



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGI-  
CAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE  
RESIDUOS LIQUIDOS Y DEVOLUCION DEL  
AGUA AL CICLO HIDROLOGICO. PROVINCIA  
DE ALICANTE. 3ª FASE. 1992-93.**

---

**TOMO II. REUTILIZACION Y VERTIDO  
CERO.**

---



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

31995

<b>SUPER PROYECTO</b>	AGUAS SUBTERRANEAS		<b>Nº</b>	9005
<b>PROYECTO AGREGADO</b>	ESTUDIOS DE CONTAMINACION DE ACUIFEROS POR ACTIVIDADES AGRICOLAS, INDUSTRIALES Y URBANAS.		<b>Nº</b>	320
<b>TITULO PROYECTO:</b>				
PROYECTO PARA UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE RESIDUOS LIQUIDOS E INCORPORACION DEL AGUA AL CICLO HIDROLOGICO. PROVINCIA DE ALICANTE. 3ª FASE.				
<b>Nº PLANIFICACION</b>	SICOAN 92/344	<b>Nº DIVISION AGUAS, G.A.</b>		9
<b>FECHA EJECUCION</b>	<b>INICIO</b>	06/11/92	<b>FINALIZACION</b>	30/09/93

<b>INFORME (Título):</b>	
TOMO II: REUTILIZACION Y VERTIDO CERO	
<b>CUENCA(S) HIDROGRAFICA(S)</b>	JUCAR Y SEGURA
<b>COMUNIDAD(ES) AUTONOMA(S)</b>	VALENCIANA
<b>PROVINCIA(S)</b>	ALICANTE

## INDICE

	<u>Pág.</u>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>2. POTENCIAL DE LA REUTILIZACION: CARACTERISTICAS DE LOS RECURSOS Y DEMANDA DE AGUA REGENERADA EN ALICANTE</b> .....	5
2.1. BALANCES HIDRICOS COMARCALES Y DEMANDA POTENCIAL DE AGUA REGENERADA .....	7
2.2. ESTADO DEL SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS .....	14
2.3. POTENCIAL DE LA REUTILIZACION .....	19
<b>3. ZONAS FAVORABLES PARA LA APLICACION DE TECNICAS HIDROGEOLOGICAS CON EL OBJETIVO DE VERTIDO CERO</b> ..	26
<b>4. PROPUESTA DE CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PILOTO DE RENOVACION DE AGUAS RESIDUALES PARA REUTILIZACION URBANA EN ALICANTE-SAN JUAN</b> .....	35
4.1. SITUACION .....	37
4.2. DISEÑO CONCEPTUAL .....	42
4.3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS .....	48
4.4. PROGRAMA DE ENSAYOS Y OBSERVACION .....	49
4.5. CONSIDERACIONES SOBRE MEDIO AMBIENTE Y AUTORIZACIONES .....	52
4.6. EVALUACION ECONOMICA .....	54

<b>5. PROPUESTA DE ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICA DE UN SISTEMA DE REGULACION SUBTERRANEA EN EL CAMPO DE ELCHE</b> . . . . .	<b>55</b>
5.1. OBJETO DE LA PROPUESTA . . . . .	57
5.2. AREA DE ESTUDIO . . . . .	59
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACION . . . . .	61
5.4. VALORACION ECONOMICA . . . . .	63
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	<b>64</b>

## **1. INTRODUCCION**

Alicante es una provincia tradicionalmente deficitaria en recursos hídricos. Cuenta con una población fija aproximada de 1.250.000 habitantes y recibe anualmente más de 7 millones de visitantes. Así mismo, produce 2.27% de la producción final agraria del país, siendo los cítricos, hortalizas y el viñedo los productos agrícolas principales. Cuenta también con una importante actividad industrial, caracterizada por el predominio de talleres y empresas de tamaño pequeño y medio. La industria de transformación más importante es la del calzado, que supone más del 50% de las exportaciones provinciales. Los juguetes, el textil, los productos alimenticios y el papel son otras actividades de gran importancia que se distribuyen por el Valle del Vinalopó, Hoyas de Alcoy y Castalla, y Jijina, principalmente.

A igual que en otras áreas mediterráneas, la coincidencia de grandes concentraciones de población, extensas zonas de regadío y actividades industriales en una región de climas áridos y semiáridos, provoca una competencia por el agua que hasta el momento se ha saldado con el repliegue y la pérdida de importancia de la agricultura. La fuerte presión de la demanda y lo limitado de los recursos disponibles han provocado también la sobreexplotación y deterioro de la calidad de las aguas. Las soluciones a largo plazo compatibles con el respeto al medio ambiente pasan por la reutilización de las aguas y por el correcto ajuste de la calidad a los fines.

La reutilización de aguas residuales tratadas ha sido tradicionalmente promovida como vía de máximo aprovechamiento de los recursos. En la actualidad, el riego con aguas tratadas de origen urbano es una práctica habitual en la mayor parte de las zonas agrícolas de la provincia. En las áreas rurales en que no existen grandes núcleos de población, los efluentes son utilizados directamente o almacenados en balsas para regadío, de modo que la reutilización es prácticamente total.

En las áreas urbanas, donde se encuentran las grandes fuentes productoras, la demanda agrícola es menor y suelen producirse excedentes de aguas residuales que han de eliminarse mediante vertido. Generalmente los volúmenes de aguas reutilizadas sólo alcanzan valores importantes durante las épocas de riego. En un esfuerzo por mejorar el aprovechamiento de estos recursos y de satisfacer en lo posible la demanda existente, en ocasiones se han desarrollado importantes infraestructuras para hacer llegar las aguas tratadas desde las depuradoras de las ciudades costeras hasta los puntos de gran demanda en el interior. Con todo ello, el marcado carácter estacional de la demanda agrícola dificulta el aprovechamiento de una cuantía importante de recursos durante gran parte del año.

Además de las dificultades existentes para satisfacer las demandas de agua, se presentan también problemas medioambientales derivados de los vertidos de aguas residuales a los cauces superficiales o al mar. El impacto de los vertidos se hace especialmente sensible en los grandes ríos interiores que discurren por los principales núcleos industriales de la provincia y en las zonas turísticas de costa. Con el fin de reducir al máximo la contaminación de los dominios hidráulicos receptores, en la actualidad se está realizando un gran esfuerzo en el desarrollo de infraestructuras de saneamiento y depuración en los principales núcleos de población. Sin embargo, aún son numerosos los casos en que las aguas residuales no se devuelven al ciclo hidrológico en las condiciones más adecuadas.

En este doble reto de hacer de las aguas residuales un recurso básico y de proporcionarles depuración hasta niveles aceptables, están disponibles multitud de tecnologías alternativas. Entre ellas, las técnicas que emplean el subsuelo como elemento depurador, regulador o como simple vía de devolución del agua al ciclo hidrológico, presentan, cuando son viables técnicamente, claras ventajas frente a la mayoría de las soluciones convencionales. Por lo general, las técnicas basadas en el empleo del subsuelo suponen comparativamente menores gastos energéticos, menores inversiones en infraestructura, costes operacionales más bajos y menor impacto paisajístico y medioambiental.

Sin embargo, a pesar de las importantes ventajas que suelen presentar este tipo de alternativas, se opta por las soluciones convencionales y no se tienen en cuenta las alternativas de bajo coste. Ello es debido fundamentalmente a la necesidad de investigaciones previas para confirmar la viabilidad técnica de emplear el suelo o el subsuelo como componente activo de un sistema. Por esta misma razón el uso de las aguas subterráneas ha sido discriminado frente a las superficiales.

Con el fin de orientar las posibilidades de aplicación de las técnicas en las que se hace intervenir al subsuelo a problemas de saneamiento y reutilización de las aguas en la provincia de Alicante, se han revisado los diferentes factores que condicionan su aplicabilidad y la problemática general de las diferentes zonas. Así mismo, se han esbozado las principales líneas de actuación, incluyendo dos propuestas desarrolladas a nivel de anteproyecto, correspondientes a las actuaciones que presentan un mayor interés por su finalidad, carácter demostrativo y ventajas económicas y ecológicas.



**2. POTENCIAL DE LA REUTILIZACION: CARACTERISTICAS**  

---

**DE LOS RECURSOS Y DEMANDA DE AGUA**  

---

**REGENERADA EN ALICANTE**  

---

La reutilización de aguas residuales tratadas está tomando una importancia creciente en la planificación de los recursos hidráulicos en todas las partes del mundo, y muy especialmente en las regiones áridas y semiáridas. Las aguas depuradas procedentes de las plantas de tratamiento son cada vez más una fuente fiable de agua, no expuesta a sequías, y capaz de sustituir al agua potable en multitud de usos que no requieren tal grado de calidad.

En Alicante la reutilización para riego agrícola es una práctica muy extendida, que permite que en algunas comarcas se estén aprovechando ya importantes volúmenes de agua. Sin embargo, y a pesar de la fuerte demanda de agua que existe en toda la provincia, aún se desaprovechan grandes cantidades de recursos reutilizables, especialmente en las grandes concentraciones urbanas de las zonas turísticas. El grado de reutilización alcanzable dependerá fundamentalmente de los siguientes factores:

- Demanda de agua regenerada para los diferentes usos posibles en cada una de las zonas productoras.
- Capacidad para adaptar la calidad del agua regenerada (o el grado de tratamiento) a las características de la demanda local.
- Capacidad para regular las aguas regeneradas para evitar la pérdida de recursos (vertido) por desfases temporales entre oferta y demanda.

En las secciones siguientes se realiza una evaluación del potencial teórico de reutilización de las aguas residuales de la provincia, comparando la demanda potencial con los recursos actuales, determinados por el estado del saneamiento y depuración de las aguas residuales urbanas.

## **2.1. BALANCES HIDRICOS COMARCALES Y DEMANDA POTENCIAL DE AGUA REGENERADA**

Los balances hídricos por comarcas recogidos en las tablas 1 a 6 reflejan una situación deficitaria en la práctica totalidad de la provincia, a excepción de las comarcas de la Alcoia y la Hoya de Castalla. En el conjunto provincial el déficit total estimado de recursos hídricos alcanza los 250 hm<sup>3</sup>/año. Esta situación de escasez de recursos se da con una distribución de demanda por sectores muy desigual, en la que el 81% de la demanda de agua (735 hm<sup>3</sup>/año) corresponde a riego agrícola, y el 19% restante (170 hm<sup>3</sup>/año), al abastecimiento y al conjunto de usos urbanos e industriales.

La comarca del Alicante presenta un déficit de 25 hm<sup>3</sup>/año, a pesar de recibir importantes cantidades de agua procedentes de fuera de su área. En ella se da un marcado contraste entre el sector interior montañoso (Jijona-Busot, Aguas de Busot, Torremanzanas) que no recibe aportes del Tajo y de la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT), y el llano litoral que sí los recibe. A pesar de los aportes externos, la gran demanda existente en las zonas turísticas del litoral hace que se produzca una situación deficitaria. En esta comarca los recursos reutilizados actualmente se estiman en 4 hm<sup>3</sup>/año.

En el conjunto Vega Baja del Segura - Bajo Vinalopó el balance arroja un déficit de 97 hm<sup>3</sup>/año. Esta gran carencia de agua hace necesario completar los volúmenes aprobados en la primera fase del transvase y la racionalización urgente del consumo de agua en el sector agrario, mediante la incorporación de mejoras en los sistemas de riego y canalización

TABLA 1. Balance hídrico de la Comarca del Alicante

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Subterráneos	4	. Urbano-Industrial	47
. Embalse de Tibi	2	. Agrícola	35
. Trasvase Tajo-Segura	2		
. M. Canales del Taibilla	23		
. Importado Río Vinalopó	12		
. Sobreexplotación	10		
. Reutilización	4		
Total Recursos	57	Total demanda	82
BALANCE HIDRICO ANUAL = -25 hm <sup>3</sup> /año			

TABLA 2. Balance hídrico conjunto de la Vega Baja del Segura-Bajo Vinalopó

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Río Segura	250	. Agrícola	478
. Trasvase Tajo-Segura	50	. Urbano-Industrial	44
. M. Canales del Taibilla	33		
. Sobrantes Segura	63		
. Caudales depurados	11		
. Import. Alto-Medio Vinalopó	18		
Total Recursos	425	Total demanda	522
BALANCE HIDRICO ANUAL = -97 hm <sup>3</sup> /año			

TABLA 3. Balance hídrico conjunto del Alto y Medio Vinalopó

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Superficiales	14	. Agrícola	114
. Subterráneos	30	. Urbano-Industrial	25
. Depurados	4	. Exportaciones	30
. Importación	2		
Total Recursos	50	Total demanda	169
BALANCE HIDRICO ANUAL = -119 hm <sup>3</sup> /año			

Fuente: Martín Mateo et al. (1989). El reto del agua. Inst. de Cultura. DPA.

TABLA 4. Balance hídrico de La Marina Baja

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Emb. Guadalest	7	. Agrícola	41
. Emb. Amadorio	5	. Urbano-Turística	24
. Subterráneos	7		
. Algar	24		
. Reutilización	5		
. Sobreexplotación	5		
Total Recursos	53	Total demanda	65
BALANCE HIDRICO ANUAL = -11 hm <sup>3</sup> /año			

TABLA 5. Balance hídrico de La Marina Alta

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Superficiales	15	. Agrícola	53
. Subterráneos	21	. Urbano-Industrial	10
Total Recursos	36	Total demanda	63
BALANCE HIDRICO ANUAL = -27 hm <sup>3</sup> /año			

TABLA 6. Balance hídrico conjunto de La Alcoia-Hoya de Castalla

RECURSOS	(hm <sup>3</sup> /año)	DEMANDA	(hm <sup>3</sup> /año)
. Superficiales	18	. Agrícola	14
. Subterráneos	34	. Urbano-Industrial	20
Total Recursos	52	Total demanda	34
BALANCE HIDRICO ANUAL = 18 hm <sup>3</sup> /año			

Fuente: Martín Mateo et al. (1989). El reto del agua. Inst. de Cultura. DPA.

de las aguas. En la actualidad se reutilizan en el conjunto de las dos comarcas unos 11 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales.

Las comarcas del Alto y Medio Vinalopó son las que presentan mayor dificultad para solucionar su déficit estructural, estimado en unos 90 hm<sup>3</sup>/año. Con esta finalidad se ha propuesto el transvase de aguas desde el Júcar hasta la cabecera del Vinalopó. En la actualidad se reutilizan en regadíos unos 4 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales tratadas.

La Marina Baja presenta un mejor balance que las comarcas anteriores, al disponer de mayor precipitación, mayor volumen regulado y menor demanda para regadío agrícola. Sin embargo, es todavía una zona deficitaria, con acuíferos subterráneos sobreexplotados, que ha de afrontar demandas urbano-turísticas continuamente crecientes. En la actualidad el déficit estimado es de 11 hm<sup>3</sup>/año, con un volumen anual de aguas residuales reutilizadas de 5 hm<sup>3</sup>/año.

La Marina Alta es a la vez la comarca que más precipitación recibe (730 mm/año) y una de las de mayor dificultad para la regulación por su proximidad al mar. Su disponibilidad hídrica es pequeña y contrasta con una importante demanda motivada por la coexistencia de importantes superficies regables, demanda urbano-industrial y gran actividad turística. Estas circunstancias han motivado la sobreexplotación mantenida de los recursos subterráneos, resultando en la salinización de los acuíferos costeros, sobre todo en las áreas urbanas de Jávea y Denia.

El conjunto de La Alcoia - Hoya de Castalla es la única unidad hídrica provincial que presenta un balance positivo. Ello se debe principalmente a la existencia de un desarrollo agrícola fundamentado sobre el secano y al progresivo abandono de pequeñas áreas regables dispersas. La aportación superficial regulada (18 hm<sup>3</sup>/año) sirve prácticamente en su totalidad regadíos del sur de Valencia y tiene muy escasa incidencia en la provincia de Alicante.

La demanda potencial de agua regenerada está fuertemente condicionada por la disponibilidad de agua para cada uno de sus usos y del grado de calidad necesario para cada uno de ellos. Por ello, la fuerte componente agrícola de la demanda teórica de agua en el conjunto de la provincia favorece la existencia de un gran potencial reutilizador de aguas regeneradas.

El hecho de que una fracción tan importante de la demanda corresponda a los usos agrícolas hace que, al atenderse preferentemente las demandas para el abastecimiento y la industria, el déficit se concentre sobre la agricultura, y sea en este sector donde exista más presión de la demanda. Así mismo, la más baja exigencia de calidad del agua en el riego agrícola que en otros usos urbanos e industriales, hace que la mayor demanda potencial de agua regenerada pueda ser satisfecha en este sector. En efecto, es en el riego agrícola donde se produce actualmente la reutilización de importantes volúmenes de aguas residuales, y no en ninguna otra actividad.

En las grandes áreas urbanas también existe demanda potencial de aguas regeneradas. Aplicaciones como el riego de parques y jardines, limpieza de calles, usos recreativos y otras, a menudo no se realizan o se ven limitadas por la escasez de agua. En los grandes núcleos de población, donde se generan y depuran los mayores caudales de aguas residuales, los usos de esta naturaleza podrían ser atendidos con aguas residuales regeneradas hasta un nivel de calidad adecuado, generalmente más alto al obtenido en las plantas depuradoras actualmente en operación. Ello sería especialmente interesante en los centros turísticos, donde los aspectos estéticos y recreativos tienen una gran importancia.

Las principales dificultades para atender esta demanda urbana de agua son la necesidad de proporcionar tratamientos más avanzados y de desarrollar infraestructuras de distribución. En la actualidad existen sistemas avanzados de reutilización urbana de aguas tratadas que incluyen una red dual de distribución de agua, como el de St. Petersburg (Florida, EE.UU.), que han llegado a alcanzar porcentajes de utilización de agua reciclada que superan el 35% del total de agua consumida por la ciudad. Para el caso de la provincia de

Alicante, pueden ser viables programas de reutilización urbana en núcleos grandes con posibilidades de llevar a cabo un tratamiento avanzado de efluentes mediante técnicas de bajo coste, como la aplicación en el terreno.

La demanda potencial de agua regenerada se ha estimado a partir de la demanda teórica de agua existente en cada una de las comarcas alicantinas. Para ello se han considerado dos tipos posibles de reutilización, reutilización agrícola y urbana, que son las más viables en la provincia de Alicante, de acuerdo con la importancia que tienen las actividades agrícolas y turísticas. Los datos de partida y la demanda potencial estimada se recogen en la tabla 7.

Las componentes de la demanda potencial de agua regenerada se han obtenido mediante la aplicación de los siguientes criterios:

- El empleo de agua residual urbana tratada hasta nivel secundario podría cubrir las exigencias de calidad del riego agrícola al menos en un 80% de la demanda teórica total.
- Una componente de la demanda potencial de agua regenerada para usos urbanos, correspondiente a las zonas turísticas de la costa, se estima como un 10% de la demanda urbana total en núcleos con población superior a 50.000 habitantes y nula en el resto de los casos.
- Una segunda componente de la demanda potencial de agua regenerada para usos urbanos, correspondiente a las zonas fundamentalmente agrícolas e industriales, se estima como un 10% de la demanda urbana en núcleos con población superior a 100.000 habitantes y nula en el resto de los casos.

La demanda así obtenida muestra que en el conjunto de la provincia existe una capacidad de consumo (demanda potencial) en regadío agrícola de 589 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales



TABLA 7. Estimación de la demanda potencial de agua regenerada

	DEMANDA TEORICA AGUA <sup>(1)</sup>				DEMANDA POTENCIAL AGUA REGENERADA	
	Agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	Abastecimiento (hm <sup>3</sup> /año)	Turística (hm <sup>3</sup> /año)	Industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	Urbana (hm <sup>3</sup> /año)
ALTO VINALOPO	30,90	4,59		5,20	24,7	0,0
MEDIO VINALOPO	83,52	13,27		2,51	66,8	0,7
BAJO VINALOPO	147,46	20,80	1,10	3,65	118,0	1,7
VEGA BAJA DEL SEGURA	331,33	14,49	2,12	1,44	265,1	0,7
ALICANTI	34,97	36,57	2,92	7,39	28,0	3,5
MARINA BAJA	41,26	10,31	12,21	1,19	33,0	1,7
MARINA ALTA	53,14	6,57	2,65	0,89	42,5	0,0
LA ALCOIA	10,64	8,79		6,41	8,5	0,5
HOYA DE CASTALLA	3,68	3,15		1,66	2,9	0,0

<sup>(1)</sup> Fuente: Martín Mateo et al. (1989). El reto del agua. Inst. de Cultura. DPA.

urbanas regeneradas. Esta elevada cuantía es debida principalmente a la gran cantidad de superficie agrícola puesta en regadío y a las bajas exigencias de calidad en agua para riego. La figura 1 muestra cómo la distribución porcentual por comarcas de la demanda agrícola, responde fielmente a la distribución de superficies de regadío (figura 2).

Para usos urbanos la demanda potencial asciende en total a  $9.0 \text{ hm}^3/\text{año}$ , que se distribuyen conforme a la concentración de grandes áreas urbanas y al carácter turístico de las zonas, como se muestra en la figura 1.

## **2.2. ESTADO DEL SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS**

Con el fin de cuantificar los recursos reutilizables en cada una de las comarcas alicantinas, se ha recopilado la información disponible sobre el estado de los saneamientos locales y el grado de tratamiento alcanzado en las aguas depuradas de los principales núcleos de población. La situación de los puntos generadores en el contexto provincial se indica, junto a las principales zonas de regadío agrícola, en el mapa de la figura 2. Sus características referentes a cada uno se sintetizan por comarcas en la tabla 8.

En el conjunto de toda la provincia, el volumen total de aguas residuales que pueden considerarse reutilizables es de  $99 \text{ hm}^3/\text{año}$ , de los que  $76 \text{ hm}^3/\text{año}$  reciben tratamiento en la actualidad. El reparto por comarcas de estos volúmenes se recoge en la tabla 9, cuyas cifras no incluyen las aguas residuales de núcleos inferiores a 1000 habitantes, que por su pequeño caudal carecen de relevancia como recurso reutilizable.

Los volúmenes totales de aguas residuales ( $V_{\text{total}}$ ) tienen carácter de recurso potencialmente reutilizable, siempre que se proporcione al nivel de calidad exigido por cada uso alternativo. Sin embargo, los volúmenes depurados ( $V_{\text{depurado}}$ ) pueden considerarse un

# DEMANDA POTENCIAL DE AGUA REGENERADA

## DISTRIBUCION COMARCAL

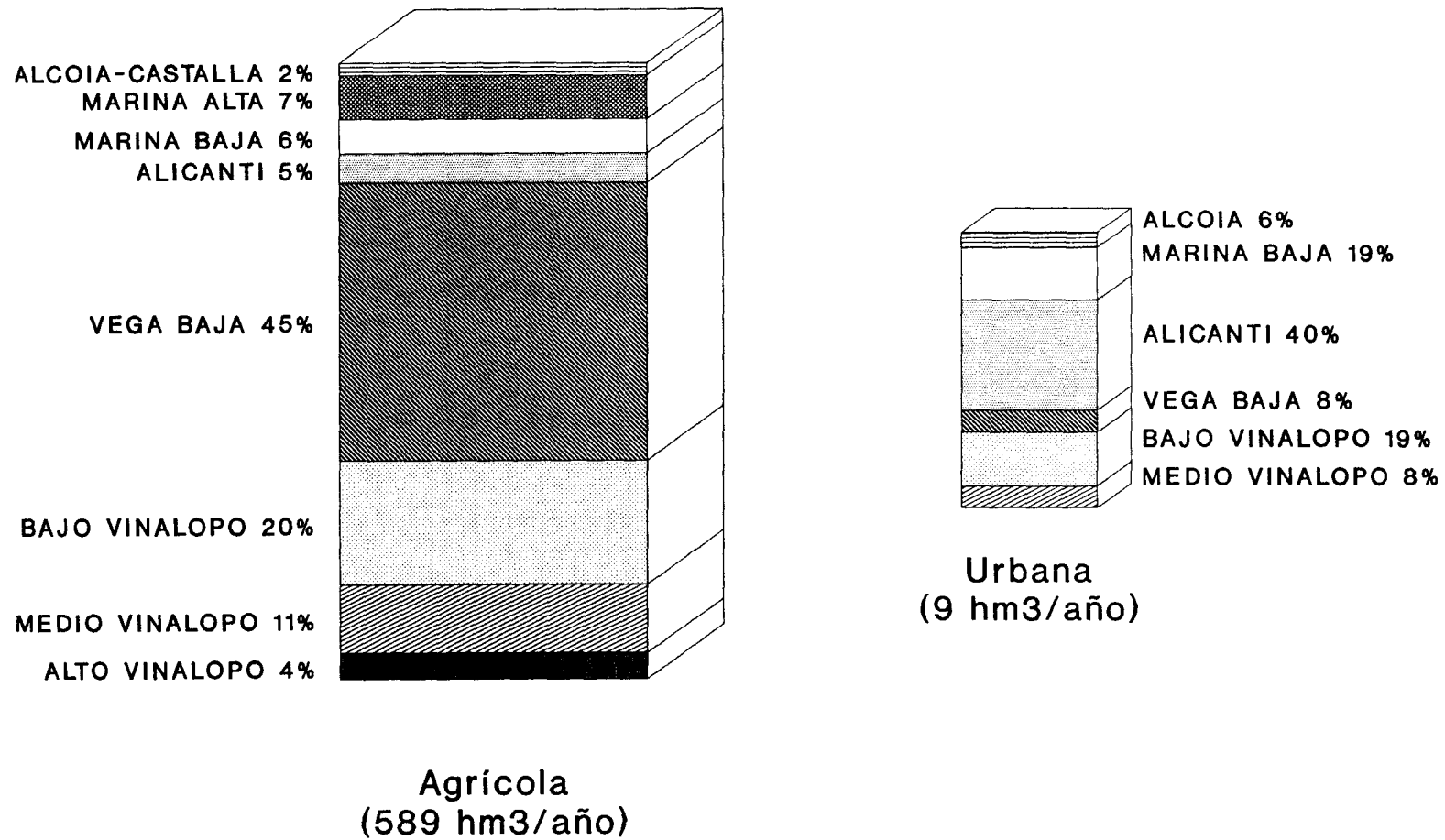


FIGURA 1



Fuentes:  
"Estudio sobre situación y posibles actuaciones en las depuradoras  
de aguas residuales existentes en la provincia de Alicante."  
Diputación Provincial de Alicante, marzo 1990.

Cátedra Edafología y Química Agrícola EUITA-Orhuela (1993)

TABLA 8

1 - COMARCA DEL ALCOAIA:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
LORCHA	1300	540	5675	TANQUE IMHOFF	540	654	260	80	0.84	7.4	-	282875	PARTIDA DE PILONETS	700119	1413200	EDAR BIOL	16000000	42887	Alternativa lechos turba: 24000000 Pts.
BENTARRÉS	1568	800	8575	TANQUE SEDIMENTAC.	800	1249	1030	70	0.81	7.3	-	428875	BARRANCO SEQUIOT	634226	12000000	EDAR BIOL	75000000	851882	Mancom. con Alcoy, Cocentaina y Alquería En construcción por CUBIERTAS MZOV.
BENILLOBA	1872	940	4485	TANQUE IMHOFF	940	1510	710	113	1.3	7.6	-	224475	BARRANCO DE RETILLES	535385	12000000	EDAR BIOL	95000000	2024742	En construcción por FOCSA.
GAYANES	1000	1120	68328	TANQUE IMHOFF	1120	1568	840	140	0.99	8.7	-	341640	RIO FRALINOS	700119	12000000	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
MURO DE ALCOY	6474	300	30300	TANQUE IMHOFF	300	446	110	85	0.99	7.5	-	151475	BARRANCO BLANCO	700119	12000000	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
COCENTAINA	10496	90	57456	TANQUE IMHOFF	90	178	130	95	1.21	7.5	-	2126490	RIO SERPIS	700119	12000000	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
AGRES	1400	90	51465	TANQUE IMHOFF	90	178	130	55	0.76	7.4	-	257325	RIO AGRES	700119	12000000	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
ALCOY	65267	580	3573568	TANQUE IMHOFF	580	915	520	120	1.28	7.7	-	26800260	RIO SERPIS	700119	12000000	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones

2 - COMARCA DE LA HOYA DE CASTALLA:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
TIBI	1043	800	57104	NINGUNO	800	998	490	105	1.27	7.5	-	38325	PART. FABRIC. BENITO	1413200	1413200	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
IBI	20746	800	1135843	NINGUNO	800	998	490	75	0.94	7.3	-	1839600	PARTIDA LA MARCHAL	8852800	1413200	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
CASTALLA - ONIL	13879	740	828550	DECANT+DIGST FANGO	740	915	490	60	0.86	6.8	-	511000	RAMBLA GABARNERA	10285485	1413200	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
													RIO VERDE			AMPLIACION	15000000	4971300	Proy. corto plazo Comunidad Valenciana. Proyectada ampliación de la planta.

3 - COMARCA DEL ALTO VINALOPO:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
BARBES - 1	1600	800	76650	AIREACION PROLONG.	800	998	490	105	1.27	7.5	-	38325	PART. FABRIC. BENITO	1413200	1413200	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
BARBES - 2	5600	740	306600	FANGOS ACTIVADOS	740	915	490	75	0.94	7.3	-	1839600	PARTIDA LA MARCHAL	8852800	1413200	EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
BENEJAMA	1065	800	102200	NINGUNO	800	998	490	60	0.86	6.8	-	511000	RIO VINALOPO			EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
CANADA	1051	800	57542	NINGUNO	800	998	490	127	1.28	7.5	-	431565	ACEQUIA DE REGANTES			EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
BIJAR	4418	340	205367	FILTRO VERDE	340	661	370	370	1.43	8	-	1232202	PART. DEL DERRAMADOR			EDAR BIOL	12000000	28552	Observaciones
VILLENA	30818	700	3000000	NINGUNO	700	1196	580	90	1.17	7.1	-	10123713	ACEQUIA DEL REY			LAGUNAJE	2024742	2024742	Observaciones
SAX	8199	700	448895	NINGUNO	700	1196	580	207	2.06	7.9	-	2693370	RIO VINALOPO			LAGUNAJE	2024742	2024742	Observaciones

4 - COMARCA DEL MEDIO VINALOPO:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
SALINAS	1102	321	60225	AIREACION PROLONG.	321	631	330	110	1.44	8.1	-	301125	ACEQUIA DE REGANTES	466746	2819939	EDAR BIOL	50000000	1346850	Recientemente rehabilitada.
ELDA - PETREL	80085	550	4380000	FANGOS ACTIVADOS	550	684	260	395	2.32	7.5	-	4161000	PARTIDA DE LA JAUD	48900000	2819939	EDAR BIOL	50000000	1346850	Observaciones
MONFORTE DEL CID	4919	460	269370	TANQUE SEDIMENTAC.	460	684	260	313	2.23	7.8	-	1346850	PARAJE LA HUERTA	3799629	48900000	EDAR BIOL	50000000	1346850	Observaciones
NOVELDA	21966	580	1202675	TANQUE SEDIMENTAC.	580	904	220	220	2.21	7.2	-	7216050	EL CARPET	631480	17776296	EDAR BIOL	20000000	7216050	Observaciones
ASPE	15918	400	711750	FANGOS ACTIVADOS	400	640	490	124	1.18	7.5	-	427050	CAMINO DE LA DAYA	631480	17776296	EDAR BIOL	20000000	7216050	Observaciones
LA ROMANA	1993	200	109135	AIREACION PROLONG.	200	472	210	970	4.06	7.6	-	545875	PARAJE COVETES	631480	4401609	EDAR BIOL	20000000	7216050	Observaciones
MONOVAR	12021	240	638149	NINGUNO	240	547	260	185	1.66	7.9	-	3948894	ACEQUIA DE REGANTES	1015860	6321317	EDAR BIOL	16000000	41500	Observaciones
PINOSO	5621	160	307695	AIREACION PROLONG.	160	286	170	150	1.12	7.5	-	1538475	FOSAS SEPTICAS	1015860	6321317	EDAR BIOL	16000000	41500	Observaciones
HONDON DE LAS NIEVES	1516	160	83000	NINGUNO	160	286	170	385	2.48	6.9	-	4150000	ACEQUIA DE REGANTES	1015860	6321317	EDAR BIOL	16000000	41500	Observaciones
ALGUENIA	1533	160	83931	LAGUNAJE	160	286	170	90	2.74	7.7	-	419655	RAMBLA CASA VITIA	1015860	6321317	EDAR BIOL	16000000	41500	Observaciones

5 - COMARCA DEL BAJO VINALOPO:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
CREVILLENTE	22269	400	2190000	FANGOS ACTIVADOS	400	850	300	278	2.25	7.9	-	15968750	PARTIDA DE LA DEDLA	21500000	21500000	AMPLIACION	85000000	2847000	Observaciones
ELCHE	182683	703	8760000	FANGOS ACTIVADOS	703	1054	419	294	1.9	7.4	-	2847000	BARRANCO MANGRANERAS	78205000	6731875	AMPLIACION	85000000	2847000	Observaciones
LA MARINA	25000	350	136875	AIREACION PROLONG.	350	532	210	8	2.3	7.7	-	68437	CANALIZADO PARA RIEGO	6731875	6731875	AMPLIACION	85000000	2847000	Observaciones
ARENALES DEL SOL	30000	446	711750	FANGOS ACTIVADOS	446	670	228	15	2.4	7.5	-	355857	RIO VINALOPO			AMPLIACION	85000000	2847000	Observaciones
SANTA POLA	114244	480	2604840	LAGUNAJE	480	1070	590	525	2.81	7.5	-	13024203	BARRANCO FEISAL	535385	535385	AMPLIACION	85000000	2847000	Observaciones

6 - COMARCA DEL ALCANTANTE:

Municipio	Población indúst.		Caudal (m <sup>3</sup> /año)	Tratamiento actual	Datos Entrada				Datos de Salida				Situación E.D.A.R.	Punto de vertido	Presup. arreglo (Pts)	Gastos mantenim explotac (Pts/año)	Alternativa		Observaciones
	DB05 (ppm)	D00 (ppm)			S.S. (ppm)	DB05 (ppm)	D00 (ppm)	S.S. (ppm)	Cl- (ppm)	Conduct. (mS/cm)	pH	Prod lodo (Tn/año)					Canon Vertido (Pts/año)	Sistema alternat. propuesto	
AGUAS DE BUSOT	2350	826	55626	NINGUNO	826	1249	290	370	2.66	7.4	-	278130	BARRANCO FEISAL	535385	535385	EDAR BIOL	25000000	27813	Observaciones
BUSOT	2269	880	69477	TANQUE IMHOFF	880	1249	290	310	0.77	7.2	-	347385	ACEQUIA DE REGANTES	535385	535385	EDAR BIOL	25000000	27813	Observaciones
JIJONA	7654	1200	419020	DECANTACION	1200	1856	980	95	0.77	7.6	-	3142650	RIO COSCOS DE LA TORRE	878581	78205000	EDAR BIOL	80000000	34285	Observaciones
TORREMANZANAS	1500	980	54358	TANQUE IMHOFF	980	1499	500	130	1.49	7.2	-	271925	RIO LA TORRE	878581	78205000	EDAR BIOL	80000000	34285	Observaciones
AGOST	3850	680	210605	TANQUE IMHOFF	680	1038	500	260	2.34	7.6	-	1053025	BARRANCO TOLL	535385	535385	EDAR BIOL	15000000	27192	Observaciones
ALICANTE	261051	350	11680000	EDAR BIOL	350	650	250	28	2.6	7.5	-	7008000	RINCON DE LEON	535385	535385	EDAR BIOL	40000000	105302	Observaciones
ORREGIA	155000	300	7216050	EDAR BIOL	300	454	160	30	2.6	7.5	-	7008000	PARTIDA DE ORREGIA	535385	535385	EDAR BIOL	40000000	105302	Observaciones
SAN VICENTE	27129	580	1495312	TANQUE IMHOFF	580	915	420	460	3.32	7.4	-	8911872	BARRANCO DE LA OVEJAS	535385	535385	EDAR BIOL	24000000	891187	Observaciones



TABLA 9. Recursos aportados por las aguas residuales urbanas

	$V_{\text{total}}$ ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	$V_{\text{depurado}}$ ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )	% depurado	$V_{>50000 \text{ hab.}}$ ( $\text{hm}^3/\text{año}$ )
ALTO VINALOPO	4,20	3,59	85,5	0,00
MEDIO VINALOPO	7,87	5,65	71,8	4,38
BAJO VINALOPO	14,40	14,40	100,0	11,36
VEGA BAJA SEGURA	15,25	11,74	77,0	6,79
ALICANTI	21,20	18,90	89,2	18,90
MARINA BAJA	21,53	16,63	77,2	16,46
MARINA ALTA	6,73	0,93	13,8	0,00
LA ALCOIA	5,77	4,15	71,9	3,57
HOYA DE CASTALLA	2,02	0,00	0,0	0,00
PROVINCIA	98,97	75,99	76,8	61,46

recurso real, directamente reutilizable y que constituye la oferta actual de agua regenerada. En efecto, si bien no responden a un nivel determinado de calidad de agua, las aguas incluidas en la fracción depurada reciben tratamiento hasta nivel secundario y habitualmente pueden ser directamente utilizables en riego agrícola. No se cumplen, por lo general, estándares de calidad válidos para otros usos del agua regenerada de mayor exigencia, por lo que la reutilización de tipo urbano requerirá la depuración previa de los efluentes con tratamiento avanzado. Los datos recogidos muestran una notable irregularidad comarcal en el nivel de depuración de las aguas residuales urbanas. Sobre un promedio provincial de 76.8% de aguas depuradas, destacan por su deficiente estado la Marina Alta (13.8%) y la Hoya de Castalla (0%).

Dentro de las aguas residuales depuradas (recursos de agua regenerada) se han discriminado los volúmenes que proceden de depuradoras que sirven poblaciones superiores a 50.000 habitantes. Esta diferenciación de las aguas regeneradas en cuanto a los caudales en que son producidas tiene gran importancia de cara a su reutilización y/o vertido, por la dificultad que presenta el aprovechamiento óptimo de grandes caudales cuando se producen fluctuaciones estacionales de la demanda. En la actualidad, los volúmenes tratados en las plantas de los grandes núcleos de población suponen un 81 % del total de aguas depuradas.

### **2.3. POTENCIAL DE LA REUTILIZACION**

La posibilidad de aprovechamiento de los recursos de agua regenerada no depende únicamente de la existencia de una demanda suficiente. La disponibilidad del recurso en las zonas de demanda, la adaptación en cuanto a nivel de calidad y la sincronización estacional de oferta y demanda, determinan en cada caso el potencial de reutilización.

La cuantía de la demanda y de los recursos disponibles en cada una de las comarcas se ha determinado en las secciones precedentes. En todos los casos se muestra que la demanda



potencial para riego agrícola supera con creces la disponibilidad de aguas residuales, por lo que solamente podría cubrirse parcialmente. En el cómputo de los recursos sólo se han considerado los volúmenes de agua residual que reciben tratamiento en la actualidad. Sin embargo, es previsible un aumento significativo de los recursos a corto plazo, dado que en la actualidad están en marcha importantes planes de creación de nuevas infraestructuras de saneamiento y depuración que significarán una importante reducción de la fracción no depurada.

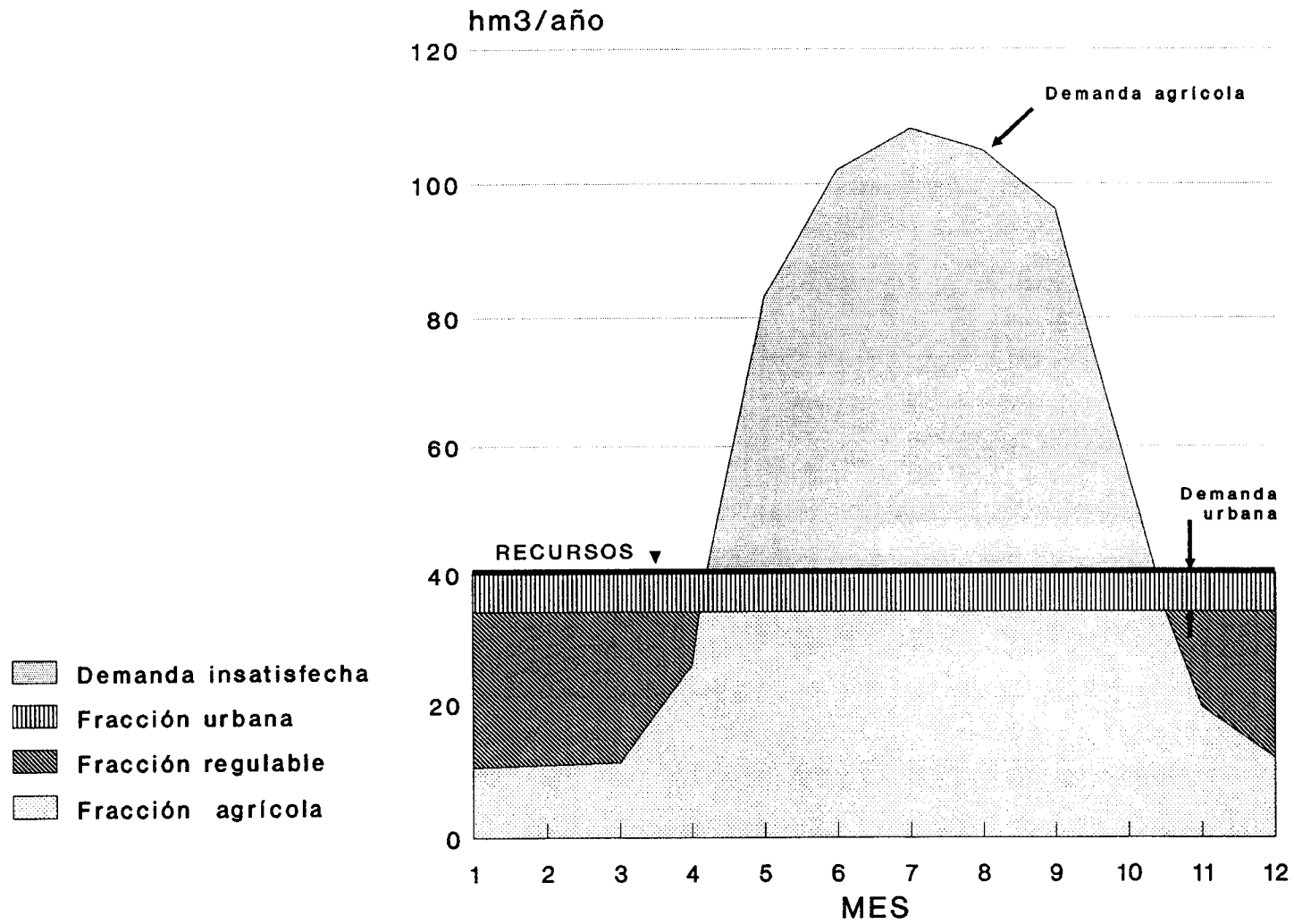
En cuanto a las variaciones temporales que experimentan demanda y recursos a lo largo del año, puede apuntarse lo siguiente:

- La demanda potencial de agua regenerada para riego agrícola tiene un marcado carácter estacional, concentrándose la totalidad de la demanda en un periodo de regadío de aproximadamente 6 meses al año, y siendo prácticamente nula durante el resto.
- Por su parte, la demanda potencial para usos urbanos puede considerarse prácticamente constante en el tiempo.
- La producción de aguas residuales es habitualmente constante a lo largo del año, a excepción de los núcleos turísticos. Para un análisis a nivel provincial, la producción de aguas residuales puede considerarse sin variaciones estacionales.

De acuerdo con las características de la demanda y de los recursos en la actualidad, el potencial de reutilización de aguas residuales en la provincia consta de tres elementos fundamentales (figura 3):

- *Fracción urbana*, o volumen anual que podría ser reutilizado en áreas urbanas. Es la fracción que sustituiría recursos de mayor exigencia de calidad, por lo que resulta prioritaria desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos

### POTENCIAL DE REUTILIZACION



• El gráfico no muestra valores reales

FIGURA 3. Diagrama conceptual del potencial de reutilización.

hídricos disponibles. En todos los casos requiere tratamiento adicional. Viene determinada por la demanda para usos urbanos, puesto que habitualmente su cuantía es inferior a los recursos disponibles.

- *Fracción agrícola*, o volumen anual reutilizable directamente en agricultura. Está fuertemente condicionada por la variabilidad temporal de la demanda, que durante varios meses al año es notablemente inferior a los recursos disponibles. Aunque las exigencias de calidad del riego de cultivos son inferiores, la fracción agrícola ha de estar formada en su totalidad por aguas con tratamiento secundario.

- *Fracción regulable*, o volumen anual que podría ser reutilizado en caso de poder ser almacenado temporalmente. Está formada por los volúmenes depurados que han de ser vertidos por desfase temporal y geográfico entre demandas y producción.

El desglose por comarcas de estas tres fracciones del potencial de reutilización se recoge en la tabla 10. Los criterios seguidos para la estimación del potencial de reutilización a partir de la demanda potencial y de los recursos disponibles son:

- La reutilización urbana, como reutilización prioritaria de mayor nivel de calidad, viene determinada en cada caso por menor de los valores entre la demanda teórica y los recursos generados en poblaciones superiores a 50.000 habitantes:

$$\text{Fracción urbana} = \text{MINIMO} \{ \text{demanda urbana}, V_{>50000} \}$$

- Los recursos no aprovechables directamente y susceptibles de almacenamiento temporal (FR), son los generados en las plantas depuradoras de gran tamaño (que sirven a más de 50.000 personas) durante las estaciones en que no se riega, una vez descontados los recursos destinados a reutilización urbana (FU):

$$\text{Fracción regulable} = (1-n/12) * (V_{>50000} - \text{FU})$$

TABLA 10. Potencial de reutilización de agua regenerada

	Agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	Urbana (hm <sup>3</sup> /año)	Regulable (hm <sup>3</sup> /año)
ALTO VINALOPO	3,59	0,0	0,00
MEDIO VINALOPO	3,09	0,7	1,82
BAJO VINALOPO	7,86	1,7	4,82
VEGA BAJA SEGURA	7,98	0,7	3,03
ALICANTI	7,69	3,5	7,69
MARINA BAJA	7,54	1,7	7,37
MARINA ALTA	0,93	0,0	0,00
LA ALCOIA	2,09	0,5	1,51
HOYA DE CASTALLA	0,00	0,0	0,00
PROVINCIA	40,76	8,9	26,23

donde  $n$  es número de meses en que la demanda para riego de cultivos es mínima.

- Dado que la demanda agrícola supera con creces a los recursos de agua regenerada en todas las comarcas, a la fracción agrícola del potencial se le ha asignado el resto de las aguas depuradas:

$$\text{Fracción agrícola} = V_{\text{dep}} - \text{FU} - \text{FR}$$

Se excluyen de la consideración de recurso las aguas residuales que no reciben tratamiento, aunque en ocasiones sean utilizadas para regadío.

En la actualidad y en el conjunto de la provincia, el potencial de reutilización en usos urbanos asciende a 9 hm<sup>3</sup>/año, coincidente con el total de la demanda estimada. Para el riego de cultivos con agua regenerada el potencial provincial estimado es de 41 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone un 7% de la demanda agrícola total. Esta fracción agrícola podría aumentar conforme se avanza en el estado de la depuración de aguas residuales urbanas. Por último, fracción regulable estimada alcanza los 26 hm<sup>3</sup>/año, procedentes principalmente de los excedentes de invierno de las grandes plantas depuradoras

En síntesis, de los 76 hm<sup>3</sup> de aguas residuales urbanas depuradas que se producen anualmente en Alicante, un 12% podrían ser reutilizadas en medio urbano si se les proporcionara el nivel de tratamiento adecuado, un 54% adicional podría ser utilizado directamente en agricultura y un 34% restante podría reutilizado en riego agrícola si se dispusiese de la infraestructura de regulación necesaria. En la actualidad tan sólo se reutilizan para riego agrícola 24 hm<sup>3</sup>/año en toda la provincia, lo que supone el aprovechamiento del 32% de las aguas depuradas.

La mejora sustancial de las prácticas de reutilización en la provincia de Alicante pasa por el óptimo aprovechamiento de las aguas residuales procedentes de las grandes depuradoras y de los centros turísticos. Para ello es necesario desarrollar dos líneas principales de actuación:

- Atender otro tipo de demandas mejorando la calidad de los efluentes tratados (reutilización urbana).

- Desarrollar sistemas de regulación eficaces desde los puntos de vista técnico, económico y medioambiental, que permitan salvar los desfases temporales entre producción y demanda.

**3. ZONAS FAVORABLES PARA LA APLICACION DE TECNICAS**

---

**HIDROGEOLOGICAS CON EL OBJETIVO DE VERTIDO CERO**

---

A partir de la información hidrogeológica disponible se han delimitado las áreas que se presentan como más favorables para la aplicación de técnicas de optimización de recursos hídricos orientadas hacia el vertido cero. Sobre ellas se han definido aplicaciones potenciales de acuerdo con las necesidades de recursos y el potencial de reutilización de aguas regeneradas en cada zona.

De entre la multitud de acuíferos existentes en la provincia de Alicante, se ha realizado una primera selección de aquellos que podrían aportar un medio adecuado para la aplicación de técnicas hidrogeológicas para el tratamiento y gestión de aguas residuales. Dada la escasez general de recursos hídricos y la importancia de preservar su calidad, se han excluido todos aquellos acuíferos que contienen recursos de agua dulce.

La diversidad de circunstancias particulares que pueden presentarse en la práctica y la variedad de técnicas utilizables, aconsejan la aplicación de criterios hidrogeológicos lo menos restrictivos posibles. En el conjunto provincial las características climáticas no impiden la aplicabilidad de las diferentes técnicas hidrogeológicas. Los acuíferos (o partes de acuíferos) seleccionados cumplen los siguientes requisitos básicos:

- No contienen agua de buena calidad.
- Tienen extensión, potencia y capacidad suficientes para la aplicación de las técnicas perseguidas.
- No están afectados por gradientes hidráulicos elevados.
- Las pendientes topográficas son suaves o moderadas.



Complementariamente a las características del medio hidrogeológico disponible, se han tenido en cuenta el estado actual del saneamiento de aguas residuales urbanas y las características del potencial de reutilización de cada zona, para orientar aquellas aplicaciones que pudiendo ser viables técnicamente respondan a un mayor interés desde el punto de vista de la gestión de los recursos hídricos disponibles y de la protección del medio ambiente. Como resultado, se han delimitado 11 áreas favorables repartidas por toda la provincia de Alicante (figura 4), que esbozan el potencial de aplicación de las técnicas de uso del suelo y subsuelo, mediante planteamientos y finalidades diversos:

- **Cuaternario de Caudete-Villena:**

Constituye un acuífero superficial parcialmente salinizado, de buena permeabilidad, con extensión suficiente para diferentes aplicaciones. De especial interés es su uso como almacén regulador de las aguas residuales tratadas procedentes de la nueva depuradora de Villena (aún en construcción), o del conjunto Caudete-Villena. Sus condiciones son también favorables para sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante infiltración rápida, que pueden servir a pequeños núcleos aislados de la red de saneamiento. Complementariamente, algunas estructuras podrían ser utilizadas como regulador de aguas de tormenta. Su empleo con estos fines puede verse dificultado por motivos legales derivados de la explotación del acuífero en zonas adyacentes, donde la calidad del agua es buena.

- **Cuaternarios del Medio Vinalopó:**

Rellenando los relieves bajos de la comarca del Medio Vinalopó existen depósitos cuaternarios permeables que pueden ser utilizados en diversas aplicaciones orientadas al vertido cero. Por lo general, y debido a la escasa o nula explotación a que son sometidos estos cuaternarios, son poco conocidos hidrogeológicamente.

SINTESIS DE APLICACIONES PREFERENTES

ZONA	DENOMINACION	APLICACIONES	FINALIDAD
1	CUATERNARIO DE CAUDETE-VILLENA	Almacenamiento temporal. Tratamiento mediante infiltración rápida.	Reutilización agrícola de aguas residuales. Saneamiento de pequeños núcleos.
2	CUATERNARIOS DEL MEDIO VINALOPO	Almacenamiento temporal. Regulación. Tratamiento mediante infiltración rápida.	Reutilización agrícola de aguas residuales. Saneamiento de pequeños núcleos.
3	SISTEMA ACUIFERO DE MONTGO-DENIA	Barreras de intrusión.	Protección recursos subterráneos. Reducción de vertidos.
4	CUATERNARIO DE JAVEA	Tratamiento mediante infiltración rápida.	Saneamiento de núcleos aislados.
5	CUATERNARIO DE JALON	Tratamiento mediante infiltración rápida.	Saneamiento de pequeños núcleos.
6	ACUIFERO OLIGOCENO DEPRESION DE BENISA	Almacenamiento temporal. Regulación.	Reutilización agrícola de aguas residuales.
7	CUATERNARIO DE BENIDORM-ALTEA	Barreras de intrusión.	Protección recursos subterráneos. Reducción de vertidos.
8	CUATERNARIO DE VILLAJYOUSA	Tratamiento mediante infiltración rápida.	Saneamiento de pequeños núcleos. Reutilización urbana.
9	ACUIFERO DE SAN JUAN-CAMPello	RI para tratamiento avanzado. Almacenamiento temporal.	Reutilización urbana de agua regenerada.
10	ACUIFEROS CONFINADOS DEL CAMPO DE ELCHE	Almacenamiento temporal. Regulación.	Reutilización agrícola de aguas residuales.
11	ACUIFEROS SALINOS DE LA VEGA BAJA	Tratamiento mediante infiltración rápida.	Saneamiento de pequeños núcleos.

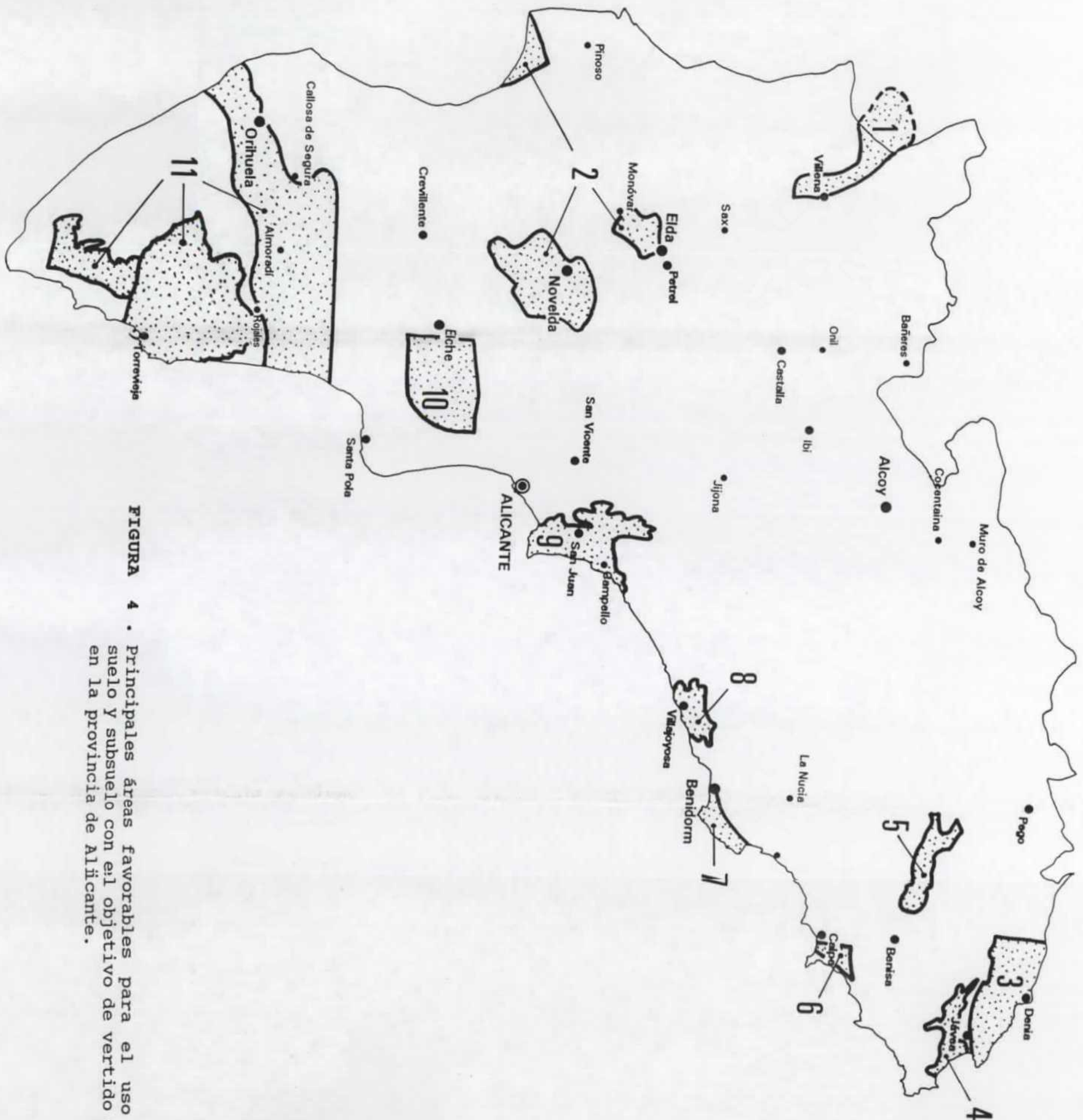


FIGURA 4 . Principales áreas favorables para el uso del suelo y subsuelo con el objetivo de vertido cero en la provincia de Alicante.

Sin embargo, su situación en una zona de gran demanda de aguas residuales y donde existen EDAR de gran tamaño con excedentes de invierno, les confiere gran interés como potenciales embalses reguladores de aguas tratadas para riego. Complementariamente, pueden aportar emplazamientos favorables para sistemas de tratamiento mediante infiltración rápida que sirvan a núcleos rurales. Su estudio y definición geométrica podría realizarse fácilmente, sin incurrir en inversiones grandes.

- **Sistema acuífero de Montgó-Denia:**

Ofrece posibilidades de implantación de barreras de recarga con aguas residuales tratadas en las zonas más próximas a la costa, donde la calidad del agua subterránea está más deteriorada. Puede proporcionar una alternativa eficaz para aprovechar las aguas tratadas durante las puntas de producción del verano, favoreciendo simultáneamente el doble objetivo de evitar vertidos en las zonas de baño y proteger las zonas interiores donde existen pozos de captación de aguas subterráneas.

- **Cuaternario de Jávea:**

Constituye un acuífero libre de elevada transmisividad que no tiene uso actualmente por su mala calidad de agua. Puede proporcionar emplazamientos favorables para sistemas de tratamiento mediante infiltración rápida. Su importante gradiente piezométrico y su contacto con el río Gorgos dificultan a priori su empleo en otras aplicaciones, como almacenamiento temporal de aguas tratadas.

- **Cuaternario de Jalón:**

Son depósitos de permeabilidad moderada y saturados de agua de elevada salinidad, que actualmente no son explotados. El acuífero puede ser favorable para la implantación de sistemas de tratamiento mediante infiltración rápida.

- **Acuífero Oligoceno de la Depresión de Benisa:**

Además de sus buenas condiciones para la inyección profunda, los niveles carbonatados del Oligoceno pueden proporcionar condiciones adecuadas para el desarrollo de un almacén regulador confinado a profundidades moderadas, dentro de la banda costera de Calpe-Punta de Moraira, en que el substrato oligoceno se encuentra a menor profundidad. Un sistema de almacenamiento y recuperación en acuífero (ASR) podría recibir las aguas residuales tratadas de las poblaciones más importantes de la zona (Calpe, Benisa y Teulada) aprovechando los excedentes que se producen durante la temporada alta del turismo, y cederlas para reutilización agrícola durante la época de regadío.

- **Cuaternario de Benidorm-Altea:**

Al igual que ocurre en el sistema Montgó-Denia, los excedentes de agua residual tratada que no pueden reutilizarse durante las puntas de producción, podrían emplearse en el desarrollo de barreras de recarga en las zonas más próximas a la costa. El acuífero de Benidorm-Altea sufre intrusión marina que se manifiesta en un progresivo deterioro de la calidad del agua al aproximarse al mar, por lo que la barrera serviría de protección a las explotaciones situadas hacia el interior.

- **Cuaternario de Villajoyosa:**

Constituye un acuífero superficial sin utilización actual que puede proporcionar emplazamientos favorables para sistemas de infiltración destinados, o bien al tratamiento de aguas procedentes de pequeños núcleos no incluidos en las redes de saneamiento, o a proporcionar tratamiento avanzado a fracciones no aprovechadas de los efluentes de la depuradora de Villajoyosa.

- **Acuífero de San Juan-Campello:**

Se trata de un acuífero libre sin uso actual sobre el que se ha desarrollado una zona turística con grandes concentraciones urbanas. Es favorable para el emplazamiento de sistemas de infiltración rápida que proporcionen tratamiento avanzado a las aguas residuales urbanas previamente depuradas, evitando los vertidos al mar y generando agua reutilizable en usos urbanos.

- **Acuíferos confinados del Campo de Elche:**

Los acuíferos Tortoniense y Andaluciense, que son escasamente explotados en su franja de afloramiento al norte de Elche y Sierra de Colmenar, tienen probable continuación hacia el sur bajo los depósitos cuaternarios del Campo de Elche. Si bien no existe información directa sobre ellos en esta zona, de encontrarse estarían saturados de agua salada y podrían ser favorables para el desarrollo de almacenes confinados. Confirmada esta posibilidad, el uso del subsuelo como almacén regulador tendría un gran interés en esta zona, dado que se encuentra en las proximidades de grandes plantas depuradoras con excedentes de invierno, e inmersa en un área de gran demanda de agua regenerada para riego agrícola.

- **Acuíferos salinos de la Vega Baja:**

Bajo este epígrafe general se quiere referir a los acuíferos superficiales de la comarca que tienen mayor importancia y contienen aguas de mala calidad, como son el propio acuífero de la Vega Baja, el acuífero de Torrevieja y el de Cabo Roig. Dado que el grado actual de reutilización de aguas residuales en la zona es prácticamente total, la utilidad principal de las técnicas de vertido cero se limita a aspectos medioambientales, fundamentalmente a la depuración en el terreno y devolución al ciclo hidrológico de efluentes de pequeños núcleos rurales no atendidos por plantas depuradoras y cuyos caudales no son significativos de cara a la reutilización. Para ello los acuíferos mencionados pueden proporcionar emplazamientos favorables para sistemas de tratamiento mediante infiltración rápida, en la mayor parte de las zonas donde están presentes en superficie.

Mediante esta selección se pretende la delimitación de un marco inicial para la introducción de nuevas técnicas de acuerdo con la hidrogeología local y el potencial de reutilización de agua regenerada de cada zona. Tiene por tanto un sentido amplio, no excluyente, orientado a identificar los principales acuíferos que pueden aportar un medio válido para el desarrollo de técnicas hidrogeológicas de tratamiento y gestión de aguas residuales. En la tabla 11 se relacionan los acuíferos alicantinos cuya calidad de agua es deficiente en la actualidad. En cualquiera de ellos, e incluso en acuíferos que contengan agua dulce, puede ser posible el desarrollo de técnicas hidrogeológicas orientadas al vertido cero si se estudian con detalle sus características locales. Existe por lo tanto un gran potencial de aplicación que puede ser especialmente interesante para resolver eficaz y económicamente problemas que afectan a pequeños núcleos de población.

Es importante resaltar que la selección anterior se basa en características regionales de los acuíferos y que la viabilidad de su utilización deberá confirmarse mediante estudios locales de detalle.

TABLA 11. Relación de acuíferos que no contienen aguas de buena calidad

Nombre	Superficie km <sup>2</sup>	Explotación hm <sup>3</sup> /año	Recursos hm <sup>3</sup> /año	Exceden.(+) Sobreex.(-)	Calidad	Usos
Benidorm-Altea	30	1	1.5	+0.5	Regular-Mala	Riego, industria
Cabezón de Oro	15	0.6	0.5	-0.1	Regular	Abastecimiento y riego
Cabo Roig	55	6	5	-1	Regular	Abastecimiento y riego
Cabrera	12	2	1	-1	Mala	Abastecimiento y riego
Callosa	7	0.7	0.7	0	Regular	Abastecimiento y riego
Campo Cartagena	150	4.5	3.5	-1	Regular	Abastecimiento y riego
Caudete-Villena	50	5	5	0	Regular-Buena	Riego
Cid	20	0	0.3	+0.3	Regular	
Colmenar	25	0.2	0.4	+0.2	Regular	Riego
Collado del Rey	90	2.8	3	+0.2	Mala	Abastecimiento y riego
Crevillente	90	7.3	1.5	-5.8	Regular	Riego y abastecimiento
Depresión de Benissa	300	5	15	+10	Buena a mala	Abastecimiento y riego
Fontcalent	3	0.01	0.2	+0.1	Regular	Riego
Jalón	20	0.2	3	+2.8	Regular	Abastecimiento y riego
Jávea	13	3	3	0	Regular-Mala	Riego
Madara	120	3	3.5	+0.5	Regular	Abastecimiento y riego
Mediana	2	0	0.1	+0.1	Regular	
Montgó-Denia	45	5	4	-1	Regular-Mala	Riego y abastecimiento
Orihuela	15	1.4	1.5	+0.1	Regular	Riego
Pego-Vergel	100	15	25	+10	Buena a mala	Riego y abastecimiento
San Juan	60	0.1	3.5	+3.4	Regular-Mala	Riego
San Vicente	60	0.1	3.5	+3.4	Mala	Riego
Torrevieja	230	9	10	+1	Mala	Riego-industria.Recreativos
Tosal de Reo	16	0.8	0.8	0	Regular	Riego
Vall Ceta	18	0.07	0.5	+0.43	Regular	Abastecimiento y riego
Vega Baja	750	50	75	+25	Mala-Regular	Riego
Villajoyosa	20	0.5	1	+0.5	Regular-Mala	Riego y abastecimiento

Fuente: Diputación Provincial de Alicante (1992). Mapa provincial del agua.

**4. PROPUESTA DE CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PILOTO DE**  

---

**RENOVACION DE AGUAS RESIDUALES PARA REUTILIZACION**  

---

**URBANA EN ALICANTE-SAN JUAN**  

---



En esta propuesta se presenta una acción demostrativa encaminada a desarrollar un nuevo método para la mejora de las prácticas de reutilización de aguas residuales urbanas previamente tratadas. El anteproyecto contempla la construcción y ensayo de una planta piloto de renovación de agua, capaz de producir agua no potable de alta calidad a partir de efluentes urbanos con tratamiento secundario que actualmente han de ser vertidos al Mediterráneo.

El objetivo último de la instalación es obtener una nueva fuente de agua para ser empleada en zonas urbanas en las que puede darse contacto directo con las personas. Con el fin de evitar riesgos potenciales para la salud pública, se han fijado objetivos de calidad muy exigentes para el agua renovada. Las aguas regeneradas pueden ser destinadas a aplicaciones tales como riego de parques públicos y campos de golf, limpieza de calles y control del polvo, extinción de incendios o usos recreativos.

El tratamiento y el almacenamiento del agua se obtienen a bajo coste combinando las técnicas de tratamiento en el terreno y almacenamiento con recuperación, sobre un acuífero costero salino que no tiene ningún uso actual. El concepto operacional del sistema se basa en el tratamiento y almacenamiento del agua en los períodos excedentarios, para ser posteriormente recuperada durante las puntas de demanda, períodos de escasez o situaciones de emergencia. El almacenamiento y la recuperación del agua son también posibles de forma simultánea, puesto que ambos componentes del sistema son independientes.

El lugar propuesto para la instalación es Alicante-San Juan, una zona densamente poblada y con gran actividad turística durante la temporada de verano. Los núcleos urbanos e instalaciones de recreo ya existentes, junto con los planes de actuación urbanística en marcha, generan una demanda de agua creciente en la zona. La disponibilidad limitada de recursos en la región, ha creado una fuerte necesidad de reutilización que refuerza el interés de una futura ampliación del sistema a gran escala.

#### **4.1. SITUACION**

El área del proyecto fue seleccionada tras una revisión preliminar de los posibles emplazamientos que cumplieran los requisitos de viabilidad técnica, dentro de la Provincia de Alicante. Está contenida en la Comarca del Alicantí y situada dentro de los límites de un acuífero superficial salino, que no tiene ningún uso actual y que presenta condiciones adecuadas para el desarrollo de un sistema de almacenamiento y recuperación eficiente, conocido como el Acuífero San Juan-Campello. La presencia en Orgegia de una estación depuradora de aguas residuales de origen urbano (EDAR) recientemente construida, aporta una fuente excelente de efluente secundario durante todo el año. La demanda de agua renovada se concentra en los complejos turísticos de las zonas de playa y en las grandes zonas residenciales urbanas actualmente existentes. Entre los usuarios potenciales del agua renovada se cuentan también dos campos de golf, una nueva estación comarcal de bomberos y un nuevo plan de actuación urbanística.

La EDAR de Orgegia está situada entre Alicante capital y los núcleos de San Juan y Muchamiel, como se muestra en la figura 5. Actualmente sirve a una población de las zonas circundantes que supera los 150000 habitantes. El caudal medio anual de efluente secundario producido por la EDAR de Orgegia supera los 7 millones de metros cúbicos al año. Una parte importante de este caudal está siendo reutilizado actualmente para riego agrícola, pero aún es necesario el vertido de cantidades importantes a través de un emisario

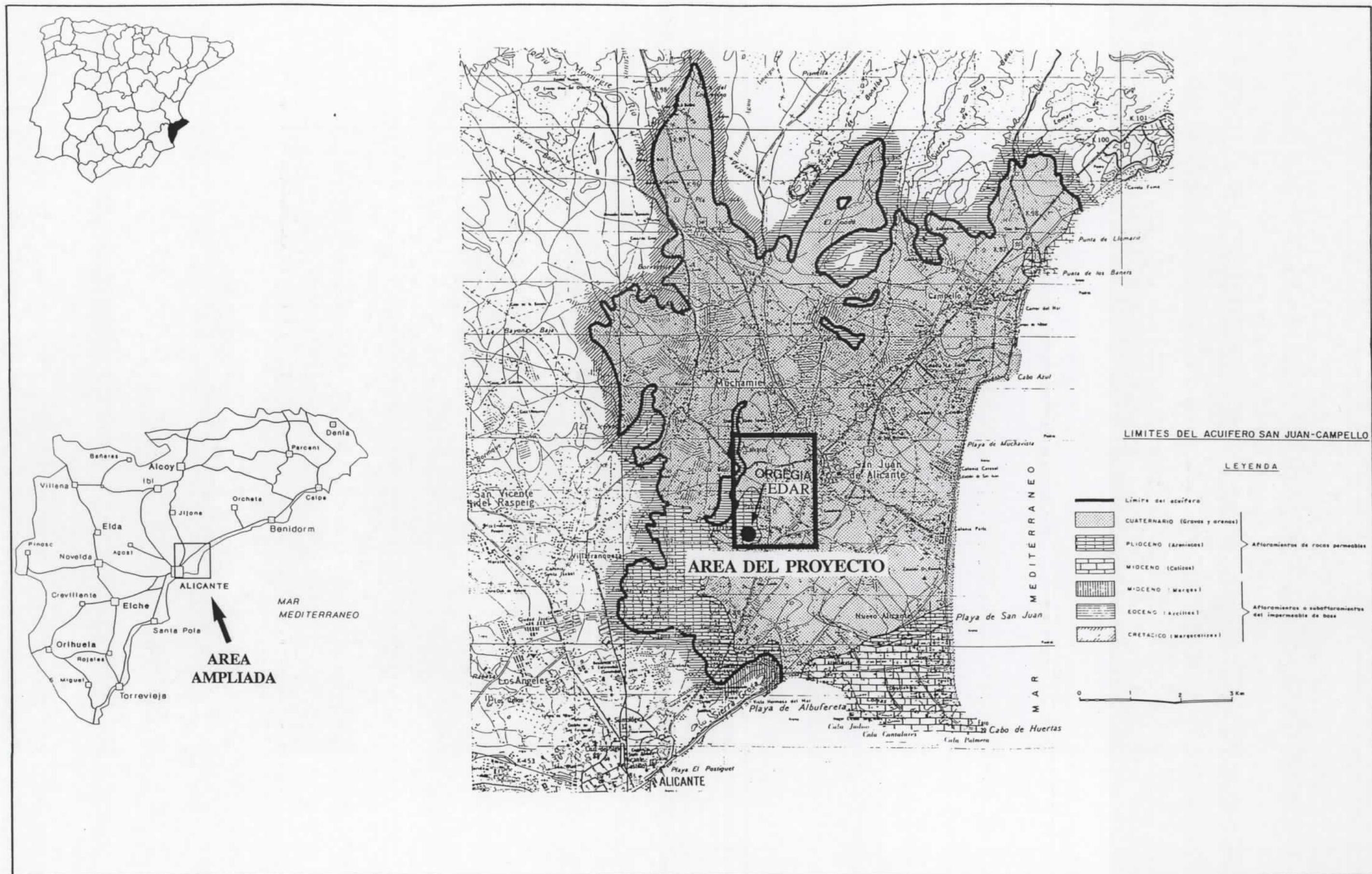


FIGURA 5. Situación del proyecto y límites del Acuífero San Juan-Campello

submarino. Las cantidades de efluente tratado que se vierten varían entre una media de 5000 m<sup>3</sup>/día en invierno, hasta 12000-15000 m<sup>3</sup>/día de promedio durante la temporada turística alta.

El área propuesta para el proyecto está situada sobre una secuencia sedimentaria de edades comprendidas entre el Mioceno y el Cuaternario. En orden descendente, las unidades estratigráficas identificadas incluyen los depósitos superficiales cuaternarios, las calcarenitas del Plioceno y las calizas del Mioceno Superior. Estos son los depósitos asociados al Acuífero San Juan-Campello, que es el considerado para este proyecto. En la figura 5 se representan los límites interiores del acuífero, coincidentes con los afloramientos de rocas impermeables más antiguas. El acuífero está limitado al Este y Sur por la costa mediterránea. Su superficie total es de 65 km<sup>2</sup>.

No se conoce ningún uso actual de las aguas del Acuífero San Juan-Campello. Estudios hidrogeoquímicos previos (ITGE, 1990) indican que la calidad del agua subterránea nativa es mala en todo el acuífero. Los contenidos totales de sólidos disueltos (TSD) varían aproximadamente entre 3000 y 6000 mg/l, habiéndose detectado los niveles más altos hacia el sur. Los cloruros y sulfatos son los aniones dominantes, constituyendo más del 90% del contenido aniónico total del agua subterránea. Además de la mala calidad del agua nativa, el contacto directo del acuífero con el Mediterráneo ha causado intrusión marina a lo largo de 15 km de costa. La intrusión de agua salada es especialmente importante en el área de Alicante-San Juan, donde la penetración marina es detectable hasta más de 3 km tierra adentro, como refleja el mapa de isocloruros de la figura 6. En la tabla 12 se recogen datos de calidad del agua derivados de muestreos realizados en diferentes puntos del Acuífero San Juan-Campello. El agua subterránea del área del proyecto no es utilizable para consumo humano, ni para riego de cultivo alguno.

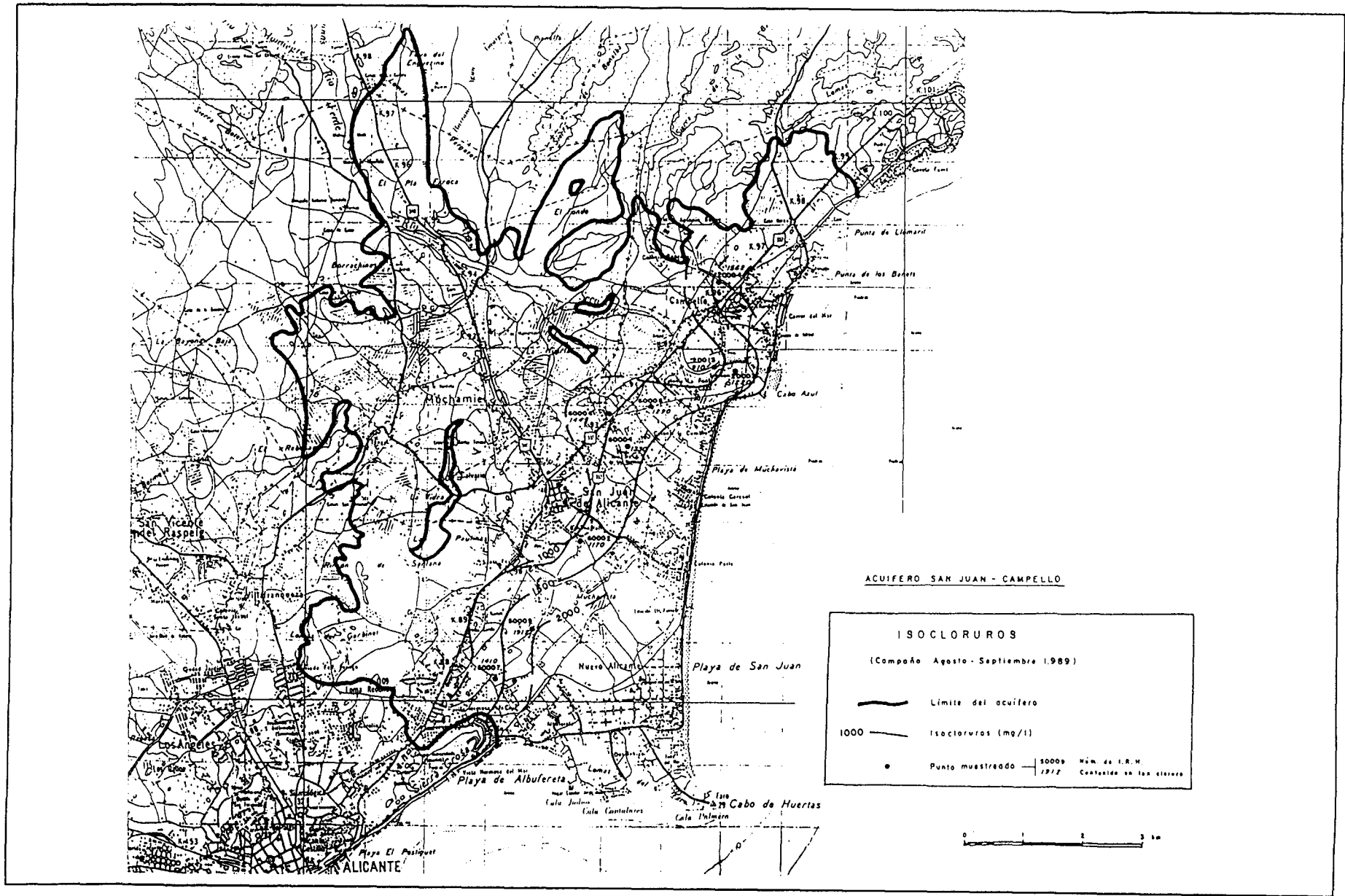


FIGURA 6. Distribución de líneas de isocloruro y puntos de muestreo en el Acuífero San Juan-Campello

TABLA 12. Calidad del agua del Acuífero San Juan-Campello

Punto muestreo	Fecha muestreo	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	TSD (mg/l)	pH	Cond a 20°C (μS/cm)
2934-20003	02/08/89	1220	1550	211	698	223	458	12	54	4426	7.9	5810
2934-20004	01/08/89	1562	1950	192	829	294	550	21	124	5522	7.9	6990
2934-20013	02/08/89	910	1240	215	498	160	403	10	30	3466	7.8	4630
2934-50007	02/08/89	1410	1270	350	845	226	400	18	50	4569	8.0	6360
2934-50009	02/08/89	1912	2207	233	1089	310	546	15	57	6369	7.9	8190
2934-60002	01/08/89	1170	1420	287	699	190	410	24	126	4326	7.7	5480
2934-60003	21/04/89	1310	-	-	-	-	-	-	-	5093	-	-
2934-60004	02/08/89	1273	1820	151	792	244	466	13	96	4855	8.0	6120
2934-60005	02/08/89	1290	1890	196	810	258	464	14	124	5046	7.9	6390
2934-60006	02/08/89	1445	1870	210	823	280	460	11	103	5202	8.0	6640

Fuente: ITGE (1990), Estudio de la intrusión marina en acuíferos costeros de Murcia y Alicante.

## **4.2. DISEÑO CONCEPTUAL**

Se propone un nuevo concepto de sistema de renovación de aguas para obtener agua no potable de alta calidad a partir de efluentes tratados de origen urbano. Aunque una parte del efluente procedente de la EDAR de Orgegia está ya siendo utilizado para el riego decultivos agrícolas, todavía tienen que verterse al mar caudales variables entre 5000 y 15000 m<sup>3</sup>/día, debido a las importantes variaciones estacionales que sufren tanto la producción de efluente, como la demanda para reutilización. Con el sistema se pretende aportar la capacidad de tratamiento y de almacenamiento necesarias para obtener la máxima regeneración de agua, a la vez que se adaptan sus caudales de producción a las fluctuaciones estacionales de la demanda. Su operación a lo largo del año se basa en el tratamiento continuo de efluente, con almacenamiento durante los períodos en que su disponibilidad supera a la demanda, para ser posteriormente recuperado durante los períodos punta.

Para lograr tratamiento y gran capacidad de almacenamiento a bajo coste, el sistema combina las técnicas conocidas como tratamiento suelo-acuífero y almacenamiento-recuperación en acuífero. La disponibilidad de un acuífero salino superficial con características hidráulicas adecuadas, permite sacar provecho de las propiedades naturales del subsuelo para desarrollar una alternativa económicamente ventajosa al tratamiento avanzado convencional y evitar la construcción de grandes instalaciones superficiales de almacenamiento.

El diseño conceptual del sistema se esquematiza en la figura 7. Una parte del caudal dirigido al vertido marino es desviado hacia la planta piloto. Mediante un sistema de distribución se envían cantidades controladas de efluente hacia balsas de infiltración independientes. De acuerdo con la calidad promedio del efluente ( $DBO_5 < 30 \text{ mg/l}$ ,  $TSS < 25 \text{ mg/l}$ ), no se considera necesario pretratamiento para el correcto funcionamiento del sistema de infiltración. Los reboses de efluente procedentes de las balsas de infiltración son devueltos a la EDAR, o bien a la conducción de eliminación. El efluente infiltrado recibe

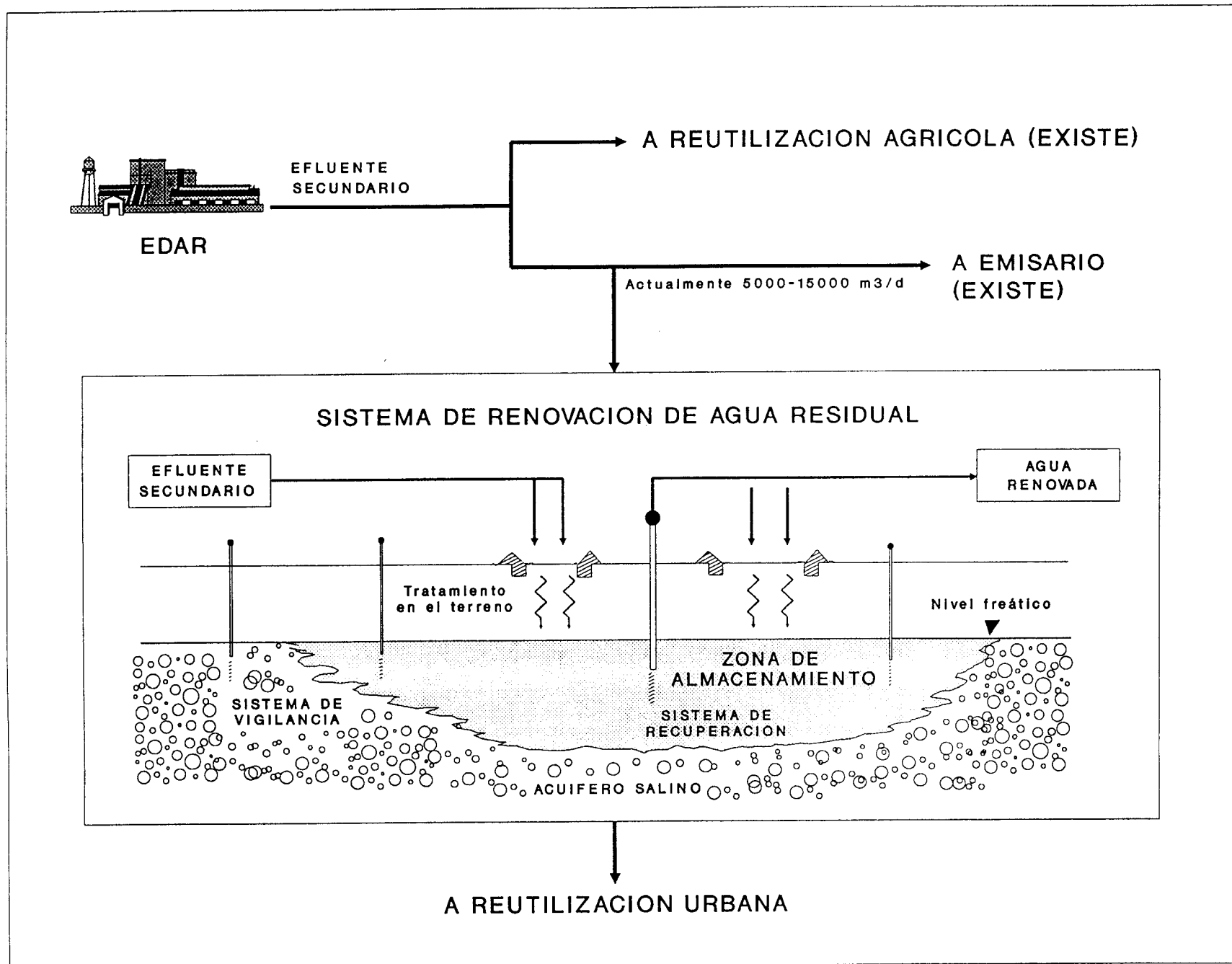


FIGURA 7. Diseño conceptual del sistema



tratamiento a su paso por el suelo y percola a través de la zona no saturada del acuífero donde obtiene un tratamiento final, hasta que alcanza el nivel freático y se incorpora a las aguas subterráneas. El agua se almacena mediante desplazamiento del agua nativa salina en los niveles saturados superiores. A medida que avanza la operación, el agua infiltrada crea una zona de barrera que impide la mezcla del efluente posterior con el agua salada. Una vez creada una zona de almacenamiento, el agua renovada se recupera mediante un sistema especialmente diseñado de sondeos múltiples. El desarrollo de la zona de almacenamiento y los efectos de la operación sobre el acuífero son observados continuamente mediante un sistema de vigilancia de aguas subterráneas.

De acuerdo con la descripción anterior, el sistema ha de diseñarse de modo que realice las siguientes funciones principales:

- Tratamiento avanzado
- Gran capacidad de almacenamiento
- Recuperación eficiente
- Vigilancia de la evolución del acuífero dentro y fuera del emplazamiento de la planta

El rendimiento de la infiltración y del tratamiento en el suelo dependen en gran medida de la toma de datos precisos durante una fase de caracterización del emplazamiento, previa al diseño del sistema. Una vez que se ha diseñado y construido el sistema, es necesario realizar a una serie cíclica de ensayos operacionales para desarrollar una zona de almacenamiento capaz de producir agua con una buena eficiencia en la recuperación. Durante el periodo de ensayos cíclicos deberán también determinarse las secuencias de aplicación y las cargas hidráulicas adecuadas para el sistema de infiltración. Una vez que el sistema se ha desarrollado completamente, ha de ser operado bajo un programa estacional normal para observar la evolución del acuífero y obtener un ajuste final a sus parámetros operacionales óptimos.

Los principales componentes del sistema se describen a continuación:

- **Sistema de infiltración:**

Para la planta piloto que se propone se ha considerado la construcción de un sistema de infiltración de balsas múltiples, con el fin de disponer de flexibilidad para la realización de ensayos y para su operación. La superficie eficaz de infiltración a emplear en una planta piloto ha de ser de aproximadamente 10000 m<sup>2</sup>. Estimaciones preliminares basadas en datos regionales existentes, indican que un sistema de infiltración de 1 ha podría aportar una capacidad de tratamiento aproximada de 1250 m<sup>3</sup>/día.

El sistema de infiltración deberá evitar detenciones prolongadas del efluente y exposiciones largas a la luz solar, con el fin de impedir el desarrollo de algas perjudiciales antes de que se produzca la percolación. Las balsas deberán disponer también de cobertura, para impedir posibles concentraciones de insectos durante los períodos cálidos.

El número definitivo de balsas de infiltración, su forma y distribución superficial, dependerán de los resultados de los ensayos realizados durante la fase de caracterización del emplazamiento, previa al diseño. El diseño final del sistema de infiltración deberá basarse únicamente en los datos específicos del emplazamiento recogidos previamente.

En las balsas de infiltración, el efluente se aplica directamente sobre una capa preseleccionada del suelo, para que por gravedad, percole a través del perfil no saturado del subsuelo hasta alcanzar el nivel freático. Durante su descenso a través del suelo y de la matriz rocosa del acuífero, el efluente recibe tratamiento suelo-acuífero y penetra en las aguas subterráneas cumpliendo los objetivos de calidad fijados para el tipo de reutilización que se pretende. Los objetivos básicos de calidad para el agua renovada se han fijado de acuerdo con los las directrices para reutilización urbana más recientes (USEPA, 1992), y se recogen en la tabla 13.

TABLA 13. Objetivos de calidad para el agua renovada	
. pH	6-9
. DBO <sub>5</sub>	≤10 mg/l
. Olor	Ninguno
. Turbidez	≤ 2 NTU
. Cl <sub>2</sub> residual	0.5-1.0 mg/l

● **Sistema de distribución del efluente:**

Ha de diseñarse un sistema de distribución que permita el control del efluente, desde la toma del sistema hasta la conducción de retornos de las balsas. Principalmente, constaría de una estación de bombeo para la distribución; todas las tuberías, válvulas y accesorios necesarios para distribuir adecuadamente el efluente hacia las balsas de infiltración; elementos medidores de caudal; una estación de bombeo de retornos y la tubería de retorno. El diseño final del sistema de distribución dependerá de la configuración real de las balsas de infiltración y habrá de permitir que el sistema sea operado de forma cíclica, tanto como una unidad, o como un grupo de balsas independientes.

● **Sistema de recuperación:**

El agua renovada se podrá recuperar mediante dos pozos de producción de 8 pulgadas de diámetro nominal. La profundidad y situación de ambos pozos deberá determinarse en función de los datos hidrogeológicos recopilados en campo. Se estima que la profundidad total de los pozos puede ser aproximadamente de 40 metros. Los pozos de producción habrán de diseñarse y espaciarse con el fin de obtener la máxima recuperación de agua almacenada, y no para obtener la máxima capacidad de producción.

Ambos pozos deberán ser equipados con sistemas de bombeo sumergibles fijos que puedan ser operados independientemente. Se espera que la eficiencia en la recuperación alcance aproximadamente el 50% tras un periodo de ensayos de 3 meses de duración. La eficiencia de la recuperación a largo plazo se estima que puede alcanzar hasta el 80% del total del agua infiltrada.

- **Sistema de vigilancia de las aguas subterráneas:**

La observación permanente de la evolución de la zona de almacenamiento y de la respuesta del acuífero a los ciclos de ensayo de almacenamiento y recuperación, requiere la construcción de un sistema de vigilancia dentro del emplazamiento de la planta. Así mismo, para evaluar los efectos regionales de la operación sobre el acuífero, es también necesaria la observación de las variaciones de nivel y de calidad del agua fuera de los límites del emplazamiento.

Para la planta piloto propuesta, se ha considerado un sistema de vigilancia compuesto por cuatro sondeos de vigilancia de 6 pulgadas de diámetro nominal, más un conjunto de cuatro piezómetros. La profundidad y situación de los piezómetros y sondeos de observación habrá de determinarse en base a los datos hidrogeológicos recogidos en campo. Todos los componentes del sistema de vigilancia habrán de estar provistos de registradores continuos de nivel, y se deberán tomarse muestras de agua en los sondeos al menos semanalmente, durante las fases de ensayo y operación del proyecto.

### **4.3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS**

Las labores necesarias para el desarrollo del sistema piloto propuesto se han estructurado en las siguientes fases:

● **Fase 1: Caracterización del emplazamiento**, dirigida a obtener todos los datos específicos del emplazamiento, necesarios para diseñar adecuadamente un sistema de tratamiento, almacenamiento y recuperación, que no presente problemas operacionales. Básicamente incluye:

- Selección del emplazamiento y evaluación de posible impacto ambiental.
- Tramitación de permisos
- Estudio del suelo y caracterización hidrogeológica local.
- Ensayos de determinación de los parámetros básicos de diseño.
- Comienzo de la observación del acuífero.

● **Fase 2: Diseño del sistema**. Incluye:

- Estimación de los parámetros básicos de diseño.
- Diseño del sistema de aplicación del efluente secundario.
- Diseño del sistema de recuperación de agua renovada.
- Diseño del sistema de vigilancia

● **Fase 3: Construcción del sistema**. Básicamente, construir los componentes principales mencionados anteriormente y las instalaciones complementarias.

● **Fase 4: Ensayos operacionales**, orientados a desarrollar una zona de almacenamiento y a determinar los parámetros óptimos de operación, como cargas hidráulicas, secuencias de aplicación, eficiencia en el ciclo almacenamiento-recuperación y evolución de la calidad del agua subterránea fuera del emplazamiento.

- **Fase 5: Operacional**, para operar y vigilar el sistema en modo normal con el fin de obtener un ajuste final de su rendimiento y criterios técnicos para su operación posterior. Así mismo, redacción del informe técnico final y elaboración de un manual de operación y mantenimiento.

En la tabla 14 se incluye un desglose detallado de las labores correspondientes a cada una de las fases de la propuesta.

#### **4.4. PROGRAMA DE ENSAYOS Y OBSERVACION**

Tras la construcción de las instalaciones apuntadas anteriormente, habría de realizarse un programa cíclico de ensayos del rendimiento del sistema de unos 3 meses de duración aproximada. Esta fase de ensayo tiene por objeto el desarrollar una zona de almacenamiento y determinar los parámetros operacionales óptimos del sistema de tratamiento (cargas hidráulicas y secuencias de aplicación de efluente), la eficiencia del sistema de recuperación y la evolución de la calidad del agua subterránea y del agua renovada. El gran número de datos obtenidos también facilita el diseño de una posible ampliación del sistema y contribuye a aclarar posibles dudas de tipo regulatorio y referentes a permisos.

El programa concreto de ciclos de ensayo a seguir deberá diseñarse de acuerdo con los resultados de la fase de caracterización del emplazamiento. Sin embargo, la finalidad de los ciclos habrá de ser confirmar el rendimiento del tratamiento, del almacenamiento y recuperación de agua en el lugar de la operación, y por tanto, su procedimiento general será similar. A continuación se describe de forma genérica un ciclo de ensayos que podría desarrollarse.

TABLA 14. Desglose de labores

<b>FASE 1:</b>	
1.1	Selección de emplazamiento y evaluación de posible impacto ambiental
1.2	Tramitación de permisos
1.3	Construcción de accesos básicos
1.4	Caracterización físico-química de suelos en laboratorio
1.5	Topografía detallada del emplazamiento
1.6	Caracterización del agua residual
1.7	Investigación de la variación espacial del perfil del suelo
1.8	Instalar piezómetros (2)
1.9	Instalar sondeos de vigilancia (2)
1.10	Observación y muestreo de las condiciones iniciales del agua subterránea
1.11	Ensayo de acuífero (3 días)
1.12	Ensayos hidráulicos del suelo
1.13	Interpretación global de suelos y disposición hidrogeológica local
<b>FASE 2:</b>	
2.1	Estimación de los parámetros básicos de diseño
2.2	Diseño de las balsas de infiltración
2.3	Diseño de los sistemas de recuperación y vigilancia
2.4	Diseño del sistema de distribución del agua residual
<b>FASE 3:</b>	
3.1	Construcción de instalaciones y servicios básicos
3.2	Construcción y acabado del sistema de recuperación (2 pozos)
3.3	Instalar sondeos de vigilancia (2)
3.4	Instalar piezómetros (2)
3.5	Ensayo de acuífero (5 días)
3.6	Acondicionamiento de suelos
3.7	Construcción de las balsas de infiltración
3.8	Construcción del sistema de distribución del agua residual
3.9	Vallado y acabado de accesos e instalaciones complementarias
<b>FASE 4:</b>	
4.1	Muestreo y control del agua subterránea
4.2	Muestreo y control del agua residual
4.3	Ensayos operacionales y vigilancia del sistema
4.4	Ensayo de recuperación
<b>FASE 5:</b>	
5.1	Muestreo y control del agua subterránea
5.2	Muestreo y control del agua residual
5.3	Operación del sistema y control del agua renovada
5.4	Elaboración de informe final y manual de operación y mantenimiento

Un primer ciclo perseguiría determinar la capacidad inicial de infiltración del sistema y la respuesta del acuífero al almacenamiento del agua tratada. Previsiblemente la infiltración de efluente se mantendría hasta el agua tratada fuera detectada en los pozos de observación, o hasta que se alcanzara un volumen predeterminado. No es anticipable ningún tiempo de almacenamiento para este ciclo. Realizada la infiltración, se recuperaría el agua mediante bombeo simultáneo en ambos pozos de producción. La recuperación se prolongaría hasta alcanzar el nivel de calidad inicial del agua subterránea.

Un segundo ciclo realizado en la planta piloto, generalmente duplicaría el volumen empleado durante el primero, a menos que los resultados previos indiquen la conveniencia de aumentar los volúmenes. Las cargas hidráulicas y las secuencias de aplicación deberán ajustarse para obtener un mejor rendimiento de la infiltración. No es anticipable ningún tiempo de almacenamiento para este ciclo. La recuperación habría de mantenerse en este ciclo hasta que se alcanzase un parámetro predeterminado de calidad del agua.

Los ciclos siguientes generalmente duplicarían los volúmenes de los anteriores, e indicarían el grado de mejora de calidad del agua que puede esperarse de ciclos posteriores. De nuevo, no es anticipable tiempo de almacenamiento alguno para estos ciclos. El agua deberá ser también recuperada hasta que se alcance un parámetro predeterminado de calidad.

Una vez terminado el programa de ensayos cíclicos, es conveniente realizar un ensayo de recuperación para verificar que el agua recuperada es adecuada para el uso que se pretende. Son necesarios ensayos durante la recuperación para determinar los parámetros operacionales en el sistema de recuperación que deberán usarse durante las fases posteriores del proyecto.

Al finalizar los ensayos operacionales de la fase 4, el sistema deberá ser operado en modo normal durante aproximadamente 6 meses. Durante la fase 5, el sistema podría emplearse a plena capacidad de tratamiento para almacenar agua en los períodos de baja demanda, y



para posteriormente recuperarla cuando sea necesaria. Los volúmenes empleados deberán ser similares a los de la operación normal de la planta piloto. La finalidad de esta fase es obtener un ajuste final del rendimiento y confirmar los detalles operacionales del sistema cuando funciona conforme al diseño.

Durante las fases 4 y 5, el sistema ha de ser observado continuamente. El efluente secundario dirigido al sistema de infiltración tiene que ser muestreado y analizado de forma regular para evaluar adecuadamente el rendimiento obtenido en el tratamiento, y para adaptar la operación del sistema a posibles variaciones estacionales de la calidad del efluente. Han de vigilarse también de forma continua, los efectos de la operación sobre la zona de almacenamiento y sobre las zonas adyacentes donde exista agua subterránea nativa. Con este fin, son recomendables registros continuos de nivel en diferentes puntos y el muestreo semanal del agua subterránea. Así mismo, es importante controlar la calidad del agua renovada mediante análisis, en cada una de las etapas de recuperación realizadas durante las fases 4 y 5. Los parámetros de calidad del agua propuestos para control durante las fases de ensayo y operación incluyen, al menos, los recogidos en la tabla 15.

#### **4.5. CONSIDERACIONES SOBRE MEDIO AMBIENTE Y AUTORIZACIONES**

No se conocen a priori posibles efectos negativos para el medio ambiente que puedan derivarse de la acción propuesta. Las principales consideraciones medioambientales pueden surgir en relación al uso alternativo del Acuífero San Juan-Campello y a posibles molestias causadas en el entorno inmediato de la planta. Aunque ambas cuestiones no parecen problemáticas a priori, es aconsejable la realización de un estudio detallado de evaluación de posibles impactos medioambientales durante las etapas iniciales del proyecto.

Como se indicó anteriormente, el agua subterránea del Acuífero San Juan-Campello no es adecuada ni incluso para riego, debido tanto a su mala calidad natural, como a la intrusión

TABLA 15. Parámetros de control de la calidad de las aguas durante las etapas de ensayo y operación

PARAMETRO	EFLUENTE SECUNDARIO	SONDEOS OBSERVACION	SONDEOS RECUPERACION
Dureza Total		X	X
Alcalinidad		X	X
Conductividad	X	X	X
Temperatura		X	X
pH	X	X	X
Calcio		X	X
Magnesio		X	X
Potasio		X	X
Sulfato	X	X	X
Fluoruro		X	X
Cloruro	X	X	X
Total Sólidos Disueltos	X	X	X
Total Sólidos en Suspensión	X	X	X
Nitrato	X	X	X
Amoniaco	X	X	X
Fósforo Total	X	X	X
DBO <sub>5</sub>	X		X
DQO	X		X
Coliformes Fecales	X		X
Virus			X
Color			X
Turbidez			X
Cl <sub>2</sub> residual	X		X

marina. El efluente a utilizar en el sistema de renovación recibe tratamiento secundario y puede considerarse como de mejor calidad que el agua subterránea nativa. Así mismo, el efluente está siendo desinfectado por cloración antes de su vertido, por lo que no se prevén riesgos de tipo patógeno. Posibles molestias derivadas de olores o desarrollo de insectos habrán de ser tenidas en cuenta durante el diseño del sistema.

Puede anticiparse que son necesarios al menos tres permisos antes de que el sistema propuesto pueda ponerse en operación. La caracterización del emplazamiento, los ensayos de acuífero y la construcción del sistema requerirán autorización del propietario de los terrenos, licencia municipal de obras y permiso de la autoridad regional en materia de recursos hidráulicos. El ensayo y operación del sistema requerirá, al menos, una ampliación de éste último permiso.

#### **4.6. EVALUACION ECONOMICA**

El coste total estimado de realización de la propuesta asciende a 160.274.000 Pts. De acuerdo con las fases establecidas y el programa detallado de labores recogido en la tabla 14, el presupuesto total se desglosa del siguiente modo:

Fase 1:	24.916.000 Pts
Fase 2:	8.980.000 Pts
Fase 3:	66.558.000 Pts
Fase 4:	19.620.000 Pts
Fase 5:	40.200.000 Pts

Los costes arriba reflejados solamente incluyen la infraestructura estrictamente necesaria para el desarrollo de la acción demostrativa.

**5. PROPUESTA DE ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICA DE UN**  

---

**SISTEMA DE REGULACION SUBTERRANEA EN**  

---

**EL CAMPO DE ELCHE**  

---

Como pone de manifiesto el estudio del potencial de reutilización desarrollado en la sección 2, a pesar de la gran demanda de agua regenerada para riego agrícola existente, una fracción equivalente al 34% del total de las aguas residuales depuradas de la provincia (26 hm<sup>3</sup>/año) ha de ser vertidos a los cauces públicos o al mar. Ello se debe principalmente al marcado carácter estacional de la demanda y a la falta de infraestructuras suficientes para el almacenamiento temporal de los efluentes producidos durante el invierno en las grandes plantas depuradoras.

El almacenamiento temporal de agua pretratada para abastecimiento urbano en acuíferos salinos confinados está siendo aplicado satisfactoriamente desde los puntos de vista técnico y económico en países como EE.UU. y el Reino Unido. La técnica hidrogeológica empleada, conocida como almacenamiento y recuperación en acuífero (*Aquifer Storage and Recovery, ASR*), permite desarrollar almacenes de gran capacidad y con una eficacia en la recuperación próxima al 100%, a costes normalmente muy inferiores al resto de alternativas y con una mínima interferencia con otros usos del suelo.

En las secciones siguientes se propone la realización de una investigación de viabilidad técnica de ASR, como etapa preliminar en el desarrollo de un gran almacén regulador de aguas residuales urbanas tratadas. La propuesta está basada fundamentalmente en el potencial hidrogeológico de los acuíferos confinados del Campo de Elche, escasamente investigados por ser acuíferos salinos, y en su estratégica situación en las proximidades de grandes depuradoras y de zonas de gran demanda de agua para riego agrícola. La propuesta cubre una fase inicial de caracterización hidrogeológica detallada y una segunda fase de investigación operativa específica para ASR, necesarias para un adecuado diseño y construcción de un sistema a gran escala.

## **5.1. OBJETO DE LA PROPUESTA**

Ante la escasez de recursos hídricos, la demanda de agua residual tratada en las áreas agrícolas de Aspe-Monóvar y Vega Baja es muy grande. En la actualidad se bombea agua desde la EDAR del Rincón del León hasta los grandes embalses para riego de la zona de Aspe. A pesar de que durante las épocas de riego se reutiliza la práctica totalidad de las aguas producidas en las grandes depuradoras, la demanda no es totalmente satisfecha. Sin embargo, al cesar el riego agrícola las aguas tratadas han de ser vertidas por escasez de instalaciones de almacenamiento. En este sentido, se está realizando un importante esfuerzo en la construcción de grandes embalses para riego.

El empleo de almacenes subterráneos en acuíferos salinos de buena accesibilidad es una alternativa que se adapta especialmente al problema de la reutilización de los excedentes de invierno de las depuradoras de esta zona de Alicante. Permite la regulación de grandes volúmenes con un mínimo de infraestructura, a un coste muy inferior, con escasa utilización de terrenos y sin pérdidas por evaporación.

En el Campo de Elche se produce la coincidencia de una zona con posibilidades desde el punto de vista hidrogeológico, con la proximidad de tres importantes fuentes de agua residual tratada: las depuradoras de Alicante (Rincón del León), Elche y Arenales del Sol. En conjunto, el volumen de agua depurada que puede aprovecharse mediante una buena regulación es de aproximadamente 10 hm<sup>3</sup> por temporada, que podrá ser mayor tras la ampliación de la EDAR de Alicante. En la tabla 16 se resumen las principales características de las aguas aportadas por cada una de estas depuradoras.

El desarrollo de un almacén eficiente con buena recuperación en un acuífero salino confinado requiere la existencia de una disposición hidrogeológica favorable y un adecuado diseño. En las zonas donde el conocimiento de los acuíferos objetivo es limitado, es necesaria una fase previa de caracterización hidrogeológica de detalle y de ensayo de la capacidad real de los niveles favorables. El objetivo de esta propuesta es la realización de

TABLA 16. Características básicas de las fuentes de agua regenerada consideradas en la propuesta

<p style="text-align: center;">ALICANTE (Rincón del León)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_m \approx 27.000-28.000 \text{ m}^3/\text{día}</math> (tras ampliación <math>75.000 \text{ m}^3/\text{día}</math>)</li> <li>• Calidad salida:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Cond <math>\approx 2300-2500 \mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>DBO <math>\approx 25-30 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li>SS <math>\approx 25-30 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li><math>\text{Cl}^- \approx 400 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li><math>\text{N}_{\text{kej}} \approx 35-40 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li><math>\text{PO}_4 \text{ tot} \approx 12 \text{ mg}/\text{l}</math></li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">ELCHE (Algorós)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_m \approx 24.000 \text{ m}^3/\text{día}</math></li> <li>• Calidad salida:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Cond <math>\approx 2300 \mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>DBO <math>\approx 30-35 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li>SS <math>\approx 15-20 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li><math>\text{Cl}^- \approx 350 \text{ mg}/\text{l}</math></li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">ARENALES DEL SOL</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_m \approx 2.000 \text{ m}^3/\text{día}</math></li> <li>• Calidad salida:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Cond <math>\approx 2400 \mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>DBO <math>\approx 15-20 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li>SS <math>\approx 15-20 \text{ mg}/\text{l}</math></li> <li><math>\text{Cl}^- \approx 370 \text{ mg}/\text{l}</math></li> </ul> </li> </ul>

los trabajos necesarios para determinar la viabilidad técnica de una operación ASR y obtener toda la información necesaria para el diseño y adecuada construcción de un almacén de regulación a gran escala.

## **5.2. AREA DE ESTUDIO**

El área propuesta para el estudio está comprendida entre la ciudad de Elche y Arenales del Sol. Sus límites aproximados se muestran en la figura 8. La elección de esta zona para la posible implantación de un sistema de regulación subterránea se basa en lo siguiente:

- Su proximidad a una larga banda de afloramiento de los materiales tortonienses, andalucenses y cuaternarios, refuerza la posibilidad de existencia de acuíferos confinados, lo que la hace una zona potencialmente favorable desde el punto de vista hidrogeológico.
- Es una zona estratégicamente situada entre dos grandes focos de demanda agrícola: la zona Aspe-Novelda y la Vega Baja del Segura.
- Está situada en las proximidades de las EDAR de Elche (Algorós), Alicante (Rincón del León) y Arenales del Sol.

El Campo de Elche, y en general el área comprendida entre Crevillente y Santa Pola, constituyen una gran extensión en la que pueden darse condiciones hidrogeológicas similares a la del área seleccionada. De ser así existiría una gran facilidad para realizar nuevos desarrollos en el futuro, lo que conferiría a la zona un gran potencial de regulación para el aprovechamiento de los recursos hídricos.



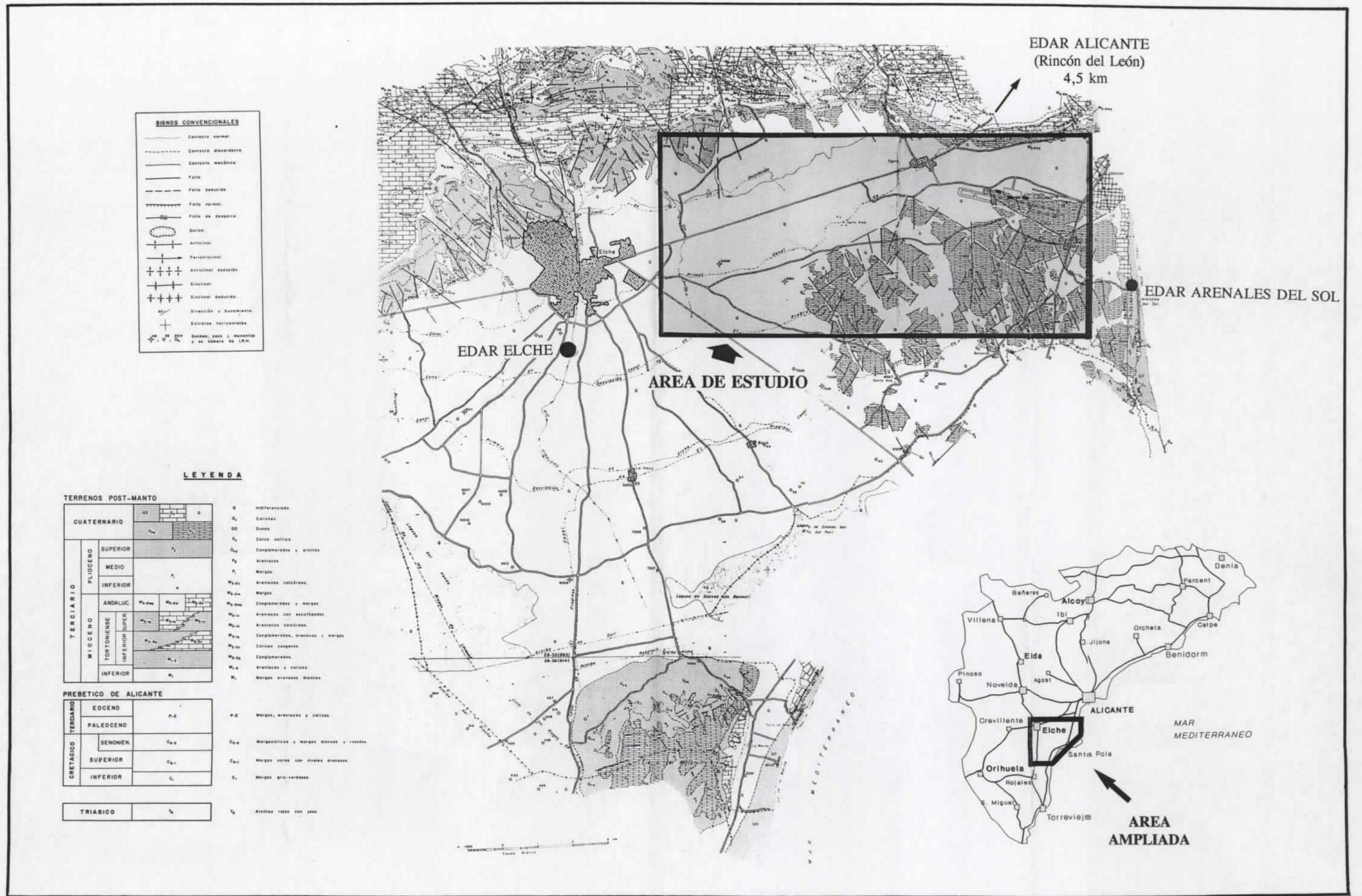


FIGURA 8. Situación del área de estudio propuesta y EDAR principales

### **5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACION**

Se propone la realización de una investigación de viabilidad técnica y caracterización detallada estructurada en dos etapas:

- (1) Evaluación preliminar
- (2) Ensayos específicos de ASR

Como resultado de las obras y ensayos incluidos en la segunda etapa, se dispondrá de una instalación piloto ASR con un único sondeo de recarga/recuperación. En caso de confirmarse la viabilidad técnica durante la fase de ensayos operacionales, el paso siguiente sería la ampliación del sistema a gran escala hasta cubrir las necesidades de regulación.

La fase de evaluación preliminar cubriría básicamente el estudio de la disponibilidad y demanda de agua regenerada, hidrogeología local y calidad del agua, potencial contaminante, compatibilidad de la calidad del agua, selección del emplazamiento y aspectos medioambientales, regulatorios y económicos del desarrollo de un sistema ASR en el lugar propuesto. El objetivo principal de esta fase es determinar el potencial del ASR a partir de la información ya existente, especialmente la referente a los siguientes aspectos:

- Datos geológicos e hidrogeológicos
- Características de los acuíferos
- Calidad del agua nativa
- Riesgo de contaminación debido a actividades locales
- Otros usos locales de los acuíferos
- Fuentes de agua regenerada
- Infraestructuras ya existentes

La evaluación preliminar de ASR deberá proporcionar un conocimiento aproximado de:

- Caudales y volúmenes de recarga/recuperación
- Calidad del agua en los ciclos recarga/recuperación
- Eficiencia en la recuperación
- Instalaciones necesarias para los ensayos operacionales y para un sistema a gran escala
- Permisos necesarios
- Capacidad de producción y coste de las instalaciones de ensayo y operación

La segunda fase de la investigación propuesta o fase de ensayos ASR incluye básicamente el diseño de las instalaciones y del programa de ensayos, su construcción, realización de los ensayos operacionales y evaluación final. El objetivo fundamental de los ensayos operacionales es la caracterización hidrogeológica detallada del emplazamiento y la adquisición de datos de calidad del agua en sondeos de ensayo/producción que confirmen la viabilidad del ASR y permitan cuantificar la capacidad y el coste económico de las posibles configuraciones de un sistema a gran escala.

De acuerdo con la disposición hidrogeológica de los acuíferos confinados del Campo de Elche y, a falta de un conocimiento más preciso de la zona de estudio, la configuración más probable del sistema piloto resultante tras la investigación ASR estaría compuesta por los siguientes elementos principales:

- 1 sondeo de ensayo/vigilancia profundo
- 1 sondeo ASR de producción/ensayo
- 1 sondeo de observación de la zona de almacenamiento ASR
- 1 sondeo de observación superficial
- 2 piezómetros en zona ASR

#### **5.4. VALORACION ECONOMICA**

Si bien es necesario llevar a cabo la evaluación preliminar para determinar las características de las instalaciones y los métodos operativos que se adapten al emplazamiento final, y así poder obtener una estimación de costes fiable de las labores de investigación de viabilidad, se han realizado unos cálculos aproximados del coste total de la propuesta. La valoración inicial que se indica a continuación ha sido realizada con criterios lo menos restrictivos posibles, de modo que puedan cubrirse las configuraciones hidrogeológicas más probables en el área de estudio.

Para las dos etapas propuestas el coste total aproximado asciende a 230 MPts, que se desglosan del siguiente modo:

- Evaluación preliminar: 10 Mpts
  
- Ensayos específicos de ASR: 220 MPts
  - Construcción sistema: 130 MPts
  - Ensayos (1 año): 90 MPts

Tras la realización del primer sondeo piloto de ensayo podrá determinarse si las condiciones hidrogeológicas locales son, o no son favorables para el desarrollo de un almacén satisfactorio. En caso de resultados negativos, el coste de las investigaciones hasta el momento del abandono se estima aproximadamente en 60 MPts.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

---

ARAGON RUEDA, R. et al. (1992). *Contribución al conocimiento de las demandas y usos del agua en el Campo de Cartagena*. V Simposio de Hidrogeología, Alicante 1992.

DIPUTACION PROVINCIAL DE ALICANTE-I.T.G.E (1982). *Las aguas subterráneas de la provincia de Alicante*.

DIPUTACION PROVINCIAL DE ALICANTE (1987). *Campaña de geofísica eléctrica (S.E.V.) en el Campo de Elche (Alicante)*. Tomos 1 y 2.

DIPUTACION PROVINCIAL DE ALICANTE (1990). *Estudio sobre situación y posibles actuaciones en las depuradoras de aguas residuales existentes en la provincia de Alicante*.

DIPUTACION PROVINCIAL DE ALICANTE (1992). *Mapa del agua*.

I.T.G.E. *Mapa Geológico de España, escala 1:50000*. Hojas: 795, 820, 821, 823, 846, 847, 870, 871, 872, 893, 894, 914 y 935.

I.T.G.E. *Mapa Hidrogeológico de España, escala 1:200000*. Hojas: 72, 73 y 79.

I.T.G.E. *Mapa geocientífico del medio natural. Provincia de Alicante*.

I.T.G.E. (1986). *Estudio hidrogeológico del término municipal de Elche (Alicante)*.

I.T.G.E. (1990). *Estudio de la intrusión marina en acuíferos costeros de Murcia y Alicante*.

MARTIN MATEO, R. et al. (1989). *El reto del agua*. Ins. de Cultura Juan Gil Albert, DPA.

MORENO CASELLES, J. (1993). *Reutilización de aguas y lodos residuales en agricultura*. I Curso sobre impacto ambiental de las actividades agrarias y núcleos rurales de población. E.U.I.T.A. de Orihuela (Alicante).

RODRIGUEZ ESTRELLA, T. et al. (1992). *Existencia de un neokarst cuaternario en las proximidades del aeropuerto de Alicante*. V Simposio de Hidrogeología, Alicante 1992.