

## **“LA UTILIZACION AGRICOLA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN TORRE PACHECO” (Campo de Cartagena)**

*Carmerlo Conesa García \**

### **Demanda y dotaciones**

La demanda de agua de la agricultura de Torre Pacheco va extraordinariamente en aumento. Con el empleo cada vez más frecuente de las aguas del Trasvase Tajo-Segura, adicional a la explotación de los acuíferos, se inicia una etapa de profunda transformación en el terrazgo que nos ocupa, pasando de un secano-regadío tradicional a un regadío nuevo en constante expansión.

Aunque el grado de modernización de las técnicas agrícolas está elevándose de forma continua en los últimos años, lo cierto es que la adopción de técnicas destinadas a usar racional y económicamente el agua de riego ha sido bastante reciente. El riego por goteo practicado en extensiones de cítricos de La Hortichuela y Los Meroños, o el sistema de aspersión empleado en Torre Blanca, Sur de Balsicas y El Jimenado son procedimientos cuya introducción, más o menos generalizada, data de mediados de la última década, y más especialmente desde la puesta en marcha del Trasvase. El sistema tradicional de regadío, más común en el Campo de Cartagena, ha venido siendo el llamado riego «a pie guiado», consistente en empapar los surcos del abanacado. Sin embargo, este sistema, además de reducir las cantidades que, una vez drenadas, pueden utilizarse como residuales, no permite un buen aprovechamiento de tan preciado elemento, ya que con frecuencia se empapan los horizontes edáficos inferiores al Ap y A13, que son los propiamente agrícola-

---

(\*).—Becario de Investigación. Dep. Geografía Humana. Universidad de Murcia.

las, perdiéndose una importante fracción no absorbida por las raíces de las plantas. Por esta razón se explica que, hasta el momento actual, no haya primado un sentido de economía en la utilización agrícola del agua, habida cuenta sobre todo de:

a) la existencia, al cabo del año, de un largo período de detención bioagraria, motivada por la sequía del área, y por tanto la urgente necesidad de aportes adicionales.

b) la disponibilidad, desde antiguo, de una valiosa fuente explotable: los acuíferos subterráneos.

La demanda de agua subterránea para riego ha sido tal en el Campo Torrepachequero que, según las estimaciones de GOMEZ ANGULO, J.A. (1982)<sup>1</sup> y las nuestras propias<sup>2</sup>, ésta oscila entre 20 y 25 Hm.<sup>3</sup>/año en el período inmediatamente anterior a la llegada del agua del Trasvase.

Por otra parte, la dotación de las necesidades medias de agua de la superficie agraria de Torre Pacheco viene a significar unas 8 veces la media de España que establecen DEZERT y FRECAUT (1978)<sup>3</sup>:

#### CUADRO 1

##### Necesidades medias de agua para riego (expresadas en m.<sup>3</sup>/Ha/año).

Torre Pacheco y Campo de Cartagena.....	5.600 (1)
España.....	705 (3)

Según datos de la Cámara Agraria Local de Torre Pacheco, en el periodo 1976-1980 se regaban como promedio dentro del municipio unas 5.300 Has/año, de las que 5.236 lo hacían con agua subterránea y el resto con aguas residuales (véase el cuadro 2). Durante dicho período, las aguas de pozo han permitido regar del 95 al 98 por ciento del total de tierras regadas, porcentaje que ha empezado a disminuir a partir de 1980, como consecuencia del creciente empleo de agua trasvasada. A raíz de ello se han producido cambios muy notorios, incluso en lo que afecta a ordenaciones de cultivos, ya que se está modificando la estructura de alternativas tradicionales, en virtud de las cuales la superficie regada con agua subterránea venía dedicándose casi exclusivamente a cultivos tolerantes a las sales: forrajeros, industriales (algodón y pimiento para pimentón), hortofrutícolas (melón de año, sandía) y hortalizas (habas, alcachofas...).

#### CUADRO 2

##### Superficies en regadío según cultivos y fuentes de agua explotadas en el campo de T. Pacheco antes del Trasvase.

(Los valores expuestos expresan el promedio de Has regadas/año durante el periodo 1976-1980).

	Superficie en regadío, con agua:		
	Subterránea	Residuales	Total
Cereales.....	958	12	970
Cultivos forrajeros.....	735	9	744
Cultivos industriales (algodón y pimiento para pimentón).....	988	12	1.000

	Superficie en regadío, con agua:		
	Subterránea	Residuales	Total
Huerta baja (aire libre).....	2.466	30	2.496
Hortofruticultura de invernadero y cultivos en plástico <sup>4</sup> .....	89	1	90
Cultivos de riego.....	5.236	64	5.300

Elaboración propia; FUENTE: Ministerio de Agricultura y Cámara Agraria Local de Torre Pacheco.

En cuanto al volumen de la demanda de agua subterránea, éste ha sido determinado multiplicando el número de Has regadas por el número de m.<sup>3</sup> que se considera como dotación media necesaria para cada Ha. Este método es válido relativamente, puesto que no todos los propietarios registran el total de Has que riegan anualmente; sin embargo, permitirá valorar la enorme disparidad de dotaciones/Ha existente entre los distintos sectores y resaltar la importancia de la demanda de agua subterránea en comparación con las residuales.

### CUADRO 3

#### Dotaciones medias y demandas de agua para riego, antes del Trasvase (Término de T. Pacheco) (año 1974-75).

	Dotación media (m. <sup>3</sup> /Ha/año)	Demanda de agua (m. <sup>3</sup> /año)
Agua subterránea.....	5.200	27.227.200
Aguas residuales.....	5.600	332.800
<b>TOTAL</b> .....		<b>27.560.000</b>

Elaboración propia.

Nota: el dato sobre la dotación media asignado a las superficies regadas difiere del que apunta GOMEZ ANGULO (1982) y está basado en criterios propios, de acuerdo con la dotación media prevista por el I.R.Y.D.A. para las Zonas Regables del Campo de Cartagena.

El volumen medio de agua de pozo empleado en el riego de una hectárea es de 4.700 m.<sup>3</sup>/año, cantidad que no refleja en absoluto la explotación real de que está siendo objeto. De hecho, en casi todos los pozos se está extrayendo agua en una cuantía muy superior a la mínima necesaria para que se produzca crecimiento vegetativo (mínima que puede evaluarse en unos 1.840 m.<sup>3</sup>/Ha/año)<sup>5</sup>. Ahora bien, como la gran mayoría de las tierras de regadío se dedican a cultivos herbáceos muy exigentes en agua, su demanda es igualmente fuerte, llegando a situarse por encima de los 5.000 m.<sup>3</sup>/Ha/año, por lo que, en muchos casos, a pesar de sobreexplotarse los acuíferos, el volumen empleado no satisface las necesidades agrícolas en su totalidad.

La explotación más intensa se da en San Cayetano, Este de Camachos, Hoya de Meroño y Sureste de Balsicas, donde frecuentemente se emplean más de 7.000 m.<sup>3</sup>/Ha/año. En el resto de Camachos, Torre Blanca, Oeste de Balsicas, Roldán y Torre Pacheco la explotación es de 4.000 a 7.000 m.<sup>3</sup>/Ha/año, mientras que en un área más extensa que comprende Los Pardos (Este del Cabezo Gordo), Los Saurines y La Almazarica (situados en La Hortichuela), el Noreste de Balsicas y ciertos sectores de Dolores de Pacheco, generalmente se extraen cantidades que van de los 2.500 a los 4.000 m.<sup>3</sup>/Ha/año.

De cualquier manera, para comprender mejor el aumento que está experimentando las disponibilidades y la demanda de agua para usos agrícolas, es necesario diferenciar las situaciones del regadío antes y después de la llegada del Trasvase:

### Situación del regadío, antes de la llegada de las aguas de la primera fase del Trasvase<sup>6</sup>

#### a) Disponibilidades:

Explotación de recursos subterráneos.....	6	Hm. <sup>3</sup> /año
Explotación de reservas subterráneas.....	14	Hm. <sup>3</sup> /año
Utilización de aguas de escorrentía mediante boquera.....	5	Hm. <sup>3</sup> /año
Utilización de las aguas residuales.....	0,25	Hm. <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	25,5	Hm. <sup>3</sup> /año

#### b) Demandas agrícolas:

Regadío de 5.300 Has., distribuidas del siguiente modo:

5.236 Has. con aguas subterráneas.....	27,23	Hm. <sup>3</sup> /año
64 Has. con aguas residuales.....	0,33	Hm. <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	27,56	Hm. <sup>3</sup> /año

De la comparación entre las demandas agrícolas y las disponibilidades se deduce que, a nivel municipal, el volumen de demandas estaba parcialmente insatisfecho, existiendo un déficit de 2,31 millones de m.<sup>3</sup> al año.

### Después de la llegada de la primera fase del trasvase

De acuerdo con los diversos datos oficiales procedentes de Adaro, Confederación Hidrográfica del Segura e I.R.Y.D.A., y estimaciones propias, la situación en el municipio, una vez que se disponga de todas las aguas de esta primera fase, será la siguiente:

#### a) Disponibilidades:

Explotación de recursos subterráneos.....	6	Hm. <sup>3</sup> /año
Explotación de reservas subterráneas: 2 alternativas:		
Disminución de las extracciones subterráneas en un 30 por ciento <sup>7</sup> .....	8,6	Hm. <sup>3</sup> /año
Mantenimiento de las extracciones subterráneas.....	14,0	Hm. <sup>3</sup> /año
Utilización, por boquera, de las aguas superficiales.....	5,0	Hm. <sup>3</sup> /año
Aguas del Trasvase - 1. <sup>a</sup> fase.....	33,0	Hm. <sup>3</sup> /año
Utilización de las aguas residuales.....	0,5	Hm. <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	53,1-58,5	»

#### b) Demandas de agua para uso agrícola:

Regadíos tradicionales mejorados de 3.445 Has.....	17,9	Hm. <sup>3</sup> /año
Regadío tradicional de agua de pozo (1.855 Has).....	9,5	Hm. <sup>3</sup> /año
Nuevos regadíos del Trasvase (5.633 Has).....	29,3	Hm. <sup>3</sup> /año
TOTAL.....	56,7	Hm. <sup>3</sup> /año

La demanda agrícola de agua del Trasvase podrá ser satisfecha con los nuevos regadíos, sin embargo continuará existiendo un desequilibrio entre las necesidades medias y el volumen medio de agua subterránea empleado por hectárea y año, lo que supone que alrededor de 2.860 Has., de las 5.300 que en 1975 utilizaban el agua de pozo, serán convertidas en regadíos mejorados y emplearán el agua del Trasvase para cubrir las necesidades parcialmente no satisfechas por el regadío tradicional.

#### CUADRO 4

##### Relación de pozos abandonados durante el período 1975-1981

Pozos abandonados	Causa principal del cese de la explotación
* Número 9	Mala calidad del agua.
37	Mala calidad del agua.
45	Mala calidad del agua.
50	Presencia de arena.
53	Excesivo contenido en sales por la no cementación del sondeo.
67	Sustitución por agua del Trasvase.
69	Escasa rentabilidad.
78	Mala calidad del agua.
81	Sustitución por agua del Trasvase.
112	Sustitución por agua del Trasvase.
113	Sustitución por agua del Trasvase.
119	Agua de mala calidad.
120	Sustitución por agua del Trasvase.
123	Hundimiento.
124	Sustitución por agua del Trasvase.
127	Sustitución por agua del Trasvase.
140	Sustitución por agua del Trasvase.
145	Sustitución por agua del Trasvase.
153	Contaminación del agua por tirar animales al pozo.
154	Hundimiento.

Elaboración propia, sobre la base del registro de pozos y sondeos efectuados por la E.N. Adaro.

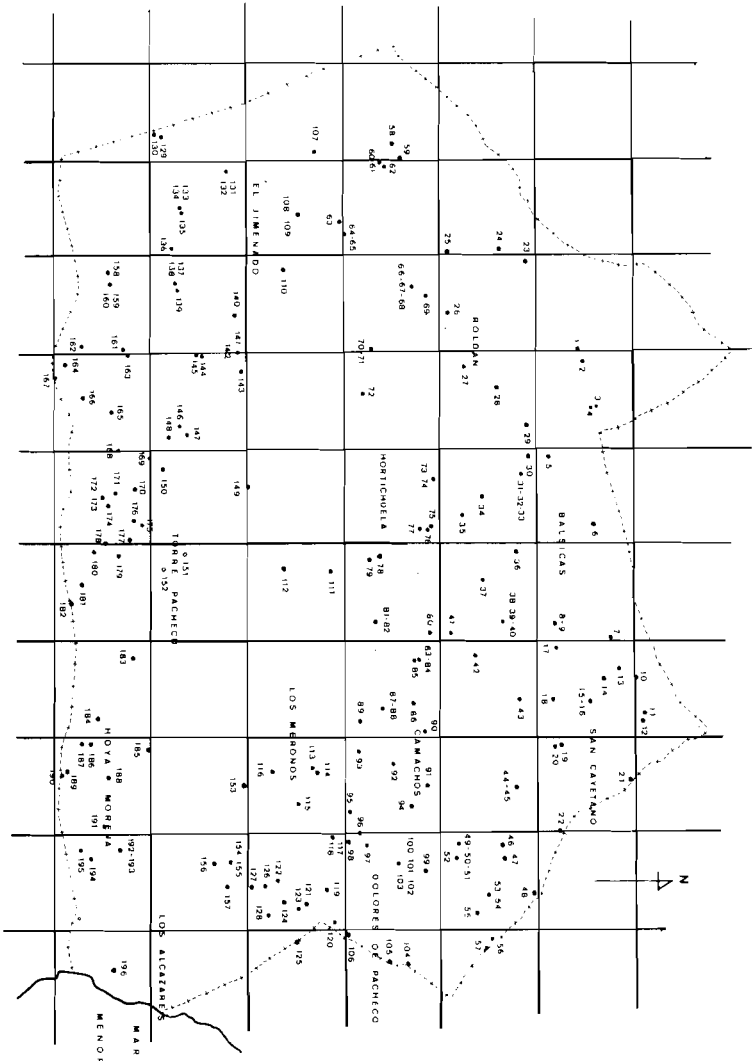
NOTA: el número asignado a cada pozo se corresponde con el que figura en el mapa 1 de localización de puntos de agua. La interpretación de los datos referidos a las áreas regadas con agua del Trasvase (apartado 1.2.) y la que se desprende del cuadro 4 constituyen una prueba más de las importantes transformaciones impuestas por los nuevos regadíos.

Las disponibilidades explotadas para hacer frente a las demandas se incrementarán en un 54 por ciento, pasando de 25,5 Hm.<sup>3</sup>/año en 1974-75 a 56 Hm.<sup>3</sup>/año tras la utilización de todas las aguas de la primera fase del Trasvase. Consideración que puede hacerse, aun admitiendo que el volumen de extracción de agua subterránea se está reduciendo extraordinariamente en los últimos años y que el número de pozos abandonados en el período 1975-81, etapa de proyectos, obras y empleo de los primeros caudales importados, supera los 20, tal como muestra el cuadro anterior.

Actualmente no existe un control riguroso sobre el empleo de los caudales trasvasados, ni tampoco se conoce con exactitud la superficie total que se beneficia de ellos. Esto se debe, no sólo a que hay sectores hidráulicos todavía en obras, sino también a la instalación de sistemas de elevación en una estrecha franja, al Norte del Canal Principal, que bombea el agua hacia áreas no incluidas en el Plan General de Transformación de zonas regables del Campo de Cartagena<sup>8</sup>. Se trata de una superficie discontinua de unos 150 a

**MAPA 1. INVENTARIO DE LOS PUNTOS DE AGUA DEL MUNICIPIO DE TORRE PACHECO. (AÑO 1975)**

MAPA DE LOCALIZACION



COMPOSICION Y ELABORACION PROPIAS  
 - Informacion de la E. N. Adaro sobre el inventario de pozos y sondeos del Campo de Cartagena (Año 1975)

ESCALA GRAFICA  
 5 Km.

400 m de anchura, que se extiende a lo largo de 14 Km. en la margen derecha del canal principal de conducción.

El cuadro 5 nos señala su orden de importancia en comparación con los sectores incluidos en el Plan, en tanto que en el mapa 2 se representa su situación y extensión.

CUADRO 5

**Superficie bruta regable por el Trasvase en el Término de T. Pacheco (1.ª fase)**

Distribución de superficies por sectores hidráulicos (en Has).

	Riego por gravedad	Riego por aspersión	Riego por elevación
Sector IV (*).....	1.180	116	—
Sector V (*).....	745	—	—
Sector VI.....	1.204	514	—
Sector VII.....	2.062	—	—
Sector VIII.....	1.106	698	—
Sector IX.....	1.453	—	—
Sector marginal situado al N del Canal Principal.....	—	—	540

FUENTE: I.R.Y.D.A. y elaboración propia.

(\*) Parte del sector incluida en el municipio.

En cuanto a una posible recarga de los acuíferos por mediación de las aguas trasvasadas, no hay hasta el momento ningún proyecto oficial ni por parte del I.R.Y.D.A. ni por la Confederación Hidrográfica del Segura (MO-PU). En cualquier caso, puede asegurarse que existe una alimentación suplementaria procedente de la infiltración de las aguas del Trasvase. Su cálculo es realmente difícil, pero si se toma como hipótesis que el porcentaje de infiltración del agua trasvasada es algo mayor al del agua de lluvia (expresada en términos de escorrentía), valorándolo en un 17 por ciento respecto al total de agua del Trasvase disponible en el municipio<sup>9</sup>, tal infiltración suplementaria podría cuantificarse en torno a los 6,5 millones de m.<sup>3</sup>/año.

Los agricultores de Torre Pacheco, y general los del Campo de Cartagena se preguntan: ¿qué sucederá con las aguas subterráneas al explotarse el agua del Trasvase? ¿subirán los niveles de los pozos? ¿convendrá mezclar el agua del Trasvase con la de pozo? Existe, en definitiva, un especial preocupación por conocer de qué forma afectará a las capas freáticas la importación de aguas del Tajo.

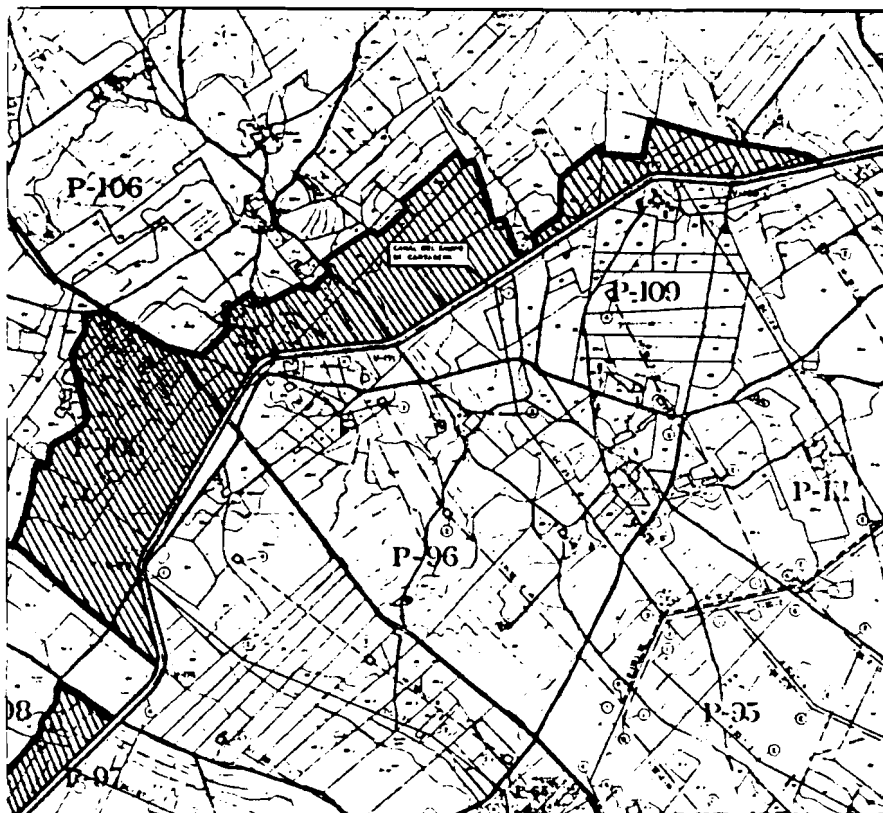
En el presente, las obras se hallan en una primera fase de realización y puesta en marcha, por lo que resulta difícil responder a todas estas cuestiones y mucho más pretender una cuantificación de la parte que alimentará a los acuíferos. Además, existen variables (coeficiente de infiltración, relaciones hidráulicas entre acuíferos, conducta de los explotadores...) que impiden establecer valoraciones objetivas al respecto.

**Calidad de las aguas subterráneas y conducciones para su utilización en el riego**

Todo estudio hidrogeológico de una cuenca, si se concretiza en un siste-

## MAPA 2

Tierras de nuevos regadíos no integrados en el Plan de Zonas Regables. Diputación «La Hortichuela».



Escala: 1/22.000



— Áreas regadas por elevación del agua del Canal Principal.  
— Elaboración.

ma acuífero subterráneo, lleva intrínseca una relación clara entre la calidad de las aguas, en este caso del subsuelo, y la naturaleza físico-mineralógica de las rocas que atraviesa. Se establece, en consecuencia, una estrecha dependencia entre flujo hídrico y formación geológica que vincula el estado físico y constitutivo del agua, según el tipo de material con el que toma contacto. Esta acción es mayor conforme se incrementa la temperatura y presión a que el agua está sometida, y crece también con la capacidad de disolución de los materiales que forman el terreno y con la duración de su contacto con el líquido. De igual modo, influye la acción, aunque menos intensa, de organismos vivos, pudiéndose hablar entonces de una calidad biológica del agua, determinable en función de la relativa proporción en que aparecen bacterias, virus, hongos, insectos, gusanos...



Como los cultivos son el principal destinatario de las aguas que subyacen bajo el suelo de Torre Pacheco, deberá abordarse el estudio de su calidad en virtud de aspectos de interés particularmente agrícola: la temperatura de estas aguas y su diferencia con la del medio ambiente, las materias que llevan en suspensión, la dureza, la posible patogeneidad de ciertos organismos en ellas contenidos y, sobre todo, su composición química.

### **Calidad biológica**

En lo que se refiere a la contaminación biológica de las aguas para riego, son bien pocas las normas generales que podrían aplicarse a un análisis de esta naturaleza. Biológicamente, los límites de tolerancia en la utilización del agua son amplios, aunque en último término pueden fijarse por la nocividad de los organismos ya referidos. Estos pueden producir daños a las plantas y hacer disminuir el rendimiento de los cultivos.

En el caso concreto de Torre Pacheco las aguas de pozo se dedican, en un porcentaje muy elevado, a cultivos hortícolas, en los que toman contacto directo con sus partes comestibles, y es necesario que rijan las mismas normas de calidad que para el consumo humano, sobre todo cuando, como ocurre la mayoría de las veces, son productos para consumir en fresco.

### **Calidad física: el estado térmico del agua**

Suele estar relacionado con la profundidad en que se encuentra el nivel de aguas subterráneas, obedeciendo así al influjo que, sobre ellas, ejerce la Ley de gradación geotérmica. Además, existen a nivel del Campo de Cartagena fenómenos eruptivos que pueden condicionar e incluso justificar el geotermismo observado en algunas áreas o lugares puntuales de esta comarca.

Por cuanto se refiere a su uso para riego, ha de considerarse, no la temperatura absoluta del agua, sino más bien su relación con la temperatura ambiental. En cualquier caso, la temperatura del agua debe estar entre los límites tolerables para los cultivos, tal como en términos generales y adecuándose a la zona climática templada han establecido diversos investigadores, entre ellos los españoles MURCIA VIUDAS (1967) y ARENAS CUEVAS (1972)<sup>10</sup>. Estos autores preconizan para dichos climas no regar a temperaturas inferiores a 7 u 8°C, ya que pueden «resfriar» a los cultivos y entorpecer su desarrollo vegetativo, ni tampoco a temperaturas altas, superiores a 30/40°C, que resultan perjudiciales para ciertas especies. Agrológicamente, la temperatura ideal de las aguas de riego está entre los 12 y 18°C, pudiéndose hacer extensiva a 29°C.

En el municipio de Torre Pacheco las aguas de pozo son bombeadas a la superficie con temperaturas que generalmente oscilan entre 10 y 50°C, tal como nos muestra el cuadro 6.

Con este tipo de agua no existe riesgo alguno inducido por temperaturas inferiores al umbral mínimo establecido, de modo que determinadas plantas, como los naranjos, los limoneros y los cultivos herbáceos hortícolas, muy sensibles a las aguas excesivamente frías, no encuentran en su uso ninguna limitación por insuficiencia térmica.

CUADRO 6

Temperaturas del agua al salir a la superficie

	10 - 20°C	20 - 35°C	35 - 50°C
Número de pozos del municipio.....	161	23	8

Datos de Adaro y elaboración propia.

Cuadro de cuya información se deduce que el 82,1 por ciento de los pozos del Término bombean el agua en condiciones térmicas excelentes para su utilización directa en el riego. Es más, de los 31 puntos restantes, existen 23 que, pese a registrar la influencia de procesos geotérmicos, no extraen el agua a más de 35°C, temperatura en breve rebajada por la relativa rapidez con que se produce su enfriamiento natural, y que permite su empleo sin grandes riesgos para el cultivo.

Sólo hay un área específica con temperaturas bastante elevadas; me refiero a los puntos localizados en las tierras que se alinean en torno al Eje del Cabezo Gordo, en la franja de transición entre el dominio de los freáticos del Plioceno Superior y los del Inferior, y muy particularmente en la misma periferia del Cabezo, en que los sondeos llegan al sustrato bético tomando contacto con los acuíferos triásicos y permotriásicos. Este área engloba a las pedanías de Balsicas, San Cayetano y Camachos (cuadro 7).

En Camachos, que constituye las tierras situadas inmediatamente al Sur del Cabezo Gordo, es donde se registran las mayores temperaturas del agua extraída (entre los 30 y 51°C). Le sigue el sector Nordeste y Este del Cabezo (San Cayetano), en que la temperatura varía entre los 25 y 40°C. En ambos lugares, la alta temperatura del agua al salir del pozo no es inconveniente para su utilización en el riego, ya que se dispone de balsas en las que se tiene durante un cierto tiempo, dejando que las temperaturas más bajas de la noche enfrien el agua y pueda ser empleada sin perjuicios para las plantas. Este es un hecho muy localizado, propio de algunos puntos de Camachos, en los que sólo el agua que sale a más de 40°C se deja enfriar durante una noche, aunque a veces, en invierno, se distribuye a las parcelas inmediatamente después de ser bombeada.

CUADRO 7

Pozos con temperatura del agua estrechamente vinculada al geotermismo.

Distribución del número de pozos con T.<sup>a</sup> del agua entre:

PEDANIA	20 - 35°C	35 - 50°C
Balsicas.....	4	0
San Cayetano.....	3	1
Roldán.....	0	1
Camachos.....	4	5
Hortichuela.....	0	1
Los Meroños.....	1	0
Dolores de Pacheco.....	4	0
El Jimenado.....	2	0
Torre Pacheco.....	1	0
Campana.....	3	0
Hoya Morena.....	1	0
<b>Municipio.....</b>	<b>23</b>	<b>8</b>

Elaboración propia.

En el cuadro que sigue se indica la relación que existe entre la ubicación de estos 31 pozos con agua caliente y su situación relativamente próxima al Alto del Cabezo Gordo.

CUADRO 8

**Temperaturas a que sale el agua de pozo según la proximidad del acuífero a estructuras geológicas complejas**

Ubicación del acuífero	Porcentaje de pozos con temperaturas del agua entre:			
	10 - 20°C	20 - 30°C	30 - 40°C	40 - 50°C
Próxima al Complejo Bético: Eje del Cabezo Gordo . . . . .	4,1	3,6	7,2	1,5 ‰
En áreas de fuerte espesor neógeno (x) muy por encima del sustrato bético	80,1	2,5	1,0	0,0 ‰
En el área de estudio . . . . .	84,2	6,1	8,2	1,5 ‰

(\*) Potencia superior a los 1.200 metros.

BASE para el cálculo porcentual: un total de 196 puntos de agua, circunscritos al municipio en 1975.

- Cálculo y elaboración propios, tomando como base 3 fuentes:
- Los cortes geológicos del área realizados por el Dr. en Ciencias Geológicas *Rodríguez Estrella, T.*, de la E.N. Adaro (1982).
- Los datos de aguas de pozo obtenidos en la misma empresa.
- Los cortes geoelectríficos del Campo de Cartagena, efectuados por el Instituto Geológico y Minero de España (1976).

Información que puede completarse haciendo intervenir otros parámetros de igual relevancia, como son el tipo de sistema acuífero captado y la profundidad de su techo y nivel piezométrico, aplicados en relación con los 31 puntos donde se constatan las mayores temperaturas.

De dicho análisis se infiere que:

a) El agua caliente subterránea es captada principalmente del Plioceno Inferior, pues, aunque el número de captaciones del Plioceno Superior es bastante significativo, muchas de ellas están ligadas a sondeos que captan los niveles inferiores, en los que reinan temperaturas mayores.

b) Las temperaturas del agua superiores a los 30°C suelen proceder de acuíferos cuyo nivel piezométrico se sitúa por debajo de los 100 metros de profundidad.

Por lo que se refiere al aprovechamiento de este agua caliente, es de destacar que en 1975 se regaban con ella unas 344 Has, destinadas principalmente a melones, habas, alcachofas, pimientos y algodón, y en menor escala a alfalfa y forrajes.

Hoy día, esta superficie ha disminuido sustancialmente, pero no por causa de la termicidad del agua, que incluso puede aprovecharse como energía en invernaderos, sino por el empleo cada vez más sistemático de las aguas del Trasvase. En 1982 continuaban regándose con aquel tipo de agua unas 250 Has, dedicadas en gran proporción a cultivos horticolas en acolchado, invernaderos y túneles de plástico.

## Calidad química del agua subterránea

La determinación de las propiedades químicas del agua extraída del subsuelo es de vital importancia para conocer hasta qué punto puede ser utilizable en la satisfacción de las necesidades de un área concreta. En el Campo de Torre Pacheco estas necesidades son fundamentalmente agrícolas y, aunque para ello el agua no requiere un tratamiento de adecuación al consumo tan rígido como en la destinada a abastecimiento urbano, en muchas ocasiones exige una regulación de las proporciones de sus componentes (especialmente de cloruros y sulfatos), de la que depende el desarrollo óptimo o no de numerosas especies.

Hasta el momento se han realizado múltiples análisis de hidroquímica, referentes al área en estudio, de los que más adelante se dará debida cuenta. Hay que destacar, respecto a ellos, que, puesto que en la mayoría de los sondeos no se han efectuado cementaciones que aislen los niveles impermeables o escasamente permeables, resulta difícil atribuir los resultados analíticos a un nivel permeable determinado. En consecuencia, esta información debe recogerse, en algunos casos, con ciertas reservas, ya que en ellos se trata de dar una caracterización general y orientativa de la calidad de las aguas de pozo actualmente explotadas en el Término.

En este sentido, se indica a continuación la calidad del agua de los acuíferos en que ha podido ser analizada por los equipos técnicos de Adaro<sup>11</sup>, distinguiendo entre:

a) Un acuífero cuaternario, con índices de salinidad muy variados, que oscilan entre 2 y 6 gr/litro. Son aguas que van del tipo cloruradas-sulfatadas mixtas a las cloruradas-sódicas. En la actualidad, apenas se explotan por ser acuíferos muy salinos y de poca importancia.

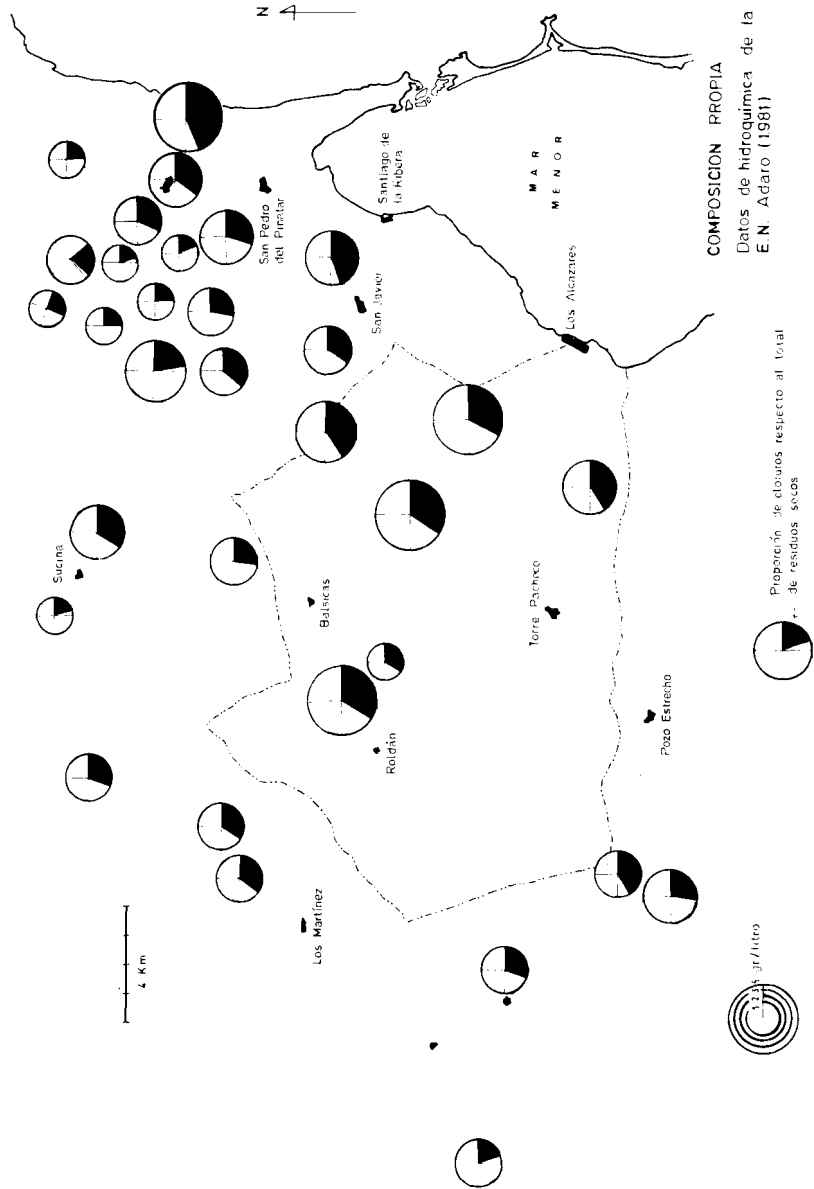
b) Un acuífero plioceno superior, cuyo contenido en sales (de 2 a 4 gr/litro) suele estar influenciado por las arcillas y margas yesíferas que componen el techo del acuífero, al no hallarse éste cementado en ningún caso. Son aguas cloro-sulfatadas mixtas que, durante mucho tiempo, han sufrido una explotación obligada, tanto por ser un recurso hídrico casi exclusivo como por la enorme tradición agrícola de Torre Pacheco, siempre orientada a cultivos que toleran bien sus aguas de pozo.

c) Un acuífero plioceno inferior, en que la salinidad oscila entre 1 y 2 gr/litro, aunque puede ser mayor en áreas próximas al Mar menor (Los Alcázares, Torre Rame y Hoya Morena). Al igual que las anteriores, se trata de aguas cloro-sulfatadas mixtas. Dado su ligero contenido en sales, en los últimos años se estaba intensificando su captación mediante la cementación de los niveles superiores; no obstante, en los sectores que actualmente se benefician del agua del Tránsito, más barata y de mejor calidad, dicha explotación está dejando ya de ser rentable.

Sin embargo, quizá sea la representación cartográfica el medio que mejor nos permita conocer cómo se distribuyen las áreas con distintos contenidos de salinidad en las aguas subterráneas. Baste con ver el mapa 3 de salinidad total de los diversos puntos de agua.

De los numerosos puntos de agua en que ha sido estudiada su composición química, se han seleccionado 3 para el municipio de Torre Pacheco que, si bien no son representativos de la calidad de sus aguas subterráneas en ge-

**MAPA 3. MAPA DE SALINIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS**



neral, sí reflejan en cambio algunos de los puntos del Término que presentan contenidos en sales netamente diferentes. Ello permitirá establecer, para el período 1977-1979<sup>12</sup>, una red de control de la calidad química del agua en otros pozos con composiciones similares.

En la elección de estos 3 puntos ha primado fundamentalmente la distancia que separa a unos de otros, suficiente como para que pertenezcan a sistemas acuíferos distintos y atraviesen series margo-yesosas de espesor también diferente:

El primero (número 195)<sup>13</sup>, que se sitúa próximo al Mar Menor, junto a la desembocadura de la rambla del Albuñón, no señala indicio alguno de intrusión marina, pero sí una salinidad muy elevada, ya que en el mes de enero alcanza los 7 gramos por litro, como consecuencia de un mayor hidrodinamismo del acuífero en esa época, y de las intercalaciones de arcillas y margas yesíferas que se producen en las capas permeables del Cuaternario, único acuífero captado por dicho sondeo.

Los otros 2 sondeos existentes en la red son el número 10<sup>13</sup>, localizado en Casas de Llano (Los Triviños de Balsicas) y el número 152<sup>13</sup>, en la localidad de Torre Pacheco, siendo la salinidad total del 2,4 y 1,8 gr/litro respectivamente.

El cuadro 9 expresa las proporciones en gramos/litro de cada uno de los componentes químicos del agua, que se viene extrayendo en los pozos 10, 152 y 195, así como otras características que contribuyen a determinar su condición como agua útil o no para el riego: pH, conductividad eléctrica y dureza total.

Desde el punto de vista de las condiciones de agua para su aplicación al riego interviene, junto a la composición química del agua utilizada, la de disolución del suelo al que afecta<sup>14</sup>.

En el sistema radicular de las plantas existe una cantidad de cationes, en relación directa con la proporción de elementos disueltos del suelo. La interpretación de su análisis dará a conocer: a) el tipo de catión que interviene en las sales, y b) las modificaciones químicas que alteran el equilibrio de cationes.

Para el primer aspecto, habrá que señalar a grandes rasgos las posibilidades que sobre la vida vegetal tiene cada tipo de catión en condiciones normales, según apuntan MURCIA VIUDAS (1967) y ROBAUX (1970)<sup>15</sup>:

—El contenido normal de potasio en las aguas subterráneas es beneficioso para el desarrollo vegetal.

—El calcio favorece en general el crecimiento de las plantas.

—La presencia de sales de magnesio y sodio resulta perjudicial, ya que aumenta la presión osmótica de las soluciones existentes en el suelo, al tiempo que disminuye su permeabilidad.

Acerca del segundo aspecto debe considerarse que:

—Un exceso en la concentración de sulfatos puede paralizar la absorción de calcio e incrementar la porción de sodio y potasio absorbida por la planta.

—El ión bicarbonato actúa sobre la absorción y metabolismo de elementos nutritivos.

—Los suelos salinos, y en particular los salinos sódicos, modifican también la composición química normal de las plantas.

CUADRO 9

**Tabla sobre hidroquímica de las muestras número 10**  
(Los Triviños de Balsicas), 152 (localidad de Torre Pacheco)  
y 195 (Extremo Sureste de Hoya Morena)

Muestra	N.º 10(1)	N.º 10(2)	N.º 152(3)	N.º 195(4)	N.º 195(5)
—pH.....	7,3	6,9	8,10	6,2	5,7
Conductividad eléctrica (milimohos/cm a 25°C)...	3,46	4,21	3,584	7,279	10,052
Sólidos disueltos.....	2,486	3,113	3,308	—	—
Dureza total, en grados franceses.....	85,0	108,3	92,0	—	—
Cloruros, expresados en Cl <sup>-</sup> (gr/l).....	0,575	0,717	0,568	2,485	2,943
Sulfatos, expresados en SO <sub>4</sub> (gr/l).....	0,632	0,880	0,750	2,400	2,500
Carbonatos, expresados en CO <sub>3</sub> (gr/l).....	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos, expresados en CO <sub>3</sub> H (gr/l).....	0,500	0,525	0,528	0,530	0,505
Calcio (gr/l).....	0,210	0,256	0,184	0,472	0,585
Magnesio (gr/l).....	0,079	0,108	0,110	0,602	0,500
Sodio (gr/l).....	0,475	0,608	0,435	1,150	1,600
Potasio (gr/l).....	0,015	0,019	0,016	0,015	0,018
R.A.S. ....	7,09	8,03	31,10		
Clasificación según sali- nidad e índice de sodio (D.W. THORNE y H.B. PETERSON).....	C4-S2	C5-S3	C6-S3		

(1).—Muestra remitida por el Centro de Capacitación Agraria de Torre Pacheco al Laboratorio Agrario Regional de Levante, Valencia (Ministerio de Agricultura). Fecha de la toma: marzo de 1978.

(2).—Fecha de toma de la muestra: enero de 1979.

(3).—Muestra analizada por la Sección de Química Analítica del C.E.B.A.S., fecha de la toma: febrero, 1977.

(4).—Hidroquímica de la muestra 195, efectuada en septiembre de 1978.

(5).—Hidroquímica de la muestra 195, efectuada en enero de 1978.

—Fueres concentraciones de potasio impiden la absorción de ciertas cantidades de magnesio necesarias para mantener el equilibrio de cationes.

Por cuanto se refiere a a la toxicidad, ésta puede deberse a un efecto directo de los iones sobre las células de las plantas; o por impedir dichos iones la absorción de otros nutrientes en función de una mayor selectividad para la absorción osmótica en la zona radicular (por ejemplo, interferencias en la absorción del ion potasio por parte del sodio, que en alto porcentaje puede determinar la presencia en el suelo de carbonato sódico o álcali negro, difícilmente desplazable).

La finalidad geográfica del presente trabajo obliga a no detenernos en estas consideraciones agronómicas, aunque sí debemos tenerlas en cuenta para determinar el grado de salinidad de las aguas subterráneas del municipio, catalogarlas, según sectores, como útiles o no para el riego y estudiar la gran adecuación que, por su tolerancia o las sales, tienen los cultivos del área con respecto a las aguas de pozo. Cabe apuntar pues para el Término en estudio que:

—En las aguas de pozo de Torre Pacheco predomina el sodio entre todos los cationes, con contenidos por litro que suelen oscilar entre los 440 y 1.600 miligramos. Si a ello unimos las cantidades de magnesio, generalmente comprendidas entre 100 y 400 mg/l, se comprueba que son aguas con fuerte contenido en sales de magnesio y sodio<sup>16</sup>, que resultan perjudiciales para las plantas, ya que contribuyen a incrementar la presión osmótica de las soluciones existentes en el suelo y a disminuir su permeabilidad.

Igualmente significativos son los porcentajes de sodio «encontrado» y de sodio «posible» contenidos en el agua, para cuyo cálculo se ha aplicado la fórmula de EATON (1950):

$$\text{—Porcentaje de sodio encontrado} = \frac{\text{Na}^+ \times 100}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+}$$

—Porcentaje de sodio posible =

$$\frac{\text{Na}^+ \times 100}{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+) - (\text{CO}_3^{--} + \text{CO}_3\text{H}^{--})}$$

Dichos porcentajes se han obtenido sobre la base de un total de 56 muestras que, analizadas en conjunto, han dado los siguientes resultados:

—Sólo el 37,5 por ciento de los pozos del municipio tienen aguas con un porcentaje de sodio «encontrado» inferior al 50 por ciento del total de cationes, aguas que son por tanto utilizables sin grandes riesgos de sodificación.

—La mayor parte de los pozos del Término (el 58,5 por ciento) extraen aguas cuyo porcentaje de sodio real se halla entre el 50 y el 66 por ciento, es decir que pueden considerarse, siguiendo los criterios de MURCIA VIUDAS (1967), como aguas salinas de posible utilización para cultivos moderada y altamente tolerables a la sal.

—Para el 4 por ciento de pozos restante, las aguas son de mala calidad y encierran grave peligro para la gran mayoría de cultivos que de por sí son vulnerables ante concentraciones relativas de sodio superiores al 66 por ciento. Son aguas prácticamente inutilizables para el riego.

—Debido al contenido relativamente alto de estas aguas en iones de bicarbonato, existe la tendencia del calcio y del magnesio a precipitarse en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Conforme va produciéndose esta reacción, las concentraciones de calcio y magnesio se van reduciendo, aumentando así la proporción relativa de sodio. En consecuencia, cabe esperar que el porcentaje de pozos con aguas de muy mala calidad se eleve por encima del 4 por ciento, al ser mayor el número de puntos cuyas aguas tienen concentraciones de sodio «posible» superiores al 66 por ciento (CHAPMAN, H. y PRATT, P., 1973)<sup>17</sup>.

Otros parámetros para determinar la calidad química del agua: conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio (R.A.S.).

La concentración total de sales solubles en las aguas de riego, para fines de diagnóstico y clasificación, puede expresarse en términos de conductividad eléctrica. Un suelo se considera salino cuando la conductividad de su ex-



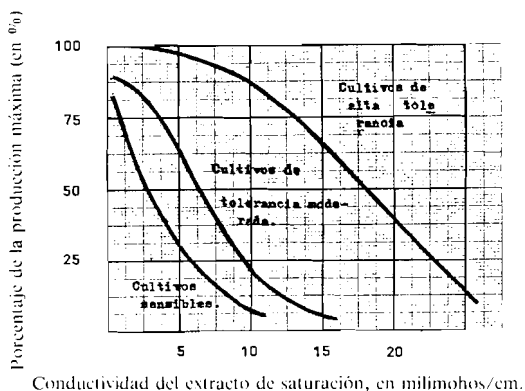
tracto de saturación es mayor de 4 milimohos/cm o 4.000 micromohos/cm<sup>18</sup>. Por debajo de este umbral las cosechas obtenidas suelen ser satisfactorias, salvo en algunas ocasiones.

Aproximadamente el 80 por ciento de los pozos del municipio tienen aguas con conductividades eléctricas superiores al citado umbral, y aunque existen condiciones topográficas favorables al drenaje superficial, ello se traduce en una salinización de los suelos que son regados con aguas subterráneas moderada y altamente salinas. Únicamente los cultivos más tolerantes a las sales se pueden desarrollar bien al ser regados con este tipo de agua.

En la figura 1 se muestra los niveles de producción vegetal máxima posible según la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo. Su composición está basada principalmente en los datos que figuran en el Boletín número 60 del Departamento de Agricultura de E.U.A. y en la interpretación que de ellos hace GARCIA LOZANO, F. (1981)<sup>19</sup>.

Figura 1

**Relación general entre producción de cultivos y salinidad del suelo**



COMPOSICION DE GARCIA LOZANO, F. (1981)

Habida cuenta de que las aguas de pozo se destinan en Torre Pacheco a cultivos de tolerancia moderada (pimiento, guisantes, alfalfa, avena) y alta (alcachofa, melón, cebada y algodón), y puesto que la conductividad eléctrica de dichas aguas se sitúa frecuentemente entre 5 y 10 milimohos/cm., el porcentaje de la producción máxima variará, de acuerdo con estas condiciones, de 25 a 72 por ciento para cultivos de resistencia media y de 87 a 97 por ciento para plantas de alta tolerancia.

Muy significativos en este sentido son los cuadros, expuestos a continuación, que representan los niveles de tolerancia de los distintos cultivos actualmente adoptados en el Término. El cuadro 10 hace referencia a los niveles de resistencia a la salinidad (máximo y mínimo) de todos los cultivos practicados en el área en 1981, y el cuadro 11, quizá más significativo, pone en relación el nivel de tolerancia máxima de los cultivos de riego predominantes y la extensión que éstos ocupan, tomando como referencia las estadísticas sobre superficies de cultivo de 1976 y 1981, facilitadas por la Cámara Agraria Local de Torre Pacheco. Para la determinación de los umbrales de tolerancia a

las sales, expresados en ambos cuadros, se han utilizado los datos del Boletín número 60 del Departamento de Agricultura de E.U.A., así como los obtenidos por el doctor León Bernstein, publicados en el Boletín del mismo Departamento con el título «Salt tolerance of Plants».

CUADRO 10

**Tolerancia relativa a la salinidad de los cultivos actualmente practicados en Torre Pacheco**

Alta tolerancia	Tolerancia media	Baja tolerancia
<b>ARBOLES FRUTALES</b>		
$EC_e \times 10^3 = 18$ máximo — palmera datilera	$EC_e \times 10^3 = 10$ máximo — higuera — olivo	$EC_e \times 10^3 = 5$ máximo — almendro — nispero — limonero
$EC_e \times 10^3 = 10$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 5$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 3$ mínimo
<b>HORTALIZAS</b>		
$EC_e \times 10^3 = 13,5$ máximo — melón — sandía — alcachofa	$EC_e \times 10^3 = 11$ máximo — tomate — pimiento — coliflor — lechuga — patatas — zanahorias — guisantes — habas	$EC_e \times 10^3 = 4$ máximo — apio
$EC_e \times 10^3 = 10$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 4$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 3$ mínimo
<b>CULTIVOS FORRAJEROS</b>		
$EC_e \times 10^3 = 18$ máximo	$EC_e \times 10^3 = 12$ máximo — alfalfa — trigo (heno) — avena (heno)	$EC_e \times 10^3 = 4$ máximo
$EC_e \times 10^3 = 12$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 4$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 2$ mínimo
<b>CEREALES</b>		
$EC_e \times 10^3 = 16$ máximo — cebada (grano)	$EC_e \times 10^3 = 10$ máximo — trigo (grano) — avena (grano)	$EC_e \times 10^3 = 4$ máximo
$EC_e \times 10^3 = 10$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 6$ mínimo	$EC_e \times 10^3 = 2$ mínimo
<b>CULTIVOS INDUSTRIALES</b>		
$EC_e \times 10^3 = 16$ máximo — algodón — pimiento para pimentón		
$EC_e \times 10^3 = 10$ mínimo		

Elaboración propia.  $EC_e \times 10^3 =$  conductividad eléctrica en milimohos/cm.

Cuadro del que se desprende que más del 75 por ciento de las especies cultivadas son mediana y altamente resistentes a las sales, con umbrales máximos de tolerancia siempre superiores a los 10 milimohos/cm. de EC y que el 21,4 por ciento de ellas resultan sumamente resistentes, pudiendo soportar

conductividades eléctricas de 13,5 a 16 milimohos/cm., como es el caso de la sandía, el melón, la alcachofa, la cebada y el algodón.

CUADRO 11

**Relación entre la tolerancia máxima a las sales de los principales cultivos de riego del municipio y su superficie ocupada.**

CULTIVOS	(1) EC <sub>e</sub> × 10 <sup>3</sup> máxima tolerable	(2) Superficie ocupada (expresada en Has.)	
		1976	1981
<b>HORTALIZAS</b>			
— Melón .....	13,5	2.000	1.390
— Guisantes .....	11,0	930	340
— Habas .....	7,5	700	835
— Alcachofas .....	13,5	—	280
— Pimiento .....	11,0		
— Sandía .....	14,0	70	125
— Tomate .....	7,5		
		Invernadero	
<b>CEREALES</b>			
— Trigo .....	10,0	109	60
— Cebada .....	16,0	493	127
— Avena .....	10,0	44	13
<b>CULTIVOS FORRAJEROS</b>			
— Alfalfa .....	12,0	700	490
— Maíz forrajero .....	12,0	30	—
— Sorgo (sorghum) .....	12,0	104	—
<b>CULTIVOS INDUSTRIALES</b>			
— Pimiento para pimentón .....	11,5	330	350
— Algodón .....	16,0	390	600

Elaboración propia.

1.—La tolerancia máxima a las sales se expresa en términos de conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo a 25°C, dando el resultado en milimohos/cm.

2.—Los datos de superficie ocupada por cada tipo de cultivo corresponden a los que establece la Cámara Agraria Local para los años 1976 y 1981.

Este cuadro nos confirma, sin embargo, que en el corto período de 6 años (1976-81), empieza ya a notarse una disminución de las tierras dedicadas a cultivos altamente resistentes al agua salina de pozo, quizá por la posibilidad de regar con mejores aguas. El cultivo del melón, muy tolerante a la salinidad del agua de riego, que cubría en 1976 unas 2.000 Has., ha quedado reducido en 1981 a 1390 Has., y lo mismo ocurre con la extensión ocupada por los cereales, tanto en el caso de los medianamente tolerables (el trigo y la avena) que pasan de cubrir 153 Has. en 1976 a significar 73 Has en 1981, como en los muy resistentes (la cebada) que en el mismo período ven reducida su superficie a una cuarta parte.

Por su parte, las plantas forrajeras, cultivadas durante mucho tiempo en el municipio, y del mismo modo en el Campo de Cartagena, experimentan también en estos años un cierto declive. Son cultivos que toleran bien las aguas salinas, pero que pierden terreno en beneficio de otros, regados con agua del Trasvase, ante los que se abren mayores posibilidades de mercado (cítricos y legumbres).

A nivel municipal, la superficie dedicada a cultivos forrajeros en 1981 suponen sólo el 59 por ciento de la que se destinaba en 1976, no produciéndose ya en la actualidad ni maíz forrajero ni sorgo («sorghum»), en tanto que las tierras plantadas de alfalfa, aproximadamente unas 490 Has. constituyen en 1981 el 10,6 por ciento del total de tierras de regadío, frente al 12 por ciento alcanzado en 1976.

### **RELACION DE ADSORCION DE SODIO (R.A.S.)**

El peligro de sodificación que entraña el empleo de un agua de riego se halla determinado por las concentraciones absoluta y relativa de los cationes. Si la proporción de sodio es alta, será mayor el riesgo de sodificación y, al contrario, éste será menor si predomina el calcio y el magnesio.

Al principio del presente apartado, se calculó la proporción relativa del sodio con respecto a otros cationes en el agua de riego, proveniente de pozos, siendo expresada en términos del porcentaje de sodio soluble. Sin embargo, como bien señala CHAPMAN, H. (1973), la relación de adsorción de sodio (R.A.S.) en una solución del suelo, se relaciona con la adsorción de sodio<sup>20</sup> y, en consecuencia, puede usarse como «índice de sodio» o del «peligro de sodificación que tiene dicha agua». Esta relación se expresa en:

$$\text{R.A.S.} = \text{Na}^+ \sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}/2)}$$

en la cual, Na, Ca y Mg representan las concentraciones en miliequivalentes por litro de los iones respectivos<sup>21</sup>.

Según las normas Riverside, adoptadas en «Diagnosis and improvement of saline and alkali soils» USDA. Handbook número 60, la relación de adsorción de sodio se considera baja si el índice es inferior a 10; media, entre 10 y 18; alta, de 18 a 26; y muy alta, si supera el valor 26. De acuerdo con esto, la mayoría de pozos del Término (alrededor del 65 por ciento) tienen aguas con bajo peligro de sodificación y se reparten de forma intercalada en toda su extensión, aunque con menor intensidad en el área de Camachos. El 32 por ciento presenta, en cambio, un riesgo medio de sodificación y afecta a puntos de agua que se localizan en Lo Sierra (San Cayetano), Finca Los Meroños (Roldán), La Maraña, Camachos, Los Rocas Viejos, Los Meroños, Campana y la localidad de Torre Pacheco. Sólo un 3 por ciento de los pozos tienen en sus aguas un peligro francamente alto de sodificación, lo que hace considerarlas como «inutilizables para el riego» (Molino de Los Garres y Los Rizados).

### **Clasificación de las aguas subterráneas, según normas de calidad para su empleo en el riego**

Como criterios de clasificación de la calidad química de estas aguas, se han manejado las Normas Riverside (USDA), L.V. Wilcox (USDA) y H. Greene (FAO), entre las que merecerán especial atención las primeras, que han sido establecidas en razón de su salinidad (C) e índice de sodio (S).

—LAS NORMAS L.V. WILCOX ponen en relación el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica del extracto de

saturación, expresada en micromohos/cm. a 25°C. En el gráfico de la figura 2 se nos ofrece el número de puntos de agua del municipio que, según tales normas, quedan comprendidos en cada grupo de calidad del agua:

— Excelente a buena . . . . .	0	por	ciento	de	pozos.
— Buena a pasable . . . . .	2	»	»	»	»
— Pasable a dudosa . . . . .	15	»	»	»	»
— Dudosa a inutilizable . . . . .	44	»	»	»	»
— Inutilizable . . . . .	39	»	»	»	»

—LAS NORMAS H. GREENE fijan la calidad de las aguas sobre la base de parámetros similares a los de Wilcox, aunque en lugar de expresar la variable salinidad en términos de conductividad eléctrica lo hace en miliequivalentes por litro. Tampoco disecciona la gama de calidades en 5 categorías como hace aquél, sino que simplifica el modelo basándose en 3 clases:

- Agua de mala calidad
- Agua de calidad regular
- Agua de buena calidad

EL MODELO RIVERSIDE ha tenido mayor aceptación que los dos anteriores, siendo adoptado por un gran número de autores en los últimos años: MURCIA VIUDAS (1967), ARENAS CUEVAS (1972), CHAPMAN, H. y PRAT, P. (1973).

Para la clasificación de las aguas subterráneas de este municipio, he dado preferencia a los criterios que se derivan de este modelo, ya que en su elaboración se combinan conjuntamente dos de las variables que mejor determinan la calidad química del agua: la relación de adsorción de sodio, en el eje de ordenadas, y la conductividad eléctrica en el de abscisas. Se establece así una amplia gama de clases de calidad, que son explicitadas de manera particular en diversos trabajos de agronomía (consúltense algunas obras de los autores arriba mencionados<sup>22</sup> y que van desde la C1-S1 a la C6-S4. No me detendré en su descripción, pero sí haré mención de aquéllas en las que se engloban las aguas de pozo del Término, concretamente las clases C4-S1, C5-S1, C5-S2, C6-S1 y C6-S2, como queda representado en el gráfico de la figura 4.

De acuerdo con las normas RIVERSIDE, las aguas de pozo del municipio pueden agruparse en 3 grandes categorías:

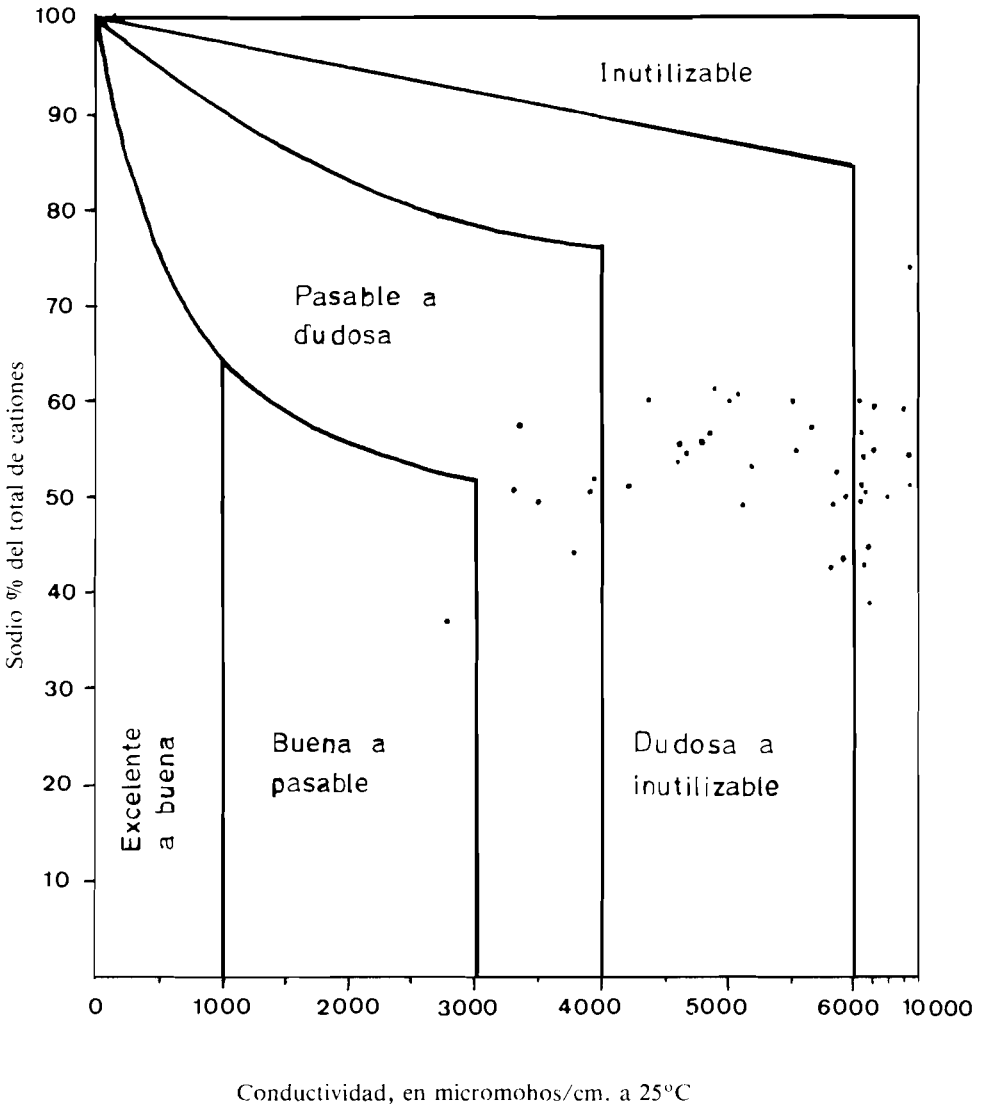
- aguas de calidad regular a mala,
- aguas de calidad mala,
- aguas inutilizables para el riego.

### 1. Aguas de calidad regular a mala

Que comprenden las aguas calificadas C4-S1 y C5-S1, con las que riegan el 42,5 por ciento de los pozos. Son aguas de salinidad alta y muy alta, no apropiadas para el riego, excepto en condiciones excepcionales, como las que existen en Torre Pacheco: permeabilidad de los suelos, que en su mayor parte son calciorthids, buen drenaje por el carácter continuado de su pendiente topográfica y la práctica de cultivos muy resistentes a las sales. Estas aguas se dan en numerosos puntos de Balsicas, Norte de San Cayetano, Este del Cabezo Gordo («Capellanes», «Los Pardos» y «Casas Los Ibáñez), Los Corta-

Figura 2

**Gráfico de frecuencias sobre la calidad de las aguas de pozo del municipio (NORMAS L.V. WILCOX)**



Composición propia.

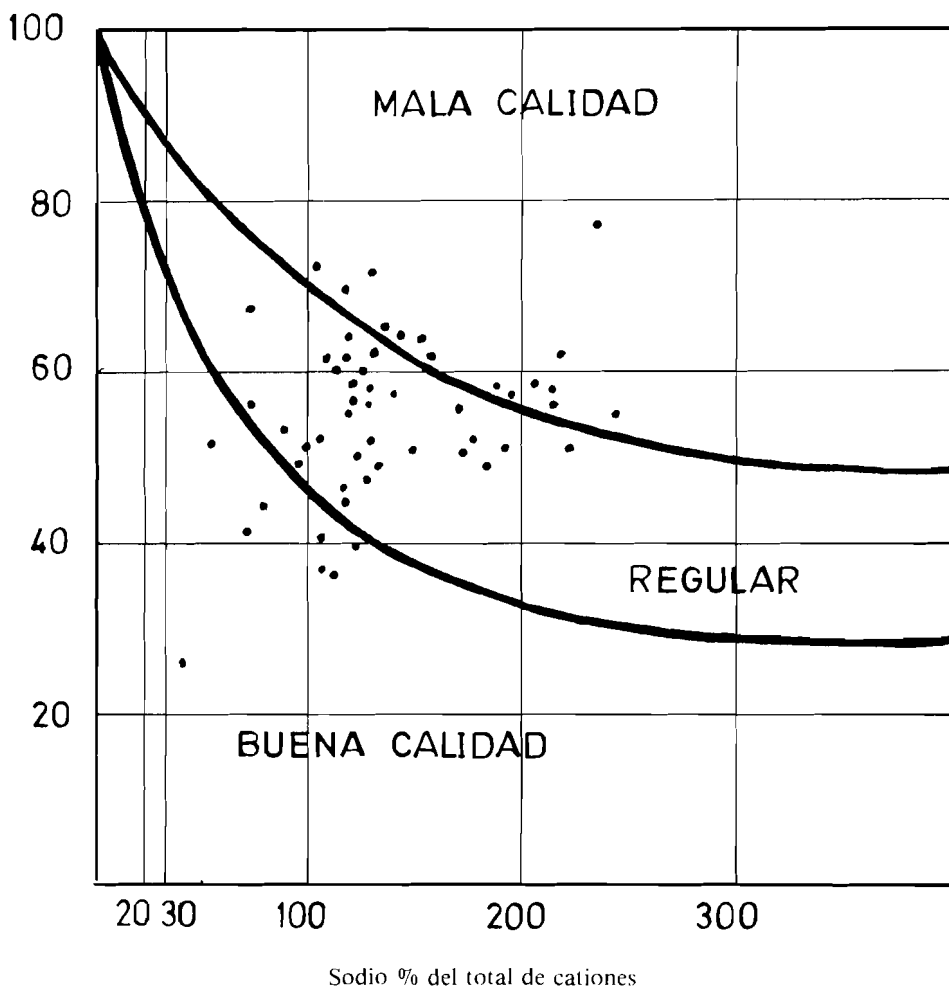
Modelo adaptado de «The quality of water for irrigation use» U.S.D.A. Tech Bull. Número 962.

Nota: cada punto del diagrama se corresponde con un pozo del municipio, para el que se ha determinado la calidad química de sus aguas.

La figura 3, representa la frecuencia de puntos cuyas aguas se engloban en cada clase de calidad. Los resultados, según el modelo GREENE, indican que el 15 por ciento de los pozos de Torre Pacheco extraen agua de buena calidad; el 57 por ciento, de calidad regular; y el 28 por ciento restante, de mala calidad.

Figura 3

Diagrama de frecuencias sobre la calidad de las aguas de pozo del municipio (NORMAS H. GREENE)



Sales, en miliequivalentes/litro.

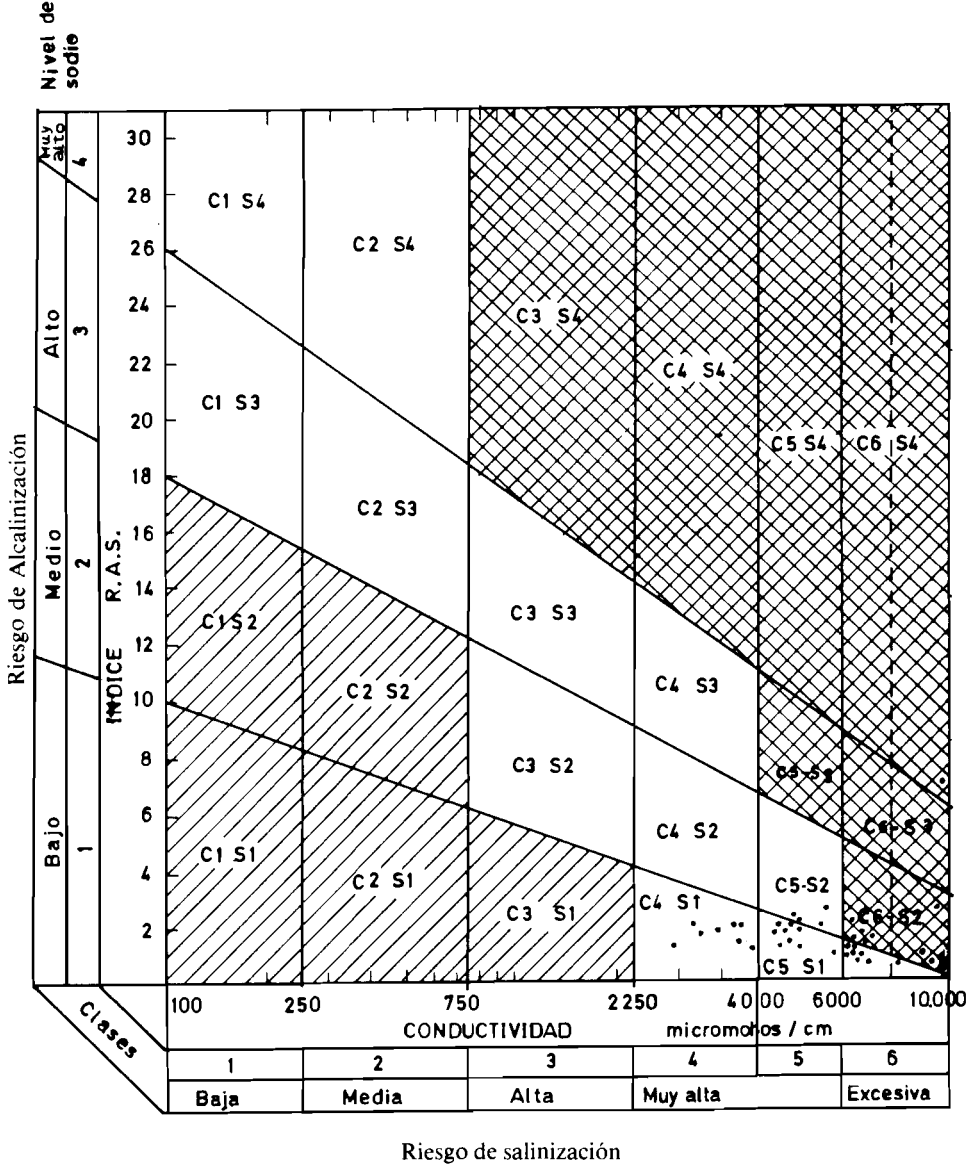
Composición propia.

—Modelo adaptado de: «Utilisation des terres salines». H. Greene, F.A.O.

Figura 4

**Diagrama de frecuencias sobre la calidad de aguas de pozo del municipio (NORMAS RIVERSIDE)**

—Modelo adaptado de «Diagnosis and improvement of saline and alkali soils» U.S.D.A. Handbook. Número 60.





dos y Santa Rosalía. Los 2 primeros sectores no han sido afectados por la primera fase del Trasvase, de modo que continúan utilizando aguas subterráneas en el riego. En el resto de las tierras se lleva a cabo un uso complementario entre los dos tipos de aguas: las de pozo y las del Trasvase.

## **2. Aguas de calidad mala**

Que incluye las aguas calificadas C6-S1 y C5-S2. Las primeras (C6-S1) afectan a un 20 por ciento de los pozos; no plantean problemas por su contenido en sodio, relativamente bajo, pero sí por su excesiva salinidad, que las hace inadecuadas para el riego.

Las aguas C5-S2, pertenecientes a un 10 por ciento de pozos, muestran una salinidad muy alta, aunque tolerable por muchas de las especies cultivadas en el Término; su contenido en sodio es mediano, y, por tanto, afecta a las condiciones físicas de los suelos de Torre Pacheco, generalmente de textura fina o arcillosa (con enorme capacidad de intercambio de cationes). Sus valores más elevados pueden afectar a los árboles frutales sensibles al sodio.

Se reparten intercaladamente por todo el Término: Sur de San Cayetano, algunos pozos de La Maraña, Lo Ferro, Los Saurines, Rocas Nuevos (El Jimenado), Los Rizados, Sur del Albardinal y Sureste de Hoya Morena.

De todo este área, solamente San Cayetano, Lo Ferro y El Jimenado mantienen una ordenación de cultivos similar a la de décadas anteriores; y continúan adoptando los cultivos de riego propiamente tradicionales del municipio: melón, pimiento, habas, cebada, algodón y alfalfa, ya que no pueden disponer de mejores aguas, al no ser afectados por las obras de la primera fase del Trasvase.

## **3. Aguas inutilizables para el riego (C6-S2)**

Suponen el 27,5 por ciento del total de aguas de pozo, porcentaje que comprende gran número de pozos recientemente abandonados, así como otros que dan riego a cultivos de tolerancia máxima a la salinidad (sandía, cebada y algodón), pero que tienden a disminuir sus caudales explotados en virtud de las nuevas ordenaciones de cultivos que de hecho está implicando el empleo de aguas de mejor calidad. Ello se debe a que son puntos de agua distribuidos dentro del sector municipal regado por el Canal Principal del Trasvase y sus derivaciones: Camachos, excepto su extremo más oriental, Oeste de Dolores de Pacheco («Casas San Martín» y «Los Rizos»), gran parte de Los Meroños, Oeste de Campana, localidad de Torre Pacheco y Hoya Morena.

## NOTAS

1.—Conferencia de GOMEZ ANGULO, J.A.: «Las aguas subterráneas y el Trasvase. Incidencia en el Campo de Cartagena», presentada el 29 de enero de 1982. Ciclo de Conferencias «Trasvase y Campo de Cartagena», patrocinado por la Escuela Universitaria Politécnica de Cartagena.

2.—Cálculos que resultan de dividir el volumen total extraído anualmente de los distintos pozos del municipio por el número de Has. que se riegan con ellos. Fuente de información: inventario de pozos y sondeos de Adaro, referidos a la hoja 955 del topográfico Nacional, escala 1/50.000.

3.—Consúltese a DEZERT, B. y FRECAUT, R. (1978): *L'économie des eaux continentales. Aménagement et environnement*. Editions SEDES. Paris, p. 29, Tabla IV sobre las necesidades medias de agua de la agricultura europea.

4.—Entre los cultivos en plástico se incluyen las hortalizas bajo túneles de plástico y las propias de «invernaderos» en que se mantienen condiciones exclusivamente naturales.

5.—Cifra que se obtiene de relacionar el volumen de agua mínimo necesario para que exista crecimiento vegetativo durante todo el año en la totalidad del área municipal (evaluado en unos 34 Hm.<sup>3</sup> tras aplicar la metodología de MONTERO DE BURGOS y GONZALEZ REBOLLAR [1974](\*) y la extensión de las tierras regables en el Término (18.500 Has).

(\*) MONTERO DE BURGOS y GONZALEZ REBOLLAR (1974): *Diagramas Bioclimáticos*. ICONA. Ministerio de Agricultura. Madrid, 379 p.

6.—Datos referidos a 1975. Elaboración propia sobre la base informativa de Adaro y del I.R.Y.D.A.

7.—Ritmo de disminución recomendado por Adaro: aproximadamente el doble del porcentaje de reducción que han experimentado las extracciones durante el período 1975-1981.

8.—Plan aprobado por decreto del 24 de mayo de 1974. En el artículo 2.º correspondiente a las direcciones del Plan queda recogida la delimitación de la Zona Regable Oriental, a la que pertenece el municipio en estudio. Todos los sectores de regadío descritos en el texto se hallan situados al Sur del Canal Principal de conducción del Campo de Cartagena.

9.—El porcentaje de agua infiltrada es de 10,1, según resulta de relacionar los 6 Hm.<sup>3</sup> de recursos anuales subterráneos con los 58,87 Hm.<sup>3</sup>/año de agua meteórica caída en el territorio o cuenca receptora.

—Respecto al total de agua del Trasvase utilizable en el Término, se adopta un 17 por ciento de agua infiltrada, ya que se trata de una agua aplicada en el riego de forma lenta y continuada y no en las condiciones naturales de escorrentía del caso anterior.

10.—MURCIA VIUDAS, A. (1967): *Aguas subterráneas*. Ministerio de Agricultura. Madrid, p. 276.

—ARENAS CUEVAS, M. (1972): *Aspectos de la utilización de aguas para riego*. Tomo 4. Dirección Técnica del Servicio de Hidrogeología, p. 89.

11.—Interesantes notas al respecto nos las ofrece el INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO DE ESPAÑA (1980), en su obra: *Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Baja del Segura y áreas costeras de Alicante* (1.º informe). Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Véase en concreto el capítulo V, referido al sistema acuifero del Campo de Cartagena (pp. 45-49).

12.—Años en que se realizan los análisis de hidroquímica en dichos puntos.

13.—Los números empleados para designar las muestras son los mismos que se adoptan en la localización de puntos de agua del municipio.

14.—El lector, particularmente interesado en este aspecto, puede recurrir al estudio mucho más completo que ofrece TAMES, C. (1965): *Utilización de aguas saladas para riego*. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.

15.—ROBAUX (1970): «Propriétés physiques et chimiques des eaux souterraines dans les pays arides». Paris; Colloque d'Ankara sur l'hydrologie de la zone aride (UNESCO).

16.—El contenido en sales de magnesio + sodio suelen constituir en conjunto el 75 por ciento o más del total de cationes.

17.—CHAPMAN, Homer D. y PRATT, Parker, F. (1973): *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Editorial Trillas. México. pp. 81-82.

18.—CHAPMAN, Homer D. y PRATT, Parker F. (1973): Op. cit. pp. 75-78.

19.—GARCIA LOZANO, F. (1981): «Salinidad de las aguas superficiales». Capit. 13 de: *Tratado del medio natural*. T. I, bajo la dirección del Dr. José Luis RAMOS FIGUERAS. Universidad Politécnica de Madrid, p. 307.

20.—Se entiende por adsorción la condensación de sustancias disueltas en la superficie de un cuerpo sólido o de un líquido. No debe confundirse con el término «absorción», que tiene un sentido más amplio, pues la adsorción sólo se verifica en la superficie. En general, la adsorción disminuye cuando aumenta la temperatura.

21.—Cuando los elementos constitutivos del contenido en sales se determinan individualmente, se expresa en miliequivalentes por litro o en partes por millón (p.p.m.), que multiplicado por el peso equivalente del ión de que se trate (peso atómico/valencia para 1 ión) se obtiene el contenido del mismo en miligramos por litro.

22.—ARENAS CUEVAS, M. (1972): *Aspectos de la utilización de aguas para riego*. T. 4. Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S.A. (ENADIMSA). Anexo 14, pp. 2-4.

—CHAPMAN, H. y PRATT, P. (1973): Op. cit. pp. 85-88.