



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y
PROBLEMATICA DE CALIDAD Y
CONTAMINACION DEL ABASTECIMIENTO
AL MUNICIPIO DE CADREITA.
CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE
LOS ACUIFEROS EXISTENTES EN EL MISMO



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

34214

SUPER PROYECTO Nº 9006	AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA
PROYECTO AGREGADO	335
TITULO PROYECTO: Proyecto para la realización de estudios de asesoramiento en materia de aguas subterranas a organismos de cuenca y comunidades autonomas en Navarra, País Vasco y La Rioja (Cuencas Norte y Ebro) 1990-91	
SICOAN 90404	Nº DIRECCION 22/90
COMIENZO 28/8/90	FINALIZACION

INFORME (Titulo): "Estudio sobre el estado actual y problemática de calidad y contaminación de los abastecimientos a poblaciones situadas en el aluvial del Ebro y afluentes" CADREITA	
CUENCA (S) HIDROGRAFICA (S)	EBRO
COMUNIDAD (S) AUTONOMAS	NAVARRA
PROVINCIAS	

INDICE

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION	7
2. EQUIPO TECNICO Y TRABAJOS REALIZADOS	9
3. GEOLOGIA	12
3.1. ESTRATIGRAFIA	12
3.1.1. Terciario	12
3.1.2. Cuaternario	14
3.2. TECTONICA	15
4. HIDROGEOLOGIA	18
4.1. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	18
4.2. SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y PREEXPLOTACION	22
4.3. GEOFISICA	28
4.4. DEFINICION DE ACUIFEROS	31
4.4.1. Características litológicas y geométricas de los acuíferos	33
4.4.2. Piezometría	35
4.4.3. Funcionamiento hidrogeológico	36
5. SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO URBANO	39
5.1. CAPTACION EXISTENTE	39
5.2. INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO	39
5.2.1. Depósito regulador	39
5.2.2. Características de la distribución	40
5.2.3. Tratamiento de las aguas y control sanitario	40
6. ANALISIS DE LA DEMANDA DE AGUA	44
6.1. DEMANDA DE AGUA PARA USO DOMESTICO E INDUSTRIAL	44

6.2.	DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA	45
7.	ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DE AGUA (AÑO HORIZONTE 2.015)	48
7.1.	EVOLUCION DE LA POBLACION	48
7.2.	CONSUMO FUTURO	48
8.	CARACTERIZACION HIDROQUIMICA DE LOS RECURSOS HIDRI- COS	51
8.1.	INFORMACION RECOPIADA	51
8.2.	CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES	52
8.2.1.	Facies químicas	53
8.2.2.	Evolución temporal de la calidad	54
8.2.3.	Diferencias geográficas de calidad	57
8.3.	CALIDAD QUIMICA DEL ABASTECIMIENTO URBANO	57
9.	ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
9.1.	CANTIDAD	60
9.2.	CALIDAD	60

A N E X O S

- 1. FOTOGRAFIAS**
- 2. ANALISIS QUIMICOS UTILIZADOS DURANTE EL ESTUDIO**
- 3. BOLETIN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICOS REALIZADO EN ORIGEN**
- 4. BOLETIN DEL ANALISIS BACTERIOLOGICO REALIZADO EN AL RED**

P L A N O S

- 1. MAPA GEOLOGICO Y DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA EN EL TERMINO MUNICIPAL DE CADREITA**

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

En los últimos años el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) ha firmado convenios de asistencia técnica en materia de aguas con todas las comunidades autónomas, a través de los cuales se coordinan los trabajos del Instituto y que, en ocasiones, son cofinanciados por las propias comunidades.

En este marco, algunos de los trabajos a realizar en la Comunidad Autónoma de Navarra se han planteado como estudios metodológicos sobre el abastecimiento de varias poblaciones, en los que se analiza su problemática actual y futura.

En el presente informe se aborda el caso concreto del Término Municipal de Cadreita, exponiéndose toda la información conocida y relativa a las características geológico-hidrogeológicas de los acuíferos existentes en el municipio y a la calidad de los recursos hídricos de los mismos. Se analizan, además, la situación actual del abastecimiento (captaciones existentes, instalaciones de abastecimiento, etc.) y la demanda futura de agua con el fin de dilucidar necesidades actuales o futuras. Así mismo se realizan las recomendaciones que se consideran oportunas para solventar estas necesidades.

2.- EQUIPO TECNICO Y TRABAJOS REALIZADOS

2.- EQUIPO TECNICO Y TRABAJOS REALIZADOS

La supervisión y dirección técnica del ITGE ha sido realizada por D. Miguel del Pozo Gómez (Geólogo).

El presente estudio ha sido realizado por Compañía General de Sondeos, S.A. (C.G.S.) que ha aportado el siguiente equipo técnico:

- D. Juan Olivares Taléns (Geólogo): responsable técnico del estudio.
- D. Juan Carlos González LLamazares (Geólogo): interpretación de la información recopilada, encuesta de abastecimiento en las oficinas municipales, toma de datos en campo y muestreo químico, elaboración del informe final.
- Dña. Regina Rodríguez Santisteban (Geóloga): interpretación de los análisis químicos recopilados y realizados durante el estudio, redacción del capítulo de hidroquímica.

La información de los análisis químicos que se han utilizado ha sido aportada por D. Esteban Faci, geólogo del Servicio de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, a quien agradecemos su colaboración.

Los principales trabajos realizados han sido los siguientes:

- Análisis de la información recogida en los siguientes estudios:
 - "Proyecto Hidrogeológico de Navarra, 2ª fase". Excma. Diputación Foral de Navarra. Dirección de Obras Públicas. Diciembre de 1.981.
 - "Estudio Hidrogeológico de una zona del Aluvial del Ebro y Aragón entre San Adrián y Arguedas". Realizado por INGEMISA para el Servicio de Obras Públicas del Gobierno de Navarra (Diciembre de 1.985).

- . "Estudio de calidad de agua del Aluvial del Ebro y Afluentes y protección del acuífero y las captaciones contra la contaminación". Realizado por INTECSA para el Servicio de Obras Públicas del Gobierno de Navarra. Diciembre de 1.988.
- . Base de datos de la red de calidad de aguas subterráneas del Gobierno de Navarra.
- Encuesta en las oficinas municipales y visitas a los puntos de captación, depósitos reguladores, etc.
- Toma de muestras para análisis químicos en origen.
- Evaluación de las necesidades de agua actuales y futuras.
- Valoración de los recursos hídricos subterráneos existentes en cuanto a cantidad y calidad.
- Elaboración del informe final.

3.- GEOLOGIA

3.- GEOLOGIA

El Término Municipal de Cadreita se sitúa en la Depresión del Ebro. Los materiales aflorantes son en su totalidad de origen continental y pertenecen al Terciario y Cuaternario.

Los depósitos terciarios están constituidos esencialmente por yesos y arcillas con niveles finos de calizas y areniscas. Las edades de estos depósitos están comprendidas entre el Stampiense y el Aquitaniense (Oligoceno Medio-Mioceno Inferior).

Los depósitos cuaternarios se disponen en un sistema de terrazas asociadas a los ríos Ebro y Aragón. Las litologías varían desde gravas y arenas hasta limos y arcillas sin consolidar. Los movimientos halocinéticos de los sedimentos evaporíticos terciarios afectan también a los depósitos cuaternarios produciéndoles deformaciones.

3.1.- ESTRATIGRAFIA

3.1.1.- Terciario

En el mapa geológico (plano nº 1) se distinguen cuatro unidades terciarias.

Unidad 1

Está formada por finas capas de yeso escala centimétrica, con juntas arcillosas de tonalidades pardo-amarillentas.

Intercalados entre los yesos terrosos se encuentran capas de yeso de color blanco y escala decimétrica.

No se conoce la potencia de esta unidad debido a que no aflora la base de la misma en ningún punto. Aflora en el núcleo de una estructura anticlinal.

Los materiales están totalmente replegados debido al carácter diapírico de los pliegues.

Unidad 2

Está constituida fundamentalmente por una sucesión de tramos yesíferos y tramos arcillosos de espesor variable. Los primeros presentan una estructura hojosa consistente en una alternancia fina de yesos terrosos, yesos fibrosos y arcillas yesíferas en capas bien estratificadas de alrededor de 1 cm. Exporádicamente se intercalan en la secuencia niveles de yesos blanquecinos más potentes (10 a 40 cm.).

Con frecuencia se intercalan entre los yesos tramos de arcilla calcárea en tonos rojizos, grises y pardo-amarillentos, con abundante yeso disperso y rellenando grietas. Se pueden observar también delgadas capas de areniscas, caliza arenosa y caliza.

Esta unidad está menos replegada que la anterior y no se conoce su espesor debido al contacto mecánico existente entre ellos.

Unidad 3

Es un tramo básicamente arcilloso, con algunas intercalaciones finas de areniscas. Da lugar a una depresión morfológica entre dos tramos yesíferos.

La potencia es muy variable de unos sectores a otros. Fuera de Cadreita se han medido espesores máximos de 450m.

Unidad 4

La litología dominante es también yesífera con núcleos arcillosos interestratificados. Los yesos forman secuencias consistentes en una alternancia fina y rítmica de capas bien estratificadas de unos 10 a 15mm. Intercalándose en esta secuencia rítmica aparecen niveles yesíferos más potentes de 10 a 40cm. de espesor. Asociados a los yesos aparecen con frecuencia finas capas de 2cm. de caliza arcillosa.

Los tramos arcillosos presentan intercalaciones de capas de 10 a 30 cm. de areniscas y calizas arcillosas.

Fuera ya del término Municipal de Cadreita se ha llegado a medir potencias de 900m. para esta unidad.

3.1.2.- CUATERNARIO

Los dispositivos cuaternarios ocupan las mayor parte de la superficie del municipio. Son de origen fluvial y forman las terrazas de los ríos Ebro y Aragón.

El desarrollo de las terrazas se encuentra, en parte, condicionado por la estructura geológica y naturaleza de los materiales terciarios donde se asienta la red fluvial.

Normalmente estas terrazas se han agrupado de una forma más o menos arbitraria en función de sus características litológicas, morfológicas y de su altitud relativa con respecto al Ebro.

Un fenómeno frecuente en la región es la deformación de las terrazas como consecuencia del movimiento de los yesos subyacentes.

Unidad 5

Corresponde a terrazas que se extienden a lo largo de los pliegues diapíricos de Cárcar y Arguedas y que han sido fuertemente deformadas por la acción tectónica diapírica de los yesos.

Estas terrazas tienen amplia representación en Cadreita.

Unidad 6

Se agrupan en esta unidad varios niveles de terrazas colgadas que se sitúan a una altura sobre el nivel actual del río de al menos 10m.

Están formadas por gravas poligénicas, poco cementadas, compuestas por cantos de calizas, cuarcitas y areniscas, relativamente homométricos.

Unidad 7

Corresponde a la llanura de inundación actual o llanura aluvial.

Se compone de dos tramos bien diferenciados, uno inferior de gravas de variada naturaleza (calizas, cuarcitas y areniscas) y otro superior de limos y arcillas. Localmente aparecen lentejones de arena entre las gravas.

3.2.- TECTONICA

El rasgo estructural más destacado de la zona es la existencia de pliegues de origen halocinético en los materiales del Terciario Continental. Concretamente en el municipio de Cadreita se pueden definir los anticlinales de Cárcar y Arguedas.

Estas deformaciones afectan a los depósitos cuaternarios asentados sobre los materiales yesíferos. Esto origina abombamientos en las terrazas, que se adaptan a los anticlinales del substrato yesífero.

4.- HIDROGEOLOGIA

4.- **HIDROGEOLOGIA**

La mayor parte del municipio de Cadreita se encuentra en La "Unidad Hidrogeológica del Ebro y Afluentes"; definida en el "Estudio Hidrogeológico de Navarra".

En esta unidad se incluyen todas las terrazas de origen fluvial asociadas al río Ebro y sus afluentes en Navarra y que se sitúan a diferentes niveles con respecto al actual del Ebro. En muchas zonas están desconectadas las terrazas por lo que varía el comportamiento hidrogeológico de la unidad de unos sectores a otros.

A continuación se expone toda la información recopilada para el municipio de Cadreita que permite definir los acuíferos existentes y su geometría y funcionamiento hidrogeológico.

4.1.- **INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Se han recopilado un total de 25 puntos de agua inventariadas en diversos estudios realizados en la zona. Del total de puntos, 20 corresponden a pozos de gran diámetro y 5 a sondeos.

En el cuadro nº 1 se presenta un resumen con las principales características de los puntos de agua. En este cuadro se identifica cada punto con el código de inventario con el que figura en los archivos del Gobierno de Navarra y además se les ha asignado una numeración correlativa (de 1 a 25) para que puedan ser identificados con más facilidad en el mapa de inventario de puntos de agua (plano nº 1). A partir de este capítulo las referencias a cualquier punto concreto se realizarán mediante este último número y entre paréntesis el código registrado en los archivos antes mencionados.

N° INVEN.	FECHA	X	Y	COTA	NATUR	PROF. (m)	NIVEL (m)	Q. (l/sg.)	USO	EXT. ANUAL (Dm ³ /AÑO)	N° A.Q.	OBSER
2511-6-009 (1)				264	Pozo	4	3		Desco- nocado		1	
2511-6-010 (2)				263.5	Pozo	4	3				1	
2511-6-012 (3)				266	Pozo	4	3				2	
2511-6-013 (4)				271	Pozo	5	4				1	
2511-6-014 (5)				274	Pozo	5.8						Seco
2511-6-023 (6)				270	Pozo	6.4	3.65		No se usa			
2511-6-026 (7)				268	Pozo	1.3	1.1		No se usa			Sin equipar
2511-6-057 (8)	05/08/85	605040	4677450	287	Pozo	12.75	12.6		Gana- dería		1	
2511-6-058 (9)	04/04/85	605780	4676840	282	Pozo	14			No se usa			El agua salió a 14m. Ac- tualm. está tapado por mala cali- dad del agua
2511-6-059 (10)	04/04/85	605680	6676840	280	Pozo	9			No se usa			
2511-6-060 (11)	07/04/85	605270	4677035	283	Pozo	12	11.37	1	Gana- dería	2		Son dos po- zos
2511-6-061 (12)	05/08/85	605820	4676480	281	Pozo	6			No se usa		1	

	FECHA	X	Y	COTA	NATUR	PROF. (m)	NIVEL (m)	Q. (l/sg.)	USO	EXT. ANUAL (Dm ³ /AÑO)	Nº A.Q.	OBSER
2511-6-062 (13)	05/08/85	605750	4676230	280	Pozo	7	5		No se usa			
2511-6-063 (14)	07/04/85 07/08/85	607155	4676040	271	Pozo	5	0.5		No se usa	1	1	
2511-6-066 (15)	07/02/86	607400	4672255	263	Piezometro	37.5	6		No se usa			
2511-6-067 (16)	15/02/86	607365	4672255	263	Sondeo	31.5	5	> 120	No se usa		2	
2511-6-239 (17)	01/08/88	607850	4675225	285	Pozo	20	19.1		No se usa			
2511-6-240 (18)	01/08/88	607445	4674450	266	Pozo	5	2.7		Riego	1.2		
2511-6-241 (19)	01/08/88	606800	4675275	267	Pozo	6.6	3.75		No se usa			
2511-6-242 (20)	02/08/88	606775	4673650	266	Sondeo	23	1.88		Abastec.	230	6	Abastece a Cadreita
2511-6-243 (21)	02/08/88	606425	4674175	267.5	Pozo	7.5	4.02		Riego	5		
2511-6-244 (22)	02/08/88	607300	4672250	263	Sondeo	25	3.02		No se usa			Construido y aforado por Diputación

Nº INVEN.	FECHA	X	Y	COTA	NATUR	PROF. (m)	NIVEL (m)	Q. (l/sg.)	USO	EXT. ANUAL (Dm ³ AÑO)	Nº A.Q.	OBSER
2511-6-245 (23)	28/09/88	605950	4674650	271	Sondeo	19.81	4.98		No se usa			Construido y aforado por Intecsa: 20 l/seg; depresión:- 1,53m. (11 horas)
2511-7-056 (24)	07/08/85	608540	4675120	267	Pozo	3.9	3.05		No se usa		1	
2511-7-057 (25)	07/08/85	608750	4674400	267	Pozo	5	4.02		No se usa		1	

CUADRO N°1: Resumen del inventario de puntos de agua

Las profundidades de los pozos oscilan entre 1,4 y 20m. y las de los sondeos entre 19,8 y 37,5m.

Un 80% de los puntos no se utilizan o se desconoce su uso en la actualidad. El resto de los puntos se utilizan mayoritariamente en ganadería y para riego de huertas.

El punto n° 20(2511-6-242) se utiliza para el abastecimiento del núcleo urbano.

4.2.- SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y PREEXPLOTACION

Unicamente se dispone de información detallada de los puntos 15(2511-6-066), 16(2511-6-067), 20(2511-6-242) y 23(2511-6-245). En estos puntos se conocen las columnas atravesadas y/o se han efectuado ensayos de bombeo.

En el resto de los sondeos y pozos inventariados no figuran las columnas de materiales atravesados y sólo en algunos casos se conocen los caudales que extraen actualmente pero no los caudales óptimos de explotación.

En la figura n°1 se representan los puntos mencionados junto con los perfiles geoelectricos realizados en el municipio.

Sondeo 15(2511-6-066)

Es un sondeo de reconocimiento realizado en 1.985 a rotoperusión hasta 37,5m. de profundidad.

Columnas litológica

La columna es relativamente monótona y está constituida por gravas y arenas gruesas con ocasionales niveles de arenas de grano medio y fino. No se llegó hasta el substrato impermeable.

Características técnicas

Fue necesario utilizar tuberías auxiliares de revestimiento de 175, 139, 114, 89 y 66mm. de diámetro sucesivamente conforme se avanzaba en profundidad.

Al finalizar el sondeo se habilitó como piezómetro mediante la instalación de un tubo de PVC hasta los 25m. de profundidad, ranurado a partir de 5m.

Sondeo 16(2511-6-067)

Se realizó en 1.985 a percusión hasta una profundidad total de 31,5m. Se llevó a cabo para conocer las posibilidades hidrogeológicas de la unidad 7 con el objeto de hacer posible la puesta en regadío de un sector seleccionado por Riegos de Navarra, S.A.

Columna litológica

0-29,5m.	Gravas con finas pasadas arenosas
29,5-31,5m.	Arenas medias y finas

No se alcanzó el substrato impermeable.

Características técnicas**PERFORACION**

<u>Profundidad (m)</u>	<u>Diámetro de perforación (mm)</u>
0-8,5	700
8,5-27,5	650
27,5-31,5	550

REVESTIMIENTO

<u>Profundidad(m)</u>	<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Espesor(mm)</u>	<u>Naturaleza</u>
0-6,5	550	8	Ciega (metálica)
6,5-12,5	550	8	Puentecillo de 1.5mm de abertura (metálica)
12,5-15,5	550	8	Ciega (metálica)
15,5-27,5	550	8	Puentecillo (idem)
27,5-31,5	550	8	Ciega (metálica)

Se instaló un empaque de grava silícea calibrada de 4-8mm. de diámetro.

No se extrajo la tubería de revestimiento de 700mm. de diámetro por la inestabilidad del terreno en el entorno del sondeo.

El nivel de agua se localizó a los 5 metros de profundidad. Posteriormente, durante la perforación, este nivel no sufrió variaciones relacionadas con las labores de limpieza.

Bombeo de ensayo

Se realizaron tres bombeos escalonados previos al ensayo a caudal constante.

Los bombeos escalonados se llevaron a cabo con caudales de 20, 40 y 80 l/seg. sin recuperación entre ellos y con una duración de una hora cada uno. A partir de los primeros minutos de bombeo el nivel de agua se estabiliza prácticamente en cada escalón con las siguientes depresiones máximas al final de las mismo:

<u>Q (l/seg.)</u>	<u>s (m)</u>
20	0.11
40	0.23
80	0.60

El bombeo a caudal continuo se empezó con un caudal de 40 l/seg. que progresivamente se incrementó a 80, 100 y 120 l/seg. A partir de los 70 minutos el caudal se mantuvo constante en 120 l/seg. hasta las 37 horas de bombeo.

La depresión máxima alcanzada fue de 0.87m. Al cesar el bombeo se observó la recuperación del nivel de agua y a los 18 minutos la depresión residual era de 13cm. que se redujo a 5cm. a las 2 horas.

La transmisividad del acuífero calculada por el método de Jacob resultó ser de 11.000 m²/día.

Sondeo 20 (2511-6-242)

Se utiliza actualmente para el abastecimiento del núcleo urbano.

Es un sondeo realizado en 1.982 a percusión hasta 23m. de profundidad.

Columna litológica

0-2m. Arena arcillosa

2-7m.	Gravas y arenas
7-8m.	Grava fina y arenas
8-9m.	Gravas y arenas
9-23m.	Gravas finas con abundantes arenas algo consolidadas.

No se llegó hasta el substrato impermeable.

Característica técnicas

La perforación se efectuó en su totalidad con un diámetro de 500mm.

REVESTIMIENTO

<u>Profundidad(m)</u>	<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Naturaleza</u>
0-6	350	Ciega (metálica)
6-9	350	Puentecillo (metálico)
9-9.75	350	Ciega (metálica)
9.75-15.75	350	Puentecillo (idem)
15.75-16.5	350	Ciega (metálica)
16.5-23	350	Puentecillo (metálico)

Se instaló un empaque de grava silícea calibrada de 4mm. de espesor.

Consideraciones hidrogeológicas

Se realizó un ensayo de bombeo con un caudal constante de 66.5 l/seg. durante 28 horas. La depresión máxima conseguida fue de 0.6m. La transmisividad calculada por el método de Jacob es de 8.221 m²/día.

Sondeo 23 (2511-6-245)

Se realizó en 1.988 a percusión hasta una profundidad total de 20m.

Columna litológica

0-6m.	Arcilla marrón
6-20m.	Grava media y arena gruesa

Características técnicas

El sondeo se perforó en su totalidad con un diámetro de 400mm.

REVESTIMIENTO

<u>Profundidad(m)</u>	<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Espesor(mm)</u>	<u>Naturaleza</u>
0-5	180	5	Ciega (metálica)
5-19.5	180	5	Ranurada (metálica)
19.5-19.81	180	5	Ciega (metálica)

Se instaló un empaque de grava silíceo calibrada de 5-10mm. de diámetro.

El agua se cortó a 6m. de profundidad, situándose el nivel a 4.48m. Este nivel de agua permaneció constante durante toda la perforación.

Bombeo de ensayo

Se realizaron tres bombeos escalonados, previos al ensayo a caudal constante, con los siguientes resultados:

<u>Q (l/seg.)</u>	<u>s (m)</u>	<u>t(minutos)</u>
5.9	0.19	20 (estabilizado)
10	0.43	20 (estabilizado)
15	0.91	40 (estabilizado)

Posteriormente se bombeó de forma continua con un caudal de 18.2 l/seg. durante 11 horas.

La depresión máxima alcanzada fue de 1,53m. Al cesar el bombeo se midió la recuperación durante 2 horas quedando una depresión residual de 1cm. después de este tiempo.

La transmisividad calculada para los primeros instantes del bombeo fue de 1.310 m²/día y para el final del ensayo de 2.900 m²/día.

4.3.- GEOFISICA

Para la elaboración del presente apartado se ha podido disponer de información geofísica procedente de distintos estudios a saber:

- Los perfiles P-IV y P-III corresponden al "Estudio hidrogeológico de una zona del aluvial del Ebro y del Aragón entre San Adrián y Arguedas (Navarra)" realizado por la empresa INGEMISA para el Gobierno de Navarra, Servicio de Obras Públicas, Sección de Recursos Hidráulicos y Geología, 1.985.
- El perfil P-7 corresponde al "Proyecto Hidrogeológico de Navarra", realizado por la empresa CGS para el Gobierno de Navarra, Servicio de Obras Públicas, Sección de Recursos Hidráulicos y Geología, 1977.

- El perfil P-12 corresponde al "Estudio del Cuaternario del Ebro y Afluentes", realizado por el Servicio Geofísico del Instituto Tecnológico Geominero de España, 1.990.
- El perfil P-B corresponde al "Estudio del cuaternario del Ebro entre Lodosa y Cortes" realizado por la empresa CGS para el Servicio Geológico de Obras Públicas, 1991.

Por lo que respecta al primero de los informes citados, la relación entre litología y resistividad en Ohm.m. establecida en la siguiente:

Litología	Resistividad Ohm.m.
Limos y arcillas	3-20
Mezclas de limos y arcillas con arenas	20-60
Arenas con escasos finos	60-100
Arenas y gravas limpias	100-400
Gravas secas	> 400

Los materiales del substrato (arcillas, yesos), presentan una resistividad variable en función del predominio de una a otra litología en cada punto. En general, los valores de resistividad más frecuentes del substrato son del orden de 10 a 30 Ohm.m.

En el 2º de los informes referenciados se establecen los siguientes rangos de resistividad:

Materiales arcillosos: < 20 Ohm.m.

Limos y arenas: 30-150 Ohm.m.

Gravas y arenas mas o menos sucios: 200-1.000 Ohm.m.

Gravas limpias (o secas): 1.000-2.000 Ohm.m.

Zonas superficiales muy secas o influidas por yesos: > 2.000 Ohm.m.

La situación de los sondeos eléctricos verticales (SEV) queda reflejada en la figura nº 1 a escala 1:50.000.

La representación de los perfiles se indica en la figura nº 2 y como comentarios de interés hidrogeológico cabe señalar:

- 1.- Los SEV nº 1 y 2 del perfil IV, están situados en lo denominado geológicamente como Terraza de Cadreita. Estos SEV nos indican la existencia de tres capas, con una intermedia de valores muy altos de resistividad, y que debe de corresponder a gravas limpias no saturadas.
- 2.- Del perfil P-B, presentamos los 5 SEV porque aportan claridad a la disposición geométrica de la terraza, precisamente los SEV nº 1 y 2 situados dentro de los límites del término municipal son los que peores características presentan siendo, en cambio, de gran interés los valores de potencia (40-50m.) y resistividad (115-152 Ohm.m.) que figuran en los SEV nº 3, 4 y 5.
- 3.- El perfil 7, (P-7) es muy ilustrativo y coincide sensiblemente con los datos procedentes del P-B, comentado con anterioridad, aunque el tramo resistivo de unos 50m. de espesor en los SEV nº 21, 21bis y 22 aparece subdividido en dos tramos, uno superior de 10m. y resistividad entre 200 y 600 Ohm.m. y otro de unos 40m. y valores de resistividad entre 75 y 90 Ohm.m.

A la altura del SEV nº 17 se observa un cambio muy sustancial en los SEV y que debe de relacionarse con la terraza de Cadreita que se corresponden con gravas y cantos con escasa fracción de arenas y no saturadas.

- 4.- El perfil III está situado al sur de Cadreita, los SEV nº 2 al 10 están sobre la terraza aluvial del Ebro y el SEV nº 1 se ubica sobre la terraza de Cadreita.

Existe un nivel superficial de arcillas y limos de 2-4m. de espesor y resistividad variable entre 15 y 55 Ohm.m.

Bajo este nivel, en la terraza baja existe una capa con resistividades entre 90 y 180 Ohm.m. El espesor de esta capa se reduce en el borde de la terraza y aumenta progresivamente hacia el cauce actual del río hasta alcanzar una profundidad del orden de 55-60 Ohm.m.

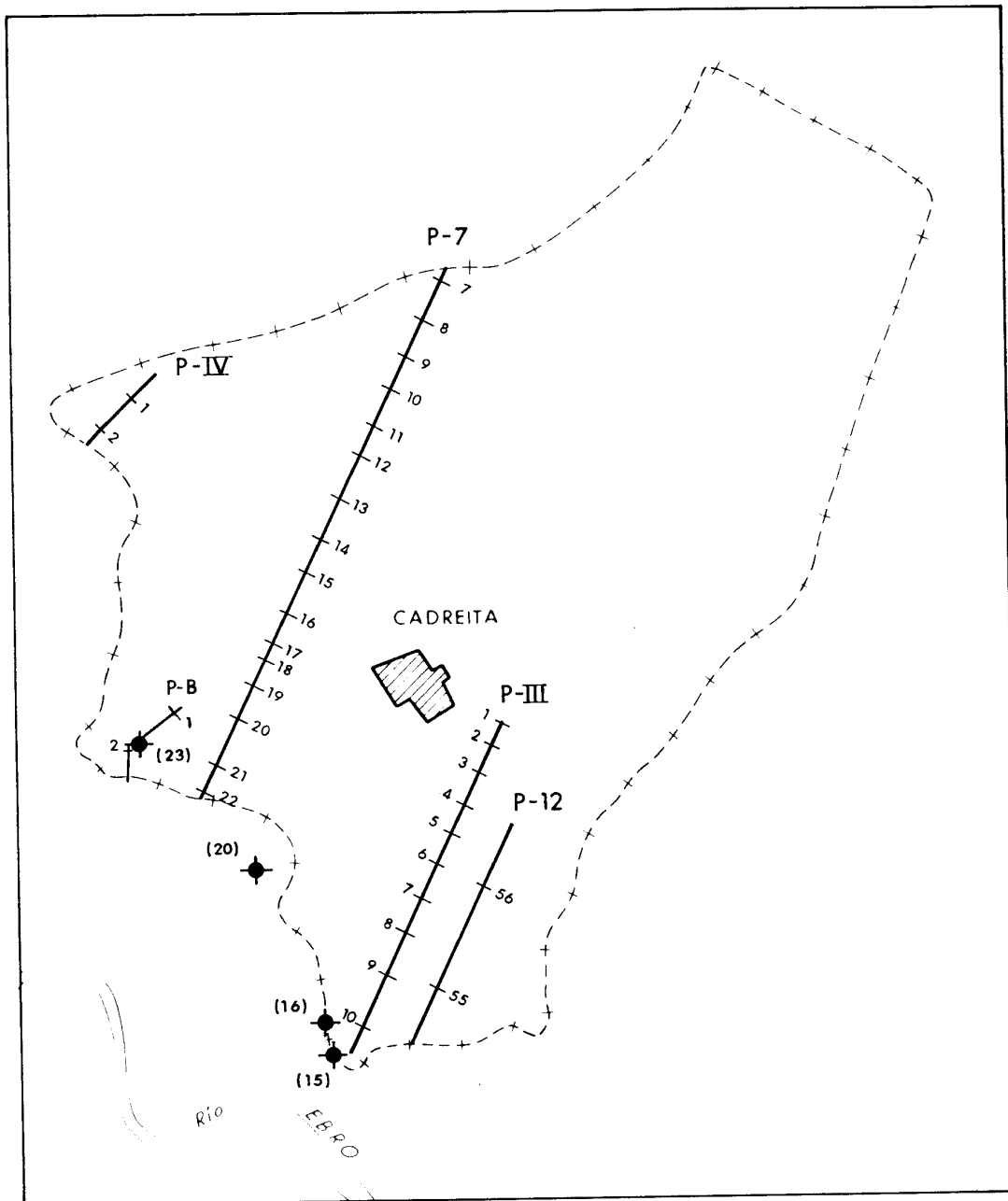
La terraza de Cadreita se pone en evidencia en el SEV nº 1 y está constituida por gravas y arenas con un espesor del orden de los 18m.

El substrato del aluvial está constituido por arcillas con yesos y resistividades entre 3.5 y 20 Ohm.m. Este substrato se encuentra muy próximo a la superficie topográfica en la zona de contacto con ambas terrazas y se hunde progresivamente hacia el Sur bajo los materiales aluviales.

- 5.- Del mismo orden de magnitud son los valores de resistividad y potencia de la terraza que figuran en el perfil nº 12 con relación a lo que figuran en el perfil IV, aunque son un poco menores los espesores, 30-40m. frente a 50-60m.

4.4.- DEFINICION DE ACUIFEROS

Los materiales de permeabilidad alta aflorantes en el municipio corresponden a los depósitos de origen fluvial cuaternarios (unidades 5, 6 y 7). Los depósitos terciarios son impermeables o de permeabilidad muy baja y constituyen el substrato impermeable sobre el que se asientan los materiales acuíferos existentes en Cadreita.



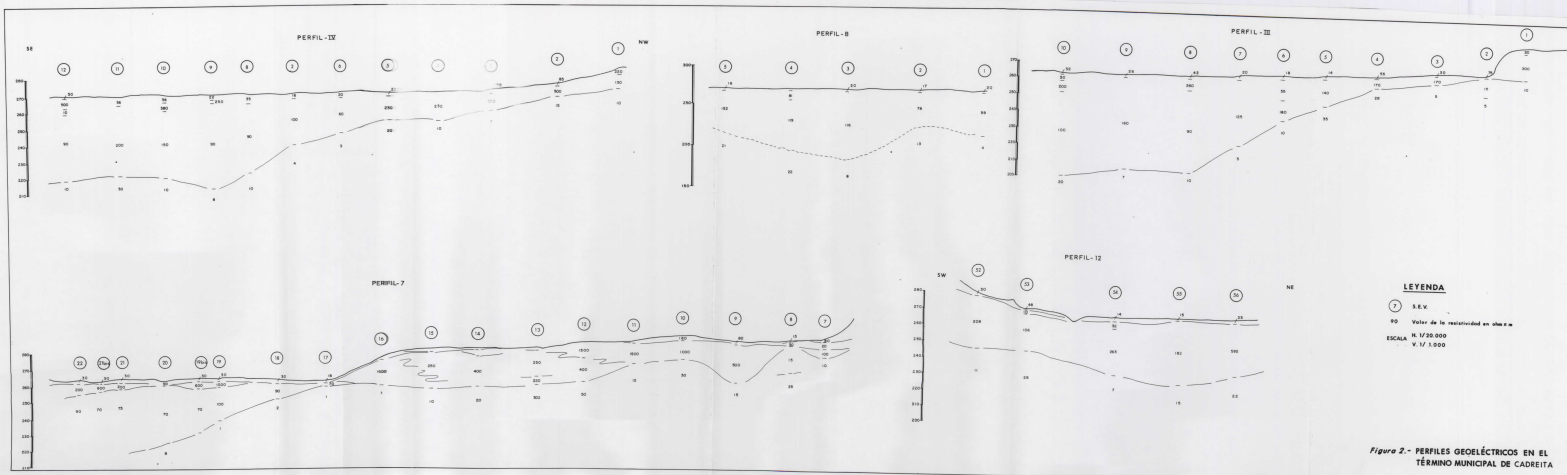
+---+---+ Límite del municipio

8
+---+---+ Perfiles geoelectrónicos y Nº S.E.V.

◆ Sondeos de investigación/explotación

ESCALA 1/50.000

Figura 1.- SITUACIÓN DE LOS PERFILES GEOELÉCTRICOS Y DE LOS SONDEOS DE INVESTIGACIÓN EN EL T.M. DE CADREITA.



Las unidades geológicas cuaternarias mencionadas se pueden definir también como acuíferos distintos, que presenta algunas características diferenciadoras, aunque estén interconectados entre sí.

4.4.1.- CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS Y GEOMÉTRICAS DE LOS ACUÍFEROS

Unidad 7

Corresponde a la terraza actual o llanura de inundación.

Según los datos expuestos hasta ahora está constituida por materiales detríticos sueltos según una secuencia vertical de gravas y arenas gruesas en la base y limos y arcillas en los niveles superficiales. Esta secuencia puede variar en detalle debido a cambios de facies laterales que disponen los materiales de diferente granulometría según lentejones más o menos continuos y con distinta envergadura. Estos lentejones se han detectado con mucha frecuencia a lo largo del acuífero aluvial.

La potencia es variable aunque según los datos de geofísica en esta zona es siempre importante en comparación con otras regiones del acuífero aluvial. De este modo, en Cadreita los espesores oscilan normalmente entre 40 y 60m. hacia el Sur del municipio y disminuyen mucho hacia el contacto con la unidad 6 (menos de 10m.) Esta variabilidad implica la presencia de un substrato de topografía ondulada.

Dentro del término municipal el acuífero está limitado por los materiales permeables de la unidad 6.

Unidad 6

Corresponde con terrazas situadas a una altura por encima de los 10m con relación al nivel actual del río Ebro.

Las características litológicas son similares a las de la unidad 5. La transición con esta unidad está marcada por un escarpe abrupto.

La potencia es también variable aunque se estiman espesores máximos de 20m.

Los límites del acuífero los constituyen al Sur los materiales de la unidad 7, con los que están intercalados, y al Norte los materiales impermeables del Terciario.

Unidad 5

Corresponde a las terrazas colgadas más antiguas y que se encuentran muy deformadas por efecto de la tectónica cuaternaria de origen halocinético.

Litológicamente están constituidos por gravas y conglomerados con lentejones de limos y arcillas.

Los espesores máximos se han estimado en 10-15m.

El substrato impermeable está formado por arcillas y yesos terciarios, que imponen las condiciones de borde en todos los límites de afloramientos.

4.4.2.- PIEZOMETRIA

En la unidad 7 el nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y presenta oscilaciones estacionales que suelen variar entre 3 y 6m. generalmente.

La profundidad del nivel aumenta progresivamente en la unidad 6 hasta alcanzar valores que pueden superar los 15m, con oscilaciones estacionales del mismo orden de amplitud que en el caso anterior.

Las fluctuaciones piezométricas están influidas, fundamentalmente, por el nivel de agua en el río Ebro. En zonas de la unidad 7, sometidas a riegos intensivos se pueden originar afecciones en los niveles debido a los excedentes de riego.

La morfología de la superficie piezométrica elaborada con datos de puntos situados en ambas márgenes del Ebro, contenida en el Estudio Hidrogeológico de Navarra, muestra que el flujo subterráneo se realiza en sentido NO-SE y O-E o SO-NE en las márgenes izquierda y derecha del Ebro, con líneas convergentes hacia el cauce del río, que actúa como área de drenaje del acuífero durante la mayor parte del año, excepto en épocas de fuertes crecidas en las que temporalmente los ríos alimenta el acuífero.

4.4.3.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

Las unidades 7 y 6 constituyen un acuífero libre formado por materiales no consolidados y permeables por porosidad.

La recarga de los acuíferos se produce a partir de cuatro factores fundamentales:

- Precipitación directa sobre los mismos
- Infiltración de la escorrentía superficial de la cuenca vertiente al acuífero situada sobre materiales impermeables.
- Infiltración procedente de los excedentes de riego.
- Infiltración en las márgenes del río por crecidas y desbordamientos.

El río Ebro, actúa como área de drenaje durante la mayor parte del año excepto en épocas de crecidas en las que se puede producir recarga. La circulación subte-

rránea se realiza, por lo tanto, preferentemente según líneas convergentes al cauce en el sentido de circulación del río.

El contacto entre las dos unidades acuíferas se realiza generalmente a través de un escarpe que corresponde a un escalón morfológico-estructural relacionado con la tectónica cuaternaria de origen halocinético.

En las zonas de contacto existe generalmente conexión hidráulica aunque, excepto en puntos localizados, el substrato impermeable asciende progresivamente de cota conforme no alejamos del río, lo cual implica que el espesor del acuífero saturado disminuya a medida que progresa la distancia al cauce del río. En algunos sectores se ha comprobado que el substrato se encuentra muy próximo a la superficie en la zona de contacto entre ambas terrazas de manera que la conexión hidráulica es deficiente pudiendo quedar desconectadas en función de las fluctuaciones piezométricas.

En régimen de explotación del acuífero, con captaciones relativamente próximas al río, éste actúa como barrera positiva con potencial hidráulico constante. Esto indica que el caudal extraído procede, a partir de un cierto tiempo, del caudal aportado por el río según un proceso de descarga inducida. Dada la alta permeabilidad de los materiales, la conexión hidráulica con el cauce superficial se produce de forma eficaz y las captaciones pueden proporcionar caudales elevados con depresiones reducidas y niveles prácticamente estabilizados.

La unidad 5 constituye un acuífero libre, permeable por porosidad, pero sin conexión hidráulica con los cauces superficiales. Los valores de transmisividad se estiman reducidos así como los valores de la porosidad eficaz.

5.- SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO URBANO

5.- SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO URBANO

En la figura nº 3 se puede observar la localización de la captación de agua, depósito regulador y el vertedero de residuos sólidos urbanos.

5.1.- CAPTACION EXISTENTE

Cadreita se abastece actualmente de un pozo que se diferencia con el código 2511-6-242 en el inventario de puntos de agua (plano nº 1). Las principales características de esta captación son las siguientes:

- Año de construcción: 1.982
- Profundidad del pozo: 23m.
- Diámetro: 350mm.
- Revestimiento: tubería de acero
- Protección: caseta de ladrillo
- Cota: 266 m.
- Distancia al depósito regulador: 1.800m.
- Observaciones: según el bombeo de ensayo realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas del Gobierno de Navarra, el caudal máximo recomendable para bombeo continuo es de 60 l/seg.

5.2.- INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO

5.2.1.- DEPOSITO REGULADOR

- Cota: 298.4m.
- Capacidad: 60 m³
- Tipo: cilíndrico. Elevado 15m. sobre el nivel del suelo

- Estado general: bueno, sin fugas
- Observaciones: su capacidad es claramente insuficiente para los consumos actuales. Se ha instalado un equipo que aumenta la presión en la red y la salida del depósito. Sería conveniente la instalación de un contador en la salida para cuantificar pérdidas en la red.

5.2.2.- CARACTERISTICAS DE LA DISTRIBUCION

La conducción entre el depósito regulador y el pozo se encuentra en buen estado y prácticamente no se detectan averías. Tiene las siguientes características.

- Año de construcción: 1.982
- Longitud: 1.800m.
- Diámetro: 200mm.
- Desnivel: 32.4m.

La red de distribución se instaló en 1.962 y tiene 8,5 km. aproximadamente de longitud total.

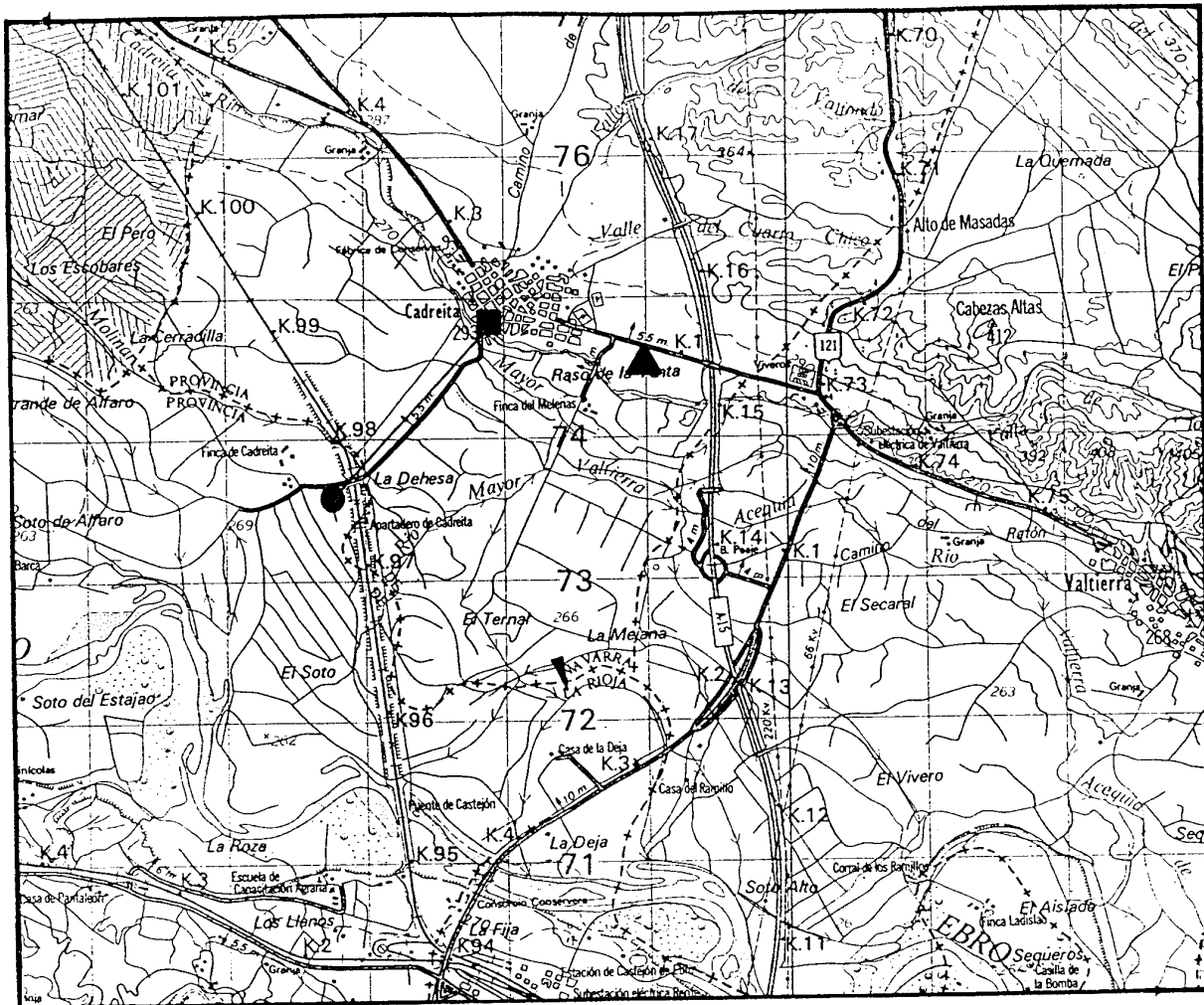
5.2.3.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS Y CONTROL SANITARIO

Actualmente el agua se trata con cloro-gas en los depósitos.

Diariamente se determina el cloro libre en la red de abastecimiento.

El Instituto de Salud Pública de Navarra realiza análisis químico-bacteriológicos en origen y en red con una periodicidad que normalmente es mensual.

El pozo de abastecimiento forma parte de la red de calidad de aguas subterráneas de Navarra establecida por el Servicio Geológico de Obras Públicas del Gobierno de Navarra y es muestreado trimestralmente.



ESCALA: 1/50.000

LEYENDA

- Captación de aguas subterráneas.
- Depósito regulador.
- Salida general de la red de saneamiento.
- ▲ Vertedero de residuos sólidos urbanos.

FIGURA 3: Situación de la captación, depósito regulador, salida general de la red de saneamiento y vertedero de residuos sólidos urbanos.

6.- ANALISIS DE LA DEMANDA DE AGUA

6.- ANALISIS DE LA DEMANDA DE AGUA

Actualmente la red de abastecimiento municipal cubre el consumo de agua doméstico y parcialmente el industrial. Este abastecimiento se realiza exclusivamente mediante aguas subterráneas.

La demanda de agua para usos agrícolas se cubre mayoritariamente mediante aguas superficiales tomadas independientemente de la red municipal.

Se ha podido disponer de los datos correspondientes a los contadores instalados en la red durante 1.988. Estos datos diferencian el consumo doméstico e industrial. Es importante destacar que en estas cifras no se incluyen los consumos originados por las instalaciones municipales (oficinas, escuela, parques, limpieza de calles, etc.) ni tampoco posibles fugas en la red.

Debido a que al menos en el momento de la toma de datos no existía un contador a la salida del depósito regulador, no se conoce con exactitud el caudal total consumido. Sin embargo, durante 1.988 se realizaron medidas de caudal en el depósito en diferentes momentos del día, con el fin de estimar el porcentaje de consumo en los servicios municipales y fugas en la red.

6.1.- DEMANDA DE AGUA PARA USO DOMESTICO E INDUSTRIAL

La población de hecho de Cadreita es de 1.900 habitantes según la encuesta realizada en el ayuntamiento en febrero de 1.990. Los aumentos de población de forma estacional son de unos 100 habitantes en los meses de verano.

Los datos disponibles engloban el consumo total durante 1.988 y son los siguientes:

- Consumo industrial: 13.431 m³
- Ganadería: 9.066 m³
- Consumo doméstico: 95.759 m³
- Consumo total: 118.256 m³

Este consumo supone un valor medio de 170.5 l/hab./día.

Hay que considerar que el agua consumida por la red no es sólo la que pasa por los contadores sino que existen otros consumos debidos a los servicios municipales y, sobre todo, a fugas en la red.

En 1.988 se efectuaron medidas puntuales, en diferentes momentos del día, en la salida de los depósitos y se determinó que el consumo medio real era de 300-350 l/hab./día. Esto implica que aproximadamente el 40-45 % del caudal se pierde a través de fugas en la red.

6.2.- DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRICOLA

La superficie total ocupada por cultivos agrícolas en el municipio se ha obtenido a través de la publicación "Superficies ocupadas por cultivos agrícolas en los municipios de Navarra (1.981-1.984)", editada por el Departamento de Informática y Estadística del Gobierno de Navarra.

Debido a que se desconocen las cantidades de agua utilizadas para riego, se usará como base para el cálculo las dotaciones medias/hectárea calculadas en la Cuenca del Ebro y que se establecen en el Documento resumen de los estudios realizados para la redacción del Plan Hidrogeológico del Ebro, de marzo de 1.986. Estas dotaciones son de 8.545 m³/Ha./año.

La extensión total del municipio es de 2.720Ha. Según los datos correspondientes a 1.984, 834 Ha. se dedican a cultivos de regadío.

Aplicando la dotación media antes mencionada, resulta una demanda de 7 Hm³/año.

No se conocen datos porcentuales de la superficie regada con aguas subterráneas, aunque de las informaciones aportadas en el ayuntamiento se deduce que no es representativa frente a la regada con aguas superficiales.

**7. ESTUDIO DE LA NECESIDADES DE AGUA
(AÑO HORIZONTE 2.015)**

7.- ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DE AGUA (AÑO HORIZONTE 2.015)

7.1.- EVOLUCION DE LA POBLACION

Se establece la tasa de crecimiento anual en función de las variaciones de población que se han dado durante los últimos años.

Año	Población	Tasa de crecimiento
1.940	1.378	--
1.950	1.614	1,593 %
1.960	1.751	0,818 %
1.970	1.882	0,724 %
1.980	1.840	-0,225 %
1.990	1.900	0,321 %

Adoptando una tasa de crecimiento anual del 0,5%, superior a la registrada en los últimos 10 años, la población resultante para el año 2.015 es de 2.152 habitantes.

7.2.- CONSUMO FUTURO

Según la Orden Foral 2.955/1.986 de 22 de Septiembre, las dotaciones teóricas para poblaciones de 1.000 a 6.000 habitantes deben ser de 200 l/hab./día, y se aplica un aumento anual acumulativo de 2% de esta dotación hasta el año horizonte considerado. La dotación que se aplique a la población temporal será de 200 l/hab./día invariablemente.

Aplicando el aumento anual antes mencionado la dotación media para el año 2.015 debe ser de 328 l/hab./día. El volumen total medio necesitado para ese año será de 257.640 m³/año (8 l/seg.). El caudal máximo, épocas de verano, será de 8,5-9 l/seg.

En estos valores se incluye todas las posibles utilidades del agua.

**8.- CARACTERIZACION HIDROQUIMICA DE LOS RECURSOS
HIDRICOS**

8.- CARACTERIZACION HIDROQUIMICA DE LOS RECURSOS HIDRICOS

8.1.- INFORMACION RECOPIADA

La información hidroquímica que se ha utilizado durante la realización de este informe procede:

- Del presente estudio, ya que se tomó muestra de agua de la captación destinada al abastecimiento de la población en origen.
- De las bases de información facilitadas por el Gobierno de Navarra, en las que se incluyen los datos de las redes de control periódico, así como de trabajos realizados de manera esporádica por diferentes organismos o empresas.

En la tabla nº 1 se resumen los puntos de agua con información hidroquímica disponibles en este estudio para el término municipal de Cadreita, indicando el número de análisis con los que se cuenta en cada caso, así como las fechas en las que se realizaron. El volumen de información es relativamente escaso ya que los análisis disponibles no permiten observar variaciones temporales salvo en el caso del punto 2511-6-242, y esto únicamente para un período de 3 años.

Los análisis se refieren principalmente a parámetros químicos estándar (mayoritarios, especies nitrogenadas, etc.). La información sobre metales pesados, así como contaminantes orgánicos es muy escasa o nula. En el anexo 2 se han incluido los listados de los análisis utilizados.

8.2.- CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES

Las aguas subterráneas en este término municipal presentan generalmente un grado de mineralización que varía de notable a muy fuerte. Las que se sitúan en las terrazas bajas del Ebro presentan conductividades entre 700 y 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que aquellas asociadas con la terraza media o con la zona más interna de la terraza baja tienen conductividades por encima de los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

PUNTO N°	N° ANALISIS	FECHAS
2511-6-009	1	9/88
2511-6-010	1	8/85
2511-6-012	2	9/75,8/85
2511-6-013	1	9/75
2511-6-057	1	8/85
2511-6-061	1	8/85
2511-6-063	1	8/85
2511-6-067	2	2/86
2511-6-242	6	9/88 3/90-9/90 y 2/91
2511-7-056	1	8/85
2511-7-057	1	8/85

Tabla n° 1.- Resumen de la información disponible en el término municipal de Cadreita: puntos de agua, número de análisis y fechas de muestreo.

Según la legislación vigente (Reglamentación Técnico-Sanitaria del 20 de septiembre de 1990), algunas de las aguas de la zona sobrepasan las concentraciones máximas admisibles en sulfatos, 250 mg/l, y en ocasiones también las de otros iones como el magnesio y el sodio, aunque esto no sucede para el caso del abastecimiento urbano.

Solamente en un caso se han detectado problemas en la concentración de especies nitrogenadas (2511-6-057). Los dos análisis disponibles de metales indican que el hierro y el manganeso también superan las concentraciones máximas admisibles (puntos 2511-6-242 y 2511-6-009), aunque sería necesario contrastar estos valores ya que proceden de análisis del año 1988 y estos parámetros pueden haber variado.

Respecto a la dureza, se encuentran en el rango de aguas duras, con valores entre 31 y 61°F. Solamente el punto 2511-6-057 se encuadra entre las aguas muy duras.

8.2.1.- FACIES QUIMICAS

La zona del aluvial del Ebro se caracteriza por tipos aniónicos mixtos, siendo más frecuentes los bicarbonatado-sulfatados. Los porcentajes de cloruros en ocasiones son importantes, creciendo su proporción y la de los sulfatos según las aguas se van haciendo más mineralizadas.

A grandes rasgos se puede establecer una evolución de los tipos de agua, desde facies con predominio de bicarbonatos y mineralización notable en el S del término (zona más cercana al cauce del Ebro), a facies más mineralizadas donde va aumentando la proporción de sulfatos y cloruros (partes internas de la terraza baja y terraza media).

Respecto a los cationes, el tipo de agua cálcico es el predominante, aunque con porcentajes elevados de sodio.

La composición iónica del agua en el aluvial del Ebro está determinada por las condiciones litológicas del medio en la zona. La presencia de sulfatos en disolución podría corresponderse con la abundancia de yesos en la matriz arcillosa. Lo-

calmente, el aumento de la importancia del carácter clorurado sódico, puede deberse a factores mineralógicos restringidos.

8.2.2.- EVOLUCION TEMPORAL DE LA CALIDAD

En los gráficos de las figuras 4 y 5 se han representado los datos de los puntos 2511-6-012 y 2511-6-242, siendo este último el pozo destinado al abastecimiento del núcleo urbano de Cadreita. Como se puede observar las series disponibles para estos puntos son bastante cortas y dado que esto no permite establecer una evolución en el tiempo, se han tomado los datos del punto 2511-6-004 como posible referencia, al estar situado en el mismo acuífero y en una posición aproximadamente similar.

Esta escasez de datos limita las conclusiones que se puedan establecer, ya que, aunque a grandes rasgos muestran una evolución similar, la comparación se realiza en un período de tiempo excesivamente corto para ser totalmente fiable. Además, la interpretación detallada de los efectos observados requeriría información adicional sobre precipitaciones, así como régimen de explotación de la captación y si éstas han variado durante el tiempo de observación (reprofundización de la obra, etc.).

Basándonos en la variación que ha sufrido el quimismo de las aguas del punto 2511-6-012 a lo largo de 10 años, se puede considerar, que al igual que en otros municipios de la zona, sirva de ejemplo el punto 2511-6-004, existe una tendencia progresiva a un incremento de la mineralización. En el punto destinado a abastecimiento esto no queda reflejado puesto que la corta serie considerada muestra más los efectos de cambios temporales a corto plazo que una evolución interanual.

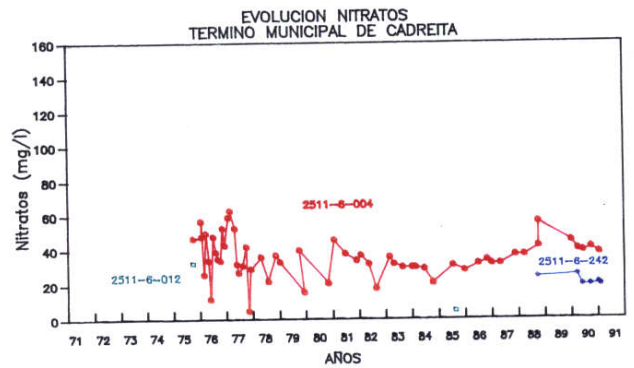
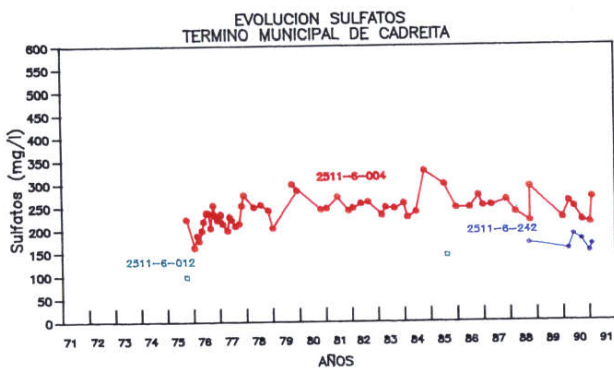
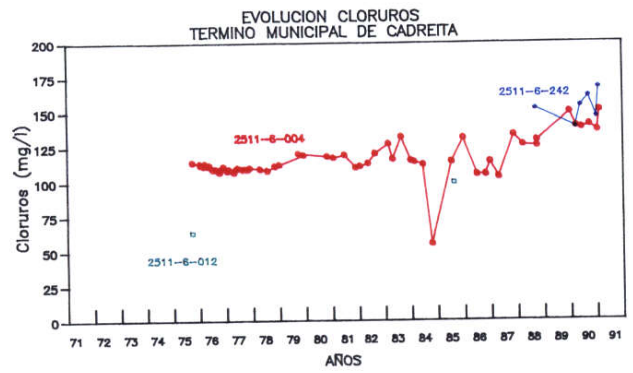
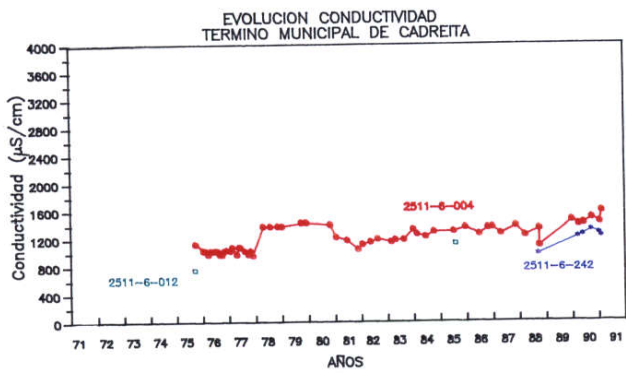


FIGURA 4: Evolución temporal de la conductividad y aniones controlados periódicamente.

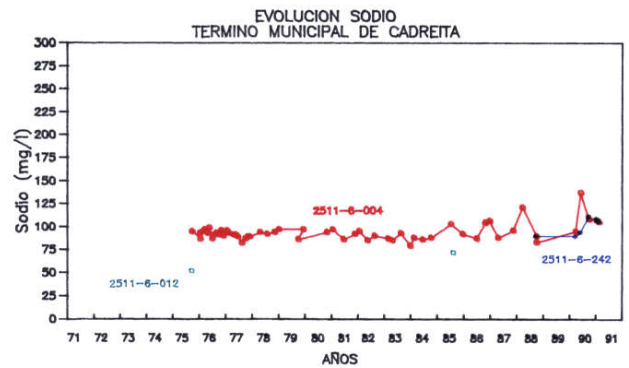
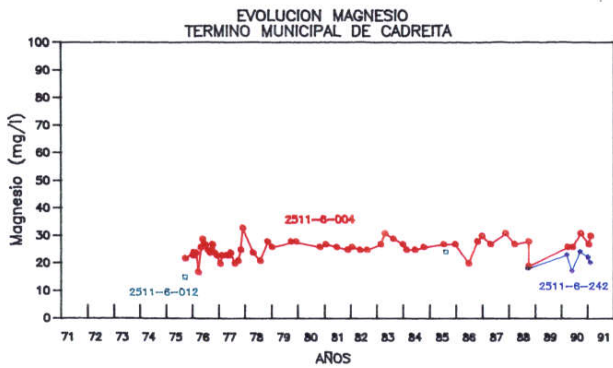
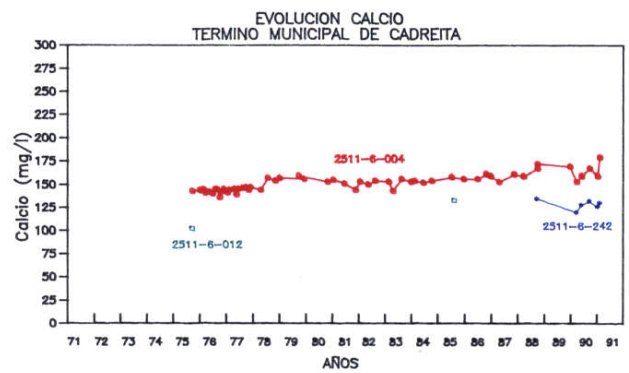
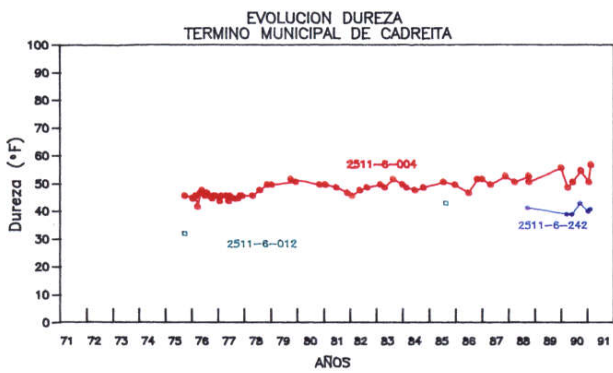


FIGURA 5: Evolución temporal de la dureza y cationes controlados periódicamente.

8.2.3.- DIFERENCIAS GEOGRAFICAS DE CALIDAD

La escala de término municipal es demasiado pequeña para establecer variaciones importantes de calidad en el acuífero. Ya se ha venido comentando que existe una diferencia clara entre las captaciones situadas en las terrazas bajas y aquellas situadas en el nivel medio o en zonas cercanas a él.

Las más cercanas al río Ebro presentan una menor mineralización, a la vez que su carácter es fundamentalmente bicarbonatado. Según se incrementa la distancia al río, la mineralización va aumentando, a la vez que comienzan a predominar los tipos sulfatados e incluso clorurados. Este hecho vendrá determinado más por la influencia de los aportes de los materiales terciarios yesíferos y salinos, presente sobre todo en la zona de borde de los cuaternarios, que por la que pueda ejercer el río, ya que según los esquemas de flujo admitidos en la relación río-acuífero, este último sería drenado por la corriente superficial.

8.3.- CALIDAD QUIMICA DEL ABASTECIMIENTO URBANO

En la tabla nº2 se muestra el análisis del agua del pozo de abastecimiento.

El agua es sometida a un proceso de cloración y descalcificación inmediatamente después de la salir del pozo.

La acción del Cl_2 debe provocar la oxidación de todas las especies reducidas, incluyendo la materia orgánica.

El análisis bacteriológico efectuado (ver anexo 4) indica, como era de esperar, que el agua de la red de abastecimiento, después de haber sido sometida a un proceso de cloración, es potable, estando prácticamente exenta de gérmenes.

Muestras	2511-6-242
Fecha	08/02/91
Cond ($\mu\text{S/cm}$)	1231
pH	7.38
SO_4^- (mg/l)	163
Cl^- (mg/l)	167
HCO_3^- (mg/l)	267
NO_3^- (mg/l)	19
NH_4^+ (mg/l)	0.1
Na^+ (mg/l)	106
K^+ (mg/l)	2.7
Ca^{++} (mg/l)	130
Mg^{++} (mg/l)	20
PO_4^{3-} (mg/l)	0.01

Tabla n° 2.- Parámetros químicos determinados en el pozo de abastecimiento a Cadreita.

**9.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL. CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

9.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1.- CANTIDAD

Los datos incluidos en el presente informe reflejan lo siguiente:

- El caudal disponible de la captación no se ha llegado a cuantificar aunque parece que al menos puede llegar a los 60 l/seg.
- La demanda de agua actual es de 4 l/seg.
- La demanda total calculada para el año horizonte considerado (2.015) es de 8,5-9 l/seg.
- El caudal disponible es muy superior al necesitado actualmente y también cubre ampliamente la demanda para el año 2.015.

La presencia del acuífero aluvial descrito en el informe implica la existencia de recursos hídricos subterráneos elevados en el municipio que garantizan su abastecimiento en el caso de que se produjese alguna deficiencia en la captación actual o un aumento anómalo en la demanda de agua.

La regulación existente se considera suficiente para las necesidades actuales y futuras. Sería conveniente la construcción de un nuevo depósito regulador de al menos 1.000 m³ de capacidad. El depósito actual se encuentra en buen estado y se puede considerar como depósito a mantener.

La red de distribución es antigua y presenta pérdidas por los que se considera necesaria su renovación a corto plazo.

9.2.- CALIDAD

Los análisis disponibles indican que el agua utilizada para el abastecimiento tiene un grado de mineralización alto. Según la legislación vigente (Reglamentación Técnico Sanitaria del 20 de Septiembre de 1.990), no se sobrepasan las concentraciones máximas admisibles en ninguno de los elementos analizados. La dureza es elevada, lo cual puede provocar problemas de incrustaciones en las redes de distribución, gran consumo de jabón, etc.

El resto de puntos de agua del municipio analizados presentan también un grado de mineralización alto. En algunos casos se sobrepasan las concentraciones máximas admisibles de sulfatos (250 mg/l) y en ocasiones de magnesio y sodio. La mineralización aumenta conforme nos alejamos del río.

Los análisis bacteriológicos efectuados en la red de distribución indican que el agua es potable después del proceso de cloración.

Es conveniente asimismo establecer un perímetro de protección en la captación con el fin de protegerla de la contaminación por abonados.

Es aconsejable establecer algún otro punto de muestreo periódico, además del abastecimiento con el fin de poder contrastar la evolución del quimismo en el tiempo dentro del acuífero aluvial.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFIAS



FOTO 1: Captación de aguas subterráneas.



FOTO 2: Depósito regulador (centro de la foto).

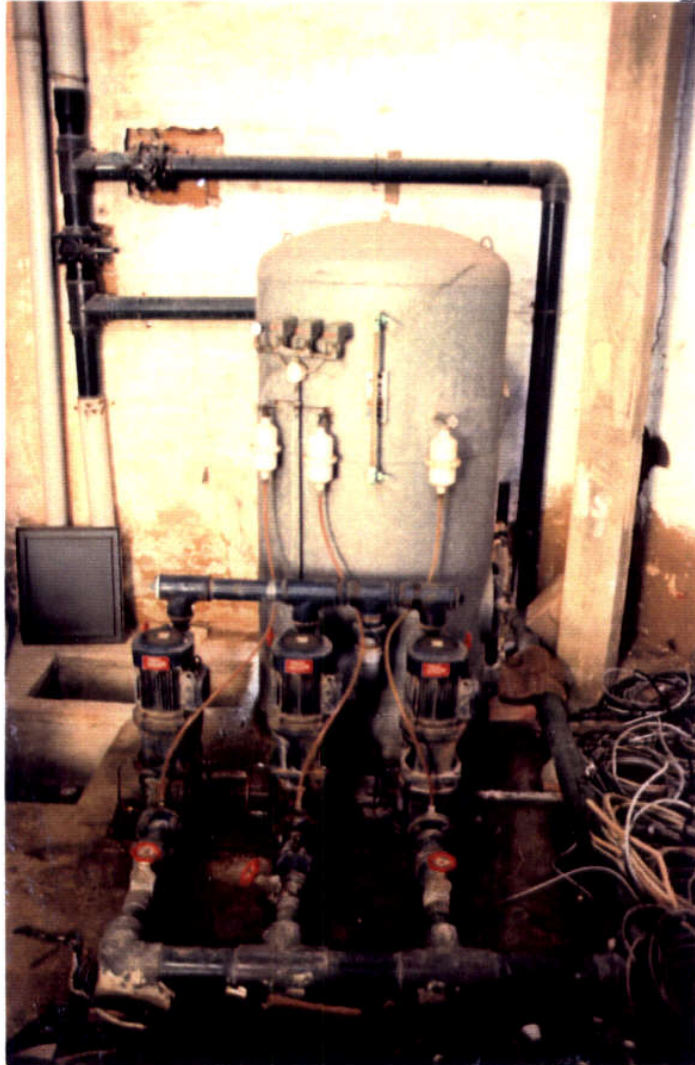


FOTO 3: Bombas de presión en el depósito.

**ANEXO 2: ANALISIS QUIMICOS UTILIZADOS DURANTE
EL ESTUDIO**

**ANEXO 3: BOLETIN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO REALIZADO
EN ORIGEN**

GEOMECANICA Y AGUAS, S.A.

ANALISIS N° : FECHA DE MUESTREO : 08-02-91
 PETICIONARIO : C.G.S. FECHA DE ANALISIS : 20-02-91
 DENOMINACION : POZO MUNICIPAL. CADREITA

HOJA DE ANALISIS

RESULTADOS ANALITICOS :

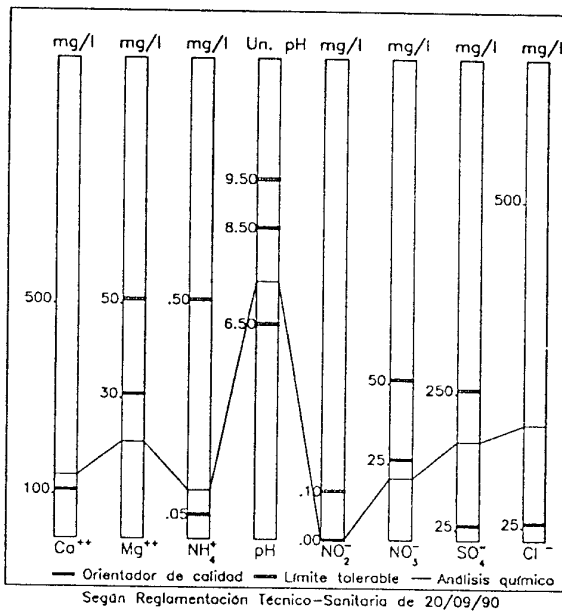
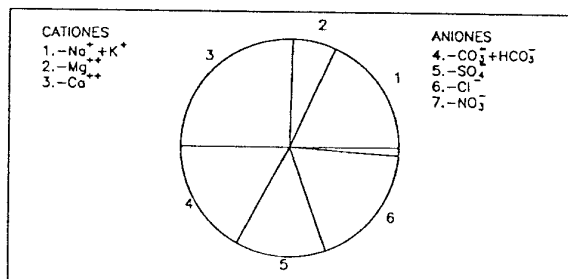
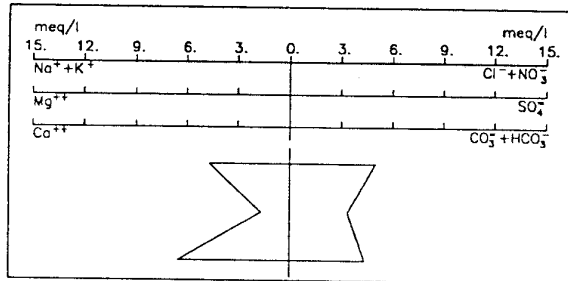
CATIONES			ANIONES			
	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l	
Litio	Li ⁺	.00	Sulfatos	SO ₄ ⁼	163.00	3.39
Sodio	Na ⁺	106.00	Cloruros	Cl ⁻	167.00	4.71
Potasio	K ⁺	2.70	Carbonatos	CO ₃ ⁼	.00	.00
Calcio	Ca ⁺⁺	130.00	Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	267.00	4.38
Magnesio	Mg ⁺⁺	20.00	Nitratos	NO ₃ ⁻	19.00	.31
Amonio	NH ₄ ⁺	.10	Nitritos	NO ₂ ⁻	.00	.00

ANALISIS FISICOS :

Conductividad a 25 °C (µS/cm) 1231.
 Dureza calculada (ppm CaCO₃) 407.60
 pH 7.38
 Residuo seco calc. (ppm) 647.89
 Error analítico (%) .42

RELACIONES IONICAS

Cl/Na 1.02 Mg/Ca .25
 Cl/(Na+K) 1.01 Na/Ca .71
 Cl/SO₄ 1.39 Na/K 66.71
 (CO₃+HCO₃)/Ca .67 SO₄/Ca .52
 (CO₃+HCO₃)/(Ca+Mg) .54 SO₄/(Ca+Mg) .42



OTRAS DETERMINACIONES :

PO₄⁼ = 0.01 mg/l

Según Reglamentación Técnico-Sanitaria de 20/09/90

**ANEXO 4: BOLETIN DE ANALISIS BACTERIOLOGICO REALIZADO
EN LA RED**



Servicio Navarro de Salud
Osasunbidea

Dirección A.P., S.P., S.M.

Eza. 2
31500 TUDELA
Tel. (948) 82 57 11
Fax (948) 82 68 05

ANALISIS CON REFERENCIA: 202/91

Realizado el análisis microbiológico con referencia 202/91, solicitado por el Instituto Tecnológico Minero, de la red de distribución de Cadreita, se observa que cumple el R.D. 1138/90 sobre los parámetros analizados.

Atentamente.

Tudela a 10 de Junio de 1.991

VºBº: PEDRO OVIEDO DE SOLA
(Director de A.P., S.P.
y S.M. del Area de Tudela)

Fdo.: JAVIER FORCADA MELERO
(Técnico de Atención al
Medio del Area de Tudela)



Gobierno de Navarra

INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE NAVARRA
Laboratorio: Tudela y Comarca

POTABILIDAD
DE AGUAS

Ref. 202 /91

ANALISIS ABREVIADO

Solicitado por El Instituto Tecnológico Minero.
 Dirección Teléfono
 Origen y naturaleza de la muestra Pozo. Red de distribución. CADREITA.
 Datos sobre el lugar de la toma Ayuntamiento
 Recogida por Atención Primaria S/Ref.* n.º
 Fecha y hora de recogida 3 / Junio / 1.991 hr. 11,45
 Fecha y hora de recepción en el Laboratorio 3 / Junio / 1.991 hr. 12,30
 Observaciones. Solicitud de Análisis Microbiológico.

RESULTADOS FISICO - QUIMICOS

Color U. (Pt-Co) Sabor Olor
 Temp (in situ) °C Turbidez U. (SiO₂) Conductividad mmhos
 pH Dureza °F Residuo seco mg/l
 Alcalinidad total (CO₃Ca) mg/l
 Materia orgánica (O₂ absorbido del MnO₄K) mg/l

Amoniaco (NH ₄ ⁺) mg/l	Calcio (Ca ⁺⁺) mg/l
Nitritos (NO ₂ ⁻) mg/l	Magnesio (Mg ⁺⁺) mg/l
Nitratos (NO ₃ ⁻) mg/l	Cloruros (Cl ⁻) mg/l
Fluoruros (F ⁻) mg/l	Sulfatos (SO ₄ ⁼) mg/l
Fosfatos (PO ₄ ⁼) mg/l	Hierro (Fe ⁺⁺) mg/l
	Manganeso (Mn ⁺⁺) mg/l

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

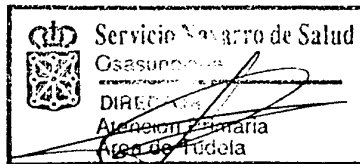
Cloro libre (in situ) 0,4 ppm

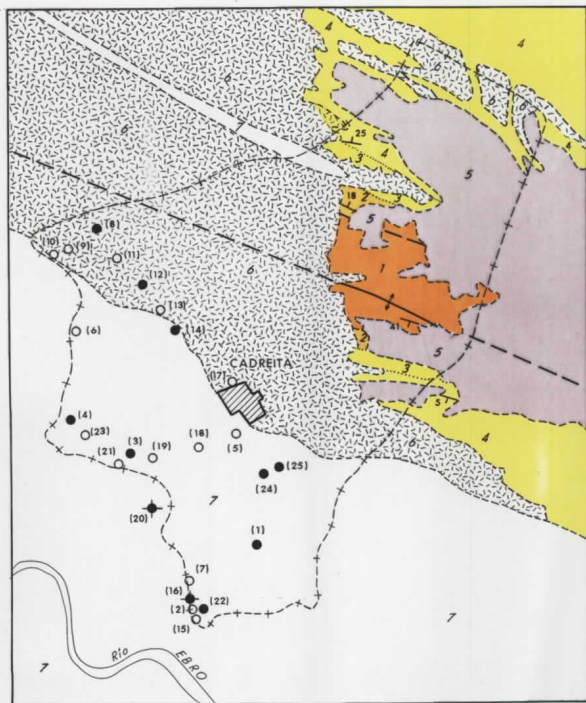
Bacterias aerobias mesófilas 1 /ml
 Bacterias coliformes (NMP) Negativo /100 ml
 Escherichia coli (NMP) Negativo /100 ml
 Streptococos fecales Negativo / 100 ml
 Clostridios sulfito-reductores Negativo / 20 ml

CALIFICACION: Cumple el R.D. 1138/90 sobre los parámetros analizados.

Tudela a 10 de Junio de 1991

EL JEFE DEL LABORATORIO.





LEYENDA

CUATER	HOLOCENO	7	7.- Llanura aluvial
	PLEISTOCENO	5	6.- Terraza antigua
Terciario	MIOCENO	4	5.- Terraza antigua deformada
		3	4.- Yesos con arcillas
	OLIGOCENO	2	3.- Arcillas con capas de yeso, calizas y areniscas
		1	2.- Yesos y arcillas
			1.- Yesos y arcillas muy replegadas

SIGNOS CONVENCIONALES

- Contacto normal
- Contacto discordante
- +--+ Límite del municipio
- + Dirección y buzamiento de las capas
- ⊕ Anticlinal
- - - - - Falla supuesta
- ◆ Sondeo
- Pozo
- Pozo con análisis químicos

**Instituto Tecnológico
GeoMinero de España**

PROYECTO ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROBLEMÁTICA DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DE LOS ABASTECIMIENTOS A POBLACIONES SITUADAS EN EL ALUVIAL DEL EBRO Y AFLUENTES DE NAVARRA					CLAVE
MAPA GEOLÓGICO Y DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA DEL TERMINO MUNICIPAL DE CADREITA					PLANO N.º 1
DIBUJADO	FECHA Diciembre 91	COMPROBADO	AUTOR C. G. S.	ESCALA 1/50.000	CONSULTOR C. G. S.