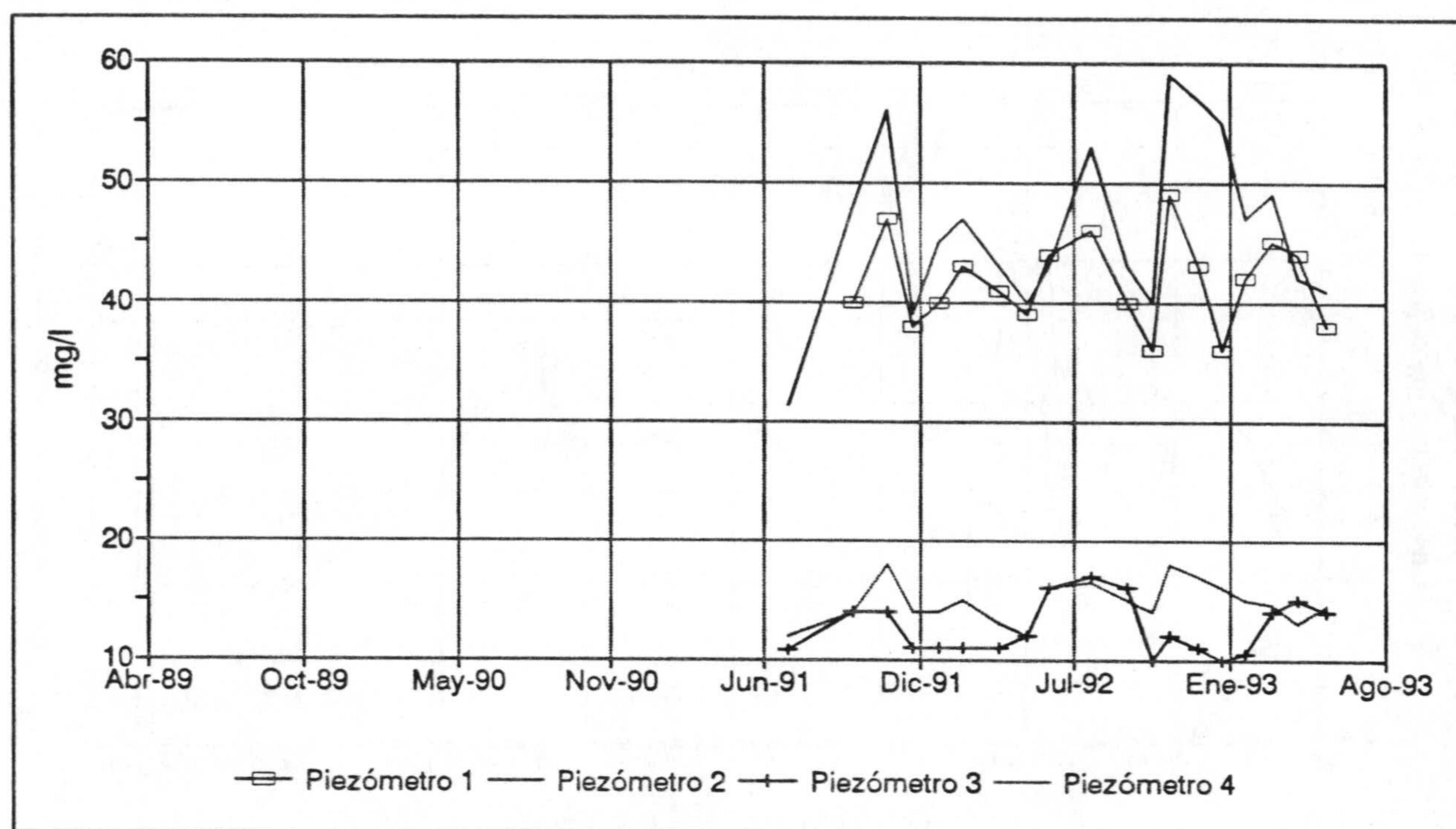
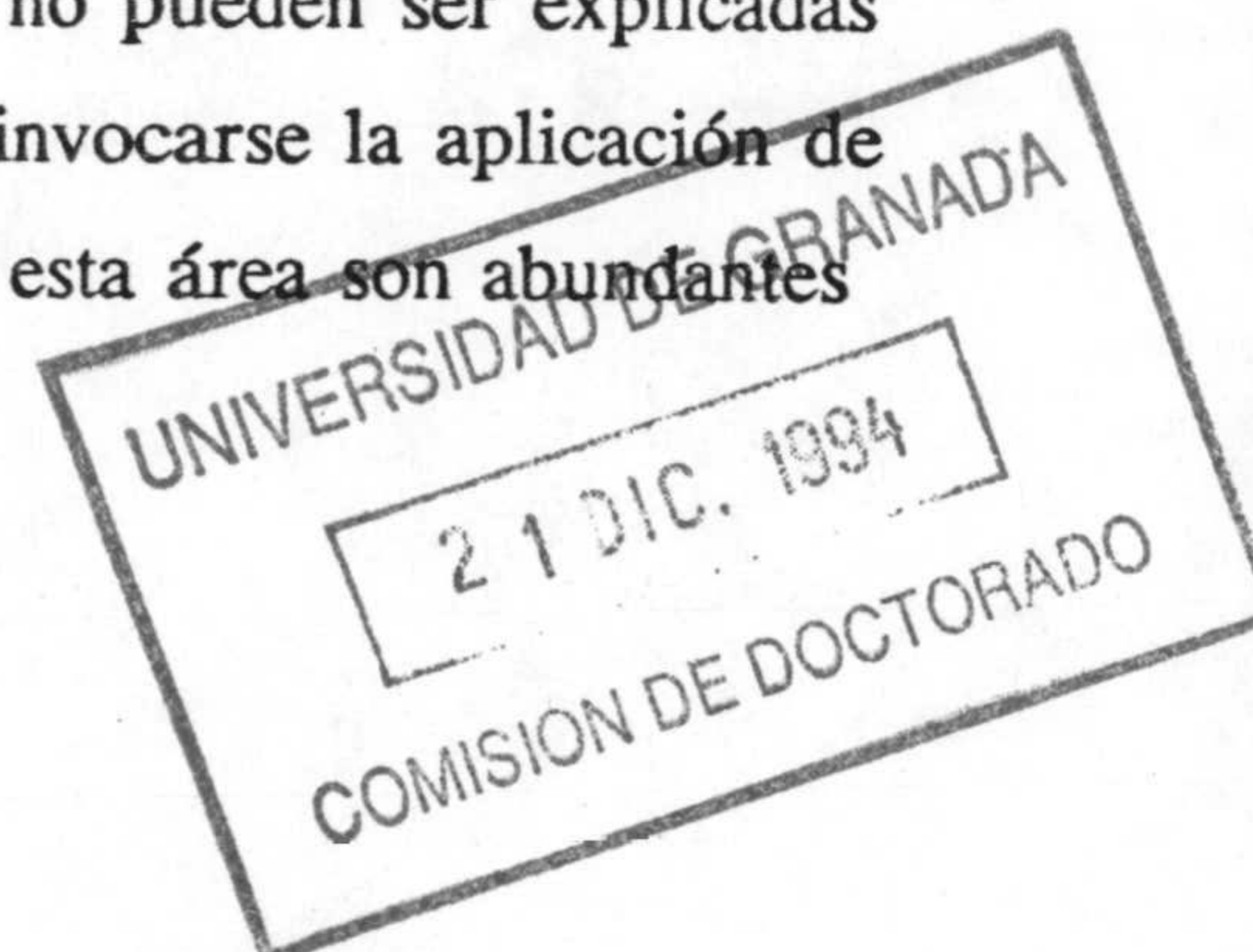


Figura 6.13. Evolución del contenido en sílice en los piezómetros controlados

aguas son bicarbonatadas cálcico-magnésicas, los puntos de la zona sur presentan concentraciones medias de bicarbonatos muy bajas, entre 40 y 80 mg/l (tabla 6.1).

Los sulfatos también presentan variaciones importantes en el tiempo; suelen aumentar al principio de la época de recarga y presentan valores más bajos durante el verano y otoño. Estas fluctuaciones responden probablemente a la propia variación del contenido en sulfatos en las aguas de precipitación (cuyo quimismo se controla mensualmente en estaciones situadas junto a los piezómetros 2 y 4), y al efecto de la concentración de éstos en el suelo por evaporación. A este respecto, cabe indicar que las lluvias presentan una concentración de sulfatos entre 5 y 10 mg/l durante gran parte del año, pero en las primeras lluvias del otoño (y en algunos casos en primavera) presentan unos contenidos sensiblemente más altos: entre 30 y 35 mg/l. En el piezómetro 1 y en el pozo 1 las variaciones en el contenido en sulfatos de las aguas subterráneas son bastante más marcadas y no pueden ser explicadas únicamente por este proceso (fig. 6.15). A este respecto puede invocarse la aplicación de fertilizantes (muchos de ellos en forma de sulfatos), dado que en esta área son abundantes



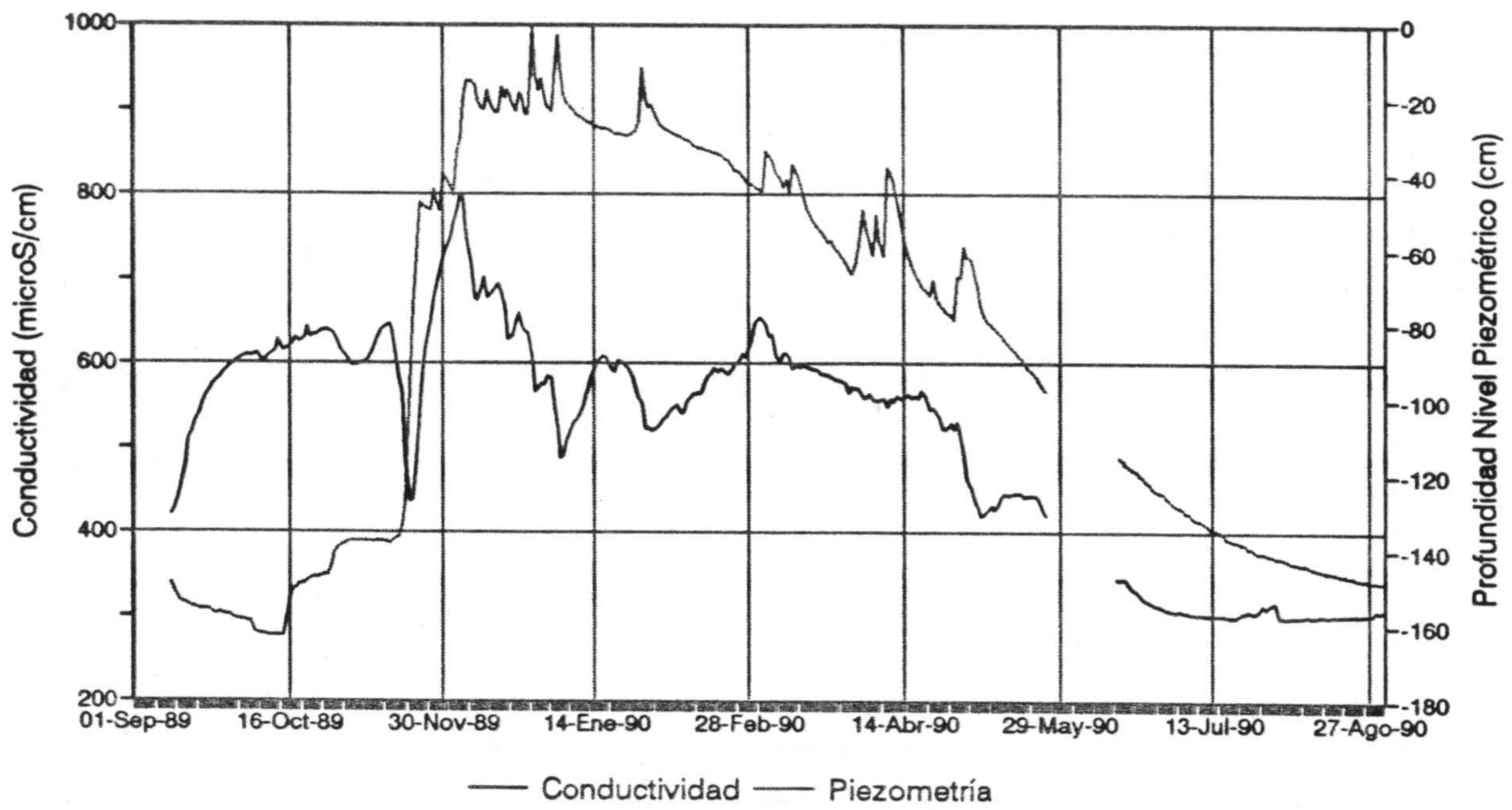


Figura 6.14a. Evolución de la conductividad eléctrica y piezometría en el piezómetro 4 (Palacio Doñana) en el año 1989/90

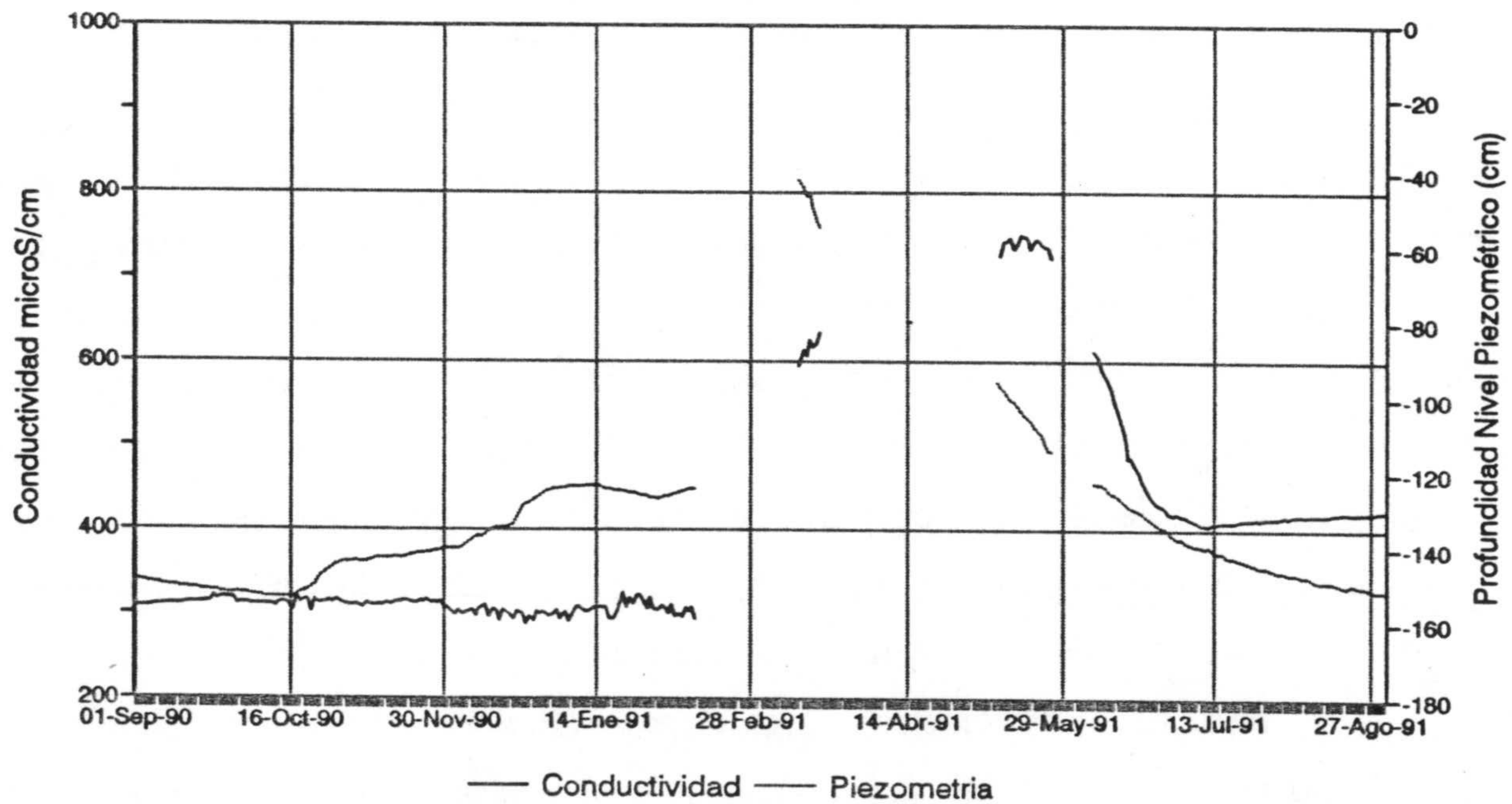


Figura 6.14b. Evolución de la conductividad eléctrica y piezometría en el piezómetro 4 (Palacio Doñana) en el año 1990/91

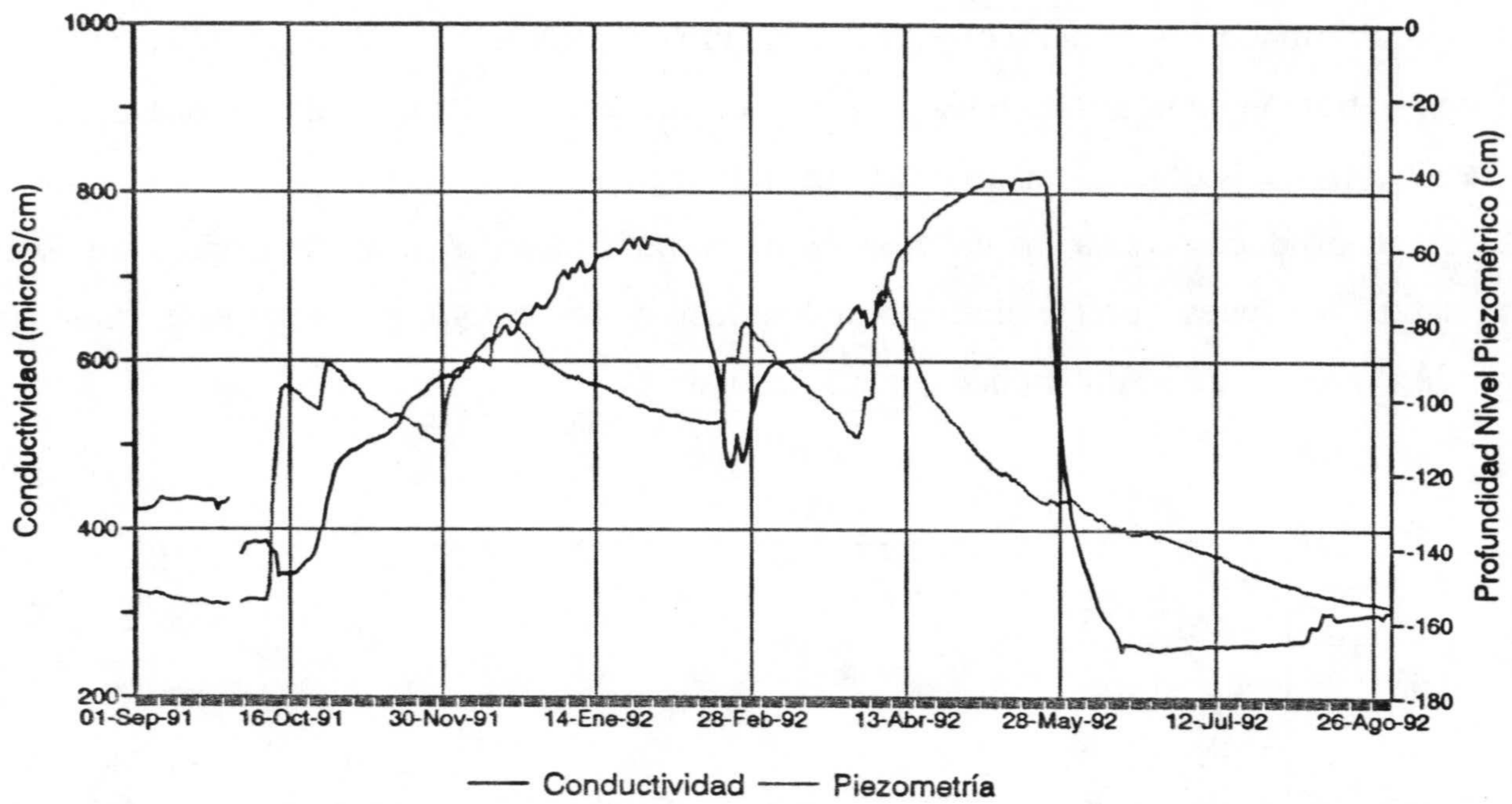


Figura 6.14c. Evolución de la conductividad eléctrica y piezometría en el piezómetro 4 (Palacio Doñana) en el año 1991/92

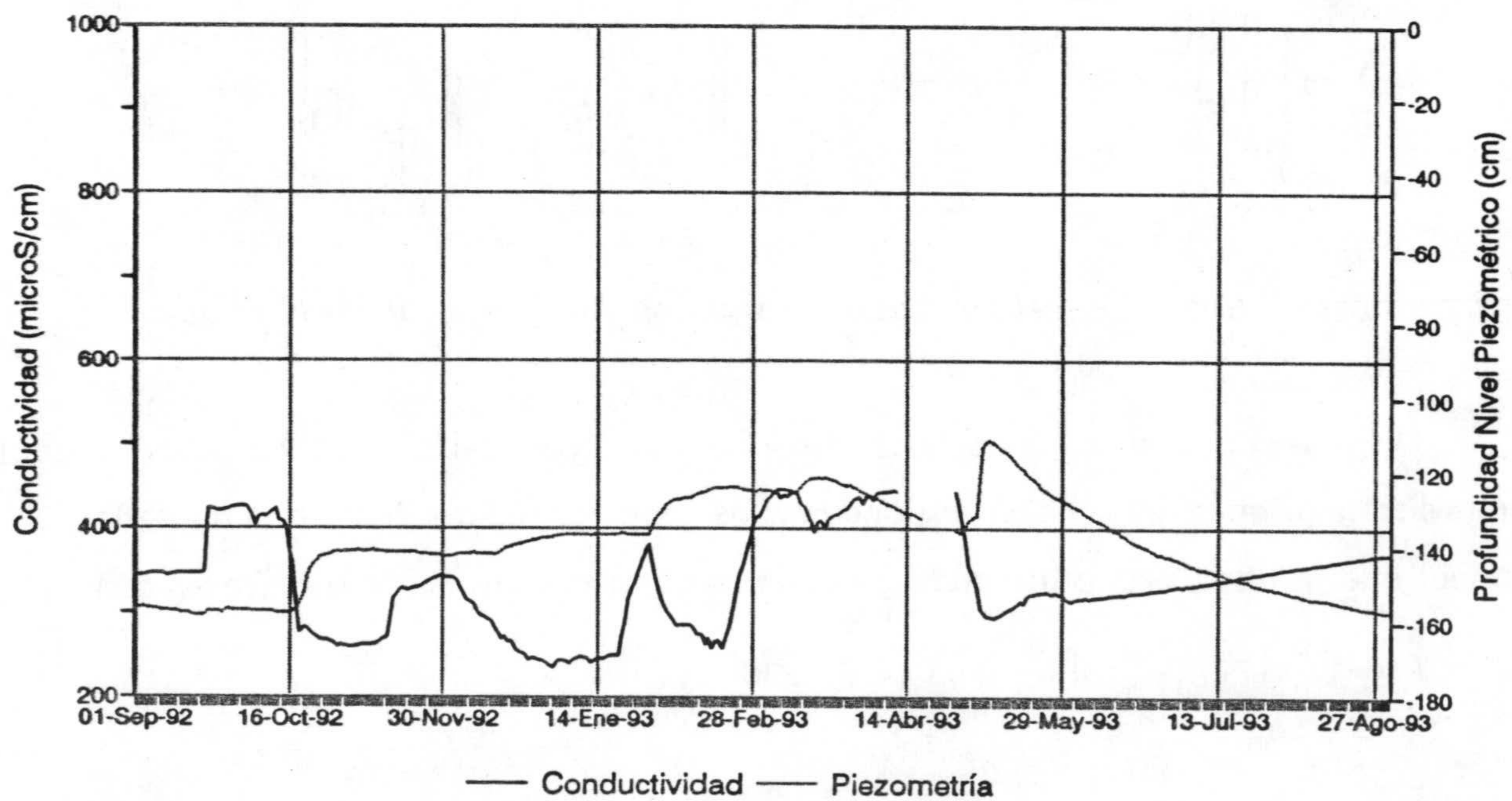


Figura 6.14d. Evolución de la conductividad eléctrica y piezometría en el piezómetro 4 (Palacio Doñana) en el año 1992/93

los cultivos de fresas en regadío. Un muestreo realizado en septiembre de 1992, en el que se han determinado los contenidos en nitratos, nitritos, ión amonio y fostatos, ha revelado una concentración máxima de nitratos para el piezómetro 1 (tabla 6.2), lo que apoya la hipótesis anterior. Como se puede observar en la figura 6.15, la elevación del contenido en sulfatos se produce tras la época de estiaje, como consecuencia de episodios lluviosos importantes. Es, pues, patente el efecto de lixiviado de los sulfatos presentes en el suelo por parte de las aguas de infiltración.

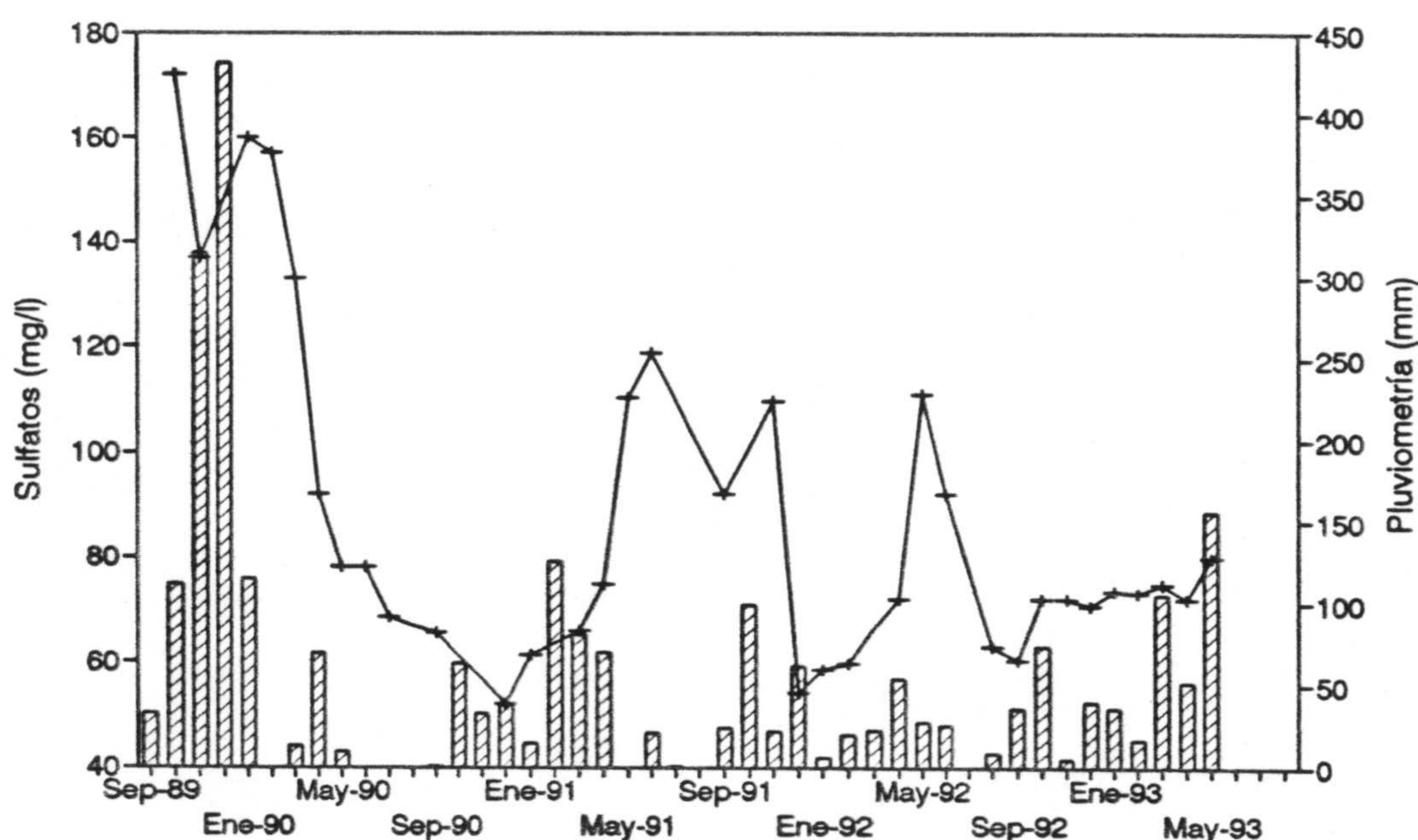


Figura 6.15. Evolución del contenido en sulfatos y pluviometría en el piezómetro 1.

De acuerdo con las características del muestreo, todas estas variaciones en la composición química del agua corresponden a los primeros metros de la zona saturada y cabe suponer que, a una cierta profundidad, estén amortiguadas en menor o mayor grado.

Tabla 6.2. Valores (en mg/l) de nitratos, nitritos, amonio y fostatos en septiembre de 1992 (nd = no se detecta).

	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
Piezómetro 1	87.6	nd	nd	0.17
Piezómetro 2	2.6	nd	0.5	0.22
Piezómetro 3	55.0	nd	nd	0.09
Piezómetro 4	0.4	0.08	nd	0.09
Pozo 1	nd	0.09	1.0	0.06
Pozo 2	1.2	nd	nd	0.07
Pozo 3	25.0	0.05	0.5	0.10

6.3. ANALISIS FACTORIAL

Se ha realizado un análisis factorial, denominado en modo R y Q simultáneos (Davis, 1986), en cada uno de los puntos de control, para la totalidad de datos analíticos disponibles. Este método tiene la ventaja de que los pesos de las variables y de los objetos (modos R y Q, respectivamente) se pueden representar en un mismo diagrama, de modo que la relación entre un objeto y una variable quedará ilustrada gráficamente por la distancia entre los puntos correspondientes. El programa ha sido confeccionado por Carlos Almeida (comunicación personal).

Las variables son las de la tabla 6.1, menos el pH y la sílice, ya que éstas no fueron determinadas en todas las muestras.

Los resultados obtenidos, aún dentro de su semejanza general, ponen de manifiesto ciertas diferencias entre los puntos situados en la parte norte y la parte sur. Como ejemplo, se discuten los correspondientes a los piezómetros 2 y 4.

El primer factor (55% y 66% del total de la varianza muestral, respectivamente) es de tipo general, pues retiene los pesos más elevados tanto de la conductividad como de los iones más importantes en la mineralización de las aguas subterráneas. Hay que señalar dos particularidades: en el piezómetro 4 la temperatura condiciona también este factor, aunque en la parte negativa, mientras que en el n° 2 la situación de los sulfatos y el potasio, alejados del resto de los iones, sugiere un origen hidroquímico de aquéllos independiente de los procesos mayoritarios de adquisición de sales (fig. 6.16). En el caso de la temperatura, hay que tener en cuenta la escasa profundidad del agua en el sector sur y, por lo tanto, la notable influencia ambiental en dicha variable, por lo que la circunstancia indicada traduce el hecho general de que los incrementos en la mineralización tienden a producirse en los períodos de invierno-primavera, como ya ha sido comentado.

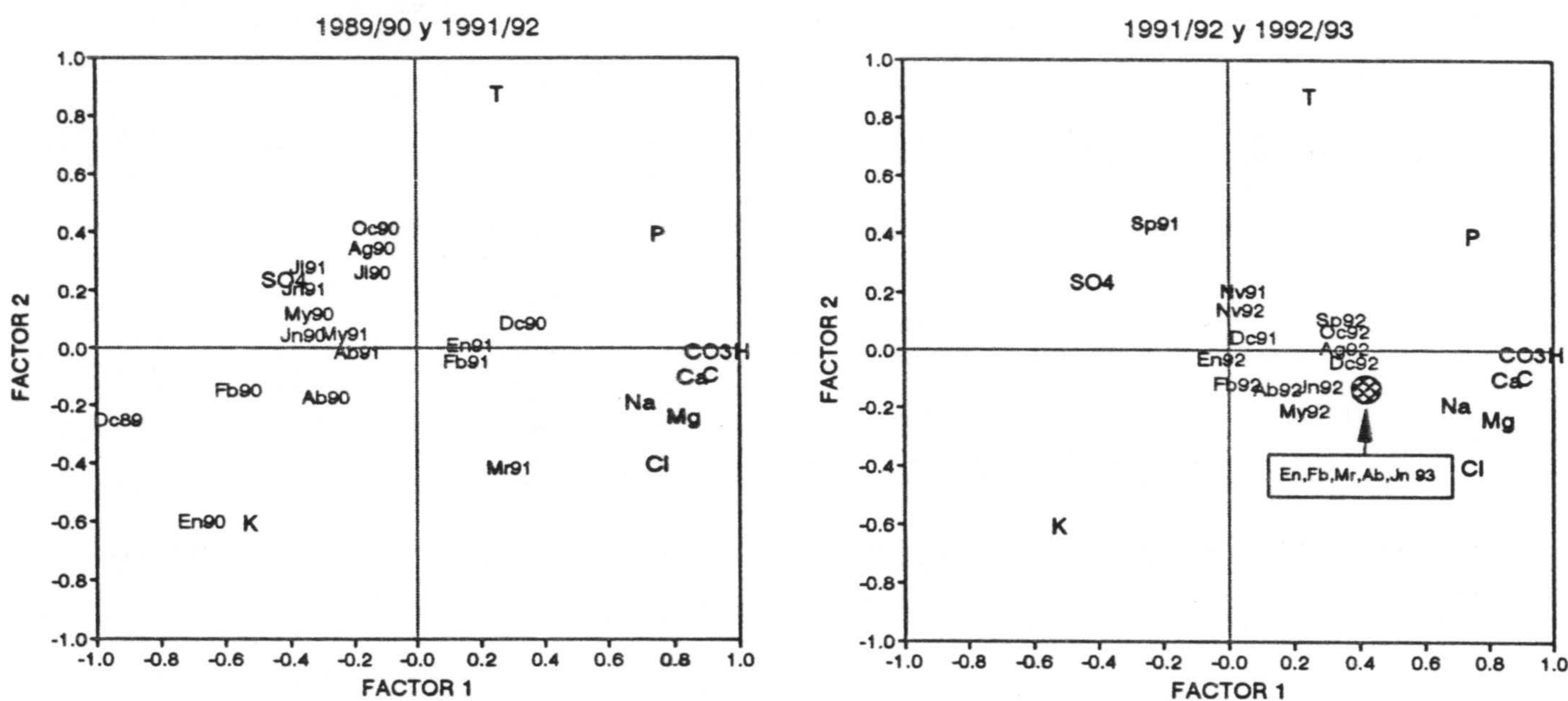


Figura 6.16. Resultados del análisis factorial en la estación 2 (El Caoso)

En el piezómetro 2, la temperatura y, en menor proporción, el potasio (en la parte negativa del eje) determinan el segundo factor, con más del 16% de la varianza explicada. El tercer factor está controlado únicamente por los sulfatos; se trata de circunstancias que reflejan un comportamiento de los sulfatos diferente del antes descrito.

En el piezómetro 4 el segundo factor (11% de la varianza) viene determinado, en su parte positiva, por la temperatura, mientras que los sulfatos presentan pesos intermedios en la parte negativa (fig. 6.17). El tercer factor (8% de la varianza) está fijado principalmente por los bicarbonatos y, secundariamente, por Ca^{2+} y K^+ .

A la vista de la figura 6.17, en el piezómetro 4 y para cada uno de los años hidrológicos del período de control, se identifican los siguientes procesos hidroquímicos generales: al final del estiaje las aguas tienen valores bajos de conductividad y de los contenidos en Cl^- , Na^+ y Mg^{2+} ; en el inicio de la recarga se produce un aumento del contenido en SO_4^{2-} , mientras que disminuye la temperatura; con la subida importante del nivel piezométrico (en respuesta a fuertes episodios de precipitación) se produce un ascenso apreciable de la conductividad, acompañado, principalmente, de incrementos en las concentraciones de Cl^- , Na^+ y Mg^{2+} ; posteriormente, durante primavera y/o verano, las aguas se hacen nuevamente menos salinas y aumenta la temperatura hasta alcanzar la situación de estiaje.

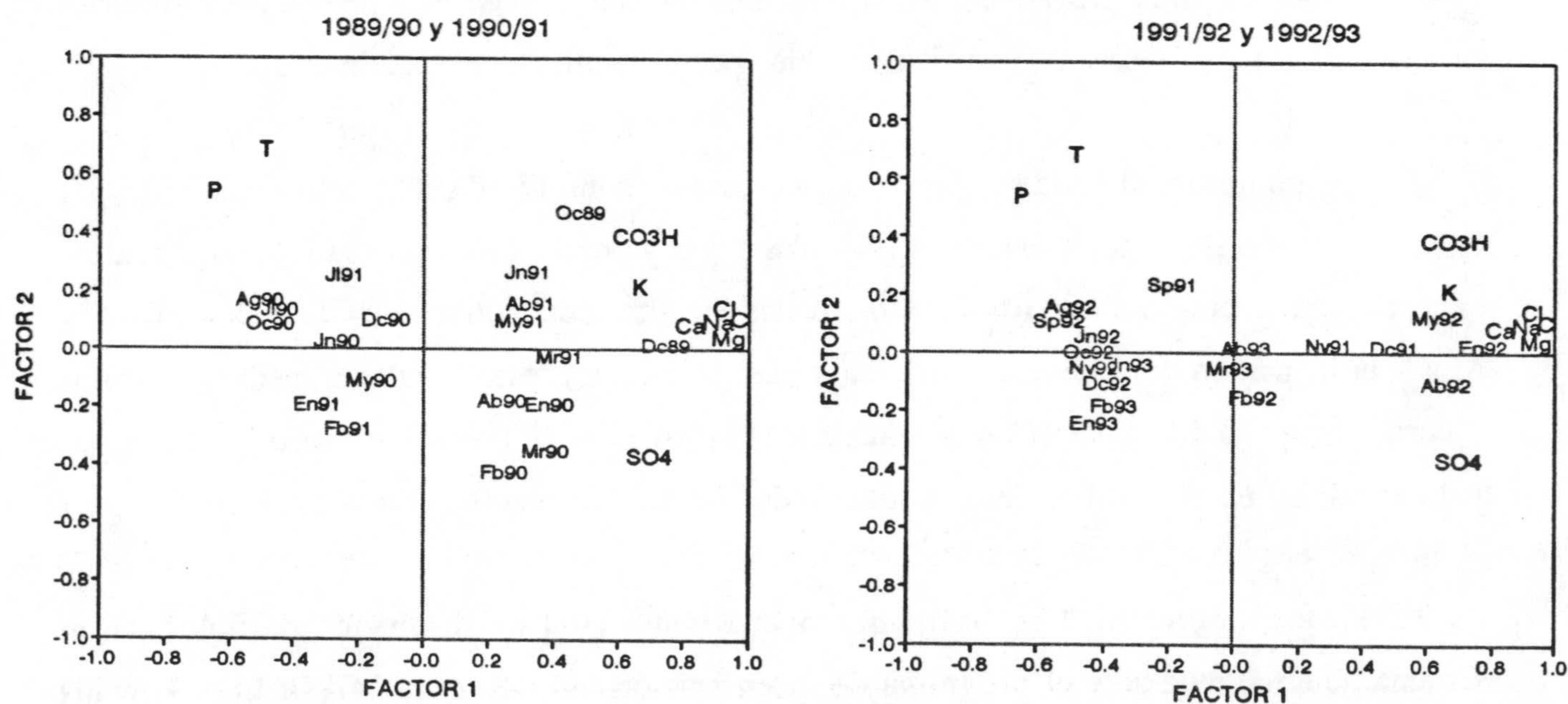


Figura 6.17. Resultados del análisis factorial en la estación 4 (Palacio Doñana)

En el piezómetro 2 no se identifican ciclos anuales tan bien marcados (fig. 6.16), debido a que, por la presencia de un suelo bien desarrollado y la menor pluviometría en los años 91/92 y 92/93, no hubo ningún episodio de recarga significativo (fig. 6.18).

6.4. ESTADO DE SATURACION DEL AGUA. SIMULACION HIDROGEOQUIMICA

El estado de saturación del agua con respecto a distintas fases minerales se ha determinado mediante el programa HIDSPEC (Carvalho y Almeida, 1989). Todas las aguas muestran una elevada presión parcial de CO₂, con contenidos medios entre 10^{-1.74} y 10^{-1.26} atm. La presión parcial de CO₂ en el suelo se puede calcular de acuerdo con la fórmula de Brook et al. de 1983 (in Appelo y Postma, 1993):

$$\log(P_{CO_2}) = 2.09(1 - e^{(-0.00172ETR)}) - 3.47$$

Considerando una ETR de 300 mm/año se obtiene una presión parcial de CO₂ en el suelo de 10^{-2.63} atm, sensiblemente inferior a los expuestos anteriormente. La causa general de estos elevados valores en el agua subterránea es de origen biogénico (Manzano et al., 1991), aunque en algún caso deben estar relacionados con la existencia de una capa arcillosa rica en materia orgánica en el perfil del suelo (por ejemplo, en el piezómetro 2).

Los puntos de la zona sur presentan aguas muy subsaturadas respecto a casi todas las fases minerales. En la zona norte (piezómetros 1 y 3 y pozo 1) los resultados son parecidos, excepto para los minerales carbonatados, dadas las altas concentraciones de HCO₃⁻, Ca²⁺ y Mg²⁺; el logaritmo del índice de saturación para la calcita presenta valores medios cercanos a cero (entre -0.40 y -0.16) y son algo más bajos para la dolomita. No obstante, estos valores varían en el tiempo, desde subsaturados hasta claramente sobresaturados.

En el piezómetro 2 se ha realizado una simulación de disolución de dolomita en sistema abierto, mediante el programa de modelización hidroquímica MISOLEQ (Almeida y Silva, 1990). Este punto ha sido seleccionado porque el contenido en los iones Cl⁻, SO₄²⁻,

Na^+ y K^+ es muy bajo, mientras que la concentración de HCO_3^- , Ca^{2+} y Mg^{2+} es elevada (ver tabla 6.1); además, se comprueba que la suma de los miliequivalentes de calcio y magnesio es igual, aproximadamente, a los del ión bicarbonato y su evolución es similar.

El método en que se basa dicho programa consiste en resolver un sistema lineal de ecuaciones constituido por las ecuaciones de acción de masas linearizadas y las ecuaciones de balance de masas específicas de cada problema (Almeida y Silva, 1990). Los datos de entrada son la temperatura, presión parcial de CO_2 y el índice de saturación.

Los resultados obtenidos (fig. 6.18) muestran que la concentración de HCO_3^- se ajusta bien a una disolución de dolomita en sistema abierto. El pH muestra, asimismo, un ajuste muy bueno. Los procesos que afectarían a la concentración de estos iones y el pH son la dilución producida por el agua de lluvia y las variaciones de la presión parcial de CO_2 . Los efectos debidos al cambio de temperatura sólo podrían explicar (con un rango máximo de variación de 8 °C en este punto) diferencias del orden de 1.5 meq/l para los bicarbonatos.

La evolución viene marcada por los valores mínimos de enero de 1990 (fig. 6.18), debido a las elevadas precipitaciones que causaron un fuerte ascenso del nivel piezométrico, y a partir de ahí los contenidos ascienden hasta diciembre de 1990. En la primavera de 1991 se produce un nuevo descenso que coincide con otro episodio de recarga notable. No parece que esta disminución se deba al incremento de la evapotranspiración en primavera (Hoyle, 1989; Dutton, 1990) ya que en los otros dos años de control no se detecta. En noviembre de 1992 se produce una nueva disminución como consecuencia de un ligero ascenso de nivel; en esta ocasión la concentración de bicarbonatos se recupera rápidamente.

Estas variaciones, pues, parecen deberse a la dilución por mezcla del agua de lluvia, como se ha expuesto anteriormente para la conductividad en los puntos de la zona sur, pero en este caso la recuperación de los valores habituales sería mucho más lenta. Por otro lado, con los ascensos del nivel piezométrico se produce un descenso de la presión parcial de CO_2 , lo que a su vez produce un aumento del índice de saturación de calcita que favorece el

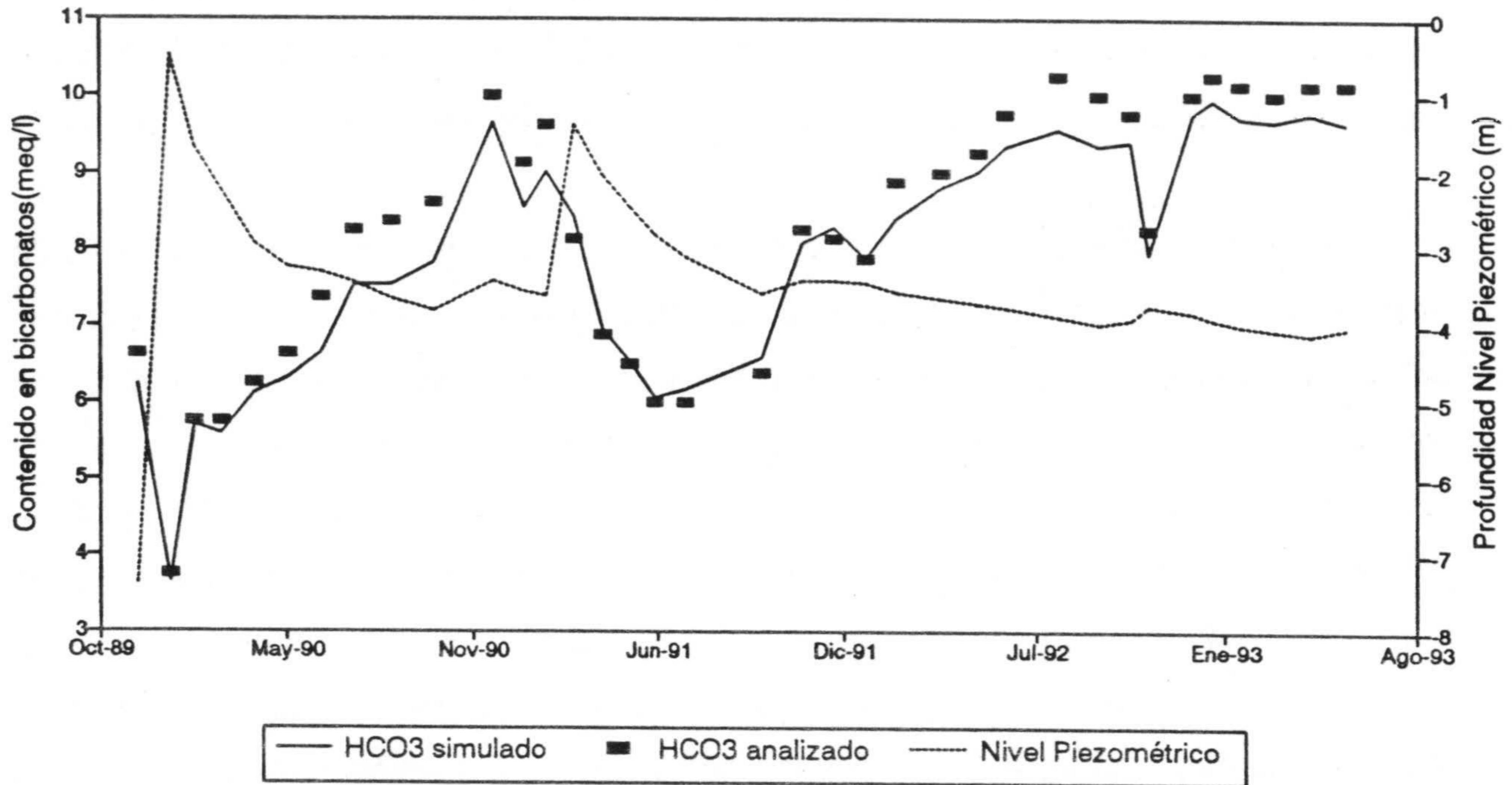


Figura 6.18. Evolución de los valores analizados y simulados del contenido en bicarbonatos en la estación 2 (El Caoso)

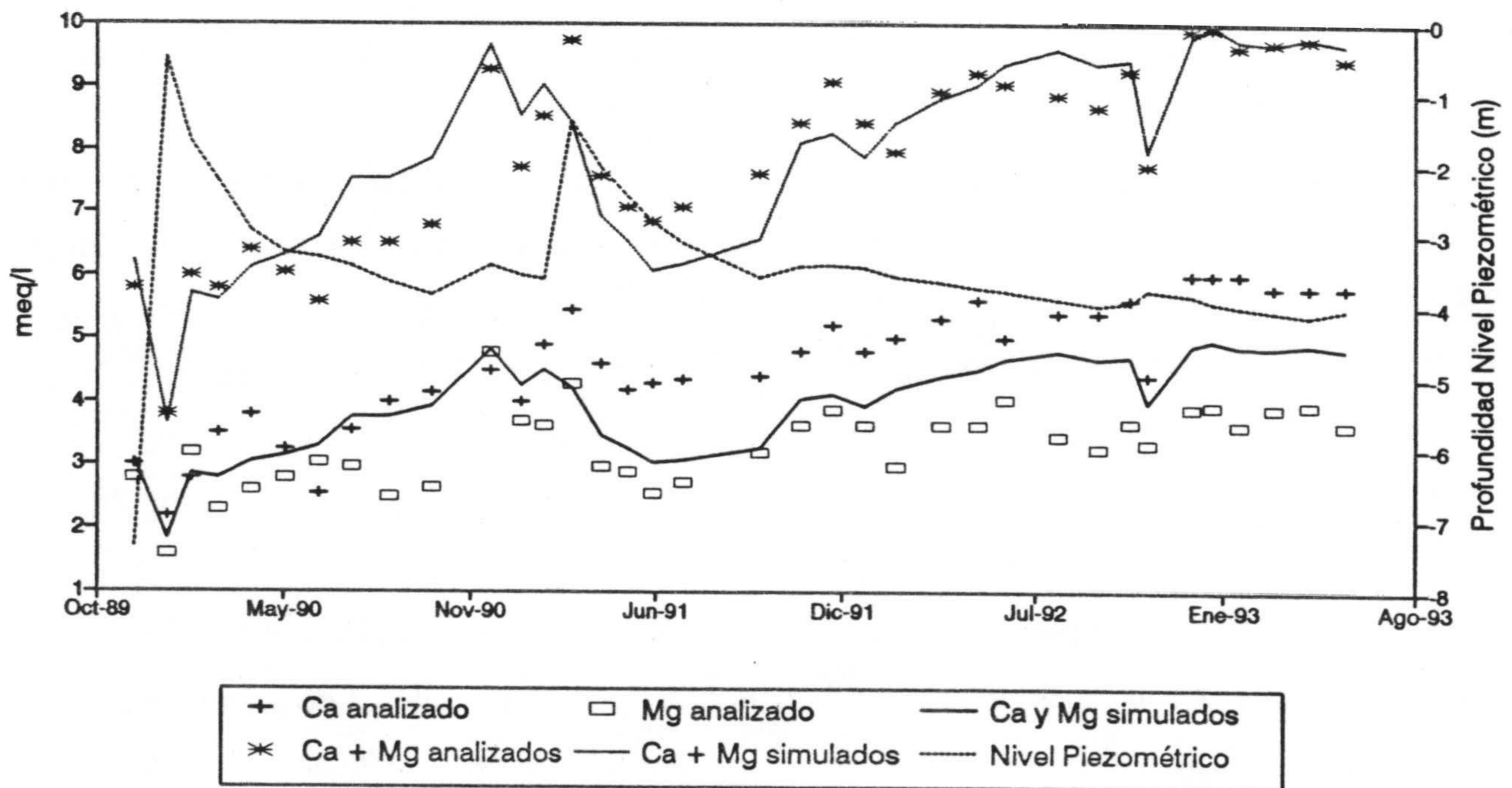


Figura 6.19. Evolución de los valores analizados y simulados del contenido en calcio y magnesio en la estación 2 (El Caoso)

descenso del contenido en bicarbonatos. A partir de la primavera de 1991 comienza la recuperación de las concentraciones de HCO_3^- que continúa hasta otoño de 1992, cuando parecen estabilizarse en torno a 10 meq/l.

El magnesio y el calcio, aunque siguen las mismas tendencias que los bicarbonatos, presentan una desviación entre valores reales y simulados algo más pronunciada, debido a que estos cationes están sujetos a fenómenos modificadores de intercambio iónico no contemplados en la modelización efectuada. Los contenidos de Ca^{2+} son mayores a los simulados e inferiores los de Mg^{2+} (fig. 6.19). No obstante, la suma de ambos cationes si coincide con la suma de los valores simulados, de lo que parece deducirse una fijación de Mg^{2+} en el complejo de cambio del suelo, con liberación de Ca^{2+} en cantidades equivalentes.

6.5. ESTIMACION DE LA RECARGA POR EL BALANCE DE CLORUROS

El método del cálculo de la infiltración por balance de cloruros (Custodio y Llamas, 1983) estima la recarga media en una zona, en ausencia de escorrentía superficial y de otros aportes de cloruros, mediante la fórmula:

$$R = P \frac{C_p}{C_i}$$

donde R es la recarga anual, P la precipitación media en la zona, C_p el contenido medio en cloruros de la precipitación y C_i es el contenido en cloruros del agua de infiltración profunda.

Guimerà et al., 1991 aplicaron esta metodología en el área del Acebuche (cercana al núcleo de Matalascañas) y obtuvieron una recarga media del 20 al 40% de la precipitación.

Se ha aplicado este método en las estaciones 1 y 2, donde no parece haber aportes de cloruros por el terreno. La evolución temporal del contenido de este ión en el agua subterránea (fig. 6.6) sólo depende de procesos de dilución producidos por el agua de infiltración.

El contenido en cloruros de la precipitación se ha controlado, con una periodicidad aproximadamente mensual, en las estaciones 2 y 4. En la figura 6.20 se representa su evolución durante el periodo de control; se observa que existen máximos anuales durante las primeras lluvias del año hidrológico (septiembre-octubre) y mínimos durante el invierno.

En la tabla 6.3 se relaciona la concentración media anual de cloruros en las precipitaciones (calculada multiplicando los valores de cloruros determinados por la cantidad de lluvia que representan) así como el aporte anual de cloruros por metro cuadrado en ambas estaciones. La concentración media es de 8.47 mg/l para la estación 2, situada a 33 km de la costa, y de 9,94 mg/l en la estación 4, a unos 6 km de la línea de costa.

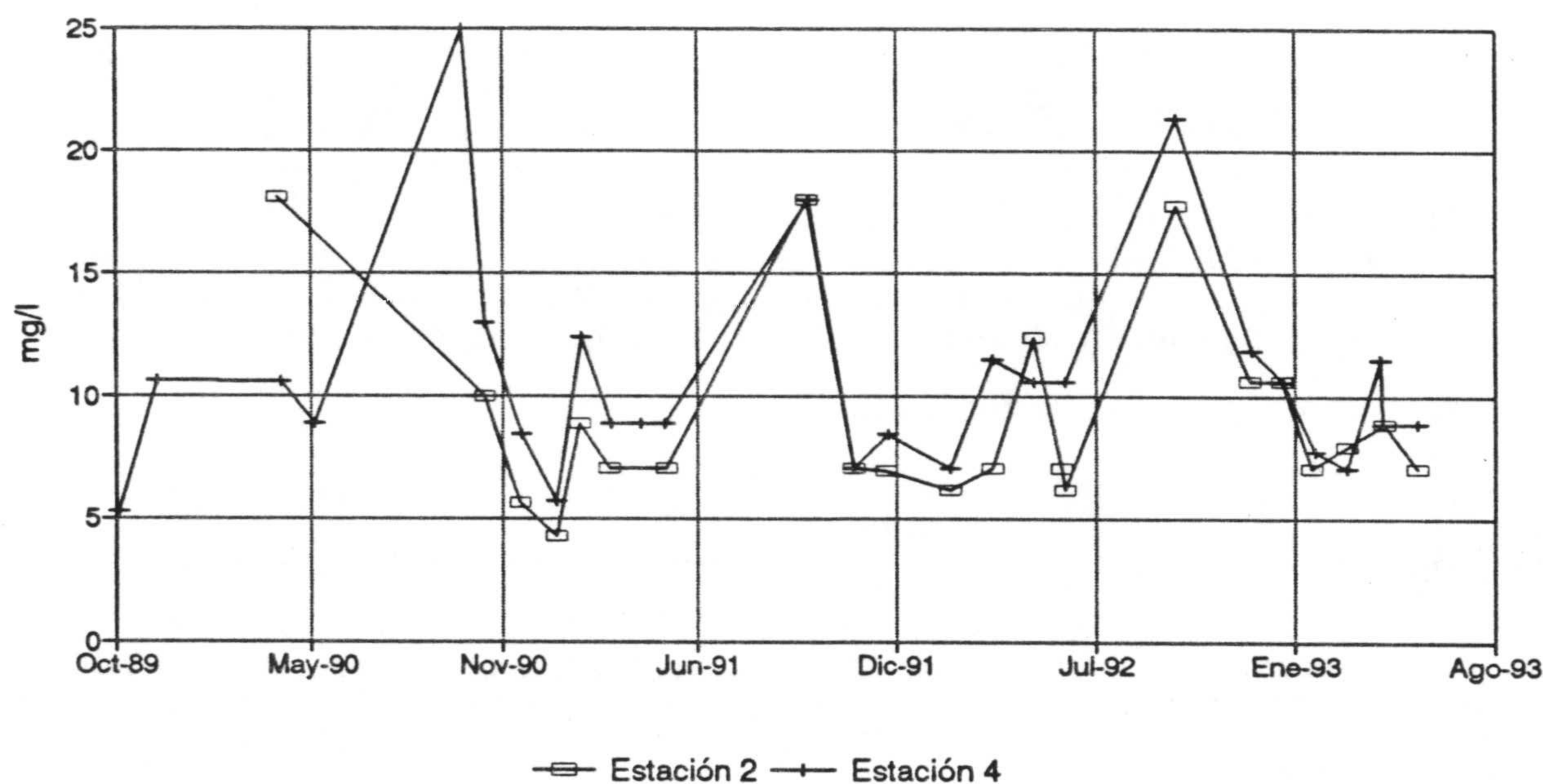


Figura 6.20. Evolución del contenido en cloruros de la precipitación en las estaciones 2 (El Caoso) y 4 (Palacio Doñana)

Hay que señalar que las muestras fueron recogidas con una periodicidad mensual del totalizador de los pluviógrafos y sin estar protegidas contra la evaporación con una capa de parafina; por ello, puede que los valores obtenidos sean algo más altos que los reales, especialmente durante los meses más cálidos. Sin embargo, durante esos meses la

precipitación es muy escasa y ,por tanto, también es menor su influencia en el resultado final. Además los valores han sido contrastados con algunas muestras diarias tomadas de un pluviómetro situado junto al pluviógrafo.

Estos valores son algo más bajos que los obtenidos por Guimerà et al., 1991 (entre 11 y 16 mg/l), si bien estos autores aplicaron el método en una zona más cercana a la costa, y los análisis de las precipitaciones sólo se realizaron durante 4 meses (periodo febrero-mayo de 1990). En el trabajo del ITGE de 1991 también se recogen análisis de aguas de precipitación, en varias estaciones pluviométricas de la zona, durante el periodo febrero de 1989 a febrero de 1990), con valores del mismo orden a los obtenidos en nuestro trabajo, excepto en la estación de Mazagón (situada en la línea de costa), donde son superiores.

Tabla 6.3. *Aportación de cloruros por las precipitaciones en las estaciones 2 (El Caoso) y 4 (Palacio Doñana)*

ESTACION 2: EL CAOSO			
Año	Lluvia mm	Cloruros mg/m ²	Cloruros mg/l
1989/90			
1990/91	478.5	3648	7.62
1991/92	402.3	3324	8.26
1992/93	326.9	3253	9.95
Media	402.6	3408	8.47
ESTACION 4: PALACIO DOÑANA			
Año	Lluvia mm	Cloruros mg/m ²	Cloruros mg/l
1989/90	752.7	7548	10.03
1990/91	465.3	4501	9.67
1991/92	452.2	4402	9.73
1992/93	356.0	3685	10.35
Media	506.5	5034	9.94

Para el cálculo de la recarga en las estaciones 1 y 2 se estima representativa la concentración de cloruros en el agua de lluvia de la estación 2. En la estación 1 la concentración de cloruros en el agua subterránea es de 59.1 mg/l y de 20.6 en la estación 2; por lo tanto, se obtiene una recarga del 14.3% y 41.1% para las estaciones 1 y 2, respectivamente. Las diferencias pueden deberse a la menor permeabilidad de los limos calcáreos que afloran en la estación 1, aunque no se puede descartar un aporte de cloruros debido a las intensas labores agrícolas en este sector.

Por otro lado, aunque la escorrentía superficial se puede despreciar en la zona sur del acuífero, esto no es aplicable a las dos estaciones utilizadas. Tomando una escorrentía del 11% de la precipitación, calculada mediante aforos para el año 90/91 (que puede considerarse un año de pluviometría próxima a la media), los valores anteriores se reducirían al 12.8% y 36.6% de la precipitación para las estaciones 1 y 2, respectivamente.

7. PERFILES ISOTOPICOS EN LA ZONA NO SATURADA



7.1. METODOLOGIA

En octubre de 1989 se extrajeron muestras en 4 perfiles de suelos en varias de las estaciones de control con el fin de extraer el agua de las muestras para la determinación de isótopos estables. Posteriormente, durante 1991 también se tomaron varios perfiles de suelos en la estación 4 (Palacio de Doñana) con el mismo objetivo. También se muestrearon las aguas subterráneas para realizar análisis isotópicos.

La extracción de las muestras de suelo se realizó mediante una barrena manual, tomando entre 500 g y 1 kg de muestra que se almacenaba inmediatamente en un recipiente herméticamente cerrado. En el primer metro del perfil se tomaron muestras cada 10 cm; a partir de ahí cada 20 cm.

Las muestras se enviaron al laboratorio de Hidrología Isotópica de la Organización Internacional de la Energía Atómica, con sede en Viena, para la extracción del agua de las muestras y su posterior análisis isotópico.

La extracción del agua de las muestras se realizó por destilación en vacío: se calienta la muestra (sometida a un vacío) a una temperatura de 105 °C durante 12 a 14 horas. El vapor de agua obtenido se hace circular por un circuito hasta alcanzar una trampa fría de nitrógeno líquido donde se congela. La extracción del agua debe ser total, ya que en el caso contrario se produciría un fraccionamiento isotópico y, por consiguiente, se originarían errores en la interpretación del perfil.

Una vez completada la extracción se determinaron los contenidos en oxígeno-18 y deuterio por medio del análisis mediante espectrometría de masas en los laboratorios de la OIEA.

7.2. PERFILES DE OCTUBRE DE 1989

Estos perfiles se muestrearon entre el 24 y 26 de octubre de 1989 en las estaciones 1 (Rociana), 2 (El Caoso), 3 (Los Mimbrales) y 4 (Corral Largo) en los que se determinó la humedad y el contenido del agua en isótopos estables (oxígeno-18 y deuterio). También se muestreó el agua subterránea en cada punto para su análisis isotópico. La precipitación se controló en tres de los puntos estudiados (nº 1,3 y 4).

Los resultados obtenidos para el oxígeno-18 y deuterio (tabla 7.1) están expresados en tanto por mil de la desviación de la relación del isótopo pesado/ligero de la muestra con respecto al estándar V-SMOW. El error analítico es $\pm 0.1\text{‰}$ para el oxígeno-18 y $\pm 1\text{‰}$ para el deuterio. El "exceso en deuterio" (d) se define como: $d = \delta D - 8 \cdot \delta^{18}O$, es decir, se trata de un valor que ilustra la desviación de la muestra respecto a la línea meteórica mundial (LMM), cuya ecuación es: $\delta D = 10 + 8\delta^{18}O$.

Las precipitaciones previas al muestreo fueron de aproximadamente 30 mm durante los días 5, 6 y 7 de septiembre y entre 39 y 72 mm (según los puntos) durante los días 14, 15 y 16 de octubre. El 1 de octubre se recogieron 10 y 16 mm en las estaciones 1 y 3, respectivamente, mientras que en la estación 4 no se registró precipitación. Se han analizado las precipitaciones de mediados de octubre en la estación 4, que muestran unas concentraciones de -5.95 y -36.1‰ para el oxígeno-18 y deuterio, respectivamente. En el trabajo del ITGE (1991) se analiza la composición isotópica de las precipitaciones totales del mes de octubre en varias estaciones del sector estudiado; los valores obtenidos varían entre -6.42 y -4.73‰ para el oxígeno-18 y -44.3 y -31.9‰ para el deuterio.

7.2.1. Perfil 1 (Rociana)

La profundidad de muestreo alcanzada en este perfil fue de 260 cm. El nivel piezométrico se encontraba a 5.7 m de la superficie; la composición isotópica de las aguas

Tabla 7.1. Contenidos isotópicos en los perfiles de la zona no saturada de octubre de 1989

Profund. cm	PERFIL 1: ROCIANA			
	Humedad %Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	8.7	-0.44	-35.4	-31.9
15	10.4	-1.50	-30.0	-18.0
25	10.9	-3.15	-41.0	-15.8
35	13.7	-5.00	-43.0	-3.0
45	15.1	-3.35	-32.0	-5.2
55	15.1	-3.57	-33.1	-4.5
65	15.7	-4.60	-34.3	2.5
75	15.0	-4.75	-38.0	0.0
85	14.5	-4.71	-34.9	2.8
95	12.8	-3.31	-27.2	-0.7
110	14.9	-4.02	-31.9	0.3
130	15.3	-4.12	-30.8	2.2
150	15.9	-3.70	-29.3	0.3
170	16.9	-3.79	-27.0	3.3
190	16.5	-3.85	-24.5	6.3
210	16.6	-3.60	-22.7	6.1
230	15.1	-4.06	-26.4	6.1
250	16.3	-4.34	-28.7	6.0
270				
290				

Profund. cm	PERFIL 2: EL CAOSO			
	Humedad %Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	2.3	2.79	-16.1	-38.4
15	6.3	2.60	-18.2	-39.0
25	3.4	0.44	-30.7	-34.2
35	1.3	5.73	-14.5	-60.3
45	1.5	4.00	-18.0	-50.0
55	1.6	2.65	-21.0	-42.2
65	2.1	1.07	-26.1	-34.7
75	2.3	0.30	-19.9	-22.3
85	2.3	-0.70	-14.4	-8.8
95	2.8	-1.06	-17.0	-8.5
110	2.9	-1.24	-21.2	-11.3
130	4.8	-3.41	-21.7	5.6
150	5.0	-4.00	-32.2	-0.2
170	5.3	-4.11	-29.9	3.0
190	3.0	-4.74	-32.2	5.7
210	1.6	-4.53	-32.8	3.4
230	1.3	-3.41	-30.1	-2.8
250	3.0	-4.00	-29.5	2.5
270	6.0	-4.24	-29.4	4.5
290	5.5	-4.87	-30.1	8.9

Profund. cm	PERFIL 3: LOS MIMBRALES			
	Humedad %Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	6.0	-3.50	-41.8	-13.8
15	5.5	-2.28	-34.0	-15.8
25	3.6	0.58	-22.3	-26.9
35	3.7	0.76	-21.9	-28.0
45	3.9	1.50	-17.2	-29.2
55	5.2	0.00	-14.4	-14.4
65	8.8	-2.53	-24.3	-4.1
75	11.8	-3.81	-29.5	1.0
85	11.9	-4.42	-31.0	4.4
95	12.0	-4.45	-28.0	7.6
110	12.0	-4.56	-27.6	8.9
130				
150				

Profund. cm	PERFIL 4: PALACIO DOÑANA			
	Humedad %Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	3.0	2.92	-10.5	-33.9
15	1.6	9.06	26.6	-45.9
25	2.6	1.06	7.6	-0.9
35	2.1	5.63	-14.5	-59.5
45	2.8	2.65	-15.5	-36.7
55	2.7	1.82	-18.9	-33.5
65	2.4	4.70	-9.5	-47.1
75	2.6	4.30	-9.1	-43.5
85	3.1	1.43	-14.3	-25.7
95	4.1	0.09	-14.6	-15.3
110	11.8	-2.81	-20.1	2.4
130				
150	14.9	-3.91	-22.5	8.8

subterráneas locales es de -4.32 y -24.2‰ para el oxígeno-18 y deuterio, respectivamente.

En este área los suelos son limosos calcáreos, sin horizontes bien definidos. La permeabilidad debe ser menor que en los restantes puntos de muestreo, donde se encuentran suelos fundamentalmente arenosos (al menos en los horizontes superficiales).

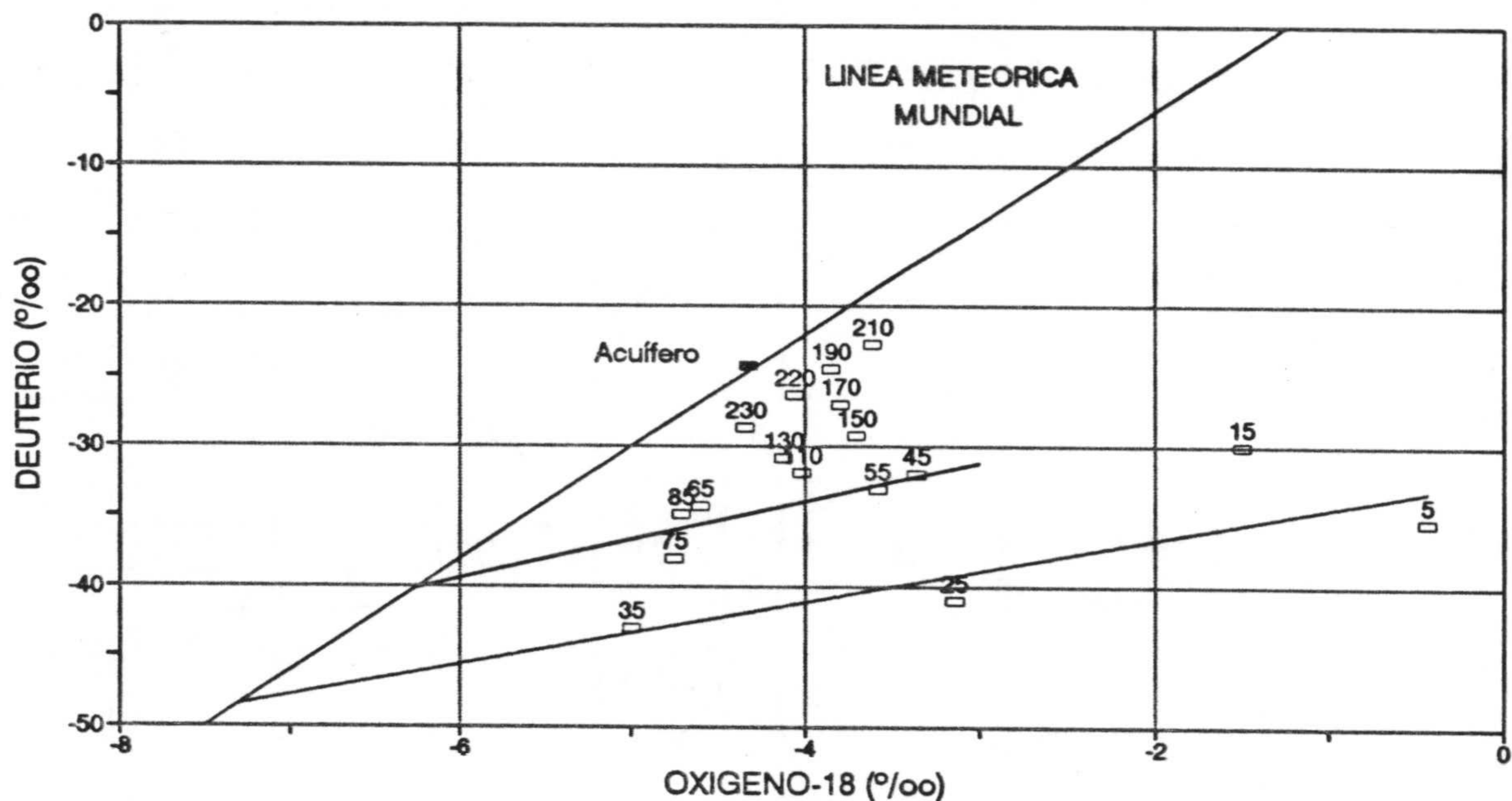


Figura 7.1. Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el Perfil 1 (Rociana)

En las representaciones gráficas se ha excluido la muestra entre 90 y 100 cm de profundidad pues presenta síntomas de evaporación, probablemente debido a una insuficiente hermeticidad durante el almacenamiento.

A partir de la representación de oxígeno-18 versus deuterio (fig. 7.1), se reconoce un grupo de muestras, claramente diferenciadas del resto, desde la superficie hasta los 40 cm de profundidad, alineadas según una recta de pendiente 2.34. Parece evidente que estos valores resultan de una serie de evaporación; la buena correlación ($r=0.98$) entre el contenido en agua y el exceso en deuterio confirma esta hipótesis. El punto de intersección de esta recta con la LMM, que sería el agua a partir de la cual se produce la serie de evaporación, presenta un valor de -7.3‰ para el oxígeno-18 y -48.7‰ para el deuterio.

Las muestras extraídas entre 45 y 85 cm de profundidad parecen delimitar otra recta de evaporación sensiblemente paralela a la anterior. La composición isotópica de la que provendrían se aproxima a -6.3‰ para el oxígeno-18 y -40‰ para el deuterio.

En el perfil isotópico (fig. 7.2) se pone de manifiesto la existencia de un segundo mínimo para el oxígeno-18 y deuterio (más marcado en este último) a 75 cm de profundidad. A partir de ésta los valores aumentan hasta alcanzar un máximo a 210 cm, desde donde disminuyen de nuevo. Entre 100 y 260 cm de profundidad se podrían distinguir dos grupos de muestras en función del exceso en deuterio: a) desde 100 a 180 cm las muestras presentan unos valores de exceso en deuterio entre 0 y 3 (están más alejadas de la LMM) y b) desde 190 hasta el final del perfil el exceso en deuterio es muy constante, en torno a 6 de modo que las muestras correspondientes, se situan próximas a la LMM (fig. 7.2).

En la tabla 7.2 se relacionan los valores de δD , junto con la precipitación mensual, de la estación de la O.I.E.A. en Gibraltar (Araguás, com. pers.). No se han tenido en cuenta algunos valores aportados por ITGE (1991) de varias estaciones de la zona pues presentan evidentes síntomas de evaporación (valores de exceso en deuterio alejados de 10).

El mínimo detectado a 75 cm de profundidad debe corresponder a las precipitaciones de enero y febrero de 1989, que son las que presentan un δD similar. El contenido en agua acumulado por encima de ese nivel es de 135 mm (fig. 7.3). Teniendo en cuenta que las precipitaciones entre enero de 1989 y la fecha de muestreo fueron de 346 mm (tomando para el periodo enero-junio los valores mensuales de la estación de Bonares, situada a 7 km de distancia) se deduce que, entre ambas fechas, la recarga al acuífero ha supuesto el 39% de la precipitación y la velocidad máxima de infiltración ha sido de 0.27 cm/día.

A partir de los perfiles de humedad obtenidos mediante la sonda de neutrones durante los años 1991/92 y 1992/93 se observa que existe un perfil típico a finales del estiaje. La diferencia de humedad entre este perfil y el obtenido el 26 de octubre es de 37 mm. Por lo tanto, se puede estimar que de las precipitaciones de comienzos de otoño (125 mm entre

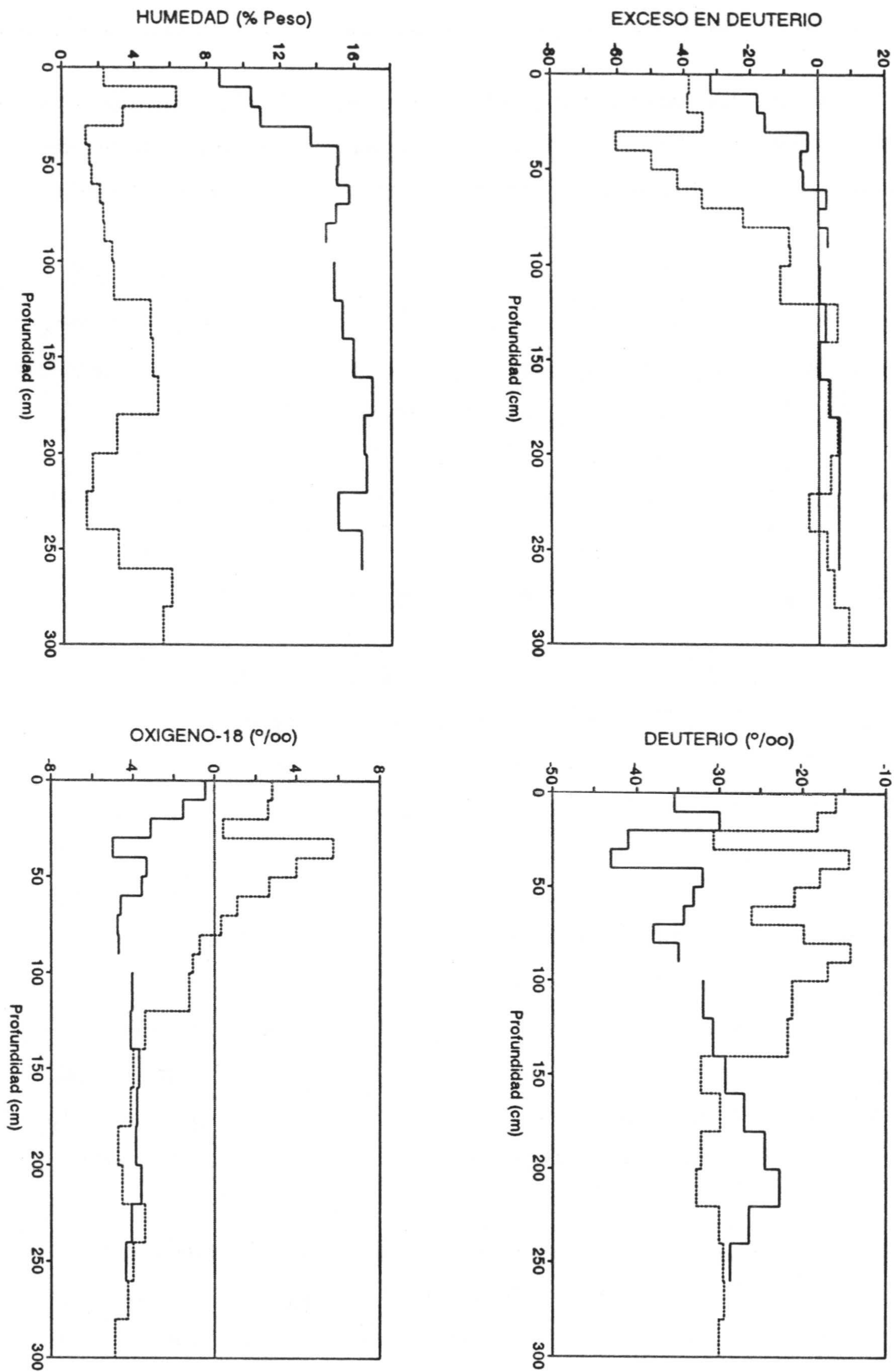


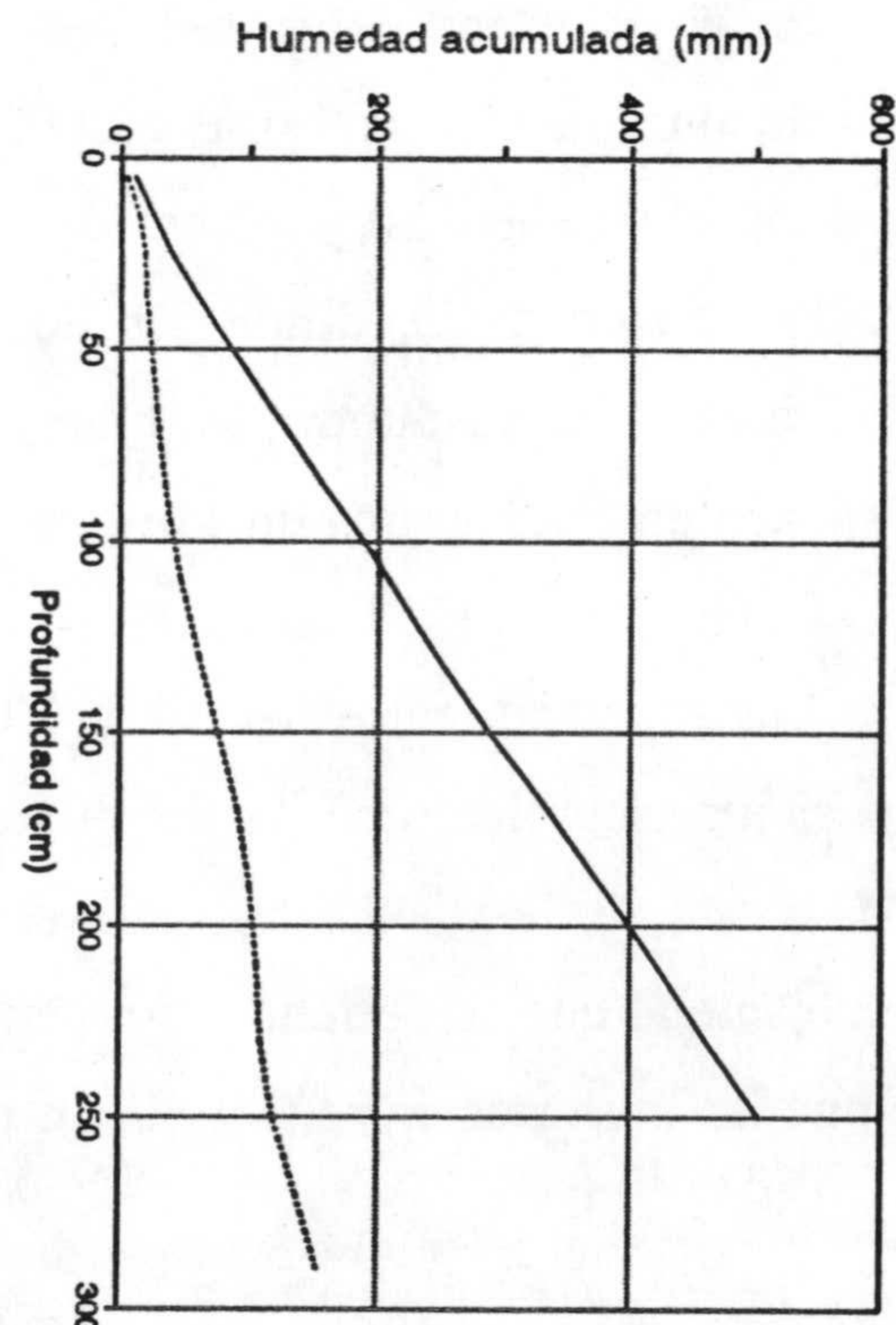
Figura 7.2 Representación del contenido en agua, exceso en deuterio, $\delta^{18}\text{O}$ y δD en función de la profundidad en ¹⁴⁸ los perfiles 1 (línea continua) y 2 (rayada)

septiembre y octubre) el 70% se ha evaporado y queda en el perfil el 30% restante. Restando estos valores a los obtenidos para el periodo enero-octubre de 1989 se obtiene que la recarga en el periodo enero-mayo fue de 98 mm, el 44% de la precipitación (221 mm).

Tabla 7.2. Valores de δD y precipitación mensual en la estación de la OIEA de Gibraltar

	Precip. (mm)	δD ‰		Precip. (mm)	δD ‰
Ene-88	70	-32.8	Ene-89	191	-41.9
Feb-88	54	-15.5	Feb-89	101	-49.1
Mar-88	26	-14.4	Mar-89	22	-34.1
Abr-88	23		Abr-89	50	
May-88	19	-13.0	May-89	42	
Jun-88	15		Jun-89	1	
Jul-88	8		Jul-89	0	
Ago-88	0		Ago-89	0	
Sep-88	13		Sep-89	15	
Oct-88	103	-37.7	Oct-89	102	-25.1
Nov-88	263	-26.3	Nov-89	369	-24.5
Dic-88	0		Dic-89	556	-23.0

Figura 7.3. Humedad acumulada en función de la profundidad en los perfiles 1 (línea continua) y 2 (puntos)



7.2.2. Perfil 2 (El Caoso)

Las medidas puntuales del nivel piezométrico en este punto indican que entre el 7 de septiembre y el 7 de octubre de 1989 el nivel descendió 17 cm, y desde esta última fecha hasta el 26 de octubre se produjo un ascenso de 8 cm; es decir, parece que las lluvias de septiembre sólo originaron un restablecimiento de la humedad en los primeros centímetros del suelo, mientras que las de mediados del mes de octubre aportaron ya una cierta recarga al acuífero.

La profundidad de muestreo alcanzada en este perfil fue de 3 m. El nivel piezométrico se encontraba a 8 m de profundidad. Los valores de oxígeno-18 y deuterio para las aguas subterráneas locales fueron de -5.13 y -29.2 ‰.

En este sector se presentan unos suelos con un horizonte arenoso superficial (hasta 120 cm de profundidad), a continuación un horizonte con abundante materia orgánica y arcillas hasta los 160 cm, un horizonte endurecido entre los 165 y 185 cm, y, por último, de nuevo arenas sueltas.

En el diagrama oxígeno-18 *versus* deuterio (fig. 7.4) se podrían distinguir cuatro grupos de muestras: las muestras hasta 30 cm de profundidad; un segundo grupo constituido por las muestras entre 30 y 70 cm de profundidad, alineadas según una recta de pendiente de 2.47; otro conjunto, desde los 80 a los 180 cm de profundidad, alineados con una pendiente de 4; y, por último, las muestras restantes, que, con una dispersión mucho mayor, se disponen en el diagrama en torno al agua del acuífero.

Las muestras entre los 30 y 70 cm de profundidad provendrían de un agua cuya composición isotópica sería la del punto de intersección de la línea de evaporación con la LMM, o sea, -6.89 y -45.1 ‰ para el oxígeno-18 y deuterio, respectivamente. Este valor es semejante al que se obtiene en el perfil 1 en la intersección de la recta de pendiente 2.30 (que une las muestras entre 0 y 40 cm de profundidad) y la LMM. Ello significaría que

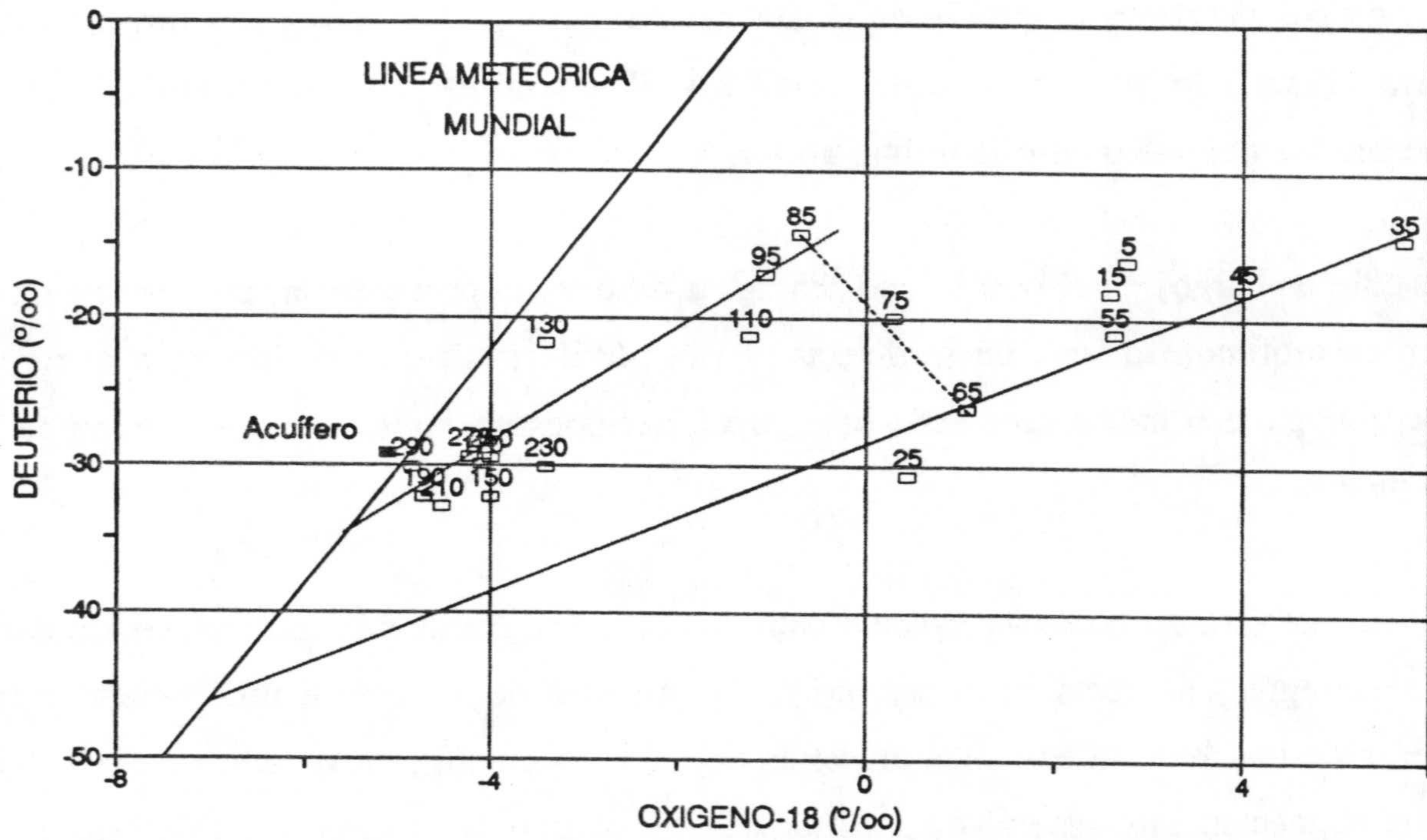


Figura 7.4. Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el perfil 2 (El Caoso)

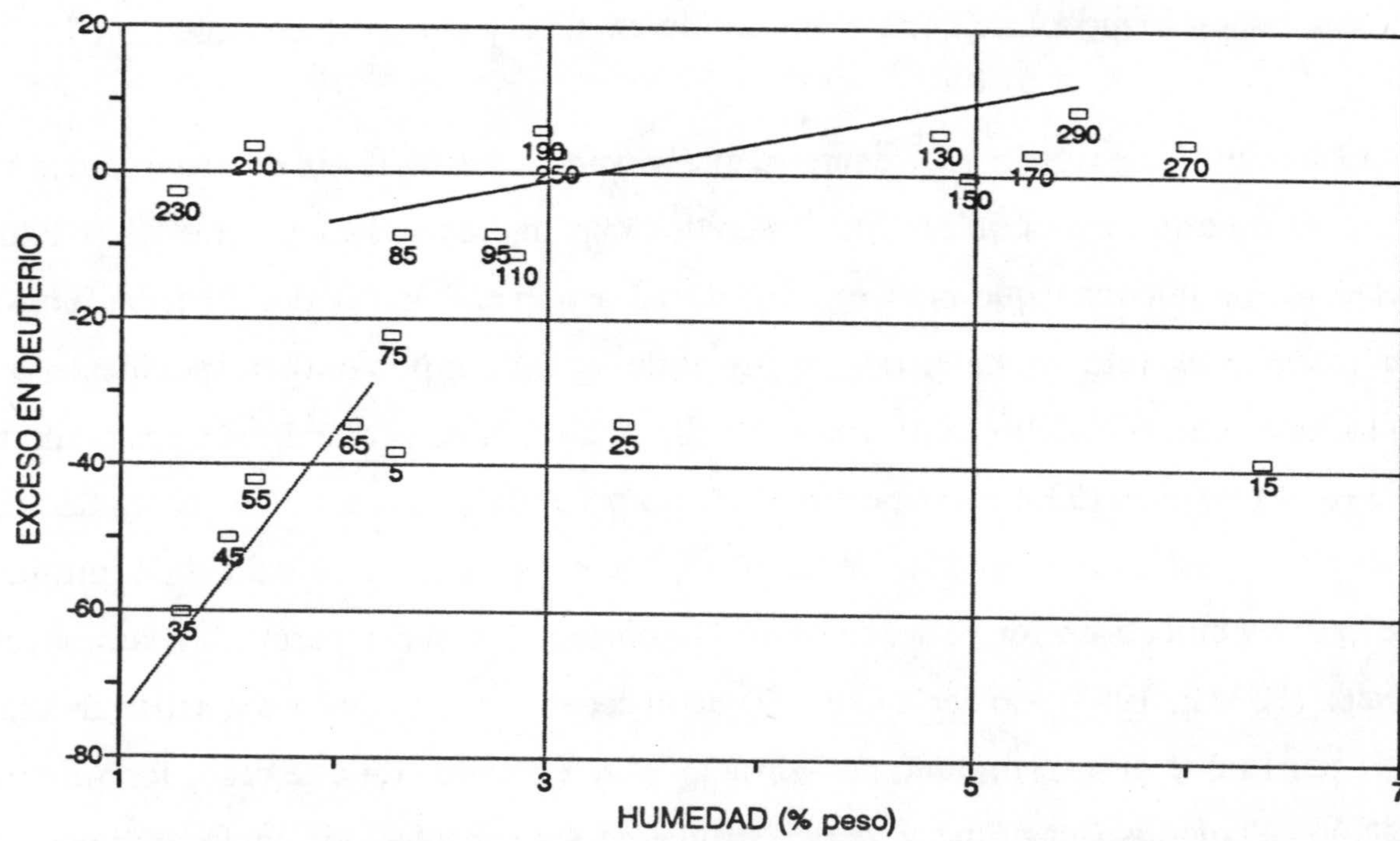


Figura 7.5. Relación contenido en agua - exceso en deuterio en el perfil 2 (El Caoso)

ambos grupos de muestras provienen de un mismo episodio lluvioso. Estas lluvias se han infiltrado hasta 70 cm en el caso del perfil 2 y 40 cm en el perfil 1, debido a la menor permeabilidad del suelo en este último sector.

Sin embargo, en el perfil 2 existen aguas de distinta procedencia, por encima de los 30 cm de profundidad, que no se detectan en el perfil 1; ello podría deberse a que en el sector 2 se pueden haber producido unas precipitaciones no registradas en ninguno de los otros puntos.

Existe otra serie de evaporación entre los 80 y 180 cm de profundidad, con muestras alineadas según una recta de pendiente 4. La muestra de 75 cm de profundidad parece proceder de una mezcla entre las muestras de 65 y 85 cm (fig. 7.4); ello supondría que, aunque el mecanismo general de infiltración sea de tipo "piston flow", existe un cierto porcentaje de mezcla entre las diferentes capas de agua en la zona no saturada.

La existencia de las dos series de evaporación descritas con anterioridad se comprueba en la buena relación que existe entre el contenido en agua y el exceso en deuterio (fig. 7.5).

El mínimo de oxígeno-18 y deuterio que se encontraba a 75 cm de profundidad en el perfil 1 aquí no está bien definido; los contenidos más ligeros se hallan entre 180 y 220 cm para el deuterio mientras que para el oxígeno-18 aparece, además del anterior, un valor similar a 290 cm (última muestra). Suponiendo que el mínimo correspondiente a las precipitaciones de enero-febrero de 1989 se halle a 290 cm de profundidad (contenido total de agua en el perfil de 153.4 mm), se obtendría un porcentaje de infiltración acumulada muy parecido al del perfil anterior (43% de las precipitaciones), pero la velocidad de infiltración en este caso es mucho mayor (0.97 cm/día). No obstante, al ser la permeabilidad mayor en este sector (IGME, 1983), no sería extraño que la recarga en esta zona sea superior a la del perfil 1, por lo que el pico mínimo no habría sido muestreado. En este caso, los valores de infiltración calculados (magnitud y velocidad) deben ser considerados como mínimos.

7.2.3. Perfil 3 (Los Mimbrales)

El perfil alcanzó la profundidad de 120 cm; ésta era la profundidad a la que se encontraba el nivel piezométrico en el momento del muestreo. Los valores de oxígeno-18 y deuterio para el agua subterránea fueron de -4 y -26.6 ‰, respectivamente. En esta zona los suelos presentan un horizonte arenoso de unos 50 cm de espesor, seguido por una capa con mayor contenido en arcillas.

En la figura 7.6 se representan los resultados en un diagrama oxígeno-18 - deuterio. Se observa claramente que existen dos grupos de aguas: a) Desde 60 hasta 120 cm de profundidad existe una alineación según una recta de pendiente 3.83; parece evidente que corresponden a una evaporación progresiva a partir del agua del acuífero, y b) un segundo grupo desde la superficie hasta los 50 cm, en el que las muestras aparecen alineadas según una recta de pendiente mayor (4.8).

La interpretación de este perfil hay que realizarla teniendo en cuenta el perfil de evaporación que se desarrolla durante el verano, a partir de la composición isotópica del agua subterránea (Araguás, 1991). La concentración de isótopos estables aumenta, desde la superficie del suelo, hasta un valor máximo situado a una cierta profundidad. Por debajo de este punto decrece exponencialmente hasta alcanzar la composición isotópica del acuífero. Con la llegada de nuevas lluvias más negativas que las aguas del acuífero (en la figura 7.7 se ha supuesto una composición isotópica de las precipitaciones de -7.5‰ para el $\delta^{18}\text{O}$ y -50‰ para el δD), se puede producir una mezcla en proporciones variables del agua evaporada con el agua que se infiltra, con mayor proporción de agua de lluvia a menor profundidad (en la figura 7.7 los resultados de esta mezcla están representados por cuadrados, con la profundidad entre paréntesis). Por último, las muestras resultantes de esa mezcla sufren de nuevo un proceso de evaporación (líneas rayadas en la figura 7.7) hasta llegar a los valores obtenidos en el muestreo.

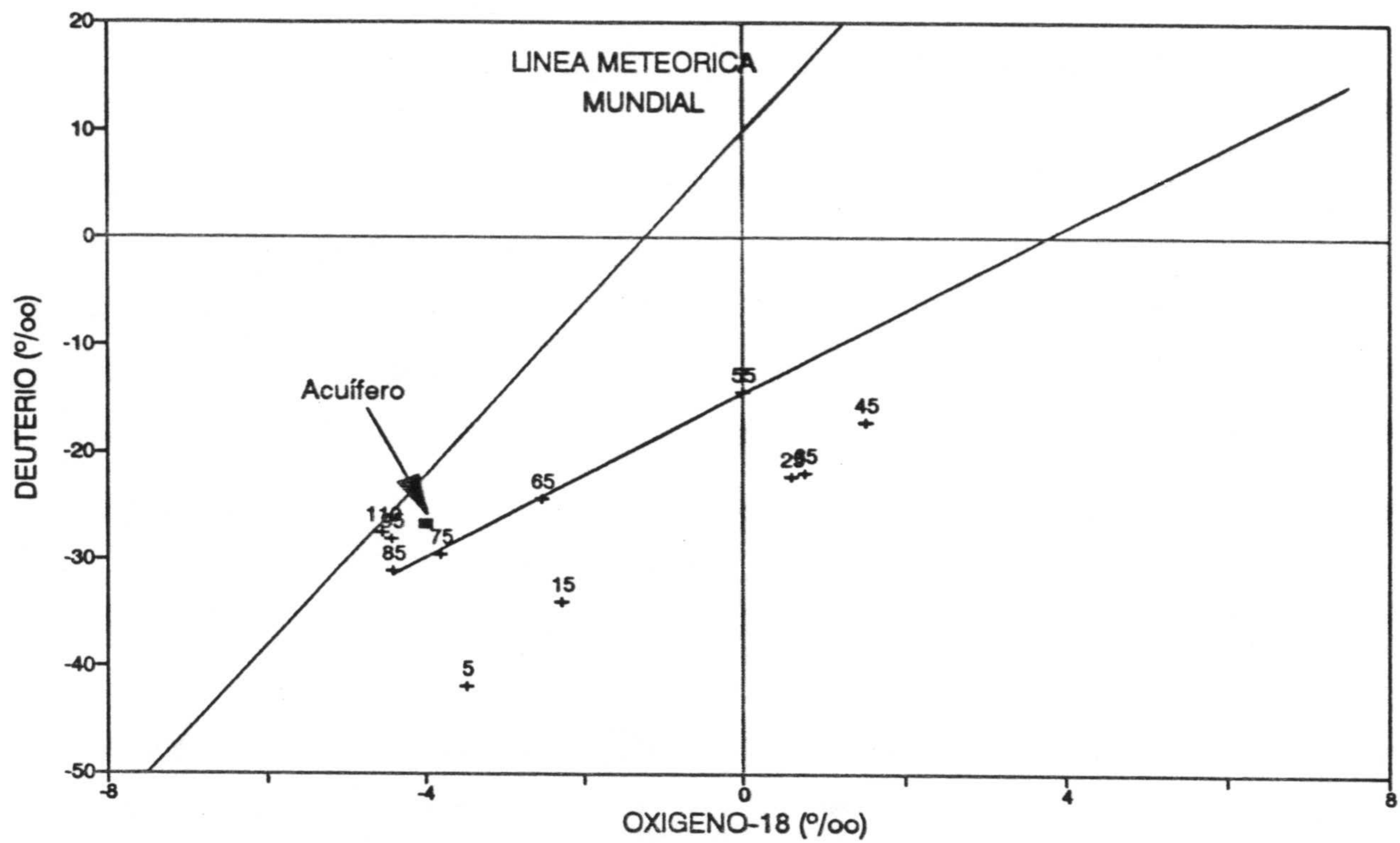


Figura 7.6. Diagrama oxígeno 18 versus deuterio en el perfil 3 (Los Mimbrales)

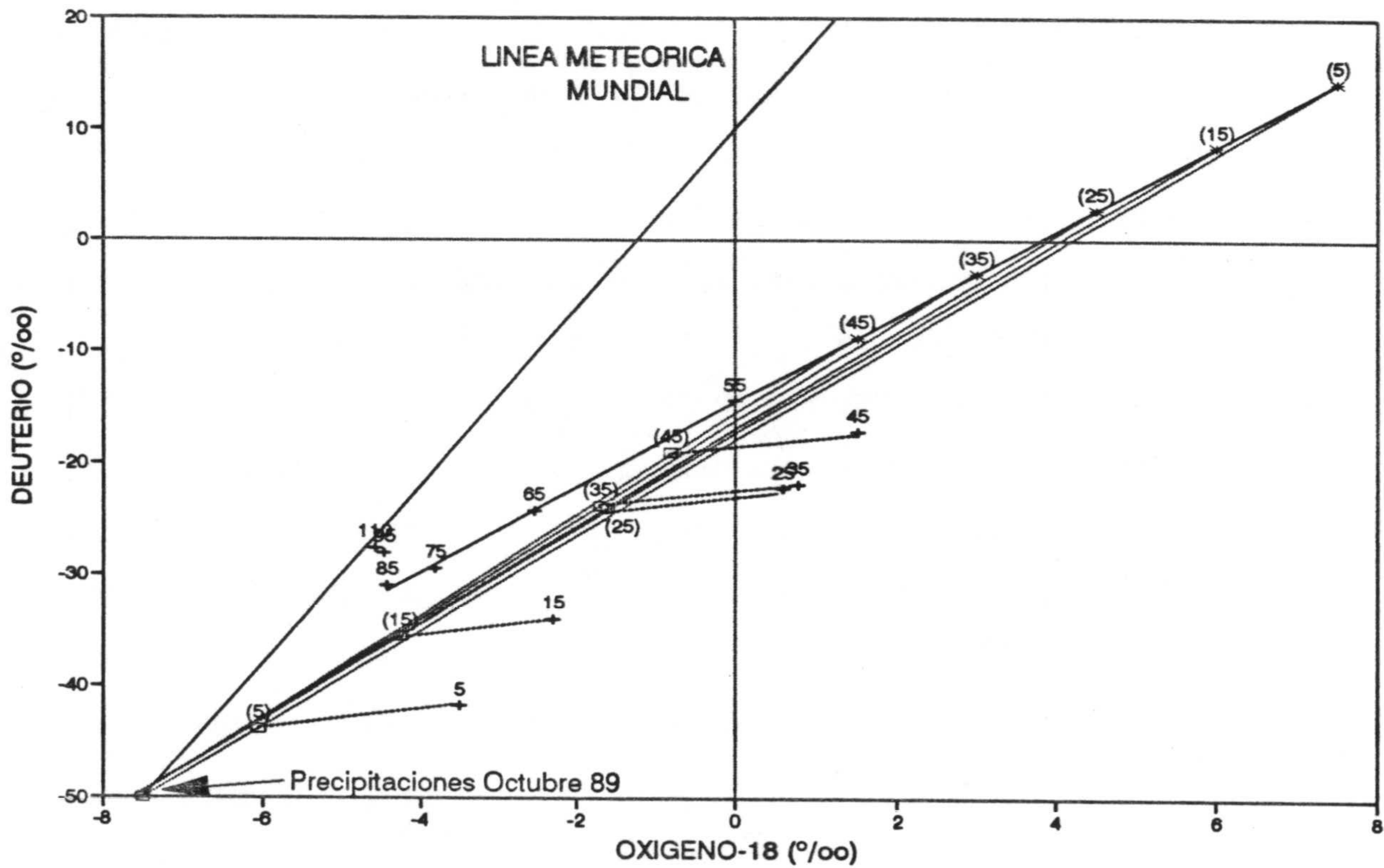


Figura 7.7. Explicación del perfil 3 (ver texto)

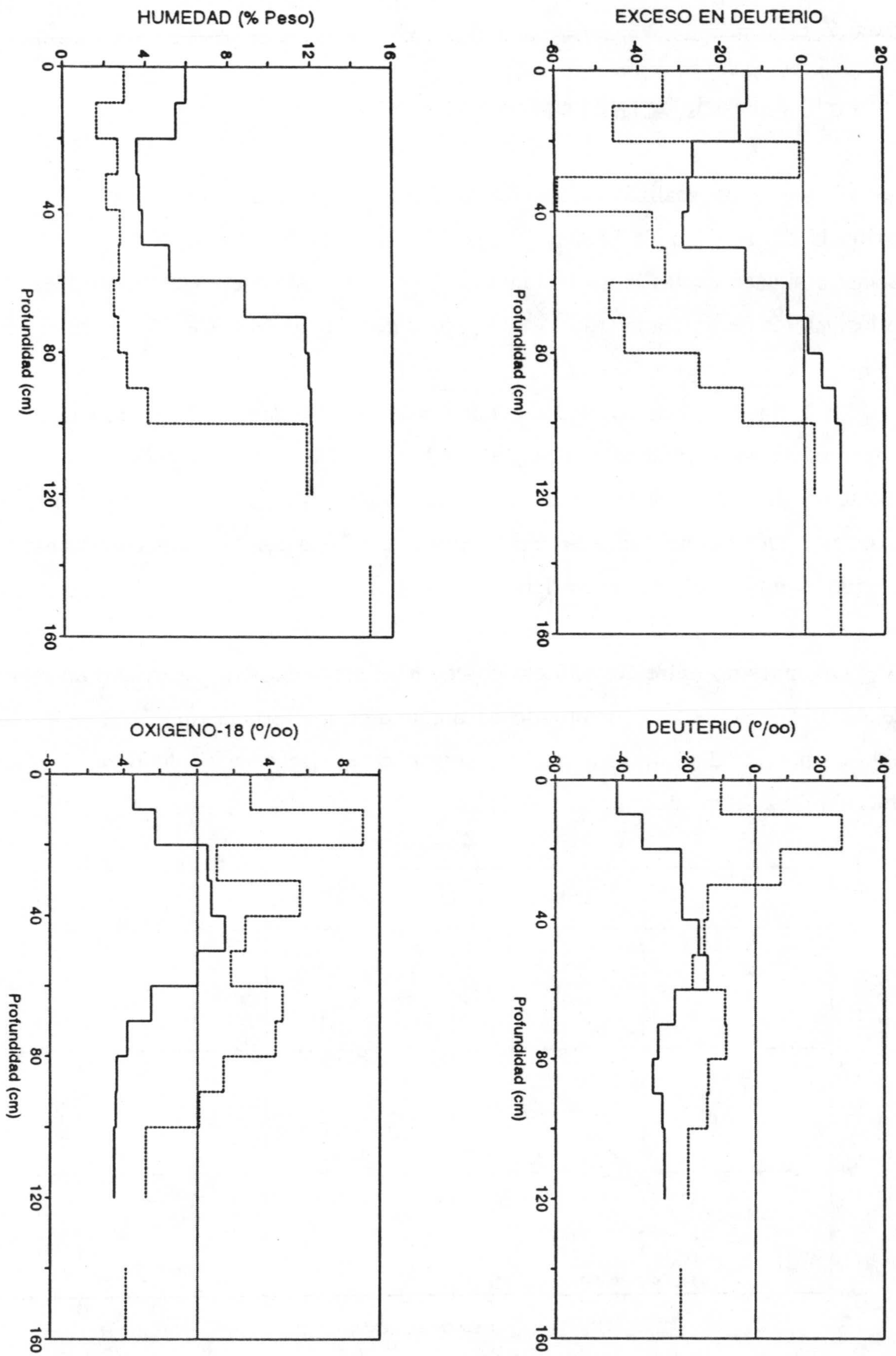


Figura 7.8 Representación del contenido en agua, exceso en deuterio, $\delta^{18}O$ y δD en función de la profundidad en los perfiles 3 (línea continua) y 4 (rayada)

7.2.4. Perfil 4 (Palacio de Doñana)

El perfil se realizó hasta alcanzar el nivel piezométrico (a una profundidad aproximada de 160 cm de profundidad). En esta zona los suelos son arenosos. En un piezómetro situado en las inmediaciones también se muestreó el agua subterránea; en este caso los valores obtenidos fueron -4.82‰ para el oxígeno-18 y -28.3‰ para el deuterio.

En la figura 7.9 se observa una alineación de las muestras obtenidas entre 60 y 160 cm de profundidad según una recta de pendiente 1.51, que corresponde a una serie de evaporación progresiva a partir de las aguas del acuífero (aunque éstas presentan una composición un poco más empobrecida). Ello se confirma con la buena correlación entre el contenido en agua y el exceso en deuterio.

Las muestras entre 10 y 30 cm poseen unos contenidos muy elevados en oxígeno-18 y deuterio, que no se han encontrado en ninguno de los restantes perfiles, probablemente debido a un error durante la toma de muestra, en el almacenamiento o en el proceso de extracción de la humedad.

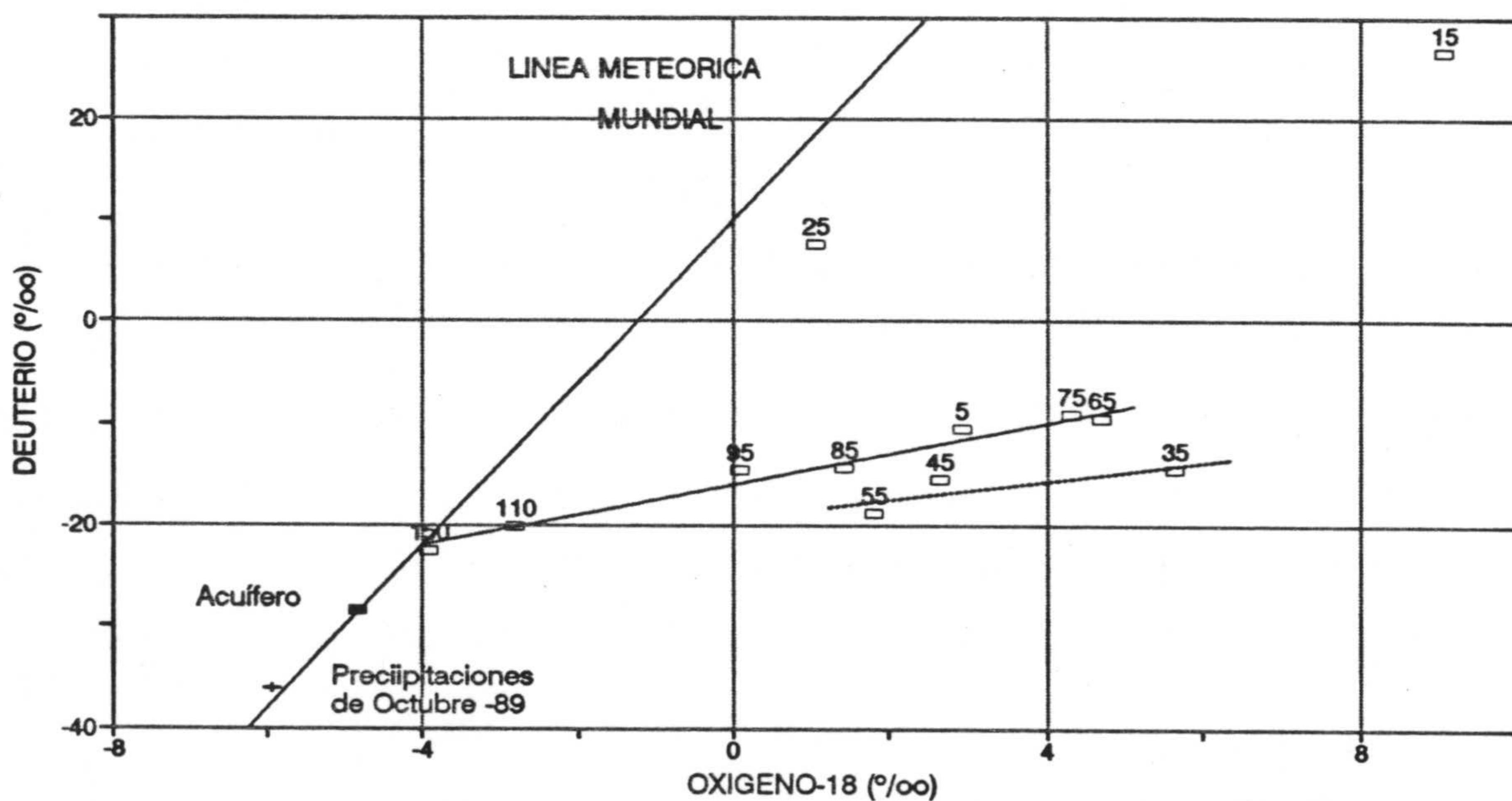


Figura 7.9. Diagrama oxígeno-18 versus deuterio en el Perfil 4 (Palacio Doñana)

En cuanto a las muestras entre 30 y 60 cm de profundidad, podrían proceder de la evaporación de las precipitaciones acaecidas a mediados del mes de octubre. No obstante, la recta de regresión calculada no concuerda con la composición de las precipitaciones, pero hay que tener en cuenta que esta recta ha sido trazada a partir de solamente 3 puntos y, por otra parte, que es que existan procesos de mezcla como los detectados en el perfil 3.

7.2.5. Conclusiones de los perfiles de octubre de 1989

En resumen, se observan perfiles típicos de evaporación a partir del acuífero en los perfiles 3 y 4, donde el nivel piezométrico se encuentra a poca profundidad, interrumpidos por la llegada de las primeras precipitaciones del otoño, isotópicamente más negativas. Los perfiles fueron muestreados a finales de octubre de 1989 y los principales episodios pluviométricos ocurrieron a principios de septiembre y mediados de octubre. En todos los perfiles se identifican estas aguas recientes de precipitación, más negativas, en el primer metro de suelo, y en tres de ellos se comprueba que a partir de estas aguas más empobrecidas se origina una nueva serie de evaporación.

Ello indicaría que las precipitaciones de octubre y septiembre (estas últimas no han sido controladas, pero valores negativos de las precipitaciones son frecuentes en otoño e invierno en esta zona: Araguás, 1991) han percolado hasta los 40 cm de profundidad en el perfil 1, hasta 70 cm en el perfil 2, 50 cm en el perfil 3 y 60 cm en el perfil 4.

De la evolución de los niveles piezométricos (medidos en los puntos en que se muestreó) se deduce que las precipitaciones de septiembre no recargaron el acuífero, mientras que las de octubre tuvieron que suponer un exceso de lluvia útil que provocó un ascenso de nivel piezométrico en tales puntos, con valores extremos de 29 y 8 cm en las estaciones 1 y 2, respectivamente.

En el perfil 2 y, sobre todo, en el 3 se detectan mecanismos de mezclas entre agua

evaporada muy enriquecida y el agua procedente de las precipitaciones que se infiltran. Ello supone que, además de un modelo general de movimiento del agua capa a capa ("piston flow"), pero, cabe considerar la existencia, en determinadas condiciones, de procesos de mezcla entre las diferentes "capas" de agua en la zona no saturada.

7.3. PERFILES EN LA ESTACION 4 (PALACIO DOÑANA) DURANTE 1991.

Entre marzo y mayo de 1991 se extrajeron tres perfiles de suelos, con un intervalo aproximadamente mensual, con el fin de determinar los isótopos estables del agua en la zona no saturada y su evolución temporal. En los tres casos se llegó hasta el nivel piezométrico, cuya profundidad varió entre 40 cm en el muestreo de marzo a 100 cm en mayo. También se controló la composición isotópica del acuífero (las muestras se tomaron en la parte superior de la zona saturada) y de la precipitación mensual (aunque faltan los datos del mes de abril). Asimismo, se dispone de algunos datos de precipitaciones diarias (tabla 7.3).

Respecto a los datos isotópicos de las lluvias, destaca el amplio rango de variación de los análisis diarios, con valores extremos de -3 y -14.82‰ para el $\delta^{18}\text{O}$ y de -11.1 a -102.8‰ para el δD . Los valores más negativos se producen durante lluvias intensas ("efecto cantidad de precipitación").

Estas importantes variaciones no resultan apreciables a partir de los análisis de los totales mensuales, lo que demuestra la trascendencia de la periodicidad diaria de muestreo de lluvia a la hora de abordar la interpretación de los perfiles isotópicos de la zona no saturada, especialmente debido a que la "memoria" de esta zona es muy pequeña, dado su pequeño espesor y la escasa capacidad de retención de las arenas.

Otro dato a resaltar en relación a los contenidos de isótopos estables de la precipitación es la presencia de valores de exceso en deuterio superiores a 10, semejantes a los encontrados por Cruz-San Julián et al. (1992) en otras áreas del sudeste español.

Tabla 7.3. Contenidos isotópicos de la precipitación, aguas subterráneas y perfiles de la zona no saturada en la estación 4 (Palacio Doñana) durante 1991

DATOS DIARIOS DE PRECIPITACION

Fecha	Ppción (mm)	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
12-Feb-91	12.6	-6.66	-39.8	13.5
13-Feb-91	5.1			
16-Feb-91	8.3	-6.11	-41.3	7.6
17-Feb-91	41.4	-14.82	-102.8	15.8
18-Feb-91	38.4	-12.46	-85.2	14.5
25-Feb-91	15.2	-5.29	-28.7	13.6
28-Feb-91	12.6			
04-Mar-91	1	-5.27	-30.5	11.7
05-Mar-91	26.1	-3.54	-14.5	13.8
06-Mar-91	10.4	-8.08	-52.2	12.4
07-Mar-91	20.3	-3.32	-15.9	10.7
12-Mar-91	19.4	-3.00	-11.1	12.9
15-Mar-91	1	-4.04	-19.0	13.3
16-Mar-91	1.9	-4.08	-21.5	11.1
19-Mar-91	2			
22-Mar-91	4.3			
30-Mar-91	1.7			
01-Abr-91	10.6			
03-Abr-91	2.7			
15-Abr-91	10.8			
16-Abr-91	4.2			
17-Abr-91	3.7			
21-Abr-91	17.5			
24-Abr-91	2			

PRECIPITACION MENSUAL

Fecha	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
Del 12-Fb al	-8.13	-55.6	9.4
Del 13-Ab al	-3.62	-18.2	10.8

AGUAS SUBTERRANEAS

Fecha	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
12-Feb-91	-4.85	-27.9	10.9
14-Mar-91	-3.71	-19.4	10.3
13-Abr-91	-3.14	-18.7	6.4
10-May-91	-3.00	-17.0	7.0
07-Jun-91	-3.13	-18.1	6.9

PERFILES ISOTOPICOS ZONA NO SATURADA

15-MARZO-91				
Profund. cm	Humedad % Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	12.9	-27.3	-3.53	0.9
15	11.7	-37.6	-4.86	1.3
25	13.8	-30.3	-4.63	6.7
35	17.8	-33.4	-4.40	1.8

13-ABRIL-91				
Profund. cm	Humedad % Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	8.3	-28.0	-3.52	0.2
15	6.6	-35.4	-5.03	4.8
25	7.1	-43.2	-5.31	-0.7
35	14.7	-50.7	-7.25	7.3
45	15.4	-60.6	-9.04	11.72
55	12.3	-55.3	-8.24	10.6
65	16.3	-54.0	-8.02	10.2
75	17.5	-51.2	-8.04	13.1

10-MAYO-91				
Profund. cm	Humedad % Peso	O-18 ‰	Deuterio ‰	Exceso Deuterio
5	4.5	-47.1	-4.07	-14.5
15	4.5	-55.5	-7.06	1.0
25	4.9	-61.0	-7.42	-1.6
35	5.6	-60.9	-7.56	-0.4
45	6.1	-67.2	-8.58	1.44
55	8.0	-70.2	-9.26	3.9
65	11.0	-62.1	-8.95	9.5
75	13.8	-41.1	-6.22	8.7
85	15.9	-29.2	-4.65	8.0
95	18.0	-29.3	-4.48	6.5

Por otro lado, se constata una variabilidad notable en los contenidos isotópicos del agua subterránea (mayor de 1.5 ‰ en ^{18}O entre los meses de febrero y junio). Ello puede atribuirse a que el tiempo de tránsito entre las precipitaciones y la recarga efectiva del acuífero debe ser muy corto, sobre todo si las precipitaciones son intensas.

El primer perfil (15 de marzo) se muestreó tras las precipitaciones intensas antes mencionadas, que provocaron que el nivel piezométrico se situara muy próximo a la superficie del suelo (a unos 40 cm de profundidad). Este perfil presenta todos los puntos cercanos a la LMM (fig. 7.10), con un valor medio de 4.4 ‰ para el oxígeno-18. Las muestras más superficiales (hasta 20 cm de profundidad) muestran un mayor grado de evaporación.

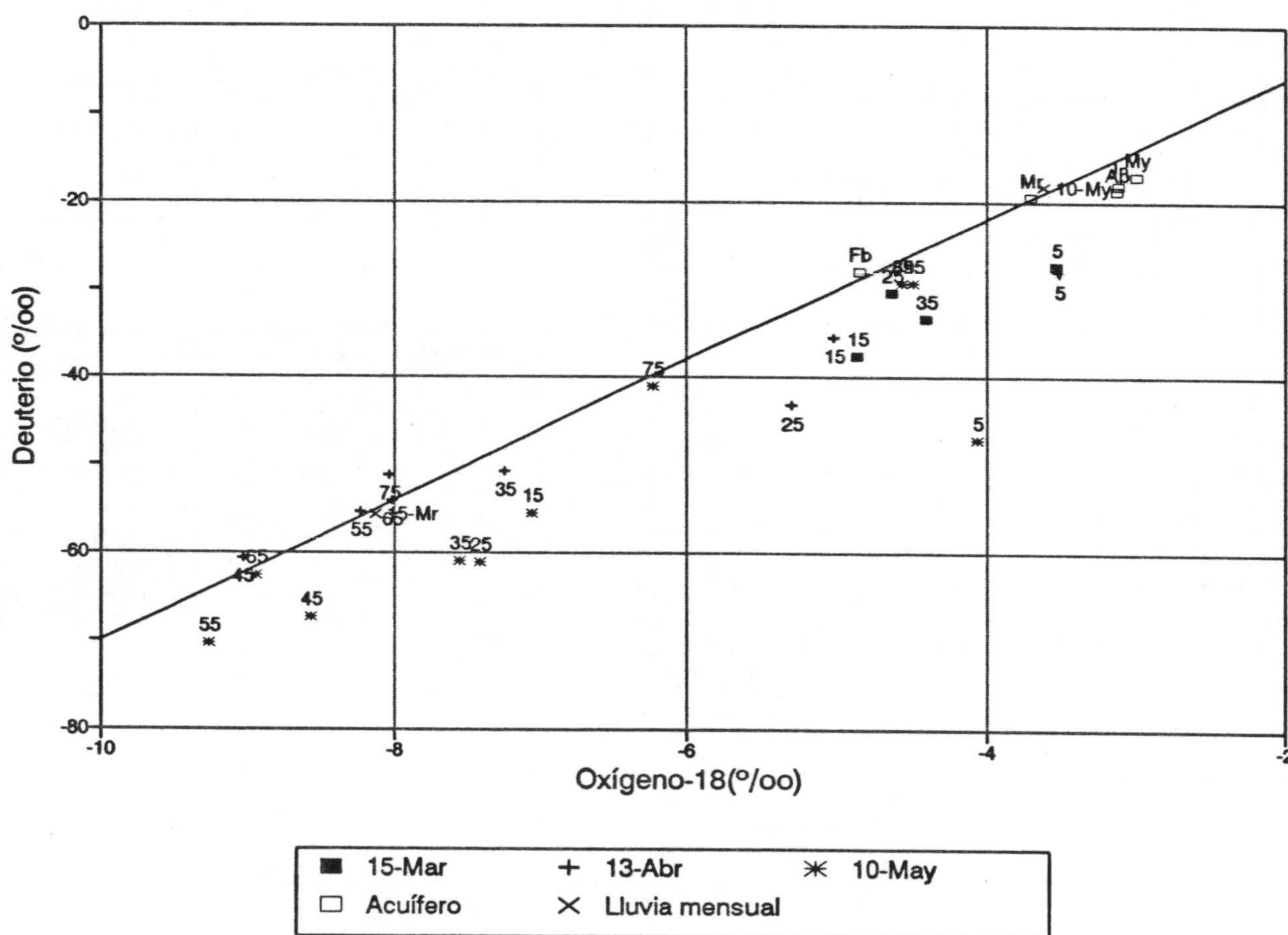


Figura 7.10. Diagrama oxígeno-18 versus deuterio de los perfiles de 1991 en la estación 2 (Palacio Doñana)

El perfil del 13 de abril muestra aguas isotópicamente mucho más negativas que las del perfil anterior, llegando hasta valores de 9 ‰ para el oxígeno-18 a 45 cm de profundidad. Entre el 15 de marzo y el 13 de abril ocurrieron unas precipitaciones de 23 mm. Aunque no disponemos de los contenidos isotópicos de esas lluvias, deben tener una composición isotópica muy negativa, que ha quedado reflejada en el perfil. En el perfil de humedad (fig. 7.11) se observa un frente de infiltración entre 35 y 45 cm de profundidad, coincidente con los valores mínimos de los contenidos isotópicos. Hacia la superficie los contenidos son menores, debido al desarrollo progresivo de un perfil de evaporación o una mezcla con aguas menos negativas.

En el perfil del 10 de Mayo todavía se detecta el mínimo isotópico entre los 50 y 60 cm de profundidad. En los niveles más superficiales se desarrolla un perfil de evaporación (entre los 20 y 60 cm de profundidad), interrumpido por un nuevo episodio lluvioso (muestras entre 0 y 20 cm). A mayor profundidad, en la franja capilar, se observa una mezcla de agua del acuífero y el agua de este pulso más negativo (fig. 7.10 y 7.11), mezcla puesta de manifiesto por las muestras entre 60 y 100 cm.

En resumen, se confirman las conclusiones obtenidas anteriormente: los tiempos de tránsito del agua de infiltración de las precipitaciones hasta alcanzar la zona saturada son muy pequeños, en especial cuando las lluvias son intensas; de esta forma, en la zona no saturada los cambios en la composición isotópica del agua son muy rápidos. También se confirma que los procesos de mezcla son muy frecuentes, aunque el movimiento del agua puede seguir un mecanismo general de tipo "flujo-pistón".

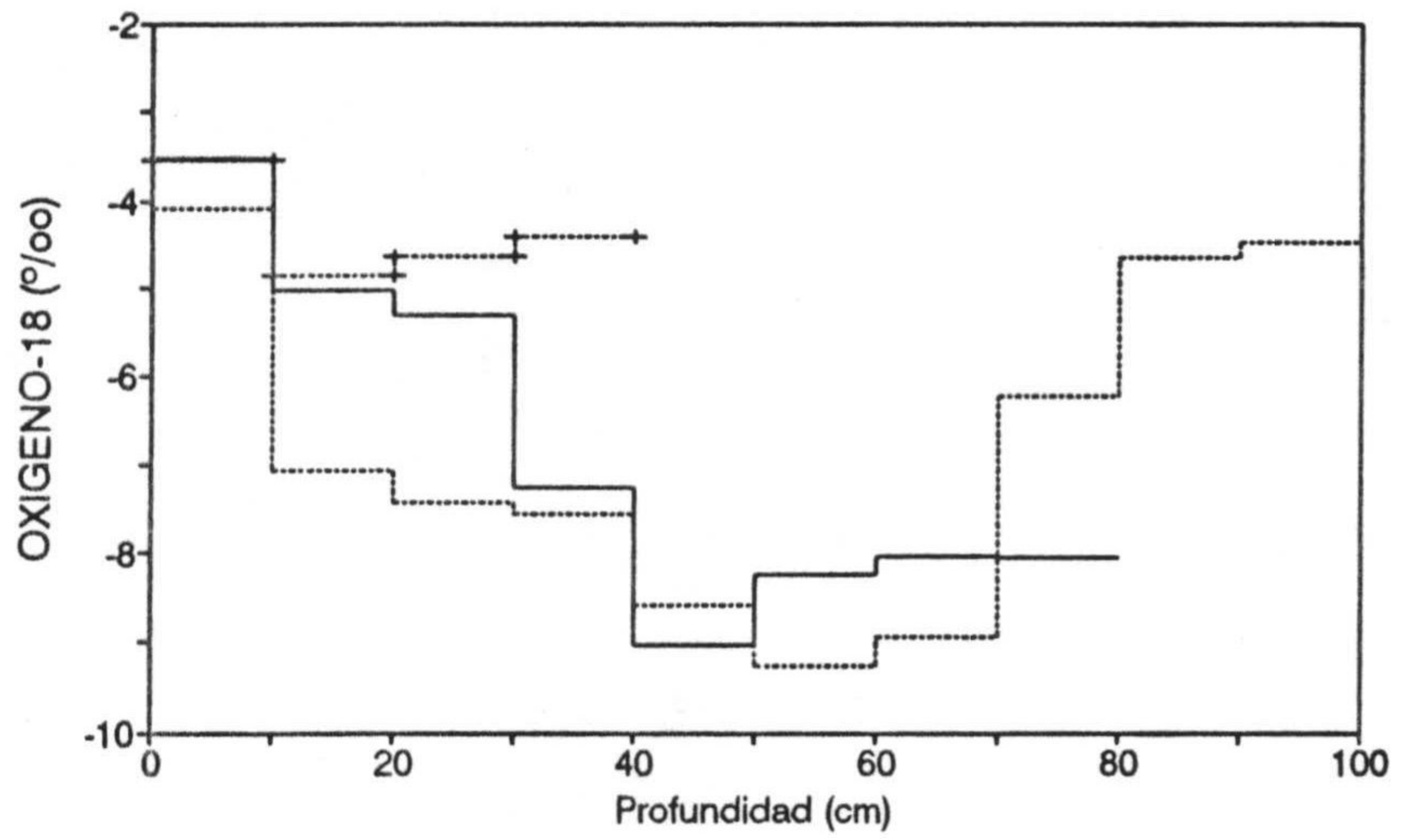
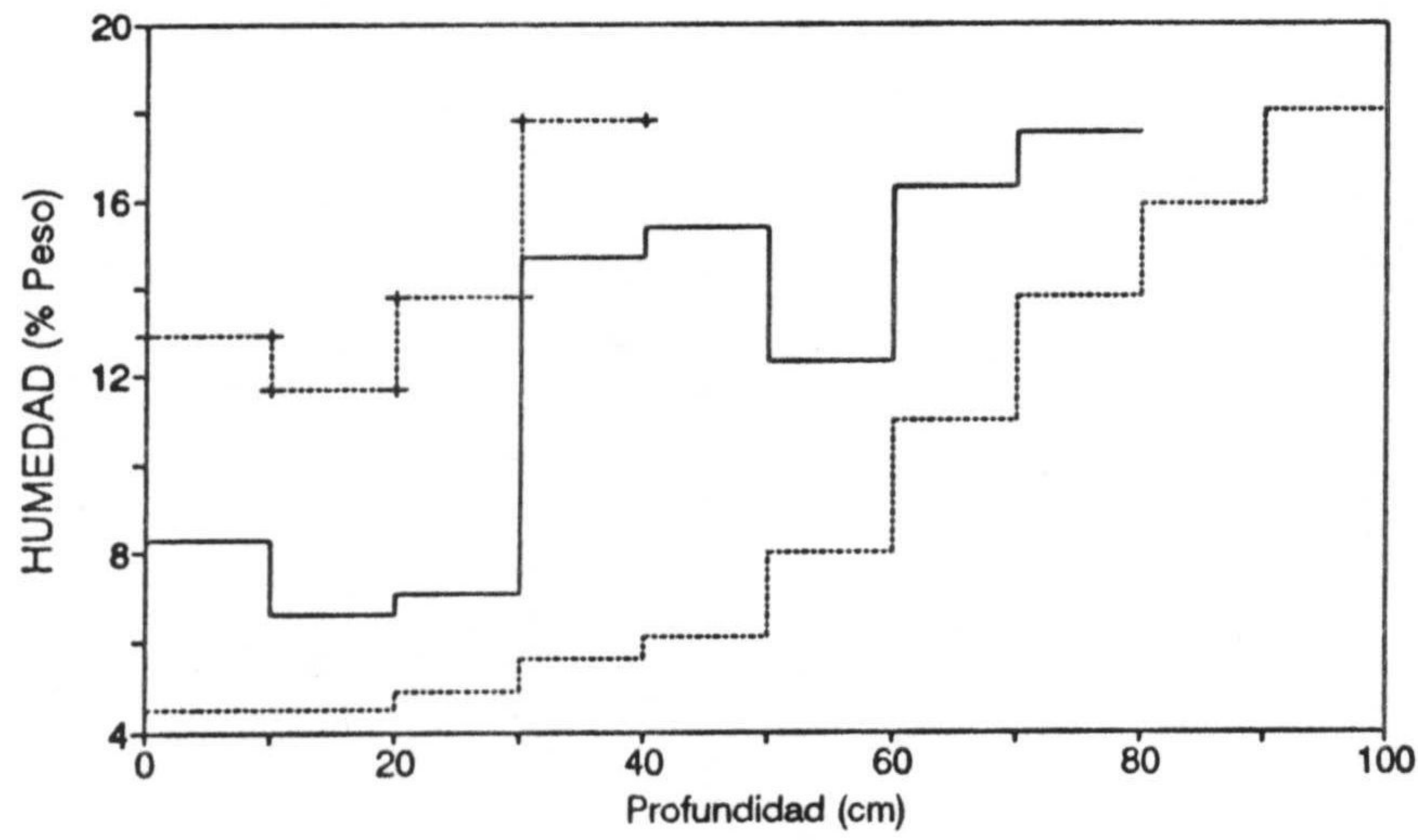
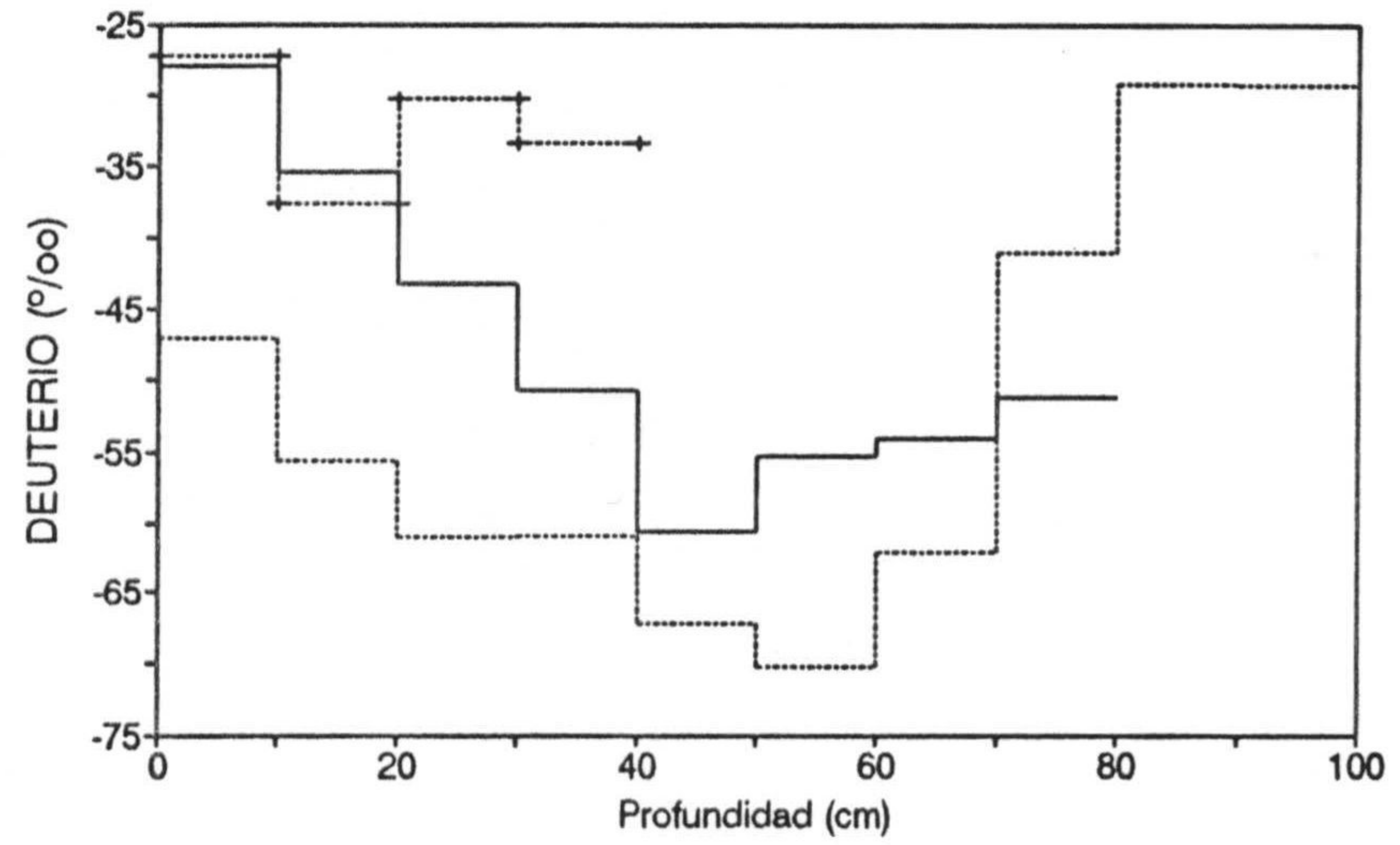
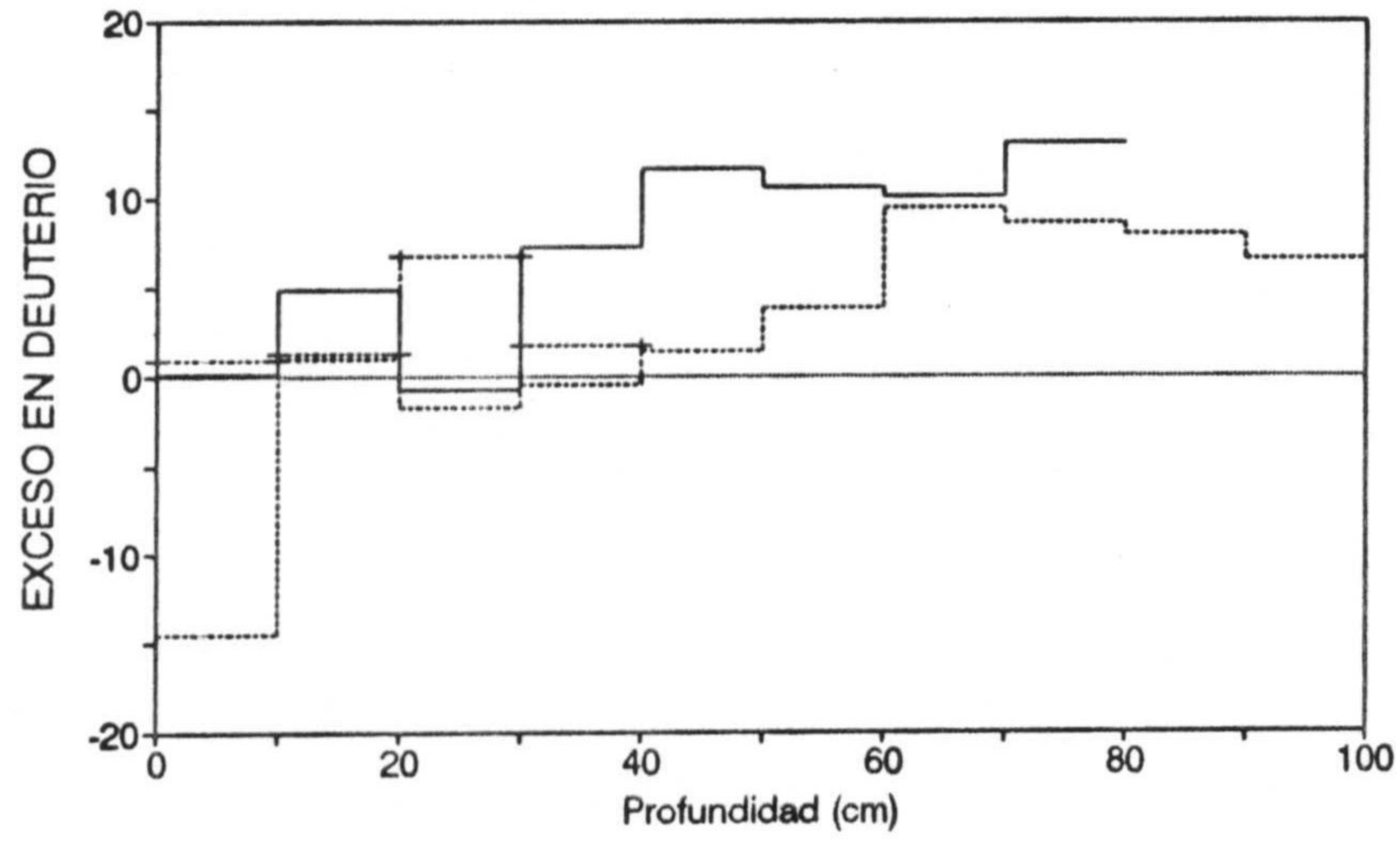


Figura 7.11. Humedad, exceso en deuterio, $\delta^{18}\text{O}$ y δD en función de la profundidad: 15-de Marzo (línea rayada con cruces), 13 de Abril (continua) y 10 de Mayo (rayada)

8. MODELIZACION DE LA ZONA NO SATURADA



8.1. DINAMICA DEL AGUA EN LA ZONA NO SATURADA

8.1.1. El potencial del agua en el suelo

Al igual que en el medio saturado, en la zona no saturada el agua se mueve debido a la existencia de un gradiente de potencial. El agua fluye desde los puntos que tienen mayor potencial hacia los de menor potencial. Cuando el potencial del agua es igual en dos puntos, no existe flujo entre ellos, aunque su contenido en agua puede ser diferente (Campbell, 1985).

El potencial del agua se define como la energía necesaria para llevar una unidad de peso de agua desde un nivel de referencia, supuesto en el agua libre, hasta el punto considerado en el medio no saturado (Swarzendruber, 1969 en Custodio y Llamas, 1983). El potencial del agua en el suelo está compuesto por una serie de componentes (Laat, 1991):

$$\Psi_t = \Psi_m + \Psi_o + \Psi_c + \Psi_g$$

Ψ_t = energía potencial total.

Ψ_m = potencial matricial, también denominado succión, tensión capilar, presión capilar, tensión del medio no saturado, etc. (Custodio y Llamas, 1983). Se define como el trabajo realizado por unidad de masa de agua para transportar una cantidad infinitesimal de la solución del suelo desde su matriz a un recipiente con la misma solución del suelo, a la misma elevación, presión y temperatura (Campbell, 1985). El potencial matricial es siempre negativo o cero, es decir, está a menor ó igual presión que la atmosférica debido, principalmente, a fuerzas cohesivas (atracción de moléculas de agua entre sí) y adhesivas (atracción entre agua y sólidos) que provocan una tensión que depende del tamaño de los poros (fuerzas capilares). Además de las fuerzas capilares, la atracción de las partículas sólidas y sus iones intercambiables por el agua (adsorción) también contribuye a la retención

del agua en el suelo (Laat, 1991).

Ψ_o = potencial osmótico, resulta de las diferencias de concentración de solutos en el agua del suelo. Es equivalente al trabajo requerido para transportar agua, reversible e isotermalmente, desde una solución a un recipiente de agua pura a la misma elevación. El potencial osmótico es un importante componente del potencial del agua en las células de las plantas, y afecta a su captación de agua del suelo (Campbell, 1985). Con respecto al movimiento del agua, sólo es importante en suelos muy salinos.

Ψ_e = potencial externo, es la presión de gas externa. En condiciones normales usualmente es igual a la atmosférica, por lo que Ψ_e es igual a cero (Laat, 1991).

Ψ_g = potencial gravitacional, es el resultado de la acción de la gravedad sobre el agua. $\Psi_g = -gz$, donde g es la aceleración de la gravedad y z es la profundidad desde un nivel de referencia (normalmente la superficie del suelo o el nivel piezométrico).

Algunos autores (Kabat, 1989 y Campbell, 1985) también diferencian un potencial de sobrepresión ("overbuden") o envolvente ("envelope") debido a presiones adicionales ejercidas por la matriz del suelo en el caso de que éste sufra procesos de hinchamientos y contracciones.

El potencial se expresa en términos de energía por unidad de masa, volumen o peso. En estudios hidrogeológicos se utiliza preferentemente el potencial por unidad de peso, que tiene dimensiones de una longitud y se refiere como carga (Feddes et al., 1988).

En la figura 8.1 se muestra la relación entre el potencial matricial y el contenido en agua, denominada curva de retención de humedad del suelo (también conocida como curva característica de humedad del suelo ó curva característica de agua del suelo). La succión es muy pequeña para contenidos de agua próximos a la saturación; al aumentar la succión, se vacían rápidamente los poros mayores y se hace más difícil extraer agua ya que el tamaño

de los poros es menor, por lo que el potencial matricial crece rápidamente al disminuir el contenido en agua (Custodio y Llamas, 1983). La relación entre potencial matricial y contenido en agua muestra el fenómeno de histéresis, es decir, pueden existir distintos contenidos de agua con una misma presión mátrica y viceversa, dependiendo de la historia que haya sufrido la muestra.

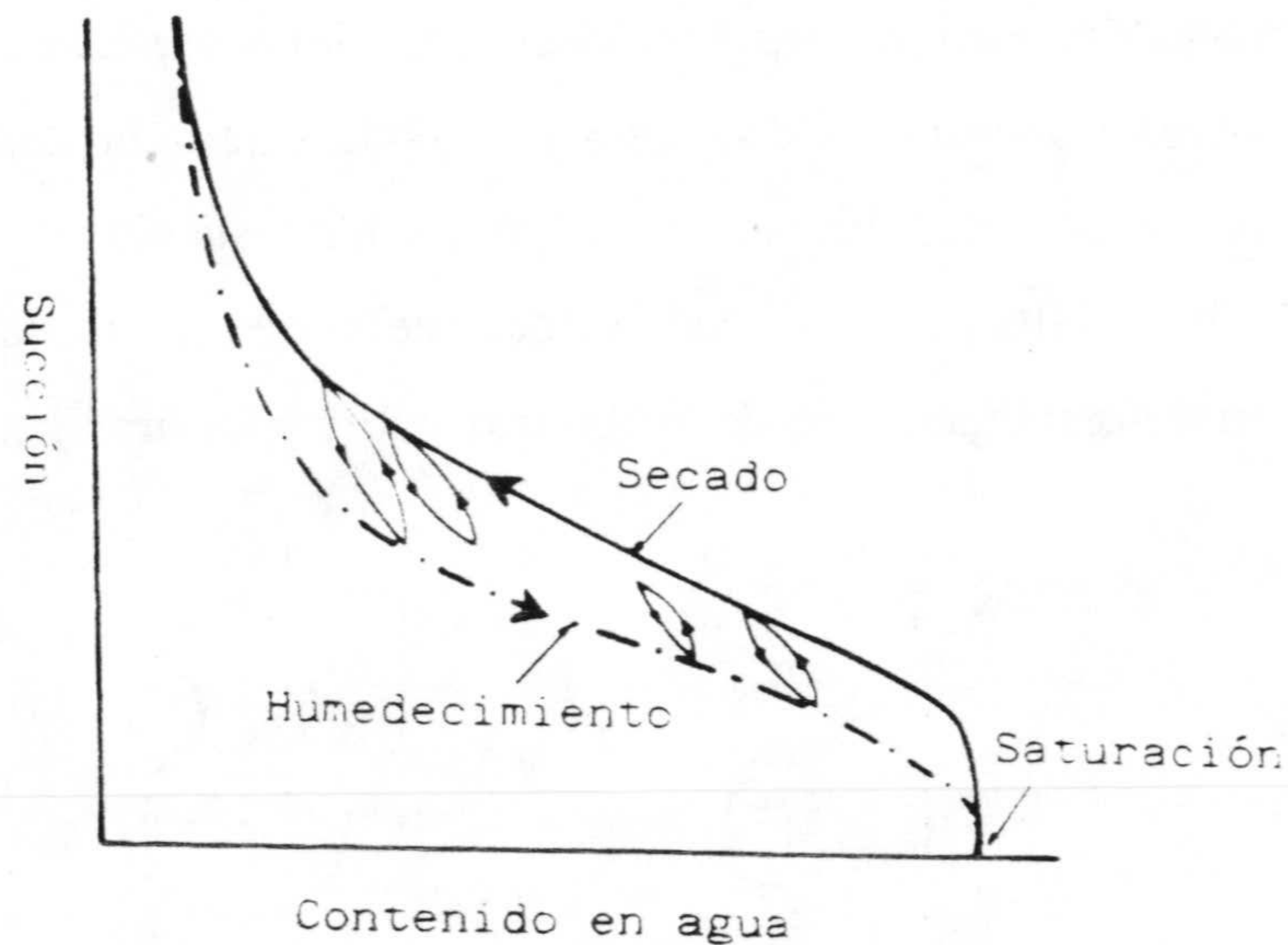


Figura 8.1. Curva de retención de humedad del suelo (Hillel, 1980a)

El efecto de la histéresis puede atribuirse a varias causas (Hillel, 1980a): a) la geometría no uniforme de los poros individuales, que tienen generalmente vacíos con formas irregulares, interconectados por pasos estrechos (fig. 8.2), lo que produce el "efecto de bote de tinta" ("ink-bottle effect"), b) el efecto del ángulo de contacto del agua con el sólido, que es mayor, y por tanto el radio de curvatura también, durante el avance que durante el retroceso del agua, c) la acción del aire atrapado que hace decrecer el contenido de agua (la disolución gradual del aire disuelto en el agua o su liberación puede también afectar a la relación potencial matricial-humedad), y d) fenómenos de cambios diferenciales en la estructura del suelo, como los hinchamientos y contracciones frecuentes en los suelos arcillosos.

La relación $\partial\theta/\partial h$, es decir, la inversa de la pendiente de la curva de retención de humedad, se denomina capacidad de agua del suelo (Nielsen et al., 1986) o capacidad de humedad diferencial (Laat, 1991) y se representa por $C(h)$.

Para la determinación en laboratorio de la curva de retención de humedad del suelo, se utilizan las placas porosas y cajas de arena, para rangos de succión menores a 1 bar, y aparatos de placas de presión para succiones más elevadas. Estos instrumentos permiten la aplicación de valores sucesivos de succión y la medida de la humedad en equilibrio con cada succión. La curva de retención en el rango de baja succión (menor de 500 mbar) está fuertemente influenciada por la estructura del suelo y la distribución del tamaño de poros; por lo tanto, su determinación se debe realizar sobre muestras inalteradas (Hillel, 1980a).

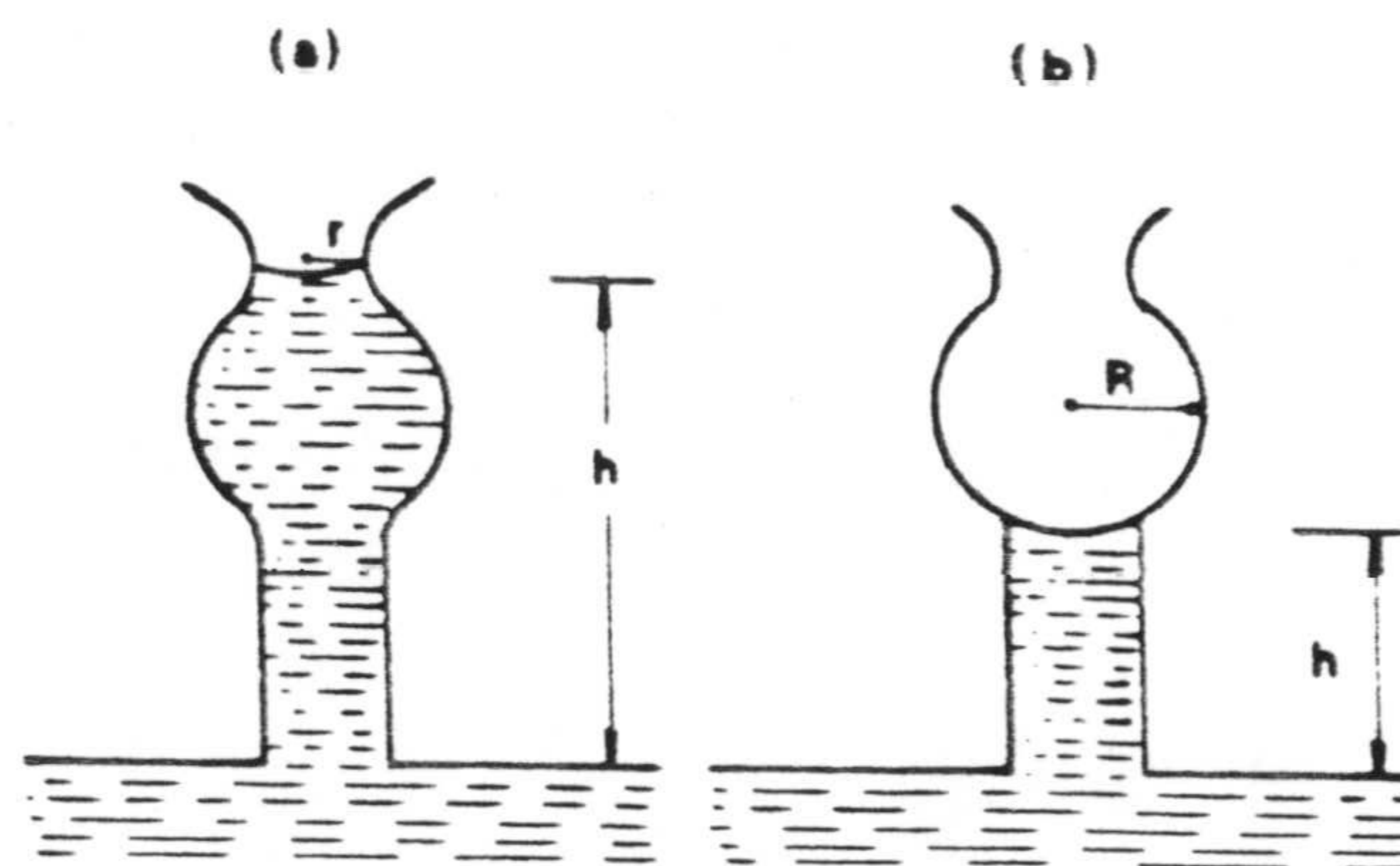


Figura 8.2. Explicación de la histéresis por el "efecto del bote de tinta", a) drenaje capilar (secado) y b) elevación capilar (humedecimiento), (Hillel, 1980a).

En principio, es preferible determinar la curva de retención de humedad del suelo *in situ* realizando medidas simultáneas de la humedad y succión. Sin embargo, la heterogeneidad del suelo y los fenómenos de histéresis en el campo pueden complicar esta determinación.

8.1.2. Ecuaciones del movimiento del agua en la zona no saturada

La ecuación de Darcy para flujo en un medio saturado establece que:

$$q = -k \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial z} \right)$$

donde q es el flujo o descarga específica, k la conductividad hidráulica y H la carga hidráulica.

En el caso de flujo no saturado, parte de los poros están ocupados por aire y no conducen agua. Por lo tanto, la conductividad hidráulica es menor que en el caso de un medio saturado, y decrece a medida que disminuye el contenido en agua ($k(\theta)$). Por otro lado, en la zona no saturada, para la mayoría de los casos prácticos, se asume que los únicos componentes del potencial del agua son el potencial matricial y el potencial gravitacional; los demás componentes normalmente carecen de importancia, por lo que la carga hidráulica en un medio no saturado es el potencial del agua en el suelo, definido como (Laat, 1991):

$$H = z + h$$

donde z es la carga debida al potencial gravitacional y h la carga debida al potencial matricial o succión.

La ley de conservación de masas establece:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right)$$

La ecuación diferencial que describe el movimiento del agua, tanto en el medio saturado como no saturado, se obtiene sustituyendo la ecuación de Darcy en la ecuación de continuidad (Laat, 1991):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k(\theta) \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k(\theta) \frac{\partial H}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k(\theta) \frac{\partial H}{\partial z})$$

Para flujo saturado, k es independiente del contenido en agua (θ). Para flujo no saturado, $H = z + h$. Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k(\theta) \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k(\theta) \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k(\theta) \frac{\partial h}{\partial z}) + \frac{\partial k(\theta)}{\partial z}$$

En la zona no saturada, el flujo de agua normalmente es vertical; por lo tanto, la ecuación anterior puede escribirse:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} (k(\theta) \frac{\partial H}{\partial z}) = \frac{\partial}{\partial z} (k(\theta) (1 + \frac{\partial h}{\partial z}))$$

Estas ecuaciones pueden convertirse en otra con una única variable dependiente, a través de la introducción de la capacidad de agua ($C(h) = \partial \theta / \partial h$) y reemplazando $k(\theta)$ por $k(h)$:

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k(h) \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k(h) \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k(h) (1 + \frac{\partial h}{\partial z}))$$

Esta es la denominada ecuación de Richards (1931). Su solución requiere especificar la relación de la conductividad hidráulica $k(h)$ y la curva de retención del suelo $\theta(h)$.

En el caso de flujo vertical, la ecuación anterior se simplifica en la ecuación utilizada para predecir el movimiento del agua en régimen transitorio y con varias capas del suelo:

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} (k(h) (\frac{\partial h}{\partial z} + 1))$$

Estas ecuaciones también pueden expresarse en términos de contenido en agua (Laat, 1991), introduciendo la difusividad del agua del suelo $D(\theta)$, definida como:

$$D(\theta) = k(\theta) \frac{dh}{d\theta} = \frac{k(\theta)}{C(\theta)}$$

Las expresiones basadas en la difusividad tienen la ventaja de que existen soluciones analíticas y semianalíticas y que la función $D(\theta)$ es menos no-lineal que $k(\theta)$ (Laat, 1991).

8.1.3. Conductividad hidráulica en condiciones no saturadas

Probablemente, la diferencia más importante entre flujo saturado y no saturado es el valor de la conductividad hidráulica. La conductividad hidráulica depende del contenido en agua (y, por lo tanto, de su potencial); cuando un suelo se desatura, la conductividad hidráulica decrece rápidamente a medida que los poros mayores se vacían, debido a que los poros pequeños conducen el agua más lentamente y, además, el camino que sigue el flujo se hace más tortuoso (Campbell, 1985). Para suelos de textura gruesa la conductividad hidráulica puede variar por un factor de 10^8 entre el estado de saturación y el punto de marchitez (Laat, 1991).

La relación existente entre la conductividad hidráulica y la succión está fuertemente influida por el fenómeno de la histéresis. En cambio, la relación con el contenido en agua parece estar afectada por la histéresis en un grado mucho menor (Hillel, 1980a).

En condiciones saturadas los suelos arenosos tienen una conductividad hidráulica mucho mayor que los arcillosos; sin embargo, en condiciones no saturadas puede ocurrir lo contrario. En un suelo con poros grandes, éstos se vacían rápidamente y no conducen agua cuando aumenta la succión; de esta forma la conductividad hidráulica, inicialmente elevada, decrece muy bruscamente (Hillel, 1980a). En suelos de granulometría fina muchos de los poros retienen y conducen agua incluso a una succión apreciable, por lo que la conductividad

hidráulica no decrece tan bruscamente y puede ser mayor que la de un suelo con poros grandes a la misma succión (fig. 8.3).

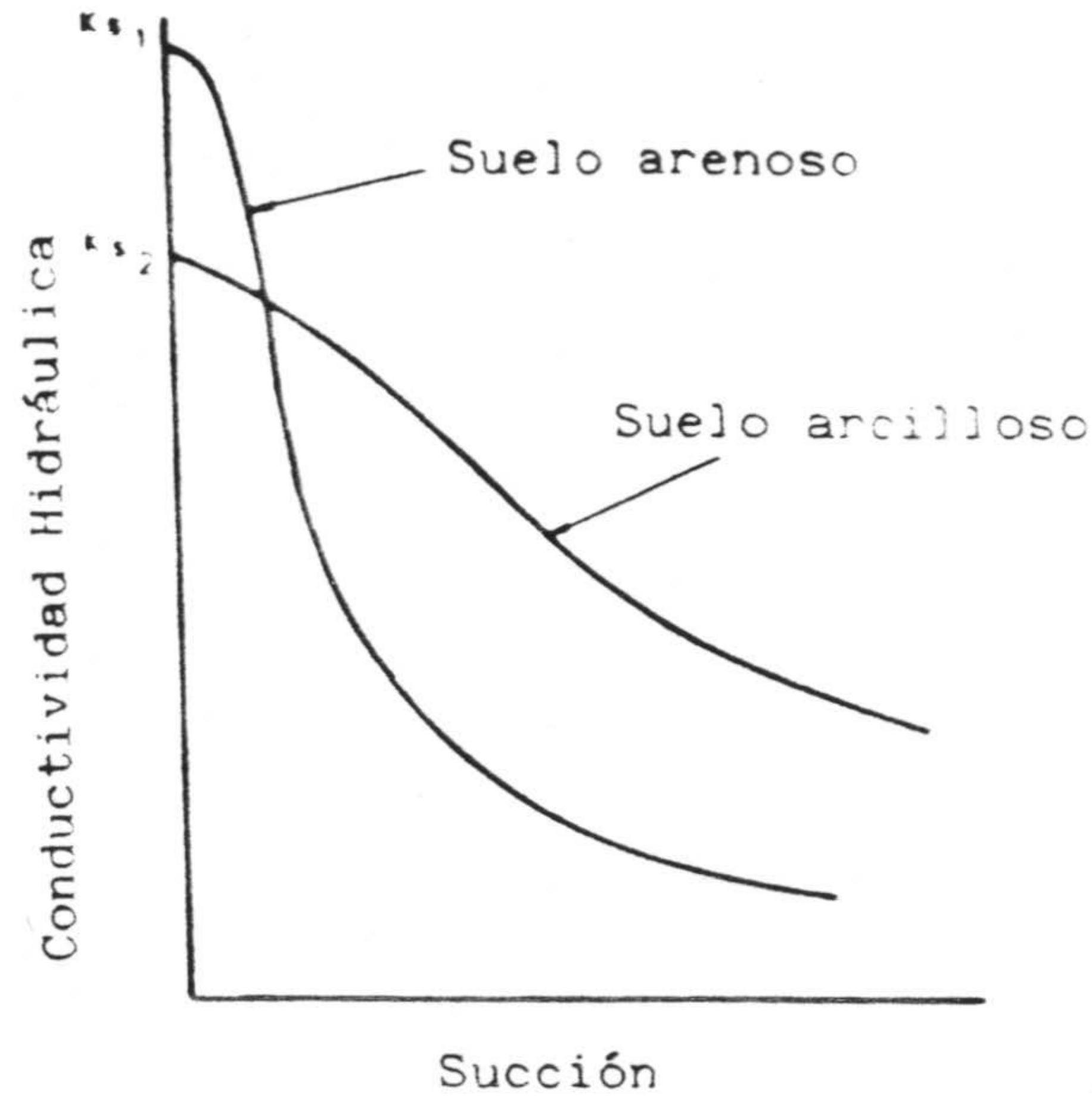


Figura 8.3. Relación de la conductividad hidráulica y succión para dos tipos de suelos (Hillel, 1980a).

Por esta razón, la presencia de una capa de arena en un perfil de textura fina, puede impedir el movimiento en condiciones no saturadas, acumulándose agua encima de la capa de arena hasta que la succión decrece suficientemente para que el agua entre en los grandes poros de la arena (Hillel, 1980a).

La curva de retención de humedad del suelo y la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas son las variables esenciales para predecir el flujo de agua en medios no saturados. Se han desarrollado numerosos métodos para evaluar las propiedades hidráulicas a partir de ensayos "in situ" y métodos de laboratorio.

Los métodos de campo para la determinación de la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas se basan en asumir simplificaciones acerca del régimen de flujo durante la redistribución de agua en el perfil del suelo después de alcanzar el estado estacionario en condiciones saturadas o cercanas a la saturación (Nielsen et al., 1986). Estas

técnicas son costosas y requieren mucho tiempo; una descripción completa de dichos métodos puede encontrarse en Hillel (1980a).

Para la determinación simultánea de la curva de retención y la función de la conductividad hidráulica pueden utilizarse también las técnicas de estimación de parámetros ("parameter estimation techniques"). Los parámetros de un modelo formulado a priori, que describe las relaciones entre permeabilidad, potencial matricial y humedad, se estiman a partir de un experimento en flujo transitorio, con condiciones iniciales y en los límites conocidas. Los coeficientes de ese modelo se optimizan por medio de un algoritmo que compara las observaciones experimentales y los resultados obtenidos. El modelo de formulación debe tener un grado de semejanza suficiente con el problema planteado (Kool et al., 1987).

Otra alternativa es el cálculo teórico de la conductividad hidráulica a partir de la curva de retención de humedad, más fácilmente obtenible "in situ" o en laboratorio. Las bases teóricas para esta aproximación fueron derivadas por Childs y Collis-George (1950); se asume que un suelo contiene poros de distintos radios, que están distribuidos aleatoriamente en el espacio, y que, cuando planos adyacentes o secciones del suelo se ponen en contacto, la conductividad hidráulica a través del plano depende estadísticamente del número de poros interconectados y su configuración (Hillel, 1980a). La conductividad de cada par de poros interconectados viene determinada por el más estrecho de los dos.

Si se distribuye la porosidad total de un suelo en distintas clases según el tamaño de poros y se mide de algún modo el volumen ocupado por cada clase, se puede evaluar la probabilidad de que poros de varios radios contacten con poros de mayor o menor radio, lo que permite obtener el valor de la conductividad hidráulica para varios grados de saturación. En la práctica, la porosidad se divide en clases de distintos tamaños por medio de la curva de retención de humedad del suelo. Esta función relaciona el volumen parcial de poros llenos de agua θ con la succión Ψ y, puesto que la succión o potencial matricial se puede relacionar con el radio de los poros, se puede dividir la característica de humedad del suelo en varios

intervalos correspondientes a distintos tamaños de poros (Hillel, 1980a).

Entre las ecuaciones más utilizadas para la definición de la curva de retención, está la propuesta por van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha h)^n)^m}$$

donde θ_r es el contenido en volumen de humedad residual (valor de la humedad para un potencial matricial muy elevado), θ_s es el contenido de agua en estado saturado, h es la carga debida al potencial matricial y α , n y m son constantes empíricas. La forma de esta ecuación permite derivar expresiones analíticas en forma cerrada ("closed form") para la conductividad hidráulica cuando se sustituye en los modelos para predecir la conductividad de Burdine (1953) o Mualem (1976):

$$k = k_s S_e^l (1 - (1 - S_e^{\frac{1}{m}})^m)^2$$

donde $S_e = (\theta - \theta_r)/(\theta_s - \theta_r)$ es la saturación efectiva y l es un parámetro empírico que Mualem (1976) estimó en aproximadamente 0.5 para la mayoría de los suelos.

Esta ecuación es correcta para suelos de textura gruesa y media; las predicciones para materiales finos son menos precisas (Nielsen et al., 1986).

Otra fórmula utilizada para la relación entre humedad y potencial matricial es (Campbell, 1985):

$$h = h_e \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^{-b}$$

donde h_e es el potencial del agua para la entrada de aire ("air entry value potential"), definido como el potencial al cual los poros mayores llenos de agua comienzan a drenar y b es la

pendiente de $\log(h)$ versus $\log(\theta)$. Esta ecuación se aplica para valores de potencial menores de h_e . La conductividad no saturada dependiendo del potencial se puede expresar (Campbell, 1974 en Campbell, 1985):

$$k = k_s \left(\frac{h_e}{h} \right)^n$$

donde $n=2b+3$ y k_s es la conductividad hidráulica saturada.

8.2. MODELIZACION DE LA ZONA NO SATURADA

8.2.1. Introducción

La solución de la ecuación general del flujo (ecuación de Richards) exige asumir una serie de condiciones previas: medio poroso continuo e isótropo, flujo laminar, líquido incompresible y homogéneo en el espacio y tiempo, matriz del suelo incompresible, aire del suelo a la presión atmosférica, flujo en condiciones isotermales, ausencia del fenómeno de histéresis, etc. Aún con todas estas simplificaciones, no existen soluciones analíticas a la ecuación de flujo para medios no saturados (salvo algunos casos de flujo unidimensional con una serie de condiciones restrictivas), debido a que la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas y el potencial matricial son altamente no lineales en relación al contenido en agua.

La ecuación en derivadas parciales del flujo puede ser solucionada numéricamente mediante técnicas de diferencias finitas, elementos finitos o elementos límites (Feddes et al., 1988). Estos métodos se basan en subdividir la región de flujo mediante segmentos finitos limitados y representados por puntos nodales, en los cuales se obtiene la solución a la ecuación de flujo, que depende de las soluciones en los nudos que le rodean y de un conjunto apropiado de condiciones iniciales y límites.

La simulación de la dinámica del agua en la zona no saturada requiere datos de entrada en relación a los parámetros del modelo, las condiciones iniciales y límites y la geometría del sistema. Los parámetros físicos más importantes son la curva de retención de humedad del suelo y la función de conductividad hidráulica en condiciones no saturadas (Feddes et al., 1988).

A continuación se exponen los resultados y conclusiones de la aplicación del modelo SWIM (Ross, 1990b). Este modelo no permite introducir como dato de entrada (límite inferior) la evolución del nivel piezométrico, por lo que también se intentó emplear el modelo SWATRE (Belmans et al., 1983) que sí admite esta posibilidad. Sin embargo, la utilización de este programa no ha sido posible debido a frecuentes problemas de convergencia numérica, probablemente provocados por las peculiares características hidráulicas que presentan las arenas del área de Doñana, con una capacidad de retención de agua muy baja.

8.2.2. El programa SWIM

El programa SWIM (Soil Water Infiltration and Movement) utiliza un método de diferencias finitas para resolver la ecuación de Richards en una dimensión (Ross, 1990b). Para ello realiza una discretización en el espacio y el tiempo, de una forma totalmente implícita en el tiempo ("backward difference scheme"), con una linealización explícita de la función de conductividad hidráulica en condiciones no saturadas. Para encontrar una nueva aproximación, se utiliza el método de Newton-Raphson, para resolver las matrices jacobianas que resultan de las ecuaciones en derivadas parciales. La solución de las ecuaciones lineales resultantes se realiza por el algoritmo de Thomas (Ross, 1990a).

Los datos de entrada al modelo son:

a) Conductancia superficial. Durante las precipitaciones se puede formar una capa o "sello" superficial que impida la infiltración del agua. Los parámetros que controlan este

proceso son: la conductancia (conductividad hidráulica saturada dividida por el espesor) inicial y mínima de esa capa y una tasa de decrecimiento exponencial entre ambos valores, que dependerá de la intensidad de la precipitación.

b) Escorrentía superficial. Es posible simular un encharcamiento del agua antes de que se produzca la escorrentía superficial; este valor también puede sufrir un decrecimiento debido a la intensidad de las precipitaciones (debido a la disminución de la rugosidad del suelo) al igual que la conductancia superficial. Se produce escorrentía superficial cuando se supera el valor del almacenamiento del suelo (altura de encharcamiento).

c) Características hidráulicas del suelo. Se puede definir una malla irregular de hasta un total de 100 capas. Para cada capa es necesario introducir el valor del potencial matricial inicial, junto con las siguientes datos:

- Contenido de agua a saturación en el campo . Este valor es menor que la porosidad eficaz.
- Curva de retención. Se modeliza según la fórmula de Campbell (1985), expuesta en el capítulo anterior. Por ello, es necesario introducir el valor inverso de la pendiente de la recta que resulta de representar en escala doble logarítmica la curva característica y el valor del potencial matricial a saturación. Para valores superiores al potencial de entrada de aire, se utiliza la técnica de alisamiento cuadrático, expuesta en Hutson y Cass (1987).
- La conductividad hidráulica en condiciones no saturadas. Esta función se calcula a partir de la fórmula de la ecuación de Campbell (1985), con los parámetros introducidos para la definición de la curva de retención de humedad. Es posible introducir otros coeficientes adicionales para modelizar el flujo preferente a través de macroporos.

d) Las condiciones del límite inferior. Existen tres posibilidades: drenaje libre, no existe flujo en el fondo y drenaje a potencial impuesto.

e) Tipos de vegetación. Se pueden introducir hasta cuatro tipos, con sus correspondientes características, que determinan el modelo de extracción de agua del suelo: máximo potencial del xilema (potencial por debajo del cual las plantas no pueden extraer agua: corresponde al punto de marchitez), profundidad de las raíces, densidad máxima de longitud de raíces, fracción de la ETP interceptada por la vegetación, etc.

f) Tiempo inicial y final de la simulación

g) Incremento del contenido en agua. Este parámetro controla la duración del "paso" de tiempo adoptado por el simulador. Determinará, por tanto, la exactitud de los resultados (mayor a menor incremento de agua).

h) Datos de precipitación y evapotranspiración potencial (ETP). Es posible introducir ambos valores con un intervalo mínimo de 1 minuto.

8.3. MODELIZACION DE UN PERFIL EN LA ESTACION 4 (PALACIO DOÑANA)

8.3.1. Parámetros de entrada

La discretización espacial utilizada corresponde a una malla regular de 170 cm de profundidad (la máxima profundidad del nivel piezométrico durante el periodo de observación se aproxima a 160 cm), dividida en capas de 2 cm de espesor. En lo que respecta a la exactitud de los resultados, se ha comprobado que es de gran importancia el número de capas del modelo; por ello se ha utilizado el menor incremento posible (2 cm), pues el número máximo de capas que se pueden introducir es de 100.

La metodología seguida para la determinación de la curva de retención de humedad del suelo ha sido la realización simultánea de medidas de humedad (mediante sonda de neutrones) y potencial matricial o succión (mediante tensiómetros) junto con la variación de los contenidos de agua en la franja capilar (para elevaciones inferiores a 60 cm sobre el nivel piezométrico).

En condiciones de equilibrio, el perfil de humedad que se desarrolla en la franja capilar es igual a la curva de retención de humedad. Estas condiciones raramente se alcanzan. No obstante, incluso con flujos verticales importantes (hasta 1 cm/día), la forma de la franja capilar inmediatamente por encima del nivel piezométrico no varía (Laat, 1991). Por lo tanto, para la construcción de la curva de retención se han representado en un gráfico los valores del contenido en agua frente a la distancia al nivel piezométrico (fig. 8.4). Se puede apreciar el fenómeno de histéresis que provoca que los contenidos de agua sean menores durante los ascensos del nivel y mayores durante los descensos (para una misma distancia al nivel piezométrico). En el gráfico se representan con una línea los valores medios elegidos para el modelo.

En la figuras 8.5a y 8.5b se representan los valores anteriores junto con los datos obtenidos de medidas simultáneas de succión y humedad. Estas medidas son escasas debido a que eran pocos los tensiómetros disponibles y han tenido que ser instalados en las diferentes estaciones de control, por lo que no se dispone de medidas tensiométricas de forma continuada. Por otro lado, las medidas de los tensiómetros en la zona no saturada permanecen muy constantes a lo largo de todo el año. Así, el potencial total del agua en el suelo normalmente se sitúa entre 80 y 100 mb (lo que representa humedades del 3 al 5%), y sólo durante el verano -en los tensiómetros situados a menos de 30 cm de profundidad- se obtienen valores de succión algo más elevados (entre 200 y 300 mb). Estos datos coinciden con los obtenidos por el ITGE (1991) en una parcela experimental de arenas desprovistas de vegetación en la zona de El Acebuche, en las que se controló durante más de un año el potencial matricial mediante tensiómetros instalados a diferentes profundidades, siendo las medidas sorprendentemente constantes a lo largo del periodo estudiado.

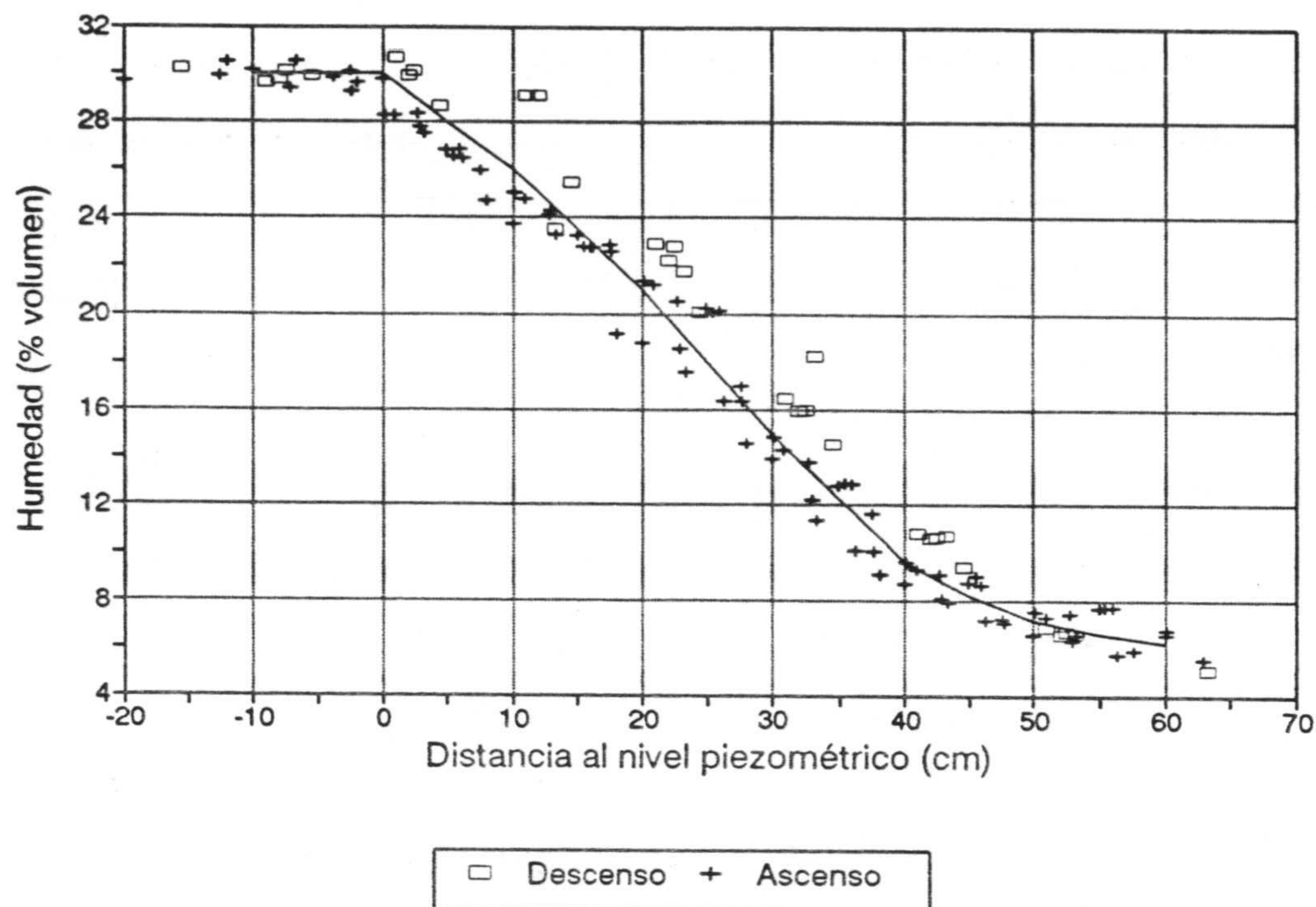


Figura 8.4. Representación del contenido en agua en la zona no saturada en función de la distancia al nivel piezométrico en la estación 4 (Palacio Doñana). Las medidas realizadas por debajo del nivel piezométrico se identifican con distancias negativas. La línea continua indica los valores elegidos para estimar la curva de retención de humedad.

Además, existieron problemas con las lecturas de los tensiómetros, que en ocasiones pueden haberse producido por un mal contacto entre la superficie porosa de éstos y el suelo. Se intentó obtener más puntos regando una superficie circular, con un radio de 50 cm, alrededor de los tensiómetros y tubos de acceso para la sonda de neutrones. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran una fuerte dispersión que puede ser debida a diferencias de humedad por la falta de uniformidad del riego o, más probablemente, a que la rápida dinámica del agua en la zona no saturada (en condiciones de humedad alta) hace que el tiempo de respuesta de los tensiómetros sea mayor que los cambios de humedad en el suelo.

Con los datos experimentales disponibles, se ha llevado a cabo un ajuste para las ecuaciones de van Genuchten (1980) y Campbell (1985).

Para la ecuación de van Genuchten (1980) se ha utilizado el programa SOHYP (van Genuchten, 1978). Los datos experimentales se ajustan, mediante un método de regresión no lineal por mínimos cuadrados, a la expresión:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha h)^n)^m}$$

donde θ_r es el contenido en volumen de humedad residual, θ_s es el contenido de agua en estado saturado, h es la carga debida al potencial matricial y α , n y m son constantes empíricas. En las figuras 8.5a y 8.5b se ha representado la curva calculada con los valores obtenidos ($\theta_r=0$, $\alpha = 0.0487$, $n = 2.436$ y $m = 0.5895$).

La fórmula de Campbell (1985) se expresa:

$$\theta = \theta_s \left(\frac{h}{h_e} \right)^{-\frac{1}{b}}$$

para valores de h menores que h_e (succión para la entrada de aire). Para h mayor que h_e , se aplica la ecuación de Hutson y Cass (1987):

$$\theta = \theta_s (1 - h^2 c)$$

siendo:

$$c = \frac{1-a}{(h_e a^{-b})^2} \quad a = \frac{2b}{1+2b}$$

Para calcular estos parámetros se representa la curva de retención de humedad del suelo en escala doble logarítmica (fig. 8.5b), el parámetro b es la inversa de la pendiente de la parte recta de la curva y h_e es el valor donde dicha recta intercepta el contenido de agua a saturación. Los valores hallados para la estación 4 (Palacio Doñana) son de $b = 0.8$ y $h_e = -14$ cm.

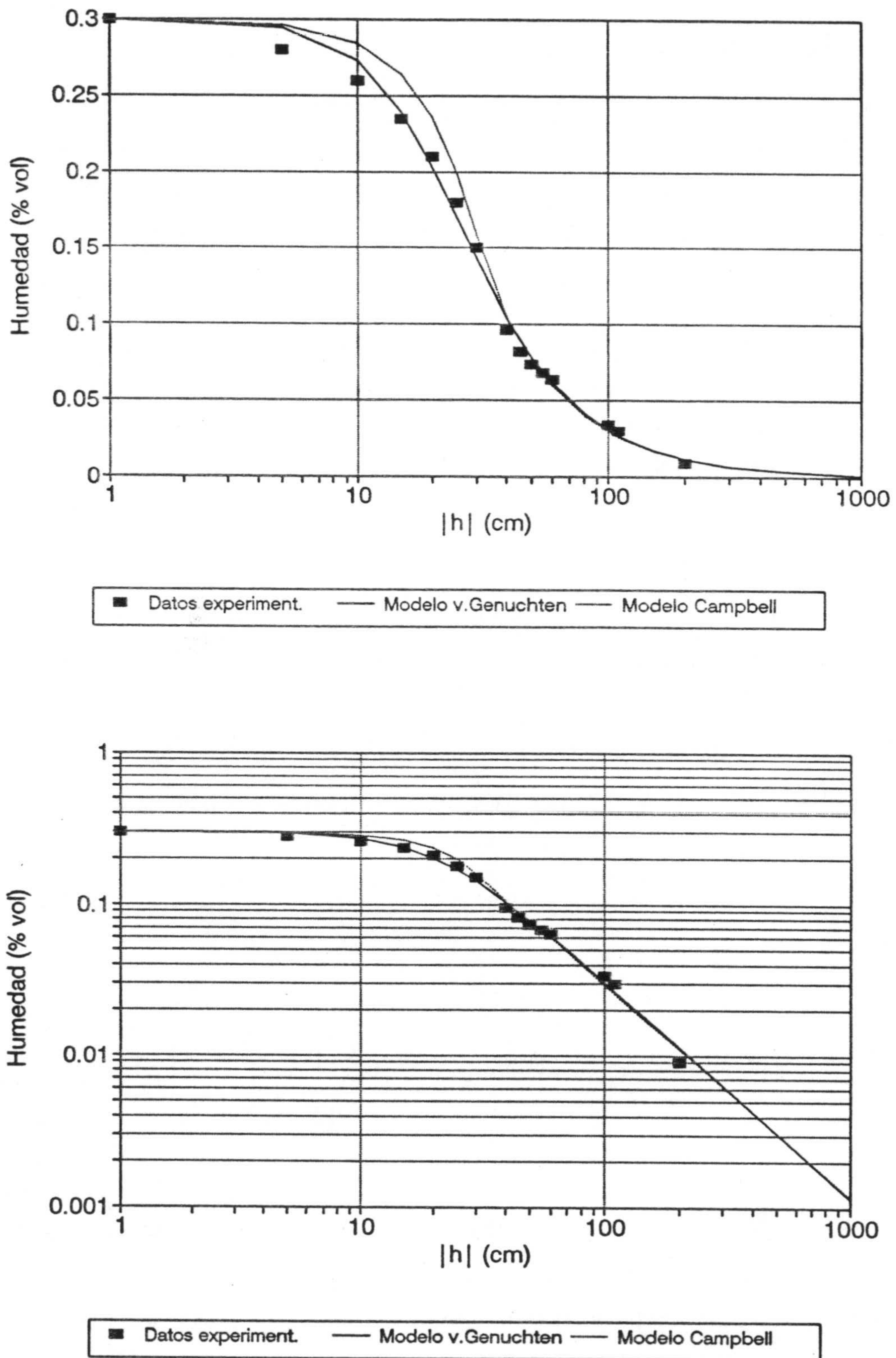
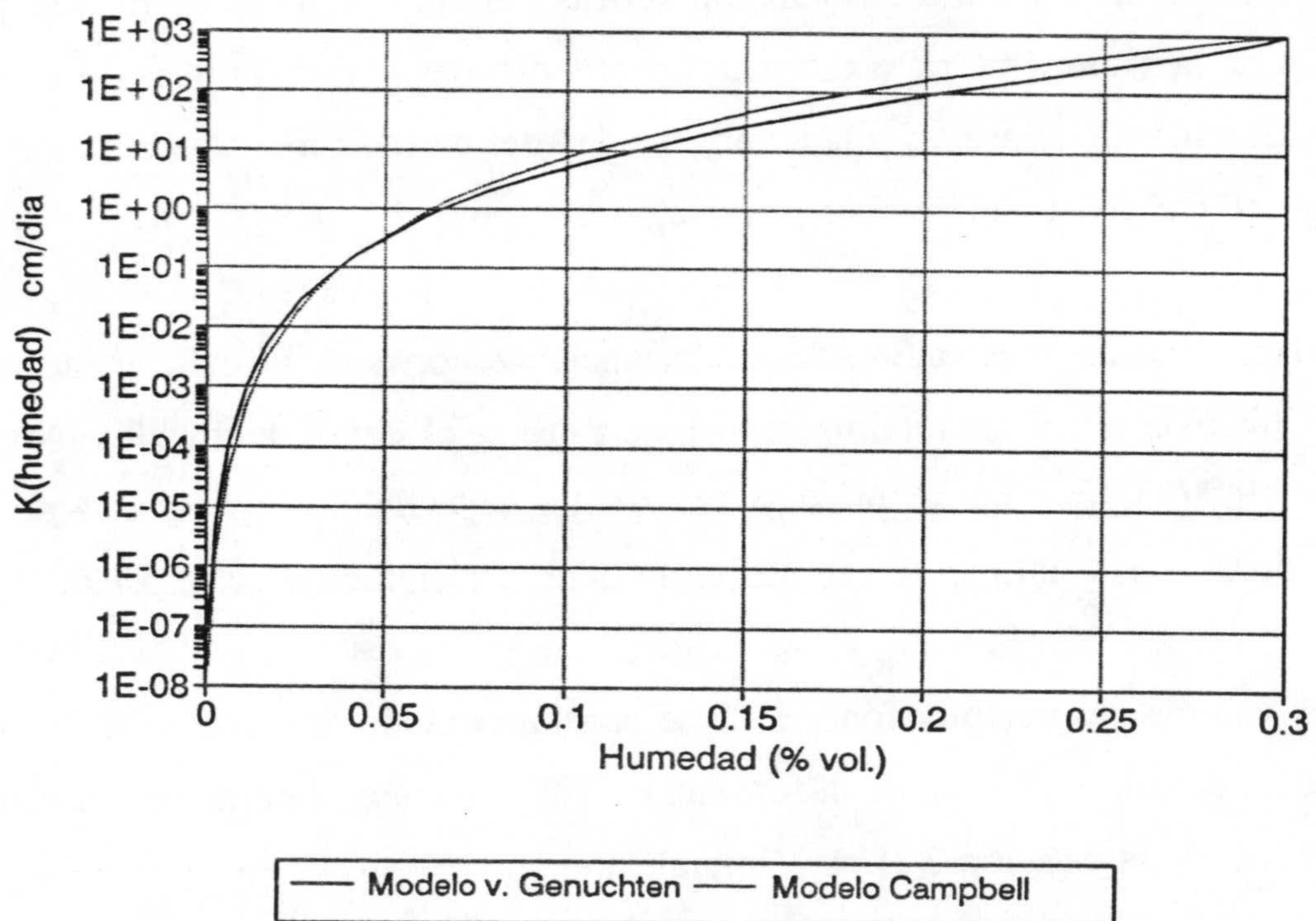
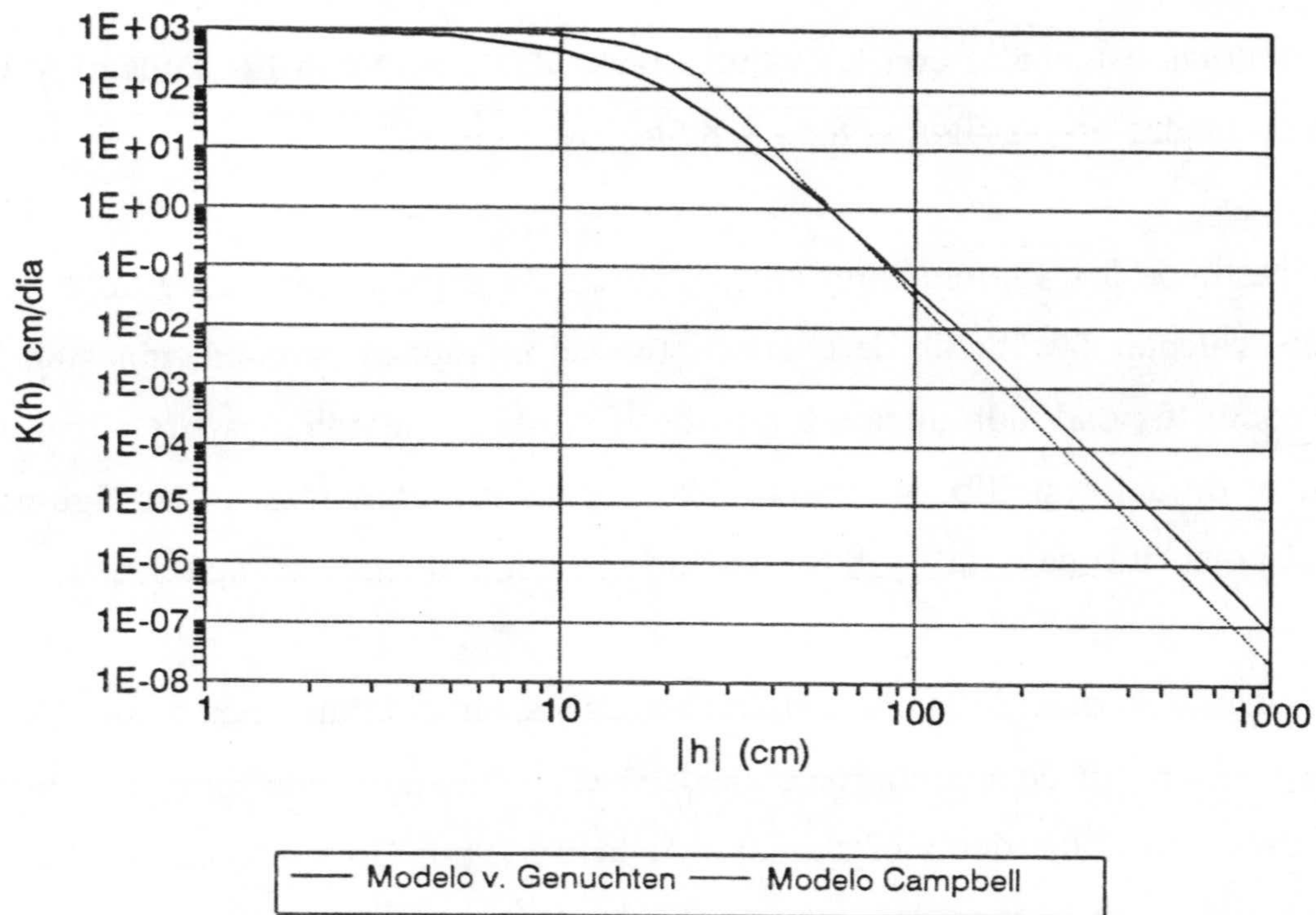


Figura 8.5. a) Curva de retención de humedad del suelo en la estación 4 (Palacio Doñana) y b) Idem en escala doble logarítmica



Figur 8.6. a) Conductividad hidráulica en condiciones no saturadas en función del potencial matricial y b) Idem en función de la humedad

Las curvas calculadas con los valores obtenidos, junto con los datos experimentales, están representadas en las figuras 8.5a y 8.5b.

A partir de los valores anteriores, y según las expresiones expuestas en el epígrafe 3, se puede calcular la función de la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas. Para una conductividad hidráulica saturada de 10 m/día, obtenida a partir de ensayos con un infiltrómetro de doble anillo, se obtienen las curvas representadas en las figuras 8.6a (en relación al potencial matricial) y 8.6b (en función del contenido en agua).

El valor del contenido volumétrico de agua a saturación utilizado es de 0.3. Este valor se ha obtenido a partir de medidas de humedad realizadas, mediante sonda de neutrones, por debajo del nivel piezométrico y es similar al encontrado por Guimerà et al. (1991) y Samper y Guimerà (1993) en la zona de El Acebuche.

Se consideran las características hidráulicas del suelo iguales en todo el perfil. La distribución de la granulometría a diferentes profundidades (fig. 8.7) pone de manifiesto la buena clasificación de las arenas y la homogeneidad del perfil, aunque en el tramo de 0 a 50 cm de profundidad existe una mayor proporción de finos.

Se han supuesto unos valores de conductancia y escorrentía superficial adecuados para que la precipitación se infiltre totalmente, debido a que se observó, durante los años 1990/91, 1991/92 y 1992/93, que no se produjo escorrentía superficial. Los perfiles de humedad realizados durante este último año se utilizarán para la calibración del modelo.

Los valores de precipitación y ETP se han introducido con una periodicidad diaria. La ETP se ha calculado, mediante la fórmula de Thornthwaite, a partir de los datos diarios de temperatura de la estación 3 (Los Mimbrales).

Como ya se ha citado, el programa no permite que se introduzcan los datos del nivel piezométrico como límite inferior. Por lo tanto, se ha supuesto una capa poco permeable, por

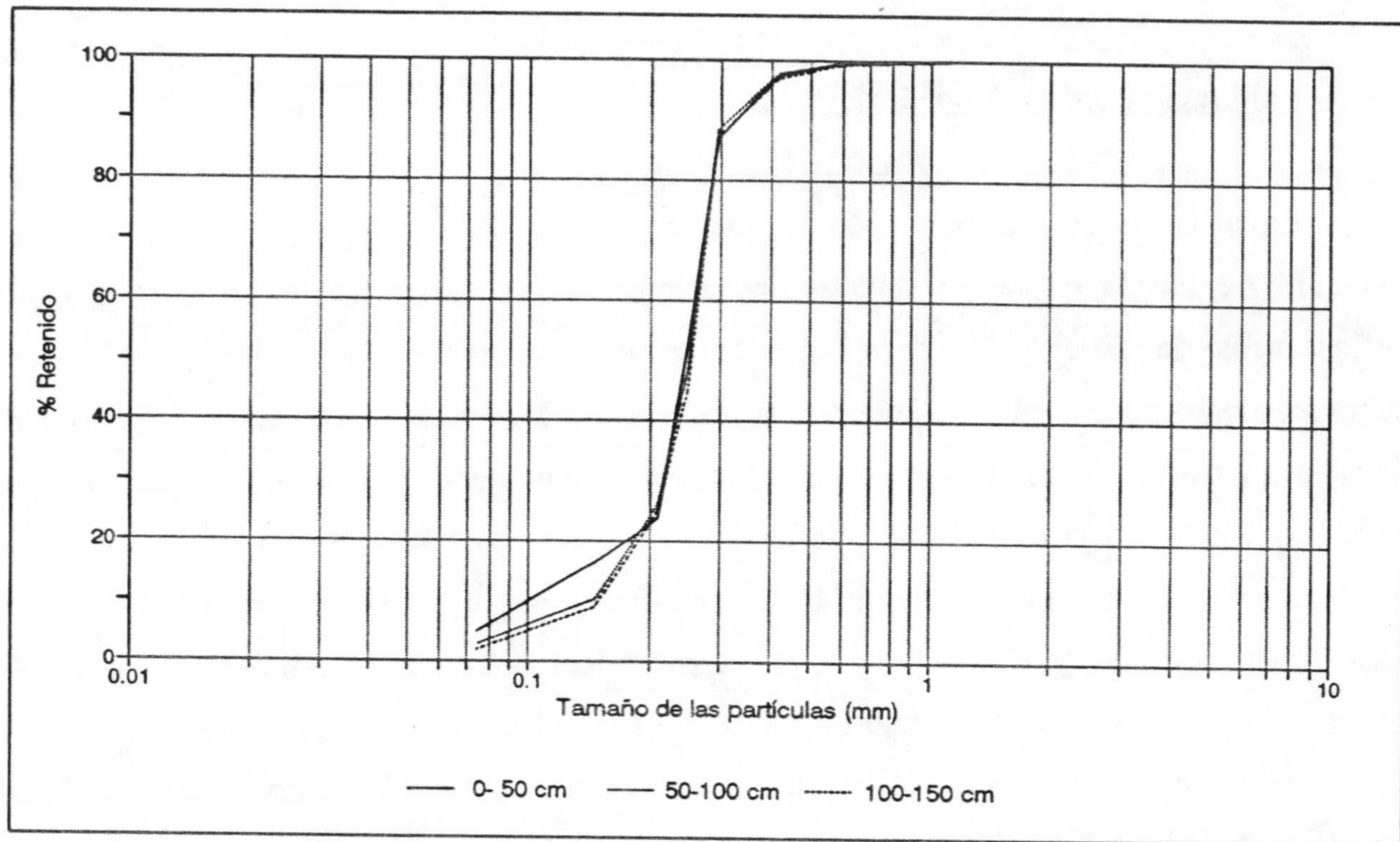


Figura 8.7. Curvas granulométricas para distintas profundidades en la estación 4 (Palacio Doñana).

encima de la cual existen condiciones de saturación, a una profundidad mayor que la alcanzada por el N.P. durante todo el periodo de control. La conductividad hidráulica de dicha capa se ha supuesto de manera que la forma de decrecida del nivel piezométrico se ajuste aproximadamente a la real. Este valor es importante a la hora de calibrar el modelo, pues una mayor percolación puede compensarse por un descenso de la ETR calculada o por un menor contenido en agua a saturación. Sin embargo, su importancia durante las fases de rápido ascenso del nivel piezométrico, que han sido utilizadas para calibrar el modelo, debe ser pequeña. Para los cuatro años considerados se ha supuesto un valor de 0.01 cm/hora para la conductividad hidráulica saturada de dicha capa. A partir de abril o mayo (según los años), es necesario incrementar este valor hasta 0.1 cm/día para que los niveles simulados coincidan con los reales. Este hecho puede ser debido a unas mayores salidas provocadas por el incremento de la evapotranspiración real que, por lo tanto, no quedaría reflejada en el modelo como tal, sino por un mayor drenaje.

8.3.2. Calibración del modelo. Resultados

En una primera aproximación realizada para los años 91/92 y 92/93, el valor del contenido de agua a saturación tuvo que reducirse a 0.26, pues con 0.30 no se conseguían los ascensos de nivel observados, aunque se disminuyese el valor de la ETR y se incrementase la conductividad hidráulica saturada. Con esta modificación, los niveles simulados y reales coincidían apreciablemente bien. Sin embargo, los contenidos de humedad en la zona no saturada eran siempre inferiores a los medidos. Reduciendo la conductividad hidráulica saturada para que la humedad retenida fuera mayor, no se obtenían buenos ajustes para los ascensos de nivel. Con objeto de no modificar la curva característica de retención de humedad del suelo, se introdujo un factor para simular el flujo a través de macroporos. Con ello se consigue que la función de la conductividad hidráulica disminuya para condiciones de baja humedad y permanezca igual para altos contenidos en agua.

Los resultados obtenidos se ajustaban bien a la evolución del nivel piezométrico real. Sin embargo, los contenidos en humedad de los primeros decímetros del suelo seguían siendo menores a los reales y el valor de la ETR anual era muy bajo (122 y 158 mm, para los años 1991/92 y 1992/93).

Por ello, y a la vista de la mayor proporción de finos (fig. 8.7) y abundancia de materia orgánica en los primeros decímetros del suelo, parece más lógico diferenciar en el perfil una capa superficial, con unas características tales que justifiquen una mayor retención de agua. En esta nueva capa se han mantenido los mismos valores de θ_s y K_s , modificando los parámetros b y h_c de modo que los contenidos de agua en la capa superficial sean mayores con valores de succión moderados y similares para valores de h más elevados. Ello se consigue (fig. 8.8) aumentando la anchura de la franja capilar (h_c menor) y aumentando el valor de la pendiente de la curva característica de retención de humedad (b menor). Los valores obtenidos para esta nueva capa de 0 a 40 cm de profundidad son: $b = 0.7$ y $h_c = -20$ cm. El tránsito a la capa inferior se realiza de forma progresiva, con valores intermedios

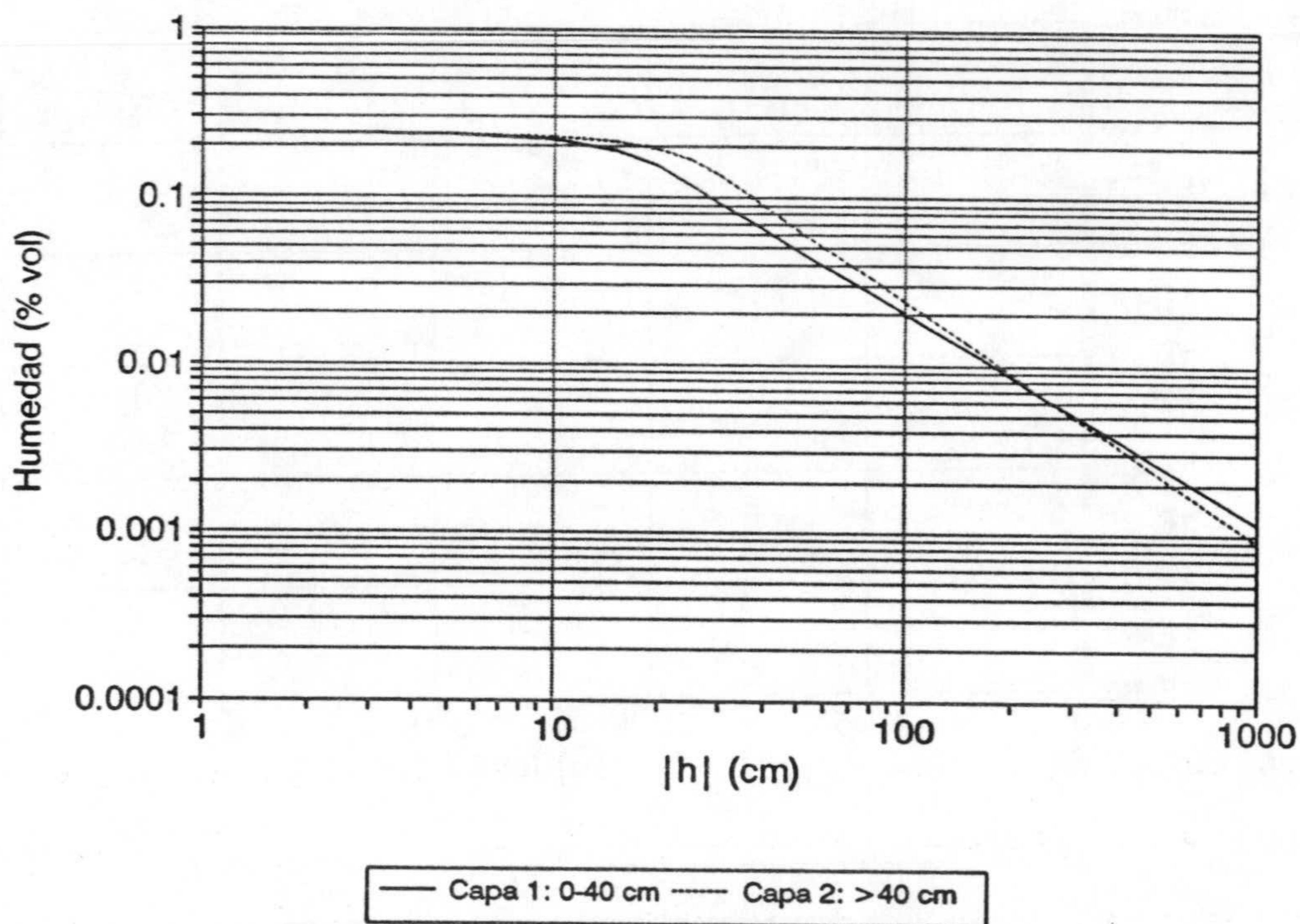
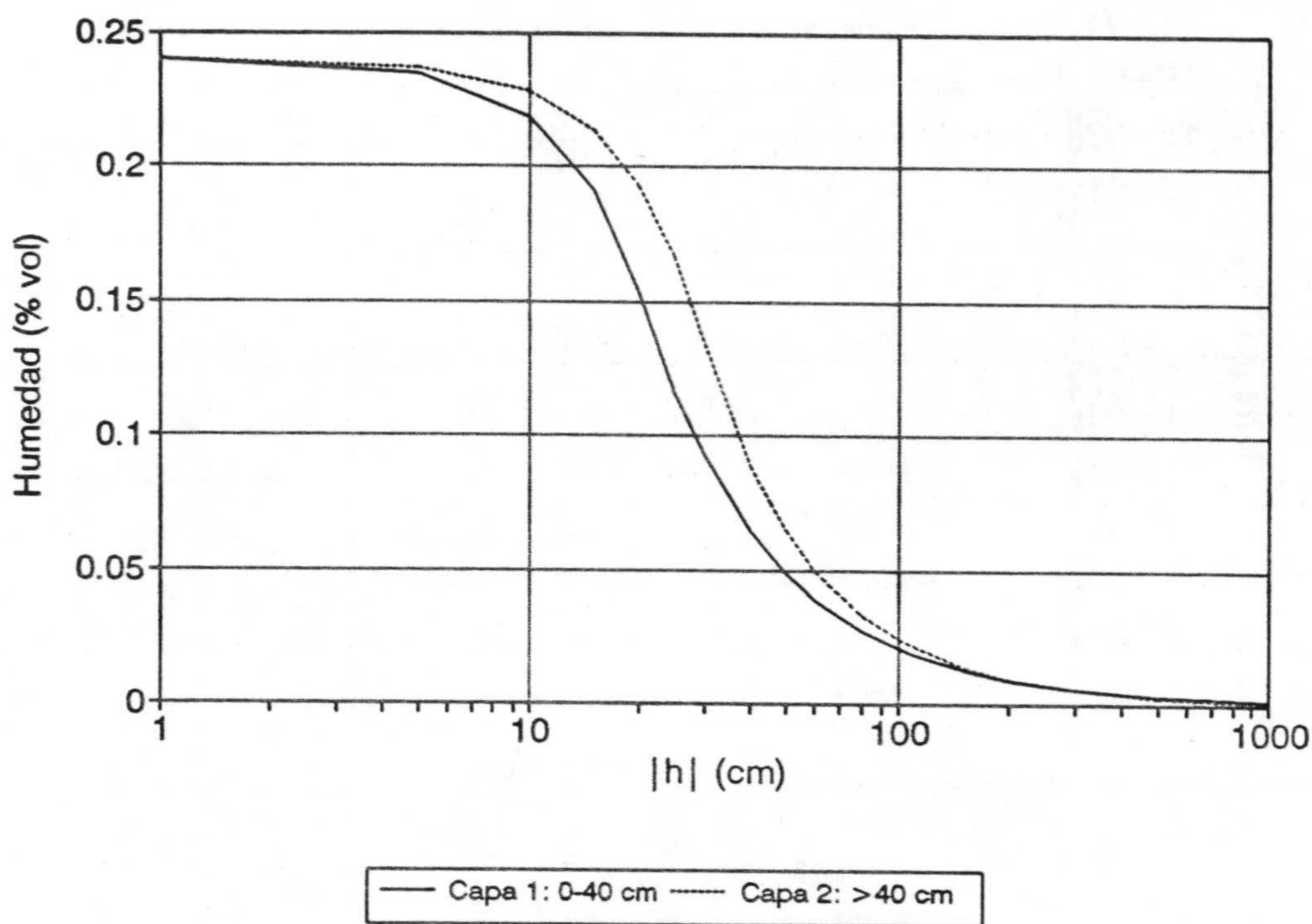


Figura 8.8. a) Curvas de retención de humedad del suelo en la estación 4 (Palacio Doñana) suponiendo una capa superior con mayor capacidad de retención y b) Idem en escala doble logarítmica

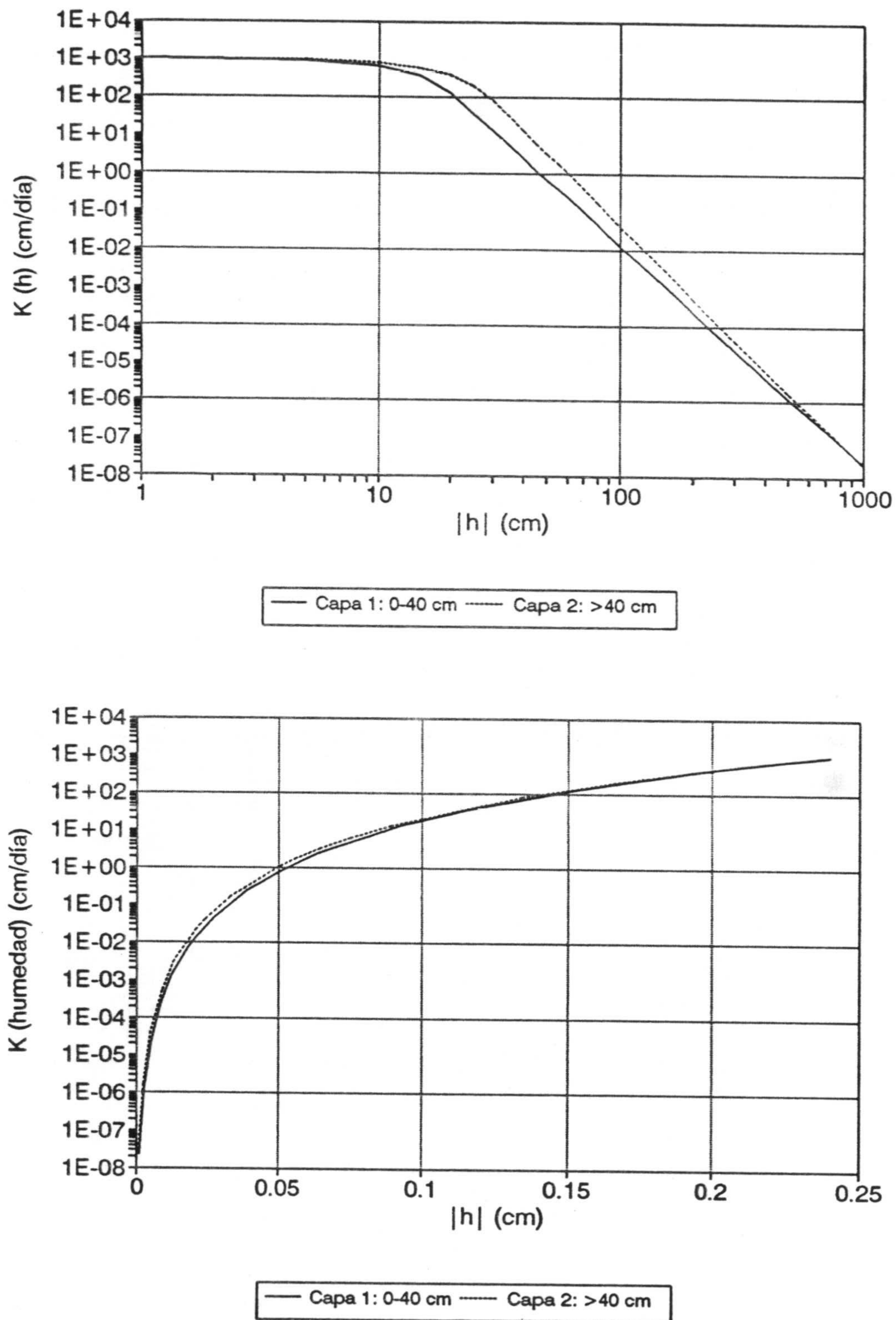
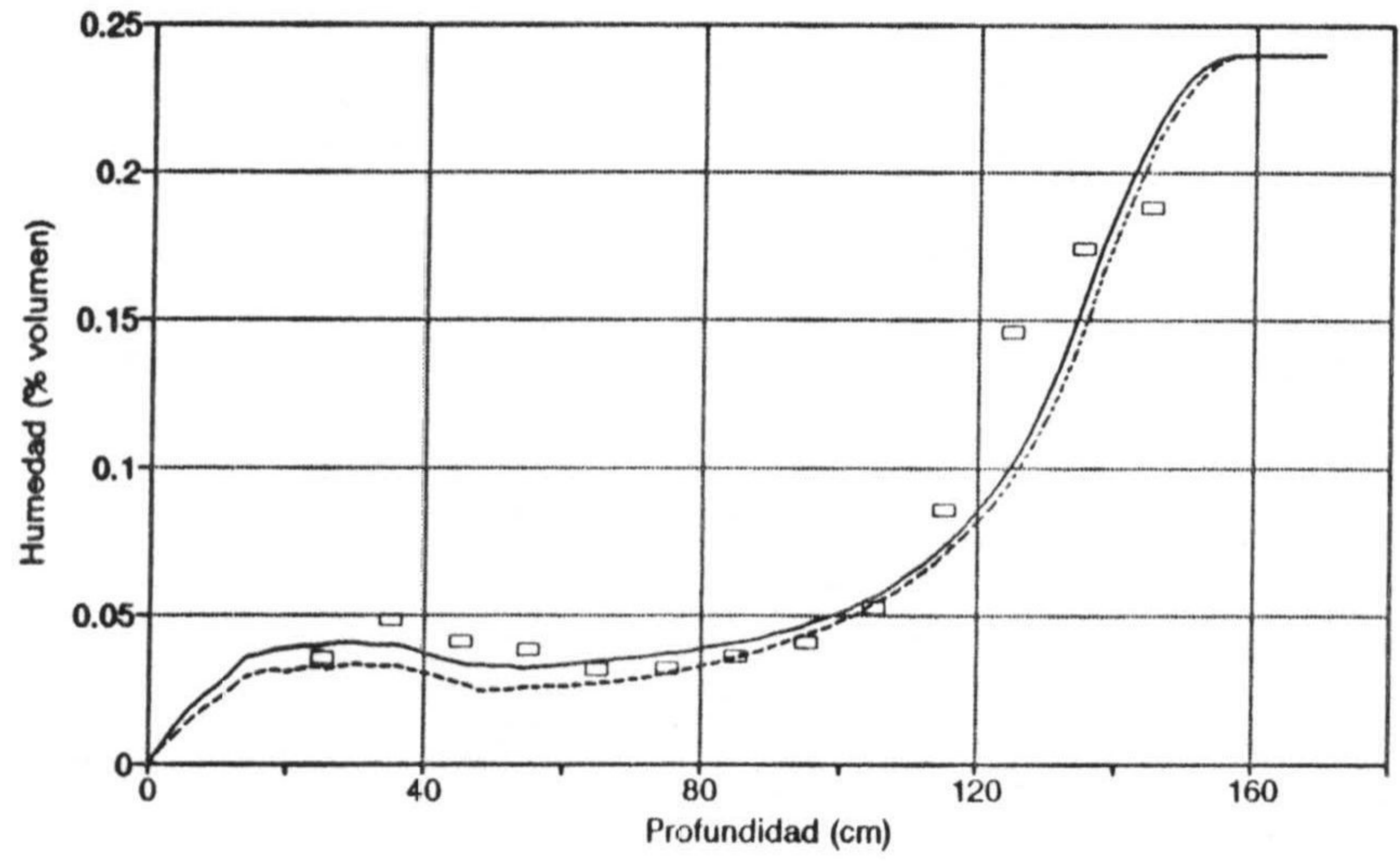


Figura 8.9. a) Conductividad hidráulica en condiciones no saturadas en función del potencial matricial para las dos capas definidas en la estación 4 (Palacio Doñana) y b) Idem en función de la humedad

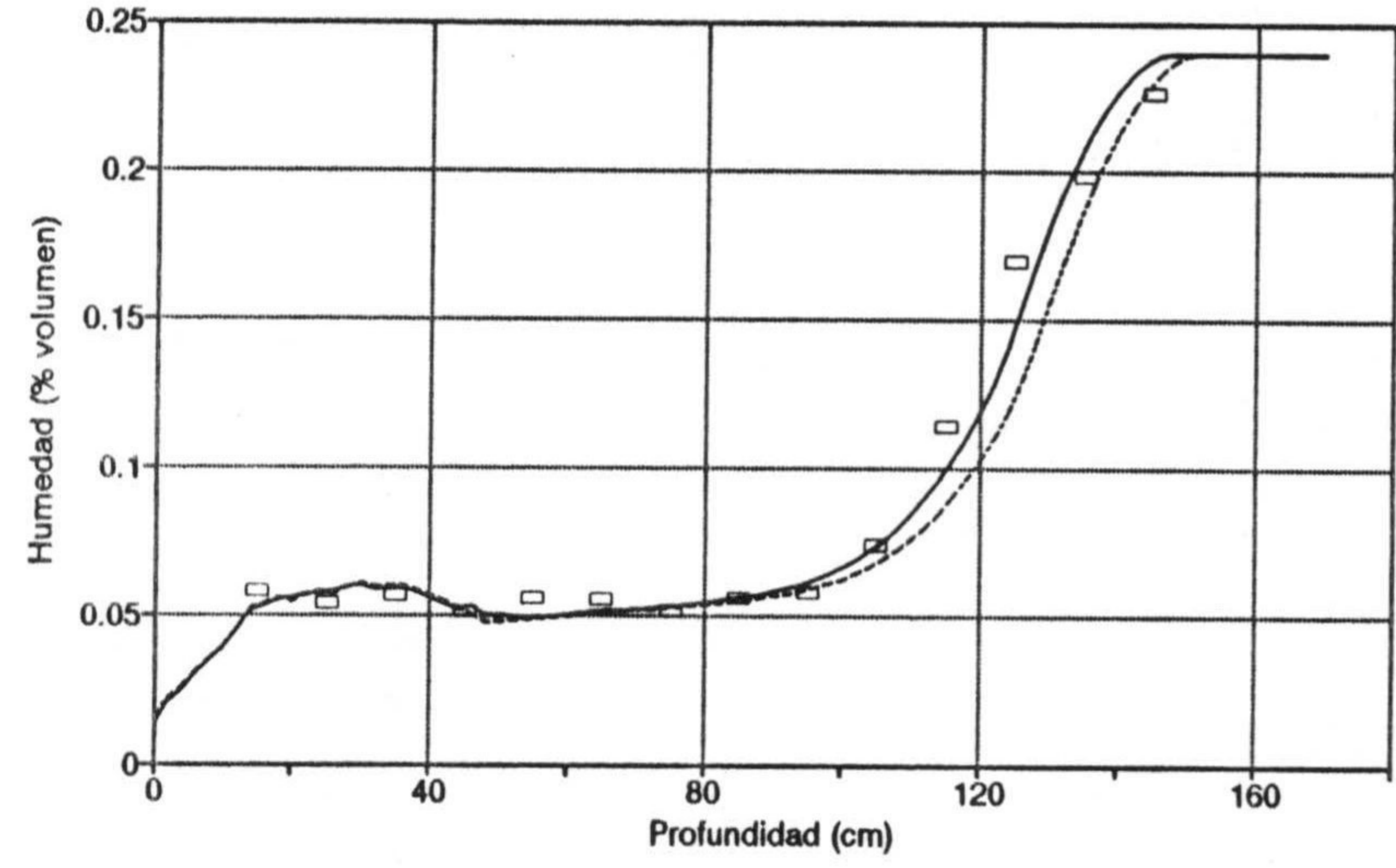
de b y h_e , para que no existan cambios bruscos en el contenido en agua entre ambas capas (fig. 8.8 y 8.9).

En la figura 8.10 pueden compararse los perfiles de humedad realizados, mediante sonda de neutrones, durante 1992/93 con los obtenidos para las mismas fechas por el modelo. Se comprueba como los contenidos de agua concuerdan apreciablemente con los medidos experimentalmente, especialmente durante otoño e invierno. Durante primavera y verano los resultados del modelo muestran mayores contenidos de agua que los obtenidos en el campo en la parte superior del perfil, lo que se debe, al menos en parte, a la influencia del nivel piezométrico simulado, más próximo a la superficie que el registrado. No obstante, este hecho también puede deberse a que no se ha tenido en cuenta el efecto de la transpiración de las plantas, que alcanza su máximo en esta época, y podría producir esta disminución de los contenidos de agua en los primeros decímetros del suelo.

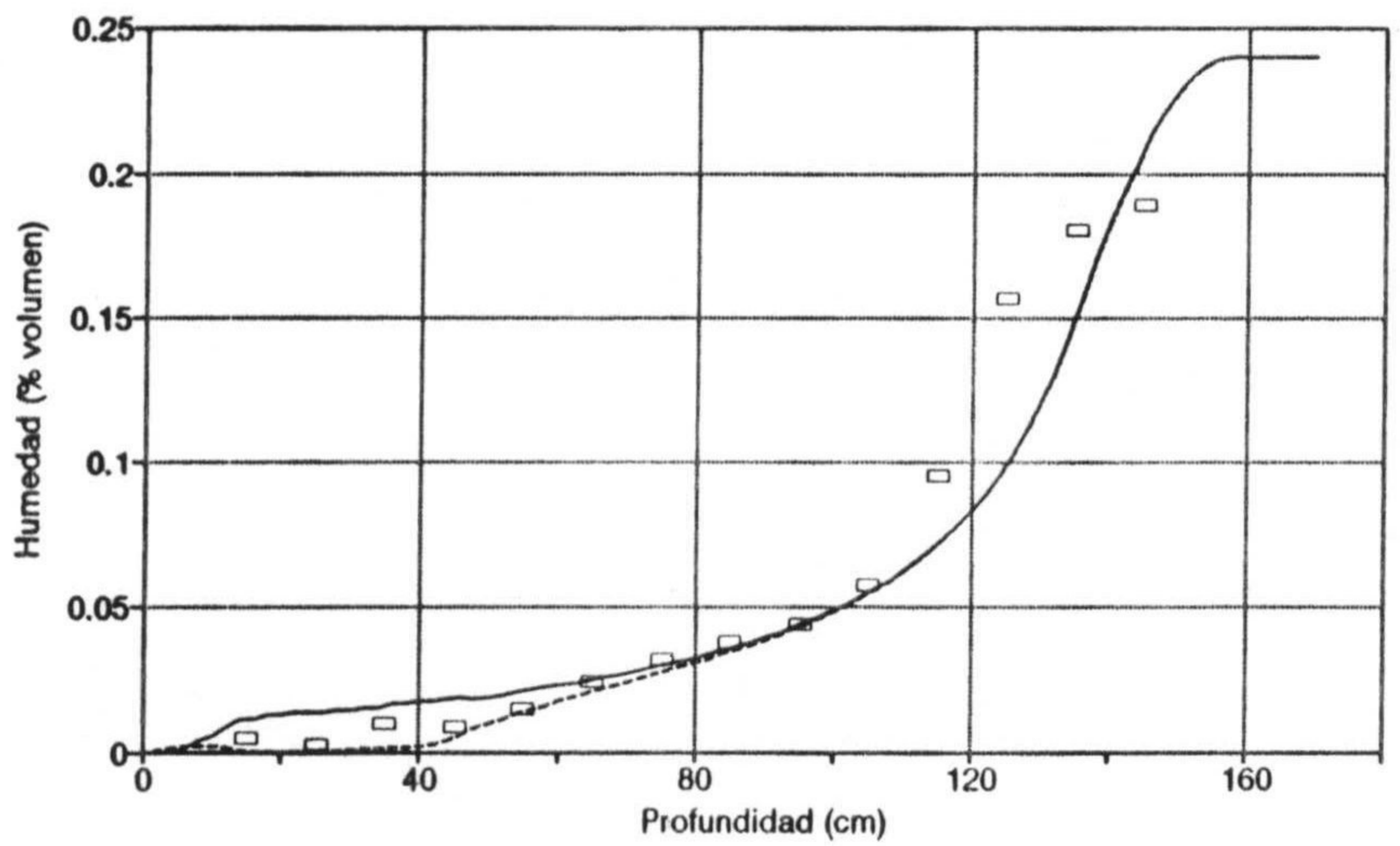
Para conseguir una evolución del nivel piezométrico coincidente con la registrada, fue necesario disminuir el parámetro θ , hasta 0.24 pues, como consecuencia de la existencia de la nueva capa en superficie se incrementan las pérdidas por evaporación y los ascensos obtenidos eran menores a los medidos. De esta forma se consigue un buen ajuste para los cuatro años de control (fig. 8.11).



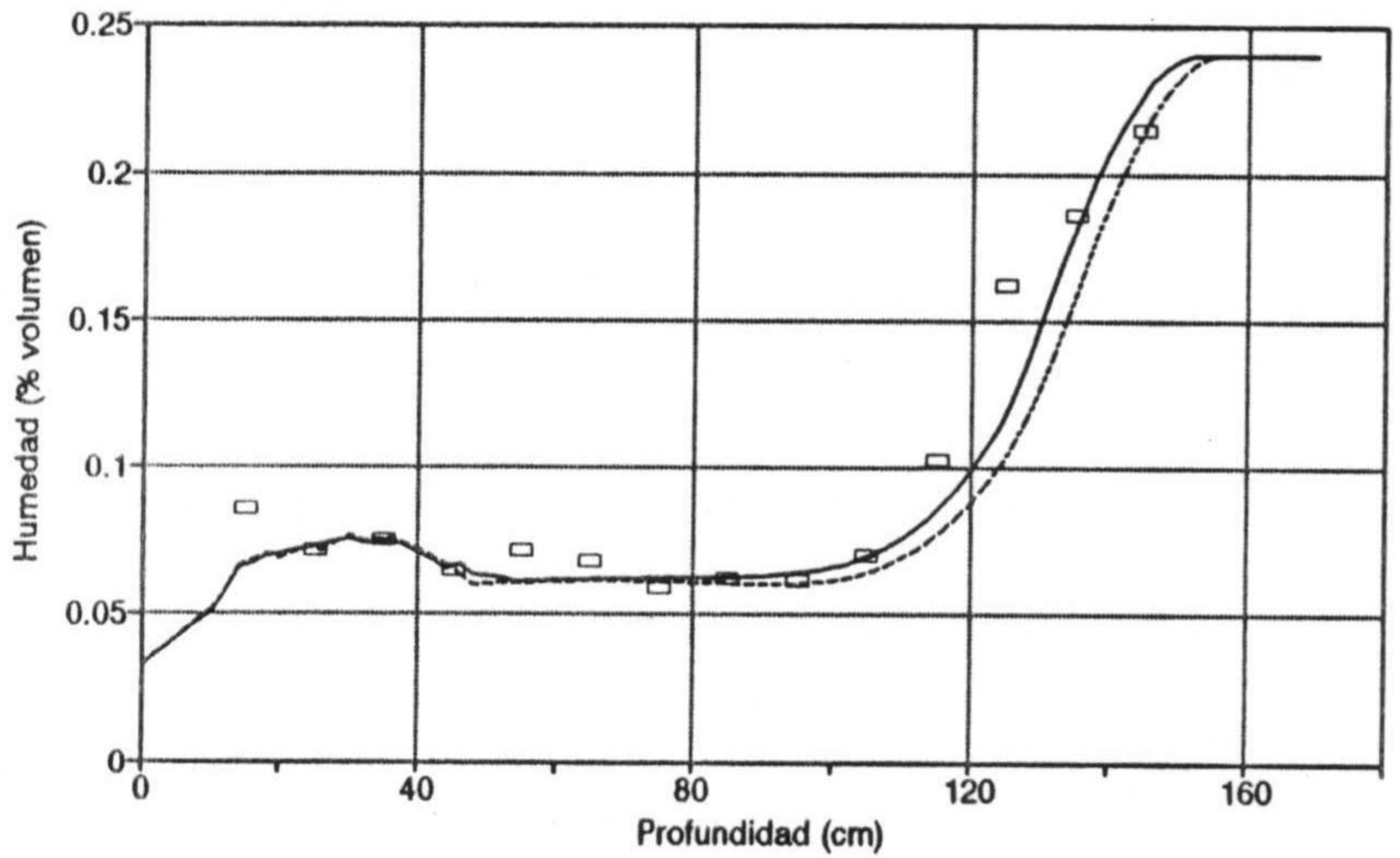
05-10-92



22-10-92



21-09-92



20-10-92

Figura 8.10. Perfiles de humedad experimentales y obtenidos a partir del modelo en la estación 4 (cuadrados = datos experimentales, línea continua = modelo sin vegetación, línea rayada = modelo con vegetación)

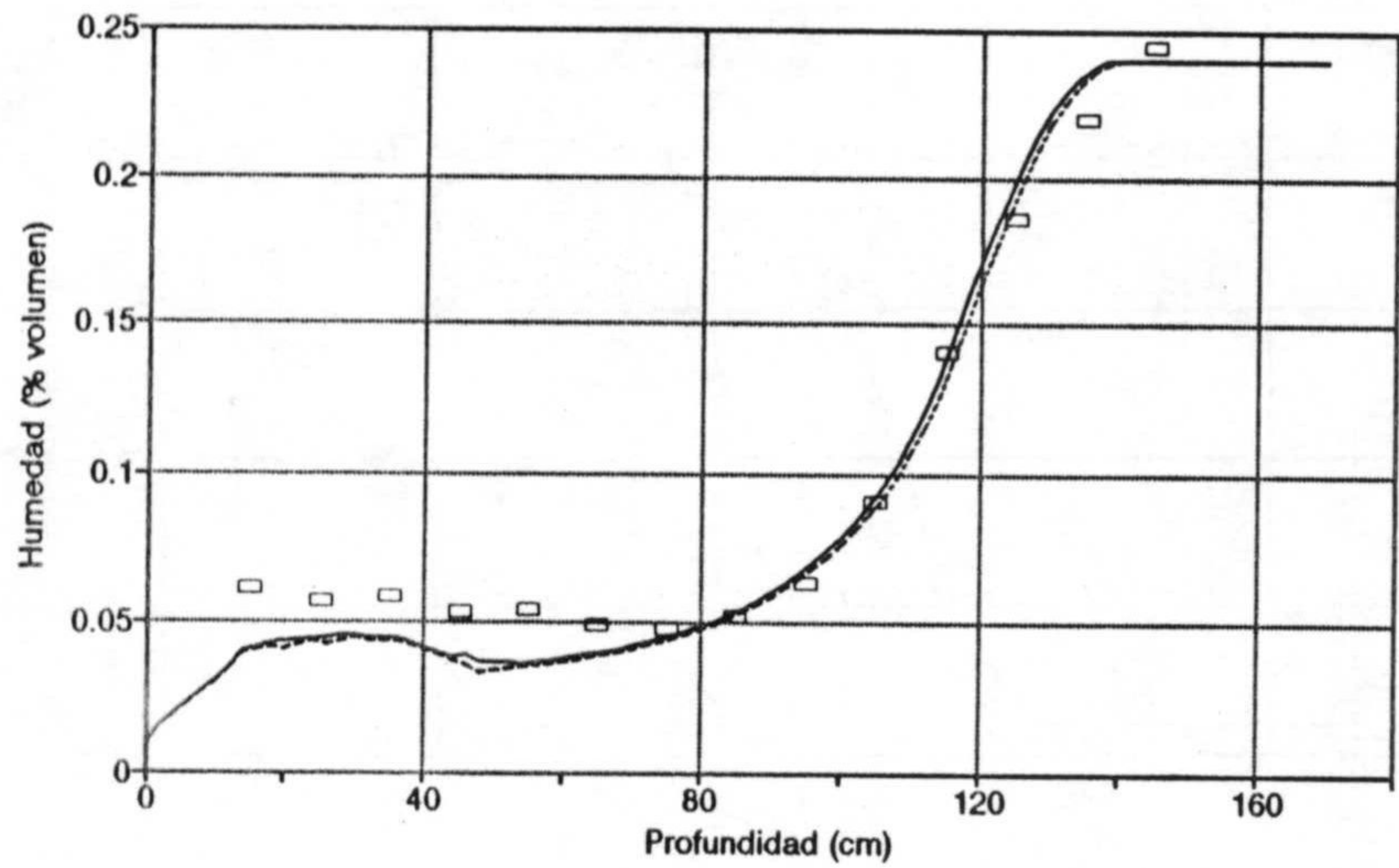
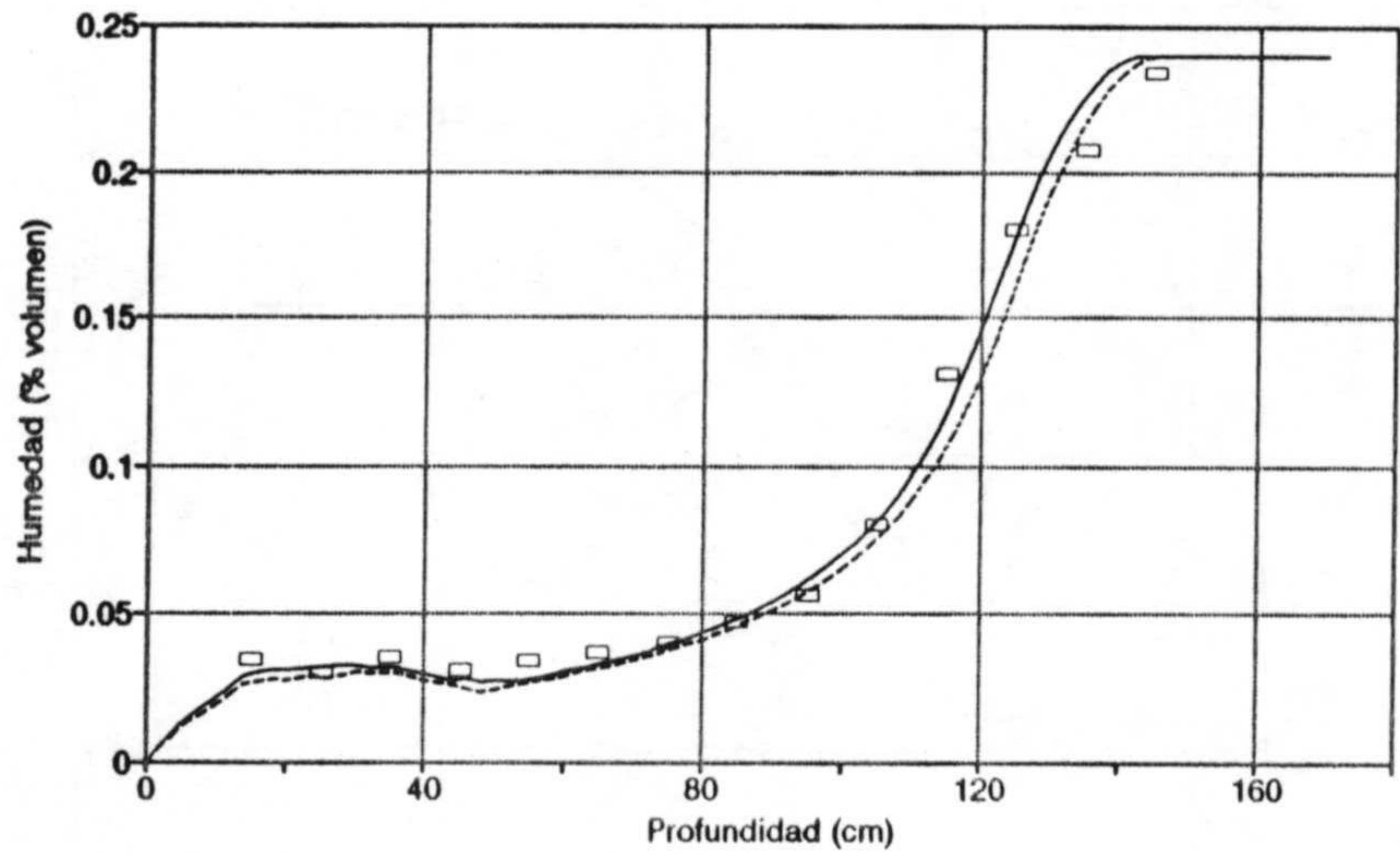
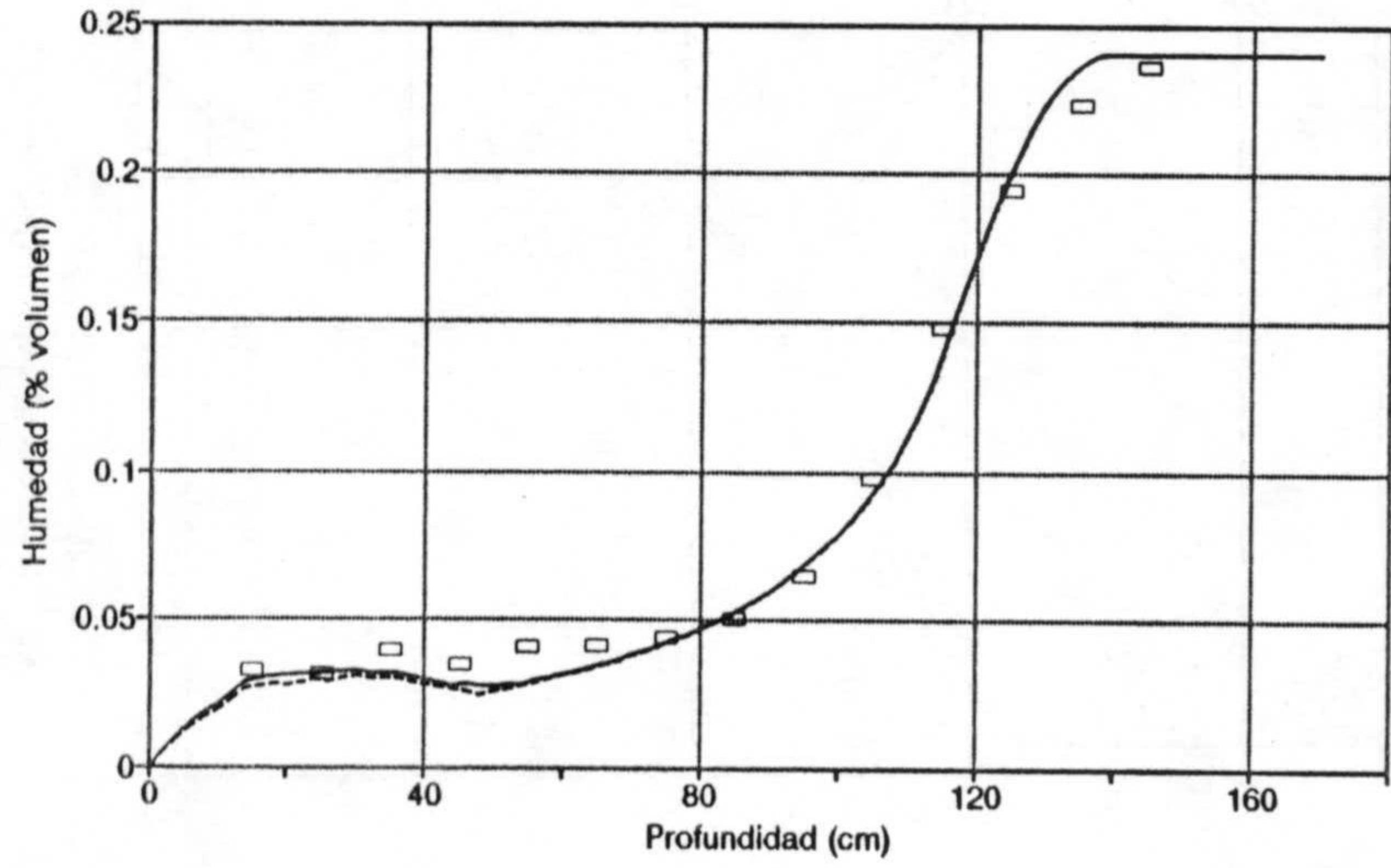
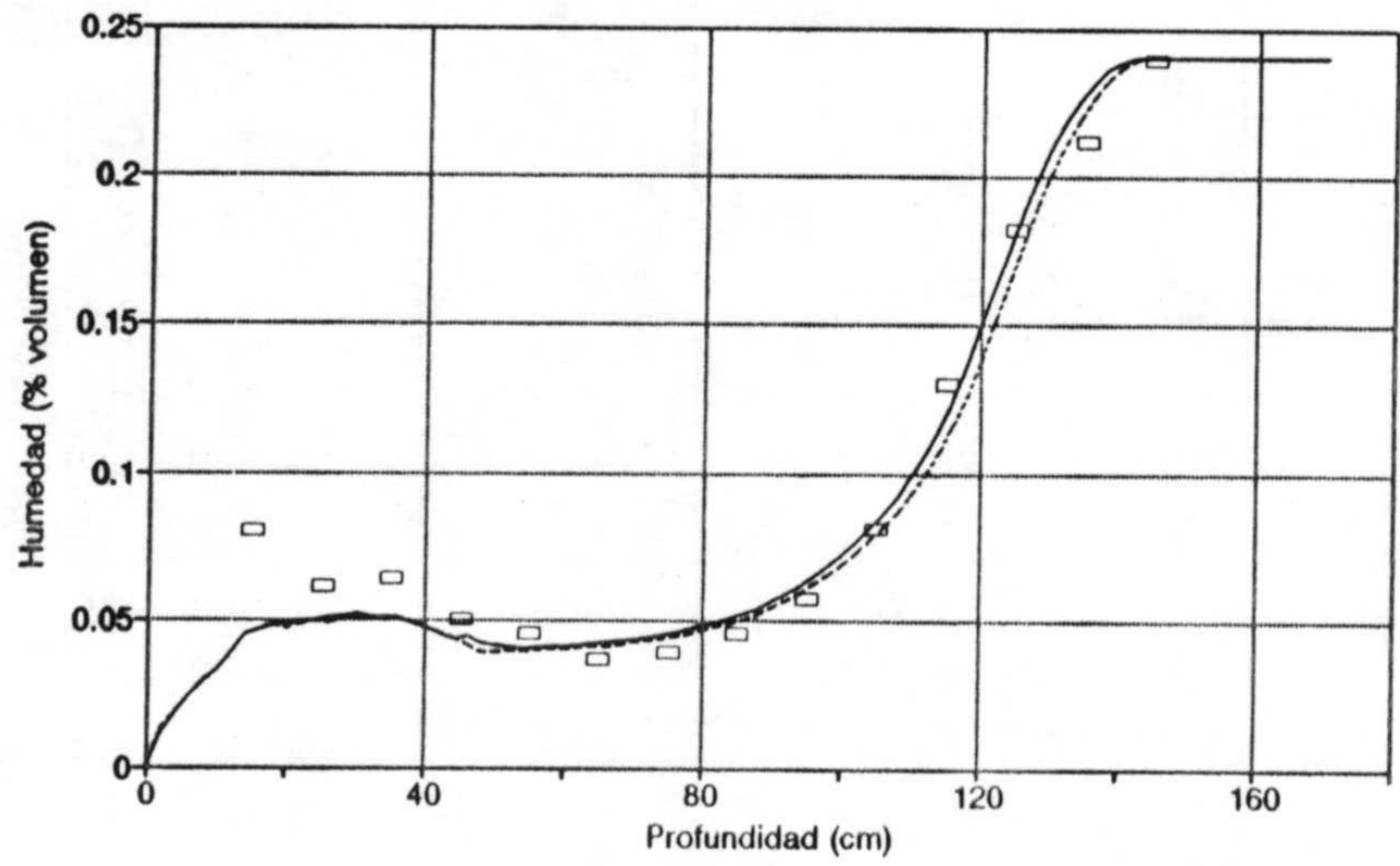


Figura 8.10. Continuación

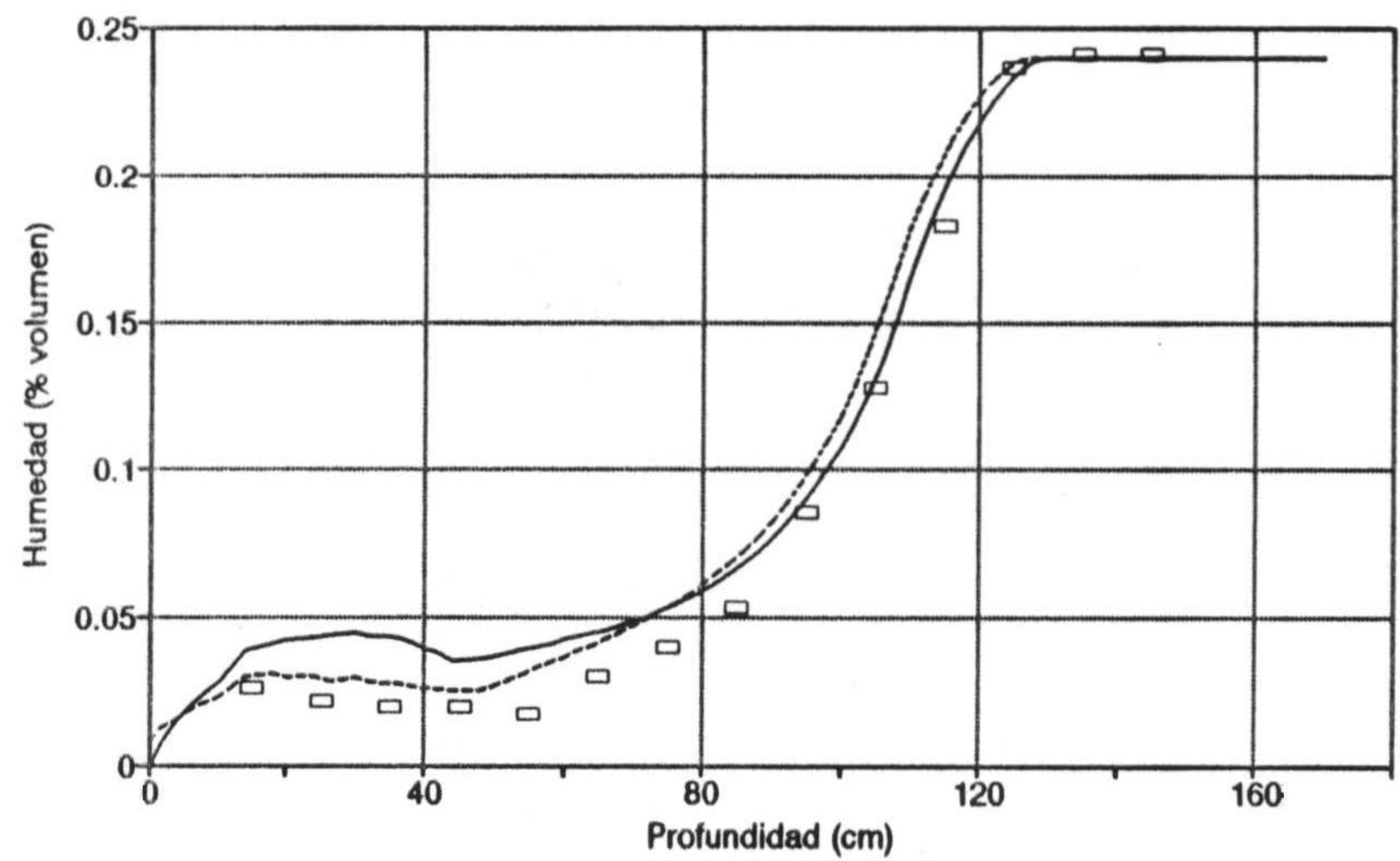
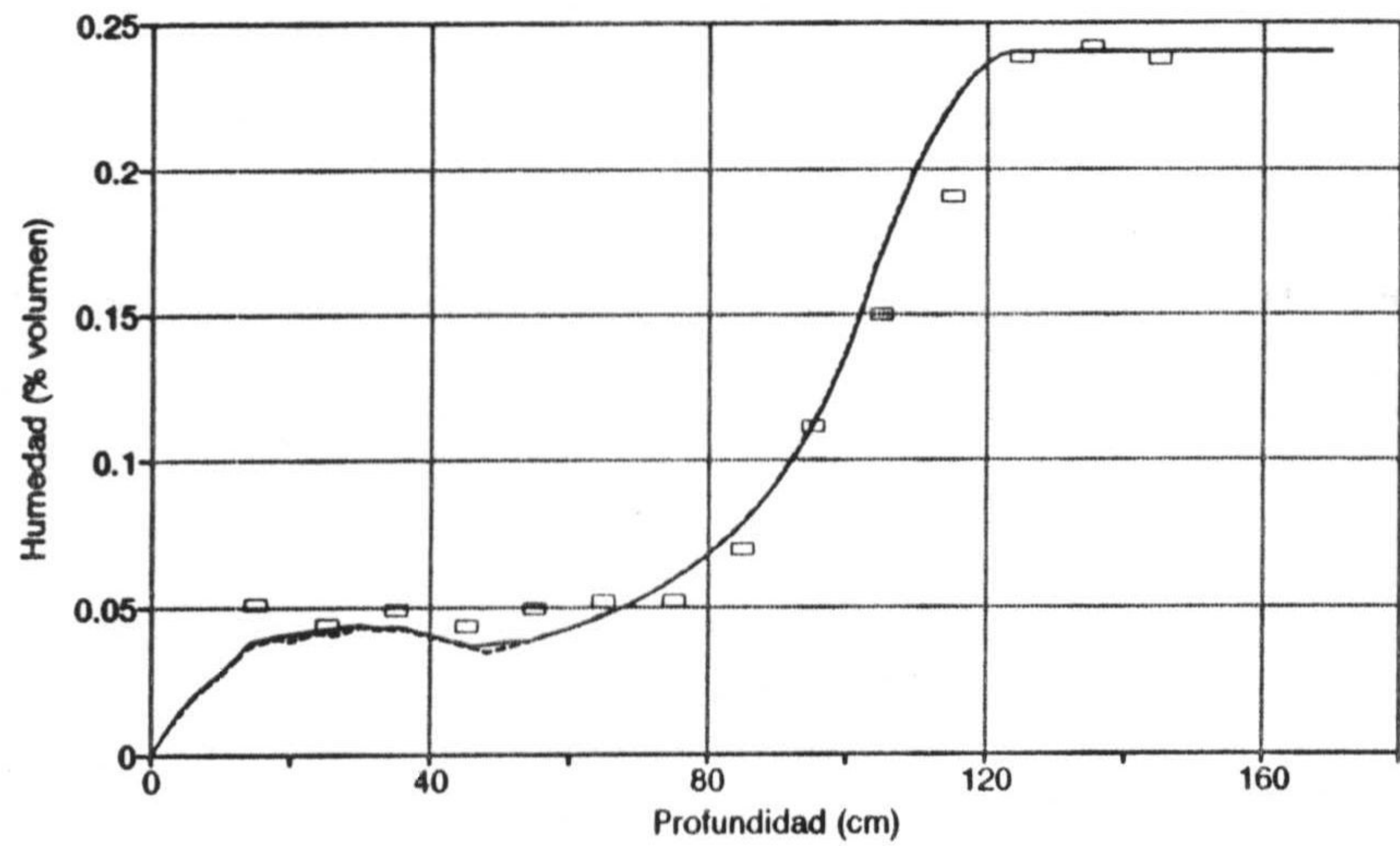
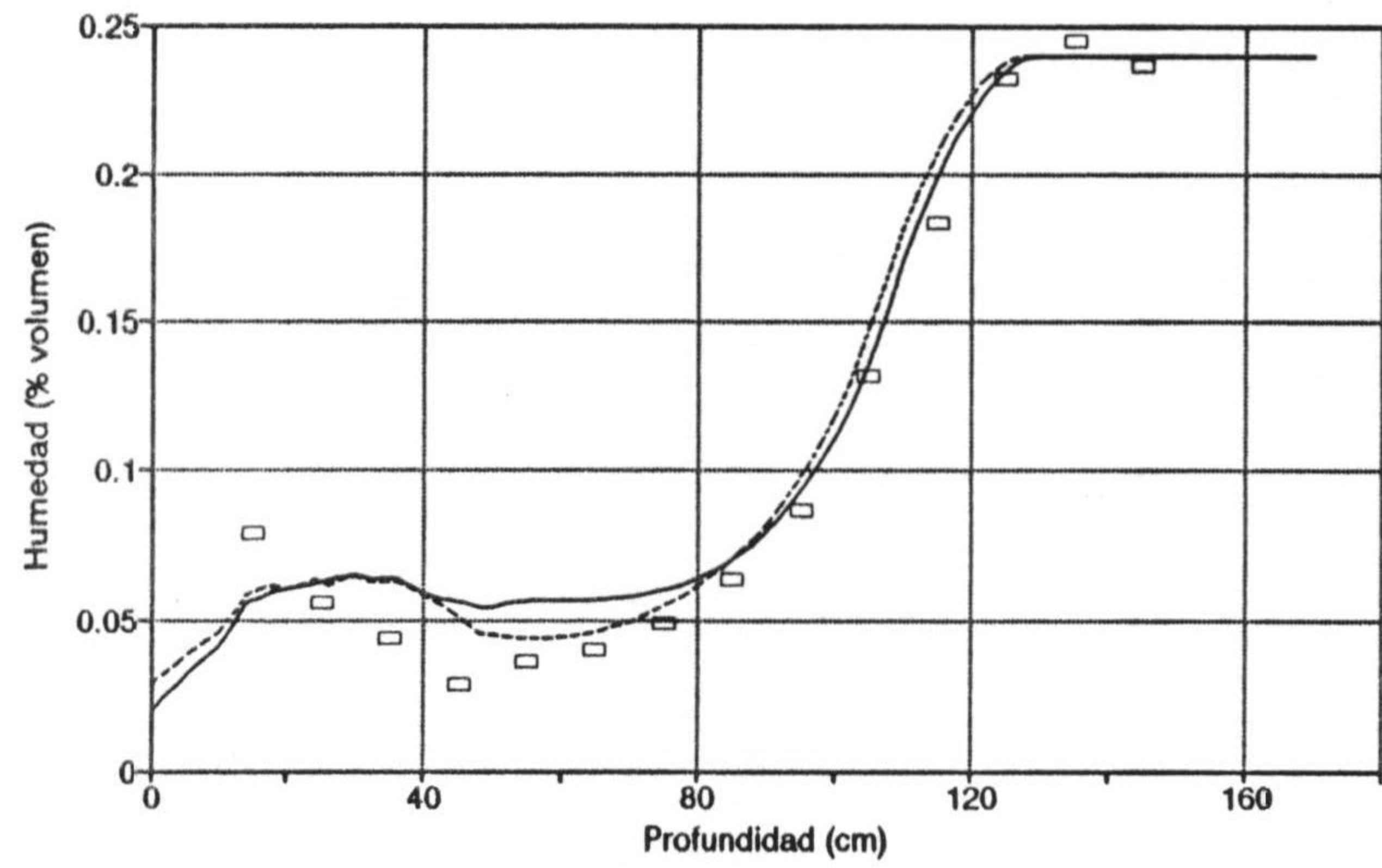
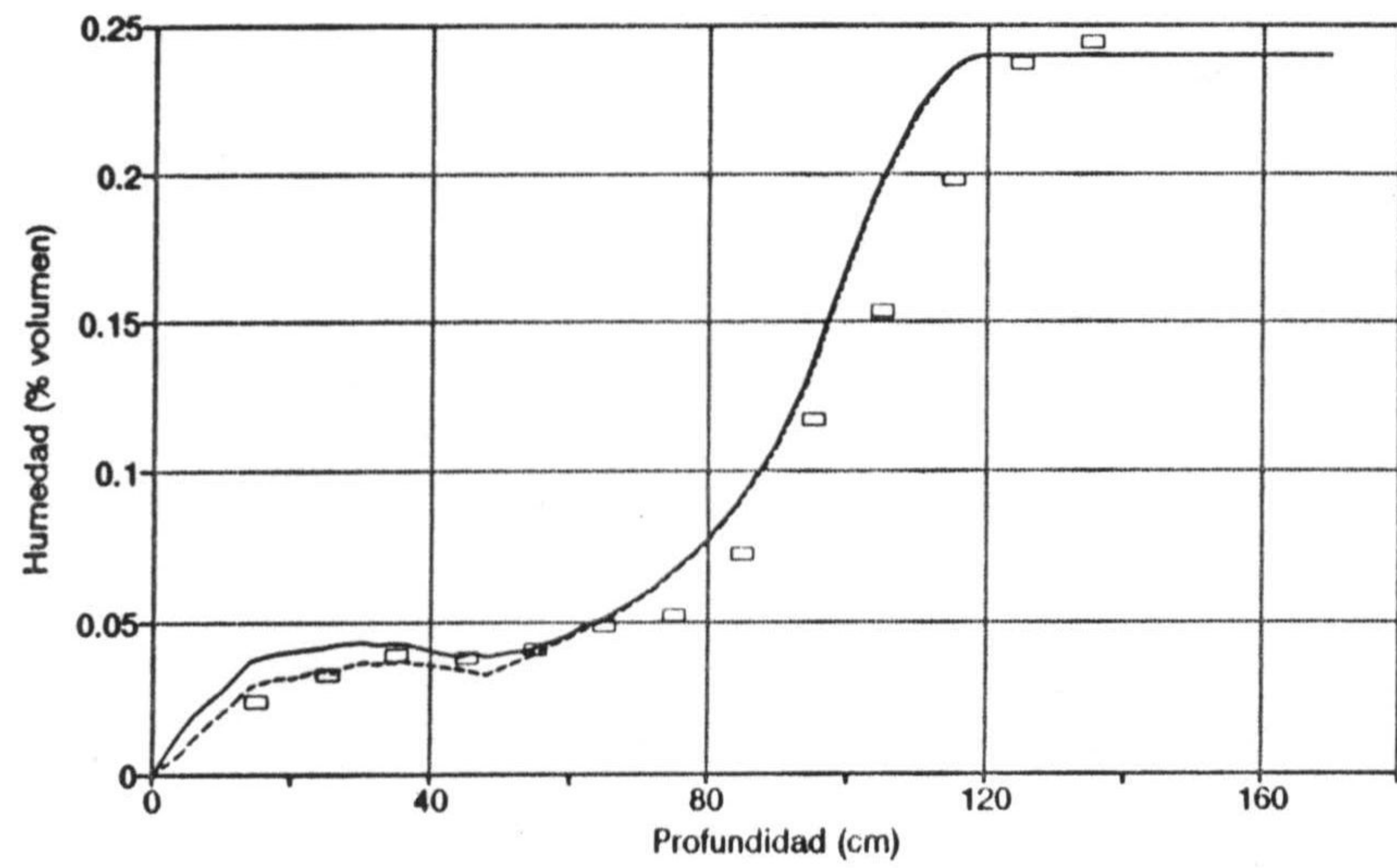


Figura 8.10. Continuación

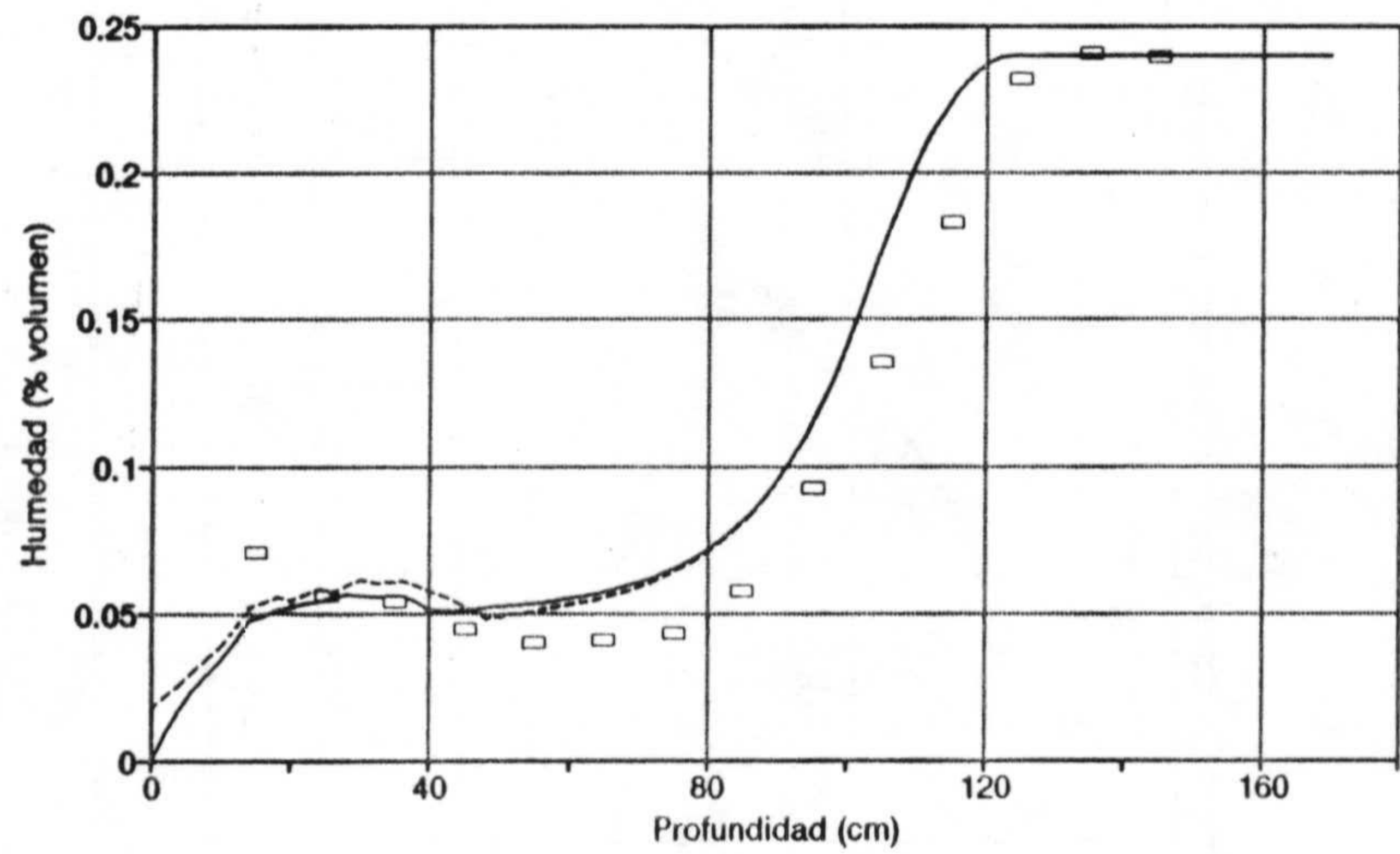
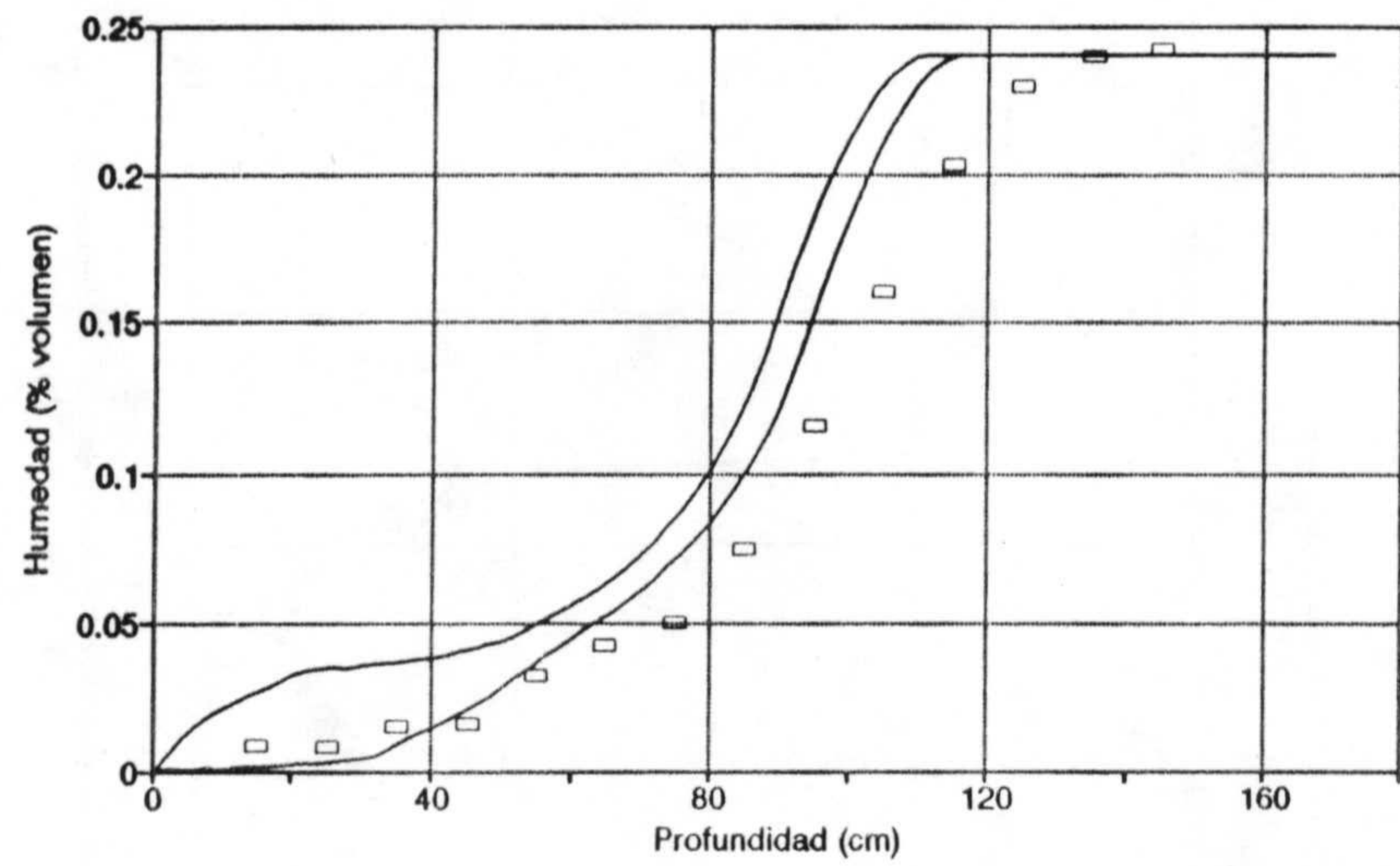


Figura 8.10. Continuación

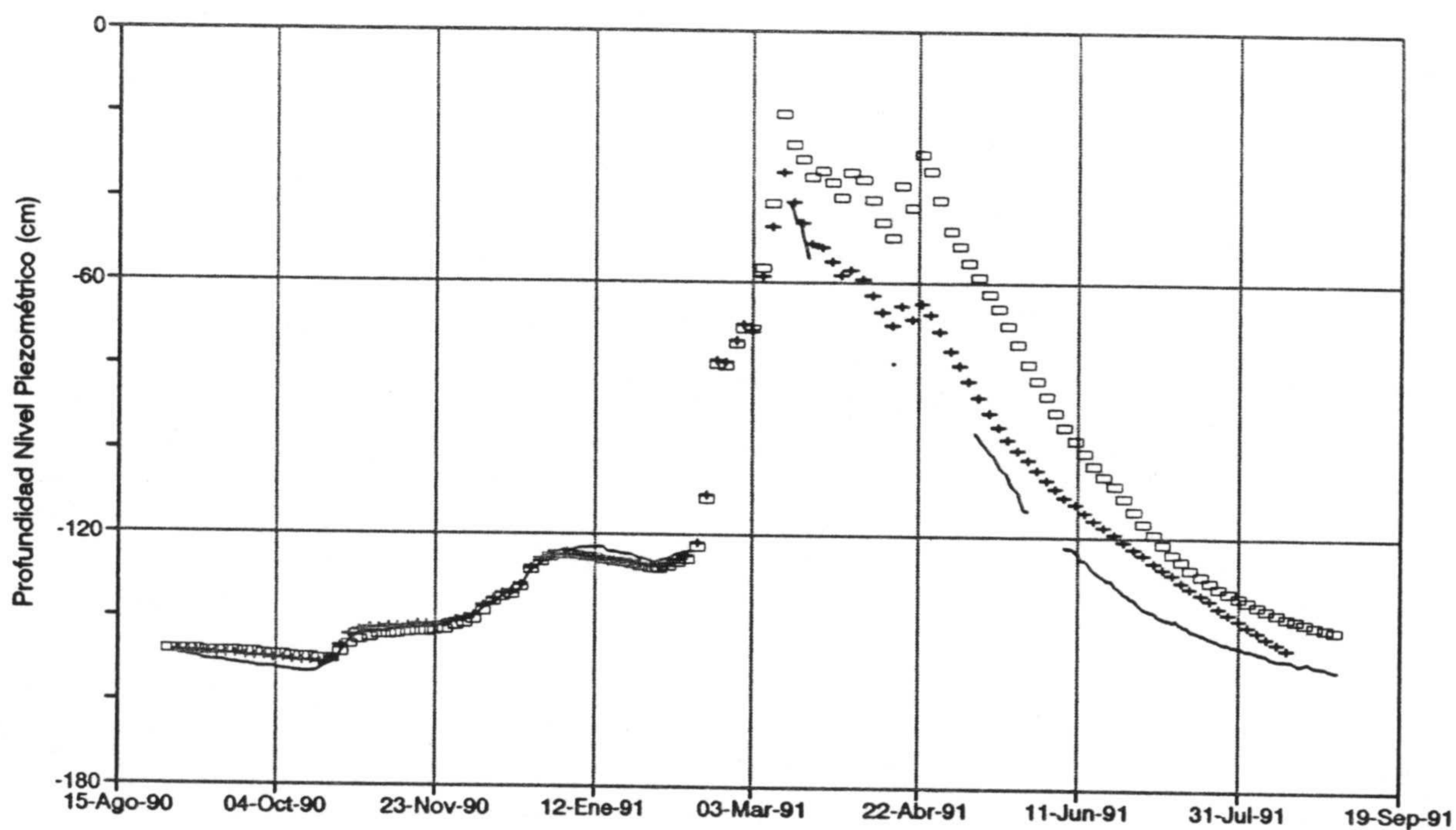
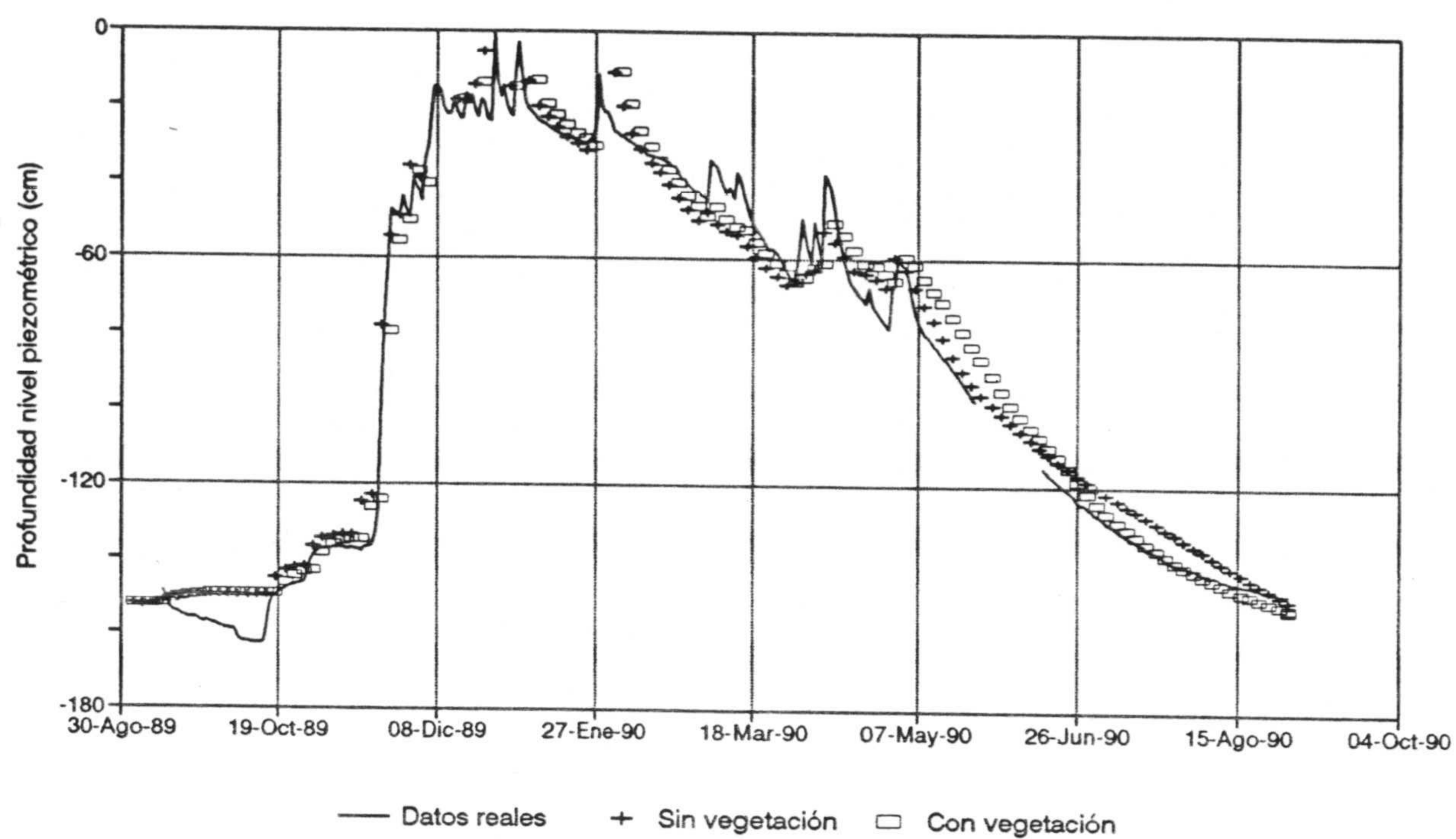


Figura 8.11. Comparación entre la evolución registrada del nivel piezométrico y la obtenida a partir del modelo en la estación 4 (Palacio Doñana).

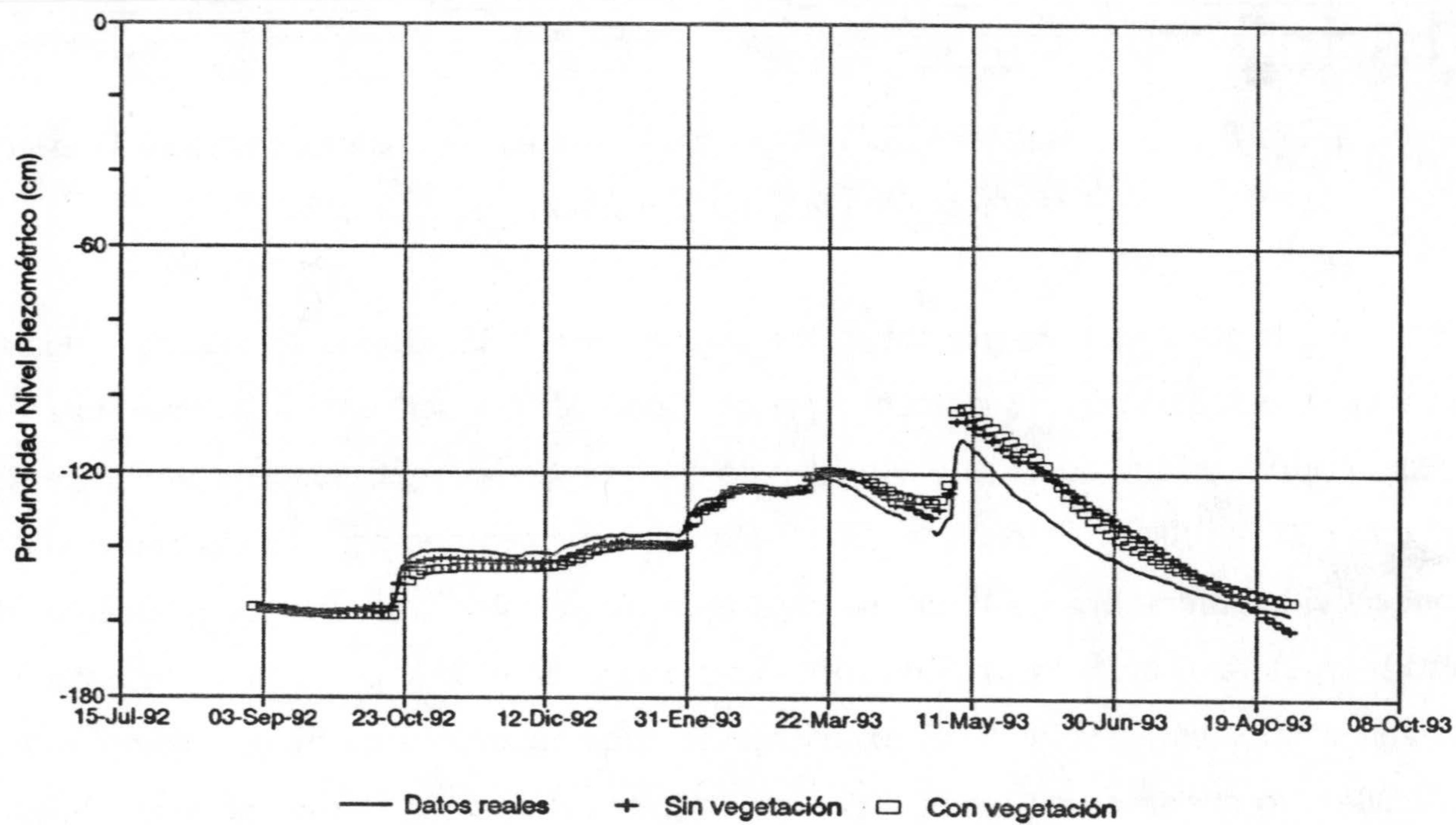
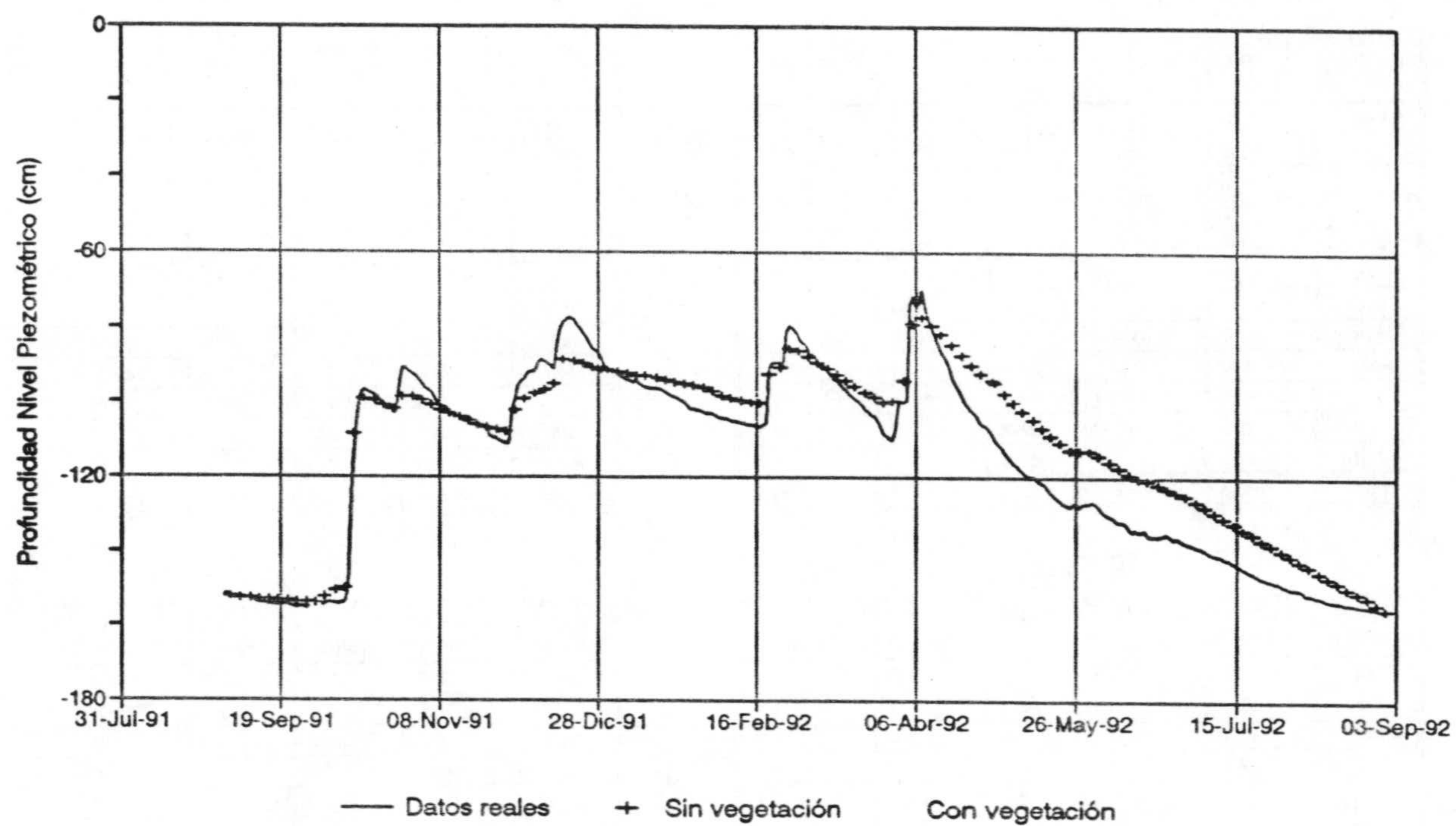


Figura 8.11. Continuación

AÑO 89/90

	Ppción mm	Esc.Sup. mm	Drenaje mm	ETR mm	Variac. Vol. mm
Sep	29.0	0.0	2.9	18.3	10.7
Oct	70.6	0.0	3.0	25.5	45.1
Nov	234.5	0.0	2.9	34.3	200.2
Dic	237.9	181.7	3.0	38.6	17.6
Ene	83.4	66.5	3.0	19.0	-2.2
Feb	0.0	0.0	2.7	28.2	-28.3
Mar	20.9	0.0	3.0	49.0	-28.1
Abr	70.7	0.0	2.9	53.8	16.9
May	5.8	0.0	29.8	70.9	-65.1
Jun	0.0	0.0	28.8	16.9	-16.9
Jul	0.0	0.0	29.8	6.9	-6.9
Ago	0.0	0.0	29.8	3.6	-3.6
Total	752.8	248.2	141.3	365.1	139.5

AÑO 90/91

	Ppción mm	Esc.Sup. mm	Drenaje mm	ETR mm	Vanac. Vol. mm
Sep	4.1	0.0	2.9	6.2	-2.1
Oct	80.9	0.0	3.0	34.3	26.6
Nov	30.8	0.0	2.9	19.7	11.1
Dic	52.9	0.0	3.0	20.4	32.5
Ene	3.9	0.0	3.0	10.8	-6.9
Feb	159.9	0.0	2.7	19.6	140.3
Mar	96.0	0.0	29.8	45.1	50.9
Abr	51.5	0.0	28.8	53.4	-1.9
May	0.2	0.0	29.8	47.7	-47.5
Jun	0.0	0.0	28.8	12.6	-12.6
Jul	5.1	0.0	29.8	10.4	-5.3
Ago	0.0	0.0	29.8	3.4	-3.4
Total	465.3	0.0	194.0	283.6	181.7

AÑO 91/92

	Ppción mm	Esc.Sup. mm	Drenaje mm	ETR mm	Variac. Vol. mm
Sep	37.5	0.0	2.9	14.0	23.5
Oct	143.9	0.0	3.0	39.4	104.5
Nov	25.4	0.0	2.9	23.6	1.8
Dic	47.9	0.0	3.0	23.9	24.0
Ene	3.9	0.0	3.0	13.8	-9.9
Feb	50.2	0.0	2.8	23.3	26.9
Mar	26.8	0.0	3.0	39.5	-12.7
Abr	53.3	0.0	2.9	56.4	-3.1
May	31.4	0.0	29.8	41.8	-10.4
Jun	30.5	0.0	28.8	30.4	0.1
Jul	0.0	0.0	29.8	6.0	-6.0
Ago	1.4	0.0	29.8	4.4	-3.0
Total	452.2	0.0	141.4	316.6	135.6

AÑO 92/93

	Ppción mm	Esc.Sup. mm	Drenaje mm	ETR mm	Variac. Vol. mm
Sep	23.3	0.0	2.9	9.8	13.5
Oct	58.0	0.0	3.0	30.4	27.6
Nov	9.6	0.0	2.9	11.3	-1.7
Dic	41.7	0.0	3.0	23.4	18.3
Ene	39.9	0.0	3.0	9.7	30.2
Feb	20.3	0.0	2.7	18.9	1.4
Mar	34.3	0.0	3.0	21.3	13.0
Abr	58.1	0.0	28.8	21.6	36.5
May	71.0	0.0	29.8	38.8	32.2
Jun	0.2	0.0	28.8	8.7	-8.5
Jul	0.0	0.0	29.8	4.0	-4.0
Ago	0.0	0.0	29.8	2.4	-2.4
Total	356.4	0.0	167.2	200.3	156.1

Tabla 8.1. Resultados del modelo para los cuatro años de control en la estación 4 (Palacio Doñana) sin considerar la vegetación

En la tabla 8.1 se presentan los valores mensuales de los resultados obtenidos. Aunque a continuación se comentan estos datos, deben ser tomados como una mera aproximación, ya que no ha sido considerado el efecto de la vegetación existente y, como se ha señalado, un incremento de la ETR podría ser compensado por una disminución de la conductividad hidráulica de la última capa (que controla los descensos en el modelo). Por otro lado, el valor de la escorrentía superficial para el año 89/90 no ha sido contrastado por ningún medio, sólo responde al excedente de agua cuando el perfil está completamente saturado. No obstante, la dinámica del movimiento del agua en la zona no saturada parece bien representada con las características hidráulicas empleadas, pero para obtener un modelo preciso sería necesario introducir el efecto de la vegetación y disponer de medidas experimentales, más continuas en el tiempo, del potencial matricial.

La ETR, con valores comprendidos entre 200 mm el año 92/93 y 365 mm el año 89/90, está condicionada fundamentalmente por la profundidad del nivel piezométrico, de forma que para el año 89/90 (con precipitaciones intensas y, por lo tanto, nivel piezométrico cercano a la superficie) se obtienen valores de la ETR cercanos a la ETP durante los meses de invierno y primavera.

En la figura 8.12 se representa la evaporación que se obtendría en función de la profundidad del nivel piezométrico para distintos valores de la ETP. Se han supuesto condiciones de equilibrio, con un aporte continuo de agua por el límite inferior para mantener el nivel piezométrico a una profundidad constante. Se comprueba que la evaporación disminuye exponencialmente al disminuir la profundidad del nivel, así para 60 cm se obtendría una evaporación máxima cercana a 10 mm/día (con cualquier ETP superior a este valor), mientras que con el nivel a 100 cm la evaporación máxima posible es aproximadamente de 0.9 mm/día y a 160 cm de profundidad se reduce a 0.03 mm/día. Otra conclusión que se extrae de este gráfico es que, con valores del nivel piezométrico por encima de 80 cm y para valores de la ETP inferiores a 4 mm, la evaporación sería igual a la ETP.

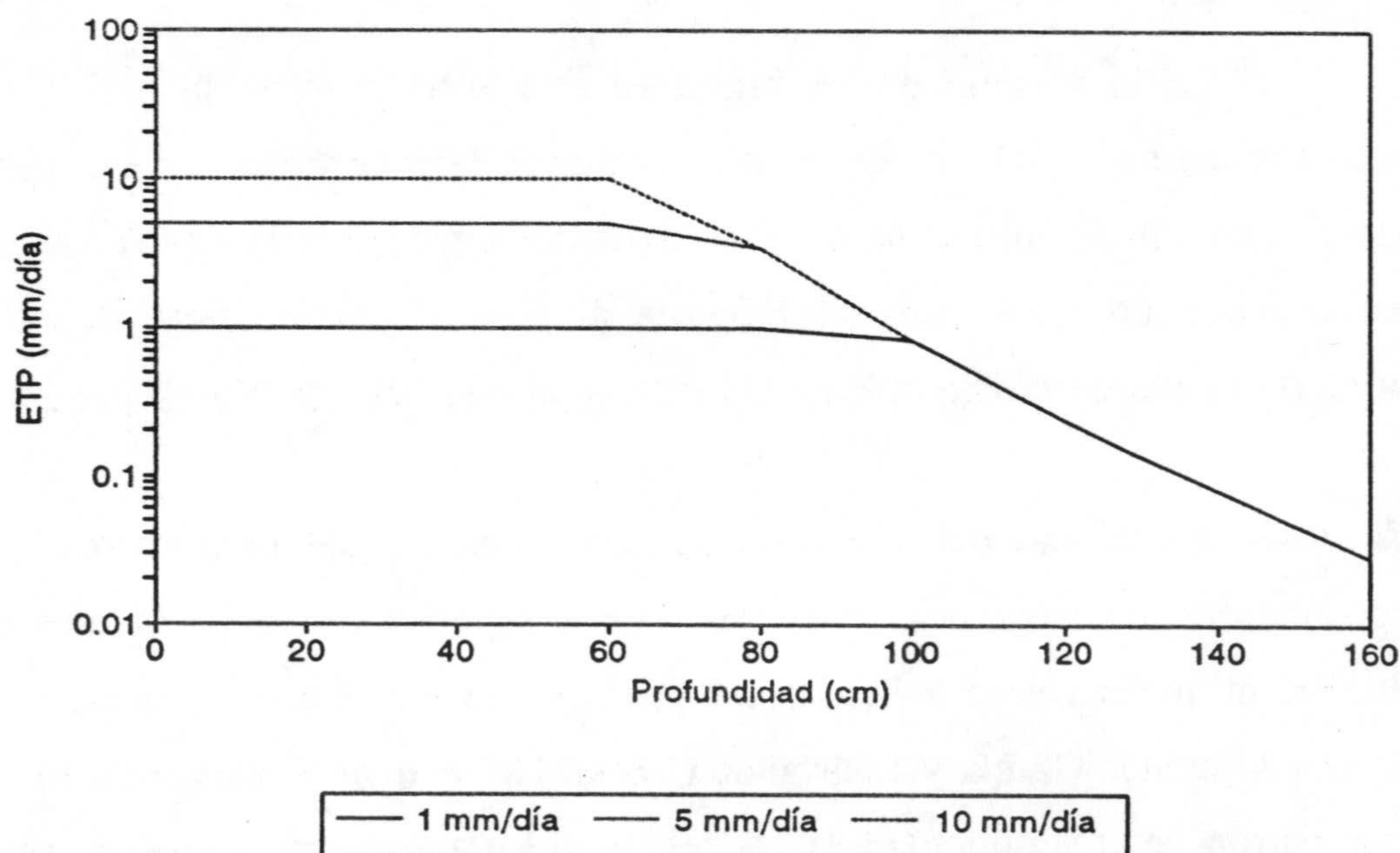


Figura 8.12. Modelo de evaporación en función de la profundidad del nivel piezométrico, para distintos valores de ETP en la estación 4 (Palacio Doñana)

Debe ser por ello que la recarga anual se mantiene en los cuatro años controlados, pues cuando la recarga es mayor el nivel piezométrico asciende hacia la superficie, favoreciendo de esta forma el incremento de la ETR.

8.3.3. Modelización en la estación 4 (Palacio Doñana) considerando la vegetación

Como se ha aludido anteriormente, aunque las características hidráulicas utilizadas en el modelo parecen corresponder aceptablemente con las medidas empíricas, los resultados de éste podrían variar sustancialmente disminuyendo la conductividad hidráulica asignado a la capa inferior del modelo y teniendo en cuenta la transpiración vegetal. Por ello, a continuación se realiza un modelo aproximado considerando la vegetación.

Atendiendo a la vegetación, la zona donde se halla la estación 4 puede clasificarse como "monte intermedio" en el que las especies de matorral predominantes son: *Halimium halimifolium* (jaguarzo) y *Ulex australis*.

La distribución vertical de las raíces en esta zona muestra la mayor parte de la biomasa en los primeros 25 cm del perfil (Martínez García y Rodríguez, 1988; Muñoz Reinoso, com. pers.). En una zona de características similares a la estación 4 se halló, en un muestreo realizado en febrero de 1994, la distribución de densidad de raíces con la profundidad mostrada en la figura 8.11 (Muñoz Reinoso, com. pers.).

Se observa que más del 50% de las raíces se hallan en los primeros 12.5 cm del perfil, con una densidad máxima en este horizonte superior a 4 cm de raíces por cm³ de suelo. El 86% de las raíces se hallan en los primeros 25 cm. Esta distribución es similar a la hallada por Martínez García y Rodríguez (1988). No se tienen datos en la zona estudiada relativos al patrón de crecimiento de las raíces, pero los autores mencionados anteriormente encontraron que en varios perfiles realizados en febrero la biomasa fue un 50% mayor que la hallada en agosto.

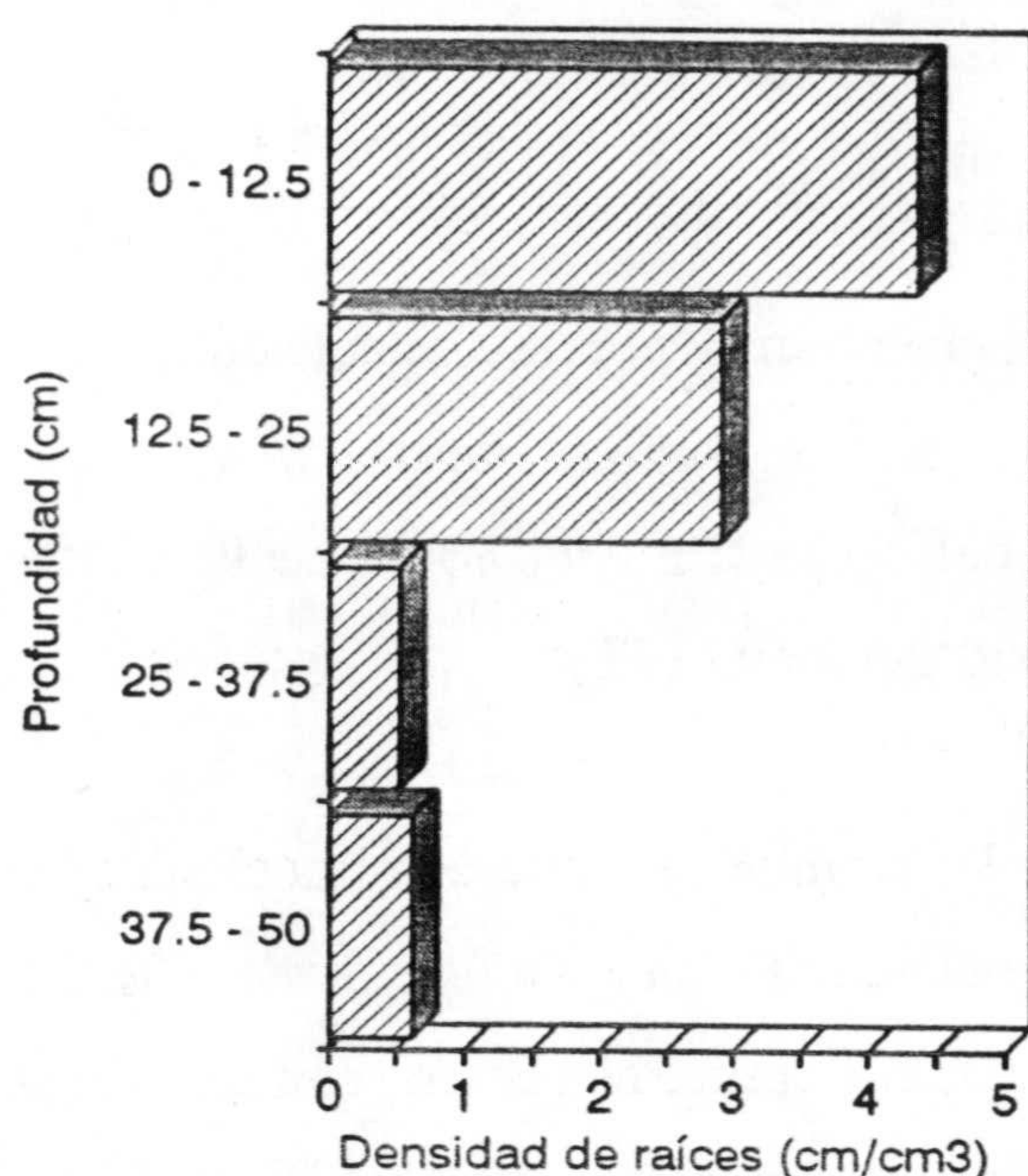


Figura 8.13. Distribución de las raíces con la profundidad (Muñoz Reinoso, com. pers.)

Otro dato necesario para el modelo es el máximo potencial del xilema ó potencial matricial de la planta; éste es el valor por debajo del cual la planta no puede extraer agua del suelo. Usualmente se supone para este parámetro un valor de -15000 cm (Hillel, 1980a; Ross, 1990a). Sin embargo, medidas efectuadas en algunas especies de matorral del Parque Nacional de Doñana han llegado a alcanzar -80 atmósferas (Merino et al., 1976). Para la especie *Halimium halimifolium*, estos investigadores hallaron valores medios cercanos a -9 atm en invierno y -17 atm en verano, con máximos en torno a -25 atm. No obstante, estas variaciones no tienen apenas incidencia en los resultados del modelo ya que la conductividad hidráulica, con esos potenciales matriciales, tiene un valor muy bajo (4×10^{-14} cm/día y 7×10^{-16} cm/día para -10 y -20 atm, respectivamente). Por ello, en nuestro modelo utilizaremos un potencial matricial de -15000 cm para todo el año.

Un factor importante que hay que introducir en el modelo es el reparto de la ETP entre la transpiración vegetal y la evaporación directa del suelo. Según Belmans et al. (1983) la evaporación potencial a partir del suelo se calcula mediante la expresión:

$$EP = ETP * 0.9 e^{(-0.6 * I)}$$

donde EP es la evaporación potencial directa del suelo e I es el índice de área foliar, que se

calcula según la ecuación:

$$I = aS + bS^2 + cS^3$$

donde S es la fracción de suelo cubierto por la vegetación y a, b y c son coeficientes empíricos. Con una cobertura vegetal del 50% en nuestra área de estudio se obtienen valores para la evaporación potencial del suelo (EP) del 30 % de la ETP, y por lo tanto el 70% correspondería a la transpiración potencial (TP).

El modelo también permite simular que sólo una fracción de la transpiración potencial pueda ser empleada por la vegetación. El mejor ajuste se ha obtenido utilizando el 40% de la TP durante el invierno y el 100% durante el verano, con una variación exponencial entre estos valores durante primavera y otoño.

Los perfiles de humedad obtenidos son similares a los obtenidos anteriormente sin vegetación durante otoño e invierno (fig. 8.10). En primavera y verano, los perfiles obtenidos simulando la vegetación muestran un mejor ajuste (por ejemplo, perfil del 4 de junio 93), dado que con la presencia de raíces la humedad disminuye rápidamente en los primeros 25 cm de profundidad.

Las gráficas de evolución del nivel piezométrico son muy parecidas a las que se obtuvieron sin vegetación en el ensayo anterior, con un buen ajuste con los datos experimentales. Ello parece confirmar que, en la modelización anterior, el drenaje puede corresponder a la ETR no simulada.

Otro argumento en favor de ésta hipótesis es que la decrecida del nivel piezométrico durante la primavera y verano se ajusta mejor si consideramos la presencia de vegetación. Así, al simular un drenaje, el nivel piezométrico desciende de forma lineal. Si, por el contrario, las pérdidas se deben a una salida por la vegetación, el nivel disminuye exponencialmente como ya se vió para la evaporación directa del suelo (fig. 8.12).

En la tabla 8.2 se muestran los resultados obtenidos, con una ETR que se aproxima

a los valores de la precipitación (excepto el año 89/90, pues la escorrentía superficial supuso una parte importante del balance). Como se mencionó anteriormente, a falta de series de datos de potencial matricial del suelo, estos valores son sólo tentativos y pueden diferir ampliamente de los reales, pues se podría suponer incluso una alimentación por el límite inferior del perfil, incrementando de este modo la ETR.

AÑO 1989/90

	Ppción mm	ETP mm	Esc.Sup. mm	ETR mm	Recarga mm
Sep	29.0	105.5	0.0	23.9	5.1
Oct	70.6	76.2	0.0	29.1	41.5
Nov	234.5	44.2	0.0	35.2	199.3
Dic	237.9	42.7	183.1	38.6	16.2
Ene	83.4	18	68.0	19.0	-3.6
Feb	0.0	28.2	0.0	28.3	-28.3
Mar	20.9	50.1	0.0	49.0	-28.1
Abr	70.7	53.8	0.0	53.8	16.9
May	5.8	96.9	0.0	96.5	-90.7
Jun	0.0	120.1	0.0	80.8	-80.8
Jul	0.0	183	0.0	40.1	-40.1
Ago	0.0	162.1	0.0	20.2	-20.2
Total	752.8	980.8	251.1	514.5	-12.8

AÑO 1990/91

	Ppción mm	ETP mm	Esc.Sup. mm	ETR mm	Recarga mm
Sep	4.1	119.9	0.0	15.0	-10.9
Oct	60.9	74.5	0.0	36.7	24.2
Nov	30.8	33.6	0.0	20.2	10.6
Dic	52.9	20.9	0.0	20.8	32.1
Ene	3.9	18.3	0.0	12.6	-8.7
Feb	159.9	19.6	0.0	19.6	140.3
Mar	96.0	45.6	0.0	45.1	50.9
Abr	51.5	53.4	0.0	53.4	-1.9
May	0.2	87.7	0.0	87.7	-87.5
Jun	0.0	139.1	0.0	86.0	-86.0
Jul	5.1	172.1	0.0	44.4	-39.3
Ago	0.0	165.6	0.0	16.9	-16.9
Total	465.3	950.3	0.0	458.4	6.9

AÑO 1991/92

	Ppción mm	ETP mm	Esc.Sup. mm	ETR mm	Recarga mm
Sep	37.5	122	0.0	22.3	15.2
Oct	143.9	56.1	0.0	39.8	104.1
Nov	25.4	32.5	0.0	24.2	1.2
Dic	47.9	28.7	0.0	23.9	24.0
Ene	3.9	13.6	0.0	13.8	-9.9
Feb	50.2	29	0.0	23.2	27.0
Mar	26.8	45.6	0.0	44.6	-17.8
Abr	53.3	70.6	0.0	64.2	-10.9
May	31.4	105.9	0.0	78.3	-46.9
Jun	30.5	103.5	0.0	63.7	-33.2
Jul	0.0	169.8	0.0	37.6	-37.6
Ago	1.4	152.1	0.0	23.5	-22.1
Total	452.2	929.4	0.0	459.1	-6.9

AÑO 1992/93

	Ppción mm	ETP mm	Esc.Sup. mm	ETR mm	Recarga mm
Sep	23.3	107.6	0.0	14.2	9.1
Oct	58.0	56.7	0.0	31.1	26.9
Nov	9.6	32.7	0.0	12.3	-2.7
Dic	41.7	30.5	0.0	23.6	18.1
Ene	39.9	16.4	0.0	11.3	28.6
Feb	20.3	25.5	0.0	21.1	-0.8
Mar	34.3	44.9	0.0	29.1	5.2
Abr	58.1	49.3	0.0	43.3	14.8
May	71.0	84.8	0.0	75.7	-4.7
Jun	0.2	132.6	0.0	57.4	-57.2
Jul	0.0	178.1	0.0	25.2	-25.2
Ago	0.0	154.1	0.0	12.1	-12.1
Total	356.4	913.2	0.0	356.4	-0.0

Tabla 8.2. Resultados del modelo en la estación 4 (Palacio Doñana) teniendo en cuenta la vegetación.

8.4. MODELIZACION DE UN PERFIL EN LA ESTACION 5 (CORRAL LARGO)

8.4.1. Parámetros de entrada

A diferencia de los que ocurre en la estación del Palacio Doñana, en algunas zonas del Corral Largo el nivel piezométrico está bastante profundo como para no interferir en el proceso de infiltración en los primeros metros del perfil. En este sector se disponía de varios puntos de medida con diferentes cotas y, consecuentemente, con el nivel piezométrico a distintas profundidades. A continuación se modeliza el perfil correspondiente al punto de control situado a la cota más elevada, donde el espesor de la zona no saturada es mayor.

Este punto está situado en la ladera de una duna activa desprovista de vegetación; ello simplifica los parámetros de entrada ya que no existe transpiración vegetal y las pérdidas a la atmósfera se producen sólo por evaporación.

La permeabilidad evaluada mediante un ensayo con infiltrómetro de doble anillo es de 3000 cm/día. Este valor y la ausencia de evidencias morfológicas (surcos, regueros, etc.) inducen a considerar despreciable la escorrentía superficial, aunque ello pudo no ser cierto durante las fuertes precipitaciones de otoño-invierno de 1989.

Se ha modelizado un perfil de 2 m de profundidad (hasta donde se dispone de medidas de humedad) en compartimentos de 5 cm de espesor, excepto en los 5 cm de superficie donde las capas son de 1 cm de espesor.

En la figura 8.14 se muestra la distribución granulométrica en función de la profundidad. Destaca la buena clasificación de las arenas y su homogeneidad en profundidad. Las características hidráulicas utilizadas en el modelo serán, por tanto, las mismas para todo el perfil. Estas han sido estimadas aplicando el modelo de Campbell a los datos experimentales de la curva de retención de humedad del suelo (obtenida del mismo modo que para el Palacio Doñana).

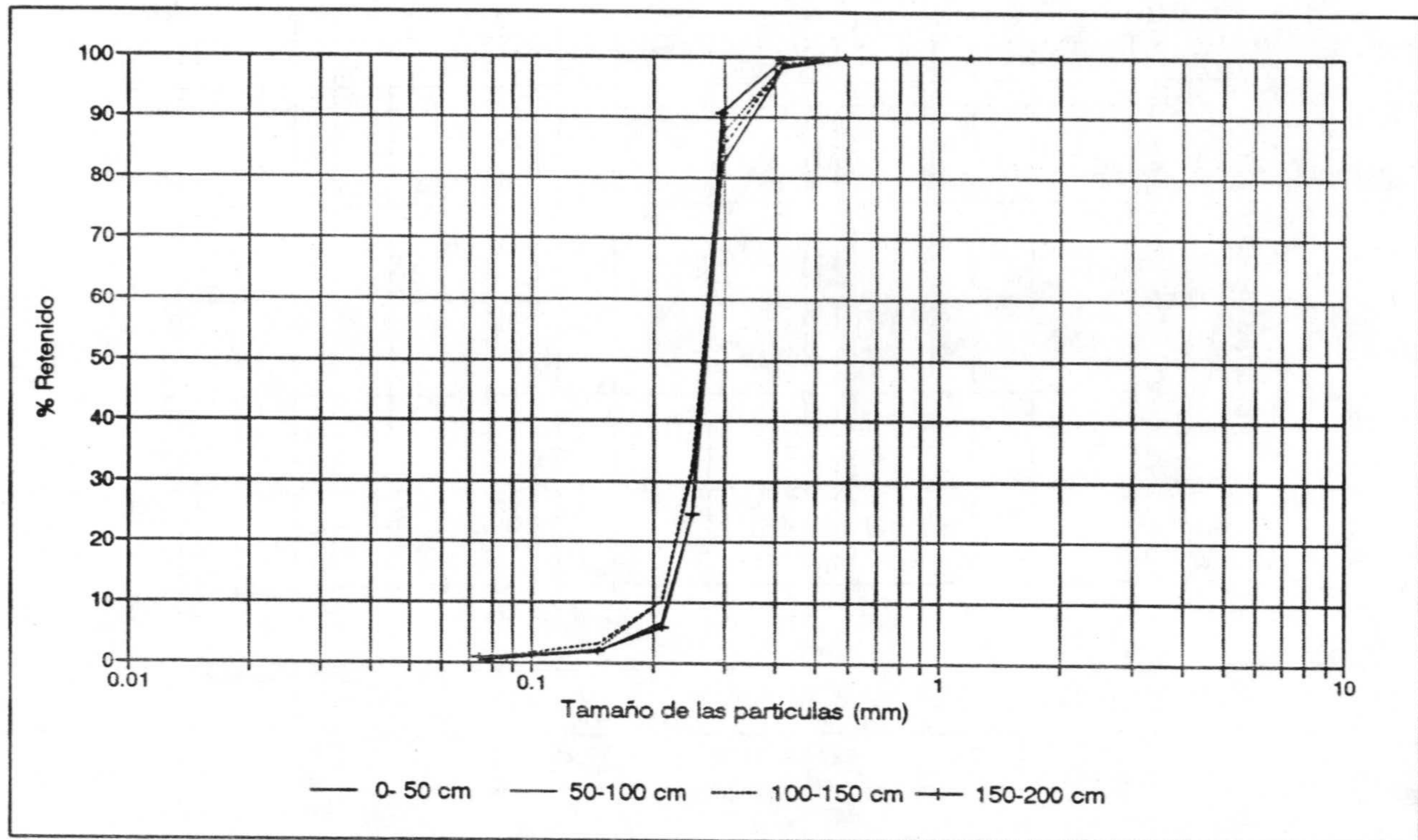


Figura 8.7. Curvas granulométricas para distintas profundidades en la estación 5 (Corral Largo).

Los datos utilizados son:

$$\theta_s = 30\% \text{ en volumen}$$

$$b = 1.5$$

$$h_e = -9 \text{ cm}$$

donde θ_s es el contenido de agua a saturación en el campo, b es la inversa de la pendiente de la relación potencial matricial versus humedad y h_e es el valor de entrada de aire.

El ajuste obtenido y la variación de la conductividad hidráulica en función de la humedad y del potencial matricial se muestran en la figura 8.15.

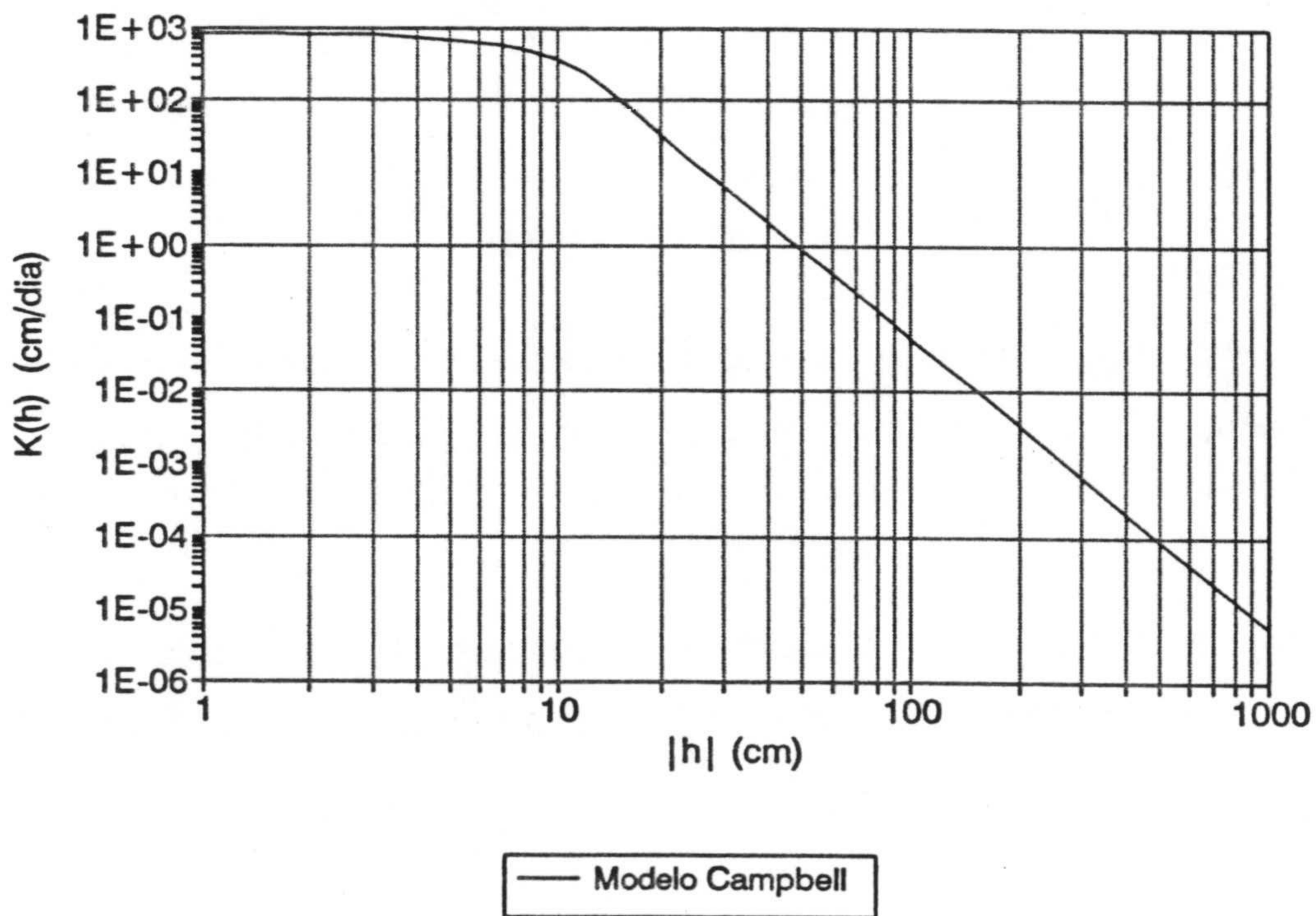
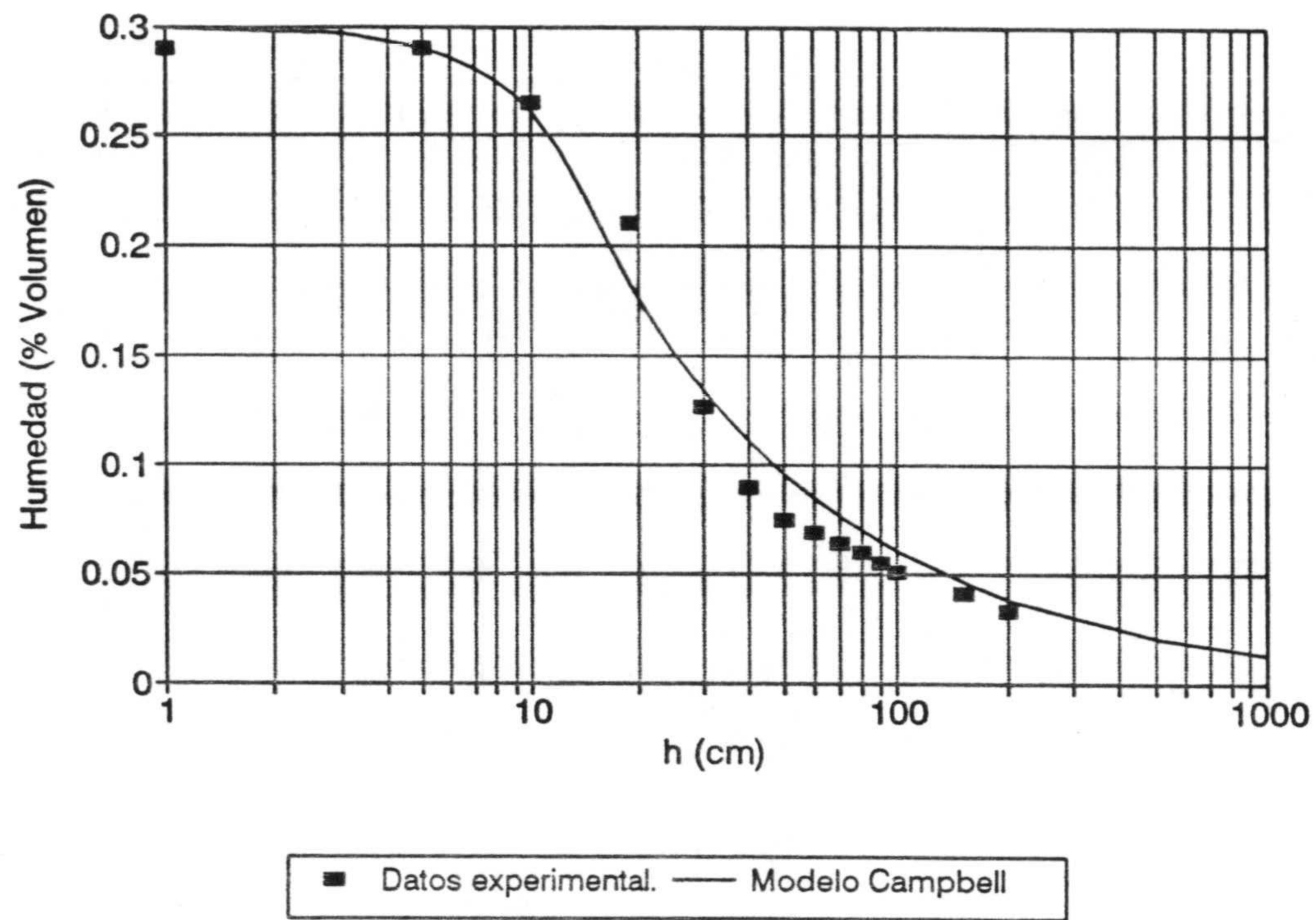


Figura 8.15. Ajuste de la curva de retención de humedad del suelo y conductividad hidráulica calculada en la estación 5 (Corral Largo).

En este punto no se controlan las precipitaciones con una periodicidad diaria, por lo que se utilizan los mismos datos pluviométricos disponibles de la estación 4 (Palacio Doñana), que han sido corregidos con los obtenidos a partir de un pluviómetro instalado por el Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla (en el marco del Proyecto "Efectos Ecológicos de la Explotación de acuíferos en el Parque Nacional de Doñana") que se controla, aproximadamente, cada quince días.

Los datos de ETP utilizados en este modelo son los obtenidos para la estación 3 (Los Mimbrales) con el método de Thornthwaite.

8.4.2. Calibración del modelo. Resultados

El modelo se ha calibrado comparando los datos de humedad con los perfiles experimentales obtenidos mediante la sonda de neutrones.

En primer lugar se comprobó que con las características hidráulicas introducidas los resultados no se ajustaban a la realidad. En los primeros decímetros de suelo la humedad retenida era muy superior a la medida experimentalmente y en el resto del perfil el movimiento del agua era más rápido en el modelo que en la realidad. Por ello, se modificó la curva de retención de humedad del suelo en los primeros 30 cm para que, con el mismo potencial matricial, la humedad retenida fuera menor y se disminuyó la conductividad hidráulica saturada por debajo de los 30 cm. Estas modificaciones pueden considerarse lógicas si se tiene en cuenta que en los primeros decímetros las arenas están muy sueltas, por lo que su capacidad de retención de agua es menor, a la vez que su conductividad hidráulica es mayor.

Tras varios ensayos con distintos valores del parámetro b , en la primera capa se llegó a que el mejor ajuste se producía con $b = 1$. Del mismo modo, para el resto del perfil se obtuvo una conductividad hidráulica de 840 cm/día. De esta forma, se consideraron dos capas

en el perfil: hasta 30 cm de profundidad (con $K_s = 3000$ cm/día, $b = 1.5$ y $h_e = -9$ cm) y a partir de 30 hasta 200 cm (con $K_s = 840$ cm/día, $b = 1$ y $h_e = -9$). No obstante, entre estas dos capas de diferentes características hidráulicas se producen discontinuidades en el contenido en humedad no detectadas con los datos experimentales. Para eliminar este problema, se introdujeron varios compartimentos entre los 10 y 30 cm, con características hidráulicas intermedias entre la capa superficial y la profunda, de forma que la transición sea gradual entre ellas (tabla 8.3 y fig. 8.16a y 8.16b).

Tabla 8.3. Características hidráulicas de las diferentes capas utilizadas en la modelización del perfil de la estación 5 (Corral Largo)

Profundidad cm	K_s cm/día	θ_s % vol.	b	h_e cm
0-10	3000	30	1.0	-9
10-15	3000	30	1.1	-9
15-20	3000	30	1.2	-9
20-25	1920	30	1.3	-9
25-30	1440	30	1.4	-9
> 30	840	30	1.5	-9

En la figura 8.17 se comparan los datos experimentales con los resultados obtenidos del modelo para los años 1991/92 y 1992/93 (en los que se dispone de medidas de humedad periódicas). Se comprueba un buen ajuste entre el modelo y los datos experimentales. Algunas desviaciones (por ejemplo, el 30-11-91) se deben a que el movimiento del agua es muy rápido, especialmente en los primeros instantes tras las precipitaciones. Así el lapso -de algunas horas de diferencia- transcurrido entre la salida del modelo (cada 24 horas) y el momento de las medidas (que no se realizaron siempre a la misma hora del día), puede provocar esos desajustes, sobre todo en los primeros centímetros del perfil.

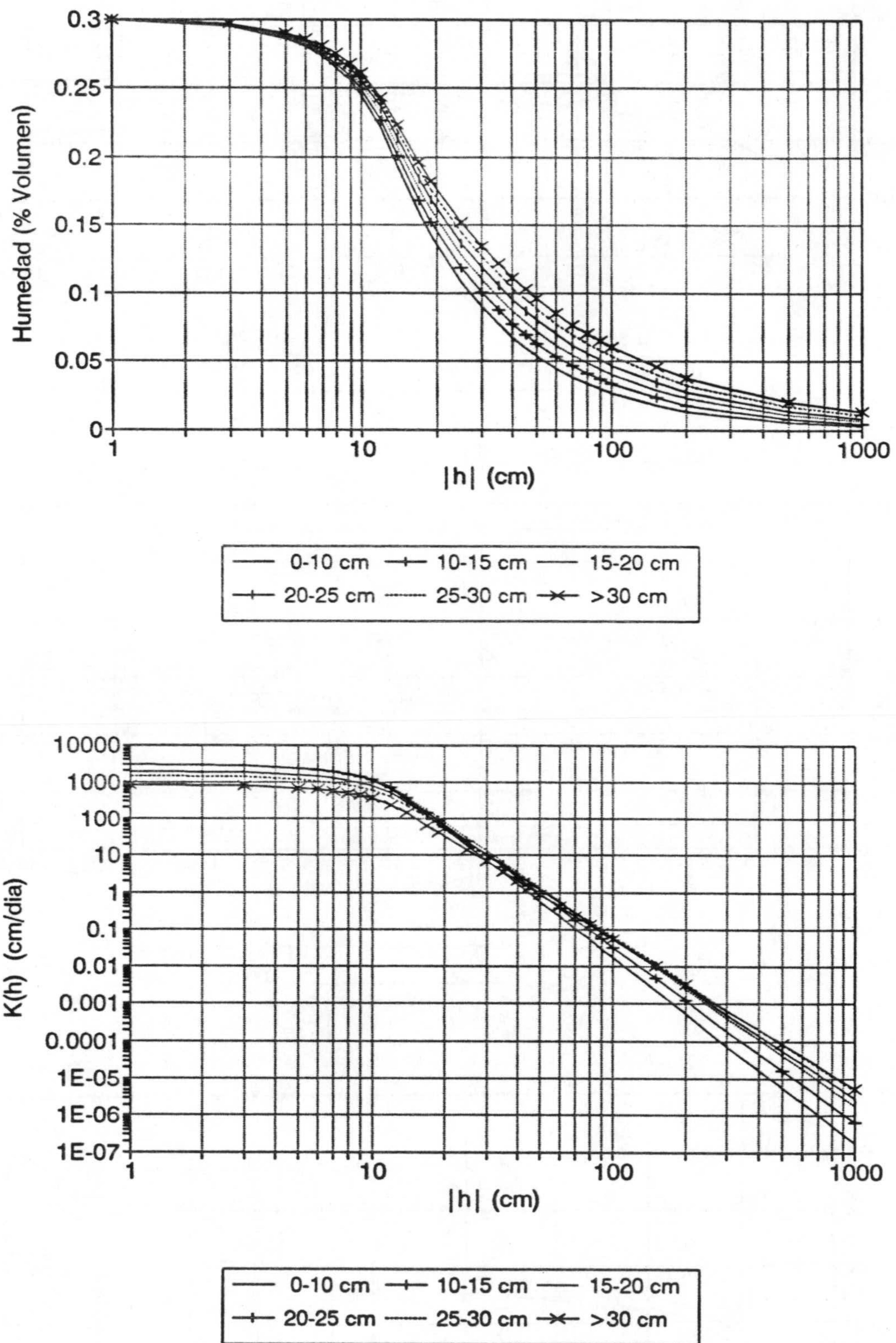


Figura 8.16 Representación de las características hidráulicas utilizadas en el modelo

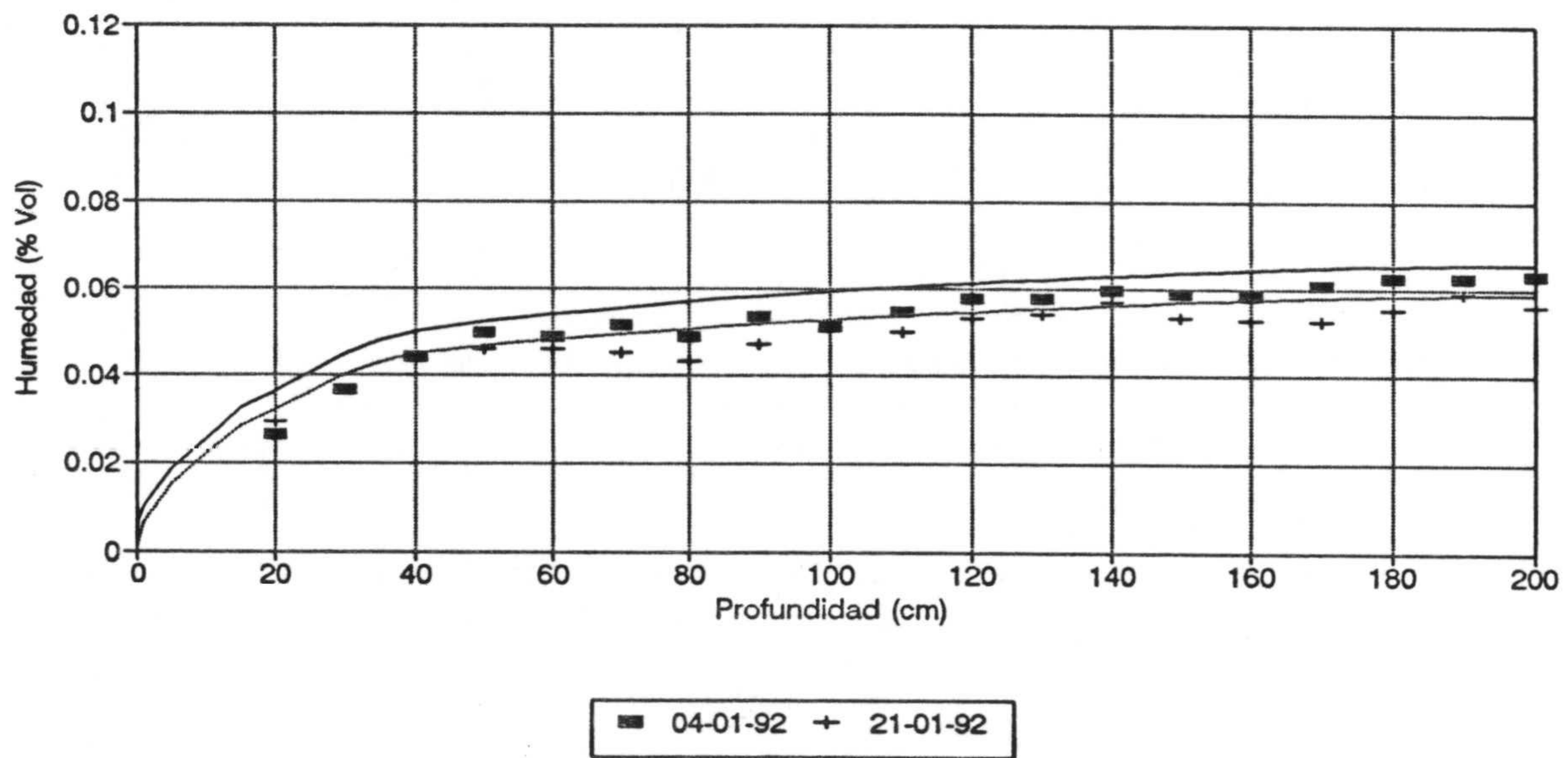
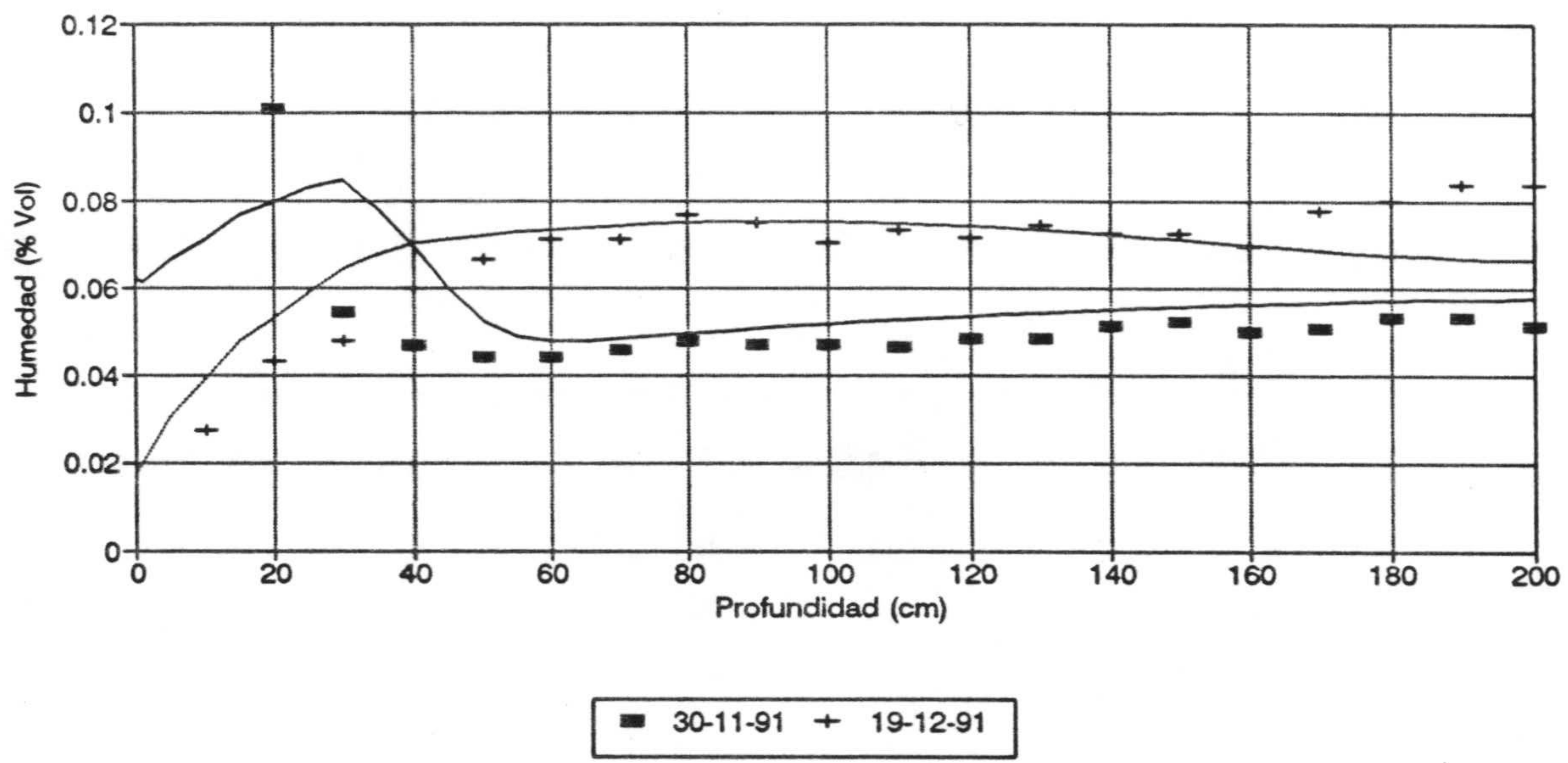
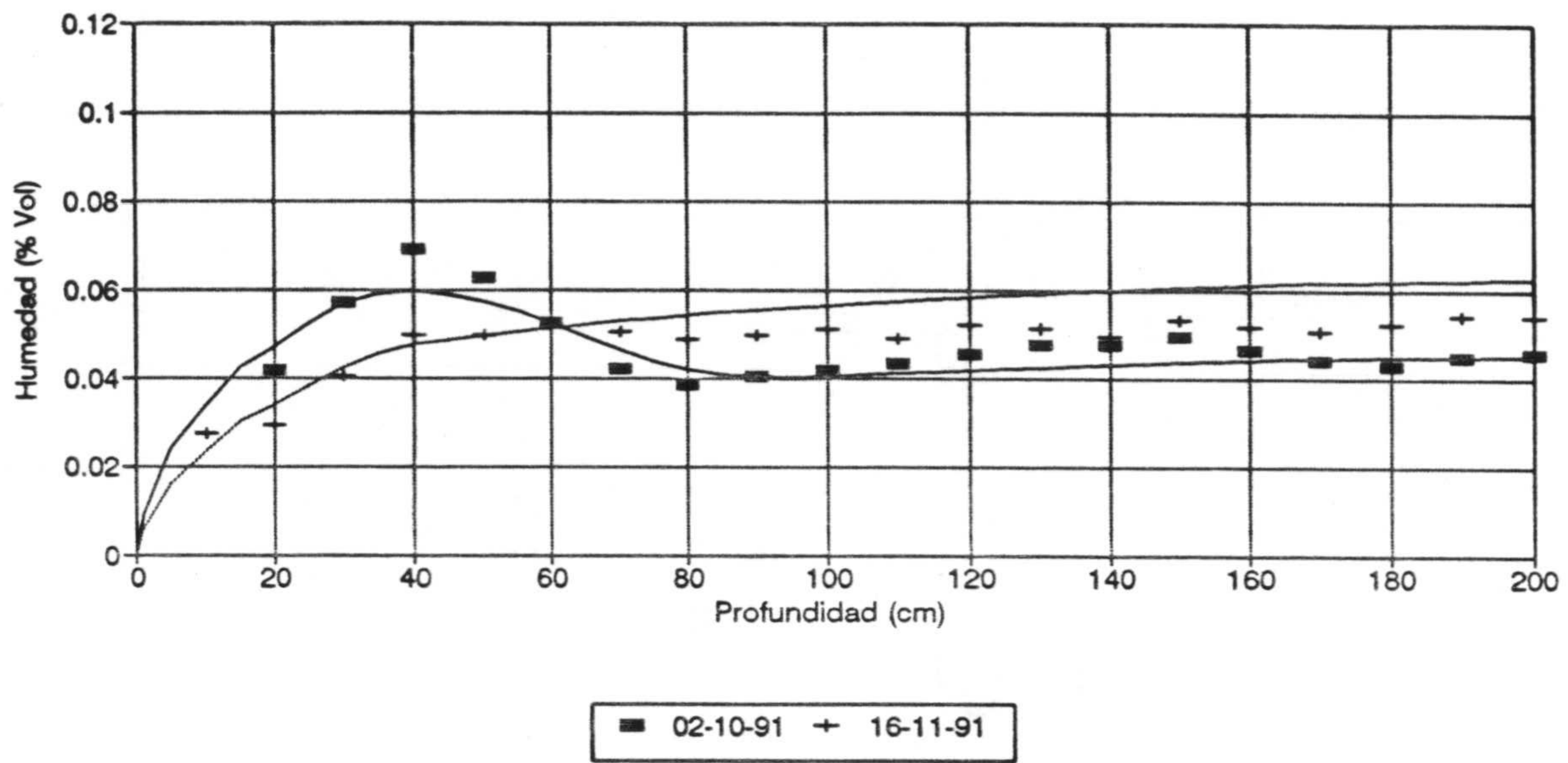


Figura 8.17. Comparación de los perfiles de humedad experimentales con los obtenidos por el modelo en la estación 5 (Corral Largo)

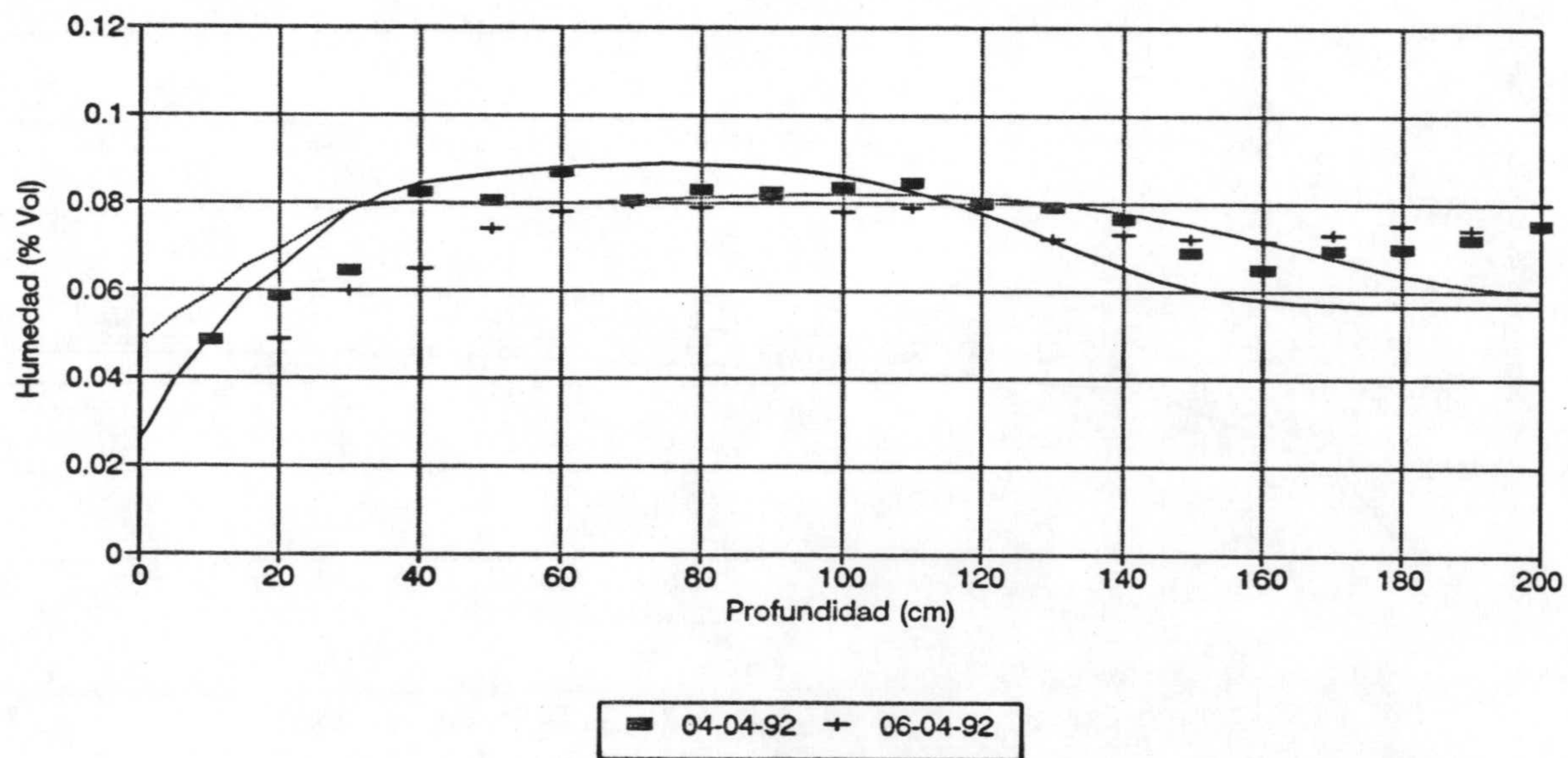
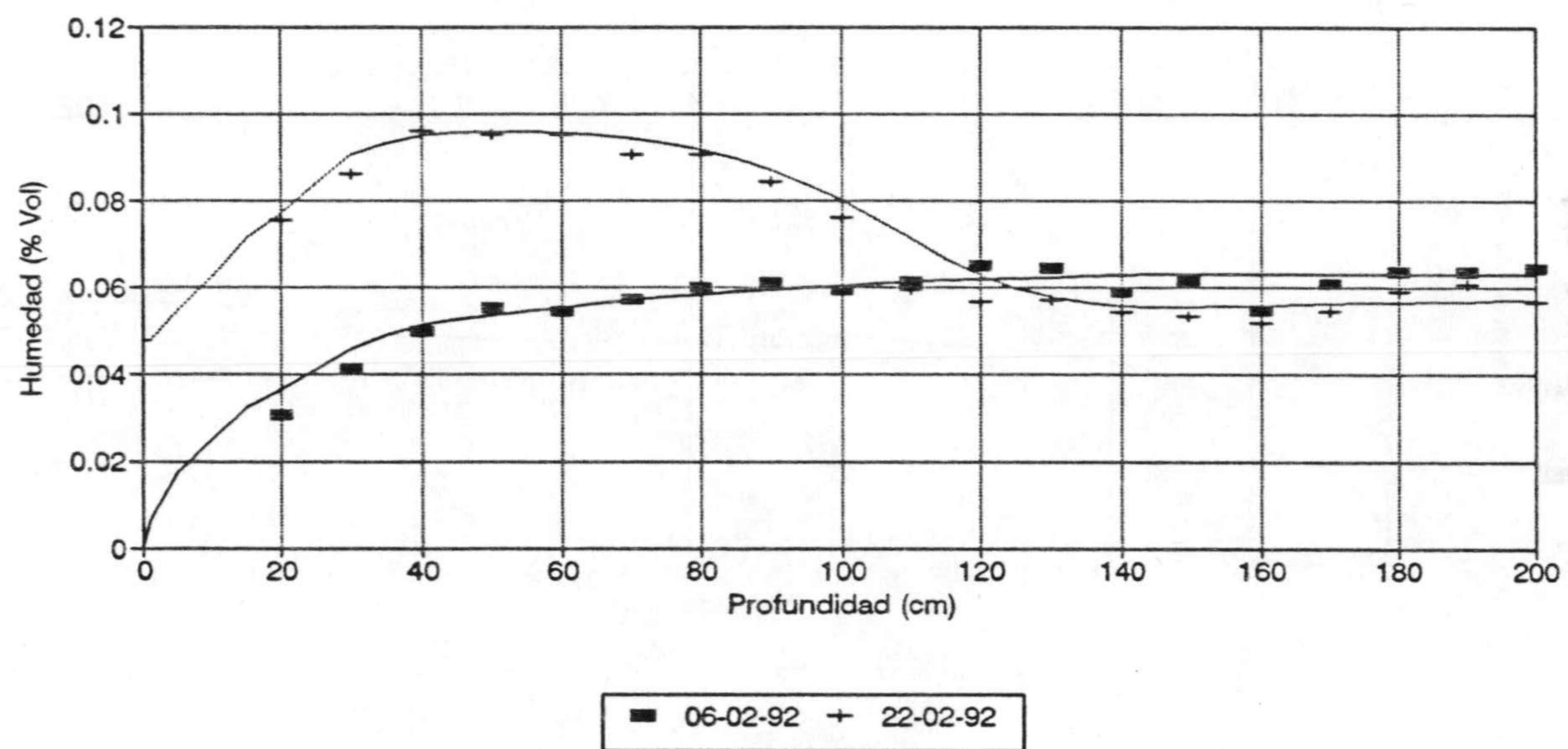
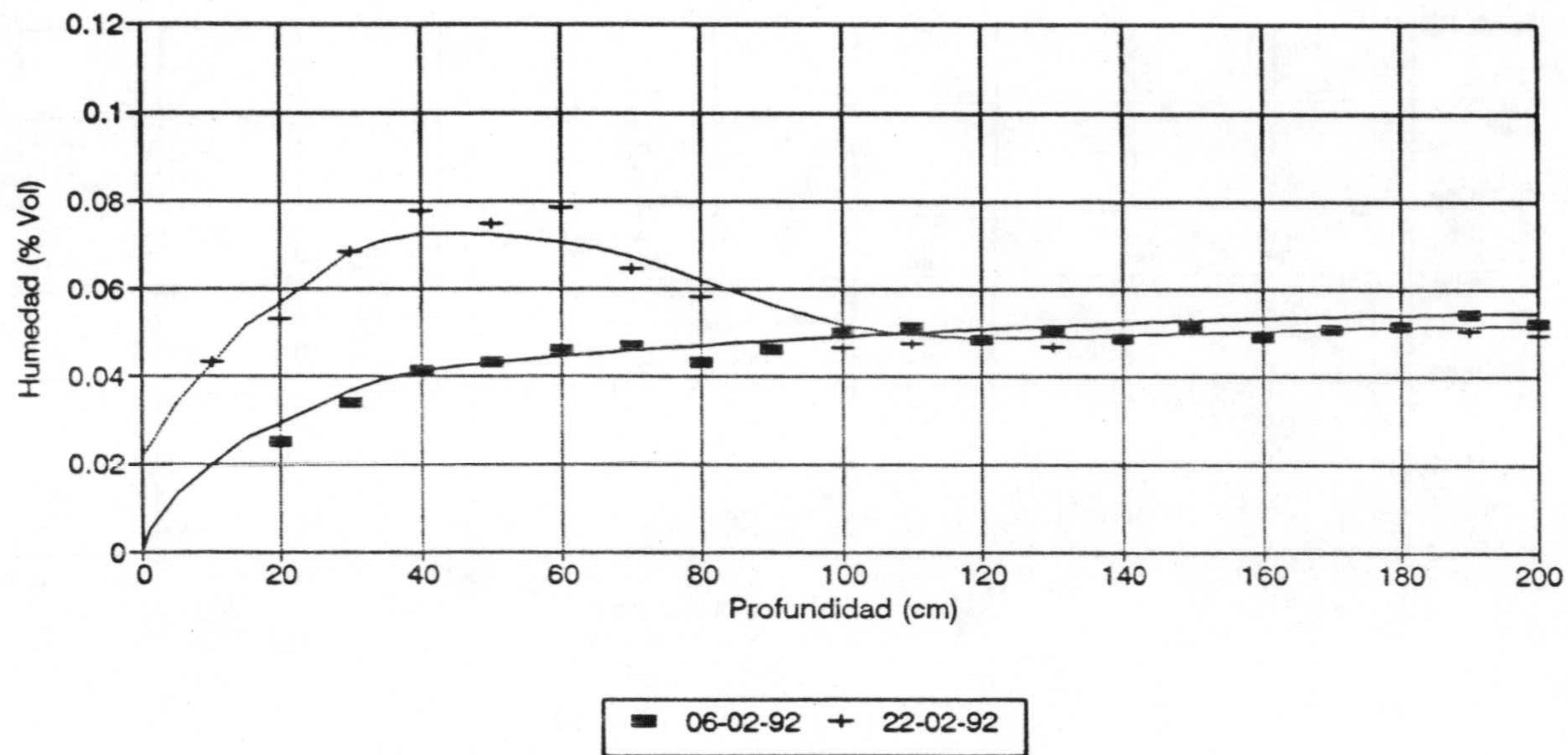


Figura 8.17. Continuación

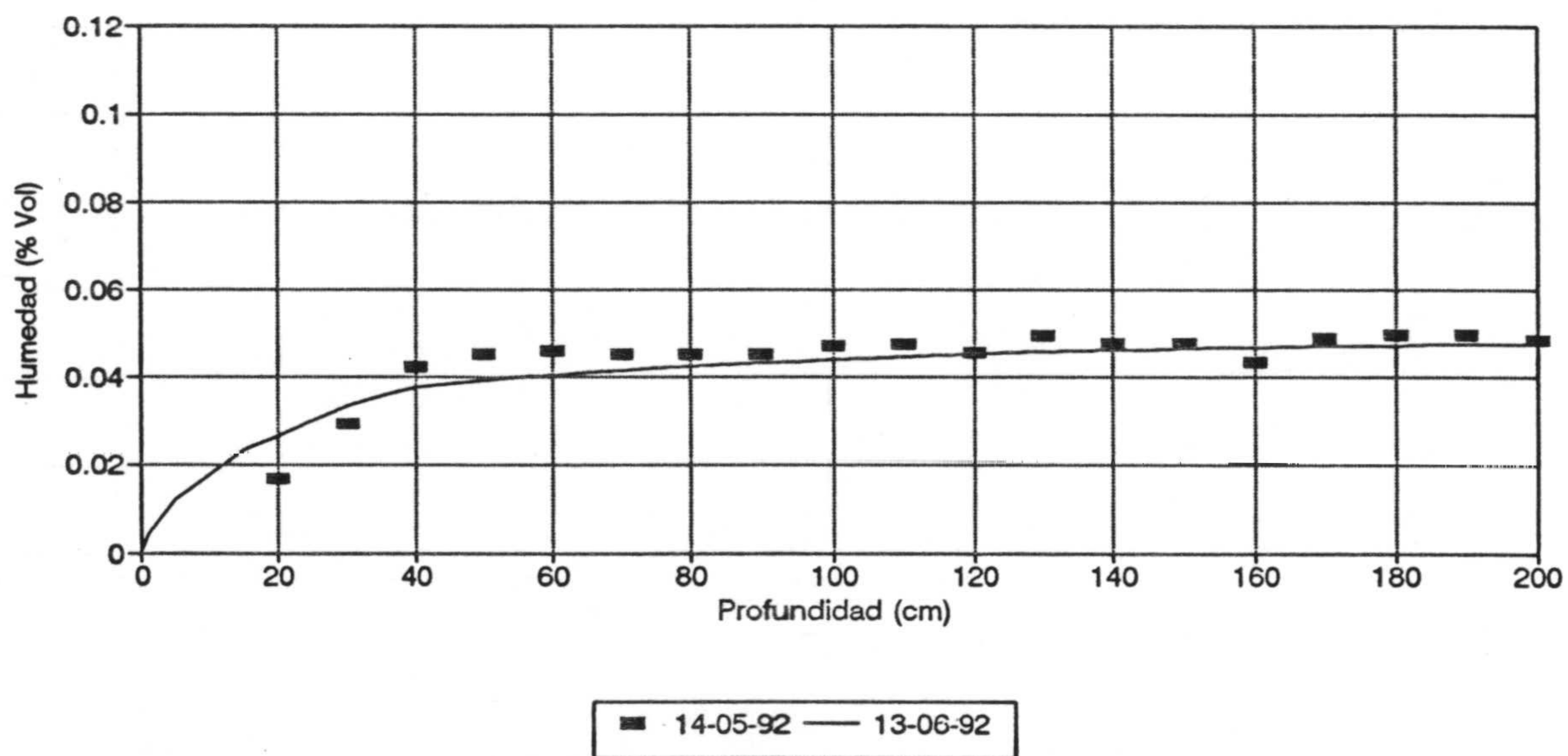
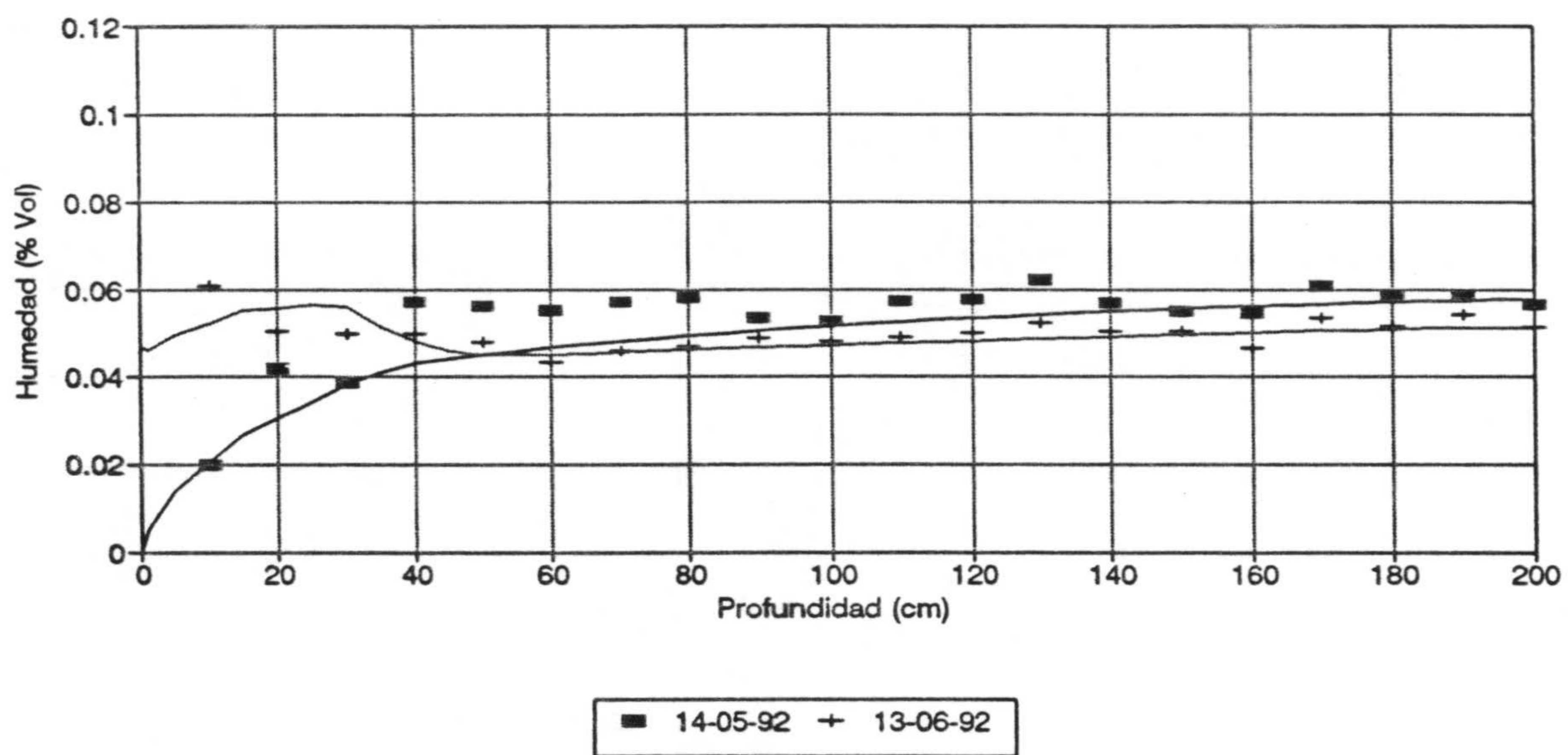
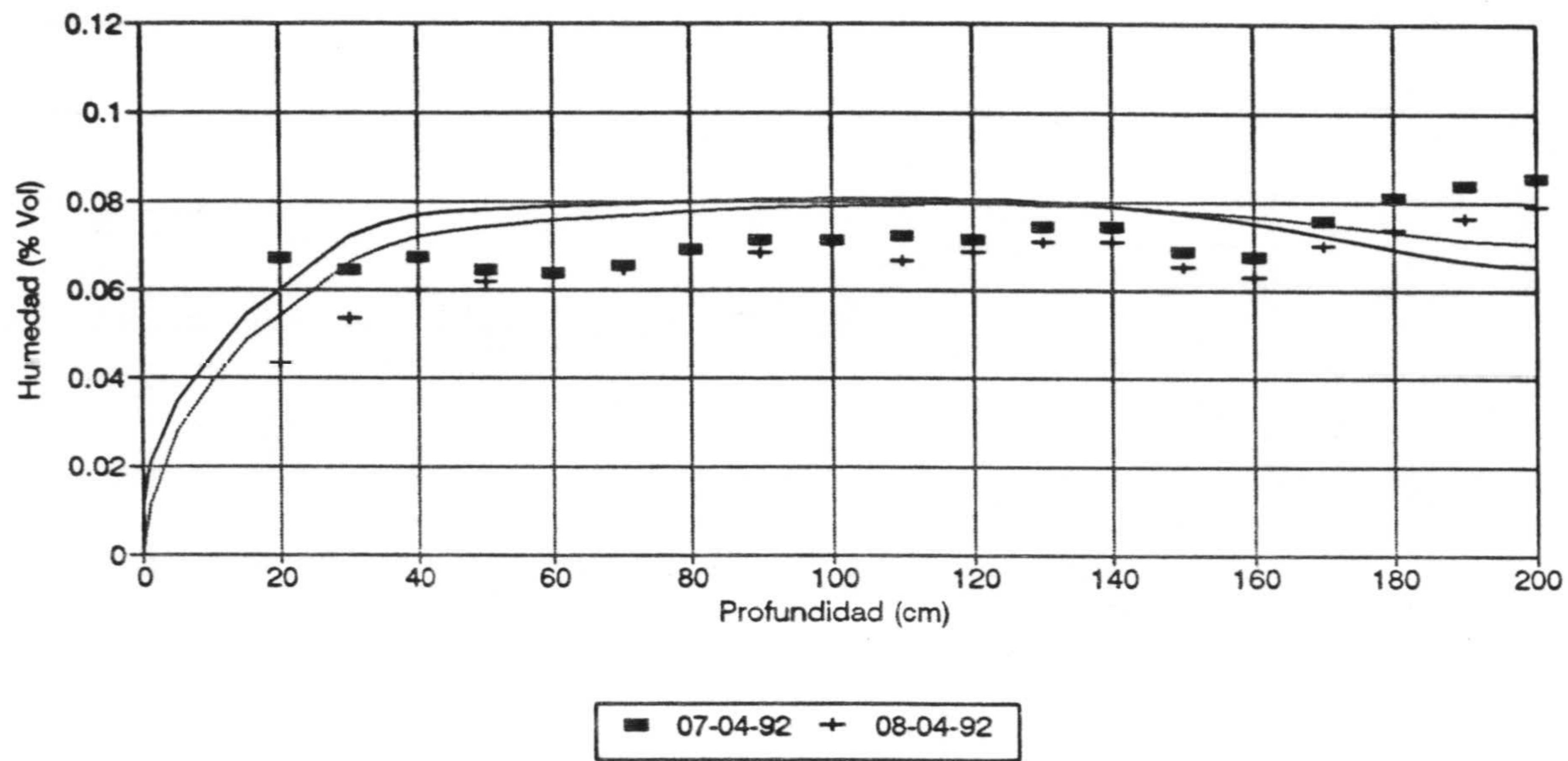


Figura 8.17. Continuación

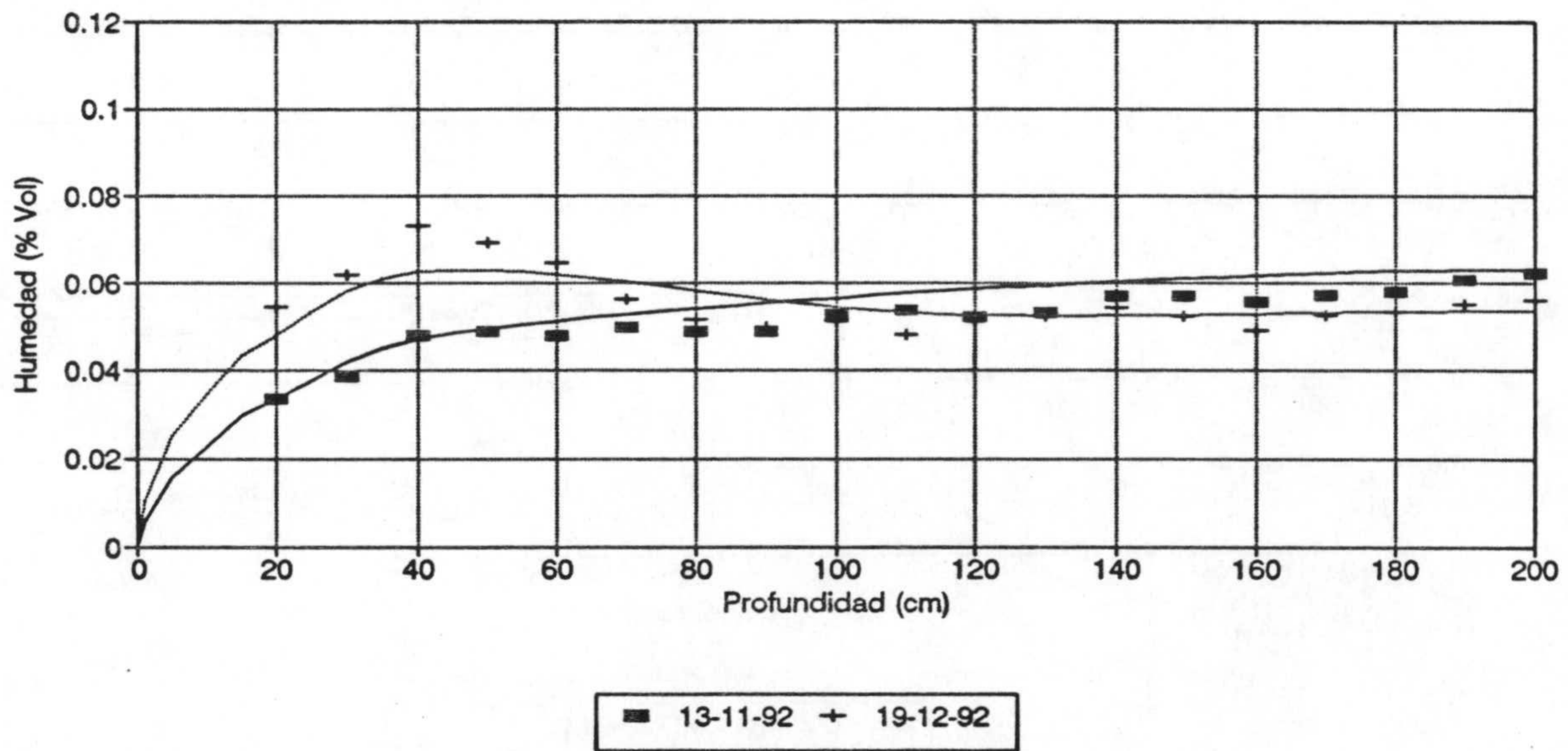
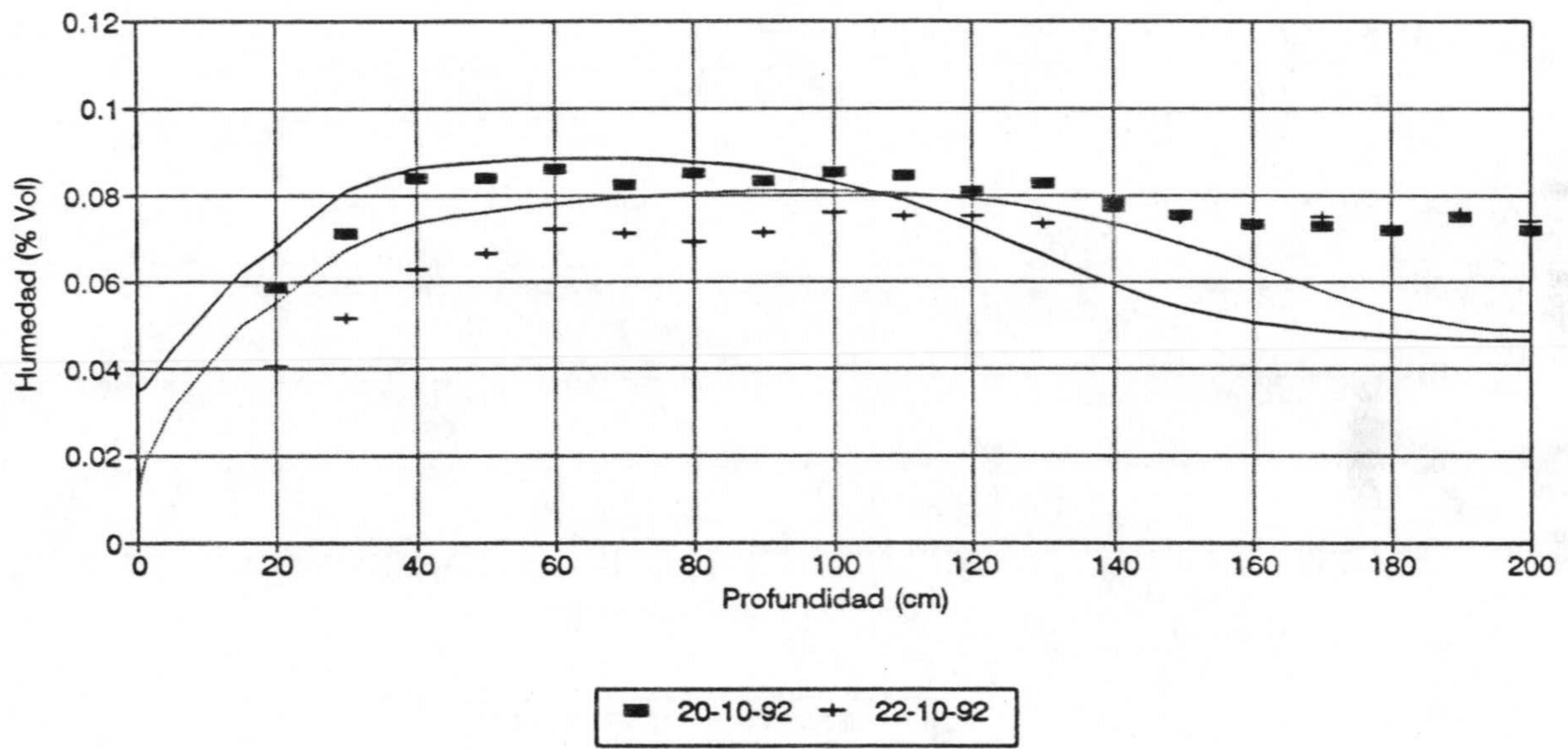
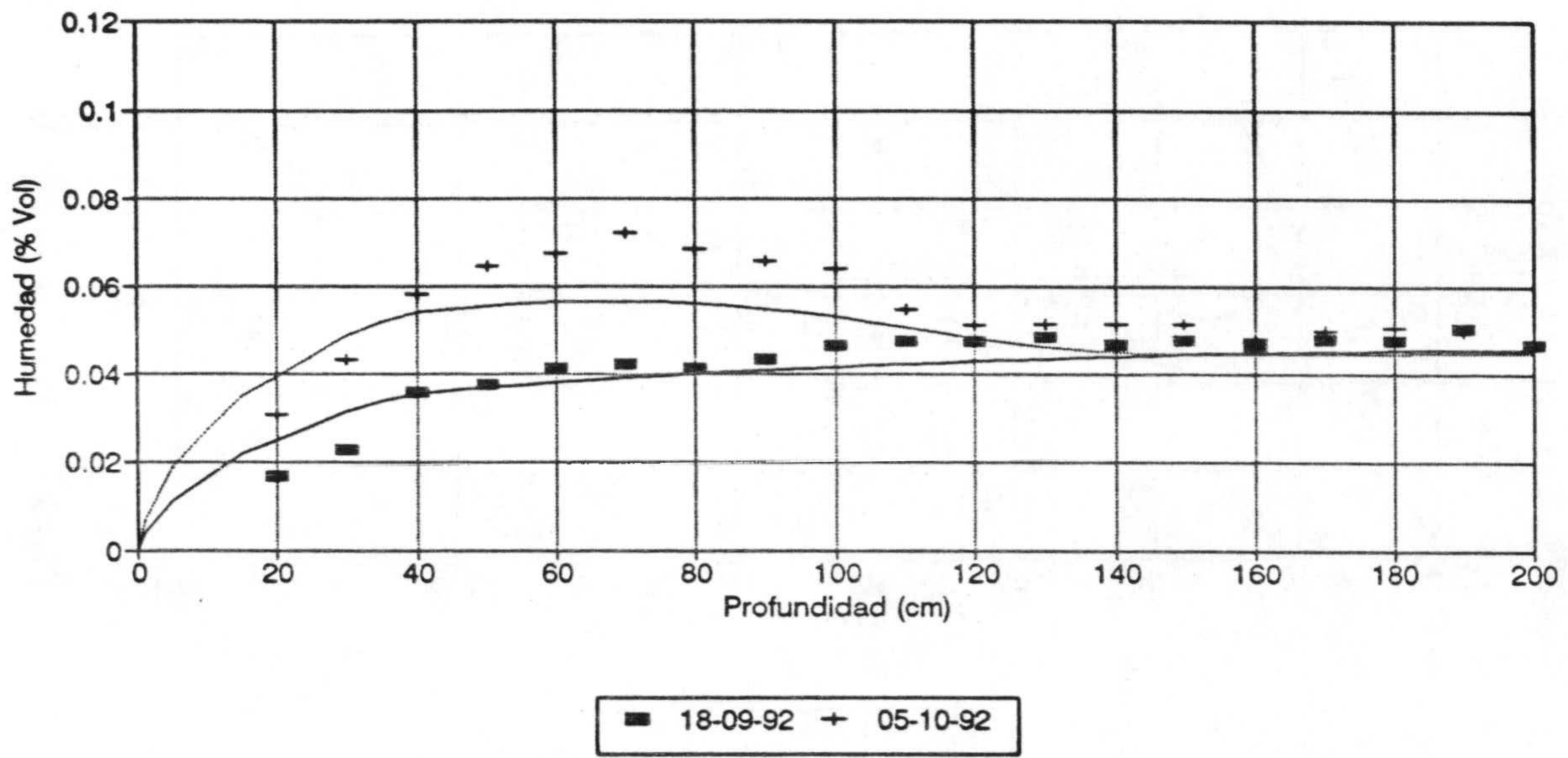


Figura 8.17. Continuación

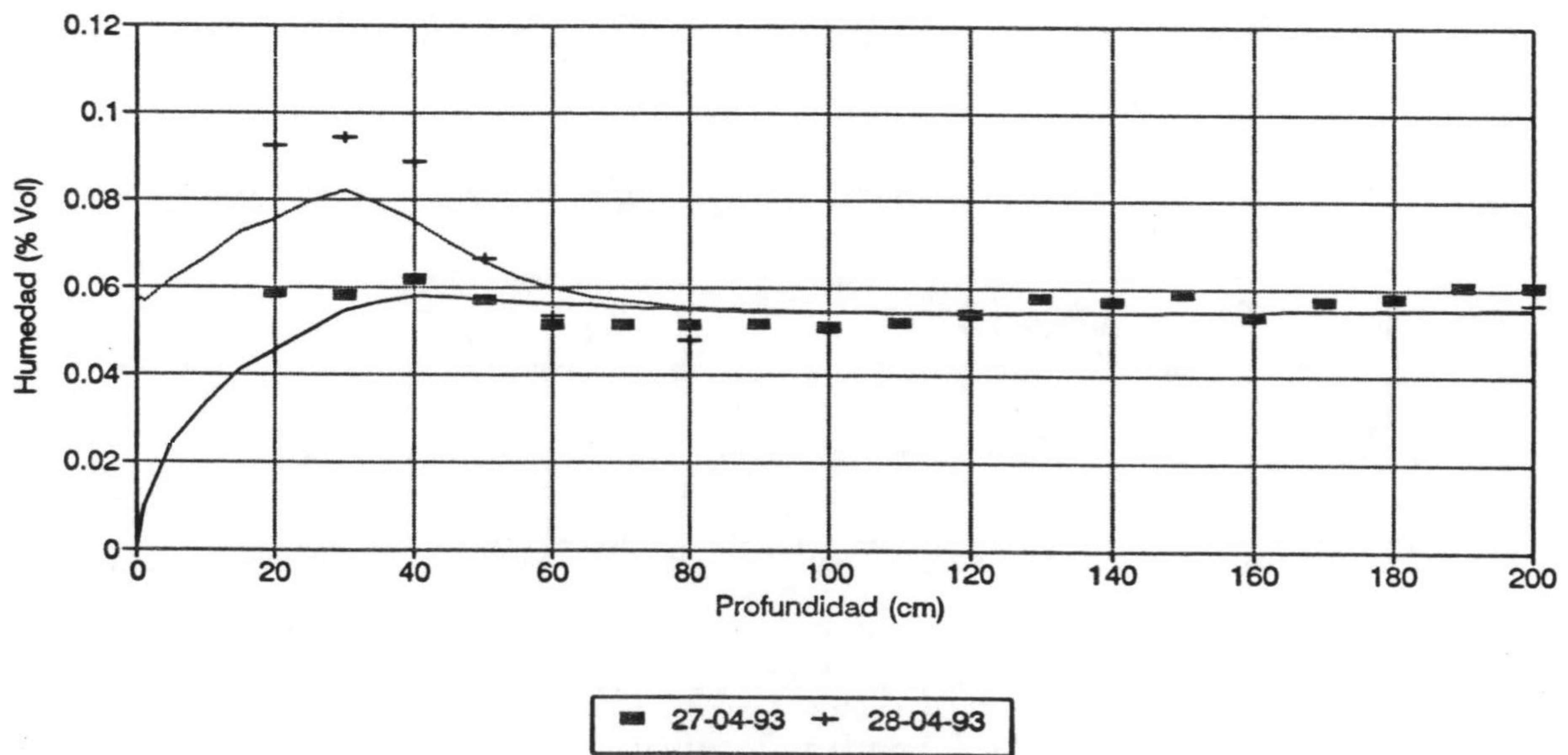
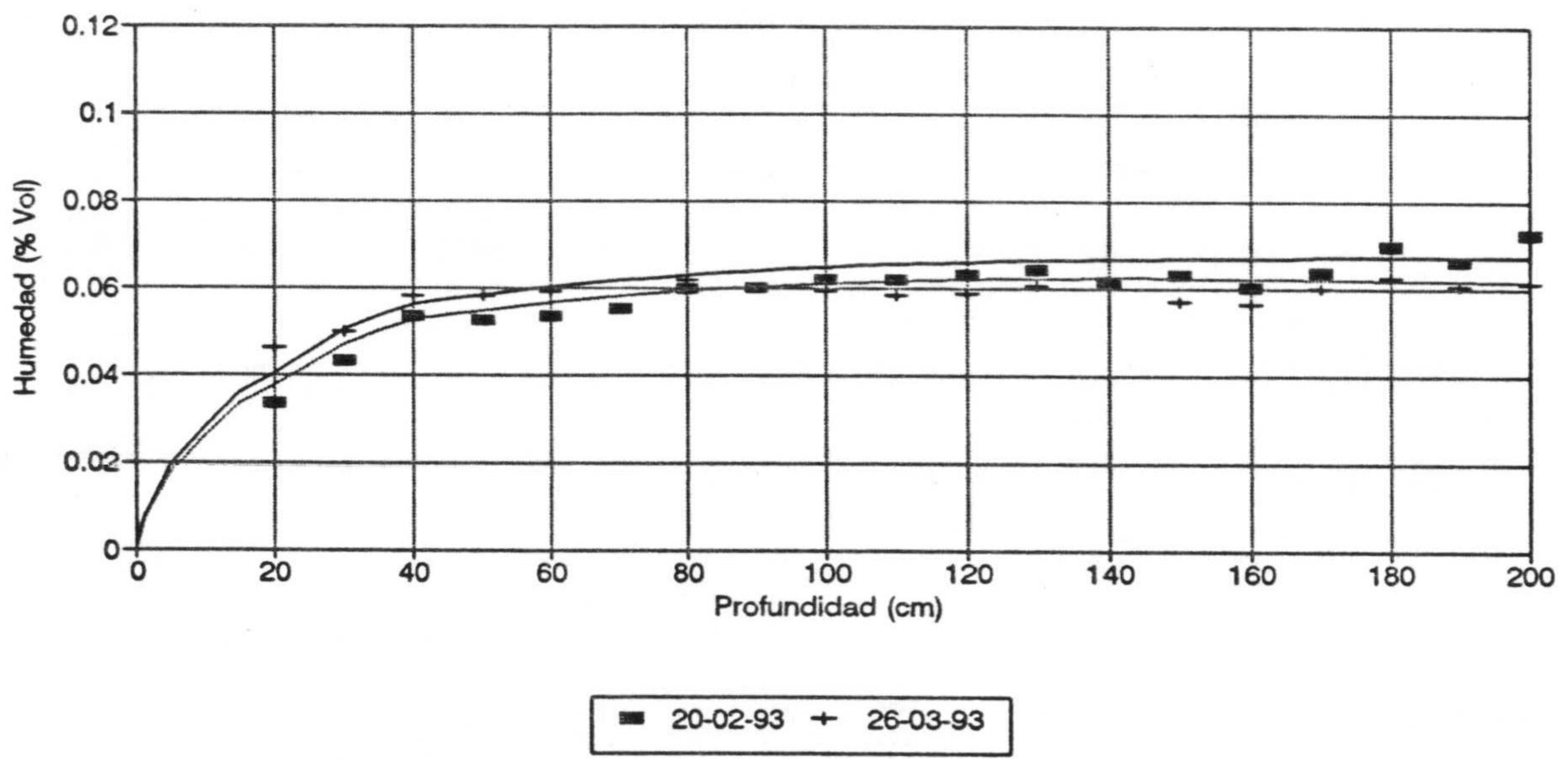
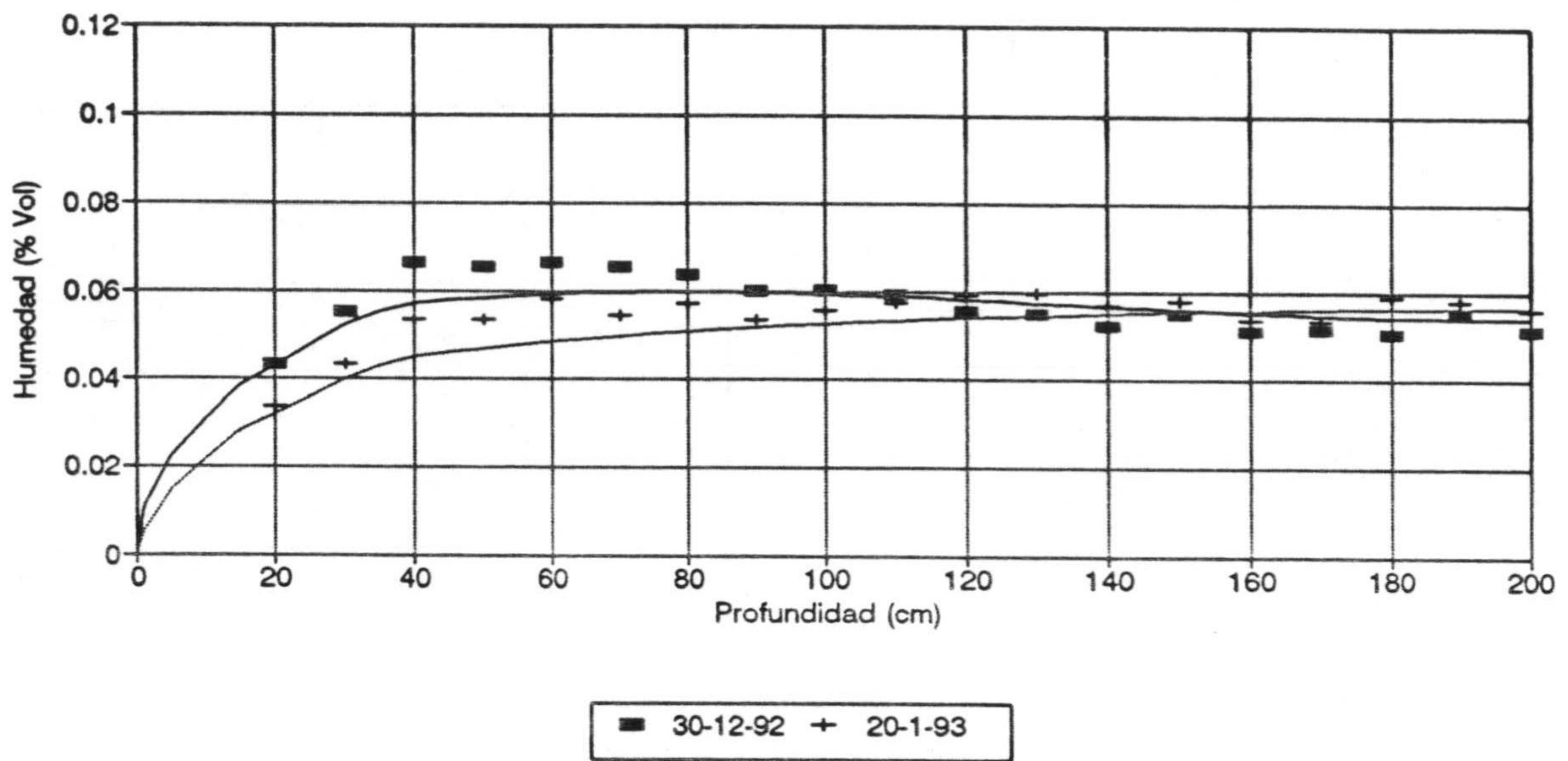


Figura 8.17. Continuación

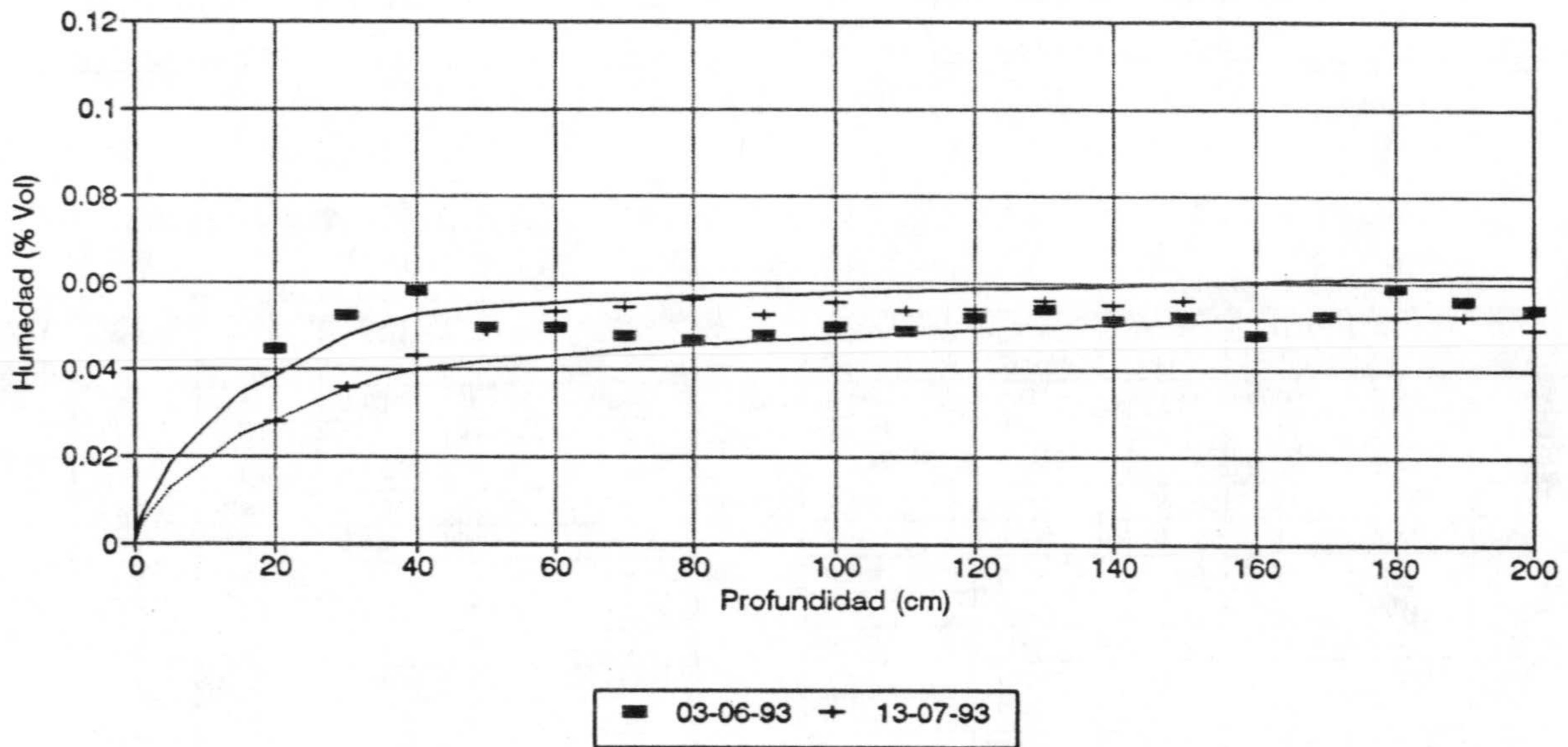
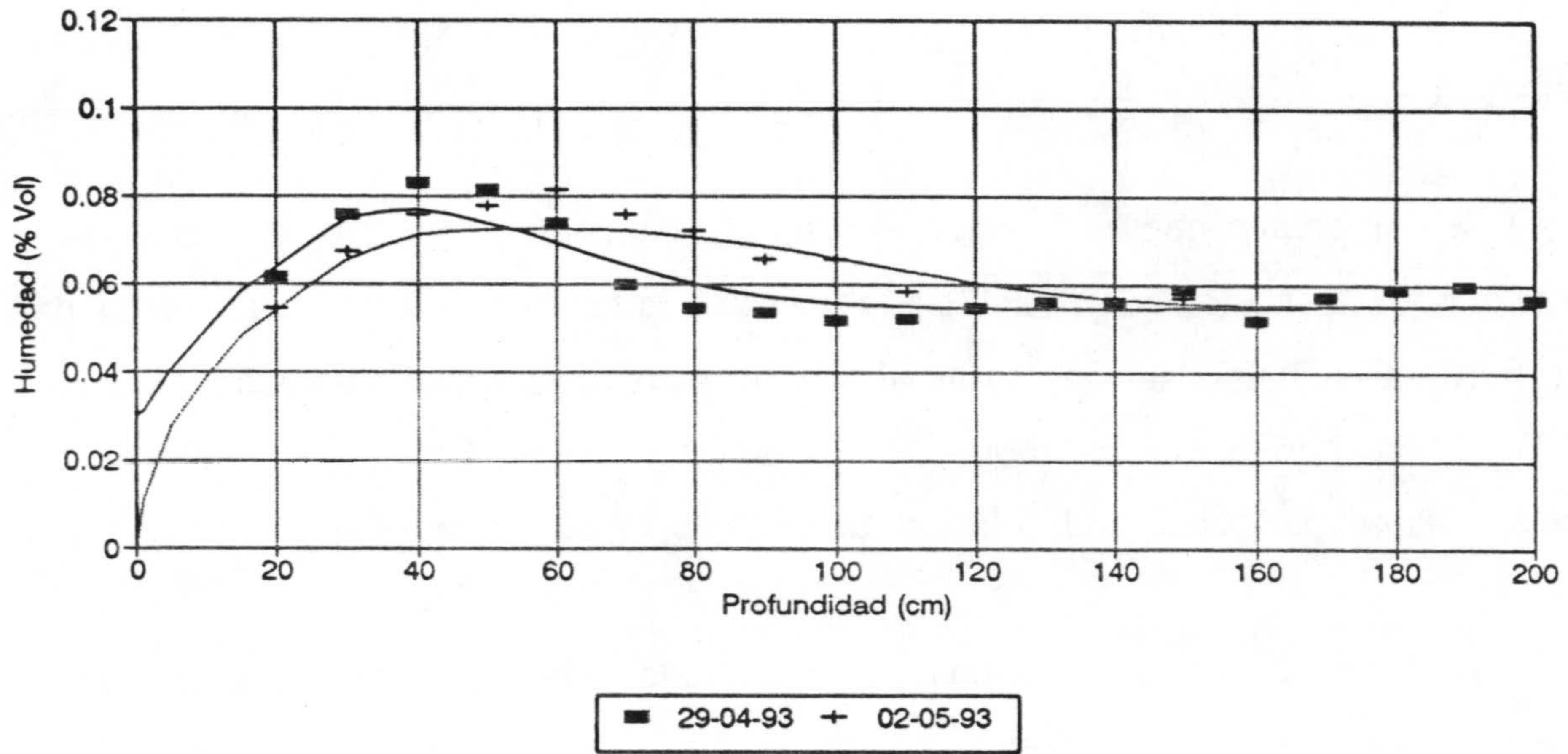


Figura 8.17. Continuación

Se comprueba que en la zona no saturada los contenidos en agua varían muy poco (entre el 4 y 8% en volumen), debido a la forma de la función de la conductividad hidráulica (fig. 8.16). Con humedades en torno al 4%, el valor de la conductividad es del orden de 0.005 cm/día, por lo que los movimientos son muy lentos. Cuando el contenido en agua asciende, la conductividad hidráulica se incrementa rápidamente.

En la tabla 8.4 se relacionan los resultados obtenidos para los cuatro años de observaciones. Las precipitaciones consideradas en los años 89/90 y 90/91 son las de la estación 4. El drenaje es el que se obtiene por el fondo del perfil, supuesto un gradiente hidráulico en la última celda del modelo igual a la unidad, y se produce, incluso, durante los meses de verano.

Tabla 8.4. Resultados del modelo en la estación 5 (Corral Largo).

AÑO 1989/90

	Precip. mm	ETP mm	ETR mm	Drenaje mm	Agua en el Perfil (mm)
Sep	29.0	105.5	16.0	3.3	88.4
Oct	70.6	76.2	23.9	5.5	129.6
Nov	234.5	44.2	33.4	169.7	161.2
Dic	237.9	42.7	37.6	209.3	152.1
Ene	83.4	18.0	14.9	99.8	128.2
Feb	0.0	28.2	7.8	20.4	99.9
Mar	20.9	50.1	17.2	9.8	93.9
Abr	70.7	53.8	31.1	9.5	123.9
May	5.8	96.9	14.3	17.1	98.2
Jun	0.0	120.1	2.0	9.7	86.6
Jul	0.0	183.0	2.1	4.8	79.6
Ago	0.0	162.1	0.9	3.8	76.6
Total	752.8	980.8	201.2	562.7	

AÑO 1990/91

	Precip. mm	ETP mm	ETR mm	Drenaje mm	Agua en el Perfil (mm)
Sep	4.1	119.9	4.8	3.0	74.6
Oct	60.9	74.5	32.9	2.4	100.8
Nov	30.8	33.6	18.4	6.0	107.1
Dic	52.9	20.9	19.6	18.2	122.2
Ene	3.9	18.3	7.9	22.2	95.9
Feb	159.9	19.6	19.6	79.7	156.6
Mar	96.0	45.6	35.5	103.6	113.3
Abr	53.5	53.4	28.0	20.1	116.8
May	0.2	87.7	4.3	18.1	94.5
Jun	0.0	139.1	1.7	8.2	84.6
Jul	5.1	172.1	5.8	5.0	79.0
Ago	0.0	165.6	1.1	3.3	75.8
Total	467.3	950.3	179.6	289.8	

AÑO 1991/92

	Precip. mm	ETP mm	ETR mm	Drenaje mm	Agua en el Perfil (mm)
Sep	31.8	122.0	14.6	3.5	92.4
Oct	143.9	56.1	30.6	82.1	123.3
Nov	25.4	32.5	9.4	22.5	116.7
Dic	47.9	28.7	23.1	26.4	115.3
Ene	3.9	13.6	7.0	18.6	93.5
Feb	57.0	29.0	18.7	15.2	108.8
Mar	20.0	45.6	8.7	9.2	118.6
Abr	45.4	70.6	22.2	37.0	104.7
May	19.1	105.9	17.1	13.1	93.6
Jun	16.2	103.5	13.9	6.3	89.6
Jul	0.0	109.8	2.1	5.0	82.5
Ago	1.4	152.1	2.6	3.9	78.7
Total	412.0	929.4	170.0	242.8	

AÑO 1992/93

	Precip. mm	ETP mm	ETR mm	Drenaje mm	Agua en el Perfil (mm)
Sep	27.5	107.6	7.8	3.2	96.7
Oct	66.2	56.7	30.2	12.1	120.7
Nov	9.6	32.7	10.0	22.5	97.7
Dic	41.7	30.5	22.5	9.4	107.5
Ene	39.9	16.4	7.9	10.9	128.6
Feb	20.3	25.5	17.3	22.2	109.4
Mar	34.3	44.9	18.1	18.6	106.8
Abr	50.0	49.3	18.4	13.7	124.9
May	71.0	84.8	31.4	53.4	110.9
Jun	0.2	132.6	4.3	14.2	92.6
Jul	0.0	178.1	2.5	6.7	83.5
Ago	0.0	154.1	0.2	5.3	78.4
Total	360.7	913.2	170.6	192.2	

Los valores de la ETR estimada de esta forma (debida únicamente a la evaporación, según ha sido comentado) varían en un estrecho margen: entre 170 y 201 mm/año, a pesar de la pluviometría tan diferente en los distintos años estudiados. Por el contrario, el valor del drenaje (que anualmente es igual a la recarga) varía ampliamente, con valores extremos de 192 mm en el año 92/93 y 563 mm en el año 89/90, lo que supone el 53 y el 75 % de la precipitación, respectivamente. Los valores de recarga anual tienen una relación lineal perfecta con la precipitación, como se muestra en la figura 8.18. Para una precipitación media en la zona de 560 mm (Vela, 1984), la recarga anual sería de 360 mm, valor muy superior al calculado por dicho autor para la zona de dunas mediante un balance mensual de agua en el suelo (191 mm).

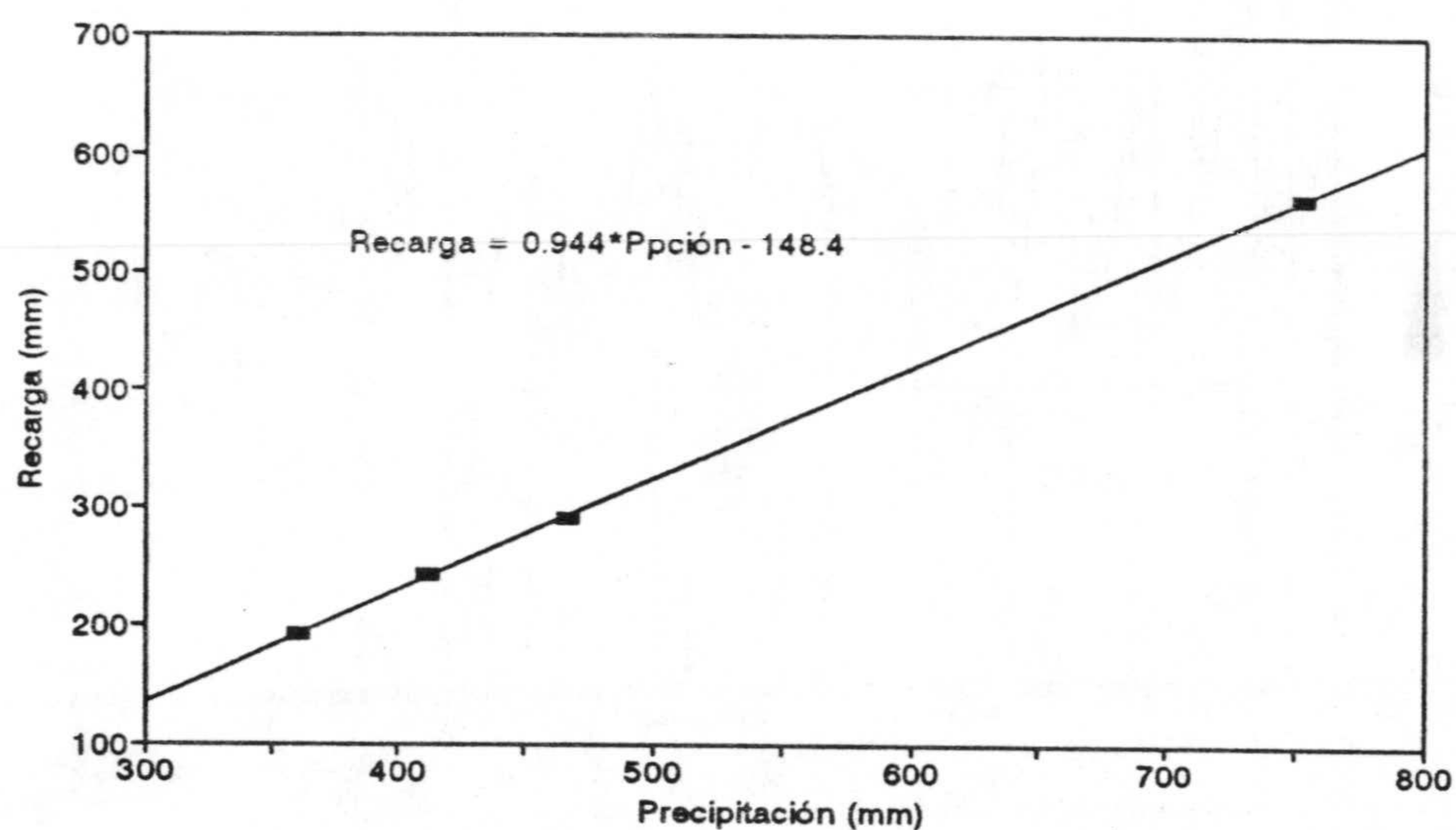


Figura 8.18. Relación entre precipitación y recarga en la estación 5 (Corral Largo)

En cuanto a la variación intraanual de la recarga, se observa que está ligada íntimamente a la distribución de las precipitaciones y no restringida a los meses de invierno. A este respecto cabe señalar que el principal episodio de recarga se produjo, en el año 1991/92, en el mes de octubre, y en el año 1992/93 en Mayo (tabla 8.4).

En la figura 8.19 se representan los datos de la evaporación diaria obtenidos del

modelo para el año 92/93. Los restantes años simulados muestran una distribución parecida. La evaporación alcanza sus valores máximos tras las precipitaciones y disminuye rápidamente, pues a medida que el suelo se seca la conductividad hidráulica también disminuye de manera rápida. Tras el verano, se desarrolla un perfil en el que existe un flujo ascendente desde los 60 cm. En estas condiciones la evaporación se estabiliza en torno a a 0.03 mm/día. En el trabajo de ITGE (1991), a partir del estudio de los isótopos estables en un perfil de arenas sin vegetación, se obtuvo un valor para la evaporación de 0.1 mm/día en junio de 1989, del mismo orden que los resultados del modelo (fig 8.19).

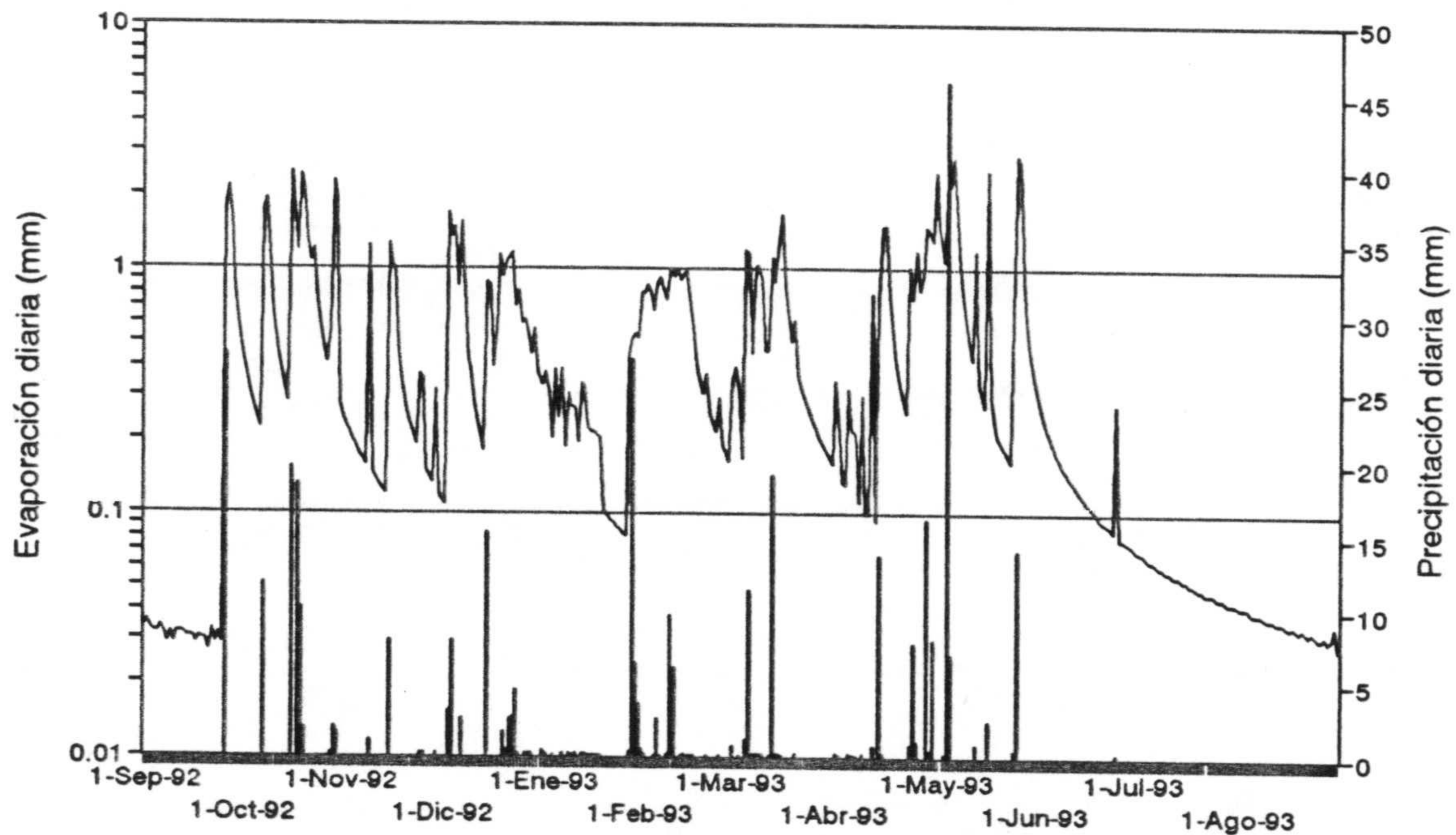


Figura 8.19. Representación de los datos diarios de precipitación y de evaporación obtenidos por el modelo en la estación 5 (Corral Largo) para el año 1992/93

9. *CONCLUSIONES*



Durante el periodo de estudio, la variación más llamativa del nivel piezométrico fue el importante ascenso registrado, en todos los puntos controlados, durante el otoño-invierno de 1989/90 como consecuencia de un episodio lluvioso excepcionalmente intenso; los niveles, en todos los casos, se situaron muy próximos a la superficie del terreno (con ascensos incluso superiores a 7 m). Durante el año 1990/91 la elevación del nivel piezométrico fue menor, aunque también se produjo un episodio de recarga importante en marzo de 1991. Los años 1991/92 y 1992/93 se han caracterizado por unas escasas precipitaciones que han provocado que los ascensos hayan sido muy pequeños.

Sin embargo, debido a la notable irregularidad de la distribución pluviométrica a lo largo del año, se pueden producir episodios de recarga desde los meses de octubre a junio, ambos inclusive. Por ejemplo, durante 1992/93 el principal periodo de recarga se produjo en mayo.

De la evolución de niveles en la estación de control 2 (El Caoso) se deduce que el fragipán, en esta zona, no ocasiona la creación de una capa colgada de agua por encima del acuífero principal.

En los puntos donde el nivel piezométrico se sitúa a menos de 2 m de profundidad, la respuesta del nivel a la precipitación es muy rápida. Por otro lado, del registro en continuo de la piezometría en las estaciones 4 (Palacio Doñana) y 5 (Corral Largo), se comprueba que los primeros ascensos de nivel al inicio del año hidrológico se producen con precipitaciones del orden de 30 mm, lo que indica la escasa capacidad de retención de las arenas.

La recarga calculada mediante los ascensos de nivel en la estación 4 (Palacio Doñana), a partir de la relación encontrada entre la porosidad eficaz y la profundidad del nivel piezométrico, es de 310, 266 y 101 mm, para los años 1989/90, 1991/92 y 1992/93, respectivamente, para unos valores de precipitación total de 753, 452 y 356 mm, respectivamente.

La transpiración vegetal en la estación 5 (Corral Largo), estimada a partir de las oscilaciones diarias del nivel piezométrico, se mantiene en valores próximos a 1 mm/día para todo el año, excepto en primavera. Los máximos, con transpiración superior a 2 mm/día, se alcanzan en el mes de mayo.

El caudal medio del arroyo de La Rocina durante 1989/90, estimado mediante aforos puntuales, alcanza un valor de 545 l/s. En el año 1990/91 el caudal medio calculado asciende a 805 l/s; este valor se ha estimado a partir de aforos directos con micromolinete desde octubre a diciembre de 1990 y, a partir de enero de 1991, con los caudales diarios estimados a partir de la altura de la lámina de agua, con una curva de gastos establecida previamente. No obstante, estos valores hay que considerarlos con reservas pues la curva de gastos utilizada no está bien definida para caudales elevados. En el arroyo de El Partido, el caudal medio, estimado a partir de aforos directos con micromolinete, es de 700 l/s para 1989/90 y 160 l/s para 1990/91.

La ETP calculada, a nivel diario, por los métodos de Thornthwaite y Penman muestra una evolución parecida. El método de Makkink proporciona, respecto a los dos anteriores, valores más altos durante el invierno e inferiores durante el verano.

Los valores de la ETR obtenidos a partir de los lisímetros en la estación 3 (Los Mimbrales) se sitúan en torno a 250 mm para el año 1991/92 y 390 mm en 1992/93. Aproximadamente el 70% de la ETR anual se produce durante los meses de marzo a junio.

Se ha realizado un balance hídrico del suelo, con distintas capacidades de campo y con la ETP calculada por los tres métodos mencionados. Los resultados que coinciden mejor con los datos experimentales obtenidos de los lisímetros, se obtienen con una capacidad de campo de 100 mm y la ETP calculada por el método de Thornthwaite. El ajuste mejora notablemente si se reducen a la mitad los valores de la ETP durante los meses de septiembre a diciembre.

Los datos hidroquímicos en los puntos controlados muestran una gran variabilidad temporal de algunos de los parámetros analizados. El estudio de la evolución temporal de las

variables en relación con los principales episodios pluviométricos, junto al tratamiento estadístico (Análisis Factorial) de los resultados y la simulación de procesos hidrogeoquímicos en uno de los puntos, permiten distinguir un comportamiento diferente entre los puntos de la zona sur, que coincide aproximadamente con la superficie del Parque Nacional de Doñana, y los de la zona norte. La evolución de la conductividad está condicionada, de manera general, por procesos de dilución debidos al efecto del agua de lluvia durante fuertes episodios de recarga; de manera local, en los puntos de la zona sur, la conductividad aumenta (debido, principalmente, al incremento de Cl^- y Na^+) durante los meses de invierno y primavera y es menor en el verano. En algunos puntos de la zona norte, se detecta un incremento del contenido en sulfatos tras las precipitaciones intensas, provocado por el lixiviado de fertilizantes por las aguas de infiltración.

La recarga estimada por el método del balance de cloruros entre las aguas de lluvia y las del acuífero es del 41% de la precipitación en la estación 2 y del 14% en la estación 1, aunque en este último caso no se puede descartar un aporte externo de cloruros, por lo que la recarga estaría subestimada.

Los contenidos en isótopos estables (oxígeno-18 y deuterio) en la zona no saturada, en un muestreo realizado en octubre de 1989, muestran perfiles típicos de evaporación (a partir del acuífero donde el nivel piezométrico se encuentra a poca profundidad) interrumpida por la llega de aguas de precipitación isotópicamente más negativas. A partir de estos datos, junto con otros perfiles realizados en la estación 4, se concluye que los tiempos de tránsito de las aguas de infiltración de las precipitaciones en alcanzar la zona saturada, son muy pequeños cuando las lluvias son intensas. Los efectos de la evaporación llegan a afectar hasta un metro de profundidad. También se deduce que los procesos de mezcla de aguas en los horizontes más superficiales de la zona no saturada son frecuentes; a mayor profundidad el agua puede seguir un mecanismo de tipo "flujo-pistón".

En el perfil de la estación 1 de octubre de 1989 se pone de manifiesto un mínimo para el oxígeno-18 y deuterio, a 75 cm de profundidad, que se puede identificar con los valores

isotópicos de la precipitación de enero de 1989, de donde se deduce en este periodo una recarga del 40% de la precipitación. Hay que remarcar que este valor no es comparable al obtenido mediante el balance de cloruros, ya que se trata de un valor puntual obtenido en un corto intervalo de tiempo y en una parcela desprovista de vegetación.

Las curvas característica de retención de humedad del suelo en las estaciones 4 (Palacio Doñana) y 5 (Corral Largo) muestran una baja capacidad de almacenamiento de agua. La capacidad de campo, tomada como la humedad volumétrica a pF 2 (-100 cm) varía entre el 4 y el 6%. Ello concuerda con los altos valores de recarga obtenidos por distintos métodos.

Se ha realizado una modelización matemática, en un perfil vertical, en las estaciones 4 (Palacio Doñana) y 5 (Corral Largo) mediante el programa SWIM.

En la estación 4, el nivel piezométrico está incluido en el perfil modelizado. El modelo no permite utilizar como límite inferior los datos del nivel piezométrico registrado. Por lo tanto, se ha supuesto una capa poco permeable por encima de la cual existen condiciones de saturación; se asignó una conductividad hidráulica a esta capa un valor tal que la decrecida del nivel piezométrico obtenida del modelo se aproxime a la registrada. Después de modificar algunos de los parámetros iniciales para calibrar el modelo, se obtienen valores de la ETR comprendidos entre 200 mm (año 1992/93) y 363 mm (año 1989/90), para precipitaciones de 356 y 753 mm, respectivamente. Aunque las características del modelo parecen reproducir aceptablemente la dinámica de la zona no saturada, se señala que una menor conductividad hidráulica de la zona no saturada podría ser compensada por un incremento de la ETR.

Si se considera el efecto de la vegetación en el modelo (utilizando, de forma aproximada, la distribución de raíces encontrada en una zona parecida a la estación 4), se comprueba que la disminución del drenaje se ve compensada por el incremento de la ETR. De esta forma, es mayor la coincidencia con los perfiles de humedad experimentales, sobre todo en los primeros decímetros del suelo. La forma de decrecida del nivel piezométrico durante primavera y verano, considerando el efecto de la vegetación, también se ajusta

mejor a la registrada. La ETR calculada de esta forma se aproxima a los valores anuales de la precipitación, excepto en el año 1989/90 con una alta pluviometría (753 mm) y, por lo tanto, una escorrentía superficial no despreciable.

La modelización realizada en un perfil de la estación 5 (Corral Largo), desprovisto de vegetación y con el nivel piezométrico suficientemente profundo, muestra un buen ajuste entre los perfiles de humedad experimentales y los obtenidos del modelo. La ETR obtenida de esta forma se mantiene aproximadamente constante durante los cuatro años considerados, con valores entre 170 y 200 mm. La recarga anual presenta una relación lineal con la precipitación de la forma (valores en mm):

$$\text{Recarga} = 0.944 * \text{Precipitación} - 148$$

De este modo, la recarga ha estado comprendida entre los valores de 142 mm (con 382 mm de precipitación) en el año 1992/93 y 563 mm (con 753 mm de precipitación) del año 89/90 (aunque este último valor puede ser excesivo, pues se considera nula la escorrentía superficial).



REFERENCIAS



- Akindunni, F.F. y Gillham, R.W. (1992). "Unsaturated and saturated flow in response to pumping of an unconfined aquifer: numerical investigation of delayed drainage". *Groundwater*, vol. 30, pp: 873-884.
- Almeida, C. y Silva, C. (1990). "MISOLEQ - Um programa para simulação de processos reactivos envolvendo minerais, gases e água". *Geolis*, vol. IV (1 y 2), pp: 217-227.
- Appelo, C.A.J. y Postma, D. (1993). "Geochemistry, Groundwater and Pollution". Ed. A.A. Balkema. Rotterdam (Holanda). 536 pp.
- Araguás, L. (1991). "Adquisición de los contenidos isotópicos (^{18}O y D) de las aguas subterráneas: variaciones en la atmósfera y en la zona no saturada del suelo". Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 279 pp.
- Baonza, E.; Plata, A. y Silgado A. (1984). "Hidrología isotópica de las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana y zona de influencia". Cuadernos de Investigación del CEDEX, C7. Madrid. 139 pp.
- Belmans, C.; Wesseling, J.G. y Feddes. R.A. (1983). "Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE". *J. Hydrol.*, vol. 63, pp: 271-286.
- Campbell, G.S. (1985). "Soil physics with basic". Ed. Elsevier. Amsterdam. 150 pp.
- Carvalho, M.R. y Almeida, C. (1989). "HIDSPEC, un programa de especificação e cálculo de equilíbrios água/rocha". *Geociências, Rev. Univ. Aveiro*, vol. 4(2), pp: 1-22.
- Castells, M.; Cruz, J.; Custodio, E.; García Novo, F.; Gaudemar, J.P.; González Vallvé, J.L.; Granados, V.; Magraner A.; Roman, C.; Smart, M. y Van der Maarel, E. (1992). "Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible del entorno de Doñana". Comisión Intern. Expertos de Doñana. Junta de Andalucía. Sevilla. 131 pp.
- Coletto Fiaño, I. y Gómez Martos, M. (1992). "El proceso de recarga del acuífero del entorno del Parque Nacional de Doñana. II - Infiltración". V Simposio de Hidrogeología. Alicante. En: *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, vol. XVII, pp: 395-403.

Referencias

- Cruz-Sanjulián, J.; Araguás, L.; Rozanski, K.; Benavente, J.; Cardenal, J.; Hidalgo, M.C.; García-López, S.; Martínez-Garrido, J.C.; Moral, F. y Olías, M. (1992). "Sources of Precipitation over south-eastern Spain and Groundwater Recharge. An Isotopic Study". *Tellus*, vol. 44B, pp: 226-236.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). "Hidrología subterránea". Ed. Omega. Barcelona. 2 vol. 2350 pp.
- Custodio, E. (1992). "Comportamiento y papel de las aguas subterráneas en Doñana: consecuencias de las extracciones". Universidad Hispanoamericana de Santa María de la Rábida. Mesa Redonda: Cambios sociales y ecológicos en Doñana y su entorno. 36 pp.
- Custodio Gimena, E.; Dolz Ripolles, J.; Guimerà Solà, J.; Manzano Arellano, M.; Poncela Poncela, R.; Samper Calvete, J.; Sanchez Juny, M. y Velasco Cabre, E. (1992). "Aportaciones al conocimiento hidrológico de los acuíferos del Parque Nacional de Doñana y su entorno". V Simposium de Hidrogeología (Alicante), en *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, vol. XVI, pp: 425-440.
- Davis, J.C. (1986). "Statistics and data analysis in geology". Ed. John Wiley & Sons. Singapur. 646 pp.
- Davis, S.N. y De Wiest, R. (1971). "Hidrogeología". Ed Ariel. Barcelona. 563 pp.
- Doss, P.K. (1993). "The nature of a dynamic water table in a system of non-tidal, freshwater coastal wetlands". *J. Hydrol.*, vol. 141, pp: 107-126.
- Dutton, A.R. (1990). "Vadose zone recharge and weathering in an eocene sand deposit, East Texas, USA". *J. Hydrol.*, vol. 114, pp: 93-108.
- FAO (1970). "Estudio hidrogeológico de la cuenca del Guadalquivir". Informe Técnico. AGL:SF/SPA 9. Roma. 115 pp.
- FAO (1972a). "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. Anteproyecto de transformación en regadío de la zona Almonte-Marismas (margen derecha)". Informe técnico. AGL: SF/SPA 16. Madrid. 2 vol. 533 pp.

- FAO (1972b). "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. Estudio detallado de los suelos de la zona: Villamanrique de la Condesa - Hinojos - Almonte - El Rocío". Informe técnico. Sevilla. 58 pp.
- FAO (1975). "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir. Proyecto de transformación de la zona regable Almonte-Marismas". Informe técnico. AGL:SF/SPA 16. Roma. 157 pp.
- Feddes, R.A., Kabat, P., van Bakel, P.J.T., Bronswijk, J.J.B. y Halbertsma, J. (1988). "Modelling soil water dynamics in the unsaturated zone - State of the art". J. Hydrol., vol. 100, pp: 69-111.
- Freeze, R.A. y Cherry, J.A. (1979). "Groundwater". Ed. Prentice-Hall. New Jersey (USA). 604 pp.
- García-Novo, F.; Galindo, D.; García-Sánchez, J.A.; Guisande, C.; Jaúregui, J.; López, T.; Mazuelos, N.; Muñoz, J.C.; Serrano, L. y Toja, J. (1991). "Tipificación de los ecosistemas acuáticos sobre sustrato arenoso del Parque Nacional de Doñana". III Simposio sobre el Agua en Andalucía, Córdoba, vol. 1, pp: 165-176.
- van Genuchten, M. Th. (1978). "SOHYP - calculating the unsaturated hydraulic conductivity with a new closed-form analytical model". International Ground Water Modeling Center. Delft (Holanda). 63 pp.
- van Genuchten, M.Th. (1980). "A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils". Soil Sci. Soc. Am. J., vol 44, pp: 892-898.
- Gillham, R.W. (1984). "The capillary fringe and its effect on water table response". J. Hydrol., vol. 67, pp: 307-324.
- Gilman, K. (1994). "Hydrology and wetland conservation". Ed. John Wiley & Sons. Chichester (Inglaterra). 101 pp.
- Guimerà, J., Custodio, E. y Candela, L. (1991). "Caracterización de la recarga a los acuíferos mediante trazador químico artificial en el Parque Nacional de Doñana (Huelva, España)". Rev. de Geofísica, vol. 47, pp: 135-147.

Referencias

- Groupe de Recherche Neotectonique de l'Arc de Gibraltar (1977). "L'histoire tectonique récent (Tortonien à Quaternaire) de l'Arc de Gibraltar et des bordures de la mer d'Alboran". Bull. Soc. Géol. France, vol. XIX (3), pp: 575-614.
- Hillel, D. (1980a). "Fundamentals of Soil Physics". Ed. Academic Press. Nueva York. 407 pp.
- Hillel, D. (1980b). "Applications of Soil Physics". Ed. Academic Press. Nueva York. 377 pp.
- Hollis, T., Mercer, J. y Herteaux, P. (1989). "The implications of groundwater extraction for the long term future of the Doñana National Park". Informe técnico. 60 pp.
- Hoyle, B.L. (1989). "Ground-Water quality variations in a silty alluvial soil aquifer, Oklahoma". Ground Water, vol. 27(4), pp: 540-549.
- Hutson, J.L. y Cass, A. (1987). "A retentivity function for use in soil-water simulation models". Journal of Soil Science, vol. 38, pp: 105-113.
- IGME (1982). "Actualización de datos hidrogeológicos en los acuíferos de Almonte-Marismas y Mioceno de base. Modelo Matemático bidimensional del sistema acuífero nº 27 Unidad Almonte-Marismas". Informe técnico. Madrid. 50 pp + anexos.
- IGME (1983). "Actualización de datos hidrogeológicos en los acuíferos de Almonte-Marismas y Mioceno de base. Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno". Informe técnico. Madrid. 185 pp.
- IGME (1987). "Simulación de la evolución piezométrica del acuífero Almonte-Marismas: horizonte año 2010. Informe técnico. Sevilla. 32 pp + anexos.
- INTECSA (1976). "Segundo informe sobre el modelo matemático de los acuíferos de Almonte-Marismas". Informe técnico. Sevilla.
- IRYDA (1976). "Informe final de los sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas (Huelva-Sevilla)". Sevilla. 110 pp + anexos.

- IRYDA (1978). "Informe sobre el control y vigilancia del acuífero Almonte-Marismas durante los años 1975-1977". 10 pp + anexos.
- ITGE (1991). "Evaluación de los procesos de evaporación e infiltración a partir del estudio de la zona no saturada. Parque Nacional de Doñana". Informe técnico. Madrid. 187 pp.
- Johansson, P.O. (1987). "Estimation of groundwater recharge in sandy till with two different methods using groundwater level fluctuations". J. Hydrol., vol. 90, pp 183-198.
- Kabat, P. (1989). "Water dynamics in the unsaturated zone". Lecture notes for XXVIII International Course on Land Drainage. Wageningen (Holanda). 64 pp.
- Kool, J.B., Parker, J.C. y Van Genuchten, M. Th. (1987). "Parameter estimation for unsaturated flow and transport models - A review". J. Hydrol., vol. 91, pp: 255-293.
- Laat, P.J.M. (1991). "Theory of steady unsaturated flow". Lecture notes for course Modeling the unsaturated zone. Intern. Ground Water Modeling Center. Delft (Holanda). 41 pp.
- Lerner, N., Issar A.S. y Simmers, I (Editores) (1990). "Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge". Intern. Association of Hydrogeologists. vol. 8. 345 pp.
- Leyva, F. y Pastor, F. (1975). Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja 1033 - Palacio de Doñana (2ª serie). IGME. Madrid.
- Leyva, F. y Pastor, F. (1976). Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja 1018 - El Rocío (2ª serie). IGME. Madrid.
- López, T.; Mazuelos, N. y Muñoz Reinoso, J.C. (1994). "Spatial and temporal variations in the ionic composition of shallow water table in Doñana National Park (SW, Spain)". VerhIntern. Verein Limnol., Stuttgart, vol. 25, pp: 1438-1444.
- Lucena, C. y García, E. (1978). "El modelo matemático del sistema acuífero de Almonte-Marismas". Bol. Geol. Min. vol. 89, pp: 151-163.

Referencias

- Llamas, M.R. (1988). "Conflicts between wetland conservation and groundwater exploitation: two case histories in Spain". *Environ. Geol. Water Sci.*, vol. 11, n° 3, pp: 241-251.
- Manzano, M., Custodio, E. y Poncela, R. (1991). "Contribución de la hidrogeoquímica al conocimiento de la hidrodinámica de los acuíferos del área de Doñana". III Simposio sobre el Agua en Andalucía. Córdoba. vol. I, pp: 475-486.
- Martínez García, F. y Rodríguez, J.M. (1988). "Distribución vertical de las raíces del matorral de Doñana". *Lagasalia*, vol. 15, pp 549-557.
- Menanteau, L. (1980). "Les Marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire recente". Tesis 3^{er} ciclo. Universidad de París-Sorbone.
- Merino, J.; García Novo, F. y Sánchez Días, M. (1976). "Annual fluctuation of water potential in the xerophytic shrub of the Doñana Biological Reserve (Spain)". *Ecologia Plantarum*, vol. 11, n° 1, pp: 1-11.
- MOPU (1979). "Informe hidrogeológico y de recursos hidráulicos, desagües y vertidos, y posibles incidencias de los mismos en el Parque Nacional de Doñana". Informe técnico. Dir. Gral. Obras Hidráulicas. Madrid. 75 pp.
- Mishra, S.; Parker, J.C. y Singhal, N. (1989). "Estimation of soil hydraulic properties and their uncertainty from particle size distribution data". *J. Hydrol.*, vol. 100, pp: 1-18.
- Mishra, S. y Parker, J.C. (1990). "On the relation between saturated conductivity and capillary retention characteristics". *Groundwater*, vol. 28, n° 5, pp: 775-777.
- Mualem, Y. (1976). "A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media". *Water Resources Research*, vol. 12 (3), pp: 513-522.
- Nielsen, D.R., van Genuchten M. Th. y Biggar, J.W. (1986). "Water flow and solute transport processes in the unsaturated zone". *Water Resources Research*, vol. 22(9), pp: 89S-108S.
- Olías Alvarez, M.; Cruz San Julián, J; Benavente Herrera, J.; García Novo, F. y Muñoz Reinoso, J. C. (1991) "New data about the Almonte-Marismas aquifer from the

- hydrogeological monitoring (1989-90)". Proceedings of XXIII International Congress, Aquifer Overexploitation, IAH, Islas Canarias. Tomo 1, pp: 159-162.
- Olías, M.; Cruz Sanjulián, J.J.; Benavente, J.; Araguás, L. y López Vera, F. (1991). "Investigación Isotópica Preliminar en la Zona No Saturada del Acuífero Almonte-Marismas". III Simposio sobre el Agua en Andalucía, Córdoba, vol. I, pp: 551-562.
 - Olías, M.; Cruz San Julián, J.; Benavente, J. y Almeida, C. (in litt.). "Evolución hidroquímica temporal en algunos puntos de observación en el acuífero Almonte-Marismas (Huelva)". Boletín Geológico y Minero.
 - Orihuela Calvo, D.L. y González Martínez, A. (1991). "Suelos y agua en el entorno de Doñana". Hidrogeología, vol. 7, pp: 1-16.
 - Pastor, F, y Leyva, F. (1976). Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja 1000 - Moguer (2ª serie). IGME. Madrid.
 - Plata, A.; Baonza, E. y Silgado, A. (1983). "Hidrología isotópica de las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana y zona de influencia". Isotopes in Hydrology, O.I.E.A., Viena (Austria), pp: 321-340.
 - Poncela Poncela, R.; Manzano Arellano, M. y Custodio Gimena, E. (1992). "Medidas anómalas de tritio en el área de Doñana". V Simposium de Hidrogeología (Alicante), en Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, vol. XVII, pp: 351-366.
 - Rodier, J. (1978). "Análisis de las aguas naturales, aguas residuales y aguas de mar". Ed. Omega. Barcelona. 1059 pp.
 - 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 Arévalo, F.J. y Llamas, M.R. (1986). "Evaluación preliminar del impacto de los bombeos de agua subterránea en el ecotono de La Vera-La Retuerta (Parque Nacional de Doñana). II Simposio sobre el Agua en Andalucía. Granada. pp: 423-434.
 - Ross, P.J. (1990a). "Efficient numerical methods for infiltration using Richards' Equation". Water Research Resources, vol. 26(2), pp: 279-290.

Referencias

- Ross, P.J. (1990b). "SWIM - a simulation model for soil water infiltration and movement: reference manual ". CSIRO. Australia. 59 pp.
- Sahuquillo, A., Carrera, J.; Samper, J. y Custodio, E. (1992). "Revisión crítica de los trabajos de modelación del flujo subterráneo". 6º Anexo Dictamen Comisión Inter. de Expertos de Doñana. Junta de Andalucía. Sevilla. 111 pp.
- Samper, J.; Poncela, R.; Custodio, E. y García Vera, M.A. (1991). "Estimation of infiltration recharge from a combination of meteorological and hydrogeological data". XXIII Congreso A.I.H. Sobre explotación de acuíferos. Puerto de la Cruz. pp: 85-89.
- Samper, J. y Guimerà, J. (1993). "Interpretación numérica de un ensayo de trazador químico para el estudio de la recarga en el acuífero del Parque Nacional de Doñana". En: La zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. Eds: L. Candela y M. Varela. Barcelona. pp: 277-302.
- Sanchez Toribio, M.I. (1992). "Métodos para el estudio de la evaporación y la evapotranspiración". Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología, nº 3, 36 pp.
- Sarma, J.V.V.; Prasad, N.V.B.S.S. y Prasad, P.R. (1979). "The effect of hydrogeology on variations in the electrical conductivity of groundwater fluctuations". J. Hydrol., vol. 44, pp: 81-87.
- Siljeström, P. (1985). "Geomorfología y edafogénesis de las arenas del Parque Nacional de Doñana". Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 467 pp.
- Sophocleous, M. (1985). "The role of specific yield in groundwater recharge estimations: a numerical study". Groundwater, vol. 23, nº1, pp: 52-58.
- Sophocleous, M.A. (1991). "Combining the soilwater balance and water-level fluctuation methods to estimate natural ground-water recharge: practical aspects". J. Hydrol., vol. 124, pp: 229-241.
- Suso, J.M. y Llamas, M.R. (1990). "El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana". Estudios Geológicos, vol. 46, pp: 317-345.

- Suso, J. y Llamas, M.R. (1993). "Influence of groundwater development on de Doñana National Park ecosystems (Spain)". *J. Hidrol.*, vol. 141, pp: 239-269.
- Tenajas, J. (1984). "Contribución a la hidrogeología e hidrogeoquímica de las marismas del Parque Nacional de Doñana con aplicación del análisis de imágenes Landsat". Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid. 240 pp.
- Torres, T. (1977). "Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja 1001 - Almonte (2ª serie). IGME. Madrid.
- Vela, A. (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.
- Viguiet (1974). "Le Néogene de l'Andalousie nord occidental (Espagne). Histoire géologique du Bassin du Bas-Guadalquivir". Tesis Doctoral. Universidad de Bordeaux. 450 pp.
- Wosten, J.H.M. y van Genuchten, M. Th. (1988). "Using texture and other soil properties to predict the unsaturated soil hydraulic functions". *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 52, pp: 1762-1770.
- Yagüe, A. y Llamas, M.R. (1984). "Simulación del flujo subterráneo del sistema acuífero del Estuario del Guadalquivir en un perfil vertical". I Congreso Español de Geología. Segovia. vol. IV. pp: 435-451.
- Zazo, C. (1980). "El cuaternario marino-continental y el límite Pliopleistoceno en el litoral de Cádiz". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.



ANEXOS

UNIVERSIDAD DE GRANADA
21 DIC. 1994
COMISION DE DOCTORADO



ANEXO I: DATOS PLUVIOMETRICOS DIARIOS EN LAS
ESTACIONES CONTROLADAS



ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Ene 89	Feb 89	Mar 89	Abr 89	May 89	Jun 89	Jul 89	Ago 89	Sep 89	Oct 89	Nov 89	Dic 89
1							0.0	0.0	0.0	16.2	0.0	0.0
2							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.4
4							0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	25.9
5							0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	59.0
6							0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	59.0
7							0.0	0.0	16.5	0.0	0.0	30.6
8							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.6
9							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
10							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0
13							0.0	0.0	0.0	53.9	0.0	0.3
14							0.0	0.0	0.0	16.0	36.0	8.8
15							0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	2.1
16							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
17							0.0	0.0	0.0	1.7	27.8	14.4
18							0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	4.5
19							0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	0.4
20							0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	0.2
21							0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	8.9
22							0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	0.0
23							0.0	0.0	0.0	0.7	17.9	0.0
24							0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0
25							0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	75.4
26							0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0
27							0.0	0.0	0.0	23.3	0.0	0.0
28							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2
29							0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
30							0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0
31							0.0	0.0		0.0		0.0
Total							0.0	4.3	32.9	111.8	315.0	431.0

Dias	Ene 90	Feb 90	Mar 90	Abr 90	May 90	Jun 90	Jul 90	Ago 90	Sep 90	Oct 90	Nov 90	Dic 90
1	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2	42.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
3	1.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
4	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		17.7
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
8	0.0	0.0	0.2	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
9	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
10	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		21.6	
11	0.0	0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
12	0.0	0.0	3.4	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
13	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
14	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			1.2
15	0.0	0.0	0.0	0.4	8.0	0.0	0.0	0.0	0.4	8.0		
16	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
17	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
18	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
19	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
20	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0		
21	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
22	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			15.5
23	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0		
24	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		5.3	
25	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
26	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
27	23.1	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8		
28	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
29	5.4		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0			
30	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		6.5	
31	6.2		0.0		2.9		0.0	0.0		2.9		3.9
Total	115.2	0.0	12.9	0.4	63.7	0.0	0.0	0.0	0.4	63.7	33.4	38.3

ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Ene 91	Feb 91	Mar 91	Abr 91	May 91	Jun 91	Jul 91	Ago 91	Sep 91	Oct 91	Nov 91	Dic 91
1	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0		0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
6				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
8				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3
9		9.7	62.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
11				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	0.0	0.0
12	14.3			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
13				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.7	0.0
14					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1	0.0	39.4
15					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
16			16.2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4
17					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18		75.2			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20				35.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23		10.4	2.6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24					0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0
25					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0
26					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27				34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28		16.4			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
29					0.0	0.0	0.2	0.0	19.4	0.0	0.0	0.0
30			0.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0
31					0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	14.3	125.6	81.9	70.6	0.0	21.0	0.2	0.0	24.1	99.8	21.8	62.0

Dias	Ene 92	Feb 92	Mar 92	Abr 92	May 92	Jun 92	Jul 92	Ago 92	Sep 92	Oct 92	Nov 92	Dic 92
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	42.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	4.5	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	8.4	4.7	14.3
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.7	0.0	0.0
17	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.4	0.0	0.0
19	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9
23	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0
30	0.0		19.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		3.6		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	5.4	19.5	22.8	53.8	10.3	25.8	0.0	8.3	36.3	73.9	4.7	40.0

ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Ene 91	Feb 91	Mar 91	Abr 91	May 91	Jun 9	Jul 91	Ago 91	Sep 91	Oct 91	Nov 91	Dic 91
1	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0		0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
6				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
8				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3
9		9.7	62.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
11				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	0.0	0.0
12	14.3			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
13				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.7	0.0
14					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.1	0.0	39.4
15					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
16			16.2		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4
17					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18		75.2			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20				35.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23		10.4	2.6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24					0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0
25					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0
26					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27				34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28		16.4			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
29					0.0	0.0	0.2	0.0	19.4	0.0	0.0	0.0
30			0.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0
31					0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	14.3	125.6	81.9	70.6	0.0	21.0	0.2	0.0	24.1	99.8	21.8	62.0

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Ene 89	Feb 89	Mar 89	Abr 89	May 89	Jun 89	Jul 89	Ago 89	Sep 89	Oct 89	Nov 89	Dic 89
1												0.0
2												0.0
3												38.5
4												11.7
5												35.6
6												20.4
7												14.1
8												40.1
9												1.2
10												0.0
11												1.2
12												14.6
13												0.3
14												2.4
15												6.9
16												10.9
17												6.4
18												33.5
19												0.2
20												0.0
21												4.5
22												0.0
23												0.0
24												0.0
25												48.0
26												5.9
27												0.0
28												6.0
29												0.7
30												0.0
31												0.0
Total												303.1

Dias	Ene 90	Feb 90	Mar 90	Abr 90	May 90	Jun 90	Jul 90	Ago 90	Sep 90	Oct 90	Nov 90	Dic 90
1	35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
2	20.6	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	12.9	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
4	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
5	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
6	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0
8	0.0	0.0	0.8	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	3.8
9	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
10	0.0	0.0	2.2	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	1.4
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	10.7
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	3.4	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	5.5	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	2.8
26	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	1.0
27	8.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	5.1	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	3.6		0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.5	0.0	0.0
30	0.0		6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	5.0		11.1		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	92.7	0.0	29.4	74.3	16.5	0.0	0.0	0.0	3.3	103.4	37.2	29.7

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Ene 91	Feb 91	Mar 91	Abr 91	May 91	Jun 91	Jul 91	Ago 91	Sep 91	Oct 91	Nov 91	Dic 91
1	0.0	9.2	7.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	0.0	0.0	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	0.0	9.1	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	0.0	1.6	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	3.9	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	1.2	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	
10	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	
12	2.9	6.3	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.5	0.0	
13	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	1.6	
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	
15	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	0.0	12.2	2.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17	0.0	30.4	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	0.0	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.1	0.0	56.0
19	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
21	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	8.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0		1.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	25.5	0.0	1.8	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	0.0
31	0.0		0.5		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	8.0	143.2	123.7	26.4	0.0	2.9	0.8	0.0	32.0	124.2	25.5	56.1

Dias	Ene 92	Feb 92	Mar 92	Abr 92	May 92	Jun 92	Jul 92	Ago 92	Sep 92	Oct 92	Nov 92	Dic 92
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
4	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
6	0.0	0.0	0.0	6.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
12	0.0	3.4	0.0	0.1	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	7.0	3.1	9.3
16	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9	0.0	0.4
17	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	0.0	0.0
19	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0
20	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
23	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
24	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	4.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	1.3	0.0	0.0
30	0.0		15.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	4.7	31.5	15.0	36.7	26.2	46.7	0.0	3.7	42.4	75.1	3.1	31.3

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Ene 89	Feb 89	Mar 89	Abr 89	May 89	Jun 89	Jul 89	Ago 89	Sep 89	Oct 89	Nov 89	Dic 89
1									0.0	0.0	0.0	0.0
2									0.0	0.0	0.0	0.0
3									0.0	0.0	0.0	14.8
4									0.0	0.0	0.0	6.6
5									1.0	0.0	0.0	39.8
6									26.0	0.0	0.0	24.1
7									2.0	0.0	0.0	17.2
8									0.0	0.0	0.0	8.8
9									0.0	0.0	0.0	1.1
10									0.0	0.0	0.0	0.0
11									0.0	0.0	0.0	3.3
12									0.0	0.0	15.0	6.8
13									0.0	8.4	22.2	0.0
14									0.0	29.8	0.0	0.0
15									0.0	0.4	0.0	0.5
16									0.0	0.0	0.0	9.0
17									0.0	0.0	16.2	12.9
18									0.0	0.0	5.0	12.8
19									0.0	0.0	75.8	0.0
20									0.0	0.0	14.1	0.0
21									0.0	0.0	23.4	4.0
22									0.0	0.0	28.5	3.5
23									0.0	0.0	1.2	0.0
24									0.0	0.0	3.0	0.0
25									0.0	0.0	0.7	61.3
26									0.0	0.6	9.9	4.0
27									0.0	31.3	0.0	0.2
28									0.0	0.0	0.0	5.4
29									0.0	0.0	19.5	1.8
30									0.0	0.0	0.0	0.0
31										0.1		0.0
Total									29.0	70.6	234.5	237.9

Dias	Ene 90	Feb 90	Mar 90	Abr 90	May 90	Jun 90	Jul 90	Ago 90	Sep 90	Oct 90	Nov 90	Dic 90
1	23.4	0.0	0.0	9.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.5	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	13.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	2.5
4	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9
5	0.0	0.0	0.3	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0
8	0.0	0.0	0.4	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	4.6
9	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
10	0.0	0.0	2.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	3.6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	2.2
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	21.5
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	6.6	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.5	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	10.2	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
26	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
27	15.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	4.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	5.2	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.3	0.0
30	0.0	0.0	1.7	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	2.8		5.5		0.0		0.0	0.0		1.3		0.0
Total	83.4	0.0	20.9	70.7	5.8	0.0	0.0	0.0	4.1	60.9	30.8	52.9

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Ene 91	Feb 91	Mar 91	Abr 91	May 91	Jun 91	Jul 91	Ago 91	Sep 91	Oct 91	Nov 91	Dic 91
1	0.0	8.1	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	5.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
3	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
4	0.0	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
5	0.0	0.1	26.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
6	0.1	2.9	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	3.9	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.2	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
9	1.3	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0
10	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.6	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0
12	1.6	12.6	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5	0.0	0.0
13	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
14	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	18.5
15	0.0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
16	0.0	8.3	1.9	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
17	0.0	41.4	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
18	0.0	38.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	2.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.3
21	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
22	0.0	1.7	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	0.0	0.0
26	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
27	0.2	0.0	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.5	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.2
29	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	25.5	0.0	0.4	0.3
30	0.0		1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.1
Total	3.9	159.9	96.0	51.5	0.2	0.0	5.1	0.0	37.5	143.9	25.4	47.9

Dias	Ene 92	Feb 92	Mar 92	Abr 92	May 92	Jun 92	Jul 92	Ago 92	Sep 92	Oct 92	Nov 92	Dic 92
1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.1	0.0	0.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.2	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
4	0.1	0.0	1.1	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
5	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.1	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
7	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.6
8	1.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
9	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0
10	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.5	2.8	0.0	0.2	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.2	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	15.3
16	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0
17	0.1	2.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	1.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0
19	0.0	21.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0	0.0
20	0.1	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	1.7
21	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
22	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
23	0.0	0.0	0.1	0.0	3.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.7
24	0.0	15.7	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.5
25	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
26	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.1	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
28	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.2	0.0	0.2
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.2	0.2
30	0.0		23.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Total	3.9	50.2	26.8	53.3	31.4	30.5	0.0	1.4	23.3	58.0	9.6	41.7

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Ene 93	Feb 93	Mar 93	Abr 93	May 93	Jun 93	Jul 93	Ago 93	Sep 93	Oct 93	Nov 93	Dic 93
1	0.4	0.6	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0				
4	0.1	0.0	0.0	0.0	46.0	0.0	0.0	0.0				
5	0.0	0.1	1.2	0.2	7.0	0.0	0.0	0.0				
6	0.0	2.6	11.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0				
7	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0				
8	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
10	0.1	9.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
11	0.2	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
12	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0				
13	0.2	0.1	19.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0				
14	0.2	0.2	0.3	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0				
15	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0				
16	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
17	0.1	0.1	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0				
18	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
19	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
20	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
21	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
23	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0				
24	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0				
25	0.0	0.1	0.0	1.1	0.5	0.2	0.0	0.0				
26	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	0.0	0.0	0.0				
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
28	0.4	0.0	0.0	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0				
29	27.2		0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0				
30	6.4		0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0				
31	3.6		0.0		0.0		0.0	0.0				
Total	39.9	20.3	34.3	58.1	71.0	0.2	0.0	0.0				



ANEXO II: DATOS PIEZOMETRICOS PUNTUALES Y DATOS DE
PIEZOMETRIA, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA
DEL AGUA OBTENIDOS DE LOS DATTA-LOGGER



ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Jul-92	-621.9	787	18.29
02-Jul-92	-622.4	788	18.29
03-Jul-92	-623.2	789	18.30
04-Jul-92	-623.8	790	18.30
05-Jul-92	-624.6	792	18.29
06-Jul-92	-625.2	790	18.30
07-Jul-92	-626.0	790	18.31
08-Jul-92	-626.8	791	18.29
09-Jul-92	-628.0	790	18.30
10-Jul-92	-628.4	789	18.31
11-Jul-92	-629.1	789	18.30
12-Jul-92	-629.8	789	18.30
13-Jul-92	-630.7	789	18.31
14-Jul-92	-631.5	789	18.30
15-Jul-92	-632.4	789	18.32
16-Jul-92	-633.2	789	18.32
17-Jul-92	-634.1	789	18.31
18-Jul-92	-635.3	789	18.32
19-Jul-92	-635.9	789	18.32
20-Jul-92	-636.6	789	18.33
21-Jul-92	-637.8	789	18.32
22-Jul-92	-638.5	790	18.32
23-Jul-92	-639.5	790	18.32
24-Jul-92	-640.6	790	18.32
25-Jul-92	-641.4	790	18.33
26-Jul-92	-642.3	789	18.32
27-Jul-92	-643.3	789	18.32
28-Jul-92	-644.3	789	18.33
29-Jul-92	-644.9	789	18.33
30-Jul-92	-645.8	788	18.34
31-Jul-92	-646.7	789	18.33
01-Ago-92	-647.6	789	18.33
02-Ago-92	-648.7	787	18.35
03-Ago-92	-649.3	790	18.35
04-Ago-92	-650.1	790	18.35
05-Ago-92	-650.8	790	18.36
06-Ago-92	-651.6	789	18.35
07-Ago-92	-652.4	790	18.36
08-Ago-92	-652.4	789	18.37
09-Ago-92	-653.2	790	18.35
10-Ago-92	-653.9	791	18.35
11-Ago-92	-654.5	791	18.36
12-Ago-92	-655.1	791	18.37
13-Ago-92	-655.7	792	18.37
14-Ago-92	-656.2	792	18.37
15-Ago-92	-656.5	791	18.37
16-Ago-92	-656.9	792	18.37
17-Ago-92	-657.5	792	18.38
18-Ago-92	-658.1	791	18.39
19-Ago-92	-658.5	791	18.39
20-Ago-92	-658.8	791	18.39
21-Ago-92	-659.2	791	18.39
22-Ago-92	-659.6	792	18.40
23-Ago-92	-660.0	791	18.41
24-Ago-92	-660.5	792	18.40
25-Ago-92	-661.0	791	18.41
26-Ago-92	-660.9	792	18.41
27-Ago-92	-661.3	792	18.41
28-Ago-92	-661.6	793	18.42
29-Ago-92	-661.9	793	18.42
30-Ago-92	-661.9	793	18.42
31-Ago-92	-661.9	793	18.42

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Sep-92	-662.1	793	18.42
02-Sep-92	-662.2	793	18.43
03-Sep-92	-662.5	794	18.43
04-Sep-92	-662.4	794	18.44
05-Sep-92	-662.6	794	18.45
06-Sep-92	-662.8	795	18.46
07-Sep-92	-663.1	795	18.46
08-Sep-92	-663.4	795	18.46
09-Sep-92	-663.6	795	18.46
10-Sep-92	-663.9	796	18.47
11-Sep-92	-664.2	796	18.47
12-Sep-92	-664.4	796	18.48
13-Sep-92	-664.8	796	18.49
14-Sep-92	-665.2	796	18.49
15-Sep-92	-665.6	797	18.50
16-Sep-92	-665.5	797	18.50
17-Sep-92	-665.9	798	18.51
18-Sep-92	-666.3	797	18.52
19-Sep-92	-666.5	798	18.53
20-Sep-92	-666.7	817	18.53
21-Sep-92	-666.9	816	18.54
22-Sep-92	-666.4	819	18.53
23-Sep-92	-666.6	798	18.53
24-Sep-92	-666.7	799	18.55
25-Sep-92	-667.0	801	18.56
26-Sep-92	-667.1	804	18.57
27-Sep-92	-664.2	805	18.57
28-Sep-92	-661.9	806	18.59
29-Sep-92	-660.6	807	18.58
30-Sep-92	-659.9	809	18.60
01-Oct-92	-658.9	810	18.60
02-Oct-92	-658.1	811	18.63
03-Oct-92	-657.5	812	18.62
04-Oct-92	-656.8	813	18.63
05-Oct-92	-656.3	814	18.64
06-Oct-92	-655.9	815	18.65
07-Oct-92	-655.6	815	18.66
08-Oct-92	-655.3	816	18.67
09-Oct-92	-655.1	817	18.66
10-Oct-92	-654.6	817	18.68
11-Oct-92	-654.2	818	18.67
12-Oct-92	-653.7	818	18.69
13-Oct-92	-653.3	819	18.70
14-Oct-92	-653.0	820	18.70
15-Oct-92	-652.5	820	18.70
16-Oct-92	-651.7	821	18.70
17-Oct-92	-650.2	821	18.70
18-Oct-92	-648.2	822	18.73
19-Oct-92	-646.1	822	18.70
20-Oct-92	-642.1	822	18.71
21-Oct-92	-638.4	822	18.75
22-Oct-92	-636.3	823	18.77
23-Oct-92	-634.3	824	18.76
24-Oct-92	-633.0	824	18.77
25-Oct-92	-631.8	825	18.78
26-Oct-92	-630.5	825	18.79
27-Oct-92	-629.9	826	18.80
28-Oct-92	-629.1	826	18.78
29-Oct-92	-628.3	826	18.79
30-Oct-92	-627.3	826	18.79
31-Oct-92	-627.0	826	18.83

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Nov-92	-627.2	827	18.85
02-Nov-92	-627.2	828	18.86
03-Nov-92	-627.1	826	18.86
04-Nov-92	-626.7	826	18.87
05-Nov-92	-626.3	827	18.88
06-Nov-92	-626.6	827	18.88
07-Nov-92	-626.6	827	18.89
08-Nov-92	-625.8	827	18.89
09-Nov-92	-625.4	827	18.91
10-Nov-92	-625.9	828	18.92
11-Nov-92	-625.9	828	18.91
12-Nov-92	-625.7	828	18.90
13-Nov-92	-624.4	828	18.93
14-Nov-92	-624.2	827	18.94
15-Nov-92	-623.7	827	18.94
16-Nov-92	-623.2	829	18.93
17-Nov-92	-623.5	828	18.96
18-Nov-92	-623.8	828	18.96
19-Nov-92	-623.8	828	18.97
20-Nov-92	-623.8	829	18.98
21-Nov-92	-623.4	829	18.99
22-Nov-92	-623.2	829	18.97
23-Nov-92	-623.0	829	18.98
24-Nov-92	-623.2	829	19.00
25-Nov-92	-623.6	830	18.99
26-Nov-92	-623.7	830	19.00
27-Nov-92	-623.1	830	19.00
28-Nov-92	-622.8	830	19.00
29-Nov-92	-622.7	831	19.00
30-Nov-92	-622.3	831	19.01
01-Dic-92	-622.1	831	18.99
02-Dic-92	-621.9	831	18.98
03-Dic-92	-621.6	830	18.98
04-Dic-92	-621.4	831	19.01
05-Dic-92	-620.7	830	18.99
06-Dic-92	-621.1	831	19.03
07-Dic-92	-620.7	831	19.02
08-Dic-92	-620.5	831	19.01
09-Dic-92	-620.2	831	19.05
10-Dic-92	-619.8	831	19.06
11-Dic-92	-619.5	830	19.04
12-Dic-92	-619.7	831	19.05
13-Dic-92	-619.7	831	19.06
14-Dic-92	-619.4	831	19.07
15-Dic-92	-619.3	831	19.06
16-Dic-92	-618.8	831	19.03
17-Dic-92	-618.9	832	19.06
18-Dic-92	-618.7	831	19.08
19-Dic-92	-617.8	831	19.09
20-Dic-92	-617.6	831	19.07
21-Dic-92	-617.6	831	19.07
22-Dic-92	-617.3	831	19.08
23-Dic-92	-617.1	831	19.06
24-Dic-92	-616.3	832	19.07
25-Dic-92	-615.5	832	19.07
26-Dic-92	-615.1	832	19.08
27-Dic-92	-614.6	832	19.07
28-Dic-92	-614.4	832	19.09
29-Dic-92	-614.1	831	19.10
30-Dic-92	-613.8	832	19.09
31-Dic-92	-613.6	832	19.08

ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Ene-93	-613.7	832	19.11
02-Ene-93	-613.7	832	19.11
03-Ene-93	-613.6	831	19.08
04-Ene-93	-613.9	832	19.09
05-Ene-93	-614.1	832	19.09
06-Ene-93	-614.2	832	19.08
07-Ene-93	-614.2	832	19.08
08-Ene-93	-614.1	832	19.08
09-Ene-93	-613.9	833	19.09
10-Ene-93	-614.1	833	19.10
11-Ene-93	-614.1	832	19.11
12-Ene-93	-614.0	832	19.08
13-Ene-93	-613.8	832	19.09
14-Ene-93	-613.8	832	19.09
15-Ene-93	-613.8	832	19.09
16-Ene-93	-614.1	832	19.08
17-Ene-93	-614.1	831	19.08
18-Ene-93	-614.1	831	19.07
19-Ene-93	-614.1	831	19.08
20-Ene-93	-614.2	832	19.08
21-Ene-93	-614.3	831	19.08
22-Ene-93	-614.6	831	19.07
23-Ene-93	-614.6	831	19.05
24-Ene-93	-614.6	831	19.07
25-Ene-93	-614.5	831	19.08
26-Ene-93	-614.0	830	19.07
27-Ene-93	-614.3	830	19.07
28-Ene-93	-614.2	830	19.07
29-Ene-93	-613.6	830	19.06
30-Ene-93	-612.8	831	19.03
31-Ene-93	-611.5	831	19.03
01-Feb-93	-611.0	831	19.02
02-Feb-93	-610.5	831	19.02
03-Feb-93	-610.4	831	19.03
04-Feb-93	-610.0	831	19.02
05-Feb-93	-610.0	830	19.04
06-Feb-93	-610.2	829	19.03
07-Feb-93	-610.1	830	19.02
08-Feb-93	-610.7	829	19.02
09-Feb-93	-610.6	829	19.01
10-Feb-93	-610.2	829	19.00
11-Feb-93	-609.7	829	18.98
12-Feb-93	-609.6	829	18.96
13-Feb-93	-609.0	829	18.99
14-Feb-93	-608.8	829	18.98
15-Feb-93	-608.3	829	18.97
16-Feb-93	-608.3	829	18.97
17-Feb-93	-608.2	829	18.97
18-Feb-93	-608.0	829	18.97
19-Feb-93	-607.7	831	18.97
20-Feb-93	-607.8	832	18.95
21-Feb-93	-608.0	832	18.94
22-Feb-93	-607.7	832	18.94
23-Feb-93	-607.5	832	18.93
24-Feb-93	-607.7	832	18.92
25-Feb-93	-608.5	832	18.91
26-Feb-93	-609.2	832	18.91
27-Feb-93	-609.0	832	18.89
28-Feb-93	-609.3	832	18.89

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Mar-93	-608.8	832	18.89
02-Mar-93	-608.5	832	18.89
03-Mar-93	-610.2	825	18.86
04-Mar-93	-610.4	823	18.81
05-Mar-93	-610.2	824	18.81
06-Mar-93	-610.7	827	18.80
07-Mar-93	-610.4	825	18.79
08-Mar-93	-609.9	828	18.82
09-Mar-93	-610.5	820	18.77
10-Mar-93	-610.7	819	18.78
11-Mar-93	-610.9	819	18.75
12-Mar-93	-610.5	819	18.75
13-Mar-93	-609.2	819	18.73
14-Mar-93	-602.3	818	18.71
15-Mar-93	-597.8	817	18.71
16-Mar-93	-595.0	816	18.71
17-Mar-93	-593.2	816	18.70
18-Mar-93	-591.7	814	18.71
19-Mar-93	-590.6	815	18.67
20-Mar-93	-590.5	814	18.69
21-Mar-93	-589.8	813	18.68
22-Mar-93	-590.1	814	18.68
23-Mar-93	-590.0	813	18.68
24-Mar-93	-589.8	813	18.67
25-Mar-93	-589.8	814	18.68
26-Mar-93	-590.8	815	18.67
27-Mar-93	-591.0	816	18.67
28-Mar-93	-591.3	813	18.67
29-Mar-93	-591.6	814	18.64
30-Mar-93	-592.2	814	18.65
31-Mar-93	-593.1	813	18.65
01-Abr-93	-593.6	813	18.64
02-Abr-93	-594.3	813	18.63
03-Abr-93	-594.4	812	18.63
04-Abr-93	-595.0	811	18.62
05-Abr-93	-595.6	812	18.61
06-Abr-93	-596.5	812	18.61
07-Abr-93	-596.6	812	18.61
08-Abr-93	-597.1	812	18.60
09-Abr-93	-598.0	811	18.60
10-Abr-93	-598.7	812	18.59
11-Abr-93	-600.0	814	18.58
12-Abr-93	-603.1	811	18.58
13-Abr-93	-608.0	812	18.56
14-Abr-93	-613.8	810	18.57
15-Abr-93	-619.6	811	18.55
16-Abr-93	-625.9	809	18.55
17-Abr-93	-631.4	809	18.56
18-Abr-93	-636.8	808	18.56
19-Abr-93	-642.0	808	18.57
20-Abr-93	-646.6	807	18.57
21-Abr-93	-651.3	808	18.56
22-Abr-93	-655.8	807	18.56
23-Abr-93	-659.9	806	18.55
24-Abr-93	-663.7	806	18.55
25-Abr-93	-666.6	806	18.53
26-Abr-93	-667.8	806	18.53
27-Abr-93	-668.0	805	18.53
28-Abr-93	-667.6	804	18.51
29-Abr-93			
30-Abr-93			

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-May-93			
02-May-93			
03-May-93			
04-May-93			
05-May-93			
06-May-93			
07-May-93			
08-May-93			
09-May-93			
10-May-93			
11-May-93			
12-May-93			
13-May-93			
14-May-93			
15-May-93			
16-May-93			
17-May-93			
18-May-93			
19-May-93			
20-May-93			
21-May-93			
22-May-93			
23-May-93			
24-May-93			
25-May-93			
26-May-93			
27-May-93			
28-May-93			
29-May-93			
30-May-93			
31-May-93			
01-Jun-93			
02-Jun-93			
03-Jun-93			
04-Jun-93	-707.0	811	17.00
05-Jun-93	-708.0	817	16.78
06-Jun-93	-709.0	823	16.77
07-Jun-93	-711.3	826	16.77
08-Jun-93	-709.8	827	16.77
09-Jun-93	-710.2	827	16.76
10-Jun-93	-710.8	828	16.76
11-Jun-93	-711.8	828	16.75
12-Jun-93	-712.5	831	16.73
13-Jun-93	-712.0	829	16.73
14-Jun-93	-711.5	829	16.72
15-Jun-93	-712.7	830	16.73
16-Jun-93	-713.8	830	16.73
17-Jun-93	-715.1	829	16.73
18-Jun-93	-716.3	830	16.73
19-Jun-93	-717.5	830	16.73
20-Jun-93	-719.0	831	16.71
21-Jun-93	-720.5	832	16.74
22-Jun-93	-721.7	833	16.74
23-Jun-93	-723.2	832	16.73
24-Jun-93	-724.7	833	16.74
25-Jun-93	-726.2	833	16.70
26-Jun-93	-728.0	833	16.70
27-Jun-93	-729.8	834	16.70
28-Jun-93	-731.1	834	16.71
29-Jun-93	-732.5	836	16.72
30-Jun-93	-734.0	836	16.69

ESTACION 1: ROCIANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Jul-93	-735.4	837	16.69
02-Jul-93	-736.9	837	16.69
03-Jul-93	-738.7	837	16.68
04-Jul-93	-740.2	839	16.68
05-Jul-93	-742.0	839	16.68
06-Jul-93	-744.2	840	16.69
07-Jul-93	-745.4	840	16.72
08-Jul-93	-747.5	841	16.71
09-Jul-93	-749.2	842	16.71
10-Jul-93	-750.6	843	16.72
11-Jul-93	-752.5	843	16.71
12-Jul-93	-754.1	843	16.68
13-Jul-93	-756.1	842	16.68
14-Jul-93	-758.1	842	16.68
15-Jul-93	-759.3	841	16.68
16-Jul-93	-761.1	842	16.68
17-Jul-93	-762.9	842	16.68
18-Jul-93	-764.9	842	16.67
19-Jul-93	-766.6	842	16.66
20-Jul-93	-768.7	843	16.67
21-Jul-93	-770.9	843	16.67
22-Jul-93	-772.8	844	16.66
23-Jul-93	-775.2	843	16.67
24-Jul-93	-776.9	842	16.67
25-Jul-93	-778.6	842	16.68
26-Jul-93	-780.4	842	16.68
27-Jul-93	-782.3	841	16.67
28-Jul-93	-784.1	843	16.68
29-Jul-93	-785.7	844	16.68
30-Jul-93	-787.5	843	16.69
31-Jul-93	-789.2	842	16.68
01-Ago-93	-791.0	843	16.69
02-Ago-93	-792.4	843	16.69
03-Ago-93	-794.3	842	16.69
04-Ago-93	-795.9	843	16.69
05-Ago-93	-797.7	844	16.69
06-Ago-93	-799.5	843	16.70
07-Ago-93	-800.6	843	16.71
08-Ago-93	-802.0	843	16.71
09-Ago-93	-803.2	843	16.71
10-Ago-93	-804.7	843	16.71
11-Ago-93	-805.7	843	16.72
12-Ago-93	-806.6	844	16.72
13-Ago-93	-807.7	846	16.73
14-Ago-93	-808.4	844	16.74
15-Ago-93	-809.4	844	16.74
16-Ago-93	-810.6	842	16.74
17-Ago-93	-811.3	842	16.74
18-Ago-93	-812.2	843	16.75
19-Ago-93	-812.8	842	16.75
20-Ago-93	-813.6	842	16.76
21-Ago-93	-814.3	843	16.77
22-Ago-93	-814.7	843	16.76
23-Ago-93	-815.0	842	16.77
24-Ago-93	-815.2	843	16.78
25-Ago-93	-815.6	843	16.78
26-Ago-93	-816.0	843	16.78
27-Ago-93	-816.6	843	16.80
28-Ago-93	-817.1	843	16.79
29-Ago-93	-818.3	840	16.80
30-Ago-93	-818.3	840	16.80
31-Ago-93	-819.0	843	16.81

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Sep-93	-819.0	843	16.81
02-Sep-93	-819.9	842	16.82
03-Sep-93	-819.8	841	16.83
04-Sep-93	-819.9	842	16.84
05-Sep-93	-821.1	843	16.84
06-Sep-93	-821.5	842	16.85
07-Sep-93	-821.5	842	16.85
08-Sep-93	-822.0	842	16.86
09-Sep-93	-822.0	842	16.86
10-Sep-93	-822.3	842	16.86
11-Sep-93	-822.7	843	16.85
12-Sep-93	-822.8	842	16.87
13-Sep-93	-823.0	843	16.87
14-Sep-93	-823.4	843	16.88
15-Sep-93	-823.9	841	16.89
16-Sep-93	-824.0	844	16.90
17-Sep-93	-823.9	842	16.90
18-Sep-93	-823.5	842	16.91
19-Sep-93	-823.4	843	16.92
20-Sep-93	-823.4	843	16.91
21-Sep-93	-823.3	842	16.91
22-Sep-93	-823.1	843	16.92
23-Sep-93	-823.5	843	16.93
24-Sep-93	-823.8	843	16.94
25-Sep-93	-824.0	843	16.94
26-Sep-93	-824.3	843	16.95
27-Sep-93	-824.3	844	16.96
28-Sep-93	-824.5	844	16.97
29-Sep-93	-824.8	846	16.98
30-Sep-93	-824.7	845	16.97
01-Oct-93	-824.6	846	16.99
02-Oct-93	-824.3	845	16.98
03-Oct-93	-824.2	846	17.00
04-Oct-93	-818.5	846	17.00
05-Oct-93	-817.7	845	17.01
06-Oct-93	-817.2	847	17.02
07-Oct-93	-816.4	847	17.02
08-Oct-93	-815.6	846	17.04
09-Oct-93	-815.1	847	17.04
10-Oct-93	-813.9	847	17.04
11-Oct-93	-811.2	847	17.05
12-Oct-93	-807.1	848	17.06
13-Oct-93	-801.8	848	17.06
14-Oct-93	-798.3	848	17.08
15-Oct-93	-794.8	848	17.09
16-Oct-93	-791.7	848	17.08
17-Oct-93	-787.2	848	17.09
18-Oct-93	-782.9	848	17.11
19-Oct-93	-779.5	848	17.13
20-Oct-93	-776.8	848	17.13
21-Oct-93	-774.3	849	17.14
22-Oct-93	-772.5	848	17.14
23-Oct-93	-770.9	852	17.14
24-Oct-93	-769.7	851	17.14
25-Oct-93	-769.3	852	17.15
26-Oct-93	-769.1	852	17.15
27-Oct-93	-767.7	853	17.15
28-Oct-93	-767.3	854	17.16
29-Oct-93	-766.5	854	17.16
30-Oct-93	-765.5	854	17.16
31-Oct-93	-764.8	855	17.16

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Nov-93	-763.3	855	17.18
02-Nov-93	-752.8	854	17.20
03-Nov-93	-745.6	856	17.19
04-Nov-93	-736.1	855	17.21
05-Nov-93	-729.2	856	17.21
06-Nov-93	-724.2	856	17.22
07-Nov-93	-719.0	857	17.22
08-Nov-93	-715.5	857	17.22
09-Nov-93	-712.0	858	17.23
10-Nov-93	-710.3	858	17.24
11-Nov-93	-708.6	858	17.23
12-Nov-93	-707.2	859	17.24
13-Nov-93	-706.7	859	17.25
14-Nov-93	-706.2	860	17.26
15-Nov-93	-705.6	859	17.27
16-Nov-93	-705.5	860	17.28
17-Nov-93	-705.5	860	17.30
18-Nov-93	-705.5	861	17.30
19-Nov-93	-705.4	861	17.31
20-Nov-93	-705.4	862	17.32
21-Nov-93	-705.7	862	17.33
22-Nov-93	-706.0	860	17.33
23-Nov-93	-706.0	862	17.32
24-Nov-93	-706.0	860	17.34
25-Nov-93	-706.4	860	17.34
26-Nov-93	-707.3	861	17.35
27-Nov-93	-707.9	861	17.36
28-Nov-93	-708.2	862	17.37
29-Nov-93	-708.6	862	17.37
30-Nov-93	-708.4	862	17.37
01-Dic-93	-708.2	862	17.39
02-Dic-93	-708.0	863	17.39
03-Dic-93	-708.3	863	17.39
04-Dic-93	-708.1	863	17.39
05-Dic-93	-708.2	863	17.38
06-Dic-93	-708.8	863	17.39
07-Dic-93	-708.8	864	17.40
08-Dic-93			
09-Dic-93			
10-Dic-93			
11-Dic-93			
12-Dic-93			
13-Dic-93			
14-Dic-93			
15-Dic-93			
16-Dic-93			
17-Dic-93			
18-Dic-93			
19-Dic-93			
20-Dic-93			
21-Dic-93			
22-Dic-93			
23-Dic-93			
24-Dic-93			
25-Dic-93			
26-Dic-93			
27-Dic-93			
28-Dic-93			
29-Dic-93			
30-Dic-93			
31-Dic-93			

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm
01-Jul-89	-763.0
29-Jul-89	-794.0
07-Sep-89	-843.0
07-Oct-89	-859.0
26-Oct-89	-851.0
16-Nov-89	-859.0
29-Nov-89	-738.0
03-Ene-90	-48.0
29-Ene-90	-167.0
27-Feb-90	-223.0
02-Abr-90	-293.0
10-May-90	-324.0
11-May-90	-325.5
12-May-90	-326.0
13-May-90	-328.0
14-May-90	-328.0
15-May-90	-327.0
16-May-90	-327.0
17-May-90	-327.0
18-May-90	-326.5
19-May-90	-326.0
20-May-90	-327.0
21-May-90	-326.0
22-May-90	-324.5
23-May-90	-325.0
24-May-90	-327.0
25-May-90	-327.0
26-May-90	-327.0
27-May-90	-327.0
28-May-90	-327.0
29-May-90	-329.0
30-May-90	-327.0
31-May-90	-325.0
01-Jun-90	-327.0
02-Jun-90	-326.5
03-Jun-90	-328.5
04-Jun-90	-328.0
05-Jun-90	-328.0
06-Jun-90	-329.5
07-Jun-90	-330.0
08-Jun-90	-329.0
09-Jun-90	-328.5
10-Jun-90	-330.0
11-Jun-90	-330.0
12-Jun-90	-330.5
13-Jun-90	-329.0
14-Jun-90	-330.0
15-Jun-90	-331.0
16-Jun-90	-331.0
17-Jun-90	-331.0
18-Jun-90	-331.0
19-Jun-90	-332.0
20-Jun-90	-333.0
21-Jun-90	-333.5
22-Jun-90	-333.0
23-Jun-90	-333.0
24-Jun-90	-334.0
25-Jun-90	-335.0
26-Jun-90	-335.5
27-Jun-90	-335.0
28-Jun-90	-335.0
29-Jun-90	-336.0
30-Jun-90	-337.0

Dias	Profund. cm
01-Jul-90	-338.0
02-Jul-90	-337.0
03-Jul-90	-337.0
04-Jul-90	-337.5
05-Jul-90	-339.0
06-Jul-90	-339.0
07-Jul-90	-340.0
08-Jul-90	-340.0
09-Jul-90	-339.5
10-Jul-90	-340.0
11-Jul-90	-341.0
12-Jul-90	-341.0
13-Jul-90	-342.0
14-Jul-90	-342.0
15-Jul-90	-343.0
16-Jul-90	-344.0
17-Jul-90	-345.0
18-Jul-90	-344.0
19-Jul-90	-344.0
20-Jul-90	-345.5
21-Jul-90	-347.0
22-Jul-90	-347.0
23-Jul-90	-347.5
24-Jul-90	-348.0
25-Jul-90	-348.5
26-Jul-90	-349.5
27-Jul-90	-349.5
28-Jul-90	-350.0
29-Jul-90	-351.0
30-Jul-90	-351.0
31-Jul-90	-351.5
01-Ago-90	-352.0
02-Ago-90	-352.0
03-Ago-90	-352.0
04-Ago-90	-353.0
05-Ago-90	-355.0
06-Ago-90	-354.0
07-Ago-90	-353.0
08-Ago-90	-354.5
09-Ago-90	-356.0
10-Ago-90	-356.5
11-Ago-90	-357.0
12-Ago-90	-357.5
13-Ago-90	-358.0
14-Ago-90	-358.5
15-Ago-90	-359.0
16-Ago-90	-359.5
17-Ago-90	-360.0
18-Ago-90	-360.5
19-Ago-90	-361.0
20-Ago-90	-361.5
21-Ago-90	-362.0
22-Ago-90	-362.5
23-Ago-90	-363.0
24-Ago-90	-363.5
25-Ago-90	-364.0
26-Ago-90	-364.5
27-Ago-90	-365.0
28-Ago-90	-363.0
29-Ago-90	-363.5
30-Ago-90	-364.0
31-Ago-90	-364.0

Dias	Profund. cm
01-Sep-90	-365.0
02-Sep-90	-366.0
03-Sep-90	-367.0
04-Sep-90	-366.5
05-Sep-90	-366.5
06-Sep-90	-368.0
07-Sep-90	-368.5
08-Sep-90	-368.5
09-Sep-90	-369.0
10-Sep-90	-370.0
11-Sep-90	-371.0
12-Sep-90	-371.0
13-Sep-90	-371.5
14-Sep-90	-372.0
15-Sep-90	-373.0
16-Sep-90	-372.5
17-Sep-90	-373.0
18-Sep-90	-373.5
19-Sep-90	-374.0
20-Sep-90	-374.0
21-Sep-90	-376.0
22-Sep-90	-375.0
23-Sep-90	-376.0
24-Sep-90	-376.5
25-Sep-90	-375.0
26-Sep-90	-376.0
27-Sep-90	-378.0
28-Sep-90	-379.0
29-Sep-90	-377.0
30-Sep-90	-379.0
01-Oct-90	-379.0
02-Oct-90	-379.0
03-Oct-90	-380.0
04-Oct-90	-380.0
05-Oct-90	-381.5
06-Oct-90	-382.0
07-Oct-90	-381.0
08-Oct-90	-381.5
09-Oct-90	-383.0
10-Oct-90	-383.5
11-Oct-90	-382.0
12-Oct-90	-382.0
13-Oct-90	-383.0
14-Oct-90	-383.5
15-Oct-90	-382.0
16-Oct-90	-384.5
17-Oct-90	-385.0
18-Oct-90	-385.0
19-Oct-90	-384.0
20-Oct-90	-385.0
21-Oct-90	-380.5
22-Oct-90	-375.5
23-Oct-90	-379.0
24-Oct-90	-375.0
25-Oct-90	-372.5
26-Oct-90	-366.5
27-Oct-90	-362.5
28-Oct-90	-359.0
29-Oct-90	-355.5
30-Oct-90	-352.5
31-Oct-90	-350.0

Dias	Profund. cm
01-Nov-90	-349.0
02-Nov-90	-346.0
03-Nov-90	-344.0
04-Nov-90	-343.0
05-Nov-90	-343.0
06-Nov-90	-341.0
07-Nov-90	-340.5
08-Nov-90	-339.0
09-Nov-90	-339.0
10-Nov-90	-339.0
11-Nov-90	-338.0
12-Nov-90	-337.5
13-Nov-90	-336.5
14-Nov-90	-336.0
15-Nov-90	-336.5
16-Nov-90	-336.0
17-Nov-90	-335.5
18-Nov-90	-335.0
19-Nov-90	-334.0
20-Nov-90	-333.0
21-Nov-90	-332.0
22-Nov-90	-332.0
23-Nov-90	-334.0
24-Nov-90	-333.0
25-Nov-90	-329.5
26-Nov-90	-331.0
27-Nov-90	-332.5
28-Nov-90	-334.0
29-Nov-90	-334.0
30-Nov-90	-335.0
01-Dic-90	-334.5
02-Dic-90	-335.0
03-Dic-90	-335.0
04-Dic-90	-335.0
05-Dic-90	-335.0
06-Dic-90	-335.0
07-Dic-90	-336.0
08-Dic-90	-335.0
09-Dic-90	-333.0
10-Dic-90	-335.5
11-Dic-90	-338.0
12-Dic-90	-341.0
13-Dic-90	-343.0
14-Dic-90	-341.5
15-Dic-90	-339.0
16-Dic-90	-339.0
17-Dic-90	-338.0
18-Dic-90	-338.0
19-Dic-90	-338.0
20-Dic-90	-339.5
21-Dic-90	-342.0
22-Dic-90	-343.0
23-Dic-90	-343.0
24-Dic-90	-343.5
25-Dic-90	-344.5
26-Dic-90	-345.5
27-Dic-90	-345.5
28-Dic-90	-346.0
29-Dic-90	-346.5
30-Dic-90	-346.0
31-Dic-90	-347.0

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm
01-Ene-91	-347.0
02-Ene-91	-348.0
03-Ene-91	-347.5
04-Ene-91	-347.5
05-Ene-91	-351.0
06-Ene-91	-351.0
07-Ene-91	-349.0
08-Ene-91	-349.0
09-Ene-91	-349.0
10-Ene-91	-351.0
11-Ene-91	-351.5
12-Ene-91	-351.0
13-Ene-91	-352.0
14-Ene-91	-352.5
15-Ene-91	-353.0
16-Ene-91	-353.5
17-Ene-91	-354.0
18-Ene-91	-355.5
19-Ene-91	-354.0
20-Ene-91	-354.5
21-Ene-91	-354.0
22-Ene-91	-355.0
23-Ene-91	-353.0
24-Ene-91	-354.5
25-Ene-91	-355.0
26-Ene-91	-356.0
27-Ene-91	-357.5
28-Ene-91	-357.5
29-Ene-91	-357.0
30-Ene-91	-358.0
31-Ene-91	-358.0
01-Feb-91	-358.5
02-Feb-91	-357.0
03-Feb-91	-356.5
04-Feb-91	-360.0
05-Feb-91	-360.5
06-Feb-91	-359.5
07-Feb-91	-358.0
08-Feb-91	-359.5
09-Feb-91	-361.0
10-Feb-91	-360.0
11-Feb-91	-361.0
12-Feb-91	-359.0
13-Feb-91	-360.0
14-Feb-91	-362.0
15-Feb-91	-363.0
16-Feb-91	-361.0
17-Feb-91	-357.0
18-Feb-91	-301.0
19-Feb-91	-139.0
20-Feb-91	-152.0
21-Feb-91	-161.0
22-Feb-91	-170.0
23-Feb-91	-173.0
24-Feb-91	-174.5
25-Feb-91	-175.0
26-Feb-91	-177.0
27-Feb-91	-177.5
28-Feb-91	-172.0

Dias	Profund. cm
01-Mar-91	-162.0
02-Mar-91	-150.0
03-Mar-91	-153.0
04-Mar-91	-155.0
05-Mar-91	-138.0
06-Mar-91	-125.0
07-Mar-91	-98.0
08-Mar-91	-122.0
09-Mar-91	-137.0
10-Mar-91	-143.0
11-Mar-91	-145.0
12-Mar-91	-135.0
13-Mar-91	-138.0
14-Mar-91	-144.0
15-Mar-91	-147.0
16-Mar-91	-150.0
17-Mar-91	-153.0
18-Mar-91	-155.0
19-Mar-91	-158.0
20-Mar-91	-160.0
21-Mar-91	-162.0
22-Mar-91	-164.0
23-Mar-91	-159.0
24-Mar-91	-151.0
25-Mar-91	-152.0
26-Mar-91	-160.0
27-Mar-91	-162.0
28-Mar-91	-166.0
29-Mar-91	-169.0
30-Mar-91	-171.0
31-Mar-91	-175.0
01-Abr-91	-178.0
02-Abr-91	-180.0
03-Abr-91	-182.0
04-Abr-91	-183.0
05-Abr-91	-185.0
06-Abr-91	-187.0
07-Abr-91	-189.0
08-Abr-91	-190.0
09-Abr-91	-193.0
10-Abr-91	-195.0
11-Abr-91	-199.0
12-Abr-91	-201.0
13-Abr-91	-204.0
14-Abr-91	-206.0
15-Abr-91	-211.0
16-Abr-91	-214.5
17-Abr-91	-216.0
18-Abr-91	-222.0
19-Abr-91	-224.0
20-Abr-91	-224.0
21-Abr-91	-226.0
22-Abr-91	-229.0
23-Abr-91	-230.0
24-Abr-91	-231.0
25-Abr-91	-232.5
26-Abr-91	-232.5
27-Abr-91	-234.0
28-Abr-91	-233.0
29-Abr-91	-239.0
30-Abr-91	-242.0

Dias	Profund. cm
01-May-91	-241.0
02-May-91	-241.0
03-May-91	-242.0
04-May-91	-244.0
05-May-91	-245.5
06-May-91	-245.0
07-May-91	-245.5
08-May-91	-245.0
09-May-91	-245.0
10-May-91	-245.0
11-May-91	-245.0
12-May-91	-249.0
13-May-91	-251.0
14-May-91	-252.0
15-May-91	-252.0
16-May-91	-254.0
17-May-91	-256.0
18-May-91	-258.0
19-May-91	-259.0
20-May-91	-260.0
21-May-91	-262.0
22-May-91	-263.0
23-May-91	-262.0
24-May-91	-261.0
25-May-91	-264.0
26-May-91	-266.0
27-May-91	-266.0
28-May-91	-267.0
29-May-91	-269.0
30-May-91	-271.0
31-May-91	-272.0
01-Jun-91	-273.0
02-Jun-91	-274.0
03-Jun-91	-277.0
04-Jun-91	-278.0
05-Jun-91	-279.0
06-Jun-91	-280.0
07-Jun-91	-281.0
08-Jun-91	-282.0
09-Jun-91	-282.0
10-Jun-91	-283.0
11-Jun-91	-285.0
12-Jun-91	-286.0
13-Jun-91	-285.0
14-Jun-91	-286.0
15-Jun-91	-287.0
16-Jun-91	-289.0
17-Jun-91	-291.0
18-Jun-91	-292.0
19-Jun-91	-293.0
20-Jun-91	-293.0
21-Jun-91	-293.0
22-Jun-91	-295.0
23-Jun-91	-297.0
24-Jun-91	-297.0
25-Jun-91	-297.0
26-Jun-91	-298.0
27-Jun-91	-298.0
28-Jun-91	-299.0
29-Jun-91	-302.0
30-Jun-91	-303.0

Dias	Profund. cm
01-Jul-91	-303.0
02-Jul-91	-304.0
03-Jul-91	-303.0
04-Jul-91	-304.0
05-Jul-91	-306.0
06-Jul-91	-308.0
07-Jul-91	-309.0
08-Jul-91	-309.0
09-Jul-91	-309.0
10-Jul-91	-309.0
11-Jul-91	-310.0
12-Jul-91	-312.0
13-Jul-91	-312.0
14-Jul-91	-312.0
15-Jul-91	-313.0
16-Jul-91	-314.0
17-Jul-91	-315.0
18-Jul-91	-315.0
19-Jul-91	-316.0
20-Jul-91	-316.0
21-Jul-91	-317.0
22-Jul-91	-317.0
23-Jul-91	-318.0
24-Jul-91	-318.0
25-Jul-91	-319.0
26-Jul-91	-319.0
27-Jul-91	-319.0
28-Jul-91	-319.0
29-Jul-91	-320.0
30-Jul-91	-319.0
31-Jul-91	-319.0
01-Ago-91	-318.0
02-Ago-91	-318.0
03-Ago-91	-318.0
04-Ago-91	-317.0
05-Ago-91	-315.0
06-Ago-91	-314.0
07-Ago-91	-315.0
08-Ago-91	-314.0
09-Ago-91	-313.0
10-Ago-91	-313.0
11-Ago-91	
12-Ago-91	
13-Ago-91	
14-Ago-91	
15-Ago-91	
16-Ago-91	
17-Ago-91	
18-Ago-91	
19-Ago-91	
20-Ago-91	
21-Ago-91	
22-Ago-91	
23-Ago-91	
24-Ago-91	
25-Ago-91	
26-Ago-91	
27-Ago-91	
28-Ago-91	
29-Ago-91	
30-Ago-91	
31-Ago-91	

Dias	Profund. cm
01-Sep-91	
02-Sep-91	
03-Sep-91	
04-Sep-91	
05-Sep-91	
06-Sep-91	
07-Sep-91	
08-Sep-91	
09-Sep-91	
10-Sep-91	
11-Sep-91	
12-Sep-91	
13-Sep-91	
14-Sep-91	
15-Sep-91	
16-Sep-91	
17-Sep-91	
18-Sep-91	
19-Sep-91	
20-Sep-91	
21-Sep-91	
22-Sep-91	
23-Sep-91	
24-Sep-91	
25-Sep-91	
26-Sep-91	
27-Sep-91	
28-Sep-91	
29-Sep-91	
30-Sep-91	
01-Oct-91	-359.0
02-Oct-91	-359.0
03-Oct-91	-359.0
04-Oct-91	-359.0
05-Oct-91	-359.0
06-Oct-91	-360.0
07-Oct-91	-360.0
08-Oct-91	-360.0
09-Oct-91	-359.0
10-Oct-91	-360.0
11-Oct-91	-360.0
12-Oct-91	-356.0
13-Oct-91	-341.0
14-Oct-91	-331.0
15-Oct-91	-329.0
16-Oct-91	-330.0
17-Oct-91	-333.0
18-Oct-91	-334.0
19-Oct-91	-335.0
20-Oct-91	-338.0
21-Oct-91	-338.0
22-Oct-91	-339.0
23-Oct-91	-341.0
24-Oct-91	-342.0
25-Oct-91	-341.0
26-Oct-91	-340.0
27-Oct-91	-338.0
28-Oct-91	-338.0
29-Oct-91	-339.0
30-Oct-91	-338.0
31-Oct-91	-338.0

Dias	Profund. cm
01-Nov-91	-340.0
02-Nov-91	-341.0
03-Nov-91	-340.0
04-Nov-91	-341.0
05-Nov-91	-342.0
06-Nov-91	-343.0
07-Nov-91	-343.0
08-Nov-91	-342.0
09-Nov-91	-342.0
10-Nov-91	-343.0
11-Nov-91	-344.0
12-Nov-91	-343.0
13-Nov-91	-344.0
14-Nov-91	-343.0
15-Nov-91	-343.0
16-Nov-91	-343.0
17-Nov-91	-345.0
18-Nov-91	-345.0
19-Nov-91	-345.0
20-Nov-91	-344.0
21-Nov-91	-345.0
22-Nov-91	-346.0
23-Nov-91	-347.0
24-Nov-91	-347.0
25-Nov-91	-346.0
26-Nov-91	-346.0
27-Nov-91	-347.0
28-Nov-91	-348.0
29-Nov-91	-347.0
30-Nov-91	-347.0
01-Dic-91	-349.0
02-Dic-91	-349.0
03-Dic-91	-349.0
04-Dic-91	-349.0
05-Dic-91	-349.0
06-Dic-91	-350.0
07-Dic-91	-351.0
08-Dic-91	-351.0
09-Dic-91	-352.0
10-Dic-91	-353.0
11-Dic-91	-353.0
12-Dic-91	-354.0
13-Dic-91	-354.0
14-Dic-91	-354.0
15-Dic-91	-353.0
16-Dic-91	-347.0
17-Dic-91	-345.0
18-Dic-91	-342.0
19-Dic-91	-340.0
20-Dic-91	-339.0
21-Dic-91	-339.0
22-Dic-91	-339.0
23-Dic-91	-338.0
24-Dic-91	-338.0
25-Dic-91	-339.0
26-Dic-91	-339.0
27-Dic-91	-339.0
28-Dic-91	-339.0
29-Dic-91	-340.0
30-Dic-91	-340.0
31-Dic-91	-341.0

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm
01-Ene-92	-341.0
02-Ene-92	-341.0
03-Ene-92	-341.0
04-Ene-92	-342.0
05-Ene-92	-342.0
06-Ene-92	-342.0
07-Ene-92	-341.0
08-Ene-92	-340.0
09-Ene-92	-341.0
10-Ene-92	-342.0
11-Ene-92	-342.0
12-Ene-92	-342.0
13-Ene-92	-342.0
14-Ene-92	-342.0
15-Ene-92	-343.0
16-Ene-92	-344.0
17-Ene-92	-344.0
18-Ene-92	-345.0
19-Ene-92	-345.0
20-Ene-92	-345.0
21-Ene-92	-344.0
22-Ene-92	-345.0
23-Ene-92	-345.0
24-Ene-92	-347.0
25-Ene-92	-348.0
26-Ene-92	-349.0
27-Ene-92	-347.0
28-Ene-92	-346.0
29-Ene-92	-347.0
30-Ene-92	-348.0
31-Ene-92	-349.0
01-Feb-92	-349.0
02-Feb-92	-350.0
03-Feb-92	-351.0
04-Feb-92	-351.0
05-Feb-92	-351.0
06-Feb-92	-352.0
07-Feb-92	-352.0
08-Feb-92	-353.0
09-Feb-92	-353.0
10-Feb-92	-353.0
11-Feb-92	-354.0
12-Feb-92	-354.0
13-Feb-92	-355.0
14-Feb-92	-355.0
15-Feb-92	-355.0
16-Feb-92	-355.0
17-Feb-92	-354.0
18-Feb-92	-354.0
19-Feb-92	-352.0
20-Feb-92	-355.0
21-Feb-92	-357.0
22-Feb-92	-357.0
23-Feb-92	-357.0
24-Feb-92	-356.0
25-Feb-92	-357.0
26-Feb-92	-357.0
27-Feb-92	-357.0
28-Feb-92	-357.0
29-Feb-92	-357.0

Dias	Profund. cm
01-Mar-92	-357.0
02-Mar-92	-357.0
03-Mar-92	-358.0
04-Mar-92	-358.0
05-Mar-92	-359.0
06-Mar-92	-360.0
07-Mar-92	-360.0
08-Mar-92	-360.0
09-Mar-92	-361.0
10-Mar-92	-362.0
11-Mar-92	-361.0
12-Mar-92	-360.0
13-Mar-92	-361.0
14-Mar-92	-361.0
15-Mar-92	-361.0
16-Mar-92	-361.0
17-Mar-92	-361.0
18-Mar-92	-361.0
19-Mar-92	-361.0
20-Mar-92	-362.0
21-Mar-92	-363.0
22-Mar-92	-363.0
23-Mar-92	-361.0
24-Mar-92	-358.0
25-Mar-92	-360.0
26-Mar-92	-361.0
27-Mar-92	-362.0
28-Mar-92	-363.0
29-Mar-92	-363.0
30-Mar-92	-361.0
31-Mar-92	-359.0
01-Abr-92	-363.0
02-Abr-92	-363.0
03-Abr-92	-361.0
04-Abr-92	-361.0
05-Abr-92	-365.0
06-Abr-92	-366.0
07-Abr-92	-365.0
08-Abr-92	-364.0
09-Abr-92	-365.0
10-Abr-92	-365.0
11-Abr-92	-365.0
12-Abr-92	-365.0
13-Abr-92	-365.0
14-Abr-92	-366.0
15-Abr-92	-366.0
16-Abr-92	-367.0
17-Abr-92	-367.0
18-Abr-92	-367.0
19-Abr-92	-365.0
20-Abr-92	-365.0
21-Abr-92	-366.0
22-Abr-92	-366.0
23-Abr-92	-366.0
24-Abr-92	-366.0
25-Abr-92	-368.0
26-Abr-92	-368.0
27-Abr-92	-368.0
28-Abr-92	-367.0
29-Abr-92	-368.0
30-Abr-92	-369.0

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-92	-368.0		
02-May-92	-366.0		
03-May-92	-368.0		
04-May-92	-368.0		
05-May-92	-369.0		
06-May-92	-369.0		
07-May-92	-370.0		
08-May-92	-370.0		
09-May-92	-371.0		
10-May-92	-371.0		
11-May-92	-372.0		
12-May-92	-372.0		
13-May-92			
14-May-92			
15-May-92	-372.5	700	18.11
16-May-92	-373.6	713	17.29
17-May-92	-374.6	713	17.28
18-May-92	-373.6	716	17.27
19-May-92	-373.1	715	17.26
20-May-92	-373.1	717	17.28
21-May-92	-372.7	717	17.29
22-May-92	-374.8	724	17.28
23-May-92	-374.4	720	17.28
24-May-92	-375.4	721	17.29
25-May-92	-376.4	724	17.28
26-May-92	-374.5	721	17.32
27-May-92	-375.0	721	17.32
28-May-92	-375.5	723	17.34
29-May-92	-376.5	724	17.35
30-May-92	-376.2	724	17.36
31-May-92	-376.2	723	17.37
01-Jun-92	-375.0	725	17.40
02-Jun-92	-376.7	726	17.41
03-Jun-92	-377.8	727	17.43
04-Jun-92	-378.7	729	17.44
05-Jun-92	-378.3	731	17.47
06-Jun-92	-377.4	732	17.49
07-Jun-92	-378.0	733	17.52
08-Jun-92	-378.6	734	17.53
09-Jun-92	-378.2	733	17.59
10-Jun-92	-379.9	735	17.61
11-Jun-92	-379.9	737	17.62
12-Jun-92	-380.2	733	17.62
13-Jun-92	-379.4	732	17.65
14-Jun-92	-379.8	733	17.66
15-Jun-92	-380.2	734	17.67
16-Jun-92	-381.9	735	17.68
17-Jun-92	-381.7	734	17.67
18-Jun-92	-382.1	736	17.68
19-Jun-92	-381.0	736	17.69
20-Jun-92	-380.4	738	17.70
21-Jun-92	-381.4	739	17.70
22-Jun-92	-381.9	739	17.72
23-Jun-92	-381.4	740	17.73
24-Jun-92	-383.1	740	17.74
25-Jun-92	-383.6	743	17.76
26-Jun-92	-382.8	741	17.77
27-Jun-92	-383.0	740	17.79
28-Jun-92	-383.4	740	17.80
29-Jun-92	-383.4	743	17.82
30-Jun-92	-383.4	745	17.85

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-92	-383.1	745	17.86
02-Jul-92	-381.8	743	17.83
03-Jul-92	-382.7	743	17.85
04-Jul-92	-382.2	745	17.86
05-Jul-92	-381.4	744	17.87
06-Jul-92	-381.7	748	17.91
07-Jul-92	-383.1	752	17.92
08-Jul-92	-382.9	752	17.92
09-Jul-92	-383.4	754	17.93
10-Jul-92	-382.8	752	17.91
11-Jul-92	-383.5	755	17.96
12-Jul-92	-383.7	750	17.98
13-Jul-92	-383.6	757	18.01
14-Jul-92	-383.9	754	18.02
15-Jul-92	-384.2	756	18.05
16-Jul-92	-384.5	761	18.07
17-Jul-92	-385.2	765	18.10
18-Jul-92	-385.2	764	18.12
19-Jul-92	-384.5	763	18.12
20-Jul-92	-384.2	765	18.15
21-Jul-92	-385.1	764	18.17
22-Jul-92	-385.8	770	18.20
23-Jul-92	-386.1	768	18.22
24-Jul-92	-386.1	770	18.21
25-Jul-92	-385.8	770	18.23
26-Jul-92	-386.5	769	18.29
27-Jul-92	-387.1	771	18.32
28-Jul-92	-387.3	774	18.32
29-Jul-92	-387.2	776	18.35
30-Jul-92	-386.4	771	18.37
31-Jul-92	-388.1	774	18.41
01-Ago-92	-387.5	778	18.43
02-Ago-92	-387.3	777	18.46
03-Ago-92	-388.2	777	18.48
04-Ago-92	-388.5	776	18.52
05-Ago-92	-388.1	778	18.51
06-Ago-92	-389.2	778	18.53
07-Ago-92	-388.7	781	18.58
08-Ago-92	-389.4	783	18.62
09-Ago-92	-389.9	783	18.64
10-Ago-92	-389.4	786	18.63
11-Ago-92	-389.6	787	18.62
12-Ago-92	-390.4	783	18.66
13-Ago-92	-391.0	785	18.71
14-Ago-92	-390.1	786	18.72
15-Ago-92	-390.0	788	18.77
16-Ago-92	-390.8	788	18.78
17-Ago-92	-391.6	786	18.86
18-Ago-92	-391.2	787	18.84
19-Ago-92	-391.1	788	18.87
20-Ago-92	-392.0	788	18.91
21-Ago-92	-392.3	789	18.93
22-Ago-92	-392.3	792	18.94
23-Ago-92	-392.8	790	18.98
24-Ago-92	-392.0	788	19.02
25-Ago-92	-392.5	789	19.01
26-Ago-92	-393.8	795	19.07
27-Ago-92	-393.1	796	19.08
28-Ago-92	-392.1	797	19.13
29-Ago-92	-393.7	792	19.13
30-Ago-92	-395.1	792	19.16
31-Ago-92	-394.3	794	19.18

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-92	-395.3	795	19.24
02-Sep-92	-396.0	799	19.26
03-Sep-92	-396.2	798	19.28
04-Sep-92	-395.0	799	19.31
05-Sep-92	-394.9	801	19.31
06-Sep-92	-395.5	800	19.35
07-Sep-92	-396.2	798	19.38
08-Sep-92	-396.2	802	19.40
09-Sep-92	-396.7	800	19.43
10-Sep-92	-396.8	801	19.46
11-Sep-92	-397.7	805	19.49
12-Sep-92	-397.2	803	19.48
13-Sep-92	-397.7	803	19.49
14-Sep-92	-397.4	805	19.54
15-Sep-92	-397.7	807	19.60
16-Sep-92	-398.0	810	19.62
17-Sep-92	-398.5	806	19.65
18-Sep-92	-398.9	812	19.67
19-Sep-92	-398.8	817	19.66
20-Sep-92	-399.2	818	19.68
21-Sep-92	-399.8	819	19.69
22-Sep-92	-400.0	811	19.66
23-Sep-92	-400.1	810	19.72
24-Sep-92	-399.9	811	19.74
25-Sep-92	-399.2	813	19.75
26-Sep-92	-399.3	809	19.77
27-Sep-92	-401.1	802	19.81
28-Sep-92	-401.8	802	19.87
29-Sep-92	-401.0	804	19.85
30-Sep-92	-401.2	804	19.85
01-Oct-92	-400.0	802	19.84
02-Oct-92	-400.8	803	19.86
03-Oct-92	-400.8	804	19.88
04-Oct-92	-399.0	800	19.87
05-Oct-92	-400.0	806	19.89
06-Oct-92	-400.7	804	19.90
07-Oct-92	-401.9	807	19.92
08-Oct-92	-402.0	805	19.89
09-Oct-92	-402.0	805	19.89
10-Oct-92	-402.5	803	19.91
11-Oct-92	-401.9	803	19.90
12-Oct-92	-401.8	805	19.88
13-Oct-92	-403.4	807	19.92
14-Oct-92	-403.8	809	19.94
15-Oct-92	-401.9	806	19.92
16-Oct-92	-399.2	805	20.03
17-Oct-92	-399.4	805	20.07
18-Oct-92	-400.7	805	20.15
19-Oct-92	-397.4	804	20.08
20-Oct-92	-397.6	803	20.13
21-Oct-92	-397.7	806	20.01
22-Oct-92	-395.9	807	20.01
23-Oct-92	-393.9	809	20.00
24-Oct-92	-392.8	808	19.99
25-Oct-92	-388.3	808	20.01
26-Oct-92	-386.1	807	19.97
27-Oct-92	-385.0	807	19.97
28-Oct-92	-384.1	807	19.97
29-Oct-92	-382.9	807	19.96
30-Oct-92	-380.6	806	19.93
31-Oct-92	-382.1	807	20.03

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-92	-382.9	807	20.08
02-Nov-92	-382.5	811	20.05
03-Nov-92	-381.3	808	20.05
04-Nov-92	-380.2	809	20.06
05-Nov-92	-379.1	807	20.03
06-Nov-92	-379.8	811	19.97
07-Nov-92	-379.5	812	19.96
08-Nov-92	-377.3	812	19.92
09-Nov-92	-377.1	810	19.94
10-Nov-92	-378.1	813	19.94
11-Nov-92	-378.0	815	19.93
12-Nov-92	-376.7	813	19.99
13-Nov-92	-376.5	813	19.98
14-Nov-92	-376.0	814	19.98
15-Nov-92	-375.1	813	19.99
16-Nov-92	-374.5	810	19.97
17-Nov-92	-376.1	815	19.98
18-Nov-92	-376.7	817	19.97
19-Nov-92	-377.1	817	19.87
20-Nov-92	-377.1	817	19.87
21-Nov-92	-376.3	816	19.84
22-Nov-92	-376.1	815	19.83
23-Nov-92	-376.0	818	19.81
24-Nov-92	-376.8	816	19.84
25-Nov-92	-377.9	819	19.80
26-Nov-92	-377.8	817	19.78
27-Nov-92	-376.7	812	19.75
28-Nov-92	-375.9	812	19.74
29-Nov-92			
30-Nov-92			
01-Dic-92			
02-Dic-92			
03-Dic-92			
04-Dic-92			
05-Dic-92			
06-Dic-92			
07-Dic-92			
08-Dic-92			
09-Dic-92			
10-Dic-92			
11-Dic-92			
12-Dic-92			
13-Dic-92			
14-Dic-92			
15-Dic-92			
16-Dic-92			
17-Dic-92			
18-Dic-92			
19-Dic-92			
20-Dic-92			
21-Dic-92			
22-Dic-92			
23-Dic-92			
24-Dic-92			
25-Dic-92			
26-Dic-92			
27-Dic-92			
28-Dic-92			
29-Dic-92	-385.3	775	19.02
30-Dic-92	-386.1	778	19.04
31-Dic-92	-386.2	779	19.02

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-93	-387.1	781	19.00
02-Ene-93	-386.9	782	18.99
03-Ene-93	-387.3	782	18.95
04-Ene-93	-388.6	784	18.90
05-Ene-93	-389.7	782	18.87
06-Ene-93	-390.2	784	18.83
07-Ene-93	-390.3	784	18.84
08-Ene-93	-390.1	786	18.80
09-Ene-93	-390.5	788	18.77
10-Ene-93	-391.0	789	18.74
11-Ene-93	-391.3	791	18.72
12-Ene-93	-391.6	792	18.68
13-Ene-93	-391.8	794	18.67
14-Ene-93	-391.8	793	18.65
15-Ene-93	-391.6	795	18.63
16-Ene-93	-392.7	799	18.60
17-Ene-93	-393.8	801	18.50
18-Ene-93	-393.6	808	18.47
19-Ene-93	-393.4	804	18.44
20-Ene-93	-394.1	804	18.44
21-Ene-93	-395.0	808	18.42
22-Ene-93	-395.5	808	18.40
23-Ene-93	-395.9	808	18.35
24-Ene-93	-394.9	804	18.35
25-Ene-93	-394.3	803	18.35
26-Ene-93	-394.0	804	18.32
27-Ene-93	-396.6	805	18.30
28-Ene-93	-394.8	803	18.27
29-Ene-93	-393.6	806	18.24
30-Ene-93	-393.5	807	18.19
31-Ene-93	-394.2	808	18.17
01-Feb-93	-396.6	807	18.14
02-Feb-93	-397.8	810	18.10
03-Feb-93	-398.1	812	18.06
04-Feb-93	-397.9	810	18.07
05-Feb-93	-398.8	805	18.05
06-Feb-93	-399.2	809	18.01
07-Feb-93	-398.9	808	18.01
08-Feb-93	-399.4	809	17.90
09-Feb-93	-400.1	812	17.89
10-Feb-93			
11-Feb-93			
12-Feb-93			
13-Feb-93			
14-Feb-93			
15-Feb-93			
16-Feb-93			
17-Feb-93			
18-Feb-93	-400.1	804	17.72
19-Feb-93			
20-Feb-93			
21-Feb-93			
22-Feb-93			
23-Feb-93			
24-Feb-93			
25-Feb-93			
26-Feb-93			
27-Feb-93			
28-Feb-93			

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-93			
02-Mar-93			
03-Mar-93			
04-Mar-93			
05-Mar-93			
06-Mar-93			
07-Mar-93			
08-Mar-93			
09-Mar-93			
10-Mar-93			
11-Mar-93			
12-Mar-93			
13-Mar-93			
14-Mar-93			
15-Mar-93			
16-Mar-93			
17-Mar-93			
18-Mar-93			
19-Mar-93			
20-Mar-93			
21-Mar-93			
22-Mar-93			
23-Mar-93			
24-Mar-93			
25-Mar-93	-406.5	785	17.34
26-Mar-93	-405.7	802	16.79
27-Mar-93	-404.8	802	16.87
28-Mar-93	-402.9	804	16.91
29-Mar-93	-404.4	813	16.78
30-Mar-93	-405.9	810	16.90
31-Mar-93	-406.6	812	16.92
01-Abr-93	-406.6	813	16.95
02-Abr-93	-407.0	810	16.99
03-Abr-93	-405.9	812	16.98
04-Abr-93	-405.9	818	16.91
05-Abr-93	-407.2	814	17.02
06-Abr-93	-407.4	818	16.99
07-Abr-93	-406.7	817	17.09
08-Abr-93	-406.8	817	17.12
09-Abr-93	-407.9	820	16.99
10-Abr-93	-408.1	826	16.89
11-Abr-93	-409.0	821	16.94
12-Abr-93	-406.9	821	17.00
13-Abr-93	-407.1	815	17.10
14-Abr-93	-407.8	813	17.16
15-Abr-93	-408.6	815	17.18
16-Abr-93	-410.7	809	17.18
17-Abr-93	-410.7	810	17.17
18-Abr-93	-410.2	810	17.15
19-Abr-93			
20-Abr-93			
21-Abr-93			
22-Abr-93			
23-Abr-93			
24-Abr-93			
25-Abr-93			
26-Abr-93			
27-Abr-93			
28-Abr-93			
29-Abr-93			
30-Abr-93	-413.0	812	17.11

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-93	-413.4	811	17.08
02-May-93	-413.5	815	17.02
03-May-93	-412.6	814	17.03
04-May-93	-412.9	817	17.03
05-May-93	-411.0	813	17.11
06-May-93	-409.1	812	17.07
07-May-93	-407.7	810	17.07
08-May-93	-405.4	811	17.07
09-May-93	-405.2	815	17.03
10-May-93	-404.4	819	16.99
11-May-93	-406.4	812	17.05
12-May-93	-406.1	816	17.01
13-May-93	-404.3	817	16.97
14-May-93	-398.7	813	17.01
15-May-93	-396.8	813	16.96
16-May-93	-396.6	809	17.04
17-May-93	-394.8	810	16.98
18-May-93	-394.8	814	16.89
19-May-93	-395.4	807	17.02
20-May-93	-397.0	806	17.01
21-May-93	-397.2	808	16.97
22-May-93	-397.0	808	16.95
23-May-93	-396.8	810	16.98
24-May-93	-397.4	802	17.23
25-May-93	-396.8	807	17.14
26-May-93	-397.3	807	17.12
27-May-93	-398.6	804	17.15
28-May-93	-401.1	802	17.16
29-May-93	-400.7	801	17.18
30-May-93	-401.1	806	17.12
31-May-93	-401.5	806	17.12
01-Jun-93	-401.5	813	17.02
02-Jun-93	-402.8	809	17.10
03-Jun-93	-401.6	810	17.19
04-Jun-93	-401.2	814	17.18
05-Jun-93	-401.6	811	17.21
06-Jun-93	-402.1	811	17.27
07-Jun-93	-402.6	811	17.27
08-Jun-93	-402.5	803	17.42
09-Jun-93	-403.1	807	17.34
10-Jun-93	-403.9	807	17.36
11-Jun-93	-405.6	810	17.33
12-Jun-93	-405.6	813	17.28
13-Jun-93	-404.3	815	17.28
14-Jun-93	-404.6	816	17.28
15-Jun-93	-405.6	814	17.34
16-Jun-93	-406.1	813	17.42
17-Jun-93	-406.6	812	17.48
18-Jun-93	-406.0	812	17.52
19-Jun-93	-405.9	810	17.62
20-Jun-93	-406.5	808	17.67
21-Jun-93	-406.8	809	17.69
22-Jun-93	-407.1	811	17.70
23-Jun-93	-407.7	810	17.71
24-Jun-93	-408.0	813	17.70
25-Jun-93	-408.0	814	17.73
26-Jun-93	-408.9	814	17.74
27-Jun-93	-411.2	807	17.93
28-Jun-93	-409.1	813	17.69
29-Jun-93	-409.8	813	17.72
30-Jun-93	-409.5	813	17.74

ESTACION 2: EL CAOSO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-93	-409.3	814	17.81
02-Jul-93	-409.1	813	17.80
03-Jul-93	-409.6	813	17.82
04-Jul-93			
05-Jul-93			
06-Jul-93			
07-Jul-93			
08-Jul-93			
09-Jul-93			
10-Jul-93			
11-Jul-93			
12-Jul-93			
13-Jul-93	-410.4	818	18.05
14-Jul-93	-412.3	822	18.06
15-Jul-93	-412.3	825	18.03
16-Jul-93	-413.3	827	18.00
17-Jul-93	-414.2	829	18.00
18-Jul-93	-414.3	827	18.01
19-Jul-93	-413.8	828	18.02
20-Jul-93	-413.5	829	18.03
21-Jul-93	-414.2	833	18.03
22-Jul-93	-415.4	830	18.02
23-Jul-93	-414.8	829	18.03
24-Jul-93	-415.0	827	18.03
25-Jul-93	-415.0	818	18.04
26-Jul-93	-415.1	808	18.05
27-Jul-93	-415.9	811	18.07
28-Jul-93	-416.4	811	18.10
29-Jul-93	-415.2	812	18.09
30-Jul-93	-415.4	811	18.12
31-Jul-93	-415.4	810	18.15
01-Ago-93	-416.4	807	18.18
02-Ago-93	-416.7	805	18.21
03-Ago-93	-416.7	804	18.22
04-Ago-93	-415.5	806	18.24
05-Ago-93	-416.6	809	18.26
06-Ago-93	-416.8	805	18.29
07-Ago-93	-417.1	812	18.32
08-Ago-93	-416.9	807	18.35
09-Ago-93	-416.9	810	18.38
10-Ago-93	-417.3	809	18.41
11-Ago-93	-417.1	807	18.43
12-Ago-93	-417.6	807	18.46
13-Ago-93	-417.9	808	18.48
14-Ago-93	-417.6	809	18.52
15-Ago-93	-418.1	805	18.53
16-Ago-93	-417.2	806	18.54
17-Ago-93	-418.6	808	18.58
18-Ago-93	-419.1	809	18.61
19-Ago-93	-419.4	811	18.63
20-Ago-93	-419.2	810	18.64
21-Ago-93	-419.4	812	18.67
22-Ago-93	-418.9	812	18.70
23-Ago-93	-418.6	810	18.73
24-Ago-93	-418.7	809	18.84
25-Ago-93	-419.7	807	18.90
26-Ago-93	-420.2	803	18.94
27-Ago-93	-421.1	808	18.98
28-Ago-93	-420.7	810	18.98
29-Ago-93	-420.8	810	18.98
30-Ago-93	-420.9	811	18.99
31-Ago-93	-420.8	811	19.02

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-93	-420.7	810	19.05
02-Sep-93	-421.5	807	19.08
03-Sep-93	-421.8	810	19.09
04-Sep-93	-421.5	809	19.14
05-Sep-93	-421.8	810	19.14
06-Sep-93	-421.8	809	19.18
07-Sep-93	-422.2	807	19.26
08-Sep-93	-422.2	807	19.28
09-Sep-93	-421.8	806	19.36
10-Sep-93	-423.1	804	19.40
11-Sep-93	-423.3	805	19.39
12-Sep-93	-422.7	806	19.41
13-Sep-93	-421.7	807	19.43
14-Sep-93	-422.8	806	19.48
15-Sep-93	-423.5	805	19.44
16-Sep-93	-423.5	803	19.44
17-Sep-93	-423.6	804	19.46
18-Sep-93	-422.6	804	19.45
19-Sep-93	-424.5	790	19.35
20-Sep-93	-424.7	790	19.42
21-Sep-93	-424.3	791	19.44
22-Sep-93	-423.4	790	19.44
23-Sep-93	-425.0	790	19.49
24-Sep-93	-425.1	792	19.46
25-Sep-93	-425.1	792	19.52
26-Sep-93	-425.4	791	19.54
27-Sep-93	-425.3	792	19.53
28-Sep-93	-425.8	791	19.56
29-Sep-93	-426.1	794	19.57
30-Sep-93	-425.1	794	19.57
01-Oct-93	-426.6	794	19.61
02-Oct-93	-425.0	792	19.70
03-Oct-93	-427.4	792	19.77
04-Oct-93	-427.0	790	19.76
05-Oct-93	-425.8	791	19.76
06-Oct-93	-426.0	786	19.75
07-Oct-93	-426.0	785	19.82
08-Oct-93	-426.9	785	19.80
09-Oct-93	-427.3	785	19.82
10-Oct-93	-427.9	783	19.81
11-Oct-93	-427.2	781	19.82
12-Oct-93	-426.4	782	19.82
13-Oct-93	-424.8	781	19.82
14-Oct-93	-429.0	781	19.91
15-Oct-93	-428.8	783	19.79
16-Oct-93	-425.5	783	19.70
17-Oct-93	-420.2	783	19.80
18-Oct-93	-409.3	778	20.10
19-Oct-93	-403.9	775	20.09
20-Oct-93	-401.6	772	20.09
21-Oct-93	-400.1	765	20.07
22-Oct-93	-399.3	762	20.07
23-Oct-93	-399.3	763	20.09
24-Oct-93	-399.4	759	20.09
25-Oct-93	-399.6	756	20.09
26-Oct-93	-399.4	754	20.05
27-Oct-93	-398.9	754	20.03
28-Oct-93	-399.8	748	20.05
29-Oct-93	-400.2	744	19.98
30-Oct-93	-398.8	743	19.96
31-Oct-93	-399.0	739	19.96

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-93	-398.0	735	20.00
02-Nov-93	-388.8	731	20.07
03-Nov-93	-367.2	712	20.15
04-Nov-93	-340.9	704	20.15
05-Nov-93	-341.3	713	20.07
06-Nov-93	-343.2	722	20.04
07-Nov-93	-341.5	720	20.02
08-Nov-93	-336.1	695	20.03
09-Nov-93	-336.9	670	20.01
10-Nov-93	-339.1	660	19.98
11-Nov-93	-339.2	649	19.94
12-Nov-93	-338.7	639	19.92
13-Nov-93	-340.3	631	19.91
14-Nov-93	-339.6	628	19.88
15-Nov-93	-338.4	621	19.84
16-Nov-93	-339.0	621	19.83
17-Nov-93	-339.4	611	19.83
18-Nov-93	-338.8	612	19.81
19-Nov-93	-338.1	607	19.78
20-Nov-93	-337.4	607	19.75
21-Nov-93	-338.3	609	19.72
22-Nov-93	-338.4	602	19.70
23-Nov-93	-337.0	599	19.67
24-Nov-93	-337.8	600	19.66
25-Nov-93	-339.7	596	19.63
26-Nov-93	-341.1	589	19.61
27-Nov-93	-342.1	583	19.59
28-Nov-93	-342.3	575	19.56
29-Nov-93	-342.9	572	19.43
30-Nov-93	-342.7	568	19.41
01-Dic-93	-343.0	562	19.39
02-Dic-93	-343.9	558	19.35
03-Dic-93	-344.5	553	19.33
04-Dic-93	-344.1	548	19.30
05-Dic-93	-345.4	546	19.29
06-Dic-93	-346.2	542	19.25
07-Dic-93	-346.5	538	19.23
08-Dic-93	-347.5	537	19.20
09-Dic-93	-347.2	525	19.17
10-Dic-93	-347.4	517	19.10
11-Dic-93	-348.3	520	19.06
12-Dic-93	-348.8	522	19.06
13-Dic-93	-348.1	522	19.04
14-Dic-93	-347.0	524	18.99
15-Dic-93	-349.7	524	18.98
16-Dic-93	-352.0	522	18.98
17-Dic-93	-352.6	515	18.95
18-Dic-93	-353.2	510	18.93
19-Dic-93	-354.4	508	18.93
20-Dic-93	-354.3	503	18.89
21-Dic-93	-353.0	493	18.85
22-Dic-93	-353.9	492	18.83
23-Dic-93	-355.3	490	18.81
24-Dic-93	-354.3	497	18.80
25-Dic-93	-356.2	473	18.77
26-Dic-93	-355.7	471	18.76
27-Dic-93	-356.5	472	18.76
28-Dic-93	-356.2	471	18.75
29-Dic-93	-357.8	467	18.70
30-Dic-93	-359.1	464	18.68
31-Dic-93	-358.9	470	18.65

ESTACION 3: LOS MIMBRALES

Dias	Profund. cm	Dias	Profund. cm	Dias	Profund. cm	Dias	Profund. cm	Dias	Profund. cm	Dias	Profund. cm
26-Oct-89	-82.0	01-Mar-91	-46.0	01-May-91	-65.5	01-Jul-91	-81.0	01-Sep-91		01-Nov-91	-80.0
16-Nov-89	-83.0	02-Mar-91	-49.0	02-May-91	-67.0	02-Jul-91	-81.0	02-Sep-91		02-Nov-91	-81.0
29-Nov-89	-19.0	03-Mar-91	-52.0	03-May-91	-69.0	03-Jul-91	-79.0	03-Sep-91		03-Nov-91	-81.0
03-Ene-90	-12.0	04-Mar-91	-53.5	04-May-91	-70.5	04-Jul-91	-79.0	04-Sep-91		04-Nov-91	-82.0
29-Ene-90	-42.0	05-Mar-91	-55.0	05-May-91	-72.0	05-Jul-91	-79.0	05-Sep-91		05-Nov-91	-82.0
27-Feb-90	-69.0	06-Mar-91	-33.0	06-May-91	-73.0	06-Jul-91	-79.0	06-Sep-91		06-Nov-91	-83.0
02-Abr-90	-73.0	07-Mar-91	-8.0	07-May-91	-74.0	07-Jul-91	-78.0	07-Sep-91		07-Nov-91	-84.0
10-May-90	-84.0	08-Mar-91	-13.5	08-May-91	-74.5	08-Jul-91	-78.0	08-Sep-91		08-Nov-91	-84.0
13-Jun-90	-102.0	09-Mar-91	-18.0	09-May-91	-75.0	09-Jul-91	-78.0	09-Sep-91		09-Nov-91	-85.0
19-Jul-90	-106.0	10-Mar-91	-18.0	10-May-91	-75.0	10-Jul-91	-78.0	10-Sep-91		10-Nov-91	-86.0
28-Ago-90	-111.0	11-Mar-91	-26.0	11-May-91	-75.0	11-Jul-91	-78.0	11-Sep-91		11-Nov-91	-86.0
11-Oct-90	-121.0	12-Mar-91	-30.0	12-May-91	-76.0	12-Jul-91	-78.0	12-Sep-91		12-Nov-91	-87.0
14-Dic-90	-98.0	13-Mar-91	-8.0	13-May-91	-77.0	13-Jul-91	-79.0	13-Sep-91		13-Nov-91	-87.0
18-Ene-91	-95.0	14-Mar-91	-24.5	14-May-91	-77.0	14-Jul-91	-80.0	14-Sep-91		14-Nov-91	-88.0
19-Ene-91	-95.0	15-Mar-91	-30.5	15-May-91	-78.0	15-Jul-91	-81.0	15-Sep-91		15-Nov-91	-89.0
20-Ene-91	-95.5	16-Mar-91	-34.0	16-May-91	-78.0	16-Jul-91	-81.0	16-Sep-91		16-Nov-91	-89.0
21-Ene-91	-96.0	17-Mar-91	-35.5	17-May-91	-78.0	17-Jul-91	-80.0	17-Sep-91		17-Nov-91	-89.0
22-Ene-91	-96.0	18-Mar-91	-39.0	18-May-91	-79.0	18-Jul-91	-80.0	18-Sep-91		18-Nov-91	-89.0
23-Ene-91	-97.0	19-Mar-91	-40.5	19-May-91	-79.0	19-Jul-91	-81.0	19-Sep-91		19-Nov-91	-90.0
24-Ene-91	-98.0	20-Mar-91	-42.0	20-May-91	-79.0	20-Jul-91	-81.0	20-Sep-91		20-Nov-91	-91.0
25-Ene-91	-98.5	21-Mar-91	-43.5	21-May-91	-80.0	21-Jul-91	-80.0	21-Sep-91		21-Nov-91	-91.0
26-Ene-91	-99.0	22-Mar-91	-44.5	22-May-91	-82.0	22-Jul-91	-80.0	22-Sep-91		22-Nov-91	-92.0
27-Ene-91	-100.0	23-Mar-91	-44.0	23-May-91	-81.0	23-Jul-91	-79.0	23-Sep-91		23-Nov-91	-92.0
28-Ene-91	-100.5	24-Mar-91	-47.5	24-May-91	-81.0	24-Jul-91	-79.0	24-Sep-91		24-Nov-91	-92.0
29-Ene-91	-101.0	25-Mar-91	-48.5	25-May-91	-82.0	25-Jul-91	-79.0	25-Sep-91		25-Nov-91	-92.0
30-Ene-91	-101.5	26-Mar-91	-50.0	26-May-91	-82.0	26-Jul-91	-79.0	26-Sep-91		26-Nov-91	-93.0
31-Ene-91	-102.0	27-Mar-91	-51.0	27-May-91	-83.0	27-Jul-91	-79.0	27-Sep-91		27-Nov-91	-94.0
01-Feb-91	-102.5	28-Mar-91	-52.0	28-May-91	-82.0	28-Jul-91	-79.0	28-Sep-91		28-Nov-91	-94.0
02-Feb-91	-102.5	29-Mar-91	-53.0	29-May-91	-83.0	29-Jul-91	-78.0	29-Sep-91		29-Nov-91	-94.0
03-Feb-91	-102.0	30-Mar-91	-54.0	30-May-91	-84.0	30-Jul-91	-78.0	30-Sep-91		30-Nov-91	-94.0
04-Feb-91	-102.5	31-Mar-91	-55.0	31-May-91	-83.0	31-Jul-91	-78.0	01-Oct-91	-101.0	01-Dic-91	-93.0
05-Feb-91	-102.5	01-Abr-91	-56.0	01-Jun-91	-82.0	01-Ago-91	-78.0	02-Oct-91	-101.0	02-Dic-91	-92.0
06-Feb-91	-102.5	02-Abr-91	-57.0	02-Jun-91	-81.0	02-Ago-91	-78.0	03-Oct-91	-102.0	03-Dic-91	-92.0
07-Feb-91	-102.5	03-Abr-91	-58.0	03-Jun-91	-81.0	03-Ago-91	-78.0	04-Oct-91	-104.0	04-Dic-91	-92.0
08-Feb-91	-102.0	04-Abr-91	-59.5	04-Jun-91	-81.0	04-Ago-91	-78.0	05-Oct-91	-105.0	05-Dic-91	-92.0
09-Feb-91	-101.5	05-Abr-91	-60.5	05-Jun-91	-80.0	05-Ago-91		06-Oct-91	-106.0	06-Dic-91	-92.0
10-Feb-91	-101.0	06-Abr-91	-61.0	06-Jun-91	-78.0	06-Ago-91		07-Oct-91	-107.0	07-Dic-91	-92.0
11-Feb-91	-101.0	07-Abr-91	-62.0	07-Jun-91	-78.0	07-Ago-91		08-Oct-91	-108.0	08-Dic-91	-91.0
12-Feb-91	-100.5	08-Abr-91	-63.0	08-Jun-91	-78.0	08-Ago-91		09-Oct-91	-109.0	09-Dic-91	-91.0
13-Feb-91	-100.0	09-Abr-91	-64.0	09-Jun-91	-78.0	09-Ago-91		10-Oct-91	-104.0	10-Dic-91	-91.0
14-Feb-91	-99.0	10-Abr-91	-65.0	10-Jun-91	-79.0	10-Ago-91		11-Oct-91	-91.0	11-Dic-91	-91.0
15-Feb-91	-95.5	11-Abr-91	-66.0	11-Jun-91	-80.0	11-Ago-91		12-Oct-91	-87.0	12-Dic-91	-91.0
16-Feb-91	-95.0	12-Abr-91	-66.5	12-Jun-91	-80.0	12-Ago-91		13-Oct-91	-71.0	13-Dic-91	-91.0
17-Feb-91	-92.5	13-Abr-91	-68.5	13-Jun-91	-81.0	13-Ago-91		14-Oct-91	-70.0	14-Dic-91	-91.0
18-Feb-91	-54.0	14-Abr-91	-70.5	14-Jun-91	-80.0	14-Ago-91		15-Oct-91	-70.0	15-Dic-91	-90.0
19-Feb-91	-44.0	15-Abr-91	-71.0	15-Jun-91	-82.0	15-Ago-91		16-Oct-91	-72.0	16-Dic-91	-80.0
20-Feb-91	-46.0	16-Abr-91	-72.0	16-Jun-91	-83.0	16-Ago-91		17-Oct-91	-74.0	17-Dic-91	-76.0
21-Feb-91	-48.5	17-Abr-91	-67.0	17-Jun-91	-84.0	17-Ago-91		18-Oct-91	-75.0	18-Dic-91	-73.0
22-Feb-91	-51.5	18-Abr-91	-67.0	18-Jun-91	-84.0	18-Ago-91		19-Oct-91	-77.0	19-Dic-91	-72.0
23-Feb-91	-52.0	19-Abr-91	-68.0	19-Jun-91	-84.0	19-Ago-91		20-Oct-91	-78.0	20-Dic-91	-72.0
24-Feb-91	-54.0	20-Abr-91	-69.0	20-Jun-91	-84.0	20-Ago-91		21-Oct-91	-79.0	21-Dic-91	-73.0
25-Feb-91	-55.0	21-Abr-91	-71.0	21-Jun-91	-86.0	21-Ago-91		22-Oct-91	-80.0	22-Dic-91	-74.0
26-Feb-91	-53.0	22-Abr-91	-47.5	22-Jun-91	-87.0	22-Ago-91		23-Oct-91	-81.0	23-Dic-91	-75.0
27-Feb-91	-53.5	23-Abr-91	-48.0	23-Jun-91	-87.0	23-Ago-91		24-Oct-91	-82.0	24-Dic-91	-76.0
28-Feb-91	-55.5	24-Abr-91	-50.0	24-Jun-91	-87.0	24-Ago-91		25-Oct-91	-83.0	25-Dic-91	-77.0
		25-Abr-91	-53.5	25-Jun-91	-85.0	25-Ago-91		26-Oct-91	-76.0	26-Dic-91	-78.0
		26-Abr-91	-56.0	26-Jun-91	-84.0	26-Ago-91		27-Oct-91	-74.0	27-Dic-91	-79.0
		27-Abr-91	-58.0	27-Jun-91	-83.0	27-Ago-91		28-Oct-91	-75.0	28-Dic-91	-80.0
		28-Abr-91	-60.0	28-Jun-91	-83.0	28-Ago-91		29-Oct-91	-77.0	29-Dic-91	-82.0
		29-Abr-91	-62.0	29-Jun-91	-82.0	29-Ago-91		30-Oct-91	-78.0	30-Dic-91	-82.0
		30-Abr-91	-64.0	30-Jun-91	-82.0	30-Ago-91		31-Oct-91	-79.0	31-Dic-91	-83.0
						31-Ago-91					

ESTACION 3: LOS MIMBRALES

Dias	Profund. cm
01-Ene-92	-84.0
02-Ene-92	-85.0
03-Ene-92	-86.0
04-Ene-92	-87.0
05-Ene-92	-88.0
06-Ene-92	-88.0
07-Ene-92	-88.0
08-Ene-92	-88.0
09-Ene-92	-88.0
10-Ene-92	-88.0
11-Ene-92	-89.0
12-Ene-92	-89.0
13-Ene-92	-89.0
14-Ene-92	-90.0
15-Ene-92	-90.0
16-Ene-92	-90.0
17-Ene-92	-90.0
18-Ene-92	-91.0
19-Ene-92	-91.0
20-Ene-92	-91.0
21-Ene-92	-92.0
22-Ene-92	-93.0
23-Ene-92	-94.0
24-Ene-92	-95.0
25-Ene-92	-95.0
26-Ene-92	-96.0
27-Ene-92	-96.0
28-Ene-92	-96.0
29-Ene-92	-96.0
30-Ene-92	-96.0
31-Ene-92	-95.0
01-Feb-92	-95.0
02-Feb-92	-95.0
03-Feb-92	-95.0
04-Feb-92	-95.0
05-Feb-92	-95.0
06-Feb-92	-94.0
07-Feb-92	-94.0
08-Feb-92	-94.0
09-Feb-92	-94.0
10-Feb-92	-94.0
11-Feb-92	-94.0
12-Feb-92	-94.0
13-Feb-92	-94.0
14-Feb-92	-94.0
15-Feb-92	-94.0
16-Feb-92	-95.0
17-Feb-92	-95.0
18-Feb-92	-96.0
19-Feb-92	-92.0
20-Feb-92	-86.0
21-Feb-92	-83.0
22-Feb-92	-82.5
23-Feb-92	-82.5
24-Feb-92	-82.5
25-Feb-92	-82.0
26-Feb-92	-81.5
27-Feb-92	-81.5
28-Feb-92	-81.5
29-Feb-92	-81.5

Dias	Profund. cm
01-Mar-92	-82.0
02-Mar-92	-82.5
03-Mar-92	-83.0
04-Mar-92	-84.0
05-Mar-92	-84.5
06-Mar-92	-85.0
07-Mar-92	-86.0
08-Mar-92	-86.5
09-Mar-92	-87.5
10-Mar-92	-88.0
11-Mar-92	-88.0
12-Mar-92	-88.0
13-Mar-92	-88.0
14-Mar-92	-88.0
15-Mar-92	-88.0
16-Mar-92	-88.0
17-Mar-92	-88.0
18-Mar-92	-88.0
19-Mar-92	-88.0
20-Mar-92	-89.0
21-Mar-92	-90.0
22-Mar-92	-91.0
23-Mar-92	-91.0
24-Mar-92	-91.0
25-Mar-92	-92.0
26-Mar-92	-92.0
27-Mar-92	-93.0
28-Mar-92	-93.0
29-Mar-92	-93.0
30-Mar-92	-94.0
31-Mar-92	-94.0
01-Abr-92	-94.0
02-Abr-92	-94.0
03-Abr-92	-89.0
04-Abr-92	-85.0
05-Abr-92	-83.0
06-Abr-92	-82.0
07-Abr-92	-81.0
08-Abr-92	-80.0
09-Abr-92	-80.0
10-Abr-92	-80.0
11-Abr-92	-81.0
12-Abr-92	-81.0
13-Abr-92	-83.0
14-Abr-92	-84.0
15-Abr-92	-85.0
16-Abr-92	-85.0
17-Abr-92	-86.0
18-Abr-92	-86.0
19-Abr-92	-86.0
20-Abr-92	-87.0
21-Abr-92	-87.0
22-Abr-92	-88.0
23-Abr-92	-89.0
24-Abr-92	-89.0
25-Abr-92	-90.0
26-Abr-92	-91.0
27-Abr-92	-92.0
28-Abr-92	-92.0
29-Abr-92	-93.0
30-Abr-92	-94.0

Dias	Profund. cm	Conductiv microS/c	Temperat. °C
01-May-92	-94.0		
02-May-92	-95.0		
03-May-92	-96.0		
04-May-92	-96.0		
05-May-92	-96.0		
06-May-92	-96.0		
07-May-92	-97.0		
08-May-92	-97.0		
09-May-92	-97.0		
10-May-92	-97.0		
11-May-92			
12-May-92			
13-May-92	-97.5	454	18.67
14-May-92	-97.5	437	18.72
15-May-92		424.0	18.74
16-May-92		431.0	18.79
17-May-92		432.0	18.84
18-May-92		413.0	18.88
19-May-92		437.0	18.93
20-May-92		417.0	18.97
21-May-92		421.0	19.02
22-May-92		416.0	19.09
23-May-92		415.0	19.16
24-May-92		417.0	19.23
25-May-92		407.0	19.28
26-May-92		415.0	19.38
27-May-92	-95.5		
28-May-92	-94.0		
29-May-92	-94.4		
30-May-92	-95.0		
31-May-92	-95.9		
01-Jun-92	-97.1		
02-Jun-92	-98.4		
03-Jun-92	-99.8		
04-Jun-92	-101.9		
05-Jun-92	-101.6		
06-Jun-92	-100.7		
07-Jun-92	-100.4		
08-Jun-92	-99.6		
09-Jun-92	-99.0		
10-Jun-92	-98.0		
11-Jun-92	-97.0		
12-Jun-92	-96.0		
13-Jun-92	-94.5		
14-Jun-92	-94.6		
15-Jun-92	-94.3		
16-Jun-92	-94.9		
17-Jun-92	-95.4		
18-Jun-92	-96.2		
19-Jun-92	-96.9		
20-Jun-92	-98.3		
21-Jun-92	-99.5		
22-Jun-92	-99.7		
23-Jun-92	-101.2		
24-Jun-92	-103.2		
25-Jun-92	-104.4		
26-Jun-92	-103.4		
27-Jun-92	-104.5		
28-Jun-92	-104.7		
29-Jun-92	-105.4		
30-Jun-92	-105.3		

ESTACION 3: LOS MIMBRALES

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-92	-105.8		
02-Jul-92	-105.5	431	18.63
03-Jul-92	-107.4	437	18.67
04-Jul-92	-107.7	438	18.71
05-Jul-92	-109.0	447	18.74
06-Jul-92	-109.7	458	18.79
07-Jul-92	-110.7	460	18.86
08-Jul-92	-111.2	466	18.89
09-Jul-92	-111.3	471	18.96
10-Jul-92	-110.4	476	19.02
11-Jul-92	-109.2	473	19.08
12-Jul-92	-108.6	478	19.14
13-Jul-92	-109.2	477	19.17
14-Jul-92	-109.3	475	19.23
15-Jul-92	-109.0	491	19.31
16-Jul-92	-108.5	484	19.37
17-Jul-92	-109.7	486.0	19.44
18-Jul-92	-111.2	478.0	19.51
19-Jul-92	-112	503.0	19.56
20-Jul-92	-112.3	502.0	19.63
21-Jul-92	-113	483.0	19.69
22-Jul-92	-112.3	477.0	19.77
23-Jul-92	-111.7	471.0	19.83
24-Jul-92	-109.8	475.0	19.86
25-Jul-92	-109.3	498.0	19.94
26-Jul-92	-110.1	492.0	19.95
27-Jul-92	-109.6	483.0	19.99
28-Jul-92	-107.1	487.0	20.04
29-Jul-92	-109.3	494	20.08
30-Jul-92	-109.2	505	20.11
31-Jul-92	-107.8	491	20.17
01-Ago-92	-106.7	512	20.19
02-Ago-92	-106.8	512	20.23
03-Ago-92	-106.3	513	20.28
04-Ago-92	-108.7	511	20.33
05-Ago-92	-109.6	512	20.37
06-Ago-92	-112.0	523	20.43
07-Ago-92	-112.7	512	20.46
08-Ago-92	-113.5	497	20.53
09-Ago-92	-113.5	512	20.57
10-Ago-92	-113.5	496	20.63
11-Ago-92	-112.0	508	20.69
12-Ago-92	-112.7	510	20.71
13-Ago-92	-113.0	512	20.76
14-Ago-92	-112.9	496	20.76
15-Ago-92	-110.8	507	20.8
16-Ago-92	-110.2	504	20.82
17-Ago-92	-109.6	507	20.81
18-Ago-92	-108.8	500	20.8
19-Ago-92	-108.1	492	20.8
20-Ago-92	-107.5	505	20.84
21-Ago-92	-106.9	497	20.86
22-Ago-92	-107.6	504	20.88
23-Ago-92	-107.5	504	20.9
24-Ago-92	-107.1	504	20.9
25-Ago-92	-106.8	494	20.93
26-Ago-92	-105.9	499	20.95
27-Ago-92	-104.8	503	20.95
28-Ago-92	-105.7	497	20.97
29-Ago-92	-103.1	495	21
30-Ago-92	-104.0	488	21.02
31-Ago-92	-103.5	484	21.02

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/c	Temperat. °C
01-Sep-92	-103.2	485	21.03
02-Sep-92	-103.3	480	21.04
03-Sep-92	-103.7	489	20.99
04-Sep-92	-103.1	470	20.96
05-Sep-92	-103.3	485	20.96
06-Sep-92	-103.3	479	20.93
07-Sep-92	-103.2	486	20.93
08-Sep-92	-102.7	481	20.92
09-Sep-92	-103.0	479	20.93
10-Sep-92	-102.2	478	20.96
11-Sep-92	-101.9	479	20.96
12-Sep-92	-101.0	480	20.95
13-Sep-92	-100.4	475	20.93
14-Sep-92	-100.0	474	20.92
15-Sep-92	-99.9	476	20.92
16-Sep-92	-99.9	477	20.92
17-Sep-92	-100.1	470.0	20.93
18-Sep-92	-99.4	473.0	20.92
19-Sep-92	-100.1	471.0	20.96
20-Sep-92	-98.7	467.0	20.97
21-Sep-92	-98	466.0	20.97
22-Sep-92	-98.4	459.0	20.97
23-Sep-92	-99.6	460.0	21
24-Sep-92	-100.1	460.0	20.97
25-Sep-92	-100.7	466.0	20.95
26-Sep-92	-100.2	458.0	20.94
27-Sep-92	-92.7	431.0	20.93
28-Sep-92	-92.1	434.0	20.91
29-Sep-92	-92.3	432	20.88
30-Sep-92	-93.3	427	20.84
01-Oct-92	-94.2	419	20.78
02-Oct-92	-95.7	417	20.73
03-Oct-92	-96.2	394	20.67
04-Oct-92	-97.3	395	20.61
05-Oct-92	-98.6	401	20.58
06-Oct-92	-99.6	397	20.55
07-Oct-92	-99.6	381	20.53
08-Oct-92	-101.1	383	20.51
09-Oct-92	-101.1	388	20.47
10-Oct-92	-99.5	366	20.41
11-Oct-92	-99.2	354	20.38
12-Oct-92	-99.8	362	20.32
13-Oct-92	-101.1	351	20.27
14-Oct-92	-102.3	356	20.19
15-Oct-92	-103.1	357	20.13
16-Oct-92	-103.0	347	20.05
17-Oct-92	-102.4	353	19.99
18-Oct-92	-100.9	365	19.93
19-Oct-92	-97.9	351	19.85
20-Oct-92	-90.1	361	19.77
21-Oct-92	-87.7	360	19.73
22-Oct-92	-87.1	364	19.67
23-Oct-92	-87.6	377	19.6
24-Oct-92	-89.2	363	19.54
25-Oct-92	-90.8	374	19.47
26-Oct-92	-91.8	374	19.41
27-Oct-92	-93.5	371	19.36
28-Oct-92	-94.4	372	19.29
29-Oct-92	-95.6	374	19.24
30-Oct-92	-96.3	376	19.18
31-Oct-92	-98.2	376	19.17

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-92	-99.9	379	19.16
02-Nov-92	-101.3	378	19.12
03-Nov-92	-103.1	386	19.03
04-Nov-92	-104.1	376	18.99
05-Nov-92	-105.5	378	18.93
06-Nov-92	-107.5	382	18.89
07-Nov-92	-109.2	380	18.84
08-Nov-92	-110.0	380	18.77
09-Nov-92	-111.1	384	18.75
10-Nov-92	-111.9	376	18.68
11-Nov-92	-112.9	378	18.65
12-Nov-92	-113.7	379	18.6
13-Nov-92	-115.2	377	18.55
14-Nov-92	-116.6	382	18.54
15-Nov-92	-115.3	381	18.52
16-Nov-92	-114.8	373	18.46
17-Nov-92	-116.3	373.0	18.44
18-Nov-92	-117.5	373.0	18.38
19-Nov-92	-117.7	374.0	18.35
20-Nov-92	-118.4	376.0	18.31
21-Nov-92	-119.2	382.0	18.29
22-Nov-92	-120.1	377.0	18.23
23-Nov-92	-120.3	381.0	18.2
24-Nov-92	-120.1	366.0	18.14
25-Nov-92	-120.5	372.0	18.1
26-Nov-92	-119.5	374.0	18.05
27-Nov-92	-118.9	374.0	18.05
28-Nov-92	-118.6	378.0	17.95
29-Nov-92	-119.0	370	17.93
30-Nov-92	-119.8	357	17.84
01-Dic-92	-119.5	374	17.78
02-Dic-92	-120.2	376	17.75
03-Dic-92	-119.5	374	17.68
04-Dic-92	-117.4	379	17.65
05-Dic-92	-116.1	362	17.6
06-Dic-92	-117.7	366	17.6
07-Dic-92	-117.7	369	17.55
08-Dic-92	-119.0	371	17.52
09-Dic-92	-119.9	370	17.51
10-Dic-92	-120.8	370	17.47
11-Dic-92	-121.8	372	17.42
12-Dic-92	-123.0	373	17.39
13-Dic-92	-124.0	373	17.33
14-Dic-92	-124.0	375	17.3
15-Dic-92	-125.6	378	17.23
16-Dic-92	-125.8	373	17.19
17-Dic-92	-126.2	370	17.17
18-Dic-92	-126.6	367	17.13
19-Dic-92			
20-Dic-92	-127.1	17.36	
21-Dic-92	-128.1	17.36	
22-Dic-92	-128.7	17.36	
23-Dic-92	-129.4	17.35	
24-Dic-92	-129.6	17.36	
25-Dic-92	-129.8	17.35	
26-Dic-92	-130.0	17.36	
27-Dic-92	-131.0	17.35	
28-Dic-92	-131.0	17.36	
29-Dic-92	-131.1	17.36	
30-Dic-92	-132.5	17.34	
31-Dic-92			

ESTACION 3: LOS MIMBRALES

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-93			
02-Ene-93			
03-Ene-93			
04-Ene-93			
05-Ene-93			
06-Ene-93			
07-Ene-93			
08-Ene-93			
09-Ene-93			
10-Ene-93			
11-Ene-93			
12-Ene-93			
13-Ene-93			
14-Ene-93			
15-Ene-93			
16-Ene-93			
17-Ene-93			
18-Ene-93			
19-Ene-93	-146.6		18.00
20-Ene-93	-147	342	18.00
21-Ene-93	-147.3	348	17.95
22-Ene-93	-147.5	350	17.82
23-Ene-93	-148	349	17.74
24-Ene-93	-148.8	350	17.70
25-Ene-93	-149.1	351	17.68
26-Ene-93	-149.7	351	17.67
27-Ene-93	-151	349	17.59
28-Ene-93	-152.1	351	17.59
29-Ene-93	-152.8	353	17.57
30-Ene-93	-152.6	342	17.54
31-Ene-93	-153.0	340	17.60
01-Feb-93	-153.0	339	17.56
02-Feb-93	-153.2	342	17.64
03-Feb-93	-153.2	342	17.59
04-Feb-93	-153.2	340	17.54
05-Feb-93	-153.5	340	17.54
06-Feb-93	-153.5	342	17.55
07-Feb-93	-153.5	342	17.50
08-Feb-93	-153.6	342	17.42
09-Feb-93	-154.0	340	17.43
10-Feb-93	-154.7	344	17.44
11-Feb-93	-155.0	339	17.39
12-Feb-93	-153.6	333	17.38
13-Feb-93	-153.2	343	17.31
14-Feb-93	-152.3	338	17.37
15-Feb-93	-151.6	337	17.33
16-Feb-93	-151.3	337	17.29
17-Feb-93	-150.7	337	17.34
18-Feb-93	-151.4	338	17.27
19-Feb-93	-152.2	328	17.78
20-Feb-93	-152.7	337	17.28
21-Feb-93	-152.8	337	17.33
22-Feb-93	-152.5	338	17.29
23-Feb-93	-153.8	337	17.29
24-Feb-93	-155.6	338	17.34
25-Feb-93	-157.4	338	17.25
26-Feb-93	-159.6	339	17.18
27-Feb-93	-160.5	341	17.27
28-Feb-93	-157.6	340	17.23

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/c	Temperat. °C
01-Mar-93	-158.2	341	17.19
02-Mar-93	-159.7	341	17.14
03-Mar-93	-162.3	341	17.19
04-Mar-93	-160.5	341	17.26
05-Mar-93	-163.2	338	17.31
06-Mar-93	-164.2	335	17.22
07-Mar-93	-161.0	332	17.24
08-Mar-93	-164.0	334	17.20
09-Mar-93			
10-Mar-93			
11-Mar-93			
12-Mar-93			
13-Mar-93			
14-Mar-93			
15-Mar-93			
16-Mar-93			
17-Mar-93			
18-Mar-93			
19-Mar-93			
20-Mar-93			
21-Mar-93			
22-Mar-93			
23-Mar-93			
24-Mar-93			
25-Mar-93	-166.6	329	17.81
26-Mar-93	-166.3	325	18.01
27-Mar-93	-167.0	335	17.63
28-Mar-93	-167.6	334	17.65
29-Mar-93	-168.8	333	17.74
30-Mar-93	-169.7	335	17.70
31-Mar-93	-170.8	334	17.76
01-Abr-93	-171.9	332	17.81
02-Abr-93	-173.0	335	17.86
03-Abr-93	-173.8	336	17.90
04-Abr-93	-175.0	336	17.94
05-Abr-93	-176.5	334	17.97
06-Abr-93	-178.3	338	17.98
07-Abr-93	-176.0	337	18.02
08-Abr-93	-176.6	338	18.03
09-Abr-93	-178.4	341	18.06
10-Abr-93	-180.1	341	18.13
11-Abr-93	-178.2	340	18.17
12-Abr-93	-178.5	339	18.23
13-Abr-93	-180.0	338	18.21
14-Abr-93	-181.3	337	18.24
15-Abr-93	-181.9	328	18.31
16-Abr-93	-181.8	328	18.37
17-Abr-93	-183.2	329	18.41
18-Abr-93	-174.7	326	18.42
19-Abr-93	-174.6	329	18.46
20-Abr-93	-179.0	330	18.48
21-Abr-93	-181.6	327	18.54
22-Abr-93	-184.0	330	18.55
23-Abr-93	-184.2	330	18.55
24-Abr-93	-185.9	327	18.57
25-Abr-93	-185.0	326	18.61
26-Abr-93	-186.6	325	18.64
27-Abr-93	-184.1	324	18.71
28-Abr-93	-185.2	322	18.78
29-Abr-93	-186.0	322	18.76
30-Abr-93	-187.4	315	18.83

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-93	-188.6	310	18.82
02-May-93	-190.1	306	18.83
03-May-93	-186.9	312	18.85
04-May-93	-189.3	303	18.87
05-May-93	-181.2	309	18.84
06-May-93	-173.2	313	18.91
07-May-93	-170.8	310	18.91
08-May-93	-164.0	314	18.96
09-May-93	-159.2	315	18.97
10-May-93	-156.5	312	19.01
11-May-93	-153.9	314	18.97
12-May-93	-151.7	315	19.03
13-May-93	-151.1	305	19.10
14-May-93	-151.6	307	19.12
15-May-93	-147.6	305	19.16
16-May-93	-148.7	310	19.21
17-May-93	-147.0	313	19.33
18-May-93	-146.6	299	19.30
19-May-93	-146.8	307	19.32
20-May-93	-147.8	310	19.39
21-May-93	-147.6	297	19.47
22-May-93	-146.9	308	19.47
23-May-93	-146.5	301	19.47
24-May-93	-148.0	307	19.46
25-May-93	-148.5	309	19.62
26-May-93	-151.3	309	19.63
27-May-93	-153.3	312	19.65
28-May-93	-151.8	311	19.75
29-May-93	-151.2	315	19.79
30-May-93	-152.4	311	19.84
31-May-93	-153.6	317	19.92
01-Jun-93	-155.1	316	20.09
02-Jun-93	-156.7	317	20.07
03-Jun-93	-157.8	320	20.12
04-Jun-93	-158.7	317	20.16
05-Jun-93	-160.3	319	20.18
06-Jun-93	-161.8	318	20.23
07-Jun-93	-163.0	309	20.25
08-Jun-93	-164.0	321	20.34
09-Jun-93			
10-Jun-93			
11-Jun-93			
12-Jun-93			
13-Jun-93			
14-Jun-93			
15-Jun-93			
16-Jun-93			
17-Jun-93			
18-Jun-93			
19-Jun-93			
20-Jun-93			
21-Jun-93			
22-Jun-93			
23-Jun-93			
24-Jun-93			
25-Jun-93			
26-Jun-93			
27-Jun-93			
28-Jun-93			
29-Jun-93			
30-Jun-93			

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-89			
02-Sep-89			
03-Sep-89			
04-Sep-89			
05-Sep-89			
06-Sep-89			
07-Sep-89			
08-Sep-89			
09-Sep-89			
10-Sep-89			
11-Sep-89			
12-Sep-89	-148.6	420	19.00
13-Sep-89	-150.5	424	18.88
14-Sep-89	-153.1	445	18.86
15-Sep-89	-153.7	463	18.86
16-Sep-89	-154.0	479	18.87
17-Sep-89	-154.4	511	18.88
18-Sep-89	-155.0	517	18.89
19-Sep-89	-155.0	532	18.91
20-Sep-89	-155.6	543	18.92
21-Sep-89	-155.6	553	18.92
22-Sep-89	-155.6	562	18.93
23-Sep-89	-155.6	568	18.94
24-Sep-89	-156.6	575	18.95
25-Sep-89	-156.9	579	18.96
26-Sep-89	-156.6	584	18.97
27-Sep-89	-156.9	588	18.98
28-Sep-89	-157.2	592	19.00
29-Sep-89	-157.2	597	19.01
30-Sep-89	-157.9	599	19.02
01-Oct-89	-158.2	602	19.03
02-Oct-89	-158.5	606	19.03
03-Oct-89	-158.5	609	19.05
04-Oct-89	-158.8	610	19.06
05-Oct-89	-158.8	608	19.11
06-Oct-89	-161.1	609	19.11
07-Oct-89	-161.7	612	19.10
08-Oct-89	-162.0	603	19.10
09-Oct-89	-162.0	605	19.12
10-Oct-89	-162.4	608	19.13
11-Oct-89	-162.4	611	19.14
12-Oct-89	-162.4	614	19.16
13-Oct-89	-162.4	627	19.18
14-Oct-89	-162.4	615	19.19
15-Oct-89	-157.9	617	19.19
16-Oct-89	-152.8	619	19.20
17-Oct-89	-150.5	623	19.22
18-Oct-89	-149.9	631	19.22
19-Oct-89	-148.9	626	19.23
20-Oct-89	-148.6	629	19.24
21-Oct-89	-148.0	643	19.25
22-Oct-89	-147.4	631	19.26
23-Oct-89	-147.0	633	19.28
24-Oct-89	-147.0	634	19.28
25-Oct-89	-146.9	638	22.06
26-Oct-89	-146.4	639	22.00
27-Oct-89	-146.3	639	21.96
28-Oct-89	-144.0	638	21.90
29-Oct-89	-140.6	636	21.85
30-Oct-89	-139.2	626	21.78
31-Oct-89	-138.4	616	21.72

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-89	-137.9	608	21.64
02-Nov-89	-137.5	604	21.57
03-Nov-89	-137.4	599	21.50
04-Nov-89	-137.4	599	21.42
05-Nov-89	-137.3	599	21.34
06-Nov-89	-137.3	600	21.27
07-Nov-89	-137.2	601	21.20
08-Nov-89	-137.3	607	21.11
09-Nov-89	-137.5	615	21.03
10-Nov-89	-137.4	625	20.96
11-Nov-89	-137.3	634	20.89
12-Nov-89	-137.4	641	20.81
13-Nov-89	-137.6	644	20.76
14-Nov-89	-138.0	646	20.71
15-Nov-89	-137.3	635	20.67
16-Nov-89	-136.8	608	20.62
17-Nov-89	-136.4	582	20.57
18-Nov-89	-133.3	565	20.49
19-Nov-89	-127.1	489	20.42
20-Nov-89	-96.6	436	20.27
21-Nov-89	-74.5	439	20.14
22-Nov-89	-61.5	486	20.04
23-Nov-89	-47.2	543	19.96
24-Nov-89	-47.8	585	19.89
25-Nov-89	-48.4	620	19.83
26-Nov-89	-49.0	650	19.76
27-Nov-89	-43.7	677	19.69
28-Nov-89	-47.2	692	19.85
29-Nov-89	-49.3	710	19.62
30-Nov-89	-39.6	724	19.55
01-Dic-89	-41.0	736	19.49
02-Dic-89	-42.9	747	18.90
03-Dic-89	-45.1	766	18.82
04-Dic-89	-33.7	780	18.63
05-Dic-89	-30.3	801	18.50
06-Dic-89	-20.3	798	18.43
07-Dic-89	-15.1	750	18.30
08-Dic-89	-14.9	718	18.35
09-Dic-89	-15.8	678	18.34
10-Dic-89	-20.1	675	18.36
11-Dic-89	-22.0	687	18.29
12-Dic-89	-22.1	703	18.24
13-Dic-89	-17.5	679	18.24
14-Dic-89	-21.5	683	18.31
15-Dic-89	-23.2	689	18.34
16-Dic-89	-23.3	696	18.36
17-Dic-89	-16.6	683	18.37
18-Dic-89	-19.4	667	18.38
19-Dic-89	-17.1	628	18.31
20-Dic-89	-21.1	632	18.23
21-Dic-89	-22.8	650	18.22
22-Dic-89	-18.3	660	18.16
23-Dic-89	-18.9	646	18.09
24-Dic-89	-23.4	637	17.98
25-Dic-89	-23.8	637	17.85
26-Dic-89	1.0	604	17.55
27-Dic-89	-13.4	567	17.52
28-Dic-89	-17.6	571	17.43
29-Dic-89	-14.2	576	17.37
30-Dic-89	-19.3	574	17.33
31-Dic-89	-21.6	585	17.29

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-90	-22.7	583	17.27
02-Ene-90	-11.1	547	17.22
03-Ene-90	-3.1	522	17.10
04-Ene-90	-11.5	488	17.03
05-Ene-90	-18.5	491	16.98
06-Ene-90	-20.6	508	16.89
07-Ene-90	-21.8	523	16.80
08-Ene-90	-22.7	530	16.74
09-Ene-90	-23.8	533	16.65
10-Ene-90	-24.3	540	16.54
11-Ene-90	-24.6	549	16.43
12-Ene-90	-25.3	565	16.27
13-Ene-90	-25.9	581	16.16
14-Ene-90	-26.3	593	16.04
15-Ene-90	-26.8	602	16.01
16-Ene-90	-27.1	605	15.90
17-Ene-90	-27.3	608	15.88
18-Ene-90	-27.3	607	15.77
19-Ene-90	-27.7	593	15.68
20-Ene-90	-28.7	590	15.62
21-Ene-90	-29.0	603	15.53
22-Ene-90	-28.9	603	15.45
23-Ene-90	-29.3	598	15.28
24-Ene-90	-29.5	594	15.25
25-Ene-90	-28.7	586	15.25
26-Ene-90	-28.2	572	15.21
27-Ene-90	-25.4	558	15.29
28-Ene-90	-11.5	553	15.39
29-Ene-90	-19.1	523	15.35
30-Ene-90	-21.5	525	15.34
31-Ene-90	-21.3	520	15.37
01-Feb-90	-24.3	523	15.17
02-Feb-90	-26.3	527	15.11
03-Feb-90	-26.9	533	15.13
04-Feb-90	-27.7	535	15.12
05-Feb-90	-27.9	543	14.96
06-Feb-90	-28.4	546	14.97
07-Feb-90	-29.1	551	14.99
08-Feb-90	-29.5	541	15.15
09-Feb-90	-30.1	541	15.16
10-Feb-90	-30.4	555	15.21
11-Feb-90	-30.8	558	15.21
12-Feb-90	-31.7	563	15.23
13-Feb-90	-32.5	565	15.20
14-Feb-90	-32.7	565	15.16
15-Feb-90	-33.0	573	15.16
16-Feb-90	-33.3	583	15.16
17-Feb-90	-33.4	588	15.16
18-Feb-90	-33.9	595	15.14
19-Feb-90	-34.1	590	15.17
20-Feb-90	-34.6	594	15.22
21-Feb-90	-35.4	590	15.28
22-Feb-90	-35.8	587	15.34
23-Feb-90	-37.4	592	15.37
24-Feb-90	-38.7	597	15.43
25-Feb-90	-39.1	603	15.49
26-Feb-90	-40.3	611	15.52
27-Feb-90	-41.5	607	15.58
28-Feb-90	-42.2	617	15.63

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-90	-42.1	625	15.66
02-Mar-90	-43.0	649	15.47
03-Mar-90	-43.6	654	15.09
04-Mar-90	-44.8	652	15.84
05-Mar-90	-33.7	646	15.71
06-Mar-90	-34.8	632	15.58
07-Mar-90	-35.9	633	15.49
08-Mar-90	-39.1	609	15.55
09-Mar-90	-40.6	601	15.58
10-Mar-90	-42.9	611	15.65
11-Mar-90	-41.0	611	15.71
12-Mar-90	-44.2	605	15.78
13-Mar-90	-37.1	593	15.83
14-Mar-90	-38.5	598	15.92
15-Mar-90	-42.4	596	15.98
16-Mar-90	-46.0	598	16.07
17-Mar-90	-48.8	595	16.16
18-Mar-90	-50.6	595	16.20
19-Mar-90	-52.3	593	16.27
20-Mar-90	-53.5	593	16.32
21-Mar-90	-54.6	587	16.37
22-Mar-90	-56.2	588	16.43
23-Mar-90	-57.7	586	16.50
24-Mar-90	-57.2	585	16.53
25-Mar-90	-58.7	582	16.54
26-Mar-90	-59.8	581	16.57
27-Mar-90	-61.6	579	16.61
28-Mar-90	-63.3	577	16.63
29-Mar-90	-64.7	565	16.63
30-Mar-90	-66.1	572	16.60
31-Mar-90	-64.0	571	16.60
01-Abr-90	-58.0	570	16.61
02-Abr-90	-49.1	560	16.58
03-Abr-90	-54.3	560	16.58
04-Abr-90	-57.8	565	16.60
05-Abr-90	-61.1	557	16.62
06-Abr-90	-50.2	556	16.61
07-Abr-90	-57.3	555	16.62
08-Abr-90	-61.3	559	16.64
09-Abr-90	-37.9	548	16.65
10-Abr-90	-39.3	559	16.65
11-Abr-90	-41.6	554	16.53
12-Abr-90	-46.6	562	16.51
13-Abr-90	-51.5	559	16.57
14-Abr-90	-56.3	559	16.64
15-Abr-90	-60.7	564	16.72
16-Abr-90	-63.6	559	16.79
17-Abr-90	-65.9	561	16.85
18-Abr-90	-67.6	560	16.92
19-Abr-90	-69.0	568	16.89
20-Abr-90	-70.3	563	17.03
21-Abr-90	-71.8	545	17.10
22-Abr-90	-67.5	547	17.15
23-Abr-90	-72.4	541	17.20
24-Abr-90	-73.8	536	17.21
25-Abr-90	-75.0	523	17.20
26-Abr-90	-76.1	521	17.23
27-Abr-90	-77.2	530	17.24
28-Abr-90	-78.4	522	17.27
29-Abr-90	-67.1	531	17.31
30-Abr-90	-67.1	512	17.35

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-90	-58.8	489	17.38
02-May-90	-61.2	463	17.42
03-May-90	-62.2	451	17.46
04-May-90	-66.3	438	17.50
05-May-90	-70.3	430	17.57
06-May-90	-74.4	420	17.65
07-May-90	-76.9	420	17.74
08-May-90	-78.5	425	17.83
09-May-90	-79.8	432	17.95
10-May-90	-80.4	426	18.06
11-May-90	-81.5	431	18.16
12-May-90	-82.6	441	17.71
13-May-90	-83.6	445	17.77
14-May-90	-84.7	445	17.84
15-May-90	-85.8	444	17.91
16-May-90	-86.8	446	17.99
17-May-90	-88.0	446	18.07
18-May-90	-88.9	446	18.15
19-May-90	-90.0	442	18.22
20-May-90	-91.3	443	18.31
21-May-90	-92.4	443	18.39
22-May-90	-93.5	443	18.47
23-May-90	-94.8	439	18.56
24-May-90	-96.3	427	18.64
25-May-90	-97.4	420	18.73
26-May-90			
27-May-90			
28-May-90			
29-May-90			
30-May-90			
31-May-90			
01-Jun-90			
02-Jun-90			
03-Jun-90			
04-Jun-90			
05-Jun-90			
06-Jun-90			
07-Jun-90			
08-Jun-90			
09-Jun-90			
10-Jun-90			
11-Jun-90			
12-Jun-90			
13-Jun-90			
14-Jun-90		346	20.31
15-Jun-90	-115.2	344	20.42
16-Jun-90	-115.9	344	20.50
17-Jun-90	-116.6	345	20.56
18-Jun-90	-117.3	338	20.63
19-Jun-90	-118.1	333	20.69
20-Jun-90	-118.7	330	20.75
21-Jun-90	-119.7	326	20.80
22-Jun-90	-120.3	323	20.84
23-Jun-90	-121.1	319	20.90
24-Jun-90	-121.9	318	20.96
25-Jun-90	-123.0	315	21.03
26-Jun-90	-123.9	314	21.08
27-Jun-90	-124.5	313	21.12
28-Jun-90	-124.8	311	21.18
29-Jun-90	-125.5	309	21.24
30-Jun-90	-126.1	308	21.31

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-90	-127.1	307	21.38
02-Jul-90	-127.7	306	21.45
03-Jul-90	-128.3	307	21.47
04-Jul-90	-128.9	306	21.56
05-Jul-90	-129.7	305	21.61
06-Jul-90	-130.2	305	21.68
07-Jul-90	-131.0	304	21.74
08-Jul-90	-131.7	303	21.79
09-Jul-90	-132.0	303	21.86
10-Jul-90	-132.6	303	21.92
11-Jul-90	-133.2	302	21.98
12-Jul-90	-133.7	302	22.04
13-Jul-90	-134.1	301	22.11
14-Jul-90	-134.5	301	22.17
15-Jul-90	-134.9	302	22.25
16-Jul-90	-135.4	301	22.32
17-Jul-90	-136.6	301	22.39
18-Jul-90	-136.8	301	22.46
19-Jul-90	-137.2	300	22.51
20-Jul-90	-137.5	300	22.56
21-Jul-90	-137.9	304	22.55
22-Jul-90	-138.3	305	22.61
23-Jul-90	-139.0	307	22.68
24-Jul-90	-139.3	306	22.75
25-Jul-90	-139.9	305	22.80
26-Jul-90	-140.3	306	22.84
27-Jul-90	-140.3	314	22.89
28-Jul-90	-140.6	310	22.95
29-Jul-90	-141.0	313	23.00
30-Jul-90	-141.1	316	23.06
31-Jul-90	-141.7	318	23.10
01-Ago-90	-141.7	300	23.14
02-Ago-90	-142.1	300	23.18
03-Ago-90	-142.4	299	23.21
04-Ago-90	-142.9	300	23.23
05-Ago-90	-143.2	300	23.27
06-Ago-90	-143.3	300	23.29
07-Ago-90	-143.5	301	23.34
08-Ago-90	-143.7	300	23.39
09-Ago-90	-144.1	301	23.42
10-Ago-90	-144.5	300	23.47
11-Ago-90	-144.6	301	23.52
12-Ago-90	-144.9	300	23.56
13-Ago-90	-145.2	301	23.60
14-Ago-90	-145.4	301	23.63
15-Ago-90	-145.5	301	23.67
16-Ago-90	-145.7	302	23.69
17-Ago-90	-145.8	301	23.73
18-Ago-90	-146.1	301	23.76
19-Ago-90	-146.3	301	23.80
20-Ago-90	-146.5	301	23.82
21-Ago-90	-146.6	302	23.84
22-Ago-90	-146.8	302	23.86
23-Ago-90	-147.0	303	23.89
24-Ago-90	-147.3	301	23.90
25-Ago-90	-147.6	301	23.92
26-Ago-90	-147.7	302	23.93
27-Ago-90	-147.9	303	23.93
28-Ago-90	-148.0	303	23.94
29-Ago-90	-148.1	308	23.94
30-Ago-90	-148.3	306	23.95
31-Ago-90	-148.4	307	23.95

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-90	-148.5	307	23.96
02-Sep-90	-148.7	308	23.97
03-Sep-90	-148.9	308	23.98
04-Sep-90	-149.0	308	23.98
05-Sep-90	-149.2	309	23.98
06-Sep-90	-149.4	309	23.99
07-Sep-90	-149.6	310	23.99
08-Sep-90	-149.6	310	23.99
09-Sep-90	-149.8	310	23.99
10-Sep-90	-150.0	311	24.01
11-Sep-90	-150.2	311	24.01
12-Sep-90	-150.2	311	24.01
13-Sep-90	-150.3	311	24.01
14-Sep-90	-150.4	311	24.02
15-Sep-90	-150.4	312	24.01
16-Sep-90	-150.6	312	24.00
17-Sep-90	-150.7	312	23.99
18-Sep-90	-150.8	312	23.99
19-Sep-90	-150.8	312	23.97
20-Sep-90	-151.0	313	23.95
21-Sep-90	-151.0	314	23.94
22-Sep-90	-151.1	314	23.93
23-Sep-90	-151.4	315	23.92
24-Sep-90	-151.5	321	23.91
25-Sep-90	-151.6	317	23.89
26-Sep-90	-151.6	318	23.87
27-Sep-90	-151.8	319	23.85
28-Sep-90	-152.0	318	23.84
29-Sep-90	-152.0	318	23.82
30-Sep-90	-152.0	318	23.81
01-Oct-90	-151.9	311	23.77
02-Oct-90	-152.0	313	23.76
03-Oct-90	-152.0	313	23.74
04-Oct-90	-152.1	313	23.73
05-Oct-90	-152.3	312	23.71
06-Oct-90	-152.4	312	23.69
07-Oct-90	-152.7	311	23.67
08-Oct-90	-152.7	311	23.65
09-Oct-90	-153.0	311	23.65
10-Oct-90	-153.0	311	23.62
11-Oct-90	-153.0	312	23.58
12-Oct-90	-153.1	309	23.52
13-Oct-90	-153.2	313	23.50
14-Oct-90	-153.1	314	23.46
15-Oct-90	-153.1	313	23.41
16-Oct-90	-153.2	306	23.37
17-Oct-90	-152.9	305	23.32
18-Oct-90	-152.3	322	23.27
19-Oct-90	-151.8	313	23.22
20-Oct-90	-151.5	317	23.18
21-Oct-90	-151.1	316	23.12
22-Oct-90	-150.5	301	23.07
23-Oct-90	-149.8	317	22.99
24-Oct-90	-148.5	312	22.92
25-Oct-90	-147.4	313	22.82
26-Oct-90	-146.4	313	22.71
27-Oct-90	-145.7	315	22.60
28-Oct-90	-145.1	313	22.51
29-Oct-90	-144.6	316	22.41
30-Oct-90	-144.2	315	22.33
31-Oct-90	-143.8	313	22.24

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-90	-143.5	312	22.17
02-Nov-90	-143.4	310	22.10
03-Nov-90	-143.4	310	22.04
04-Nov-90	-143.3	311	21.97
05-Nov-90	-143.5	310	21.90
06-Nov-90	-143.5	307	21.82
07-Nov-90	-143.4	313	21.73
08-Nov-90	-143.3	312	21.64
09-Nov-90	-143.0	310	21.56
10-Nov-90	-142.8	309	21.48
11-Nov-90	-142.7	312	21.40
12-Nov-90	-142.6	310	21.35
13-Nov-90	-142.5	313	21.29
14-Nov-90	-142.5	312	21.21
15-Nov-90	-142.4	312	21.15
16-Nov-90	-142.4	314	21.07
17-Nov-90	-142.5	314	21.01
18-Nov-90	-142.4	316	20.93
19-Nov-90	-142.4	316	20.87
20-Nov-90	-141.9	314	20.79
21-Nov-90	-141.7	313	20.72
22-Nov-90	-141.4	313	20.65
23-Nov-90	-141.5	316	20.59
24-Nov-90	-141.5	315	20.53
25-Nov-90	-140.9	316	20.45
26-Nov-90	-140.9	313	20.39
27-Nov-90	-140.8	314	20.29
28-Nov-90	-140.6	313	20.25
29-Nov-90	-140.3	314	20.17
30-Nov-90	-140.2	308	20.08
01-Dic-90	-140.1	307	19.99
02-Dic-90	-140.2	302	19.92
03-Dic-90	-140.0	299	19.80
04-Dic-90	-140.0	304	19.72
05-Dic-90	-139.7	300	19.59
06-Dic-90	-139.2	301	19.53
07-Dic-90	-138.6	302	19.46
08-Dic-90	-137.8	305	19.39
09-Dic-90	-136.9	297	19.35
10-Dic-90	-136.6	306	19.28
11-Dic-90	-136.9	308	19.23
12-Dic-90	-136.2	309	19.14
13-Dic-90	-135.3	296	19.06
14-Dic-90	-134.8	306	19.00
15-Dic-90	-134.6	304	18.92
16-Dic-90	-134.3	291	18.79
17-Dic-90	-134.4	304	18.72
18-Dic-90	-134.3	303	18.64
19-Dic-90	-134.2	300	18.60
20-Dic-90	-133.5	294	18.51
21-Dic-90	-131.7	303	18.46
22-Dic-90	-129.9	301	18.40
23-Dic-90	-128.7	300	18.31
24-Dic-90	-128.3	287	18.24
25-Dic-90	-127.7	298	18.14
26-Dic-90	-127.0	292	18.11
27-Dic-90	-126.5	303	18.03
28-Dic-90	-125.9	300	17.96
29-Dic-90	-125.3	301	17.92
30-Dic-90	-124.8	300	17.88
31-Dic-90	-124.5	297	17.80

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-91	-124.1	299	17.76
02-Ene-91	-123.9	304	17.68
03-Ene-91	-123.6	293	17.68
04-Ene-91	-123.8	299	17.71
05-Ene-91	-123.6	302	17.60
06-Ene-91	-123.4	290	17.65
07-Ene-91	-123.4	303	17.58
08-Ene-91	-123.4	308	17.50
09-Ene-91	-123.3	309	17.41
10-Ene-91	-123.3	304	17.45
11-Ene-91	-123.1	303	17.35
12-Ene-91	-122.9	302	17.29
13-Ene-91	-123.0	307	17.37
14-Ene-91	-123.1	306	17.32
15-Ene-91	-123.1	309	17.21
16-Ene-91	-123.8	308	17.17
17-Ene-91	-124.0	309	17.18
18-Ene-91	-124.1	294	17.05
19-Ene-91	-124.3	294	17.10
20-Ene-91	-124.4	304	17.05
21-Ene-91	-124.5	312	16.93
22-Ene-91	-124.7	325	16.92
23-Ene-91	-124.7	307	16.89
24-Ene-91	-124.9	319	16.92
25-Ene-91	-125.0	311	16.93
26-Ene-91	-125.3	322	16.88
27-Ene-91	-125.5	323	16.76
28-Ene-91	-125.7	314	16.78
29-Ene-91	-125.9	306	16.79
30-Ene-91	-126.2	320	16.60
31-Ene-91	-126.4	306	16.60
01-Feb-91	-126.5	305	16.58
02-Feb-91	-126.2	311	16.62
03-Feb-91	-125.8	308	16.41
04-Feb-91	-125.8	300	16.50
05-Feb-91	-125.5	312	16.41
06-Feb-91	-125.3	298	16.33
07-Feb-91	-124.9	300	16.43
08-Feb-91	-124.6	296	16.33
09-Feb-91	-124.4	308	16.29
10-Feb-91	-124.2	303	16.28
11-Feb-91	-124.0	309	16.32
12-Feb-91	-123.9	293	16.20
13-Feb-91			
14-Feb-91			
15-Feb-91			
16-Feb-91			
17-Feb-91			
18-Feb-91			
19-Feb-91			
20-Feb-91			
21-Feb-91			
22-Feb-91			
23-Feb-91			
24-Feb-91			
25-Feb-91			
26-Feb-91			
27-Feb-91			
28-Feb-91			

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-91			
02-Mar-91			
03-Mar-91			
04-Mar-91			
05-Mar-91			
06-Mar-91			
07-Mar-91			
08-Mar-91			
09-Mar-91			
10-Mar-91			
11-Mar-91			
12-Mar-91			
13-Mar-91			
14-Mar-91	-41.5	595	15.88
15-Mar-91	-43.3	613	15.90
16-Mar-91	-45.8	607	15.91
17-Mar-91	-45.0	627	15.95
18-Mar-91	-48.9	617	15.97
19-Mar-91	-51.9	620	15.97
20-Mar-91	-54.3	635	16.02
21-Mar-91			
22-Mar-91			
23-Mar-91			
24-Mar-91			
25-Mar-91			
26-Mar-91			
27-Mar-91			
28-Mar-91			
29-Mar-91			
30-Mar-91			
31-Mar-91			
01-Abr-91			
02-Abr-91			
03-Abr-91			
04-Abr-91			
05-Abr-91			
06-Abr-91			
07-Abr-91			
08-Abr-91			
09-Abr-91			
10-Abr-91			
11-Abr-91			
12-Abr-91			
13-Abr-91			
14-Abr-91	-79.3	642	16.51
15-Abr-91	-79.3		
16-Abr-91			
17-Abr-91			
18-Abr-91			
19-Abr-91			
20-Abr-91			
21-Abr-91			
22-Abr-91			
23-Abr-91			
24-Abr-91			
25-Abr-91			
26-Abr-91			
27-Abr-91			
28-Abr-91			
29-Abr-91			
30-Abr-91			

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-91			
02-May-91			
03-May-91			
04-May-91			
05-May-91			
06-May-91			
07-May-91			
08-May-91			
09-May-91			
10-May-91	-95.4		
11-May-91	-96.7	725	17.36
12-May-91	-97.5	742	17.39
13-May-91	-98.8	743	17.43
14-May-91	-99.9	747	17.46
15-May-91	-100.7	734	17.50
16-May-91	-101.9	739	17.52
17-May-91	-103.3	750	17.56
18-May-91	-104.0	748	17.61
19-May-91	-104.7	749	17.66
20-May-91	-105.8	733	17.72
21-May-91	-107.8	745	17.81
22-May-91	-108.5	744	17.88
23-May-91	-109.1	740	17.96
24-May-91	-111.7	736	18.10
25-May-91	-113.7	736	18.18
26-May-91	-113.8	721	18.28
27-May-91			
28-May-91			
29-May-91			
30-May-91			
31-May-91			
01-Jun-91			
02-Jun-91			
03-Jun-91			
04-Jun-91			
05-Jun-91			
06-Jun-91			
07-Jun-91	-122.5	613	18.90
08-Jun-91	-122.7	605	18.99
09-Jun-91	-122.8	592	19.07
10-Jun-91	-123.5	583	19.13
11-Jun-91	-124.3	576	19.19
12-Jun-91	-125.2	566	19.27
13-Jun-91	-125.4	553	19.33
14-Jun-91	-126.2	537	19.39
15-Jun-91	-127.2	524	19.47
16-Jun-91	-127.8	510	19.54
17-Jun-91	-128.4	485	19.61
18-Jun-91	-129.0	487	19.71
19-Jun-91	-129.4	477	19.78
20-Jun-91	-130.1	469	19.86
21-Jun-91	-130.3	460	19.94
22-Jun-91	-131.3	452	20.02
23-Jun-91	-132.0	445	20.09
24-Jun-91	-132.6	439	20.15
25-Jun-91	-133.3	433	20.22
26-Jun-91	-133.5	430	20.29
27-Jun-91	-134.4	429	20.36
28-Jun-91	-134.4	427	20.43
29-Jun-91	-135.2	420	20.51
30-Jun-91	-136.1	419	20.59

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-91	-136.7	418	20.69
02-Jul-91	-137.2	419	20.78
03-Jul-91	-137.3	417	20.86
04-Jul-91	-137.8	416	20.94
05-Jul-91	-138.4	416	21.03
06-Jul-91	-138.9	412	21.10
07-Jul-91	-139.1	411	21.18
08-Jul-91	-139.3	410	21.24
09-Jul-91	-139.4	407	21.28
10-Jul-91	-139.9	407	21.35
11-Jul-91	-139.4	405	21.38
12-Jul-91	-140.1	407	21.44
13-Jul-91	-140.5	408	21.50
14-Jul-91	-141.1	408	21.55
15-Jul-91	-141.2	409	21.60
16-Jul-91	-141.9	410	21.66
17-Jul-91	-142.3	409	21.72
18-Jul-91	-142.4	410	21.78
19-Jul-91	-142.8	410	21.88
20-Jul-91	-142.9	411	21.94
21-Jul-91	-143.3	412	22.00
22-Jul-91	-143.6	412	22.07
23-Jul-91	-144.0	412	22.14
24-Jul-91	-144.2	413	22.21
25-Jul-91	-144.5	413	22.27
26-Jul-91	-144.7	413	22.33
27-Jul-91	-145.0	414	22.38
28-Jul-91	-145.3	414	22.44
29-Jul-91	-145.6	414	22.47
30-Jul-91	-145.7	414	22.51
31-Jul-91	-146.0	414	22.56
01-Ago-91	-146.1	415	22.58
02-Ago-91	-146.4	416	22.60
03-Ago-91	-146.7	416	22.64
04-Ago-91	-146.7	417	22.66
05-Ago-91	-146.8	417	22.67
06-Ago-91	-147.1	417	22.69
07-Ago-91	-147.4	417	22.72
08-Ago-91	-147.4	417	22.73
09-Ago-91	-147.7	418	22.76
10-Ago-91	-148.3	418	22.79
11-Ago-91	-148.6	418	22.82
12-Ago-91	-148.9	418	22.87
13-Ago-91	-148.9	418	22.90
14-Ago-91	-148.9	418	22.93
15-Ago-91	-149.0	418	22.96
16-Ago-91	-149.0	419	23.00
17-Ago-91	-149.2	419	23.04
18-Ago-91	-149.7	419	23.09
19-Ago-91	-150.0	420	23.11
20-Ago-91	-150.1	420	23.14
21-Ago-91	-149.6	420	23.15
22-Ago-91	-149.5	419	23.22
23-Ago-91	-149.9	419	23.24
24-Ago-91	-150.1	420	23.28
25-Ago-91	-150.2	421	23.30
26-Ago-91	-150.7	421	23.34
27-Ago-91	-150.7	421	23.37
28-Ago-91	-151.0	421	23.39
29-Ago-91	-151.1	422	23.40
30-Ago-91	-151.3	422	23.43
31-Ago-91	-151.6	423	23.45

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-91	-151.7	423	23.46
02-Sep-91	-151.7	424	23.47
03-Sep-91	-152.1	423	23.49
04-Sep-91	-152.1	423	23.50
05-Sep-91	-152.4	424	23.50
06-Sep-91	-152.5	425	23.51
07-Sep-91	-152.2	429	23.52
08-Sep-91	-152.5	437	23.53
09-Sep-91	-152.5	437	23.53
10-Sep-91	-153.2	435	23.54
11-Sep-91	-153.5	435	23.56
12-Sep-91	-153.7	435	23.56
13-Sep-91	-153.8	435	23.57
14-Sep-91	-154.0	435	23.58
15-Sep-91	-154.1	436	23.58
16-Sep-91	-154.2	437	23.59
17-Sep-91	-154.3	436	23.59
18-Sep-91	-154.4	436	23.58
19-Sep-91	-154.3	436	23.58
20-Sep-91	-154.1	435	23.58
21-Sep-91	-154.2	433	23.59
22-Sep-91	-154.7	434	23.58
23-Sep-91	-154.9	435	23.58
24-Sep-91	-155.0	435	23.59
25-Sep-91	-154.7	423	23.59
26-Sep-91	-154.9	431	23.59
27-Sep-91	-155.4	431	23.59
28-Sep-91	-154.9	436	23.55
29-Sep-91			
30-Sep-91			
01-Oct-91			
02-Oct-91	-154.5	371	23.45
03-Oct-91	-154.1	383	23.42
04-Oct-91	-153.6	383	23.38
05-Oct-91	-153.7	384	23.32
06-Oct-91	-153.8	385	23.25
07-Oct-91	-154.1	385	23.19
08-Oct-91	-154.0	384	23.13
09-Oct-91	-154.0	387	23.09
10-Oct-91	-150.0	379	23.03
11-Oct-91	-124.7	374	23.02
12-Oct-91	-114.4	372	22.98
13-Oct-91	-103.4	343	22.84
14-Oct-91	-97.6	348	22.65
15-Oct-91	-96.8	347	22.50
16-Oct-91	-96.9	346	22.37
17-Oct-91	-97.6	347	22.24
18-Oct-91	-98.2	348	22.12
19-Oct-91	-98.8	351	22.01
20-Oct-91	-99.7	356	21.89
21-Oct-91	-100.5	360	21.81
22-Oct-91	-101.2	365	21.72
23-Oct-91	-102.0	371	21.62
24-Oct-91	-102.7	382	21.53
25-Oct-91	-102.9	397	21.44
26-Oct-91	-96.6	403	21.35
27-Oct-91	-90.8	430	21.27
28-Oct-91	-91.0	453	21.20
29-Oct-91	-91.7	467	21.13
30-Oct-91	-92.5	477	21.05
31-Oct-91	-92.8	483	20.97

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-91	-94.1	487	20.91
02-Nov-91	-95.2	489	20.82
03-Nov-91	-96.2	493	20.78
04-Nov-91	-96.7	495	20.71
05-Nov-91	-97.5	498	20.64
06-Nov-91	-98.9	499	20.59
07-Nov-91	-100.0	502	20.54
08-Nov-91	-100.8	504	20.48
09-Nov-91	-101.1	505	20.41
10-Nov-91	-101.6	507	20.35
11-Nov-91	-102.7	508	20.29
12-Nov-91	-103.3	510	20.21
13-Nov-91	-103.9	512	20.13
14-Nov-91	-104.4	514	20.05
15-Nov-91	-104.8	519	19.98
16-Nov-91	-104.2	521	19.91
17-Nov-91	-104.0	527	19.86
18-Nov-91	-104.7	537	19.83
19-Nov-91	-105.0	544	19.77
20-Nov-91	-105.5	549	19.71
21-Nov-91	-106.3	554	19.67
22-Nov-91	-107.0	557	19.66
23-Nov-91	-107.0	560	19.53
24-Nov-91	-109.3	562	19.45
25-Nov-91	-109.6	563	19.37
26-Nov-91	-109.9	571	19.32
27-Nov-91	-110.5	573	19.24
28-Nov-91	-111.0	577	19.14
29-Nov-91	-111.3	579	19.09
30-Nov-91	-111.2	584	18.97
01-Dic-91	-102.0	580	18.96
02-Dic-91	-99.2	584	18.89
03-Dic-91	-95.9	582	18.81
04-Dic-91	-94.5	588	18.76
05-Dic-91	-94.0	592	18.68
06-Dic-91	-92.1	586	18.67
07-Dic-91	-92.0	599	18.60
08-Dic-91	-91.9	603	18.57
09-Dic-91	-89.2	597	18.51
10-Dic-91	-88.8	610	18.47
11-Dic-91	-89.0	615	18.39
12-Dic-91	-89.8	619	18.35
13-Dic-91	-90.4	624	18.30
14-Dic-91	-91.3	627	18.27
15-Dic-91	-84.6	619	18.23
16-Dic-91	-80.9	629	18.16
17-Dic-91	-78.6	629	18.09
18-Dic-91	-78.0	640	18.11
19-Dic-91	-77.6	642	18.07
20-Dic-91	-78.0	630	18.00
21-Dic-91	-79.3	632	17.98
22-Dic-91	-80.3	640	17.88
23-Dic-91	-81.6	650	17.81
24-Dic-91	-82.7	656	17.76
25-Dic-91	-84.1	655	17.69
26-Dic-91	-85.5	657	17.66
27-Dic-91	-86.3	662	17.57
28-Dic-91	-86.7	669	17.48
29-Dic-91	-88.8	664	17.37
30-Dic-91	-90.3	663	17.32
31-Dic-91	-90.9	669	17.22

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-92	-91.2	675	17.17
02-Ene-92	-91.9	679	17.09
03-Ene-92	-92.5	699	17.01
04-Ene-92	-93.2	703	16.96
05-Ene-92	-93.6	708	16.82
06-Ene-92	-94.1	698	16.82
07-Ene-92	-94.2	711	16.70
08-Ene-92	-94.7	705	16.67
09-Ene-92	-94.1	715	16.60
10-Ene-92	-95.0	719	16.46
11-Ene-92	-95.3	706	16.43
12-Ene-92	-96.1	708	16.37
13-Ene-92	-96.1	710	16.42
14-Ene-92	-96.5	720	16.41
15-Ene-92	-96.3	726	16.33
16-Ene-92	-96.5	727	16.29
17-Ene-92	-96.8	727	16.22
18-Ene-92	-97.5	729	16.23
19-Ene-92	-98.2	732	16.11
20-Ene-92	-98.3	733	16.14
21-Ene-92	-98.8	728	16.10
22-Ene-92	-99.1	733	16.07
23-Ene-92	-99.8	739	15.97
24-Ene-92	-100.0	746	15.87
25-Ene-92	-100.9	734	15.96
26-Ene-92	-101.8	744	15.78
27-Ene-92	-101.7	747	15.81
28-Ene-92	-102.1	736	15.66
29-Ene-92	-102.2	735	15.66
30-Ene-92	-102.8	749	15.60
31-Ene-92	-103.1	746	15.59
01-Feb-92	-103.2	745	15.49
02-Feb-92	-103.2	744	15.55
03-Feb-92	-104.0	743	15.49
04-Feb-92	-104.0	744	15.47
05-Feb-92	-104.4	739	15.39
06-Feb-92	-104.4	739	15.40
07-Feb-92	-104.5	735	15.40
08-Feb-92	-105.0	732	15.31
09-Feb-92	-105.3	728	15.40
10-Feb-92	-105.4	720	15.28
11-Feb-92	-105.6	715	15.27
12-Feb-92	-105.7	708	15.22
13-Feb-92	-106.0	682	15.31
14-Feb-92	-106.1	663	15.30
15-Feb-92	-106.3	641	15.31
16-Feb-92	-106.4	624	15.26
17-Feb-92	-106.5	611	15.21
18-Feb-92	-106.3	593	15.27
19-Feb-92	-105.8	564	15.28
20-Feb-92	-91.1	500	15.30
21-Feb-92	-89.4	479	15.25
22-Feb-92	-89.5	475	15.21
23-Feb-92	-89.5	488	15.32
24-Feb-92	-90.4	514	15.21
25-Feb-92	-80.9	480	15.27
26-Feb-92	-79.9	491	15.22
27-Feb-92	-80.2	516	15.25
28-Feb-92	-81.4	538	15.22
29-Feb-92	-82.8	545	15.29

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-92	-83.9	571	15.24
02-Mar-92	-84.7	578	15.23
03-Mar-92	-86.2	586	15.26
04-Mar-92	-87.2	591	15.27
05-Mar-92	-87.4	594	15.27
06-Mar-92	-88.9	599	15.25
07-Mar-92	-90.1	599	15.34
08-Mar-92	-91.0	598	15.27
09-Mar-92	-91.5	598	15.29
10-Mar-92	-92.9	602	15.35
11-Mar-92	-93.8	600	15.38
12-Mar-92	-94.3	600	15.43
13-Mar-92	-95.0	602	15.44
14-Mar-92	-96.0	601	15.49
15-Mar-92	-96.7	605	15.52
16-Mar-92	-97.7	607	15.52
17-Mar-92	-98.4	608	15.55
18-Mar-92	-99.1	610	15.59
19-Mar-92	-99.6	612	15.66
20-Mar-92	-100.8	616	15.68
21-Mar-92	-101.9	620	15.72
22-Mar-92	-102.5	623	15.76
23-Mar-92	-103.4	628	15.81
24-Mar-92	-103.9	636	15.87
25-Mar-92	-104.9	641	15.93
26-Mar-92	-106.3	644	15.96
27-Mar-92	-108.2	649	16.00
28-Mar-92	-109.0	658	16.04
29-Mar-92	-110.0	663	16.04
30-Mar-92	-110.3	667	16.09
31-Mar-92	-107.3	652	16.11
01-Abr-92	-99.5	661	16.14
02-Abr-92	-100.0	641	16.14
03-Abr-92	-99.5	648	16.16
04-Abr-92	-74.0	655	16.13
05-Abr-92	-71.7	673	16.14
06-Abr-92	-74.7	684	16.16
07-Abr-92	-73.6	680	16.17
08-Abr-92	-70.1	705	16.17
09-Abr-92	-74.4	705	16.18
10-Abr-92	-78.2	722	16.21
11-Abr-92	-80.4	729	16.23
12-Abr-92	-82.3	734	16.24
13-Abr-92	-84.3	738	16.27
14-Abr-92	-86.4	741	16.31
15-Abr-92	-88.4	745	16.33
16-Abr-92	-90.7	750	16.37
17-Abr-92	-93.2	752	16.41
18-Abr-92	-95.2	757	16.45
19-Abr-92	-96.7	764	16.51
20-Abr-92	-98.4	770	16.53
21-Abr-92	-100.1	773	16.58
22-Abr-92	-101.4	776	16.62
23-Abr-92	-102.1	780	16.66
24-Abr-92	-103.2	782	16.71
25-Abr-92	-104.6	786	16.75
26-Abr-92	-105.7	787	16.81
27-Abr-92	-106.3	790	16.85
28-Abr-92	-107.2	794	16.91
29-Abr-92	-108.6	797	16.95
30-Abr-92	-110.1	797	17.00

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-92	-111.3	800	17.04
02-May-92	-112.1	803	17.09
03-May-92	-113.3	807	17.13
04-May-92	-114.3	809	17.18
05-May-92	-115.4	810	17.24
06-May-92	-116.3	814	17.31
07-May-92	-117.0	817	17.38
08-May-92	-118.0	816	17.45
09-May-92	-118.6	816	17.51
10-May-92	-119.5	816	17.58
11-May-92	-120.0	816	17.63
12-May-92	-119.8	816	17.70
13-May-92	-120.4	816	17.75
14-May-92	-121.2	804	17.82
15-May-92	-121.3	816	17.88
16-May-92	-122.1	818	17.95
17-May-92	-123.1	817	18.03
18-May-92	-124.1	819	18.10
19-May-92	-124.9	819	18.16
20-May-92	-125.6	819	18.22
21-May-92	-126.1	820	18.29
22-May-92	-127.1	820	18.36
23-May-92	-127.4	820	18.43
24-May-92	-127.8	810	18.50
25-May-92	-127.0	730	18.56
26-May-92	-127.2	648	18.64
27-May-92	-128.1	584	18.70
28-May-92	-127.3	531	18.74
29-May-92	-127.1	481	18.78
30-May-92	-127.4	446	18.84
31-May-92	-126.6	418	18.89
01-Jun-92	-127.4	400	18.94
02-Jun-92	-128.0	384	18.98
03-Jun-92	-129.2	371	19.02
04-Jun-92	-129.8	359	19.06
05-Jun-92	-130.4	344	19.09
06-Jun-92	-130.8	331	19.14
07-Jun-92	-131.7	319	19.19
08-Jun-92	-132.1	309	19.24
09-Jun-92	-132.0	301	19.28
10-Jun-92	-132.5	294	19.34
11-Jun-92	-133.9	287	19.39
12-Jun-92	-134.5	284	19.43
13-Jun-92	-134.1	277	19.46
14-Jun-92	-134.5	271	19.49
15-Jun-92	-134.7	256	19.52
16-Jun-92	-134.2	265	19.54
17-Jun-92	-135.7	264	19.57
18-Jun-92	-135.9	264	19.59
19-Jun-92	-135.9	263	19.61
20-Jun-92	-136.0	261	19.64
21-Jun-92	-136.0	262	19.63
22-Jun-92	-135.7	259	19.65
23-Jun-92	-135.3	261	19.67
24-Jun-92	-136.0	259	19.70
25-Jun-92	-136.5	258	19.74
26-Jun-92	-136.4	257	19.79
27-Jun-92	-136.6	258	19.80
28-Jun-92	-137.0	259	19.82
29-Jun-92	-137.4	258	19.85
30-Jun-92	-137.8	260	19.89

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-92	-138.1	259	19.94
02-Jul-92	-138.5	260	19.99
03-Jul-92	-138.8	261	20.01
04-Jul-92	-139.0	261	20.07
05-Jul-92	-139.5	262	20.14
06-Jul-92	-140.1	261	20.20
07-Jul-92	-140.4	261	20.27
08-Jul-92	-140.6	261	20.36
09-Jul-92	-140.9	262	20.42
10-Jul-92	-141.1	262	20.50
11-Jul-92	-141.6	262	20.58
12-Jul-92	-142.1	262	20.65
13-Jul-92	-142.1	263	20.72
14-Jul-92	-143.1	262	20.79
15-Jul-92	-143.1	262	20.85
16-Jul-92	-143.8	262	20.93
17-Jul-92	-144.2	262	21.01
18-Jul-92	-144.7	262	21.08
19-Jul-92	-145.1	263	21.17
20-Jul-92	-145.6	263	21.25
21-Jul-92	-146.0	264	21.34
22-Jul-92	-146.5	263	21.41
23-Jul-92	-146.8	263	21.49
24-Jul-92	-147.1	263	21.56
25-Jul-92	-147.4	263	21.64
26-Jul-92	-147.7	265	21.71
27-Jul-92	-148.1	264	21.76
28-Jul-92	-148.2	265	21.81
29-Jul-92	-148.6	264	21.86
30-Jul-92	-149.0	266	21.92
31-Jul-92	-149.4	266	21.98
01-Ago-92	-149.7	266	22.04
02-Ago-92	-149.9	266	22.10
03-Ago-92	-150.0	268	22.17
04-Ago-92	-150.1	267	22.23
05-Ago-92	-150.4	268	22.26
06-Ago-92	-151.3	269	22.33
07-Ago-92	-151.3	269	22.39
08-Ago-92	-151.3	285	22.45
09-Ago-92	-151.8	285	22.53
10-Ago-92	-151.9	284	22.60
11-Ago-92	-152.2	287	22.67
12-Ago-92	-152.5	302	22.71
13-Ago-92	-152.8	301	22.77
14-Ago-92	-152.9	301	22.81
15-Ago-92	-153.2	294	22.84
16-Ago-92	-153.4	293	22.87
17-Ago-92	-153.3	294	22.90
18-Ago-92	-153.5	295	22.93
19-Ago-92	-153.9	295	22.95
20-Ago-92	-153.9	296	22.96
21-Ago-92	-153.9	296	22.97
22-Ago-92	-154.1	298	22.98
23-Ago-92	-154.3	298	23.00
24-Ago-92	-154.5	299	23.00
25-Ago-92	-154.6	299	22.97
26-Ago-92	-154.7	299	23.04
27-Ago-92	-154.7	300	23.05
28-Ago-92	-154.9	301	23.07
29-Ago-92	-155.3	294	23.08
30-Ago-92	-155.4	301	23.09
31-Ago-92	-155.5	302	23.11

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-92	-155.9	344	23.12
02-Sep-92	-156.2	343	23.12
03-Sep-92	-156.0	344	23.12
04-Sep-92	-156.1	346	23.11
05-Sep-92	-156.2	346	23.09
06-Sep-92	-156.4	346	23.08
07-Sep-92	-156.5	347	23.09
08-Sep-92	-156.7	347	23.07
09-Sep-92	-156.9	347	23.08
10-Sep-92	-157.0	344	23.06
11-Sep-92	-157.1	345	23.06
12-Sep-92	-157.2	345	23.06
13-Sep-92	-157.3	346	23.06
14-Sep-92	-157.5	346	23.06
15-Sep-92	-157.5	346	23.04
16-Sep-92	-157.5	346	23.03
17-Sep-92	-157.8	346	23.02
18-Sep-92	-158.0	346	23.01
19-Sep-92	-158.0	346	23.01
20-Sep-92	-158.0	346	23.02
21-Sep-92	-158.2	348	23.03
22-Sep-92	-157.0	423	23.04
23-Sep-92	-157.0	424	23.04
24-Sep-92	-157.1	422	23.05
25-Sep-92	-157.2	421	23.03
26-Sep-92	-157.4	421	23.02
27-Sep-92	-157.0	422	23.02
28-Sep-92	-156.6	422	22.97
29-Sep-92	-156.7	425	22.95
30-Sep-92	-156.8	425	22.92
01-Oct-92	-156.7	426	22.88
02-Oct-92	-156.8	427	22.83
03-Oct-92	-157.0	426	22.76
04-Oct-92	-157.0	423	22.71
05-Oct-92	-157.0	414	22.65
06-Oct-92	-157.2	403	22.61
07-Oct-92	-157.2	414	22.56
08-Oct-92	-157.3	415	22.53
09-Oct-92	-157.0	414	22.49
10-Oct-92	-157.1	417	22.44
11-Oct-92	-157.2	421	22.40
12-Oct-92	-157.4	423	22.34
13-Oct-92	-157.4	410	22.29
14-Oct-92	-157.5	408	22.23
15-Oct-92	-157.5	396	22.18
16-Oct-92	-157.5	368	22.10
17-Oct-92	-157.0	359	22.01
18-Oct-92	-156.4	313	21.93
19-Oct-92	-155.4	277	21.78
20-Oct-92	-152.2	284	21.69
21-Oct-92	-147.9	282	21.58
22-Oct-92	-145.7	277	21.48
23-Oct-92	-144.5	273	21.39
24-Oct-92	-143.6	272	21.29
25-Oct-92	-142.7	268	21.19
26-Oct-92	-142.2	267	21.10
27-Oct-92	-142.0	268	21.03
28-Oct-92	-141.6	265	20.95
29-Oct-92	-141.5	265	20.88
30-Oct-92	-141.1	260	20.83
31-Oct-92	-141.2	262	20.77

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-92	-141.1	261	20.70
02-Nov-92	-141.0	261	20.64
03-Nov-92	-141.0	260	20.60
04-Nov-92	-141.0	260	20.52
05-Nov-92	-140.9	261	20.45
06-Nov-92	-141.0	262	20.40
07-Nov-92	-141.1	262	20.33
08-Nov-92	-141.0	263	20.27
09-Nov-92	-140.9	263	20.22
10-Nov-92	-141.1	264	20.19
11-Nov-92	-141.1	266	20.11
12-Nov-92	-141.1	269	20.07
13-Nov-92	-141.2	270	20.03
14-Nov-92	-141.4	296	19.99
15-Nov-92	-141.3	317	19.94
16-Nov-92	-141.2	321	19.88
17-Nov-92	-141.2	327	19.87
18-Nov-92	-141.3	329	19.81
19-Nov-92	-141.3	328	19.77
20-Nov-92	-141.4	327	19.74
21-Nov-92	-141.4	330	19.64
22-Nov-92	-141.5	330	19.62
23-Nov-92	-141.6	332	19.54
24-Nov-92	-141.6	332	19.48
25-Nov-92	-141.7	335	19.40
26-Nov-92	-141.9	338	19.40
27-Nov-92	-141.9	341	19.31
28-Nov-92	-142.1	341	19.21
29-Nov-92	-142.2	344	19.18
30-Nov-92	-142.2	343	19.11
01-Dic-92	-142.2	342	19.09
02-Dic-92	-142.3	343	19.01
03-Dic-92	-142.2	343	18.97
04-Dic-92	-142.2	339	18.92
05-Dic-92	-141.8	329	18.85
06-Dic-92	-141.7	326	18.83
07-Dic-92	-141.7	316	18.78
08-Dic-92	-141.6	313	18.74
09-Dic-92	-141.5	310	18.66
10-Dic-92	-141.6	303	18.68
11-Dic-92	-141.6	298	18.63
12-Dic-92	-141.6	296	18.54
13-Dic-92	-141.6	294	18.50
14-Dic-92	-141.8	291	18.47
15-Dic-92	-141.9	283	18.44
16-Dic-92	-141.6	276	18.39
17-Dic-92	-141.1	269	18.29
18-Dic-92	-140.5	273	18.19
19-Dic-92	-140.1	267	18.16
20-Dic-92	-139.8	267	18.15
21-Dic-92	-139.4	257	18.06
22-Dic-92	-139.3	255	17.93
23-Dic-92	-139.1	252	17.97
24-Dic-92	-138.8	251	17.87
25-Dic-92	-138.6	245	17.82
26-Dic-92	-138.4	247	17.81
27-Dic-92	-138.1	245	17.72
28-Dic-92	-138.0	244	17.71
29-Dic-92	-137.6	244	17.63
30-Dic-92	-137.5	242	17.66
31-Dic-92	-137.5	238	17.53

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-93	-137.4	236	17.53
02-Ene-93	-137.0	243	17.46
03-Ene-93	-137.0	244	17.48
04-Ene-93	-136.9	244	17.36
05-Ene-93	-136.8	243	17.37
06-Ene-93	-136.8	240	17.37
07-Ene-93	-136.8	245	17.20
08-Ene-93	-136.6	246	17.21
09-Ene-93	-136.6	248	17.11
10-Ene-93	-136.7	247	17.07
11-Ene-93	-136.7	247	16.97
12-Ene-93	-136.9	242	16.88
13-Ene-93	-136.8	244	16.83
14-Ene-93	-136.8	246	16.74
15-Ene-93	-136.7	246	16.66
16-Ene-93	-136.8	245	16.61
17-Ene-93	-136.6	249	16.55
18-Ene-93	-136.6	249	16.45
19-Ene-93	-136.5	250	16.43
20-Ene-93	-136.6	250	16.40
21-Ene-93	-136.4	271	16.37
22-Ene-93	-136.4	288	16.31
23-Ene-93	-136.5	315	16.24
24-Ene-93	-136.6	327	16.17
25-Ene-93	-136.5	338	16.17
26-Ene-93	-136.5	351	16.16
27-Ene-93	-136.6	362	16.12
28-Ene-93	-136.7	373	16.05
29-Ene-93	-136.5	381	15.99
30-Ene-93	-134.8	364	15.95
31-Ene-93	-132.6	342	15.98
01-Feb-93	-130.9	320	15.95
02-Feb-93	-129.7	308	15.93
03-Feb-93	-128.7	303	15.87
04-Feb-93	-128.0	297	15.84
05-Feb-93	-127.5	291	15.81
06-Feb-93	-127.3	284	15.81
07-Feb-93	-127.2	287	15.77
08-Feb-93	-126.9	286	15.81
09-Feb-93	-126.8	286	15.72
10-Feb-93	-126.8	287	15.74
11-Feb-93	-126.3	282	15.74
12-Feb-93	-125.7	275	15.73
13-Feb-93	-125.3	275	15.71
14-Feb-93	-124.9	262	15.75
15-Feb-93	-124.6	271	15.75
16-Feb-93	-124.2	258	15.78
17-Feb-93	-123.9	267	15.76
18-Feb-93	-123.9	268	15.78
19-Feb-93	-124.0	258	15.73
20-Feb-93	-123.9	270	15.74
21-Feb-93	-123.6	283	15.73
22-Feb-93	-123.7	303	15.73
23-Feb-93	-123.7	324	15.71
24-Feb-93	-124.1	343	15.74
25-Feb-93	-124.4	359	15.74
26-Feb-93	-124.7	376	15.70
27-Feb-93	-124.7	389	15.69
28-Feb-93	-125.1	404	15.65

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-93	-125.1	413	15.66
02-Mar-93	-124.3	413	15.63
03-Mar-93	-124.6	428	15.68
04-Mar-93	-124.7	435	15.64
05-Mar-93	-124.8	440	15.60
06-Mar-93	-125.0	443	15.64
07-Mar-93	-124.3	443	15.61
08-Mar-93	-124.2	436	15.63
09-Mar-93	-124.3	440	15.64
10-Mar-93	-124.6	439	15.68
11-Mar-93	-124.8	443	15.66
12-Mar-93	-125.1	443	15.66
13-Mar-93	-124.9	445	15.68
14-Mar-93	-124.2	431	15.68
15-Mar-93	-122.6	424	15.75
16-Mar-93	-122.0	414	15.74
17-Mar-93	-121.6	408	15.72
18-Mar-93	-121.4	396	15.70
19-Mar-93	-121.3	408	15.73
20-Mar-93	-121.4	409	15.75
21-Mar-93	-121.2	400	15.78
22-Mar-93	-121.6	412	15.81
23-Mar-93	-121.9	414	15.85
24-Mar-93	-122.1	416	15.91
25-Mar-93	-122.4	417	15.94
26-Mar-93	-123.1	420	15.98
27-Mar-93	-123.5	423	16.04
28-Mar-93	-123.2	429	16.07
29-Mar-93	-123.7	434	16.09
30-Mar-93	-124.2	436	16.14
31-Mar-93	-124.7	438	16.18
01-Abr-93	-125.1	429	16.21
02-Abr-93	-125.5	441	16.22
03-Abr-93	-126.0	438	16.24
04-Abr-93	-126.3	433	16.30
05-Abr-93	-126.8	442	16.32
06-Abr-93	-127.5	443	16.35
07-Abr-93	-127.8	444	16.39
08-Abr-93	-128.3	444	16.42
09-Abr-93	-128.8	444	16.45
10-Abr-93	-129.2	446	16.48
11-Abr-93	-129.8	444	16.53
12-Abr-93	-130.0		16.58
13-Abr-93	-130.5		16.62
14-Abr-93	-131.1		16.66
15-Abr-93	-131.0		16.70
16-Abr-93	-131.2		16.74
17-Abr-93	-131.9		
18-Abr-93	-132.1		
19-Abr-93			
20-Abr-93			
21-Abr-93			
22-Abr-93			
23-Abr-93			
24-Abr-93			
25-Abr-93			
26-Abr-93			
27-Abr-93			
28-Abr-93	-135.4	444	16.42
29-Abr-93	-136.2	424	16.39
30-Abr-93	-135.9	404	16.40

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-May-93	-134.2	380	16.39
02-May-93	-132.7	356	16.40
03-May-93	-131.9	342	16.41
04-May-93	-131.6	332	16.42
05-May-93	-121.3	305	16.40
06-May-93	-113.0	302	16.44
07-May-93	-111.6	296	16.47
08-May-93	-111.2	296	16.49
09-May-93	-111.9	295	16.50
10-May-93	-112.5	296	16.53
11-May-93	-113.4	297	16.55
12-May-93	-114.1	300	16.59
13-May-93	-114.3	302	16.62
14-May-93	-115.3	305	16.65
15-May-93	-116.3	307	16.68
16-May-93	-117.5	310	16.71
17-May-93	-118.2	315	16.75
18-May-93	-118.9	311	16.77
19-May-93	-119.8	319	16.82
20-May-93	-121.0	322	16.89
21-May-93	-121.9	323	16.94
22-May-93	-122.9	324	17.01
23-May-93	-123.7	323	17.06
24-May-93	-124.4	324	17.12
25-May-93	-125.1	325	17.17
26-May-93	-125.8	322	17.23
27-May-93	-126.5	324	17.28
28-May-93	-126.8	323	17.34
29-May-93	-127.2	321	17.39
30-May-93	-127.7	317	17.44
31-May-93	-128.2	315	17.51
01-Jun-93	-128.8	315	17.57
02-Jun-93	-129.4	317	17.62
03-Jun-93	-129.9	318	17.67
04-Jun-93	-130.6	317	17.74
05-Jun-93	-131.2	318	17.79
06-Jun-93	-131.7	318	17.87
07-Jun-93	-132.3	318	17.93
08-Jun-93	-132.8	318	18.01
09-Jun-93	-133.3	319	18.08
10-Jun-93	-133.6	319	18.15
11-Jun-93	-134.2	320	18.23
12-Jun-93	-134.8	321	18.29
13-Jun-93	-135.3	321	18.36
14-Jun-93	-135.8	321	18.42
15-Jun-93	-136.5	322	18.48
16-Jun-93	-136.9	322	18.53
17-Jun-93	-137.5	323	18.59
18-Jun-93	-138.2	323	18.66
19-Jun-93	-138.6	324	18.72
20-Jun-93	-139.0	324	18.80
21-Jun-93	-139.4	324	18.88
22-Jun-93	-139.9	325	18.98
23-Jun-93	-140.3	326	19.06
24-Jun-93	-140.7	326	19.15
25-Jun-93	-141.1	327	19.23
26-Jun-93	-141.6	328	19.30
27-Jun-93	-141.8	328	19.38
28-Jun-93	-142.2	329	19.45
29-Jun-93	-142.4	330	19.51
30-Jun-93	-142.7	330	19.57

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Jul-93	-143.0	331	19.64
02-Jul-93	-143.3	332	19.71
03-Jul-93	-143.7	331	19.77
04-Jul-93	-144.3	333	19.82
05-Jul-93	-144.7	333	19.88
06-Jul-93	-144.9	334	19.95
07-Jul-93	-145.4	334	20.01
08-Jul-93	-145.7	335	20.07
09-Jul-93	-145.9	336	20.13
10-Jul-93	-146.2	337	20.19
11-Jul-93	-146.5	337	20.26
12-Jul-93	-146.7	338	20.34
13-Jul-93	-147.1	338	20.41
14-Jul-93	-147.0	339	20.48
15-Jul-93	-147.7	339	20.53
16-Jul-93	-147.9	341	20.59
17-Jul-93	-148.2	341	20.64
18-Jul-93	-148.3	342	20.69
19-Jul-93	-148.6	343	20.70
20-Jul-93	-148.8	344	20.79
21-Jul-93	-149.1	344	20.85
22-Jul-93	-149.6	345	20.90
23-Jul-93	-149.8	346	20.96
24-Jul-93	-150.1	347	21.00
25-Jul-93	-150.2	346	21.06
26-Jul-93	-150.6	348	21.10
27-Jul-93	-150.8	349	21.18
28-Jul-93	-151.0	350	21.23
29-Jul-93	-151.2	350	21.29
30-Jul-93	-151.2	351	21.34
31-Jul-93	-151.5	352	21.41
01-Ago-93	-151.7	352	21.46
02-Ago-93	-152.0	353	21.52
03-Ago-93	-152.3	354	21.57
04-Ago-93	-152.5	354	21.62
05-Ago-93	-152.8	355	21.68
06-Ago-93	-153.2	355	21.73
07-Ago-93	-153.4	356	21.77
08-Ago-93	-153.5	356	21.81
09-Ago-93	-153.5	358	21.86
10-Ago-93	-153.8	358	21.90
11-Ago-93	-154.0	359	21.93
12-Ago-93	-154.1	358	21.97
13-Ago-93	-154.1	359	22.00
14-Ago-93	-154.3	360	22.02
15-Ago-93	-154.5	361	22.04
16-Ago-93	-154.8	362	22.08
17-Ago-93	-155.0	362	22.09
18-Ago-93	-155.2	363	22.11
19-Ago-93	-155.4	364	22.13
20-Ago-93	-155.6	365	22.15
21-Ago-93	-155.8	364	22.18
22-Ago-93	-156.0	365	22.19
23-Ago-93	-156.2	365	22.20
24-Ago-93	-156.2	366	22.21
25-Ago-93	-156.4	367	22.23
26-Ago-93	-156.5	368	22.24
27-Ago-93	-156.5	369	22.25
28-Ago-93	-156.8	369	22.26
29-Ago-93	-157.0	370	22.26
30-Ago-93	-157.2	370	22.26
31-Ago-93	-157.3	370	22.26

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Sep-93	-157.5	371	22.25
02-Sep-93	-157.7	371	22.24
03-Sep-93	-157.9	372	22.22
04-Sep-93	-158.0	373	22.22
05-Sep-93	-158.2	373	22.21
06-Sep-93	-158.4	374	22.22
07-Sep-93	-158.6	374	22.22
08-Sep-93	-158.6	375	22.22
09-Sep-93	-158.7	375	22.22
10-Sep-93	-158.9	375	22.22
11-Sep-93	-159.0	376	22.22
12-Sep-93	-159.0	376	22.22
13-Sep-93	-159.1	376	22.21
14-Sep-93	-159.3	377	22.21
15-Sep-93	-159.5	377	22.19
16-Sep-93	-159.6	377	22.19
17-Sep-93	-159.8	377	22.18
18-Sep-93	-159.9	377	22.16
19-Sep-93	-160.2	371	22.14
20-Sep-93	-160.1	374	22.12
21-Sep-93	-160.3	377	22.10
22-Sep-93	-160.3	380	22.08
23-Sep-93	-160.6	380	22.05
24-Sep-93	-160.9	380	22.03
25-Sep-93	-161.0	379	22.00
26-Sep-93	-161.1	379	21.96
27-Sep-93	-161.3	380	21.94
28-Sep-93	-157.7	381	21.90
29-Sep-93	-161.4	378	21.88
30-Sep-93	-161.7	381	21.83
01-Oct-93	-161.8	381	21.80
02-Oct-93	-161.6	381	21.76
03-Oct-93	-161.9	380	21.72
04-Oct-93	-162.0	379	21.67
05-Oct-93	-162.0	379	21.63
06-Oct-93	-162.0	372	21.57
07-Oct-93	-162.2	377	21.53
08-Oct-93	-162.2	377	21.49
09-Oct-93	-162.4	379	21.44
10-Oct-93	-162.4	368	21.36
11-Oct-93	-162.2	369	21.31
12-Oct-93	-161.9	358	21.24
13-Oct-93	-161.8	378	21.19
14-Oct-93	-161.3	374	21.14
15-Oct-93	-160.8	370	21.08
16-Oct-93	-160.3	379	21.03
17-Oct-93	-154.4	420	20.96
18-Oct-93	-151.5	429	20.89
19-Oct-93	-150.0	423	20.80
20-Oct-93	-149.4	406	20.71
21-Oct-93	-148.8	394	20.60
22-Oct-93	-148.4	366	20.50
23-Oct-93	-147.9	370	20.43
24-Oct-93	-147.9	375	20.35
25-Oct-93	-147.8	378	20.28
26-Oct-93	-147.7	382	20.21
27-Oct-93	-147.7	389	20.12
28-Oct-93	-147.6	398	20.04
29-Oct-93	-147.7	414	19.98
30-Oct-93	-147.9	431	19.91
31-Oct-93	-147.8	437	19.82

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-93	-147.1	458	19.78
02-Nov-93	-142.9	468	19.70
03-Nov-93	-135.6	473	19.66
04-Nov-93	-129.9	450	19.59
05-Nov-93	-125.6	431	19.56
06-Nov-93	-123.1	423	19.48
07-Nov-93	-121.0	401	19.42
08-Nov-93	-118.2	405	19.35
09-Nov-93	-116.4	396	19.26
10-Nov-93	-115.5	393	19.19
11-Nov-93	-115.3	398	19.13
12-Nov-93	-115.2	404	19.06
13-Nov-93	-115.3	410	18.99
14-Nov-93	-115.2	417	18.93
15-Nov-93	-115.1	424	18.86
16-Nov-93	-115.3	429	18.81
17-Nov-93	-115.3	434	18.76
18-Nov-93	-115.6	440	18.70
19-Nov-93	-115.7	446	18.68
20-Nov-93	-116.2	451	18.62
21-Nov-93	-116.6	459	18.58
22-Nov-93	-116.8	464	18.51
23-Nov-93	-116.8	470	18.41
24-Nov-93	-116.3	468	18.37
25-Nov-93	-116.2	472	18.31
26-Nov-93	-116.3	468	18.24
27-Nov-93	-116.5	475	18.18
28-Nov-93	-116.7	478	18.09
29-Nov-93	-116.8	483	18.02
30-Nov-93	-116.8	494	17.93
01-Dic-93	-116.8	489	17.88
02-Dic-93	-117.1	501	17.82
03-Dic-93	-117.4	504	17.75
04-Dic-93	-117.5	506	17.73
05-Dic-93	-117.9	508	17.66
06-Dic-93	-118.3	509	17.54
07-Dic-93	-118.4	515	17.53
08-Dic-93	-118.5	516	17.50
09-Dic-93	-118.7	519	17.41
10-Dic-93	-118.9	518	17.32
11-Dic-93	-119.1	523	17.31
12-Dic-93	-119.6	525	17.26
13-Dic-93	-119.6	527	17.14
14-Dic-93	-119.6	528	17.14
15-Dic-93	-120.2	536	17.04
16-Dic-93	-120.6	536	17.00
17-Dic-93	-121.1	539	16.95
18-Dic-93	-121.4	539	16.88
19-Dic-93	-121.7	542	16.77
20-Dic-93	-121.8	544	16.73
21-Dic-93	-121.9	546	16.68

ESTACION 5: CORRAL LARGO

Dias	Profundidad Nivel cm
18-Jul-89	-94.0
18-Ago-89	-95.0
14-Oct-89	-118.0
21-Oct-89	-112.0
27-Oct-89	-112.0
03-Nov-89	-107.0
16-Nov-89	-114.0
23-Nov-89	-36.0
01-Dic-89	-35.0
08-Dic-89	7.0
21-Dic-89	2.0
03-Ene-90	13.0
18-Ene-90	7.0
02-Feb-90	8.0
15-Feb-90	-1.0
04-Mar-90	-6.0
17-Mar-90	-12.0
30-Mar-90	-18.0
06-Abr-90	-12.0
12-Abr-90	-11.0
27-Abr-90	-26.0
11-May-90	-22.0
24-May-90	-33.0
09-Jun-90	-45.0
22-Jun-90	-52.0
04-Jul-90	-58.0
19-Jul-90	-66.0
03-Ago-90	-74.0
16-Ago-90	-80.0
29-Ago-90	-83.0
12-Sep-90	-91.0
27-Sep-90	-96.0
11-Oct-90	-101.0
28-Oct-90	-91.0
09-Nov-90	-101.0
30-Nov-90	-105.0
12-Dic-90	-99.0
19-Dic-90	-104.0
18-Ene-91	-105.0
29-Ene-91	-108.0
13-Feb-91	-109.0
20-Feb-91	-63.0
27-Feb-91	-64.0
06-Mar-91	-55.0
13-Mar-91	-38.0
20-Mar-91	-48.0
03-Abr-91	-51.0
17-Abr-91	-49.0
01-May-91	-59.0
15-May-91	-67.0
29-May-91	-73.0
11-Jun-91	-79.0
26-Jun-91	-85.0
04-Oct-91	-118.0
16-Nov-91	-105.0
19-Dic-91	-91.0
21-Ene-92	-105.0
22-Feb-92	-106.0
11-Mar-92	-109.0
30-Mar-92	-115.0
06-Abr-92	-97.5

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-May-92			
02-May-92			
03-May-92			
04-May-92			
05-May-92			
06-May-92			
07-May-92			
08-May-92			
09-May-92			
10-May-92			
11-May-92			
12-May-92			
13-May-92			
14-May-92	-121.3	67	18.31
15-May-92	-123.0	58	17.97
16-May-92	-122.4	64	18.02
17-May-92	-122.6	72	18.05
18-May-92	-123.3	76	18.08
19-May-92	-124.0	80	18.12
20-May-92	-124.1	83	18.17
21-May-92	-124.4	84	18.22
22-May-92	-124.7	85	18.27
23-May-92	-125.1	86	18.33
24-May-92	-125.2	91	18.39
25-May-92	-125.6	97	18.45
26-May-92	-125.9	101	18.50
27-May-92	-126.1	105	18.55
28-May-92	-125.8	107	18.58
29-May-92	-125.9	113	18.62
30-May-92	-126.3	115	18.66
31-May-92	-126.4	117	18.68
01-Jun-92	-126.7	119	18.72
02-Jun-92	-127.1	120	18.76
03-Jun-92	-127.3	121	18.78
04-Jun-92	-127.7	122	18.83
05-Jun-92	-127.9	122	18.85
06-Jun-92	-128.1	125	18.91
07-Jun-92	-128.4	123	18.95
08-Jun-92	-128.7	124	18.98
09-Jun-92	-128.9	124	19.01
10-Jun-92	-129.3	124	19.04
11-Jun-92	-129.5	125	19.08
12-Jun-92	-129.7	125	19.10
13-Jun-92	-127.6	339	19.23
14-Jun-92	-129.1	339	19.18
15-Jun-92	-129.3	347	19.21
16-Jun-92	-129.6	345	19.21
17-Jun-92	-130.0	349	19.23
18-Jun-92	-130.3	351	19.23
19-Jun-92	-130.5	355	19.25
20-Jun-92	-130.6	356	19.27
21-Jun-92	-130.9	356	19.30
22-Jun-92	-131.0	362	19.34
23-Jun-92	-131.1	364	19.37
24-Jun-92	-131.4	359	19.42
25-Jun-92	-131.7	361	19.45
26-Jun-92	-131.8	359	19.47
27-Jun-92	-132.0	361	19.50
28-Jun-92	-132.3	358	19.54
29-Jun-92	-132.5	358	19.58
30-Jun-92	-132.7	358	19.63

ESTACION 5: CORRAL LARGO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Jul-92	-132.8	356	19.68
02-Jul-92	-132.7	444	19.72
03-Jul-92	-133.1	440	19.77
04-Jul-92	-133.2	444	19.82
05-Jul-92	-133.4	447	19.90
06-Jul-92	-133.7	450	19.96
07-Jul-92	-133.9	450	20.02
08-Jul-92	-134.2	450	20.08
09-Jul-92	-134.5	449	20.12
10-Jul-92	-134.7	448	20.19
11-Jul-92	-134.9	447	20.25
12-Jul-92	-135.3	448	20.27
13-Jul-92	-135.5	447	20.33
14-Jul-92	-135.8	448	20.41
15-Jul-92	-136.0	449	20.46
16-Jul-92	-136.2	448	20.51
17-Jul-92	-136.6	450	20.56
18-Jul-92	-136.8	448	20.62
19-Jul-92	-137.0	448	20.69
20-Jul-92	-137.0	448	20.74
21-Jul-92	-137.4	447	20.79
22-Jul-92	-137.7	446	20.84
23-Jul-92	-138.1	450	20.88
24-Jul-92	-138.2	450	20.92
25-Jul-92	-138.4	446	20.98
26-Jul-92	-138.7	443	21.02
27-Jul-92	-139.1	444	21.02
28-Jul-92	-139.3	443	21.06
29-Jul-92	-139.5	444	21.08
30-Jul-92	-139.6	444	21.13
31-Jul-92	-140.1	444	21.17
01-Ago-92	-140.3	443	21.20
02-Ago-92	-140.4	444	21.23
03-Ago-92	-140.8	443	21.25
04-Ago-92	-141.0	443	21.28
05-Ago-92	-141.3	442	21.33
06-Ago-92	-141.6	443	21.38
07-Ago-92	-141.8	442	21.44
08-Ago-92	-142.2	122	21.54
09-Ago-92	-142.5	131	21.59
10-Ago-92	-142.8	146	21.64
11-Ago-92	-143.0	161	21.68
12-Ago-92	-143.4	176	21.71
13-Ago-92	-143.7	193	21.74
14-Ago-92	-143.9	201	21.75
15-Ago-92	-143.9	208	21.76
16-Ago-92	-144.2	213	21.75
17-Ago-92	-144.7	214	21.77
18-Ago-92	-144.9	220	21.77
19-Ago-92	-145.1	222	21.78
20-Ago-92	-145.4	225	21.79
21-Ago-92	-144.7	226	21.80
22-Ago-92	-145.8	223	21.82
23-Ago-92	-146.2	223	21.83
24-Ago-92	-146.3	223	21.85
25-Ago-92	-146.7	224	21.84
26-Ago-92	-146.9	224	21.86
27-Ago-92	-147.0	223	21.88
28-Ago-92	-147.3	227	21.89
29-Ago-92	-147.5	227	21.91
30-Ago-92	-147.8	228	21.92
31-Ago-92	-147.8	227	21.94

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Sep-92	-148.1	227	21.95
02-Sep-92	-148.5	226	21.94
03-Sep-92	-148.8	225	21.92
04-Sep-92	-148.9	221	21.91
05-Sep-92	-149.0	220	21.91
06-Sep-92	-149.3	217	21.91
07-Sep-92	-149.5	217	21.91
08-Sep-92	-149.7	217	21.92
09-Sep-92	-150.0	216	21.92
10-Sep-92	-150.0	223	21.93
11-Sep-92	-150.5	220	21.94
12-Sep-92	-150.6	220	21.95
13-Sep-92	-150.8	219	21.94
14-Sep-92	-151.0	219	21.95
15-Sep-92	-151.1	214	21.96
16-Sep-92	-151.2	216	21.94
17-Sep-92	-151.6	212	21.94
18-Sep-92	-151.6	210	21.94
19-Sep-92	-152.1	209	21.94
20-Sep-92	-152.4	210	21.94
21-Sep-92	-152.6	210	21.95
22-Sep-92	-154.4	203	21.97
23-Sep-92	-153.4	209	21.98
24-Sep-92	-153.6	217	21.98
25-Sep-92	-153.5	229	21.98
26-Sep-92	-153.8	235	21.98
27-Sep-92	-152.9	239	21.97
28-Sep-92	-151.1	226	21.97
29-Sep-92	-150.8	218	21.95
30-Sep-92	-151.2	224	21.92
01-Oct-92	-151.5	225	21.89
02-Oct-92	-152.2	227	21.86
03-Oct-92	-152.7	231	21.83
04-Oct-92	-153.2	233	21.80
05-Oct-92	-153.5	236	21.79
06-Oct-92	-153.6	235	21.78
07-Oct-92	-154.1	232	21.77
08-Oct-92	-154.3	232	21.76
09-Oct-92	-154.4	233	21.73
10-Oct-92	-154.7	235	21.70
11-Oct-92	-154.6	237	21.67
12-Oct-92	-154.6	238	21.63
13-Oct-92	-155.3	239	21.59
14-Oct-92	-155.7	240	21.54
15-Oct-92	-155.3	241	21.49
16-Oct-92	-155.0	241	21.43
17-Oct-92	-154.3	241	21.37
18-Oct-92	-153.2	241	21.30
19-Oct-92	-151.1	233	21.23
20-Oct-92	-147.8	204	21.16
21-Oct-92	-143.8	182	21.07
22-Oct-92	-140.8	180	20.98
23-Oct-92	-139.4	153	20.92
24-Oct-92	-138.2	150	20.82
25-Oct-92	-138.1	156	20.74
26-Oct-92	-137.8	154	20.67
27-Oct-92	-138.2	153	20.61
28-Oct-92	-138.6	152	20.56
29-Oct-92	-139.0	151	20.51
30-Oct-92	-139.1	153	20.47
31-Oct-92	-140.3	152	20.45

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Nov-92	-141.3	156	20.43
02-Nov-92	-142.4	155	20.39
03-Nov-92	-142.9	150	20.32
04-Nov-92	-143.3	150	20.25
05-Nov-92	-143.7	150	20.18
06-Nov-92	-145.1	150	20.11
07-Nov-92	-146.2	151	20.05
08-Nov-92	-145.4	151	20.02
09-Nov-92	-145.8	151	19.99
10-Nov-92	-147.3	152	19.96
11-Nov-92	-148.7	152	19.91
12-Nov-92	-148.4	152	19.86
13-Nov-92	-148.9	154	19.78
14-Nov-92	-148.9	154	19.78
15-Nov-92	-148.7	154	19.75
16-Nov-92	-148.7	154	19.72
17-Nov-92	-150.0	154	19.71
18-Nov-92	-151.8	154	19.66
19-Nov-92	-150.0	154	19.61
20-Nov-92	-150.3	156	19.55
21-Nov-92	-150.6	156	19.51
22-Nov-92	-151.0	151	19.45
23-Nov-92	-151.3	152	19.38
24-Nov-92	-151.7	153	19.33
25-Nov-92	-152.0	153	19.25
26-Nov-92	-152.4	153	19.19
27-Nov-92	-152.7	153	19.09
28-Nov-92	-152.9	153	19.03
29-Nov-92	-153.2	152	18.99
30-Nov-92	-153.5	154	18.93
01-Dic-92	-153.8	154	18.88
02-Dic-92	-154.2	153	18.82
03-Dic-92	-154.3	153	18.79
04-Dic-92	-154.6	154	18.76
05-Dic-92	-154.5	153	18.73
06-Dic-92	-155.1	155	18.52
07-Dic-92	-155.3	155	18.59
08-Dic-92	-155.5	155	18.58
09-Dic-92	-155.6	156	18.56
10-Dic-92	-155.6	157	18.56
11-Dic-92	-155.9	158	18.51
12-Dic-92	-156.1	158	18.45
13-Dic-92	-156.4	157	18.37
14-Dic-92	-156.4	159	18.28
15-Dic-92	-156.7	158	18.18
16-Dic-92	-156.9	157	18.09
17-Dic-92	-157.1	158	18.02
18-Dic-92	-157.1	157	17.96
19-Dic-92	-157.2	158	17.86
20-Dic-92	-157.3	158	17.80
21-Dic-92	-157.5	158	17.74
22-Dic-92	-157.5	158	17.69
23-Dic-92	-157.6	157	17.66
24-Dic-92	-157.6	158	17.63
25-Dic-92	-157.7	157	17.59
26-Dic-92	-157.8	160	17.56
27-Dic-92	-157.8	159	17.53
28-Dic-92	-157.8	159	17.48
29-Dic-92	-157.8	159	17.43
30-Dic-92	-158.0	163	17.36
31-Dic-92	-157.8	164	17.29

ESTACION 5: CORRAL LARGO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Ene-93	-157.9	163	17.24
02-Ene-93	-157.8	164	17.17
03-Ene-93	-157.9	163	17.13
04-Ene-93	-158.1	162	17.04
05-Ene-93	-158.3	163	16.95
06-Ene-93	-158.4	162	16.87
07-Ene-93	-158.6	162	16.77
08-Ene-93	-158.6	162	16.68
09-Ene-93	-158.6	164	16.58
10-Ene-93	-158.7	164	16.52
11-Ene-93	-158.9	163	16.44
12-Ene-93	-159.0	162	16.33
13-Ene-93	-159.3	162	16.25
14-Ene-93	-159.3	164	16.18
15-Ene-93	-159.5	165	16.12
16-Ene-93	-159.6	165	16.06
17-Ene-93	-159.6	164	16.02
18-Ene-93	-159.8	164	16.01
19-Ene-93	-159.9	164	15.97
20-Ene-93	-160.1	165	15.93
21-Ene-93	-160.2	164	15.92
22-Ene-93	-160.6	162	15.88
23-Ene-93	-160.7	162	15.87
24-Ene-93	-160.7	163	15.85
25-Ene-93	-160.7	169	15.85
26-Ene-93	-160.7	167	15.84
27-Ene-93	-160.8	166	15.82
28-Ene-93	-161.2	165	15.80
29-Ene-93	-161.4	165	15.77
30-Ene-93	-161.4	166	15.75
31-Ene-93	-161.2	166	15.73
01-Feb-93	-160.2	164	15.71
02-Feb-93	-157.4	160	15.66
03-Feb-93	-155.2	156	15.63
04-Feb-93	-153.1	152	15.59
05-Feb-93	-151.2	150	15.54
06-Feb-93	-150.0	148	15.52
07-Feb-93	-148.9	149	15.51
08-Feb-93	-148.6	146	15.53
09-Feb-93	-148.2	145	15.53
10-Feb-93	-148.2	145	15.53
11-Feb-93	-148.1	145	15.55
12-Feb-93	-148.6	145	15.53
13-Feb-93	-148.9	146	15.54
14-Feb-93	-149.1	147	15.59
15-Feb-93	-149.4	150	15.63
16-Feb-93	-149.6	154	15.64
17-Feb-93	-150.3	155	15.70
18-Feb-93	-150.6	159	15.73
19-Feb-93	-151.0	160	15.76
20-Feb-93	-151.8	150	15.89
21-Feb-93	-152.3	155	15.83
22-Feb-93	-152.6	156	15.79
23-Feb-93	-152.7	160	15.79
24-Feb-93	-152.6	165	15.81
25-Feb-93	-153.1	167	15.82
26-Feb-93	-153.5	169	15.81
27-Feb-93	-153.6	173	15.83
28-Feb-93	-153.7	174	15.84

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Mar-93	-153.9	174	15.85
02-Mar-93	-153.8	175	15.86
03-Mar-93	-154.2	179	15.87
04-Mar-93	-154.3	179	15.87
05-Mar-93	-154.4	180	15.87
06-Mar-93	-154.4	182	15.89
07-Mar-93	-155.2	182	15.87
08-Mar-93	-155.4	183	15.86
09-Mar-93	-155.3	185	15.85
10-Mar-93	-155.8	186	15.84
11-Mar-93	-156.0	186	15.83
12-Mar-93	-156.2	186	15.83
13-Mar-93	-156.0	187	15.85
14-Mar-93	-156.4	187	15.84
15-Mar-93	-156.4	188	15.84
16-Mar-93	-156.6	188	15.85
17-Mar-93	-156.7	190	15.85
18-Mar-93	-157.1	190	15.87
19-Mar-93	-157.3	190	15.87
20-Mar-93	-157.3	190	15.95
21-Mar-93	-157.2	190	15.97
22-Mar-93	-156.8	190	15.97
23-Mar-93	-156.1	189	15.99
24-Mar-93	-154.8	184	16.17
25-Mar-93	-154.9	183	16.30
26-Mar-93	-155.6	185	16.48
27-Mar-93	-155.7	187	16.53
28-Mar-93	-155.8	188	16.60
29-Mar-93	-156.2	190	16.66
30-Mar-93	-156.6	191	16.72
31-Mar-93	-157.0	193	16.75
01-Abr-93	-157.3	194	16.79
02-Abr-93	-157.6	195	16.82
03-Abr-93	-157.8	197	16.84
04-Abr-93	-158.1	196	16.87
05-Abr-93	-158.5	198	16.91
06-Abr-93	-158.7	197	16.93
07-Abr-93	-158.9	199	16.95
08-Abr-93	-159.2	200	16.97
09-Abr-93	-159.6	200	17.00
10-Abr-93	-159.8	199	17.07
11-Abr-93	-160.2	200	17.08
12-Abr-93	-160.2	200	17.12
13-Abr-93	-160.5	201	17.18
14-Abr-93	-160.8	201	17.22
15-Abr-93	-160.9	201	17.26
16-Abr-93	-161.4	201	17.27
17-Abr-93	-161.6	202	17.28
18-Abr-93	-161.6	202	17.29
19-Abr-93	-161.7	202	17.30
20-Abr-93	-161.9	202	17.31
21-Abr-93	-161.9	202	17.33
22-Abr-93	-162.2	202	17.35
23-Abr-93	-162.3	202	17.38
24-Abr-93	-162.5	203	17.44
25-Abr-93	-162.4	203	17.47
26-Abr-93	-162.6	202	17.51
27-Abr-93	-162.9	203	17.52
28-Abr-93	-162.9	202	17.51
29-Abr-93	-163.0	202	17.50
30-Abr-93	-162.8	139	17.47

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. °C
01-Nov-92	-141.3	156	20.43
02-Nov-92	-142.4	155	20.39
03-Nov-92	-142.9	150	20.32
04-Nov-92	-143.3	150	20.25
05-Nov-92	-143.7	150	20.18
06-Nov-92	-145.1	150	20.11
07-Nov-92	-146.2	151	20.05
08-Nov-92	-145.4	151	20.02
09-Nov-92	-145.8	151	19.99
10-Nov-92	-147.3	152	19.96
11-Nov-92	-148.7	152	19.91
12-Nov-92	-148.4	152	19.86
13-Nov-92	-148.9	154	19.78
14-Nov-92	-148.9	154	19.78
15-Nov-92	-148.7	154	19.75
16-Nov-92	-148.7	154	19.72
17-Nov-92	-150.0	154	19.71
18-Nov-92	-151.8	154	19.66
19-Nov-92	-150.0	154	19.61
20-Nov-92	-150.3	156	19.55
21-Nov-92	-150.6	156	19.51
22-Nov-92	-151.0	151	19.45
23-Nov-92	-151.3	152	19.38
24-Nov-92	-151.7	153	19.33
25-Nov-92	-152.0	153	19.25
26-Nov-92	-152.4	153	19.19
27-Nov-92	-152.7	153	19.09
28-Nov-92	-152.9	153	19.03
29-Nov-92	-153.2	152	18.99
30-Nov-92	-153.5	154	18.93
01-Dic-92	-153.8	154	18.88
02-Dic-92	-154.2	153	18.82
03-Dic-92	-154.3	153	18.79
04-Dic-92	-154.6	154	18.76
05-Dic-92	-154.5	153	18.73
06-Dic-92	-155.1	155	18.52
07-Dic-92	-155.3	155	18.59
08-Dic-92	-155.5	155	18.58
09-Dic-92	-155.6	156	18.56
10-Dic-92	-155.6	157	18.56
11-Dic-92	-155.9	158	18.51
12-Dic-92	-156.1	158	18.45
13-Dic-92	-156.4	157	18.37
14-Dic-92	-156.4	159	18.28
15-Dic-92	-156.7	158	18.18
16-Dic-92	-156.9	157	18.09
17-Dic-92	-157.1	158	18.02
18-Dic-92	-157.1	157	17.96
19-Dic-92	-157.2	158	17.86
20-Dic-92	-157.3	158	17.80
21-Dic-92	-157.5	158	17.74
22-Dic-92	-157.5	158	17.69
23-Dic-92	-157.6	157	17.66
24-Dic-92	-157.6	158	17.63
25-Dic-92	-157.7	157	17.59
26-Dic-92	-157.8	160	17.56
27-Dic-92	-157.8	159	17.53
28-Dic-92	-157.8	159	17.48
29-Dic-92	-157.8	159	17.43
30-Dic-92	-158.0	163	17.36
31-Dic-92	-157.8	164	17.29

ESTACION 5: CORRAL LARGO

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Jul-93	-154.3	150	19.99
02-Jul-93	-154.6	150	20.02
03-Jul-93	-154.9	148	20.04
04-Jul-93	-155.3	148	20.08
05-Jul-93	-155.6	149	20.11
06-Jul-93	-155.9	149	20.14
07-Jul-93	-156.0	149	20.18
08-Jul-93	-156.3	149	20.22
09-Jul-93	-156.4	149	20.26
10-Jul-93	-156.8	149	20.29
11-Jul-93	-157.0	149	20.33
12-Jul-93	-157.4	149	20.37
13-Jul-93	-157.7	148	20.47
14-Jul-93	-158.0	147	20.49
15-Jul-93	-158.2	147	20.52
16-Jul-93	-158.5	147	20.54
17-Jul-93	-158.8	147	20.58
18-Jul-93	-158.9	147	20.61
19-Jul-93	-159.2	147	20.64
20-Jul-93	-159.3	148	20.67
21-Jul-93	-159.6	148	20.70
22-Jul-93	-160.4	148	20.74
23-Jul-93	-160.7	148	20.75
24-Jul-93	-160.8	147	20.78
25-Jul-93	-161.1	147	20.80
26-Jul-93	-161.3	147	20.84
27-Jul-93	-161.7	148	20.88
28-Jul-93	-161.8	148	20.91
29-Jul-93	-162.0	148	20.95
30-Jul-93	-162.2	149	20.98
31-Jul-93	-162.4	149	21.02
01-Ago-93	-162.8	149	21.06
02-Ago-93	-163.0	149	21.10
03-Ago-93	-163.2	149	21.13
04-Ago-93	-163.3	149	21.16
05-Ago-93	-163.6	150	21.19
06-Ago-93	-163.9	150	21.22
07-Ago-93	-164.0	149	21.25
08-Ago-93	-164.2	149	21.29
09-Ago-93	-164.4	150	21.31
10-Ago-93	-164.7	150	21.34
11-Ago-93	-164.8	150	21.37
12-Ago-93	-165.0	150	21.39
13-Ago-93	-165.1	150	21.41
14-Ago-93	-165.4	150	21.43
15-Ago-93	-165.6	151	21.45
16-Ago-93	-165.8	151	21.47
17-Ago-93	-166.1	151	21.49
18-Ago-93	-166.2	151	21.51
19-Ago-93	-166.4	151	21.52
20-Ago-93	-166.6	152	21.53
21-Ago-93	-166.8	152	21.56
22-Ago-93	-166.9	152	21.58
23-Ago-93	-167.1	152	21.59
24-Ago-93	-167.2	152	21.61
25-Ago-93	-167.4	153	21.63
26-Ago-93	-167.7	153	21.64
27-Ago-93	-168.2	153	21.65
28-Ago-93	-168.2	154	21.65
29-Ago-93	-168.3	154	21.66
30-Ago-93	-168.5	155	21.66
31-Ago-93	-168.7	156	21.65

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Sep-93	-168.9	156	21.65
02-Sep-93	-169.3	157	21.65
03-Sep-93	-169.6	157	21.65
04-Sep-93	-169.7	158	21.66
05-Sep-93	-169.8	158	21.68
06-Sep-93	-170.0	159	21.68
07-Sep-93	-170.4	159	21.69
08-Sep-93	-170.4	160	21.71
09-Sep-93	-170.1	160	21.71
10-Sep-93	-171.0	160	21.71
11-Sep-93	-171.4	160	21.72
12-Sep-93	-171.2	161	21.71
13-Sep-93	-170.5	161	21.72
14-Sep-93	-171.1	161	21.73
15-Sep-93	-171.7	162	21.72
16-Sep-93	-171.9	162	21.71
17-Sep-93	-172.2	162	21.70
18-Sep-93	-171.4	162	21.70
19-Sep-93	-173.2	162	21.70
20-Sep-93	-173.6	161	21.69
21-Sep-93	-173.6	161	21.68
22-Sep-93	-172.6	161	21.66
23-Sep-93	-173.8	161	21.65
24-Sep-93	-174.3	161	21.64
25-Sep-93	-174.2	161	21.65
26-Sep-93	-174.3	161	21.65
27-Sep-93	-174.0	161	21.64
28-Sep-93	-174.6	162	21.61
29-Sep-93	-175.3	162	21.60
30-Sep-93	-173.5	162	21.57
01-Oct-93	-175.7	163	21.54
02-Oct-93	-173.7	163	21.50
03-Oct-93	-177.2	163	21.48
04-Oct-93	-176.7	163	21.45
05-Oct-93	-174.4	163	21.43
06-Oct-93	-174.0	162	21.40
07-Oct-93	-174.1	163	21.40
08-Oct-93	-174.2	162	21.37
09-Oct-93	-174.6	162	21.34
10-Oct-93	-174.7	161	21.29
11-Oct-93	-174.7	161	21.27
12-Oct-93	-174.8	161	21.23
13-Oct-93	-174.6	161	21.20
14-Oct-93	-174.3	158	21.17
15-Oct-93	-173.9	158	21.14
16-Oct-93	-173.6	157	21.11
17-Oct-93	-169.7	150	21.11
18-Oct-93	-175.6	144	21.05
19-Oct-93	-164.3	142	20.99
20-Oct-93	-163.9	141	20.94
21-Oct-93	-163.6	140	20.89
22-Oct-93	-163.6	140	20.85
23-Oct-93	-163.7	144	20.81
24-Oct-93	-164.2	151	20.77
25-Oct-93	-165.1	155	20.74
26-Oct-93	-165.6	157	20.69
27-Oct-93	-166.4	158	20.64
28-Oct-93	-166.9	158	20.58
29-Oct-93	-167.6	158	20.53
30-Oct-93	-168.5	157	20.48
31-Oct-93	-169.1	156	20.42

Dias	Profund. cm	Conductiv. microS/cm	Temperat. ° C
01-Nov-93	-167.7	156	20.36
02-Nov-93	-162.7	139	20.27
03-Nov-93	-156.5	145	20.17
04-Nov-93	-151.7	142	20.11
05-Nov-93	-148.0	140	20.05
06-Nov-93	-145.6	138	19.98
07-Nov-93	-144.3	137	19.91
08-Nov-93	-143.9	137	19.83
09-Nov-93	-143.4	137	19.74
10-Nov-93	-143.5	137	19.66
11-Nov-93	-143.5	139	19.58
12-Nov-93	-143.9	138	19.51
13-Nov-93	-143.9	138	19.44
14-Nov-93	-144.5	138	19.38
15-Nov-93	-144.6	138	19.33
16-Nov-93	-145.1	139	19.30
17-Nov-93	-145.5	140	19.26
18-Nov-93	-145.5	143	19.24
19-Nov-93	-145.8	144	19.21
20-Nov-93	-146.2	144	19.18
21-Nov-93	-146.7	145	19.13
22-Nov-93	-147.2	145	19.07
23-Nov-93	-147.4	146	19.01
24-Nov-93	-147.7	145	18.93
25-Nov-93	-148.2	146	18.85
26-Nov-93	-148.7	147	18.77
27-Nov-93	-149.0	148	18.69
28-Nov-93	-149.3	149	18.61
29-Nov-93	-149.6	148	18.55
30-Nov-93	-149.9	149	18.48
01-Dic-93	-150.0	149	18.42
02-Dic-93	-150.2	150	18.37
03-Dic-93	-150.6	151	18.32
04-Dic-93	-150.7	150	18.26
05-Dic-93	-151.0	150	18.20
06-Dic-93	-151.7	150	18.13
07-Dic-93	-152.0	150	18.06
08-Dic-93	-152.0	152	18.00
09-Dic-93	-152.1	152	17.94
10-Dic-93	-152.4	154	17.90
11-Dic-93	-152.7	155	17.86
12-Dic-93	-153.1	154	17.80
13-Dic-93	-153.2	155	17.73
14-Dic-93	-153.4	154	17.67
15-Dic-93	-153.8	155	17.61
16-Dic-93	-154.3	155	17.55
17-Dic-93	-154.6	154	17.49
18-Dic-93	-154.9	154	17.44
19-Dic-93	-155.1	156	17.40
20-Dic-93	-155.3	156	17.35
21-Dic-93	-155.4	155	17.30
22-Dic-93	-155.7	156	17.25
23-Dic-93	-156.0	156	17.20
24-Dic-93	-156.2	156	17.18
25-Dic-93	-156.6	157	17.13
26-Dic-93	-157.1	157	17.10
27-Dic-93	-157.4	158	17.05
28-Dic-93	-157.3	158	17.01
29-Dic-93	-157.8	158	16.99
30-Dic-93	-158.0	158	16.97
31-Dic-93	-158.2	157	16.96



ANEXO III: RESULTADOS DE LOS ANALISIS HIDROQUIMICOS



ESTACION 1: ROCIANA

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	19.0	1073	6.70	56.8	404.0	172.0	28.0	75.0	41.0	20.0		11.81	8.85	14.3%
30-Nov-89	18.0	670	6.97	39.0	198.0	137.0	23.0	56.0	41.3	7.0		7.20	7.38	-1.2%
04-Ene-90	17.0	787	7.14	45.0	327.9	160.0	28.0	96.0	26.7	10.0		9.98	8.47	8.2%
30-Ene-90	18.0	1012		60.0	280.0	157.0	33.0	70.0	38.9	10.0		9.55	8.39	6.5%
28-Feb-90	18.0	1040	7.05	63.9	312.6	133.0	34.0	80.0	48.6	12.0		9.70	9.79	-0.5%
03-Abr-90	17.0	1027	7.22	65.7	358.4	92.0	33.0	86.0	58.0	12.0		9.64	10.82	-5.7%
10-May-90	18.0	1038	6.94	60.3	350.0	78.2	30.0	90.0	58.0	10.0		9.07	10.83	-8.9%
13-Jun-90	18.0	1066	6.93	58.6	358.4	78.2	29.0	81.0	54.0	10.0		9.16	10.01	-4.5%
19-Jul-90	19.0	1080	6.90	58.6	396.5	68.6	30.0	70.0	50.0	11.0		9.58	9.20	2.0%
28-Ago-90	19.0	1063	6.95	58.0	339.0	65.6	30.0	72.0	50.0	12.0		8.56	9.33	-4.3%
14-Dic-90	20.0	930	6.85	58.0	351.0	52.2	30.0	86.0	56.0	22.0		8.48	10.78	-12.0%
18-Ene-91	20.0	950	6.95	64.0	343.1	61.5	28.6	73.0	56.0	15.0		8.71	9.89	-6.3%
15-Mar-91	19.0	976	7.10	63.9	404.1	66.0	29.0	101.0	62.0	15.0		9.80	11.80	-9.3%
13-Abr-91	18.0	975	6.70	63.9	388.9	75.0	29.0	104.0	52.0	15.0		9.74	11.12	-6.6%
10-May-91	18.0	960		63.9	404.1	110.3	31.0	106.0	55.0	14.0		10.72	11.53	-3.6%
07-Jun-91	18.7	946		61.2	381.0	119.0	30.0	109.0	57.0	14.0		10.45	11.80	-6.1%
01-Oct-91	20.0	915	6.65	57.0	388.9	92.0	28.0	100.0	53.0	17.0	40.0	9.90	11.01	-5.3%
15-Nov-91	19.9	886	6.95	56.8	388.9	109.7	28.3	100.0	50.0	14.8	47.0	10.26	10.72	-2.2%
18-Dic-91	19.3	720	7.48	50.0	259.2	54.3	24.0	74.0	41.0	11.4	38.0	6.79	8.41	-10.7%
20-Ene-92	18.0	821	7.32	60.0	320.2	58.6	27.0	90.0	48.0	14.0	40.0	8.16	9.98	-10.0%
21-Feb-92	18.0	828	7.68	58.6	335.0	59.8	28.0	92.0	39.0	14.0	43.0	8.39	9.39	-5.6%
07-Abr-92	18.0	926	7.26	60.3	381.2	72.2	28.0	98.0	47.0	16.0	41.0	9.45	10.39	-4.8%
13-May-92	18.5	890	7.39	58.6	381.2	111.0	28.3	100.0	45.0	14.0	39.0	10.21	10.29	-0.4%
12-Jun-92	18.0	892	7.41	56.8	373.6	92.0	28.0	92.0	52.0	16.0	44.0	9.64	10.51	-4.3%
07-Ago-92	18.5	920	7.26	62.1	381.3	63.0	28.0	100.0	41.0	15.6	46.0	9.31	9.99	-3.5%
21-Sep-92	18.0	893	6.98	60.3	388.9	60.5	28.0	96.0	39.4	16.2	40.0	9.33	9.68	-1.8%
21-Oct-92	18.5	850	7.04	60.3	396.5	72.0	26.2	100.0	46.0	15.2	36.0	9.70	10.31	-3.1%
12-Nov-92	19.0	880	7.28	67.0	381.3	72.0	27.2	100.0	44.0	16.0	49.0	9.64	10.21	-2.9%
18-Dic-92	18.0	827	7.32	60.4	366.0	70.8	32.0	96.0	45.0	16.0	43.0	9.18	10.31	-5.8%
19-Ene-93	18.0	828	7.49	62.1	343.1	73.4	33.0	96.0	44.0	16.0	36.0	8.90	10.27	-7.1%
18-Feb-93	17.5	809	7.45	56.8	350.7	73.3	27.0	88.0	41.0	15.4	42.0	8.88	9.34	-2.6%
26-Mar-93	18.0	874	7.34	60.3	396.5	75.0	24.3	100.0	47.7	15.0	45.0	9.76	10.37	-3.0%
28-Abr-93	18.0	814	7.44	60.3	396.5	72.0	30.0	100.0	48.0	16.0	44.0	9.70	10.66	-4.7%
04-Jun-93	18.0	820	7.20	60.3	381.2	80.0	25.4	100.0	46.0	15.0	38.0	9.61	10.27	-3.3%

N° Datos	34	34	31	34	34	34	34	34	34	34	18	34	34	34
Media	18.4	911.4	7.14	59.1	359.0	87.9	28.7	90.5	47.7	14.2	41.7	9.38	10.06	-3.5%
Mínimo	17.0	670.0	6.65	39.0	198.0	52.2	23.0	56.0	26.7	7.0	36.0	6.79	7.38	-12.0%
Máximo	20.0	1080.0	7.68	67.0	404.1	172.0	34.0	109.0	62.0	22.0	49.0	11.81	11.80	14.3%
Desv. típica	0.8	101.1	0.26	5.3	44.4	31.5	2.5	12.5	7.2	2.9	3.6	0.92	0.98	5.1%
Coef. variación	4%	11%	4%	9%	12%	36%	9%	14%	15%	21%	9%	10%	10%	-147%

ESTACION 2: EL CAOSO

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
30-Nov-89	16.0	598	6.58	18.0	404.0	30.0	13.0	60.0	34.0	2.0		7.75	6.41	9.5%
03-Ene-90	14.0	376	6.67	10.6	228.7	40.0	8.0	44.0	19.4	4.0		4.88	4.25	6.9%
29-Ene-90	14.0	593	6.79	14.2	350.7	32.0	20.0	56.0	38.9	6.0		6.82	7.02	-1.5%
27-Feb-90	15.0	576	6.75	12.4	350.7	29.0	19.0	70.0	27.9	2.0		6.70	6.67	0.2%
02-Abr-90	16.0	598	6.85	19.5	381.2	19.0	21.0	76.0	31.6	2.0		7.19	7.37	-1.2%
08-May-90	17.5	665	6.70	16.0	404.1	39.4	18.0	65.0	34.0	1.1		7.90	6.86	7.0%
12-Jun-90	17.5	688		14.2	450.0	34.0	18.0	51.0	37.0	2.0		8.49	6.43	13.8%
18-Jul-90	20.0	754	6.59	14.2	503.2	35.8	19.0	71.0	36.0	1.0		9.40	7.36	12.1%
27-Ago-90	21.0	772	6.90	14.2	510.0	39.4	18.0	80.0	30.4	0.9		9.58	7.31	13.5%
12-Oct-90	21.5	709	6.87	14.2	525.0	35.0	17.6	83.0	32.0	1.0		9.74	7.57	12.5%
14-Dic-90	20.0	880	6.80	20.0	610.0	23.6	19.0	90.0	58.0	0.8		11.06	10.12	4.4%
18-Ene-91	18.0	837	6.80	25.0	556.6	32.4	20.0	80.0	45.0	0.8		10.50	8.59	10.0%
11-Feb-91	17.4	821	6.72	23.1	587.1	46.2	21.0	98.0	44.0	1.6		11.24	9.48	8.5%
13-Mar-91	16.0	884	6.99	39.1	495.6	15.2	18.0	109.0	52.0	0.5		9.54	10.53	-4.9%
13-Abr-91	18.5	710	7.03	21.3	419.4	16.0	16.0	92.0	36.0	0.9		7.81	8.28	-2.9%
11-May-91	18.0	656		17.7	396.5	15.9	17.0	84.0	35.0	0.6		7.33	7.84	-3.3%
07-Jun-91	19.1	544	6.83	14.0	366.0	18.0	17.0	86.0	31.0	0.5		6.77	7.60	-5.8%
11-Jul-91	20.0	496	6.97	14.0	366.0	14.0	16.0	87.0	33.0	0.4	31.4	6.69	7.77	-7.5%
01-Oct-91	21.9	629	6.70	18.0	388.9	46.0	16.0	88.0	39.0	0.6	48.0	7.84	8.32	-3.0%
14-Nov-91	20.1	709	6.95	17.7	503.2	32.1	19.6	96.0	44.0	0.7	56.0	9.42	9.29	0.7%
18-Dic-91	18.2	695	7.16	18.0	495.6	11.4	17.0	104.0	47.0	0.6	39.0	8.87	9.82	-5.1%
20-Ene-92	16.5	700	7.02	18.0	480.4	13.8	16.0	96.0	44.0	0.7	45.0	8.67	9.13	-2.6%
21-Feb-92	16.0	711	7.26	21.3	541.4	14.6	18.0	100.0	36.0	1.3	47.0	9.78	8.78	5.4%
07-Abr-92	16.0	786	7.06	19.5	549.0	18.5	19.0	106.0	44.0	1.3	43.0	9.93	9.78	0.8%
15-May-92	16.5	796	7.15	24.9	564.2	25.0	20.8	112.0	44.0	2.1	40.0	10.47	10.18	1.4%
14-Jun-92	17.0	823	7.32	23.1	594.7	21.0	20.0	100.0	49.0	1.4	43.0	10.84	9.94	4.3%
08-Ago-92	19.0	870	7.26	24.8	625.3	17.0	20.4	108.0	42.0	1.5	53.0	11.30	9.78	7.2%
21-Sep-92	20.0	865	6.95	24.8	610.0	14.4	19.2	108.0	39.6	0.9	43.0	11.00	9.52	7.2%
24-Oct-92	20.0	834	7.07	24.8	594.8	13.0	19.0	112.0	44.4	1.1	40.0	10.72	10.11	2.9%
12-Nov-92	19.5	695	7.20	25.0	503.3	15.5	15.7	88.0	40.4	0.7	59.0	9.28	8.43	4.8%
29-Dic-92	17.5	787		21.3	610.0	10.40	20.00	120.0	47.2	0.4	57.0	10.82	10.76	0.2%
19-Ene-93	17.5	832	7.05	24.8	625.3	11.5	22.0	120.0	47.6	1.0	55.0	11.19	10.90	1.3%
18-Feb-93	17.0	843	7.12	24.8	617.6	14.0	20.0	120.0	44.0	1.2	47.0	11.11	10.52	2.7%
25-Mar-93	17.0	840	7.17	26.6	610.0	20.0	19.3	116.0	47.2	1.5	49.0	11.17	10.56	2.8%
30-Abr-93	17.5		7.14	30.1	617.6	25.4	21.5	116.0	48.0	1.0	42.0	11.50	10.71	3.6%
07-Jun-93	17.0	810	7.05	31.9	617.6	26.0	20.2	116.0	44.0	1.2	41.0	11.56	10.33	5.6%

Nº Datos	36	35	33	36	36	36	36	36	36	36	19	36	36	36
Media	17.9	725.2	6.95	20.6	501.5	24.0	18.3	91.9	40.2	1.3	46.2	9.3	8.7	3.1%
Mínimo	14.0	376.0	6.58	10.6	228.7	10.4	8.0	44.0	19.4	0.4	31.4	4.9	4.2	-7.5%
Máximo	21.9	884.0	7.32	39.1	625.3	46.2	22.0	120.0	58.0	6.0	59.0	11.6	10.9	13.8%
Desv.típica	1.9	119.0	0.20	6.0	102.5	10.4	2.6	20.4	7.6	1.0	7.0	1.7	1.6	5.6%
Coef.variación	11%	16%	3%	29%	20%	43%	14%	22%	19%	79%	15%	19%	18%	181%

ESTACION 3: LOS MIMBRALES

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	22.0	450	10.06	58.6	76.5	25.0	38.0	24.0	2.4	8.0		3.43	3.25	2.6%
30-Nov-89	18.0	226	6.85	16.0	129.6	25.0	14.0	28.0	4.9	10.0		3.10	2.67	7.4%
04-Ene-90	16.0	330	6.96	14.2	206.0	10.0	12.0	52.0	6.1	7.0		3.99	3.80	2.3%
30-Ene-90	15.5	442	6.83	30.0	213.5	45.0	22.0	36.0	26.7	7.0		5.28	5.13	1.4%
27-Feb-90	16.0	491	6.50	78.1	68.6	58.4	47.0	25.0	13.4	6.0		4.54	4.55	-0.1%
03-Abr-90	16.0	443	6.84	72.8	68.6	36.0	43.0	24.0	14.6	6.0		3.93	4.42	-6.0%
09-May-90	19.0	232	6.95	23.1	53.4	36.7	18.0	13.0	12.0	2.4		2.29	2.48	-4.0%
12-Jun-90	21.0	212	6.12	16.0	61.0	37.6	15.0	14.0	13.0	4.0		2.23	2.52	-6.1%
20-Jul-90	25.0	274	6.15	19.5	68.6	43.9	16.0	14.0	12.0	3.0		2.59	2.46	2.5%
27-Ago-90	26.0	330	6.65	33.7	68.6	35.7	28.8	15.0	12.0	3.9		2.82	3.09	-4.6%
12-Oct-90	23.0	300	5.93	28.0	46.0	44.4	22.0	12.0	10.6	2.3		2.47	2.49	-0.4%
12-Dic-90	18.0	498	7.10	85.0	160.0	50.3	65.0	44.0	15.0	3.0		6.06	6.34	-2.2%
18-Ene-91	17.0	460	6.36	82.0	61.0	55.4	64.0	13.0	13.6	3.4		4.46	4.64	-1.9%
12-Feb-91	14.5	496		83.4	68.6	57.2	63.0	15.0	13.3	3.0		4.67	4.66	0.1%
13-Mar-91	14.5	160	6.30	10.6	76.2	46.4	8.0	21.0	10.0	4.0		2.51	2.32	3.9%
13-Abr-91	18.5	190	6.51	19.5	53.4	22.0	18.0	14.0	7.0	3.3		1.88	2.14	-6.5%
10-May-91	17.0	220		16.0	52.8	22.0	15.0	12.0	8.5	3.3		1.77	2.04	-6.9%
07-Jun-91	21.5	216	6.18	14.0	61.0	22.0	12.0	12.0	9.5	3.5		1.85	1.99	-3.7%
11-Jul-91	23.6	219	5.96	15.0	61.0	27.0	12.0	15.0	10.0	2.7	10.8	1.99	2.16	-4.3%
01-Oct-91	24.3	288	6.31	25.0	45.7	53.0	21.0	16.0	11.0	3.0	14.0	2.56	2.70	-2.6%
15-Nov-91	20.2	420	6.63	74.6	53.4	51.1	56.0	10.0	12.8	2.7	14.0	4.04	4.06	-0.2%
18-Dic-91	18.1	454	6.35	71.0	53.4	46.9	54.0	14.0	14.0	4.0	11.0	3.85	4.30	-5.5%
20-Ene-92	14.5	456	6.40	78.0	45.7	49.1	63.0	12.0	13.0	3.4	11.0	3.97	4.50	-6.2%
21-Feb-92	15.0	462	6.35	71.0	53.4	45.3	63.0	14.0	8.5	3.0	11.0	3.82	4.22	-4.9%
07-Abr-92	16.0	364	6.32	53.3	53.4	38.1	45.0	12.0	11.2	3.0	11.0	3.17	3.56	-5.7%
15-May-92	20.5	215	6.56	17.8	53.4	25.0	12.2	12.0	11.0	2.9	12.0	1.90	2.11	-5.3%
12-Jun-92	21.5	240	6.93	19.5	53.4	28.5	13.0	14.0	12.0	3.6	16.0	2.02	2.35	-7.5%
08-Ago-92	24.5	269	6.47	24.8	53.4	27.0	20.5	16.0	10.4	4.6	17.0	2.14	2.67	-11.0%
21-Sep-92	24.0	271	6.34	24.8	53.4	24.7	22.0	14.0	11.7	3.3	16.0	2.09	2.70	-12.8%
24-Oct-92	20.5	410	6.36	63.9	45.8	39.0	50.5	12.0	12.0	2.7	10.0	3.36	3.85	-6.8%
12-Nov-92	20.0	420	6.45	71.0	45.8	41.0	54.4	16.0	11.7	2.5	12.0	3.60	4.19	-7.5%
18-Dic-92	16.5	396	6.15	67.5	53.4	36.7	64.0	16.0	11.4	3.8	11.0	3.54	4.62	-13.2%
20-Ene-93	15.5	358	6.15	65.7	45.7	33.6	64.0	12.0	11.0	2.7	10.0	3.30	4.36	-13.8%
19-Feb-93	16.0	394	6.28	60.4	45.7	33.1	50.0	12.0	10.0	2.6	10.5	3.14	3.66	-7.7%
26-Mar-93	16.0	394	6.27	44.4	38.1	28.0	35.0	8.0	10.0	1.5	14.0	2.46	2.78	-6.2%
29-Abr-93	17.5	270	6.42	32.0	30.5	26.5	32.2	10.0	9.0	1.1	15.0	1.95	2.67	-15.5%
08-Jun-93	19.0	234	6.53	24.8	30.5	31.0	20.4	12.0	10.0	1.3	14.0	1.84	2.34	-11.9%

Nº Datos	37	37	35	37	37	37	37	37	37	37	19	37	37	37
Media	19.0	337.9	6.56	43.4	67.8	36.7	34.4	17.2	11.2	3.7	12.6	3.1	3.4	-4.6%
Mínimo	14.5	160.0	5.93	10.6	30.5	10.0	8.0	8.0	2.4	1.1	10.0	1.8	2.0	-15.5%
Máximo	26.0	498.0	10.06	85.0	213.5	58.4	65.0	52.0	26.7	10.0	17.0	6.1	6.3	7%
Desv.típica	3.3	102.6	0.66	25.5	41.1	11.6	19.7	9.2	3.7	1.8	2.2	1.1	1.1	5.2%
Coef.variación	17.6%	30.3%	10.1%	58.9%	60.7%	31.5%	57.3%	53.8%	32.5%	49.2%	17.3%	34.2%	31.6%	*****

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	20.0	690	6.50	159.7	76.2	17.2	97.2	17.2	18.0	9.0		6.11	6.80	-5.4%
01-Dic-89	17.5	685	6.46	159.8	83.9	55.0	96.3	19.5	20.5	7.0		7.02	7.03	-0.0%
05-Ene-90	16.0	442		104.7	61.0	40.0	60.0	17.5	18.4	7.0		4.78	5.18	-4.0%
31-Ene-90	14.0	496	6.41	108.3	45.7	53.0	74.0	12.0	12.1	4.0		4.90	4.92	-0.1%
02-Mar-90	15.0	600	6.76	133.1	45.7	64.0	84.0	12.0	14.6	4.0		5.83	5.56	2.4%
04-Abr-90	16.0	547	7.04	120.7	53.4	36.0	76.0	16.0	12.1	4.0		5.03	5.20	-1.7%
11-May-90	20.0	385	6.84	85.2	38.1	22.5	51.0	11.0	11.0	3.0		3.49	3.75	-3.5%
14-Jun-90	22.0	374	6.37	78.1	38.1	16.7	48.0	11.0	10.0	3.0		3.17	3.54	-5.4%
20-Jul-90	25.0	326	6.45	65.7	45.7	20.0	40.0	6.4	5.5	3.0		3.02	2.59	7.6%
28-Ago-90	25.0	285	6.72	62.5	46.0	15.0	39.0	7.0	5.0	2.4		2.83	2.52	5.8%
11-Oct-90	23.0	285		65.0	46.0	16.9	41.0	6.5	5.3	2.7		2.94	2.61	5.8%
12-Dic-90	18.0	253	6.60	60.0	91.5	24.3	39.0	24.0	6.3	2.7		3.70	3.48	3.0%
19-Ene-91	17.0	250	6.78	64.0	38.1	30.8	37.8	15.0	4.5	2.3		3.07	2.82	4.2%
12-Feb-91	14.2	251	6.43	63.9	45.7	39.7	35.7	17.0	4.8	2.4		3.38	2.86	8.3%
14-Mar-91	16.0	541	6.28	138.4	91.5	27.0	85.0	18.0	15.0	4.0		5.96	5.93	0.2%
13-Abr-91	17.7	580	6.72	149.1	91.5	15.5	79.0	18.0	15.0	3.4		6.02	5.66	3.1%
10-May-91	17.0	547		149.1	91.5	22.0	78.0	16.0	15.0	3.3		6.16	5.51	5.6%
07-Jun-91	21.3	558	6.66	149.0	91.0	34.6	81.0	20.0	15.0	3.5		6.41	5.85	4.6%
10-Jul-91	23.9	404		96.0	61.0	10.0	57.0	10.0	8.0	3.3	11.9	3.91	3.72	2.5%
02-Oct-91	23.6	368		96.0	68.6	27.0	57.0	12.0	8.0	3.0	14.0	4.39	3.81	7.0%
16-Nov-91	19.0	538		131.4	83.9	54.7	77.0	16.0	13.7	3.1	18.0	6.22	5.35	7.4%
19-Dic-91	16.0	632	6.60	188.0	68.6	24.1	96.0	20.0	20.0	3.0	14.0	6.92	6.90	0.2%
21-Ene-92	13.0	746	6.45	220.0	61.0	30.1	129.0	24.0	22.0	4.3	14.0	7.83	8.73	-5.5%
22-Feb-92	14.0	508	6.57	127.8	53.4	19.1	68.0	12.0	10.0	3.0	15.0	4.87	4.46	4.5%
07-Abr-92	15.0	712	6.41	181.0	61.0	52.3	119.0	20.0	18.0	4.0	13.0	7.19	7.76	-3.8%
14-May-92	19.5	756	6.61	179.3	68.6	60.0	109.2	22.0	19.5	3.9	12.0	7.43	7.55	-0.8%
14-Jun-92		274	6.32	74.5	38.1	15.0	41.5	8.0	6.0	2.4	16.0	3.04	2.76	4.8%
07-Ago-92	24.0	275	6.24	67.4	38.1	12.0	40.0	8.0	4.4	3.0	16.5	2.77	2.58	3.6%
21-Sep-92	23.0	262	6.97	69.2	38.1	9.7	39.3	8.0	4.6	2.1	15.0	2.78	2.54	4.4%
22-Oct-92	20.0	274	6.46	74.5	38.1	13.5	39.2	8.0	5.0	2.9	14.0	3.00	2.59	7.4%
13-Nov-92	18.5	290	6.44	71.0	45.8	15.0	39.0	8.0	5.2	1.8	18.0	3.06	2.57	8.7%
19-Dic-92	16.5	268	6.57	67.5	45.8	10.7	48.0	10.0	5.0	2.0	17.0	2.87	3.05	-3.0%
20-Ene-93	13.5	256	6.62	67.4	38.1	10.0	46.0	6.0	5.2	2.0	16.0	2.73	2.78	-0.9%
20-Feb-93	15.0	290	6.53	71.0	45.7	14.2	41.0	8.0	6.0	1.8	15.0	3.05	2.72	5.6%
26-Mar-93	16.0	450	6.80	102.9	68.6	28.0	64.0	12.0	9.4	2.9	14.6	4.61	4.23	4.3%
29-Abr-93	16.0	430	6.71	106.5	68.6	31.0	69.2	16.0	10.0	2.8	13.0	4.77	4.70	0.7%
07-Jun-93	19.5	305	6.97	88.7	45.7	23.3	46.1	10.0	6.5	2.1	14.5	3.73	3.09	9.4%

Nº Datos	36	37	31	37	37	37	37	37	37	37	19	37	37	37
Media	18.4	436.0	6.6	108.0	58.3	27.3	64.0	13.6	10.7	3.4	14.8	4.6	4.4	2.4%
Mínimo	13.0	250.0	6.2	60.0	38.1	9.7	35.7	6.0	4.4	1.8	11.9	2.7	2.5	-5.5%
Máximo	25.0	756.0	7.0	220.0	91.5	64.0	129.0	24.0	22.0	9.0	18.0	7.8	8.7	9.4%
Desv. típica	3.5	160.9	0.2	42.8	18.4	15.2	25.0	5.2	5.5	1.5	1.7	1.6	1.7	4.3%
Coef. variación	19%	37%	3%	40%	32%	56%	39%	38%	52%	44%	12%	35%	39%	183%

POZO 1: ALMONTE

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	19.0	1213	7.50	118.9	457.2	150.0	55.0	110.0	53.5	12.0		13.97	12.60	5.1%
30-Ene-90	16.0	1040	7.13	74.5	366.0	124.0	47.0	132.0	36.4	12.0		10.68	11.95	-5.6%
28-Feb-90	16.0	1076		79.9	366.0	126.0	50.0	136.0	34.0	10.0		10.88	12.03	-5.0%
10-May-90	16.5	1243	7.30	94.1	411.7	124.2	57.0	109.0	52.0	8.0		11.99	12.41	-1.7%
13-Jun-90	17.5	1256	7.15	115.4	419.4	136.8	60.0	112.0	46.0	8.0		12.98	12.20	3.1%
14-Dic-90	18.0	1212	6.98	123.0	503.0	112.9	56.0	116.0	80.0	11.0		14.06	15.10	-3.6%
15-Mar-91	17.0	1240		134.9	495.6	140.7	61.0	134.0	66.0	8.0		14.86	14.99	-0.4%
04-Oct-91	19.6	1224		138.0	518.5	101.0	58.0	112.0	63.0	9.0	33.0	14.49	13.54	3.4%
15-Nov-91	17.7	1180	6.95	134.9	556.6	146.8	56.0	140.0	62.5	8.6	39.0	15.98	14.80	3.8%
21-Feb-92	15.0	1190	7.51	134.9	571.9	82.3	61.5	144.0	51.0	11.0	35.0	14.89	14.35	1.8%

Nº Datos	10	10	7	10	10	10	10	10	10	10	3	10	10	10
Media	17.2	1187.4	7.2	114.9	466.6	124.5	56.2	124.5	54.4	9.8	35.7	13.5	13.4	0%
Mínimo	15.0	1040.0	7.0	74.5	366.0	82.3	47.0	109.0	34.0	8.0	33.0	10.7	11.9	-6%
Máximo	19.6	1256.0	7.5	138.0	571.9	150.0	61.5	144.0	80.0	12.0	39.0	16.0	15.1	5%
Desv. típica	1.3	68.8	0.2	22.6	70.4	20.1	4.4	13.2	13.3	1.6	2.5	1.7	1.2	4%
Coef. variación	8%	6%	3%	20%	15%	16%	8%	11%	24%	16%	7%	13%	9%	

POZO 2: EL MARTINAZO

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	19.0	421	6.30	90.0	30.5	30.0	49.0	12.0	7.3	8.0		3.66	3.54	1.7%
31-Ene-90	14.0	385	6.74	62.1	53.4	31.0	37.0	28.0	4.9	9.0		3.27	3.64	-5.4%
02-Mar-90	15.0	338	6.94	63.9	45.7	34.0	39.0	24.0	4.9	8.0		3.26	3.50	-3.6%
04-Abr-90	16.0	350	7.14	60.3	68.6	19.0	38.0	24.0	4.9	8.0		3.22	3.46	-3.6%
14-Jun-90	20.0	337	6.43	62.1	45.7	36.7	36.0	15.0	9.0	5.0		3.26	3.18	1.2%
28-Ago-90	24.0	310	6.74	58.0	30.5	35.8	34.0	14.0	5.4	4.6		2.88	2.74	2.5%
13-Dic-90	16.0	368	6.31	94.0	90.0	33.2	48.0	40.0	9.0	5.0		4.81	4.96	-1.4%
19-Ene-91	15.0	464	6.82	99.0	78.6	44.4	54.0	39.0	10.0	5.5		5.00	5.26	-2.5%
15-Mar-91	15.0	503	6.74	99.4	76.3	40.7	55.0	38.0	8.0	9.0		4.90	5.18	-2.8%
04-Oct-91	22.0	257		57.0	30.5	33.0	34.0	12.0	4.0	4.0	25.0	2.79	2.51	5.3%
16-Nov-91	17.8	295	6.47	63.9	45.7	36.0	38.0	16.0	5.4	4.6	30.0	3.30	3.01	4.5%
20-Dic-91	15.4	317	6.90	71.0	38.1	27.8	39.0	18.0	6.0	5.4	27.0	3.20	3.23	-0.4%
21-Ene-92	12.0	320	6.54	74.0	38.1	29.0	40.0	16.0	6.0	5.0	27.0	3.31	3.16	2.4%
22-Feb-92	13.0	345	6.56	67.4	38.1	31.8	39.0	16.0	5.5	4.5	29.0	3.19	3.06	2.0%
07-Abr-92	15.0	340	6.41	69.2	45.7	39.5	39.0	16.0	7.0	5.2	27.0	3.52	3.20	4.7%
21-Sep-92	21.0	323	6.24	71.0	22.9	22.6	37.0	10.0	5.7	4.3	25.0	2.85	2.69	2.9%

Nº Datos	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	7	16	16	16
Media	16.9	354.6	6.6	72.6	48.6	32.8	41.0	21.1	6.4	5.9	27.1	3.5	3.5	0.5%
Mínimo	12.0	257.0	6.2	57.0	22.9	19.0	34.0	10.0	4.0	4.0	25.0	2.8	2.5	-5.4%
Máximo	24.0	503.0	7.1	99.4	90.0	44.4	55.0	40.0	10.0	9.0	30.0	5.0	5.3	5.3%
Desv. típica	3.3	60.8	0.3	14.1	19.1	6.2	6.5	9.7	1.7	1.7	1.7	0.7	0.8	3.2%
Coef. variación	20%	17%	4%	19%	39%	19%	16%	46%	26%	29%	6%	20%	24%	

POZO 3: SANTA OLALLA

Fecha	Temper. °C	Conductiv. microS/cm	pH	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
05-Oct-89	18.0	450	6.44	88.7	38.1	17.5	44.0	12.0	7.3	9.0		3.49	3.34	2.1%
01-Dic-89	15.0	412	6.95	78.2	68.6	10.0	42.0	24.0	7.3	4.0		3.54	3.73	-2.7%
05-Ene-90	14.0	254	7.20	39.0	68.6	38.0	30.0	20.0	4.9	5.0		3.01	2.84	3.1%
31-Ene-90	14.0	272	6.90	37.3	53.4	42.0	28.0	20.0	6.1	6.0		2.80	2.87	-1.3%
02-Mar-90	14.0	276	7.35	39.1	38.1	48.5	31.0	16.0	7.7	3.0		2.74	2.86	-2.2%
04-Abr-90	15.0	280		51.5	45.7	31.0	33.0	20.0	4.9	3.0		2.85	2.91	-1.2%
11-May-90	17.0	182	7.20	19.5	53.4	34.9	13.0	20.0	7.0	2.0		2.15	2.19	-0.9%
14-Jun-90	19.0	160	6.50	17.7	38.1	36.7	12.0	16.0	7.0	2.0		1.89	1.95	-1.6%
20-Jul-90	22.0	156	6.87	17.0	30.5	32.3	12.0	13.0	3.0	6.0		1.65	1.57	2.5%
28-Ago-90	22.0	165	7.20	21.0	15.3	37.6	14.0	12.0	3.0	2.6		1.62	1.52	3.3%
13-Dic-90	15.0	320		74.0	84.0	33.9	43.0	28.0	9.0	2.9		4.17	4.08	1.0%
19-Ene-91	14.0	357		82.0	30.5	38.1	42.1	14.0	8.0	4.6		3.60	3.31	4.3%
15-Mar-91	14.0	345	6.32	74.6	53.4	24.4	37.0	24.0	8.0	3.0		3.48	3.54	-0.9%
11-May-91	18.0	309		74.5	41.9	20.9	38.0	16.0	7.0	2.3		3.22	3.09	2.1%
04-Oct-91	20.6	244		53.0	22.9	42.0	34.0	14.0	5.0	2.0	10.0	2.74	2.64	1.9%
16-Nov-91	17.2	336	6.54	79.9	30.5	39.3	43.0	14.0	8.1	2.4	15.0	3.57	3.30	4.0%
19-Dic-91	15.1	358	6.34	79.0	30.5	18.6	45.0	15.0	8.0	2.3	13.0	3.11	3.42	-4.8%
22-Feb-92	13.0	354	6.30	81.6	30.5	17.6	43.0	12.0	7.0	2.6	12.0	3.16	3.11	0.8%
07-Abr-92	14.5	394	6.89	88.7	45.7	24.3	45.0	24.0	7.0	3.3	12.0	3.75	3.82	-0.8%
14-May-92	16.5	423	7.09	88.7	45.7	33.0	45.8	22.0	7.4	3.9	13.0	3.94	3.80	1.7%
14-Jun-92	17.0	419	7.13	88.7	45.7	34.0	45.0	24.0	7.4	4.0	15.0	3.96	3.87	1.1%
21-Sep-92	20.0	383	6.72	74.5	38.1	22.9	38.0	22.0	5.8	4.0	15.0	3.20	3.33	-2.0%
23-Oct-92	17.5	405		81.6	38.1	23.0	41.0	24.0	6.0	4.2	14.0	3.40	3.58	-2.6%
29-Abr-93	14.5	480	7.24	113.6	45.7	39.0	58.8	28.0	6.5	4.3	16.0	4.76	7.60	1.7%

Nº Datos	24	24	18	24	24	24	24	24	24	24	10	24	24	24
Media	16.5	322.3	6.8	64.3	43.0	30.8	35.7	18.9	6.6	3.7	13.5	3.2	3.3	0.4%
Mínimo	13.0	156.0	6.3	17.0	15.3	10.0	12.0	12.0	3.0	2.0	10.0	1.6	1.5	-4.8%
Máximo	22.0	480.0	7.4	113.6	84.0	48.5	58.8	28.0	9.0	9.0	16.0	4.8	7.6	4.3%
Desv. típica	2.6	92.3	0.3	26.9	15.0	9.5	12.0	5.0	1.5	1.6	1.7	0.8	1.1	2.3%
Coef. variación	16%	29%	5%	42%	35%	31%	34%	27%	23%	43%	13%	24%	35%	648%

ANALISIS QUIMICOS DE LA PRECIPITACION

ESTACION 2: EL CAOSO

Fecha	Temper °C	Conductiv. microS/cm	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
02-Abr-90		80	18.1	8.9	18.0	7.0	4.0	2.4	3.0		1.59	0.78	34.4%
03-Nov-90			10.0	30.5	31.9	4.5	3.0	0.2	2.0		1.45	0.41	55.5%
11-Dic-90			5.7	23.0	5.3	4.0	2.0	0.3	1.1		0.65	0.33	32.9%
18-Ene-91	13.0	43	4.3	22.9	5.8	2.7	3.0	0.3	1.2		0.62	0.32	31.3%
11-Feb-91	13.0	56	8.9	30.5	6.6	3.4	2.0	0.7	1.9		0.89	0.35	43.0%
13-Mar-91	16.5	44	7.1	15.3	4.7	4.0	2.0	0.8	0.8		0.55	0.36	20.7%
11-May-91			7.1	38.1	8.9	4.0	2.0	0.6	0.6		1.01	0.34	49.8%
01-Oct-91	22.8	125	18.0	30.5	34.0	7.0	8.0	1.5	3.5		1.72	0.92	30.3%
14-Nov-91	17.2	35	7.1	19.1	6.0	2.6	2.0	0.8	0.4	1.7	0.64	0.29	37.6%
18-Dic-91	12.2	40	7	21.3	6.2	2.4	4	1.3	0.6	0	0.68	0.43	22.6%
21-Feb-92	9.0	73	6.2	38.1	7.0	3.3	3.0	0.5	3.1	0.5	0.95	0.41	39.1%
03-Abr-92	16.0	70	7.1	30.5	8.3	4.6	2.0	0.5	1.3	0.8	0.87	0.38	39.8%
13-May-92			12.4	38.1	14.0	4.0	2.0	0.4	1.0	0.2	1.27	0.33	58.4%
11-Jun-92	22.0	70	7.1	38.1	6.5	7.0	2.0	0.6	2.6	0.3	0.96	0.52	29.7%
14-Jun-92	19.0	44	6.2	19.1	12.0	3.0	3.0	0.5	0.7	0.2	0.74	0.34	37.0%
05-Oct-92	27.0	110	17.8	53.4	8.5	3.9	4.0	0.4	1.4	0.1	1.55	0.43	56.3%
18-Dic-92	11.5	122	10.7	30.5	9.7	5.5	4.0	0.8	4.6	1.3	1.00	0.62	23.6%
19-Ene-93	17.0	95	10.7	45.7	7.7	5.0	2.0	0.6	2.5	0.2	1.21	0.43	47.5%
18-Feb-93	16.5	150	7.1	61.0	13.9	5.0	4.0	1.1	9.2	1.3	1.49	0.74	33.4%
25-Mar-93	20.0	132	8.0	61.0	15.0	4.0	3.0	1.0	4.9	0.5	1.54	0.53	48.8%
30-Abr-93			8.9	53.4	22.2	4.7	7.0	0.9	2.1	1.0	1.59	0.68	39.9%
02-Jun-93	31.0	56	7.1	15.2	16.0	2.6	4.0	0.4	2.8	0.7	0.78	0.42	30.4%

Nº Datos	16	17	22	22	22	22	22	22	22	14	22	22	22
Media	17.7	79.1	9.2	32.9	12.2	4.3	3.3	0.7	2.3	0.6	1.1	0.5	38%
Mínimo	9.0	35.0	4.3	8.9	4.7	2.4	2.0	0.2	0.4	0.0	0.5	0.3	21%
Máximo	31.0	150.0	18.1	61.0	34.0	7.0	8.0	2.4	9.2	1.7	1.7	0.9	58%
Desv. típica	5.6	35.5	3.9	14.5	8.0	1.4	1.6	0.5	1.9	0.5	0.4	0.2	11%
Coef. Variación	32%	45%	43%	44%	65%	32%	48%	65%	83%	81%	35%	36%	28%

ANALISIS QUIMICOS DE LA PRECIPITACION

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

Fecha	Temper °C	Conductiv. microS/cm	Cl mg/l	CO3H mg/l	SO4 mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SiO2 mg/l	meq Aniones	meq Cationes	Error
24-Oct-89		50	5.3	22.9		4.0	4.0	3.6	1.0		0.52	0.70	-14.0%
01-Dic-89		50	10.7	7.6	15.0	6.0	2.0	1.2	1.0		0.74	0.49	20.6%
04-Abr-90		55	10.6	30.5	21.0	7.0	6.0	1.2	1.0		1.24	0.73	25.8%
09-May-90			8.9	15.2	34.0	6.0	23.0	1.0	0.6		1.21	1.51	-11.1%
10-Oct-90	27.0	130	25.0			12.6	7.5	0.8	2.5				
03-Nov-90			13.0	30.5	31.9	7.3	4.0	0.6	0.7		1.53	0.58	44.7%
12-Dic-90			8.5	15.0	6.0	5.0	12.0	1.0	0.3		0.81	0.91	-19.6%
19-Ene-91	15.0	35	5.7	15.2	5.8	2.0	23.0	0.6	0.3		0.53	1.29	-41.8%
12-Feb-91	11.4	48	12.4	15.2	6.5	4.7	20.0	0.4	0.2		0.73	1.24	-25.7%
14-Mar-91	19.0	43	8.9	22.9	2.9	5.0	2.0	0.3	0.2		0.69	0.35	32.8%
13-Abr-91	23.0	46	8.9	22.9	6.0	5.0	1.5	0.3	0.5		0.75	0.33	39.0%
09-May-91	20.0	41	8.9	24.4	8.1	5.0	1.0	0.5	0.3		0.82	0.32	44.3%
02-Oct-91	17.2	159	18.0	30.5	35.0	9.0	8.0	2.0	3.0		1.74	1.03	25.4%
02-Oct-91	21.0	117	18.0	22.9	30.0	8.0	12.0	1.3	1.0		1.51	1.08	16.5%
15-Nov-91	15.3	35	7.1	19.1	8.4	3.6	4.0	0.9	0.3	1.3	0.69	0.44	22.2%
19-Dic-91	8.0	46	8.5	21.3	6.6	3	3.2	0.8	0.3	0	0.73	0.36	33.2%
22-Feb-92	19.0	56	7.1	22.9	8.9	3.0	4.0	0.3	0.3	0.4	0.76	0.36	35.4%
03-Abr-92	15.0	65	11.5	19.1	9.2	7.0	3.0	0.5	0.4	0.7	0.83	0.51	23.9%
13-May-92			10.6	38.1	35.0	10.6	2.0	0.5	0.5	0.2	1.65	0.61	45.8%
14-Jun-92	16.0	67	10.6	22.9	10.0	6.0	4.0	0.7	1.3	0.3	0.88	0.55	23.0%
05-Oct-92	29.0	148	21.3	30.5	9.0	3.9	8.0	0.3	0.2	0.0	1.29	0.60	36.7%
19-Dic-92	20.0	56	11.9	22.9	7.7	5.0	4.0	0.3	0.2	0.1	0.79	0.45	27.5%
20-Ene-93	6.0	54	10.6	30.5	7.5	5.0	4.0	0.2	0.3		0.95	0.44	36.8%
20-Feb-93	22.0	60	7.8	22.9	9.8	4.2	8.0	0.3	0.2	0.0	0.73	0.61	8.7%
25-Mar-93	20.0	44	7.1	15.3	13.0	2.9	2.0	0.2	0.1	0.2	0.72	0.25	49.3%
27-Abr-93	20.0	80	11.5	22.9	12.0	6.4	4.0	0.4	1.2	0.8	0.95	0.54	27.3%
29-Abr-93	18.0	57	8.9	19.1	12.0	5.4	3.0	0.3	0.4	0.6	0.81	0.42	32.0%
02-Jun-93	30.0	52	8.9	22.9	15.5	3.0	4.0	0.2	0.8	0.5	0.95	0.37	44.2%

Nº Datos	21	24	28	27	26	28	28	28	28	13	27	27	27
Media	18.7	66.4	10.7	22.4	14.1	5.6	6.5	0.7	0.7	0.4	0.9	0.6	22%
Mínimo	6.0	35.0	5.3	7.6	2.9	2.0	1.0	0.2	0.1	0.0	0.5	0.2	-42%
Máximo	30.0	159.0	25.0	38.1	35.0	12.6	23.0	3.6	3.0	1.3	1.7	1.5	49%
Desv. típica	5.9	34.3	4.6	6.4	10.0	2.3	6.0	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	23%
Coef. Variación	31%	52%	43%	28%	71%	42%	92%	93%	98%	95%	36%	52%	109%

ANEXO IV: PERFILES DE HUMEDAD OBTENIDOS MEDIANTE
SONDA DE NEUTRONES



LISIMETRO A

HUMEDAD (% Peso)

Prof. cm	10-05-91	07-06-91	11-07-91	03-10-91	15-11-91	30-11-91	18-12-91	03-01-92	21-01-92	05-02-92	21-02-92	10-03-92	03-04-92	04-04-92	06-04-92	07-04-92
5	11.20	8.93	4.33	7.20	8.40				5.77		8.58					7.04
15	15.25	9.32	6.71	7.98	11.51	14.97	12.22	10.45	9.89	8.62	12.50	9.32	13.06	13.35	11.51	12.57
25	12.16	6.80	4.94	6.10	8.77	11.05	9.58	6.90	6.45	6.20	8.92	6.96	9.58	9.93	8.22	8.77
35	7.59	4.41	3.45	4.32	6.06	6.00	6.75	4.59	4.44	4.35	6.27	5.10	6.24	6.75	5.82	6.21
45	10.74	5.31	4.41	5.16	7.71	6.39	9.18	5.88	5.70	5.34	8.13	6.30	7.71	8.73	7.56	8.04
55	14.64	9.48	7.89	9.09	12.39	10.08	12.99	10.32	10.02	9.81	12.39	10.74	11.43	12.24	12.00	12.48
65	15.18	13.08	12.39	11.61	14.82	13.14	15.03	13.17	12.54	12.72	13.74	13.35	12.84	13.44	13.77	13.74
75	15.39	14.97	14.07	13.29	15.57	14.25	15.54	14.01	14.25	13.89	15.21	14.28	13.77	13.98	14.73	14.49

Prof. cm	08-04-92	15-05-92	12-06-92	08-08-92	18-09-92	05-10-92	21-10-92	24-10-92	12-11-92	19-12-92	29-12-92	20-01-93	19-02-93	26-03-93	27-04-93	29-04-93	08-06-93
5		2.30	6.05	0.52													
15	11.93	1.99	2.20	0.93	1.14	7.49	10.66	9.32	7.84	9.11	9.32	7.21	8.76	2.91	4.67	8.48	1.71
25	8.37	1.35	1.30	0.49	0.69	3.82	7.31	6.85	5.54	6.10	6.55	5.19	6.05	2.36	2.16	4.33	1.10
35	5.88	1.89	1.74	1.38	1.47	3.18	5.34	4.77	4.14	4.35	4.68	3.84	4.56	2.40	1.89	2.22	1.65
45	7.89	2.58	2.25	1.98	2.01	3.93	6.90	6.33	5.28	5.37	6.18	4.95	5.85	3.33	2.46	2.52	2.31
55	12.21	4.53	4.08	3.51	3.48	4.74	11.34	10.38	8.94	8.94	10.56	9.00	9.93	6.00	4.26	4.23	4.05
65	13.65	5.85	5.34	4.83	4.77	5.19	11.76	11.97	10.83	10.53	11.85	10.92	10.86	7.56	5.82	5.70	5.55
75	14.64	6.30	5.76	5.01	5.10	5.04	8.85	10.38	10.44	10.38	11.52	11.01	9.99	7.62	6.33	6.09	5.94

LISIMETRO B

HUMEDAD (% Peso)

Prof. cm	10-05-91	07-06-91	11-07-91	03-10-91	15-11-91	30-11-91	18-12-91	03-01-92	21-01-92	05-02-92	21-02-92	10-03-92	03-04-92	04-04-92	06-04-92	07-04-92	08-04-92
5		13.00					7.50				9.04					6.48	
15	15.91	10.52	7.54	6.73	8.42	12.93	10.11	8.74	8.10	7.78	10.52	8.26	10.92	11.48	9.39	10.35	9.55
25	14.27	9.87	5.48	5.92	8.70	10.04	9.87	6.92	6.87	6.42	9.09	7.48	10.04	9.76	8.37	9.32	8.59
35	9.59	5.78	3.91	4.44	6.24	6.21	7.65	5.06	4.67	4.50	6.53	5.12	7.13	7.42	6.11	6.40	6.01
45	13.52	6.70	4.24	4.93	8.01	6.34	10.18	5.81	5.52	5.55	8.50	6.14	9.32	9.49	8.11	8.24	7.78
55	16.54	10.93	6.86	7.75	12.73	9.22	13.69	9.13	8.83	8.54	12.37	10.11	13.29	13.46	12.08	12.34	11.95
65	17.06	16.77	13.03	12.70	16.37	14.47	16.54	14.64	14.08	13.75	15.85	14.73	15.92	15.92	15.49	15.46	15.49
75	17.13	17.75	15.36	14.67	17.13	15.65	17.13	16.01	15.16	14.96	15.95	16.08	15.75	16.01	15.95	16.05	15.69
85	17.65	17.82	16.97	15.33	17.65	16.47	17.56	16.44	16.41	16.34	16.77	16.67	15.92	16.34	16.24	16.54	16.54

Prof. cm	15-05-92	12-06-92	08-08-92	18-09-92	05-10-92	21-10-92	24-10-92	12-11-92	19-12-92	29-12-92	30-12-92	20-01-93	19-02-93	26-03-93	27-04-93	29-04-93	08-06-93
5	5.69	5.85	0.66									4.82					
15	3.03	2.47	0.86	0.78	6.73	9.07	7.54	6.25	7.70	7.86	9.71	6.65	7.78	3.43	4.88	8.58	1.42
25	3.03	2.25	1.02	1.08	4.64	7.65	6.53	5.86	6.64	6.81	8.54	5.98	6.92	4.25	3.19	5.70	1.36
35	2.70	2.11	1.58	1.55	3.29	5.35	4.76	4.21	4.70	4.89	6.04	4.44	4.93	3.78	2.17	3.29	1.52
45	3.68	2.53	1.94	1.98	3.62	6.90	5.85	5.06	5.52	6.04	7.45	5.26	5.91	4.63	2.57	3.16	1.88
55	7.09	4.21	3.29	3.29	4.70	9.98	9.16	8.08	8.77	9.32	11.09	8.47	9.81	7.88	4.47	4.67	3.71
65	13.16	6.67	5.62	5.55	6.34	13.78	13.32	12.05	12.60	13.91	14.44	12.87	13.75	12.50	8.34	8.27	6.37
75	14.37	7.09	6.31	6.08	6.63	13.42	13.23	12.64	12.54	13.88	14.80	13.82	14.08	13.46	10.18	9.91	6.83
85	15.23	6.67	5.98	5.68	6.08	10.90	11.85	11.91	11.78	13.29	13.95	14.24	14.21	14.47	11.03	11.00	6.44

ESTACION 4: PALACIO DOÑANA

HUMEDAD (% Peso)

Profund cm	21-09-9	05-10-9	20-10-9 11:00	20-10-9 13:00	20-10-9 17:00	21-10-9 13:00	22-10-9 16:30	23-10-9 15:00	13-11-9	19-12-9	30-12-9	20-01-9	20-02-9	25-03-9	27-04-9	28-04-9	29-04-9	02-05-9	04-06-9
5																			
15	0.41	-1.62	8.40	7.87	7.12	5.95	4.88	4.67	2.86	6.69	5.10	2.75	4.24	2.01	2.11	7.97	6.59	5.95	0.73
25	0.22	2.95	6.61	5.96	5.96	5.10	4.53	3.88	2.52	5.10	4.74	2.66	3.66	2.73	1.30	4.31	3.88	4.67	0.72
35	0.86	4.02	6.61	6.32	6.25	5.39	4.74	4.53	2.95	5.32	4.89	3.31	4.10	3.23	1.15	2.44	2.87	4.53	1.30
45	0.75	3.43	5.58	5.58	5.38	4.80	4.28	3.69	2.58	4.21	4.47	2.91	3.62	3.17	0.89	1.21	1.34	2.97	1.34
55	1.28	3.17	6.10	6.30	5.97	5.06	4.67	4.54	2.84	3.82	4.54	3.43	4.14	3.43	1.47	1.67	2.19	2.19	2.71
65	2.09	2.61	5.80	5.80	5.66	5.00	4.63	4.30	3.08	3.08	4.11	3.45	4.35	4.06	2.51	2.47	2.51	2.75	3.55
75	2.70	2.67	5.05	5.05	4.92	4.63	4.30	4.24	3.35	3.26	4.01	3.65	4.37	4.37	3.35	3.26	3.26	3.39	4.20
85	3.16	2.99	5.08	5.25	5.18	4.73	4.66	4.50	3.91	3.81	4.33	4.20	5.80	6.06	4.46	4.37	4.56	4.82	6.26
95	3.65	3.39	5.15	5.15	5.12	4.95	4.86	5.05	4.69	4.79	5.28	5.38	9.30	9.75	7.11	7.08	7.21	7.76	9.69
105	4.79	4.40	5.77	6.00	5.84	6.03	6.19	6.39	6.68	6.75	7.57	8.15	12.53	12.79	10.67	10.63	10.99	11.32	13.38
115	7.92	7.14	8.58	8.61	8.55	9.20	9.56	9.92	10.93	10.93	11.71	12.37	15.83	16.48	15.21	14.81	15.27	15.24	16.97
125	13.08	12.17	13.44	13.38	13.51	13.67	14.16	14.26	15.04	15.17	15.53	16.19	19.87	19.78	19.74	19.38	19.38	19.35	19.12
135	15.04	14.52	15.17	15.21	15.50	16.09	16.51	16.67	17.30	17.65	18.34	18.54	20.14	20.33	20.10	19.94	20.43	20.07	19.94
145	15.76	15.66	17.92	17.69	17.88	18.90	18.86	18.86	19.52	19.91	20.36	19.61	19.81		20.10	19.87	19.74	19.94	20.17

ESTACION 5: CORRAL LARGO

HUMEDAD (% Peso)

Prof. cm	10-05-91	02-10-91	16-11-91	30-11-91	19-12-91	04-01-92	21-01-92	06-02-92	22-02-92	11-03-92	03-04-92	04-04-92	06-04-92	07-04-92	08-04-92	14-05-92	13-06-92
10	1.8		1.8		1.8				2.9			3.3				1.3	4.1
20	1.9	2.8	2.0	6.7	2.9	1.8	2.0	1.7	3.5	2.1	5.0	3.9	3.3	4.5	2.9	2.8	3.4
30	2.5	3.8	2.7	3.6	3.2	2.5	2.5	2.3	4.6	2.8	5.7	4.3	4.0	4.3	3.6	2.6	3.3
40	3.3	4.6	3.3	3.1	4.0	3.0	3.0	2.8	5.2	3.3	6.4	5.5	4.3	4.5	4.0	3.8	3.3
50	3.4	4.2	3.3	3.0	4.4	3.3	3.1	2.9	5.0	3.7	6.3	5.4	4.9	4.3	4.1	3.8	3.2
60	3.5	3.5	3.5	3.0	4.7	3.3	3.1	3.1	5.2	3.6	6.3	5.8	5.2	4.3	4.3	3.7	2.9
70	3.5	2.8	3.4	3.1	4.7	3.5	3.0	3.1	4.3	3.8	6.0	5.4	5.3	4.4	4.3	3.8	3.1
80	3.4	2.6	3.3	3.2	5.1	3.3	2.9	2.9	3.9	4.0	6.0	5.5	5.3	4.6	4.6	3.9	3.1
90	3.3	2.7	3.3	3.2	5.0	3.6	3.2	3.1	3.1	4.1	5.6	5.5	5.4	4.8	4.6	3.6	3.3
100	3.2	2.8	3.4	3.2	4.7	3.4	3.4	3.3	3.1	4.0	5.1	5.6	5.2	4.8	4.7	3.5	3.2
110	3.3	2.9	3.3	3.1	4.9	3.7	3.4	3.4	3.2	4.1	4.0	5.6	5.3	4.8	4.5	3.8	3.3
120	3.4	3.0	3.5	3.2	4.8	3.9	3.5	3.2	3.3	4.3	3.8	5.3	5.4	4.8	4.6	3.9	3.4
130	3.4	3.2	3.4	3.2	5.0	3.9	3.6	3.4	3.1	4.3	3.8	5.3	4.8	5.0	4.7	4.2	3.5
140	3.3	3.2	3.3	3.4	4.9	4.0	3.8	3.2	3.2	3.9	3.6	5.1	4.9	5.0	4.7	3.8	3.4
150	3.3	3.3	3.6	3.5	4.9	3.9	3.6	3.4	3.5	4.1	3.6	4.6	4.8	4.6	4.4	3.7	3.4
160	3.2	3.1	3.5	3.3	4.6	3.9	3.5	3.3	3.2	3.7	3.5	4.3	4.8	4.5	4.2	3.7	3.1
170	3.3	3.0	3.4	3.4	5.2	4.1	3.5	3.4	3.4	4.1	3.6	4.6	4.9	5.1	4.7	4.1	3.6
180	3.2	2.9	3.5	3.6	5.4	4.2	3.7	3.4	3.5	4.2	3.9	4.7	5.0	5.4	4.9	3.9	3.4
190	3.4	3.0	3.6	3.6	5.6	4.2	3.9	3.6	3.4	4.2	4.1	4.8	4.9	5.6	5.1	3.9	3.6
200	3.4	3.1	3.6	3.4	5.6	4.2	3.7	3.5	3.3	4.3	3.8	5.0	5.3	5.7	5.3	3.8	3.4

ESTACION 5: CORRAL LARGO

HUMEDAD (% Peso)

Prof. cm	07-08-92	18-09-92	05-10-92	20-10-92	22-10-92	13-11-92	19-12-92	30-12-92	20-01-93	20-02-93	26-03-93	27-04-93	28-04-93	29-04-93	02-05-93	03-06-93	13-07-93
10																	
20	1.1	1.1	2.1	3.9	2.7	2.2	3.6	2.9	2.2	2.2	3.1	3.9	6.2	4.1	3.6	3.0	1.9
30	2.0	1.5	2.9	4.7	3.5	2.6	4.1	3.7	2.9	2.9	3.3	3.9	6.3	5.1	4.5	3.5	2.4
40	2.8	2.4	3.9	5.6	4.2	3.2	4.9	4.4	3.6	3.6	3.9	4.1	5.9	5.5	5.1	3.9	2.9
50	3.0	2.5	4.3	5.6	4.4	3.3	4.6	4.4	3.6	3.5	3.9	3.8	4.4	5.4	5.2	3.3	3.3
60	3.1	2.8	4.5	5.7	4.8	3.2	4.3	4.4	3.9	3.6	3.9	3.5	3.6	4.9	5.4	3.3	3.6
70	3.0	2.8	4.8	5.5	4.7	3.3	3.8	4.4	3.6	3.7	3.7	3.5	3.5	4.0	5.1	3.2	3.6
80	3.0	2.8	4.6	5.7	4.6	3.3	3.5	4.3	3.8	4.0	4.1	3.5	3.2	3.6	4.8	3.1	3.8
90	3.0	2.9	4.4	5.6	4.8	3.3	3.3	4.0	3.6	4.0	4.0	3.5		3.6	4.4	3.2	3.5
100	3.2	3.1	4.3	5.7	5.1	3.5	3.4	4.0	3.7	4.1	4.0	3.4	3.3	3.5	4.4	3.3	3.7
110	3.2	3.2	3.7	5.6	5.0	3.6	3.2	4.0	3.8	4.2	3.9	3.5		3.5	3.9	3.3	3.6
120	3.0	3.2	3.4	5.4	5.0	3.5	3.4	3.7	4.0	4.2	3.9	3.6	3.5	3.7	3.6	3.5	3.6
130	3.3	3.2	3.4	5.5	4.9	3.6	3.5	3.7	4.0	4.3	4.0	3.9		3.7	3.7	3.6	3.7
140	3.2	3.1	3.4	5.2	5.1	3.8	3.6	3.5	3.8	4.1	4.1	3.8	3.7	3.7	3.7	3.4	3.7
150	3.2	3.2	3.4	5.0	5.0	3.8	3.5	3.7	3.9	4.2	3.8	3.9		3.9	3.8	3.5	3.7
160	2.9	3.1	3.2	4.9	4.8	3.7	3.3	3.4	3.6	4.0	3.8	3.6	3.5	3.5	3.5	3.2	3.5
170	3.3	3.2	3.3	4.9	5.0	3.8	3.5	3.5	3.6	4.3	4.0	3.8		3.8		3.5	3.5
180	3.3	3.2	3.4	4.8	4.9	3.9	3.6	3.4	3.9	4.7	4.2	3.9	3.9	3.9	3.7	3.9	3.5
190	3.3	3.4	3.3	5.0	5.1	4.1	3.7	3.7	3.9	4.4	4.1	4.1		4.0		3.7	3.5
200	3.2	3.1	3.1	4.8	4.9	4.2	3.7	3.4	3.7	4.8	4.1	4.0	3.8	3.8	3.7	3.6	3.3