

|                                    |    |      |               |      |                  |
|------------------------------------|----|------|---------------|------|------------------|
| <b>MUNIBE</b> (Ciencias Naturales) | 39 | 9-50 | SAN SEBASTIAN | 1987 | ISSN 0027 - 3414 |
|------------------------------------|----|------|---------------|------|------------------|

Recibido: 5-XI-1985  
Aceptado: II-1987

# Estudio de evaluación de los recursos Hidráulicos subterráneos de la provincia de Guipúzcoa.

## Evaluation study of the subterranean Hydraulic resources of the province of Guipuzcoa

**PALABRAS CLAVE:** Evaluación, Recursos hidráulicos subterráneos, Hidroquímica, Guipúzcoa.

**Alejandro CARRERAS\***  
**Juan HIDALGO\*\***  
**Fernando OCTAVIO DE TOLEDO\*\*\***  
**Patxi TAMES\*\*\*\***

### RESUMEN

Se presenta una descripción de las distintas áreas Hidrogeológicas en que se ha dividido la provincia de Guipúzcoa, a excepción del área Aitzgorri-Amboto estudiadas por el C.A.D.E.M., explicándose el comportamiento hidráulico de los acuíferos.

Asimismo, se evalúan aproximadamente los recursos hidráulicos subterráneos de la provincia y se exponen los resultados obtenidos sobre la composición química del agua subterránea.

### LABURPENA

Gipuzkoako lurraldean Hidrologiaren arauera egindiren zatiak aurkezten dira, C.A.D.E.M.-ek aztertutako Aitzgorri-Amboto alorrarena izan ezik, urdunen jarrera hidraulikoaren berri emanaz.

Era berean, probintziaren lurpeko baliapide hidraulikoen gutxi gorabeherako zenbatespena egiten da, eta lurpeko ur horien osaketa kimikoari buruz lortu diren emaitzak azaltzen dira.

### SUMMARY

We present a description of the different Hydrogeological areas in which the county of Guipuzcoa has been divided excepting the Aitzgorri-Amboto area already studied by the C.A.D.E.M. to explain the hydraulic action of the aquifers.

In this way the hydraulic subterranean resources of the county are approximately evaluated and the results obtained about the chemical composition of the subterranean water are displayed.

## 1. INTRODUCCION

Ante la creciente demanda de agua para uso urbano e industrial en la provincia de Guipúzcoa, la Diputación Foral ha considerado necesario afrontar el estudio de evaluación de los recursos hidráulicos subterráneos en la provincia, planteado como complemento de trabajos anteriores y con el objetivo fundamental de resolver problemas de abastecimiento con suficientes garantías de cantidad y calidad.

Dicho estudio se encuadra en el marco de actividades del Convenio de Colaboración suscrito entre la Diputación Foral de Guipúzcoa (Departamento de Política Territorial y Medio Ambiente) y la Dirección General de Obras Hidráulicas (Servicio Geológico de Obras Públicas).

El proyecto se ha elaborado entre 1983 y 1985 desarrollándose los siguientes trabajos:

- Análisis de información.
- Estudio climatológico.
- Inventario de puntos de agua. Fichas y situación de planos a escala 1:10.000.
- Aforos de manantiales y cursos superficiales.
- Análisis químicos y bacteriológicos.

\* EUROESTUDIOS, S.A.

\*\* INGENISA

\*\*\* Servicio Geológico del M.O.P.U.

\*\*\*\* DIPUTACION FORAL DE GUIPUZCOA. Plaza de Guipúzcoa s/n.º.  
20004 San Sebastián. (Dirigir toda la Correspondencia).

— Cartografía hidrogeológica a Escala 1:25.000 y 1:10.000 de las zonas especialmente complejas.

— Evaluación de recursos.

— Propuesta de sondeos y control de los mismos. Se han realizado 14 sondeos a rotoperCUSión, 2 a percusión y 2 a rotación.

— Programación y control de seis bombeos de ensayo y un desarrollo mediante acidificación.

El área del Estudio comprende la provincia de Guipúzcoa excepto los acuíferos carbonáticos situados en su extremo SW que han sido investigados por el Centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM) en el «Estudio Hidrogeológico de la unidad Aitzgorri-Amboto».

El primer estudio hidrogeológico con carácter provincial data de 1971 realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) con el título «Estudio Hidrogeológico de la Provincia de Guipúzcoa».

Posteriormente, en 1983, el IGME incluyó el estudio de la provincia en el Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS).

Además de estos estudios se han realizado otras investigaciones en algunos sectores como el «Estudio Hidrogeológico del Goierri» realizado por la Diputación Foral de Guipúzcoa en 1983, el estudio del sector de Zarauz realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y otros estudios de carácter local promovidos por otros organismos.

El equipo realizador del estudio que se presenta, ha estado integrado por técnicos de las empresas EUROESTUDIOS S.A. e Investigaciones Geológicas y Mineras S.A. (INGEMISA) bajo la dirección y coordinación de la Diputación Foral de Guipúzcoa y el Servicio Geológico de Obras Públicas. Queremos destacar la activa participación, en las diversas etapas del estudio, de A. SAHUQUILLO (SGOP) y J. M. ELOSEGUI (DFG) cuyas orientaciones y comentarios constituyeron una eficaz ayuda.

## 2. GEOLOGIA

La provincia de Guipúzcoa se integra, desde el punto de vista geológico, en la terminación occidental de la cadena pirenaica, caracterizada por un conjunto de materiales paleozóicos sobre los que reposa una cobertera mesozóica constituida por materiales cuyas edades están comprendidas entre el Triásico y el Eógeno.

Los materiales paleozóicos, afectados por la orogenia hercínica, constituyen el zócalo sobre el que se depositan los materiales mesozóicos y terciarios

con gran variedad de facies, en general marinas, que sufrieron los efectos de la orogenia alpina que culminaron en el Paleógeno.

A continuación se describen de forma resumida las características litoestratigráficas de los distintos materiales.

**Paleozóico.**— Aflora en la zona NE de la provincia formando el macizo de Cinco Villas y Peñas de Aya. Está constituido por una formación calcárea (calizas de Aranaz) sobre la que reposa una serie de cuarcitas con intrusiones de masas graníticas que desarrollan una aureola de metamorfismo térmico.

**Triásico.**— Bordeando los materiales paleozóicos y discordante sobre ellos se sitúan una serie de materiales representados por tres términos característicos: Areniscas y limolitas abigarradas con conglomerados basales (*Buntsandstein*), calizas y dolomias, escasamente representadas (*Muschelkalk*) y arcillas abigarradas yesíferas con masa ofíticas (*Keuper*).

**Jurásico.**— Sobre los materiales anteriores se sitúa una serie de características litológicas uniformes aunque con importantes variaciones de potencia determinada por la sedimentación de cubetas intercomunicadas separadas por sucesiones de altos fondos.

Los principales afloramientos se localizan en la Sierra de Aralar, y las franjas Azkoitia-Berastegi, Tolosa-Hernani y alrededores de Lizarza-Oreja.

A grandes rasgos se diferencian los siguientes términos:

— **Liásico inferior:** Dolomias, carnioles y brechas en la base sobre los que reposan dolomias bandeadas y calizas oolíticas y bioclásticas.

— **Liásico medio y superior.** Margas y margocalizas grises y azuladas con algunos niveles calizos.

— **Dogger:** Calizas bioclásticas grises con ocasionales intercalaciones margosas.

— **Malm:** Presentan mayor variación de facies. En general está constituido por una sucesión de areniscas calcáreas, calizas grises con sílex, dolomias y ocasionalmente niveles conglomeráticos.

**Cretácico inferior.**— Los materiales cretácicos se encuentran discordantes o acordantes sobre los jurásicos. En tránsito entre ambos se caracteriza por la sedimentación de una sucesión de materiales de cronología imprecisa, constituida por calizas negras micáceas, areniscas rojas y margas con equínidos además de niveles de calizas y dolomias grises. A este conjunto se le denomina complejo Purbeck-Weald.

Sobre los materiales anteriores se instala un conjunto litológico de carácter arrecifal de edad Aptiense-Albiense, con frecuentes cambios de facies denominado Complejo Urgoniano. Está constituido por calizas zoógenas masivas, calizas estratificadas, margas arenosas, limolitas y areniscas con distribución muy irregular.

Esta serie evoluciona hacia el techo a una sucesión flyschoides de areniscas, limolitas y argilitas con algunos niveles margo-calcáreos. (Complejo supraurgoniano).

**Cretácico superior.**— Constituido en general por una secuencia de calizas arenosas, margas y argilitas en facies flysch que en la zona central de la provincia intercalan coladas volcánicas.

**Terciario.**— Aflora, fundamentalmente, en la denominada cadena costera entre Fuenterrabía y Zumaiá. Está formado por un tramo basal calcáreo al que sigue una sucesión areniscosa con intercalaciones arcillosas que se hacen más frecuentes hacia el Oeste hasta constituir una sucesión de tipo flysch en su extremo occidental.

**Cuaternario.**— Los materiales cuaternarios más importantes de la provincia son los depósitos aluviales, en relación con los principales ríos. Por extensión y potencia es de destacar el cuaternario de Zarauz y el aluvial del curso bajo del río Urola. Litológicamente se trata de una sucesión de gravas, arenas, limos y arcillas dispuestas en lentejones discontinuos con frecuentes mezclas y cambios de facies.

Desde el punto de vista estructural, el rasgo principal está constituido por la superposición de los ciclos orogénicos hercínico y alpino. La orogenia hercínica afectó a los materiales paleozóicos del macizo de Cinco Villas y Peñas de Aya, según dos fases principales de deformación. La cobertura mesozóica despegada del zócalo al nivel de Trias de facies Keuper sufrió la orogenia Alpina que determinó una estructura influida por tres tipos de accidentes: diapiros, pliegues y fallas inversas. Los pliegues tienen una dirección NE-SW y NW-SE formando un arco que bordea los macizos paleozóicos. Una dirección similar presentan las fallas inversas que son en general, de vergencia Norte.

En la figura 1 se presenta una columna litológica idealizada de la Provincia de Guipúzcoa.

### 3. CLIMATOLOGIA

El estudio climatológico se ha basado en el análisis de 73 estaciones situadas en Guipúzcoa y zonas limítrofes (Alava, Vizcaya y Navarra).

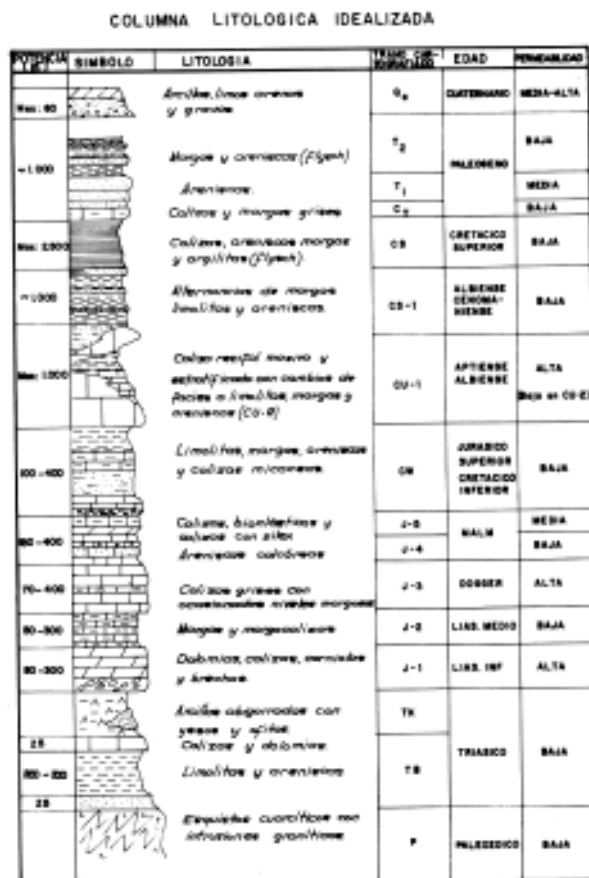
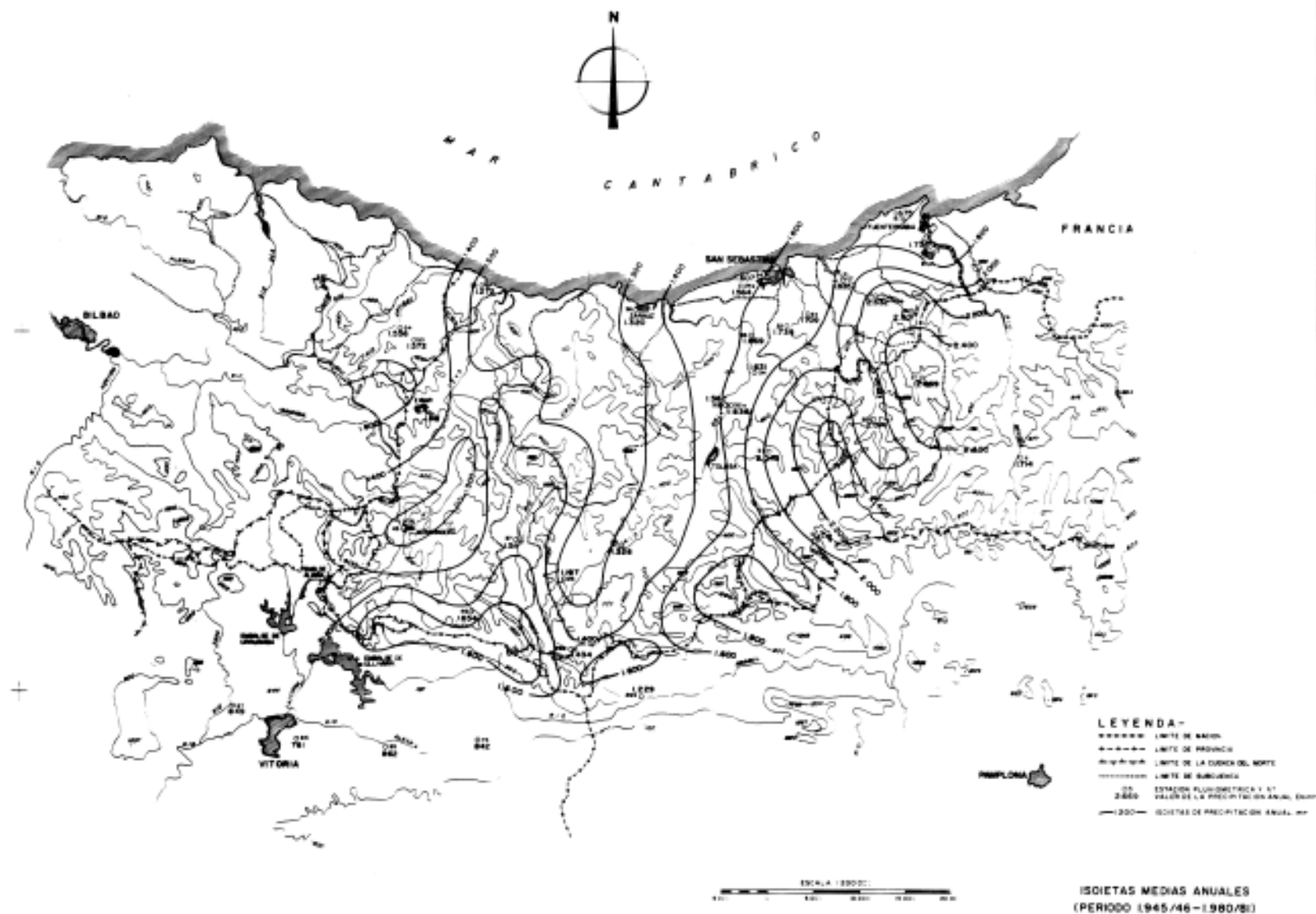


Figura 1.

A partir de los datos anuales existentes se seleccionaron las estaciones con un mínimo de 15 años de registros durante el período considerado (1940/41 a 1981/82). El total de estaciones seleccionadas fue de 38, distribuidas de la siguiente forma: 25 estaciones en Guipúzcoa, 3 en Vizcaya, 6 en Alava y 4 en Navarra. Sobre los datos de estas estaciones se realizaron análisis de regresión y ajuste de frecuencias eligiéndose para el estudio un total de 33 estaciones con un período de observación entre 1945/46 y 1980/81.

### Precipitaciones anuales

A partir de las estaciones consideradas se han establecido mapas de isoyetas y se han definido polígonos de Thiessen, que han permitido calcular los valores respectivos de la precipitación anual media así como la correspondiente a año seco y año húmedo. Se ha considerado como precipitación anual de año aquella con probabilidad de 20% de no ser superada y de año húmedo la de 80% de probabilidad de no ser superada.



Los valores obtenidos han sido los siguientes:

|                                     | Isoyetas | Polígonos<br>de Thiessen |
|-------------------------------------|----------|--------------------------|
| Precipitación media anual (mm)      | 1.553    | 1.537                    |
| Precipitación media año seco (mm)   | 1.345    | 1.304                    |
| Precipitación media año húmedo (mm) | 1.779    | 1.769                    |

En la figura n.º 2 se presenta el plano de isoyetas correspondientes a la precipitación media anual.

### Evapotranspiración real y lluvia útil

De los resultados obtenidos mediante la aplicación de método de Thornthwaite a ocho estaciones de Guipúzcoa que poseen series suficientemente extensas de datos termométricos y pluviométricos puede concluirse que los valores de la lluvia útil son los siguientes:

|     |        | Lluvia útil |            |
|-----|--------|-------------|------------|
|     |        | (mm)        | % sobre pp |
| Año | medio  | 854         | 55         |
| Año | seco   | 646         | 48         |
| Año | húmedo | 1.067       | 60         |

## 4. ESQUEMA HIDROGEOLOGICO REGIONAL

En base a los datos geológicos existentes y adquiridos en el curso de las investigaciones del presente Proyecto se ha realizado la cartografía hidrogeológica que permite diferenciar las principales unidades con mayor interés práctico.

Los materiales que conforman la provincia de Guipúzcoa, cuyas edades abarcan desde el Paleozoico al Cuaternario, se pueden clasificar desde el punto de vista hidrogeológico, en grandes grupos caracterizados por sus propiedades permeables. En tal sentido se establece una primera división en materiales permeables e impermeables teniendo en cuenta que entre ambos extremos existe una amplia gama de valores y propiedades intermedias y que los materiales impermeables se han considerado aquellos que por su escasa permeabilidad no permiten la acumulación y circulación subterránea en magnitudes significativas, figura n.º 3.

Entre los materiales permeables se establecen a su vez, dos grandes grupos en función de su naturaleza:

- Materiales permeables por fisuración y/o karsificación.
- Materiales permeables por porosidad intergranular.

Entre los primeros se encuentran los materiales carbonáticos, calizas y dolomías, del Jurásico y Cretácico inferior (complejo urgoniano) y entre los segundos, los depósitos cuaternarios de origen fundamentalmente fluvial. También existen materiales que participan en mayor o menor grado de ambas características, como es el caso de las areniscas terciarias o los tramos carniolares del jurásico basal.

El resto de los materiales poseen baja permeabilidad, bien porque su naturaleza es esencialmente arcillosa, o bien porque los procesos de fisuración son escasos o no se desarrollan en profundidad (rocas volcánicas, cuarcitas...). Otras veces la secuencia litológica consiste en alternancias de materiales permeables e impermeables (flysch) que determinan un carácter netamente impermeable del conjunto.

Para abordar de forma racional el estudio hidrogeológico provincial se han agrupado las unidades de conjuntos mayores, denominados «Áreas hidrogeológicas» definidas como el conjunto de acuíferos que se extienden sobre un mismo territorio y constituyen una unidad práctica de investigación o de explotación. El término es equivalente al de «sistema acuífero» aunque empleado en un sentido geográficamente más restringido, dada la escala de trabajo y la relativamente reducida extensión de la provincia de Guipúzcoa.

Las áreas definidas y estudiadas son las siguientes, cuya distribución espacial se presenta en la figura 3.

- Azpeitia-Motrico
- Gatzume-Cestona
- Andoain
- Tolosa occidental
- Tolosa oriental
- Otxabio
- Sierra de Aralar
- Cadena Costera.

No se ha incluido el estudio de los acuíferos situados en el extremo SW de la provincia, que han sido investigados por el C.A.D.E.M. en el «Estudio Hidrogeológico de la unidad Aitzgorri-Amboto».

Además de estas áreas bien definidas se han considerado individualmente los principales acuíferos cuaternarios y de forma general otros acuíferos de menor entidad.

Siete de las ocho áreas hidrogeológicas definidas están constituidas mayoritariamente por materiales carbonáticos jurásicos o cretácicos que contienen la mayor parte de los recursos subterráneos de la provincia.

A ellos hay que añadir, en relación con su importancia el acuífero aluvial del río Urumea, en el sec-



tor de Hernani, donde se explota en la actualidad el mayor volumen de recursos subterráneos de Guipúzcoa.

En general todas las áreas hidrogeológicas están en relación con cursos superficiales que imponen condiciones de recarga o drenaje según las zonas o el régimen climatológico estacional.

## 5. AREA AZPEITIA-MOTRICO

### 5.1. Generalidades

Se designa así, al conjunto de materiales permeables comprendidos en una franja de terreno orientada en sentido NW-SE entre las localidades de Azpeitia y Motrico (figura n.º 4).

Los materiales permeables corresponden, prácticamente en su totalidad, a las calizas arrecifales y pararrecifales del complejo Urganiano. Su potencia máxima es del orden de 700-800 m. aunque dadas las condiciones de depósito pueden existir variaciones significativas de unos puntos a otros.

La estructura general del área corresponde a una sucesión de pliegues con ejes de dirección aproximada NW-SE. En los sectores meridionales (Izarraitz-Erlo) los pliegues son inclinados o tumbados, vergentes al N mientras que el resto de los pliegues son de geometría aproximadamente recta. El conjunto está afectado por fallas en general normales cuyas direcciones principales son NW-SE, NE-SW y N-S.

El área está atravesada por los ríos Urola y Deba. Topográficamente es una zona accidentada cuyas cotas máximas son el monte Erlo (1.032 m.) Izarraitz (934m.) y Arno (623 m.).

La pluviometría anual está comprendida entre 1.300 y 1.400 mm.

El área se ha subdividido en tres unidades hidrogeológicas con funcionamiento hidráulico independiente: Izarraitz, Erlo-Arno (dividida en dos subunidades Erlo y Lastur-Arno) e Itziar.

Se han inventariado 36 puntos de agua, de los que 30 son manantiales, 5 sondeos y un pozo, habiéndose instalado 3 piezómetros y perforado 2 sondeos.

### 5.2. Unidad hidrogeológica de Izarraitz

Se sitúa al N de Azkoitia y Azpeitia y ocupa la mayor parte del macizo de Izarraitz.

Hidrogeológicamente está incluida, en su totalidad, en la cuenca del río Urola.

### 5.2.1. Características Geométricas

Las calizas recifales masivas y estratificadas tienen una potencia variable, en función de sus frecuentes cambios de facies. La potencia máxima estimada es del orden de 700 m., disminuyendo hacia los bordes.

El substrato impermeable está constituido por los materiales arcillosos del complejo Purbeck-Weald o bien por los tramos argilíticos y margosos del propio complejo Urganiano.

El límite meridional corresponde al contacto entre materiales permeables y el complejo Purbeck-Weald, situándose a cotas de 80 m. en el río Urola y ascendiendo hacia el W hasta 300 o 400 m.

Los límites septentrional, oriental y occidental vienen impuestos por el cambio de facies hacia materiales impermeables (argilitas y calizas arcillosas) del propio complejo urgoniano, situados a cotas ascendentes hasta alcanzar 900 m. en los sectores septentrionales.

La cota más baja de la unidad corresponde al cauce del río Urola a cotas de 70 a 75 m.

La estructura de la unidad consiste en un sinclinal de dirección variable NW-SE y E-W, apareciendo volcado en sus extremos NW y SE donde la serie está invertida.

La unidad tiene una superficie de 6 km<sup>2</sup> con unos 7.5 kms. de longitud y 800 m. de anchura media.

### 5.2.2. Puntos de agua

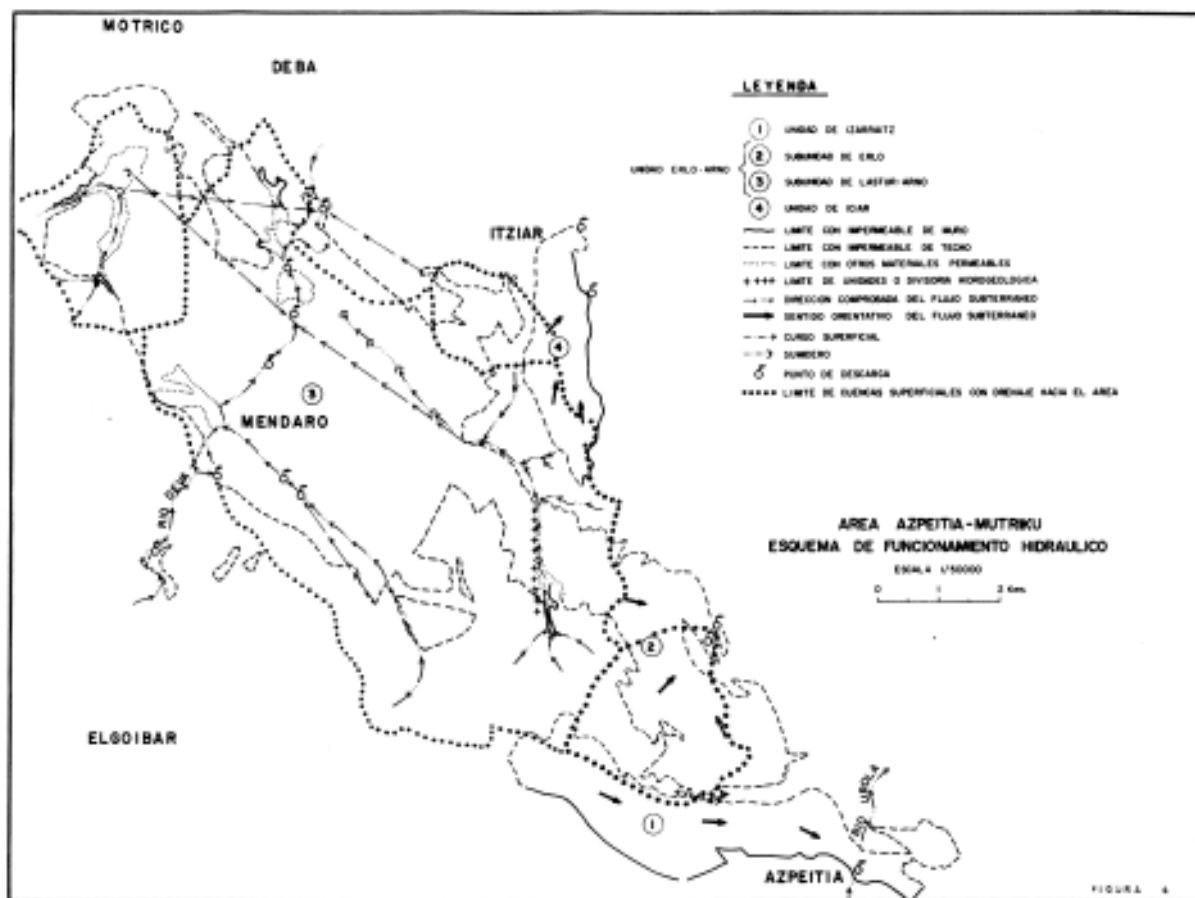
Se han inventariado tres puntos de agua importantes relacionados con la unidad, dos manantiales y un pozo.

La descarga principal de la unidad se produce por un grupo de surgencias situadas junto al río Urola, en un muro al lado de la carretera Azpeitia-Zestona, a la cota de 75 m. con un caudal de estiaje de 10 l/seg. aunque puede haber salidas ocultas.

Además existen surgencias intermitentes en los contactos de calizas con materiales impermeables.

### 5.2.3. Funcionamiento hidráulico. Balance.

La unidad responde a un acuífero libre, de tipo kárstico, donde la permeabilidad es debida a procesos de fisuración y karstificación sin apenas porosidad primaria.



La circulación subterránea en la zona saturada se realiza en sentido W-E hacia el cauce del río Urola, con un gradiente medio del 2% estimado entre la sima de Aitzondo y los manantiales del río.

La infiltración procede de las precipitaciones a veces en forma de nieve, sobre los afloramientos calizos, ya que no existe escorrentía superficial de materiales impermeables.

Al ser la pluviometría media anual del orden de 1.350 mm. y la evapotranspiración según Thornthwaite de 610 mm. se obtiene una infiltración más escorrentía de 740 mm/año, lo que supone un volumen de 4,4 Hm<sup>3</sup>; considerando la escorrentía en los materiales calizos del orden del 15% de la lluvia útil, obtenemos una infiltración o recursos de 3.7 Hm<sup>3</sup>.

### 5.3. Unidad hidrogeológica Erlo-Arno

Se sitúa al N. de la anterior entre el monte Izaurre y las proximidades de Motrico.

Hidrogeológicamente está incluida en las cuencas de los ríos Urola y Deba.

Los materiales permeables están constituidos, por calizas recifales masivas y pararecifales estra-

tificadas del complejo urgoniano, con una potencia máxima de 700 m. que disminuye por cambios de facies, estando constituido el substrato impermeable por materiales arcillosos del complejo Purbeck-Weald o bien por tramos argilíticos y margosos del complejo urgoniano.

Los límites de la unidad están impuestos por el contacto de las calizas y los tramos argilíticos del propio complejo urgoniano o de la facies de transición hacia el complejo supraurgoniano.

La superficie total de materiales permeables es de 36 Km<sup>2</sup>; prácticamente la totalidad de los aportes de estas cuencas se infiltran en las calizas.

Por consideraciones estructurales y de las peculiaridades del régimen de circulación kárstica, se ha dividido esta gran unidad en dos subunidades: Subunidad de Erlo y subunidad de Lastur-Arno.

#### 5.3.1. Subunidad de Erlo

Se extiende entre el monte Erlo y el valle de Ugarteberri. El límite Sur corresponde al contacto entre las calizas y los niveles argilíticos y margosos del complejo urgoniano recifales lo separan de la subunidad



de Izarraitz. El límite Noroccidental se ha supuesto en el valle de Ugarteberri situado a cotas de 250 m. considerando que este valle forma parte del valle ciego de Lastur.

El límite oriental se localiza en la regata Golzibar por donde drena la subunidad (cota de 200 m.), en el borde occidental el contacto se sitúa a cotas variables entre 300 y 600 m.

La estructura corresponde a una sucesión de pliegues tumbados vergentes al NE afectados por un sistema de fracturas NE-SW, a favor de las cuáles se han desarrollado las dolinas, valles ciegos y arroyos.

La unidad tiene una superficie de 8 km<sup>2</sup> con una cuenca externa que alimenta el acuífero de 1.2 km<sup>2</sup>.

#### 5.3.1.1. Puntos de agua

Se han inventariado tres puntos de agua; se trata de 3 manantiales situados en la regata Golzibar el caudal conjunto en épocas de estiaje es de 25 l/seg.

#### 5.3.1.2. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

Dado que los materiales acuíferos son similares a los de la unidad de Izarraitz, son válidas las consideraciones establecidas para la citada unidad.

La existencia de una sola área de descarga sugiere que la circulación se realiza en sentido convergente hacia la regata Golzibar, controlada por conductos kársticos.

La alimentación procede en su mayor parte de la infiltración directa de las precipitaciones y una pequeña parte de aportes de escorrentía superficial de la cuenca externa.

Basados en las mismas consideraciones que la unidad de Izarraitz el volumen de agua infiltrada es de 4,9 Hm<sup>3</sup>/año.

La alimentación de la cuenca externa se ha calculado considerando que se infiltra la totalidad del agua que llega a las calizas, y se ha considerado el 15% de la lluvia útil de la cuenca externa la cantidad que se infiltra en ésta, por tanto el aporte externo supone 0,8 Hm<sup>3</sup>/año.

En total el volumen anual de entradas o recursos es  $4,9 + 0,8 = 5,7$  Hm<sup>3</sup>.

#### 5.3.2. Subunidad de Lastur-Arno

Se extiende entre el valle de Ugarteberri y el barrío de Olatz.

Son válidas las mismas consideraciones sobre materiales permeables, potencia, bordes impermeables etc., que en los casos anteriores.

El río Deba atraviesa la subunidad por su zona central, constituyendo el área de menor cota topográfica. (4-15 m.), a partir de aquí las cotas suben hasta alcanzar los 550 m.

La estructura interna corresponde a una sucesión de pliegues con ejes de dirección NW-SE y NE-SW.

La superficie de afloramientos de materiales permeables es de unos 28 km<sup>2</sup>, la cuenca externa es de 18 km<sup>2</sup>.

El río Deba marca el área de drenaje de la unidad.

#### 5.3.2.1. Puntos de agua

Se han inventariado 18 puntos de agua, de ellos 12 son manantiales, 5 sondeos y una galería, además de 1 sondeo y 3 piezómetros realizados durante la ejecución del presente estudio, aparte es muy probable que existan aportes difusos al cauce del río Deba.

Las salidas más importantes se producen en los manantiales de Tantorta, Mala, Kilimón y en la galería Kilimón que tiene la peculiaridad de ser en épocas de fuerte estiaje intermitente.

En las inmediaciones de Alzola existe un manantial de 3 l/seg., termal con una temperatura de 28,4° C.

De los sondeos existentes, el más positivo fue uno realizado por el I.G.M.E. que da 25 l/seg. y el realizado durante el estudio que da del orden de 60 l/seg.

#### 5.3.2.2. Piezometría y Parámetros Hidráulicos

Se puede deducir información significativa sobre la superficie piezométrica a partir de los puntos de descarga y los ensayos de trazadores disponibles así como las investigaciones espeleológicas efectuadas hasta la fecha.

Los ensayos de trazado confirman que el flujo subterráneo se realiza hacia el río Deba y que las surgencias de ambas márgenes drenan en su mayor parte el agua de sus respectivos sectores. Las velocidades de circulación varían entre unos 10 m/hora y 255 m/hora.

Los gradientes hidráulicos que se pueden calcular dan valores del orden de 0,5% entre Astigarribia (margen izquierda) y el sondeo Goriyo, y del orden

AREA AZPEITIA-MOTRICO

| UNIDAD                | Superficie (Km <sup>2</sup> ) |                      | Entradas (Hm <sup>3</sup> /año) |                   |       | Salidas (Hm <sup>3</sup> /año) |       | Recursos (Hm <sup>3</sup> /año) |         |            | OBSERVACIONES |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------------------|---------|------------|---------------|
|                       | Afloramiento                  | Cuenca externa       | Infiltr. directa                | aportes cuenca    | Otras | Surgenc.                       | Otras | Totales                         | Utiliz. | No utilil. |               |
| IZARRAITZ             | 6                             | -                    | 3,7                             | -                 | -     | ?                              | ?     | 3,7                             | -       | 3,7        |               |
| ERLO                  | 8                             | 1,25                 | 4,9                             | 0,8               | -     | ?                              | ?     | 5,7                             | 0,3-0,5 | 5,2-5,4    |               |
| LASTUR-ARNO (Sect. N) | 13                            | 3,7                  | 8                               | 2                 | -     |                                |       | 10                              | -       | 10         |               |
| LASTUR-ARNO (Sect. S) | 15 <sup>(28)</sup>            | 14,3 <sup>(18)</sup> | 9 <sup>(17)</sup>               | 9 <sup>(11)</sup> | -     | (20)                           | (8)   | 18(28)                          | 2(2)    | 16(26)     |               |
| ICIAR                 | 2,5                           | 0,6                  | 1,5                             | 0,4               | -     | 1,5                            | 0,4   | 1,5                             | 0,3     | 1,2        |               |
| TOTALES               |                               |                      |                                 |                   |       |                                |       | 38,9                            | 2,6-2,8 | 36,1-36,3  |               |

de 1% entre la sima de Arratxo y la galería Kilimón (margen derecha].

En cuanto a valores de transmisividad se dispone en el sondeo Goriyo de 100 m<sup>2</sup>/día y en el sondeo de Kilimón de 200 m<sup>2</sup>/día.

### 5.3.2.3. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

Como en los casos anteriores se trata de un acuífero kárstico libre, cuyo esquema de funcionamiento se puede simplificar en los siguientes rasgos aunque sea mucho más complejo en detalle.

La circulación subterránea se realiza a través de grandes conductos individuales entre sí y pequeñas fracturas intercomunicadas. El nivel de los manantiales supone el aliviadero de un gran depósito subterráneo, donde en épocas de aguas altas el agua circula por el nivel superior al acuífero descargando por los manantiales y al río Deba. En épocas de estiaje, la descarga de los manantiales corresponde a la red de las pequeñas fracturas del nivel superior del acuífero.

Esto está confirmado por las coloraciones realizadas, los caudales de los manantiales y los sondeos realizados, sobre todo en la regata Kilimón donde se han encontrado cavernas a más de 90 m. de profundidad.

Es importante destacar la importante colmatación de arcillas de los conductos y fisuras en muchas zonas, estando relacionado este fenómeno con las variaciones del nivel del mar durante el cuaternario.

Las relaciones río-acuífero, también son sencillas en sus rasgos generales. El río impone la cota más baja de la unidad, actuando en general como área de drenaje.

El balance hídrico se ha realizado con las mismas consideraciones que en los casos anteriores, considerando una precipitación de 1.350 mm. y una infiltración de 46% en las calizas, el volumen de

agua infiltrado en las mismas es de 17 Hm<sup>3</sup> y el volumen de agua aportado a la subunidad de otras cuencas es de 11 Hm<sup>3</sup>., siendo por tanto el volumen de recursos de 28 Hm<sup>3</sup>/año.

### 5.4. Unidad de Itziar

Esta unidad se sitúa al Este de Itziar y ocupa los relieves montañosos de Andutz. Las cotas menores son de 105 m. en el extremo N ascendiendo hasta 400 m. en el extremo S y borde occidental.

La superficie de la unidad es de 2,5 Km<sup>2</sup>, siendo la cuenca externa de 0,6 km,

El material permeable y substrato impermeable tienen las mismas características que en las unidades anteriores.

La estructura interna corresponde a un sinclinal de eje N-S, afectado por una falla normal en el flanco occidental.

#### 5.4.1. Puntos de Agua

Se han inventariado dos manantiales relacionados con la unidad, los caudales en épocas de estiaje son de 1 y 10 l/seg.

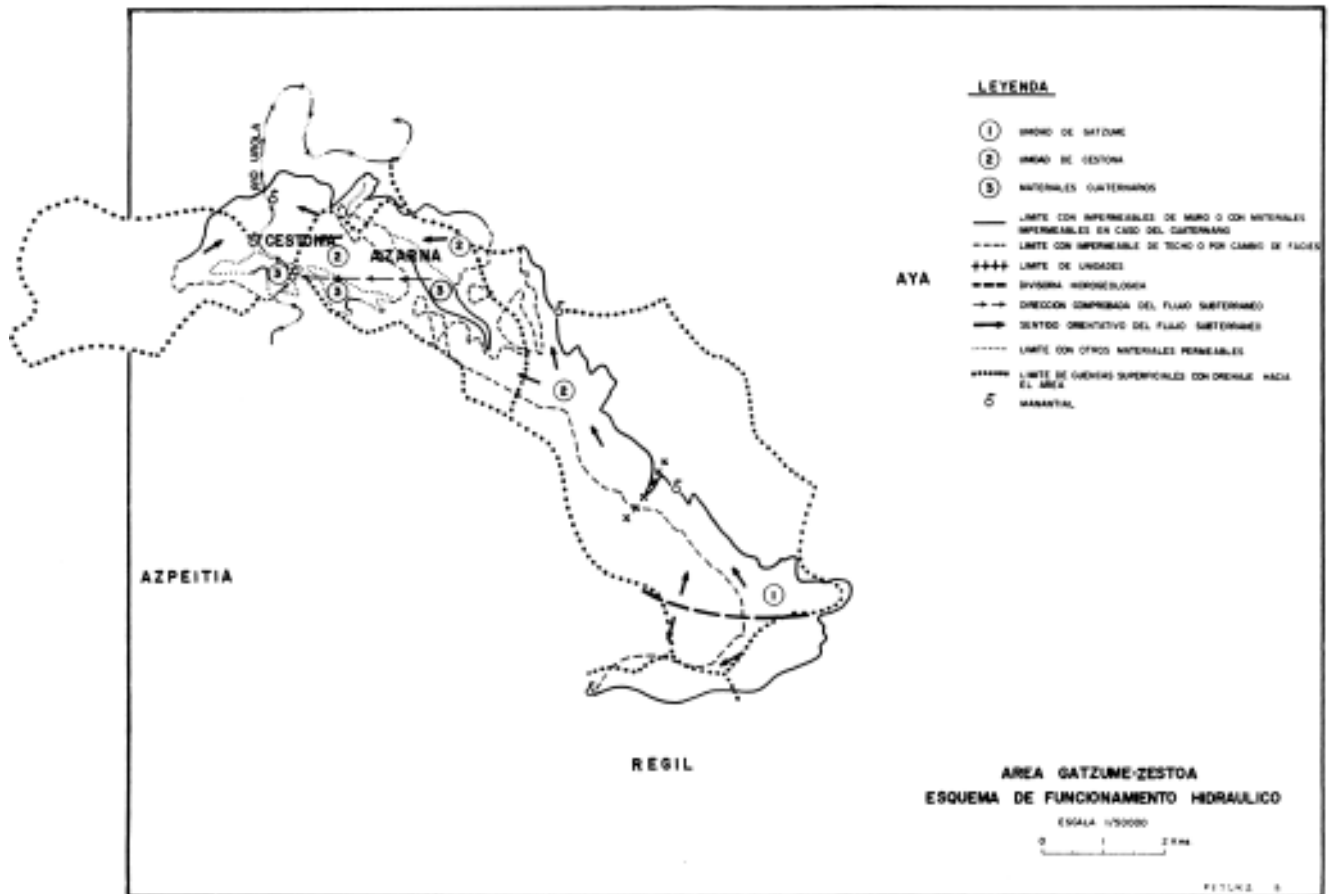
En el extremo N discurre una regata que se infiltra en un sumidero en el caserío Urteaga y resurge a 150 m. al lado de la autopista.

#### 5.4.2. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

El funcionamiento hidráulico es semejante a las unidades anteriores.

Posiblemente existe una cierta compartimentación del sector septentrional que estaría drenado por el manantial Azti.

Considerando las mismas hipótesis que los casos anteriores, los recursos serían del orden de 1,5 Hm<sup>3</sup>/año.



### 5.5. Calidad química del agua

Los análisis realizados sobre muestras tomadas en distintos manantiales de todas las unidades ofrecen una facies bicarbonatada cálcica escasamente mineralizada (menos de 300 mg/l. de sólidos disueltos).

Unicamente dos muestras procedentes de dos manantiales septentrionales del Deba muestran una composición muy diferente (cloruradas sódicas) con una concentración salina muy elevada, debido a la contaminación marina, ocasionada por la penetración del agua del mar en las surgencias, en épocas de estiaje.

A excepción de estas muestras, en general, son aguas aptas para el consumo humano.

## 6. AREA GATZUME-ZESTOA

### 6.1. Generalidades

El área Gatzume-Zestoa agrupa a un conjunto de materiales permeables localizados en la alineación montañosa que incluye el monte Gatzume, alto de

Meñaca, Erdoizta, Sta. Engracia, Aizarna, Zestoa, y alcanza hasta las cuevas de Ekain en la margen izquierda del río Urola (figura n.º 5).

Los materiales permeables corresponden, prácticamente en su totalidad, a las calizas del complejo Urgoniano; son calizas arrecifales y pararrécifales masivas y estratificadas con frecuentes cambios de facies entre sí y con otros conjuntos litológicos de carácter arcilloso o arenisco. Su potencia es muy variable en función de los cambios de facies, como mucho se estima en 600-800 m.

La estructura general corresponde a un sinclinal con eje de dirección NW-SE, de geometría normal en su extremo meridional que evoluciona hacia el NW a un sinclinal tumbado, con el flanco meridional invertido.

De esta forma, el sector de Aizarna-Zestoa correspondería al flanco normal del sinclinal que tendría su continuación hacia el monte Erlo bajo los materiales supraurgonianos.

Este conjunto constituye una estructura cabalgante, vergente al Norte, sobre materiales del Jurásico y Cretácico Superior.

El área está atravesada en su extremo NW por el río Urola en cuya cuenca hidrológica quedan incluidos la totalidad de los materiales.

Topográficamente es una zona accidentada, con fuertes pendientes cuyas cotas máximas son el monte Gatzume (1.006 m.) Alto Meñaka (711 m.) Erdoizta (524 m.) y monte Ertzin (398 m.).

La pluviometría media anual es de 1.300 m.

En función de factores estructurales e hidrogeológicos se ha subdividido el área en dos unidades hidrogeológicas: Unidad de Gatzume y Unidad de Zestoa.

6.2. Unidad hidrogeológica de GatZume

Está situada al Norte de Régil y ocupa una alineación montañosa definida por el monte Gatzume, Alto Meñaka y caserío Granada, estando incluida totalmente en la cuenca del río Urola.

6.2.1. Características Geométricas

Los materiales permeables están formados por calizas urgonianas que presentan una potencia media de 300-400 m., aunque localmente puede ser menor por cambios de facies.

El sustrato impermeable está constituido por los tramos margosos y limolíticos del propio complejo urgoniano y localmente por niveles limolíticos y areniscosos del complejo Purbeck-Weald. Estos materiales imponen las condiciones de muro de la unidad que se sitúa a cotas mínimas del orden de 250 m. ascendiendo hasta los 800 m. en los sectores orientales.

Es necesario comentar que el sustrato impermeable contiene niveles calizos más o menos continuos muy permeables.

En el techo del acuífero se sitúan los materiales impermeables del complejo supraurgoniano constituido por margas, limolitas y areniscas alternantes.

La estructura interna de la unidad corresponde a un sinclinal de geometría normal en su extremo

oriental que evoluciona hacia el Oeste a un sinclinal tumbado con el flanco meridional invertido. Su eje es de dirección NW-SE, con una inflexión hacia el Sur que lo dispone en dirección E-W.

El conjunto está afectado por fallas normales de dirección NW-SE, una de estas impone el límite noroccidental de la unidad al poner en contacto, en profundidad, tramos permeables e impermeables del propio Complejo urgoniano.

La unidad así definida tiene una superficie de 5 Km<sup>2</sup> con una cuenca externa de 2 km<sup>2</sup>.

6.2.2. Puntos de agua

Existen dos puntos de agua, además de pequeñas surgencias en materiales arcillosos.

El manantial Granada en el extremo Noroccidental con 40 l/seg. de caudal de estiaje, y el manantial Utzeta en el extremo Suroccidental con un caudal de estiaje de unos 10 l/seg.

6.2.3. Piezometría

Los únicos datos piezométricos los proporcionan los manantiales Granada y Utzeta, situados a cotas similares en ambos extremos de la unidad; el flujo subterráneo se realiza en sentido Norte y Sur con una divisoria hidrogeológica coincidente más o menos con el eje del sinclinal.

6.2.4. Funcionamiento hidráulico

Se trata de un acuífero kárstico confinado en gran parte de su extensión, con una circulación subterránea controlada por grandes conductos principalmente y por fisuras.

La alimentación de la unidad procede de la infiltración directa del agua de lluvia sobre las calizas, así como de los aportes de la cuenca externa, también se puede dar una pequeña alimentación por flujo de los materiales supraurgonianos.

AREA GATZUME-CESTONA

| UNIDAD                 | Superficie (Km2) |                | Entradas (Hm3./año) |                |       | Salidas (Hm3./año) |       | Recursos (Hm3./año) |         |          | OBSERVACIONES |
|------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|-------|--------------------|-------|---------------------|---------|----------|---------------|
|                        | Afloramiento     | Cuenca externa | Infiltr. directa    | Aportes cuenca | Otras | Surgenc            | Otras | Totales             | Utiliz. | No util. |               |
| GATZUME                | 5                | 2              | 3                   | 0.5            | -     | ~3                 | ?     | 3,5                 | ~2      | ~1,5     |               |
| CESTONA (Margen dcha.) | 12               | 2,7            | 7,2                 | 0,8            | -     | 7                  | ~1    | 8                   | -       | 8        |               |
| CESTONA (Margen dcha.) | 1,8              | 9,8            | 1,1                 | 0,5            | -     | ~0,6               | ~1    | 1,6                 | -       | 1,6      |               |
|                        |                  |                |                     |                |       | TOTALES            |       | 13,1                | ~2      | 11,1     |               |

Considerada una pluviometría de 1.300 mm. y un coeficiente de infiltración del 46%, el volumen anual de infiltración directa es de 3 Hm<sup>3</sup>. Los aportes de la cuenca externa son difíciles de calibrar ya que no se infiltran en su totalidad, pero una cifra aproximativa puede ser de 0,5 Hm<sup>3</sup>/año, lo que supondría un total de entradas de 3,5 Hm<sup>3</sup>/año.

Por los caudales observados en los manantiales las salidas suponen una cifra del mismo orden de magnitud que la calculada para las entradas.

### 6.3. Unidad Hidrogeológica de Zestoa

Esta unidad está situada al Norte de la unidad de Gatzume y alcanza hasta la margen izquierda del río Urola, estando íntegramente, incluida en dicha cuenca.

Los materiales permeables tienen las mismas características que en la unidad anterior, estando constituidos por calizas recifales y pararecifales.

#### 6.3.1. Características Geométricas

Las calizas urgonianas que constituyen el acuífero, aumentan de potencia desde el contacto con la unidad de Gatzume hacia el Norte llegando a tener unos 800 m. de potencia, pero en este caso los cambios de fácies hacia niveles impermeables son más abundantes.

El substrato impermeable está constituido por tramos margosos y limolíticos del complejo urgoniano y por otros materiales impermeables del Cretácico superior sobre los que cabalga la unidad.

El borde septentrional y parte del oriental, corresponden a la superficie de cabalgamiento del complejo urgoniano sobre materiales del Cretácico superior, Jurásico e incluso sobre sí mismos, con cotas entre 35 y 150 m. en la margen derecha del Urola y entre 35 y 400 m. en la margen izquierda.

El borde meridional corresponde al contacto entre las calizas y los materiales de baja permeabilidad del complejo supra-urgoniano, siendo las cotas variables entre 50 y 400 m.

Las menores cotas de la unidad se dan en el cauce del río Urola, a cotas variables entre 35 y 50 m., individualizando el río un pequeño sector de la unidad situado en la margen izquierda.

La estructura de la unidad corresponde a una serie monoclinal buzante al Sur que forma parte de un amplio sinclinal, estando esta estructura cabalgan-

te sobre los materiales Jurásicos y del Cretácico superior situados en su borde Norte.

El conjunto de la unidad tiene una superficie de 13,8 km<sup>2</sup>, de los que 1,8 km<sup>2</sup> corresponden a la margen izquierda del río Urola; la cuenca exterior es de 12,5 km<sup>2</sup> de los que 2,7 km<sup>2</sup> corresponden a la margen derecha y 9,8 km<sup>2</sup> a la margen izquierda del río Urola.

#### 6.3.2. Puntos de Agua

Se han inventariado tres surgencias importantes en esta unidad aunque existen pequeños manantiales que drenan pequeños acuíferos individualizados por las intercalaciones margosas.

El manantial más importante es Hamabiturri con un estiaje de unos 20 l/seg., el tercer manantial se encuentra a la margen izquierda del río Urola con un estiaje de 2 l/seg.

#### 6.3.3. Piezometría

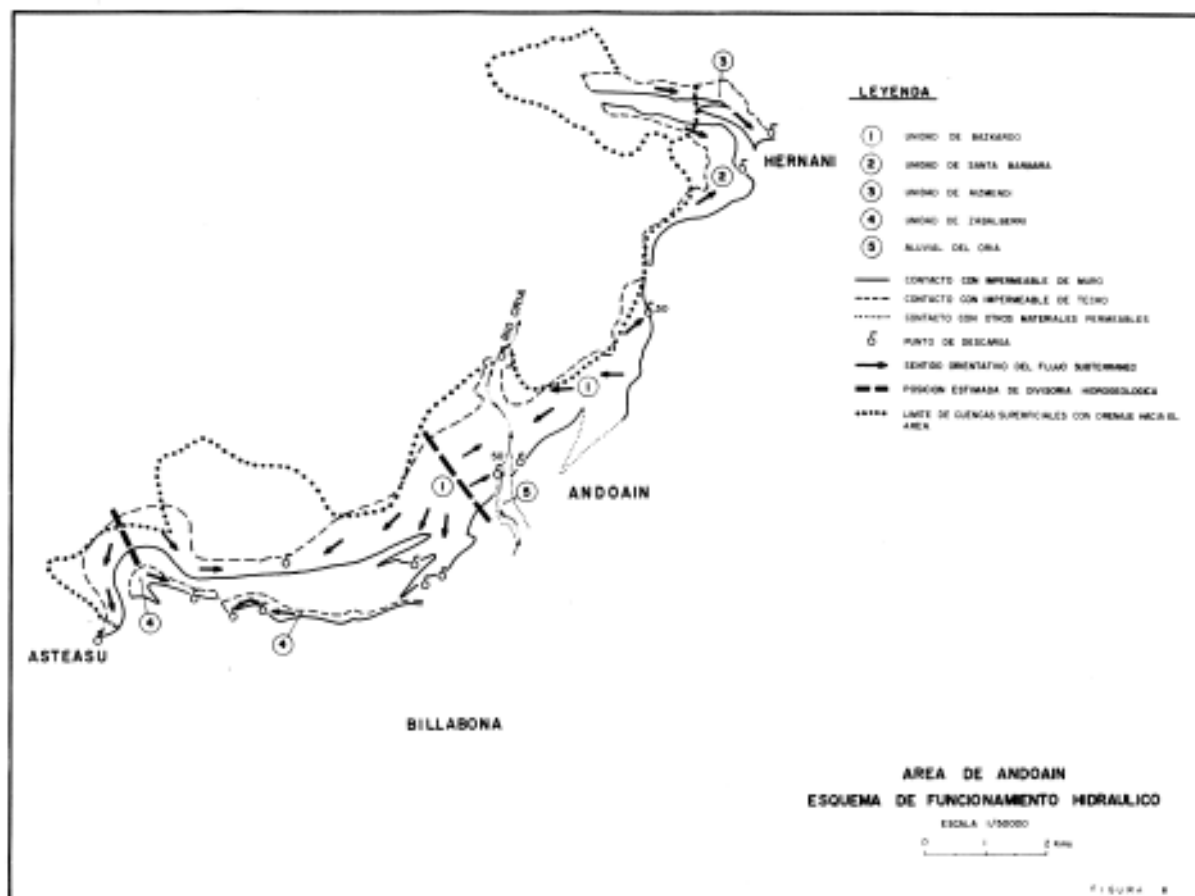
Los únicos datos existentes los aportan las surgencias situadas sobre el cauce del río Urola y hacia esa zona se realizará el flujo subterráneo, esto queda confirmado por una coloración efectuada por el grupo de Espeleología de Aranzadi en el sumidero de Zabaleko-Zulota que apareció a los 38 días en Hamabiturri con una velocidad de circulación de 3 m./hora.

#### 6.3.4. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

Se trata de un acuífero kárstico libre con una circulación subterránea controlada por grandes conductos de respuesta rápida y por pequeñas fisuras que confieren al acuífero su permeabilidad real, con circulación lenta y que aportan el caudal de base de los manantiales.

A partir de los hidrogramas obtenidos con el control llevado a cabo por el grupo de Espeleología de la sociedad Aranzadi en el manantial Hamabiturri, se puede deducir que la unidad está compartimentada, drenando dicho manantial la mayor parte de la unidad mientras que Osinbeltz drena un sector del orden de 1 km<sup>2</sup>. Así mismo el sector de la margen izquierda del río Urola está individualizado siendo la circulación en sentido W-E.

Según las condiciones geométricas y pluviométricas de la unidad, el río Urola constituye el área de descarga, pudiendo actuar únicamente en épocas de excepcional estiaje como elemento de recarga de la unidad.



Para realizar el balance se ha considerado una pluviometría media de 1.300 mm. y un coeficiente de infiltración de 46%. En la margen derecha se estima que los aportes de las cuencas externas son del orden de 0,8 Hm<sup>3</sup>/año y en la margen izquierda de 0,5 Hm<sup>3</sup>/año.

Por tanto el volumen de recursos es del orden de 8 Hm<sup>3</sup>/año en la margen derecha y del 1.6 Hm<sup>3</sup>/año en la margen izquierda, siendo el total de los recursos de 9,6 Hm<sup>3</sup>/año.

Considerando el volumen medio de descarga de los manantiales se estima que existen aportes subterráneos el río evaluados en 1-2 Hm<sup>3</sup>/año.

#### 6.4. Calidad química

Los análisis disponibles muestran una fácies bicarbonatada cálcica con escasa concentración salina, apta para el consumo humano excepto en los componentes orgánicos.

### 7. AREA DE ANDOAIN

#### 7.1. Generalidades

Esta área hidrogeológica está situada en las proximidades de Asteasu y Hernani, con la localidad de Andoain en su zona central (figura n.º 6).

Los materiales permeables corresponden a los tramos calizos jurásicos y a las calizas recifales cretácicas de facies urgoniana.

La estructura general del área corresponde a grandes rasgos al flanco meridional y cierre periclinal de un sinclinal con eje de dirección NE-SW. En detalle la estructura se complica por efecto de repliegues internos y fallas normales e inversas.

En la zona central está atravesada por el río Oria y por su extremo nororiental discurre el río Urumea en cuyas respectivas cuencas se incluye el área.

Topográficamente, el área es accidentada en sus sectores occidental y central con cotas máximas próximas a los 500 metros. La topografía se suaviza hacia el sector nororiental.

La pluviometría media anual es del orden de 1.600 mm.

El área se ha dividido en cuatro unidades hidrogeológicas de funcionamiento hidráulico independiente.

- Unidad de Lepasoro.
- Unidad de Santa Bárbara.

- Unidad de Aizmendi.
- Unidad de Zabalberri.

con cotas de 50 y 30 m. y caudales de estiaje del orden de 15 l/seg. y 10 l/seg. respectivamente).

## 7.2. Unidad Hidrogeológica de Lepasoro

Es la unidad más extensa del área, está situada en las proximidades de Asteasu y Urnieta, incluida íntegramente en la margen izquierda del río Oria.

Está constituida por calizas recifales masivas y estratificadas en edad Albiense-Aptiense (complejo urgoniano).

### 7.2.1. Características Geométricas

Las calizas urgonianas que constituyen el acuífero tienen una potencia máxima de 900m., con disminución progresiva por cambio de fácies hacia ambos extremos.

El substrato impermeable está constituido por areniscas y argilitas de la facies Purbeck-Weald, el techo del acuífero está formado por margas, limolitas y areniscas del complejo supraurgoniano.

La estructura interna corresponde al flanco Sur de un sinclinal de eje NE-SW, afectado por repliegues y por fallas normales de dirección N-S. El extremo SW se resuelve en un suave anticlinal en contacto mecánico con el Trias.

La unidad tiene una superficie de 9,2 km<sup>2</sup>, dividida en dos sectores independientes por el río Oria, siendo la superficie de la margen derecha de 2,7 km<sup>2</sup> y la de la izquierda de 6,5 km<sup>2</sup>, la cuenca externa que vierte a la unidad es de 4,5 km<sup>2</sup>.

### 7.2.2. Puntos de Agua

Se han inventariado 11 puntos de agua, situándose los tres manantiales más importantes en el tercio oriental (manantiales Lepasoro, cota 105 m. caudal de estiaje del orden de 20 L/seg.) y en las proximidades del río Oria (manantiales Presa y Bycia

### 7.2.3. Piezometría

Los únicos datos existentes para caracterizar la piezometría provienen de los manantiales.

En el sector de la margen izquierda se puede establecer una divisoria hidrogeológica, realizándose el flujo en sentido NE y SW a cada lado de la divisoria.

En el sector de la margen derecha la mayor parte del flujo se realiza en sentido E-W, aunque existe una pequeña divisoria hidrogeológica que hace que un sector tenga flujo en sentido NE.

### 7.2.4. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

Se trata de un acuífero kárstico libre, permeable por fisuración y karstificación, desarrollada de forma selectiva en relación con las fracturas o con condicionamientos litológicos.

Los manantiales sufren notables cambios de caudal condicionados por la pluviometría, actuando como puntos de descarga de pequeños sectores individualizados aunque no exista una completa desconexión hidráulica.

El río Oria divide a la unidad en dos sectores e impone las condiciones de drenaje.

La alimentación de la unidad procede de la infiltración directa del agua de lluvia y de los aportes de la cuenca externa.

Para realizar el balance, se ha considerado una precipitación de 1.600 mm/año, una lluvia útil de 880 mm/año y se ha supuesto una infiltración del 90% de la lluvia útil y del 50% de los aportes exteriores, con lo que al tener una superficie de 9,2 km<sup>2</sup> de afloramientos y de 4,5 km<sup>2</sup> de cuenca externa los recursos de la unidad son del orden de 9,2 Hm<sup>3</sup>/año.

#### AREA DE ANDOAIN

| UNIDAD       | Superficie (Km2) |                | Entradas (Hm3/año) |                |       | Salidas (Hm3/año) |       | Recursos (Hm3/año) |         |          | OBSERVACIONES |
|--------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------------------|---------|----------|---------------|
|              | Afloramiento     | Cuenca externa | Infiltr. directa   | Aportes cuenca | Otras | Surgenc.          | Otras | Totales            | Utiliz. | No util. |               |
| MI           | 6,5              | 4,5            | 5,2                | 1,8            | .     | 6                 | 1     | 7,0                | 0,5     | 6,5      |               |
| LEPASORO     |                  |                |                    |                |       |                   |       |                    |         |          |               |
| MD           | 2,7              | -              | 2,2                | -              |       | 1,6               | 0,6   | 2,2                | 1       | 1,2      |               |
| SANTIBARBARA | 1,3              | 0,25           | 1,1                | 0,2            |       | 1                 |       | 1,3                | -       | 1,3      |               |
| AIZMENDI     | 0,7              | 0,5            | 0,6                | 0,2            |       | 0,8               |       | 0,8                | -       | 0,8      |               |
| ZABALBERRI   | 0,7              | 2              | 0,6                | 0,4            |       | 1,0               |       | 1,0                | 0,3     | 0,7      |               |
| TOTALES      |                  |                |                    |                |       |                   |       | 12,3               | 1,8     | 10,5     |               |

### 7.3. Unidad hidrogeológica de Santa Barbara

Está situada al Oeste de Hernani en el monte Santa Bárbara.

Los materiales permeables están constituidos por calizas urgonianas de 200 m. de potencia en su zona central disminuyendo por los bordes, el substrato impermeable está constituido por Areniscas del Purbeck-Weald y margas yesíferas del Trias, en el techo se sitúan materiales impermeables del complejo supraurgoniano.

La estructura interna de la unidad corresponde al cierre periclinal de un sinclinal de eje NE-SW dispuesto mecánicamente sobre el Trias.

La superficie de la unidad es de 1.3 km<sup>2</sup> con una cuenca externa de 0,25 km<sup>2</sup>.

Unicamente se ha detectado un manantial llamado Carrero con un caudal medio de unos 30 l/seg.

El funcionamiento hidráulico es semejante al caso anterior, es decir, un acuífero kárstico libre permeable por fisuración y karstificación.

El balance se ha realizado con las mismas consideraciones que el caso anterior, salvo que se ha supuesto la infiltración total de la lluvia útil, siendo los recursos de la unidad del orden de 1,3 Hm<sup>3</sup>/año.

### 7.4. Unidad Hidrogeológica de Aizmendi

Está situada al NW de Hernani, incluida íntegramente en la cuenca del río Urumea; los materiales permeables están constituidos por calizas del Dogger, con una potencia de 100 m. como máximo, el substrato impermeable lo constituyen margas y arcillas del Trias, teniendo a techo tectónicamente a los materiales supra urgonianos.

Estructuralmente se trata de una barra caliza de pequeñas dimensiones limitada a techo y muro por contactos tectónicos.

La unidad tiene una extensión de 0,7 km<sup>2</sup>, con una cuenca externa de 0,5 km<sup>2</sup>.

Sólo se ha inventariado un manantial, denominado Bocalobo, con un caudal de estiaje de 2 l/seg.

Su esquema hidráulico responde a un acuífero kárstico permeable por fisuración y karstificación de funcionamiento libre.

Con las mismas consideraciones que la unidad de Santa Bárbara se han obtenido unos recursos de 0,8 Hm<sup>3</sup>/año.

### 7.5. Unidad Hidrogeológica de Zabalberri

Está situada al Norte de Zizurkil, incluida en la cuenca del río Oria, los materiales permeables es-

tán constituidos por calizas del Dogger con una potencia variable entre 50 y 100 m., el substrato impermeable está formado por margas liásicas, el techo lo constituyen materiales areniscos y limolíticos del Purbeck-Weald.

Estructuralmente la unidad forma parte del flanco meridional del mismo sinclinal que la unidad de Lepasoro, con contactos mecánicos en sus extremos oriental y occidental.

Existe una falla que individualiza la unidad en dos sectores prácticamente independientes.

La superficie de la unidad es de 0,8 km<sup>2</sup>; se ha considerado una cuenca externa de 2 km<sup>2</sup>.

Se han inventariado 5 puntos de agua, de los cuales el manantial Izaragain es el más importante con un caudal medio de unos 15 l/seg.

El flujo subterráneo se realiza E-W para el sector Oriental y W-E para el occidental.

El esquema hidráulico responde a un acuífero kárstico libre permeable por fisuración y karstificación, produciéndose la descarga por grandes conductos.

El balance se ha realizado con las mismas consideraciones que la unidad de Santa Bárbara, suponiendo una cuenca externa de 2 km<sup>2</sup> de la que se infiltra el 25%, siendo los recursos del orden de 1,0 Hm<sup>3</sup>/año.

### 7.6. Calidad Química

Se trata de aguas de facies bicarbonatadas cálcicas poco o escasamente mineralizadas, presentando la unidad de Santa Bárbara un alto contenido de sulfatos, siendo aptas para el consumo humano excepto en los elementos orgánicos.

## 8. AREA DE TOLOSA OCCIDENTAL

### 8.1. Generalidades

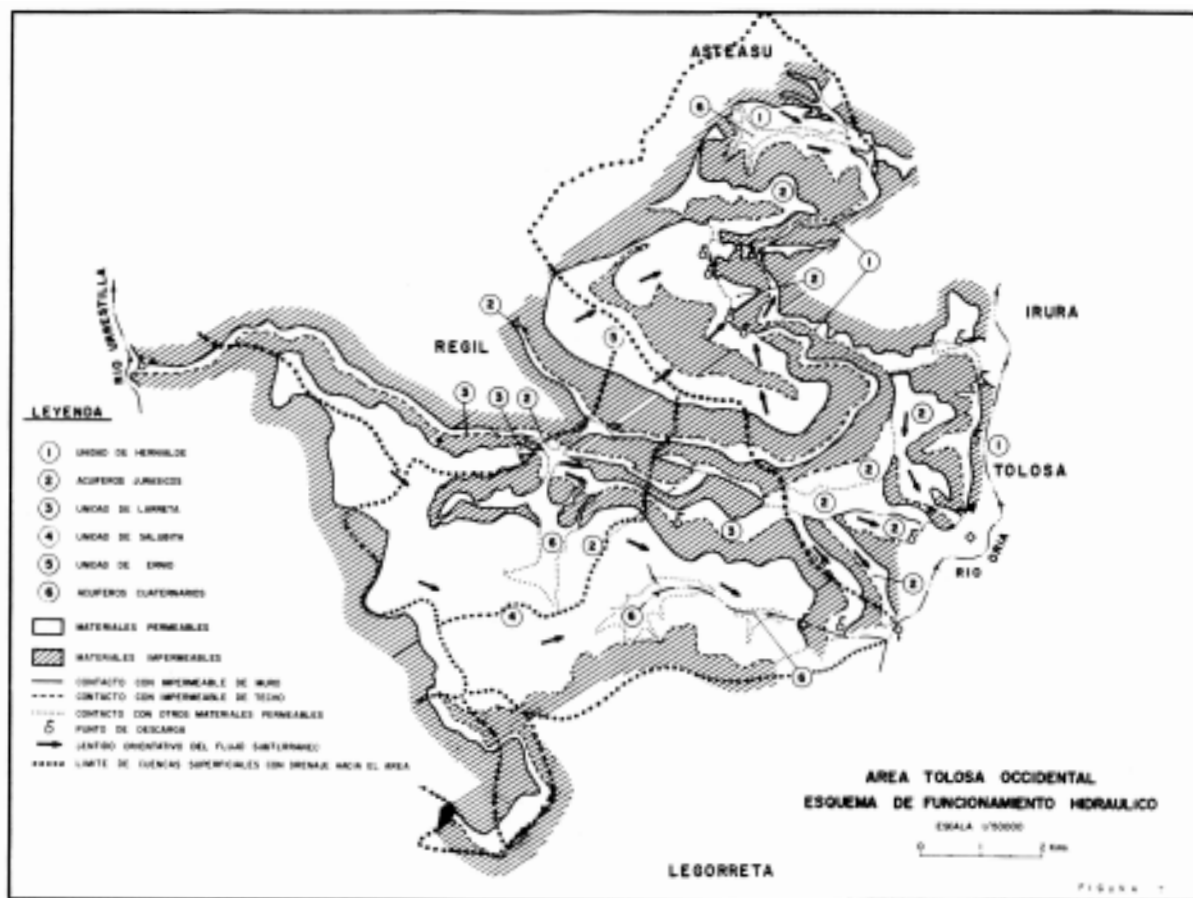
Esta área hidrogeológica está situada en la margen izquierda del río Oria entre las localidades de Tolosa, Alquiza, Régil, Urrestilla y Beizama (figura n.º 7).

Los materiales permeables corresponden a los tramos carbonáticos, jurásicos y cretácicos (complejo urgoniano).

La estructura general del área es compleja tanto en sus rasgos generales como en cuestiones de detalle.

El sector Norte que corresponde a la zona del monte Hernio tiene una estructura sinclinal volca-





da, vergente al Norte con términos desde el Trias hasta el Cretácico inferior, que se dispone en posición cabalgante sobre los propios materiales jurásicos que conforman un amplio sinclinal suavemente ondulado.

El sector sur correspondiente a la zona Albiztur-Bidania tiene una estructura en sinclinal de amplio radio modificado por frecuentes fracturas muy continuas.

Topográficamente es un área muy accidentada sobre todo en el sector septentrional (monte Hernio) donde se superan los 1.000 m. de altitud con fuertes pendientes en las laderas.

La pluviometría media en este área es de unos 1.400 m/año. La mayor parte del área está incluida en la cuenca del río Oria, con algunos sectores occidentales incluidos en el río Urumea.

El área está constituida por cinco unidades hidrogeológicas.

## 8.2. Unidad Hidrogeológica de Hernialde

Esta unidad ocupa una larga franja de terreno situada en la base de los relieves montañosos que se

extiende por Errekabeltza, Larraul, Alquiza, Anoeta y Tolosa, estando incluida íntegramente en la cuenca del río Oria.

### 8.2.1. Características Geométricas

Los materiales permeables están constituidos por dolomias y calizas del Jurásico inferior con una potencia media del orden de 100 m. con reducciones locales por efectos tectónicos.

El sustrato impermeable está constituido por margas y arcillas yesíferas del Trias con cotas entre 75 y 400 m. El techo está formado por materiales margosos del Trias.

La estructura interna corresponde a una suave sucesión de pliegues de gran radio, con buzamientos suaves. Existe un contacto mecánico al nivel del Trias que produce laminaciones.

La superficie de afloramientos permeables es de 3,5 km<sup>2</sup> con una cuenca externa de 27 km<sup>2</sup>, situada en gran medida sobre materiales permeables de otras unidades.

### 8.2.2. Puntos de Agua

Se han inventariado 6 manantiales y un sondeo relacionados con la unidad, además durante el estudio se han realizado dos sondeos.

El manantial más importante es el de Matxinzu- lo situado al E de Larraul a una cota de 100 m. y con un caudal medio de unos 30-40 l/seg.

Los sondeos tienen caudales de 5 l/seg. (sondeo Anoeta) y 20 l/seg. (sondeo Hernialde) siendo negativo el sondeo Asteasu.

### 8.2.3. Piezometría

De acuerdo con las cotas de manantiales y los datos aportados por los sondeos, la unidad parece compartimentada, con un flujo subterráneo general Oeste-Este en sentido de las surgencias.

### 8.2.4. Funcionamiento Hidráulico. Balance.

Se trata de un acuífero libre permeable por fisuración karstificación y por porosidad en niveles basales de tipo carniolas.

La circulación se realiza por fracturas y conductos individualizados, existiendo además una red densa de fisuras interconectadas.

En algunos sectores de cotas bajas, la unidad puede descargar a materiales cuaternarios.

La alimentación procede de infiltración directa sobre materiales permeables, y en menor cuantía de los aportes de la amplia cuenca exterior.

Para realizar el balance se ha considerado una infiltración total de la lluvia útil sobre materiales permeables, teniendo en cuenta que la pluviometría es de 1.400 mm/año. Y la lluvia útil es de 700 mm/año, con lo que el volumen de entradas es del orden de 2,5 Hm<sup>3</sup>/año.

Según observaciones se estima que el volumen infiltrado procedente de la cuenca exterior es del orden de 1 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que el total de los recursos de la unidad es de 3,5 Hm<sup>3</sup>/año.

El volumen de salidas visibles es de 2,5 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que las salidas no controladas drenan 1 Hm<sup>3</sup>/año.

### 8.3. Acuíferos jurásicos

Con esta denominación se engloban una serie de pequeños acuíferos constituidos por materiales dolomíticos y calizos del Trias basal y del Dogger.

La potencia es variable entre 50 y 150 m. con una superficie de afloramiento de 3,0 km<sup>2</sup>.

Se trata de acuíferos libres permeables por fisuración y karstificación, aunque localmente pueden poseer porosidad primaria, en general muy fracturados y con frecuentes conexiones con otros acuíferos.

Se han inventariado 5 manantiales, entre los que destacan el manantial Ugena con un caudal medio de 15-20 l/seg. y una cota de 145 m. e Iturbe con una cota de 295 m. y varios l/seg. de caudal medio, existiendo probablemente salidas ocultas hacia materiales cuaternarios.

La infiltración procede de la precipitación directa sobre materiales permeables y algo de la cuenca externa.

Para realizar el balance se ha considerado una pluviometría de 1.400 mm., una lluvia útil de 700 mm. y una infiltración del 50% de la lluvia útil, con lo que el volumen de recursos resulta ser de 1 Hm<sup>3</sup>/año.

Los aportes de la cuenca externa son muy difíciles de cuantificar, por lo que al ser el volumen de salidas del orden de 1 Hm<sup>3</sup>/año, se considera que es igual al volumen de salidas ocultas.

### 8.4. Unidad Hidrogeológica de Larreta

Esta unidad está situada en la zona central de área según una estrecha banda que se extiende entre la regata Salubita y la proximidad de Urrestilla, estando incluida en la cuenca del río Oria y del río Urola.

Los materiales permeables están formados por calizas bioclásticas grises, bien estratificadas, del Malm, con una potencia media del orden de 150 m.; el substrato impermeable está constituido por areniscas calcáreas del Malm con cotas mínimas de 100 m., situándose en el techo argilitas y limolitas del Weald.

Estructuralmente forma parte del flanco Norte de un sinclinal de eje aproximado E-W, con buzamientos moderados hacia el Sur, estando afectado el conjunto por fallas normales de dirección NE-SW y NW-SE a favor de las cuales se produce una compartimentación de dos sectores equivalentes.

La superficie total de la unidad es de 3,8 Km<sup>2</sup> con una cuenca externa muy amplia, pero situada en materiales permeables.

Se han inventariado 4 manantiales relacionados con la unidad, dos en cada sector con caudales medios del orden de 15-20 l/seg.

Los datos disponibles para caracterizar la piezometría provienen de los manantiales, e indican un flujo subterráneo en sentido Este-Oeste en el sector occidental, siendo la circulación tanto en sentido Este-Oeste como Oeste-Este con una divisoria hidrogeológica en el sector oriental.

El esquema hidráulico responde a un acuífero libre permeable por fisuración y karstificación, realizándose la circulación por fracturas o conductos y en menor medida por redes de fisuras interconectadas entre sí.

La alimentación de la unidad procede de la infiltración directa del agua de lluvia, y por aportes de las cuencas exteriores.

Para realizar el balance se ha considerado una pluviometría de 1.200 mm. Y una lluvia útil de 700 mm.; suponiendo una infiltración del 80% de la lluvia útil, obtendremos unos recursos para una superficie de 3 km<sup>2</sup> de 1,7 Hm<sup>3</sup>/año.

Las aportaciones de la cuenca externa se evalúan en 1,0 Hm<sup>3</sup>/año según la capacidad observada de absorción.

Por tanto el volumen total de entradas es del orden de 2,7 Hm<sup>3</sup>/año, semejante al volumen de salidas observadas 2,5 Hm<sup>3</sup>/año.

## 8.5. Unidad Hidrogeológica de Salubita

Es la unidad más extensa e importante del área. Se encuentra situada en el monte Txikimendi, en el Oeste y la cantera Santa Bárbara en el Este, estando incluida dentro de la cuenca del río Oria.

### 8.5.1. Características Geométricas

Los materiales permeables están constituidos por calizas urgonianas masivas y estratificadas, muy karstificadas en superficie, con una potencia de 700-800 m., como máximo, con reducciones significativas por cambios de fácies.

El sustrato impermeable está constituido por argilitas y areniscas del Weald que impone las condi-

ciones de borde en la mayor parte de la unidad, excepto en la mitad oriental del límite Sur que corresponde al contacto con los materiales del techo constituidos por margas, limolitas y areniscas del complejo supra urgoniano. Las menores cotas topográficas corresponden al cauce bajo de la regata Salubita que atraviesa longitudinalmente la unidad (cota mínima: 120 m.) A partir de aquí las cotas de los bordes aumentan progresivamente hasta alcanzar valores de 450 a 750 m. en el límite Norte, 600 m. en el extremo occidental y unos 500-600 m. en el límite meridional.

Estructuralmente constituye el núcleo de un suave sinclinal de eje NW-SE.

En función de factores topográficos y estructurales la unidad se encuentra más o menos comparimentada en sectores aunque con una posible conexión hidráulica entre ellos.

La superficie de los materiales permeables es de 20 km<sup>2</sup> con una cuenca externa de 3 km<sup>2</sup>.

### 8.5.2. Puntos de Agua

Solamente se ha inventariado un punto importante de agua relacionado con la unidad. Se trata del manantial Salubita, situado en el cauce de la regata del mismo nombre a 120 m. de cota, con un caudal de estiaje del orden de 150 l/seg.

Durante el estudio se han realizado dos sondeos de investigación que muestran niveles de agua a cotas similares a la de la surgencia aunque con un caudal muy reducido (unos 3 l/seg.).

### 8.5.3. Funcionamiento hidráulico. Balance.

Se trata de un acuífero kárstico libre, permeable por fisuración y karstificación.

La circulación subterránea se realiza en sentido Oeste-Este a través de grandes conductos desarrollados de forma selectiva y en una menor porción se realiza a través de pequeñas fisuras interconectadas; por los datos suministrados por los dos son-

TOLOSA OCCIDENTAL

| UNIDAD              | Superficie (Km2) |                | Entradas (Hm3/año) |                |       | Salidas(Hm3/año) |       | Recursos (Hm3/año) |         |          | OBSERVACIONES |
|---------------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------|------------------|-------|--------------------|---------|----------|---------------|
|                     | Afloramiento     | Cuenca externa | Infiltr. directa   | Aportes cuenca | Otras | Surgenc.         | Otras | Totales            | Utiliz. | No util. |               |
| HERNIALDE           | 3,5              | 27             | 2,5                | 1              | -     | 2,5              | 1     | 3,5                | 0,5     | 3,0      |               |
| ACUIFEROS JURASICOS | 3,0              | ?              | 1,0                | ?              | ?     | 0,2              | ?     | 1,0                | -       | 1,0      |               |
| LARRETA             | 3,8              |                | 1,7                | 1,0            | -     | 2,5              | -     | 2,7                | 1       | 1,7      |               |
| SALUBITA            | 20               | 3              | 11,2               | 1,5            | -     | 12               | -     | 12,7               | 2,0     | 10,7     |               |
| HERNIO              | 6                | 3              | 3,3                | 1,0            | -     | 3                | 1,3   | 4,3                | 0,3     | 4,0      |               |
| TOTALES             |                  |                |                    |                |       |                  |       | 24,2               | 3,8     | 20,4     |               |

deos realizados parece que la karstificación disminuye en profundidad.

La alimentación procede en su mayor parte de la infiltración directa del agua de lluvia sobre los materiales permeables y en menor medida por los aportes de la cuenca externa que incluye parte de la unidad Larreta.

Considerando una lluvia útil de 700 mm. y una infiltración del orden del 80% de la misma, tanto para la lluvia directa como para las aportaciones de la cuenca externa, obtenemos un volumen de recursos de 12,7 Hm<sup>3</sup>/año.

El volumen medio de salidas supone un valor de 12 Hm<sup>3</sup>/año, coincidente con el volumen de entradas calculadas.

## 8.6. Unidad Hidrogeológica de Hernio

Esta unidad constituye el monte Hernio; hidrogeológicamente los materiales drenan hacia la cuenca del río Oria, aunque parte de la zona de recarga pertenece a la cuenca del río Urrestilla.

El acuífero está constituido por calizas urgonianas, las cuales forman un sinclinal con el flanco meridional vertical e incluso invertido y el flanco nororiental normal. El espesor medio de las calizas es de unos 300 m. en el borde meridional y 500 en el septentrional.

En superficie se encuentran bastante karstificadas aunque presentan un núcleo central margoso impermeable, cuya escorrentía se infiltra en la unidad.

El sustrato impermeable está constituido por facies margosas del propio complejo urgoniano y areniscas de la facies Purbeck-Weald que imponen las condiciones de borde.

La superficie de la unidad es de 6 km<sup>2</sup> mientras que el núcleo impermeable tiene 3 km<sup>2</sup>.

El drenaje de la unidad se realiza por el borde oriental a cotas elevadas 325 a 385 m, siendo 4 los puntos de agua inventariados en esta unidad, de los que el manantial Mandabe es el más importante con un caudal de estiaje de 7-10 l/seg.

El flujo de la unidad se realiza concéntrico a los manantiales.

La unidad responde a un esquema hidráulico de un acuífero kárstico libre, permeable por fisuración y karstificación.

La circulación se realiza a través de grandes conductos, con una respuesta muy rápida de los manantiales ante la lluvia, por lo que se sugiere una regulación muy escasa del acuífero.

La recarga se realiza por infiltración de agua de lluvia y por los aportes del núcleo impermeable.

Se ha estimado una lluvia útil de 700 mm.; considerando una infiltración del 80%, obtenemos unos recursos para la zona permeable de 3,3 Hm<sup>3</sup>, la infiltración de la cuenca externa se ha cifrado en 1,0 Hm<sup>3</sup> con lo que los recursos totales son de unos 4 Hm<sup>3</sup>/año, cifra similar a la descarga de las surgencias.

## 8.7. Calidad química

Las muestras analizadas indican que las aguas presentan una facies bicarbonatada cálcica con un contenido bajo o moderado en sólidos disueltos (desde 144 mg/l. a 392 mg/l.), a excepción del manantial Igarán perteneciente a la unidad Larreta que presenta una facies bicarbonatada cálcica pero con un alto contenido en sulfatos (200 mg/l.) y una salinidad total de 615 mg/l., estimándose este valor como el resultado de aportes superficiales infiltrados en la unidad procedentes en parte de los afloramientos triásicos situados al N de la misma.

Estas aguas del manantial Igarán se infiltran en la unidad Salubita con un contenido de 546 mg/l. de sólidos disueltos pero se diluyen en el acuífero presentando el manantial Salubita concentraciones del orden de 340 mg/l.

Por los caracteres químicos analizados son aguas potables para el consumo humano, no así en cuanto a caracteres orgánicos, ya que presentan una elevada contaminación casi todos los manantiales debido a vertidos agrícolas y urbanos.

Un factor adicional que puede contribuir a la contaminación de la unidad Salubita, es la existencia de un vertedero ubicado en la colina junto al caserío Santutxo.

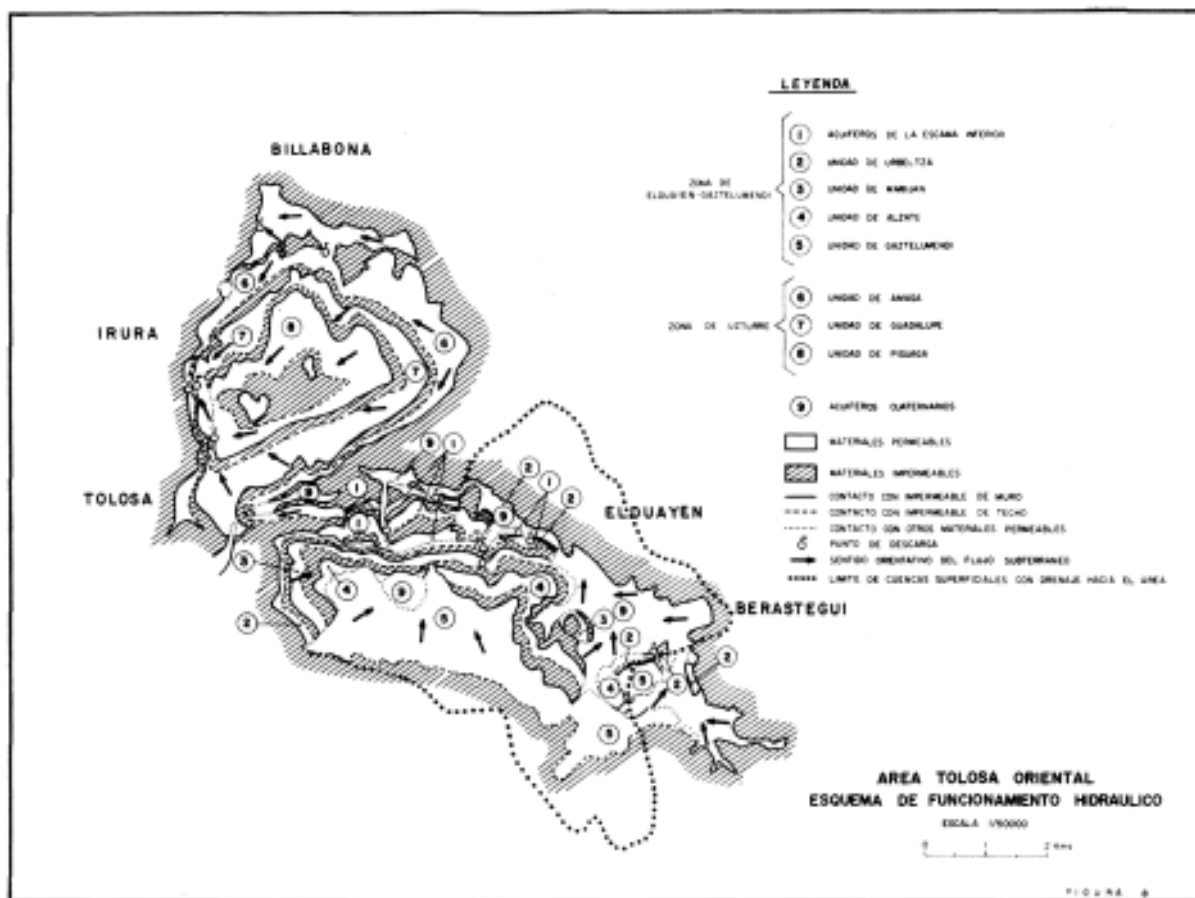
## 9. AREA DE TOLOSA ORIENTAL

### 9.1. Generalidades

Esta área incluye los materiales permeables situados en la margen derecha del río Oria, en las proximidades de Tolosa entre las localidades de Berástegui y Villabona, (figura n.º 8).

Los materiales permeables están constituidos por niveles carbonáticos jurásicos y cretácicos (urgonianos) y por depósitos cuaternarios.

En razón de las condiciones geológicas y topográficas del área es posible diferenciar dos zonas de características independientes.



- Zona de Elduayen Gaztelumendi.
- Zona de Uzturre.

**Elduayen-Gaztelumendi.**— Comprende los materiales jurásicos de la cuenca del río Berástegui y los tramos de calizas urgonianas del monte Gaztelumendi. La estructura geológica es compleja en el detalle. Consiste en una sucesión de escamas tectónicas con desplazamientos de vergencia norte que superpone los términos jurásicos entre sí y todo el conjunto sobre el macizo paleozoico de Cinco Villas. Los despegues se producen al nivel del trias arcilloso de facies Keuper.

Los materiales jurásicos conforman un sinclinal cuyo flanco meridional se encuentra en parte laminado por efecto de un cabalgamiento sobre ellas del complejo urgoniano.

Esta zona está atravesada por el río Berástegui que discurre en sentido Este-Oeste y desemboca en el río Oria a la altura de Ibarra. Topográficamente es una zona accidentada con pendientes elevadas y cotas máximas próximas a 800 metros en el monte Gaztelumendi.

La pluviometría media de la zona es de unos 2.000 mm/año, aunque en las partes altas se pueden superar los 2.200 mm/año.

En función de factores litológicos y estructurales se ha subdividido la zona en cinco unidades hidrogeológicas algunas de ellas interconectadas por complejas relaciones hidráulicas.

- Acuíferos de la escama inferior.
- Unidad de Urbeltza.
- Unidad de Marijan.
- Unidad de Alzate.
- Unidad de Gaztelumendi.

Se incluyen también en esta zona los materiales cuaternarios que recubren la depresión de Berástegui.

**Uzturre.**— Esta zona incluye los materiales permeables fundamentalmente jurásicos que conforman el relieve del monte Uzturre, cuyas cotas en coronación superan los 700 m.

La estructura geológica consiste, a grandes rasgos, en un sinclinal de amplia curvatura con suaves buzamientos de sus flancos, cuyo eje tiene una dirección aproximada NE-SW.

El núcleo del sinclinal está ocupado por materiales cretácicos del complejo urgoniano.

La pluviometría media de la zona es de 1.800 mm/año. Se han diferenciado tres unidades hidrogeológicas de funcionamiento independiente.

- Unidad de Amasa.
- Unidad de Guadalupe.
- Unidad de Pisuaga.

## 9.2. Acuífero de la escama inferior

Bajo esta denominación se incluyen los afloramientos calizo-dolomíticos Liásicos pertenecientes a la escama inferior de la zona de Elduaien-Gatzelumendi, situados en la margen izquierda del río Berástegui.

Debido a la intensa tectonización de la zona, la potencia y continuidad de los materiales permeables es muy variable, lo que condiciona la existencia de acuíferos desconectados entre sí, e incluso compartimentados internamente.

El substrato impermeable está constituido por materiales arcillosos y ofíticos del Trias, en el techo se disponen materiales margosos jurásicos y materiales Triásicos de las escamas superiores.

La superficie de los acuíferos es del orden de 1,0 km<sup>2</sup>. Se han inventariado dos manantiales relacionados con estos acuíferos, el manantial Calpasoro de cota 175 m. y caudal medio del orden de 60-70 l/seg. y el manantial Berrobi, de funcionamiento temporal. El funcionamiento hidráulico se desconoce pues es muy complejo.

La alimentación procede de la infiltración de la precipitación directa sobre los acuíferos, de los aportes de escorrentía y de la alimentación a partir de otros materiales permeables. Para realizar el balance se ha considerado una pluviometría de 2.000 mm. y una lluvia útil de 1.100 mm., suponiendo una infiltración del 90% de la lluvia útil, las entradas supondrían 1 Hm<sup>3</sup>/año; las salidas de 3 Hm<sup>3</sup>/año, luego existe un desequilibrio de 2 Hm<sup>3</sup>/año, que debe de corresponder a alimentación de los acuíferos por escorrentía superficial, o de otros materiales permeables, posiblemente de los materiales cuaternarios de la depresión de Berástegui.

## 9.3. Unidad hidrogeológica de Urbeltza

Está situada al Sur de la anterior, en la margen izquierda del río Berástegui, incluida hidrogeológicamente en la cuenca del río Oria.

### 9.3.1. Características Geométricas

Los materiales permeables son calizas y dolomías liásicas con niveles de carniolas en la base, la

potencia es variable debido a laminaciones tectónicas el valor medio estimado es de 150-200 m.

El substrato impermeable está constituido por arcillas yesíferas y ofitas del Trias, el techo del acuífero lo constituyen tramos margosos Liásicos, contactando a techo en el Oeste el acuífero con las calizas Urganianas de Gatzelumendi.

Las menores cotas de la unidad se localizan al Sur de Elduaien en Urbeltza y Galitzi, del orden de 265 m., ascendiendo las cotas a partir de aquí hasta los 400 m.

Estructuralmente esta unidad forma parte del flanco septentrional de un sinclinal dispuesto en posición cabalgante sobre otros términos jurásicos y laminados a su vez por el desplazamiento hacia el Norte del complejo urgoniano.

Los afloramientos permeables de la unidad tienen una superficie de 0,6 km<sup>2</sup>, pero la cuenca vertiente es de 24 km<sup>2</sup>.

### 9.3.2. Puntos de Agua.

Se han inventariado 5 manantiales relacionados con la unidad. Y durante el estudio se ha realizado un sondeo.

El manantial más importante es Urbeltza, con una cota de 263 m., un caudal medio de 350 l/seg. y unas oscilaciones estacionadas entre 200 y 500 l/seg.

El segundo manantial en importancia es Galitzi, situado a unos 800 m. al Este del anterior y a cota similar, su caudal medio es del orden de 25-30 l/seg., con fluctuaciones que varían entre 5 y 80 l/seg.

### 9.3.3. Piezometría

Por los datos disponibles de las cotas de las surgencias y del sondeo, únicamente se puede afirmar que el flujo subterráneo se realiza en el sentido de los manantiales según trayectorias complejas como consecuencia de múltiples conexiones hidráulicas.

### 9.3.4. Esquema de funcionamiento hidráulico. Balance.

El esquema de funcionamiento hidráulico corresponde a un acuífero confinado, permeable por fisuración y karstificación y en parte por porosidad en los tramos de carniolas.

El elevado caudal de las surgencias (12 Hm<sup>3</sup>/año) en relación con la escasa extensión de los afloramientos (0,6 km<sup>2</sup>) confirma la conexión hidráulica con otros materiales permeables. Conside-

## AREA TOLOSA ORIENTAL

| UNIDAD                  | Superficie (Km2)  |                   | Entradas (Hm3/año)  |                   |       | Salidas (Hm3/año) |       | Recursos (Hm3/año) |         |          | OBSERVACIONES                          |
|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|---------|----------|----------------------------------------|
|                         | Aflora-<br>miento | Cuenca<br>externa | Infiltr.<br>directa | Aportes<br>cuenca | Otras | Surgenc.          | Otras | Totales            | Utiliz. | No util. |                                        |
| ACUIFEROS ESCAMA INFER. | 1                 | ?                 | 1                   | ?                 | ?     | 3                 | -     | 3                  | 2       | 1        | Infiltr. en cuenca: 25% de lluvia útil |
| URBELTZA                | 0,6               | 24                | 0,6                 | 6                 | 5,7   | 12                | -     | 12,3               | 11      | 1,3      |                                        |
| MARIJAN                 | 1,2               | 10                | 1,2                 | 0,8               | -     | 2                 | -     | 2                  | 2       | -        |                                        |
| ALZATE                  | 1,2               | 0,5               | 0,3                 | -                 | -     | 0,3               | -     | 0,3                | -       | 0,3      | Alimenta a la unidad de Urbeltza       |
| GAZTELUMENDI            | 5,7               | -                 | 5,7                 | -                 | -     | -                 | 5,7   | 5,7                | -       | -        |                                        |
| AMASA                   | 3,8               | 2,5               | 1,7                 | 0,3               | -     | 1,5               | 0,5   | 2                  | 0,6     | 1,4      |                                        |
| GUADALUPE               | 3,8               | 5                 | 1,7                 | 0,5               | -     | 1,5               | 0,7   | 2,2                | 10      | 1,2      |                                        |
| PISUAGA                 | 3,0               | 1,5               | 2,0                 | 0,2               | -     | 1,5               | 0,7   | 2,2                | 1,0     | 1,2      |                                        |
| TOTALES                 |                   |                   |                     |                   |       |                   |       | 24,0               | 17,6    | 6,4      |                                        |

raciones geológicas de la zona indican que la unidad de Gaztelumendi y los depósitos cuaternarios de Berástegui son las únicas unidades capaces de equilibrar el balance, unido con los datos del comportamiento del manantial Urbeltza, que posee unas fluctuaciones de caudal pequeñas y una respuesta ante la pluviometría retardada (10-15 días) hacen que se estime a estas dos unidades como aportadoras de agua a la unidad Urbeltza.

Por tanto se han considerado los recursos de la unidad de Gaztelumendi dentro de la recarga de esta unidad 5,7 Hm<sup>3</sup>, igualmente con los recursos de la unidad de Berástegui 6,0 Hm<sup>3</sup>, así como los aportes por infiltración directa, siendo el volumen total de recursos de 12,3 Hm<sup>3</sup>/año, semejante al volumen de salidas de la surgencia Urbeltza 12 Hm<sup>3</sup>/año.

#### 9.4 Unidad hidrogeológica de Marijan

Esta unidad, situada al Sur de la unidad Urbeltza está constituida por calizas del Dogger con una potencia de unos 100 m.

El substrato impermeable lo forman niveles margosos liásicos a ctas entre 285 y 350 m., al Este el contacto se realiza con materiales permeables de la depresión de Berástegui. El techo está formado por margas arenosas y areniscas del Malm.

La superficie de la unidad es de 1,2 Km<sup>2</sup> y la cuenca exterior es de unos 10 km<sup>2</sup>, ocupada en su mayor parte por materiales permeables.

Se ha detectado un solo punto de agua relacionado con la unidad, se trata del manantial Marijan con un caudal medio de 65 l/seg., aunque presenta importantes oscilaciones de caudal.

El esquema de funcionamiento hidráulico responde a un acuífero confinado permeable por karstificación y fisuración con escasa o nula porosidad primaria, produciéndose la circulación subterránea por grandes conductos con una respuesta casi instantánea ante la lluvia.

La alimentación de la unidad procede de la infiltración directa y de los aportes de la cuenca externa.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 1.100 mm. y una infiltración del 90%, siendo por tanto el volumen de entradas por la misma de 1,2 Hm<sup>3</sup>/año, los aportes infiltrados de la cuenca externa se han evaluado en 0,8 Hm<sup>3</sup>/año.

Por tanto el volumen de entradas es de 2 Hm<sup>3</sup>/año, similar al caudal drenado por Marijan.

#### 9.5. Unidad hidrogeológica de Alzate

Se trata de una pequeña unidad de calizas del Jurásico superior, situadas al Sur de las unidades anteriores según una estrecha franja.

Tanto el techo como el muro están formados por materiales impermeables del Jurásico.

La superficie de la unidad es de 1,2 km<sup>2</sup>, con una cuenca externa de 0,5 km<sup>2</sup>.

No se han detectado manantiales importantes en la unidad produciéndose la descarga por salidas difusas a las regatas que la cruzan.

El acuífero es de una permeabilidad media a baja con escaso interés práctico.

Se ha considerado que el 25% de la lluvia útil se infiltra, siendo por tanto los recursos de la unidad 0,3 Hm<sup>3</sup>/año.

#### 9.6. Unidad hidrogeológica de Gaztelumendi

Es la unidad meridional del área, está constituida por calizas masivas y estratificadas del complejo urgoniano con una potencia máxima de 500 m. que disminuye algo en algunos sectores por efectos tectónicos y cambios de facies.

El sustrato está formado por materiales impermeables del propio complejo urgoniano y por algunos térmicos jurásicos sobre los que cabalga, siendo alguno de estos términos permeables el que

favorece la conexión hidráulica entre ésta y la unidad de Urbeltza.

La estructura interna de la unidad corresponde a una serie monoclinas buzante al Sur que ha sufrido un desplazamiento al Norte laminando a la serie jurásica.

Los afloramientos permeables tienen una extensión de 5.7 km<sup>2</sup>, siendo la cuenca externa despreciable.

Existen dos manantiales relacionados con la unidad, el más importante está situado en Malaerrega con un caudal medio entre 5-10 l/seg.

Se trata de un acuífero, libre con permeabilidad producida por karstificación y fisuración.

La karstificación en superficie es muy pronunciada de forma que se infiltra casi el total de la lluvia útil; el hecho de que no existan surgencias importantes corrobora la hipótesis de la conexión hidráulica entre esta unidad y la unidad de Urbeltza situada a cotas inferiores.

Sorprende que no exista un caudal superior en el manantial situado junto a Malaerrega, ya que está 80 m. por debajo del manantial Urbeltza, ello parece ser debido a un umbral impermeable junto al manantial Malaerrega que imponga un divisorio hidrogeológico drenando dicho manantial un sector de 0,5 km<sup>2</sup> de superficie.

Para realizar el balance se ha considerado que el total de la lluvia útil (1.000 mm.) se infiltra siendo por tanto los recursos de la unidad de 5,7 Hm<sup>3</sup>/año, que prácticamente en su totalidad saldrían por el material Urbeltza.

### 9.7. Acuíferos cuaternarios

Los acuíferos cuaternarios de la zona de Elduaen-Gatzelumendi tienen una gran importancia hidrogeológica al contribuir a la recarga y regulación de otras unidades hidrogeológicas.

Las acumulaciones cuaternarias más importantes corresponden a las depresiones de Ainzarga con 0,9 km<sup>2</sup> de superficie, Berástegui con 2,7 km<sup>2</sup> y Elduaen 0,3 km<sup>2</sup>, además existe una cuenca externa impermeable vertiente a Ainzarga y Berástegui de 7,0 km<sup>2</sup>.

Las acumulaciones se han desarrollado en depresiones, en parte Kársticas, sobre materiales jurásicos y cretácicos. Están constituidas por limos, arenas y gravas con predominio de una u otra fracción y con una potencia media de 15 m.

Los materiales cuaternarios están en contacto con la práctica totalidad de las unidades de este

área, a cotas superiores por lo que pueden transferir recursos a cualquiera de ellas.

En conjunto estos materiales forman un acuífero libre, permeable por porosidad intergranular, con un nivel piezométrico elevado, aunque se estima que sufrirá acusadas oscilaciones estacionales.

Se ha considerado una lluvia útil de 1.000 mm. y una infiltración del 60% de ésta, teniendo en cuenta los aportes de cuenca externa se obtienen unos recursos de 6 Hm<sup>3</sup>/año.

La práctica totalidad de los recursos se transfiere en profundidad a la unidad Urbeltza que de esta forma equilibra su balance.

### 9.8. Unidad hidrogeológica de Amasa

Esta unidad se sitúa en la zona de monte Uzturre, está constituida por calizas y dolomías del Jurásico basal con una potencia de unos 100-150 m. que presenta reducciones y duplicaciones por efectos tectónicos.

El sustrato impermeable está formado por margas y arcillas yesíferas y margas arenosas y areniscas triásicas de facies Keuper y Buntsandstein, situándose en el techo materiales margosos del Trias poco permeables.

Estructuralmente forma parte del sinclinal de Uzturre, con suaves buzamientos y afectada por fallas inversas en su límite septentrional, estando la unidad cabalgante sobre materiales paleozóicos.

La unidad tiene una superficie de 3,8 km<sup>2</sup>, con una cuenca externa impermeable de 2,5 km<sup>2</sup>.

Se han inventariado nueve puntos de agua, de los que 7 corresponden a manantiales, 1 sondeo y un pozo, habiéndose realizado un sondeo de investigación durante el estudio.

Excepto el manantial Errotazar situado al Sur de la unidad, el resto de los manantiales se sitúan en el borde NE, a cotas comprendidas entre 65 y 120 m. con caudales del orden de 1 a 20 l/seg.

Con los datos disponibles no se puede conocer la piezometría de la unidad, ya que esta se presenta muy compartimentada.

El funcionamiento hidráulico responde a un esquema de acuífero kárstico permeable por fisuración y karstificación y en alguna medida por porosidad primaria en los tramos basales de carníolas. Se encuentra confinado en gran parte bajo los materiales impermeables de techo.

En general, la unidad se encuentra muy compartimentada con menor conexión hidráulica en el sec-



tor septentrional. El flujo sigue una dirección general Este-Oeste.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 900 mm. y una infiltración del 50%, siendo por tanto el volumen de entradas sobre el material permeable de 1,7 Hm<sup>3</sup>/año.

Los aportes de la cuenca externa se estiman en 0,3 Hm<sup>3</sup>/año, lo que representa un volumen total de recursos de 2,00 Hm<sup>3</sup>/año, las salidas visibles son del orden de 1,5 Hm<sup>3</sup>/año, siendo por tanto las salidas ocultas a través del cuaternario del orden de 0,5 Hm<sup>3</sup>/año.

### 9.9. Unidad hidrogeológica de Guadalupe

Está situada en el tercio inferior de las laderas del monte Uzturre, la superficie de afloramientos permeables es de 3,8 km<sup>2</sup>, siendo la cuenca externa de unos 5 km<sup>2</sup>.

El material permeable está formado por calizas estratificadas del Dogger con una potencia de unos 150 m. El substrato impermeable está constituido por niveles liásicos margosos del techo de la unidad de Amasa; en el techo se sitúan niveles areniscos del Malm, en general impermeables.

Estructuralmente forma parte del sinclinal de Uzturre con las mismas características que la unidad de Amasa.

Únicamente se ha detectado una manantial (Guadalupe o Malaka) relacionado con la unidad, siendo su caudal de estiaje del orden de 15-20 l/seg. y su cota de 100 mm.

Para caracterizar la piezometría únicamente se dispone del manantial antes citado; por consideraciones del balance hidráulico parece que existe una descarga al aluvial del río Berástegui al NE de Ibarra, realizándose el flujo general en sentido Este-Oeste.

El esquema del funcionamiento hidráulico corresponde a un acuífero kárstico, confinado en gran parte, permeable por fisuración y karstificación probablemente muy selectiva.

Para realizar el balance se ha supuesto una lluvia útil de 1.000 mm/año y una infiltración del 50% de la misma, el volumen medio de entradas es por tanto de 1,7 Hm<sup>3</sup>/año. Los aportes de la cuenca exterior se han evaluado en 0,5 Hm<sup>3</sup>/año, siendo por tanto el volumen total de entradas de 2,2 Hm<sup>3</sup>/año.

Las salidas visibles representan un volumen de 1,5 Hm<sup>3</sup>/año, siendo por tanto las salidas no controladas de 0,7 Hm<sup>3</sup>/año.

### 9.10. Unidad hidrogeológica de Pisuaga

Se sitúa a media ladera del monte Uzturre, según una franja paralela a la unidad Guadalupe de la que está separada por niveles areniscos del Malm. La superficie de afloramientos permeables es de 3 km<sup>2</sup> con una cuenca vertiente de 1,5 Km<sup>2</sup>.

Los materiales permeables están constituidos por calizas bioclásticas arenosas estratificadas con una potencia de 200 m., el substrato impermeable está constituido por niveles arenosos del Malm, situándose a techo argilitas y areniscas del Purbeck-Weald.

Al igual que en las dos unidades anteriores, la estructura corresponde a un suave sinclinal, ondulado y afectado por fallas inversas.

Se han detectado dos manantiales relacionados con esta unidad, siendo el caudal de estiaje el más caudaloso de 15-20 l/seg.; además de estos dos manantiales existen salidas difusas.

El esquema de funcionamiento hidráulico corresponde a un acuífero Kárstico permeable por fisuración y karstificación, confinado en gran parte de su extensión.

El flujo subterráneo general se realiza en sentido Este-Oeste, presentando la unidad una escasa potencia de la zona saturada debido a los suaves buzamientos.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 1.000 mm/año y una infiltración del 75% de la misma en terrenos permeables, siendo por tanto el volumen de recursos de 2,0 Hm<sup>3</sup>/año, los aportes de la cuenca externa se estiman en 0,2 Hm<sup>3</sup>/año.

El volumen drenado por las surgencias es de 1,5 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que las salidas difusas se evalúan en 0,8 Hm<sup>3</sup>/año.

### 9.11. Calidad química

Por los análisis químicos realizados las aguas presentan facies bicarbonatadas cálcicas escasa o moderadamente mineralizadas, con excepción de los manantiales situados en zonas cercanas a materiales yesíferos del Keuper como Urbeltza y los manantiales de la unidad de Amasa y de la escama inferior, donde el contenido en sulfatos es elevado, llegando el algún caso a ser aguas sulfatadas cálcicas escasamente mineralizadas.

Para los parámetros analizados las aguas son aptas para el consumo humano a excepción de sus características orgánicas.

## 10. AREA DE OTXABIO

### 10.1. Generalidades

Está situada en el cuadrante suroriental de Guipúzcoa entre el límite provincial con Navarra y las proximidades de Alegría de Oria. (Figura n.º 9).

Los materiales permeables corresponden, en su mayor parte, a calizas recifales masivas, a veces estratificadas, del complejo urgoniano afectados por progresivos o bruscos cambios de facies laterales y verticales hacia materiales de carácter arcilloso o arenoso. Su potencia máxima se estima superior a 900 metros aunque decrece rápidamente hacia el Sureste (cauce del río Araxes) y hacia el Noroeste (regata de Jazkugañe). Intercalado entre las calizas existe un tramo de materiales esencialmente detríticos, constituido por calizas arcillosas, argilitas y areniscas de cemento calizo, correspondientes a un cambio de facies de las calizas, que tiene una potencia variable entre 150 y más de 300 metros.

En el sector Noroccidental de este área existen materiales jurásicos constituidos por un nivel de margas y calizas arcillosas sobre el que reposa un tramo de calizas estratificadas con ocasionales intercalaciones de arcillas y margas, de escasa significación hidrogeológica.

La estructura general del área corresponde a una serie monoclin al ondulado, buzante al Sur, en posición cabalgante sobre los materiales del complejo supraurgoniano.

Por el borde oriental existe una falla de salto en dirección, que sigue en parte el curso del río Araxes que pone en contacto las facies argilíticas y areniscas con las calizas.

El área está atravesada en su sector oriental por el río Araxes y bordeada en su límite meridional por la regata Jaizkugañe, ambos afluentes del río Oria, en cuya cuenca hidrológica queda incluida la totalidad de los materiales.

Topográficamente es una zona accidentada, con fuertes pendientes en sus laderas, cuyas cotas máximas corresponden al monte Otxatio (801 m.) y a la línea de cumbres situada entre él y el monte Añi (648 m.).

La pluviometría media anual del área es del orden de 1.600 mm.

En función de factores estratigráficos, el área se ha subdividido en dos unidades hidrogeológicas, ambas constituidas por calizas urgonianas y separadas por la intercalación detrítica descrita.

### 10.2. Unidad hidrogeológica de Insalus

Está situada entre el monte Otxabio y el límite provincial de Navarra, en cuyo territorio continúa la unidad.

El acuífero está constituido por calizas urgonianas, que presentan una potencia máxima de 900 m. y mínima de 200 m. El substrato impermeable está constituido por calizas arcillosas argilíticas y areniscas del propio complejo Urganiano y las arcillas yesíferas del Trias.

La unidad se encuentra dividida por el río Araxes en dos sectores, el sector de la margen izquierda queda incluido íntegramente en Guipúzcoa, el sector de la margen derecha se prolonga en Navarra.

La superficie de la margen izquierda del río Araxes es de 1,7 km<sup>2</sup>, siendo la superficie de la cuenca externa vertiente a este sector de 1,5 km<sup>2</sup>.

Se han inventariado tres manantiales relacionados con la unidad, que en realidad constituyen un grupo de surgencias, que forman los manantiales de Insalus; se trata de unos manantiales minero-medicales con un caudal medio del conjunto de 25 l/seg. además de estas surgencias existen salidas difusas intermitentes al cauce del río Araxes.

El esquema de funcionamiento hidráulico responde a un acuífero libre kárstico, permeable por fisuración y karstificación.

El río Araxes establece complejas relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas. Aunque no se dispone de datos precisos, parece probable que actúe de elemento de drenaje en aguas altas y en épocas de estiaje recargue en las zonas altas del acuífero imponiendo el nivel de drenaje en las zonas bajas. El flujo general se realiza en sentido Oeste-Este en la margen izquierda y Este-Oeste en la margen derecha.

El balance hídrico se ha establecido para la margen izquierda, ya que la margen derecha incluye amplias zonas de Navarra.

Se ha considerado una lluvia útil de 900 mm/año y una infiltración del 75% de la lluvia útil por lo que el volumen de entradas sería 1,1 Hm<sup>3</sup>/año, los aportes de la cuenca externa al acuífero se han evaluado en 0,3 Hm<sup>3</sup>/año.

La descarga por los manantiales de Insalus es del orden de 0,8 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que las salidas difusas supondrían 0,6 Hm<sup>3</sup>/año, cifra coherente con las características del área.



### 10.3. Unidad de Artarreka

Ocupa la parte meridional de este área, entre las proximidades de Alegría de Oria y el río Araxes en el límite provincial con Navarra.

El acuífero está constituido por calizas urgonianas de una potencia de unos 900 m. en su zona central, que disminuye en los extremos hasta 40 o 50 m. de espesor.

El substrato impermeable está constituido por calizas arcillosas, argilitas y areniscas urgonianas, en el techo se sitúan calizas arcillosas, margas y areniscas del complejo supraurgoniano.

La estructura interna corresponde a una serie monoclinal, buzante al Sur, cortada en su extremo oriental por la falla del Araxes y por el extremo occidental por la superficie del cabalgamiento; en el tercio occidental existe una falla de dirección N-S que divide a la unidad en dos sectores con funcionamiento hidráulico individualizado.

La superficie de la unidad es de 3,6 km<sup>2</sup> de los que 3,2 km<sup>2</sup> pertenecen al sector oriental y 0,4 km<sup>2</sup> pertenecen al occidental, la cuenca exterior que aporta agua a la unidad es de 0,8 km<sup>2</sup> (excluida la cuenca de Jaizkugaña).

Se han inventariado tres manantiales, dos de ellos constituyen un grupo de surgencias próximas situadas en el cauce de la regata Jaizkugaña con un caudal medio de 50 l/seg. y una cota de 200 m. el tercer manantial aparece en la parte central del sector occidental a una cota de 165 m. junto al cauce de Jaizkugaña, siendo intermitente.

Además es muy posible que existan salidas ocul-tas o difusas hacia el río Araxes y la regata Jaizkugaña.

El flujo subterráneo se realiza en sentido Este-Oeste en el sector occidental y Oeste-Este y Este-Oeste en el Sector oriental.

Se trata al igual que la unidad de Insaluz de un acuífero libre kárstico permeable por fisuración y karstificación.

La regata Gaizkugaña, actúa como elemento de recarga en su tramo inicial situado a cotas elevadas e impone el nivel de drenaje a partir de Artarreka.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 700 mm/año y una infiltración del 75% de la lluvia útil sobre materiales permeables y una fracción estimada del 40% para los aportes exteriores; el volumen de entradas es:

#### Sector occidental:

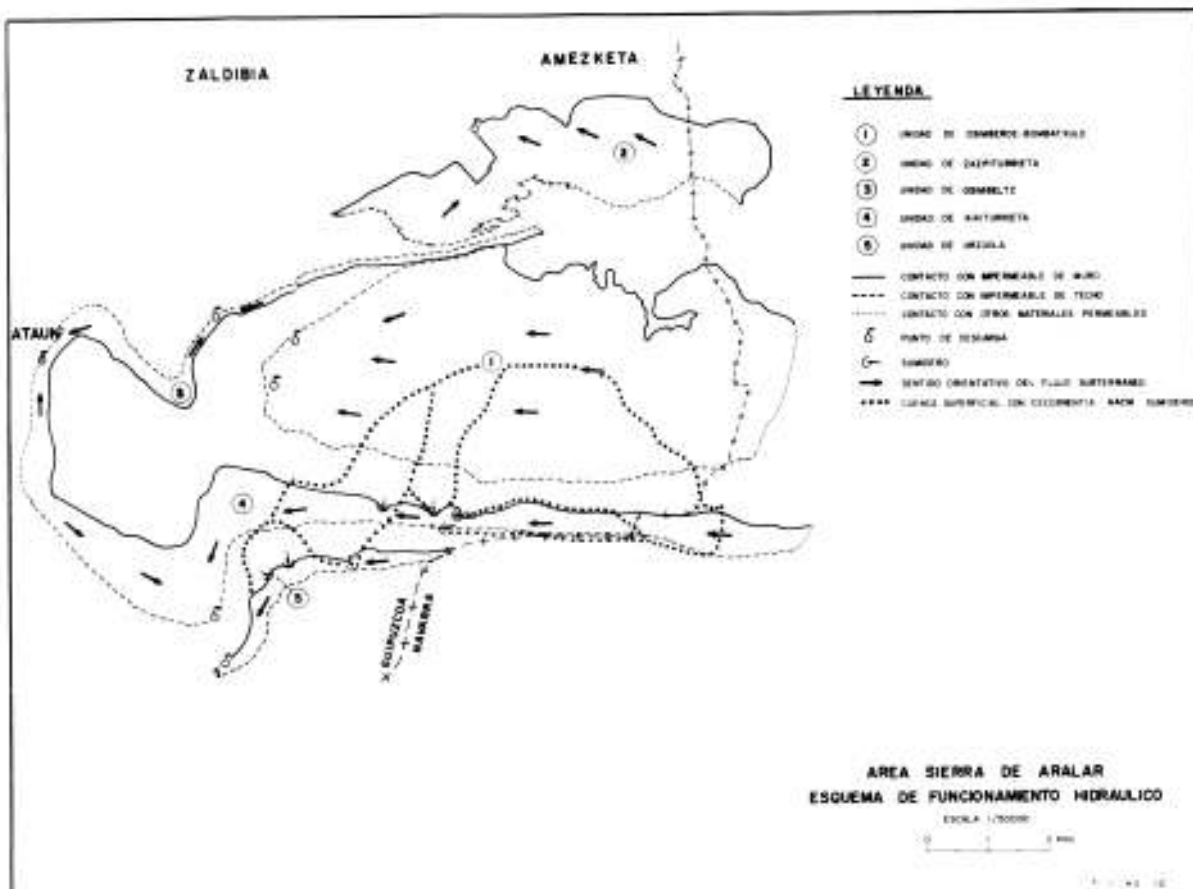
|                                                |                          |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| — Infiltración directa (0,4 km <sup>2</sup> ): | 0,3 Hm <sup>3</sup> /año |
| — Aportes cuenca (0,8 Km <sup>2</sup> ):       | 0,3 Hm <sup>3</sup> /año |
| TOTAL                                          | 0,6 Hm <sup>3</sup> /año |

#### Sector oriental

|                                                |                          |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| — Infiltración directa (3,2 km <sup>2</sup> ): | 2,1 Hm <sup>3</sup> /año |
| — Aporte Jaizkugaña:                           | 0,6 Hm <sup>3</sup> /año |
| TOTAL:                                         | 2,7 Hm <sup>3</sup> /año |

En conjunto el volumen medio anual es de 3,2 Hm<sup>3</sup>/año, siendo este resultado coherente con los datos de descarga existentes.





El sustrato impermeable está constituido por margas y margocalizas Liásicas que afloran en el borde noroccidental de la unidad.

En el resto de la unidad los límites impermeables corresponden al contacto con materiales del Weald y en un pequeño sector por el cabalgamiento de materiales jurásicos. Las cotas de los bordes son variables entre 400 y 1.000 m.

Unicamente el límite oriental no está claramente definido, aunque se ha supuesto próximo al límite provincial con Navarra, donde el Lias margoso aflora formando un umbral que podría constituir la divisoria hidrogeológica con la unidad de Iribas en Navarra. La estructura interna de la unidad consiste en un anticlinal con eje de dirección Este-Oeste cuyo cierre periclinal se sitúa en el borde occidental. Este conjunto se dispone en posición cabalgante, con vergencia Norte, sobre materiales cretácicos del complejo Urgoniano. Todo el conjunto está afectado por fallas normales de dirección predominante NE-SW.

La unidad, así definida, tiene una superficie de afloramiento de 18 km<sup>2</sup>.

### 11.2.1. Puntos de Agua

Se han inventariado 11 puntos de agua que corresponden a dos manantiales, seis sondeos de reconocimiento y tres sondeos de Preexplotación.

Los manantiales inventariados son Osinberde con un caudal medio entre 350 y 400 l/seg., caudal de estiaje de 24 l/seg. y una cota de 470 m., y el manantial de Bombatxulo con un caudal medio de unos 120 l/seg. y una cota de 450 m.

Los sondeos inventariados fueron realizados durante el «Estudio Hidrogeológico del Goierri» por C.G.S. para la Diputación Foral de Guipúzcoa, se ubicaron en los bordes de la unidad para comprobar las características hidráulicas de los materiales. Las profundidades que alcanzaron fueron de unos 300 m. Los resultados fueron negativos, obteniéndose una permeabilidad en el sondeo A-1 de  $10^{-5}$  m/seg.; el caudal máximo obtenido fue de 15 l/seg., siendo dos sondeos surgentes con 1/4 l/seg. y 6 l/seg.

De estos datos se concluye que el nivel con características hidráulicas más interesante para la explotación está constituido por calizas arenosas mi-

croconglomeráticas, que fue cortado por el sondeo de reconocimiento R-6 a 265 m. de profundidad.

### 11.2.2. Piezometría y parámetros hidráulicos

Las cotas de Osinberde 470 m. y Bombatxulo 450 m. así como sus caudales indican una mala conexión de Bombatxulo con el acuífero, probablemente a través de una fractura.

Por otra parte, de las exploraciones de la sima de Ondarre y de las coloraciones efectuadas por la sección de Espeleología de Aranzadi se puede deducir que el gradiente hidráulico entre Ondarre y Osinberde es de 2% y la velocidad de circulación de 7,5 m/hora.

En cuanto a parámetros hidráulicos, en conjunto se trata de materiales poco permeables, circulando el agua a través de grandes fracturas de forma muy localizada a excepción de los niveles calcareníticos y arenosos que presentan una mayor permeabilidad y actúan probablemente como colectores o drenes de los niveles calizos.

### 11.2.3. Funcionamiento hidráulico. Balance

El funcionamiento hidráulico de la unidad responde a un acuífero kárstico, libre en algunos puntos y confinado en otros; la circulación se realiza por grandes conductos, cuyo desarrollo está controlado por factores estructurales y litológicos, en la zona saturada disminuye la karstificación quedando limitada a una red más o menos densa de pequeñas fracturas.

El acuífero tiene una respuesta rápida ante las lluvias, con un poder de regulación prácticamente nulo.

Para realizar el balance se ha considerado una pluviometría de 1.800 mm/año y una lluvia útil de 700 mm/año, lo que supone un volumen medio anual para toda la unidad de 16,2 Hm<sup>3</sup>.

La descarga se produce a través de Osinberde y Bombatxulo. Y supone un volumen de unos 15-16 Hm<sup>3</sup>/año, cifra equivalente a los recursos.

## 11.3. Unidad hidrogeológica de Zazpi-Iturrieta

Es la unidad más septentrional del área, situada al Norte de la anterior y al Sur de Amezketta.

### 11.3.1. Características geométricas

El acuífero está formado por calizas masivas urgonianas correspondientes a un lentejón para-arre-

cifal que constituye el macizo del Txindoki-Artubi, con una potencia máxima de 1.000 m.

Las calizas afloran como un lentejón, estando muy verticalizadas, lo que hace que la base impermeable se deba encontrar a gran profundidad por cambio lateral de facies hacia materiales impermeables.

Los límites norte y oriental se producen en una zona de cabalgamiento, que pone en contacto las calizas urgonianas con las facies arcillosas del Cretácico Superior; el límite Sur está constituido por las facies arcillosas del Weald y las margas de la serie urgoniana. Existen fallas de dirección NNW-SSE que cortan las calizas.

La superficie de la unidad es de 5,5 km<sup>2</sup> con una cuenca externa de unos 3,5 km<sup>2</sup>.

### 11.3.2. Puntos de agua

La descarga de la unidad se realiza en Zazpi-Iturrieta por dos surgencias, con un caudal de estiaje de 50 l/seg. y a una cota de 325 m., otra parte de la descarga se produce en la regata Aritzaga, donde existen pequeños manantiales estacionales.

### 11.3.3. Piezometría

Por no existir apenas datos solamente se puede afirmar que el flujo se produce en sentido convergente hacia Zazpi-Iturrieta, posiblemente con un fuerte gradiente por grandes conductos.

### 11.3.4. Funcionamiento hidráulico. Balance

El acuífero responde a un esquema de tipo kárstico libre, produciéndose la circulación por grandes conductos y por pequeñas redes intercomunicadas.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 900 mm/año, una infiltración del 100% de ésta sobre materiales permeables y de un 75% de los aportes externos, discurriendo el 25% restantes por la regata Aritzaga.

Con estos datos se obtienen 5,0 Hm<sup>3</sup>/año de recursos por infiltración directa y 2,4 Hm<sup>3</sup>/año por aportes externos, siendo el total de los recursos de 7,4 Hm<sup>3</sup>/año. La descarga por Zazpi-Iturrieta supone unos 5 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que si se admiten las cifras de entradas a la unidad, las descargas a través de la regata Aritzaga es del orden de 2,4 Hm<sup>3</sup>/año.

AREA SIERRA DE ARALAR

| UNIDAD          | Superficie (Km <sup>2</sup> ) |                   | Entradas (Hm <sup>3</sup> /año) |                   |       | Salidas (Hm <sup>3</sup> /año) |       | Recursos (Hm <sup>3</sup> /año) |         |          | OBSERVACIONES                                                              |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------------------|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------|
|                 | Flora-<br>miento              | Cuenca<br>externa | Infiltr.<br>directa             | Aportes<br>cuenca | Otras | Surgen-<br>cia                 | Otras | Totales                         | Utiliz. | No util. |                                                                            |
| OXIMBERDE       | 18                            | -                 | 16,2                            | -                 | -     | 16                             | -     | 16,2                            | 14      | 2,2      | Las recursos no utiliza-<br>dos corresponden al re-<br>bosadero del canal. |
| ZASPI-ITURRIETA | 5,5                           | 3,5               | 5,0                             | 2,4               | -     | 5                              | 2,4   | 7,4                             | 0,4     | 7,0      |                                                                            |
| OSINBELTZ       | 0,5                           | 0,5               | 0,45                            | 0,45              | -     | 0,5                            | 0,4   | 0,9                             | 0,5     | 0,4      |                                                                            |
| AIAIRIRRIETA    | 4                             | 2                 | 3,6                             | 1,8               | -     | ~5                             | -     | 5,4                             | 0,4     | 5,0      |                                                                            |
| URZULOA         | 1                             | 0,8               | 0,9                             | 0,5               | -     | ~1                             | -     | 1,4                             | -       | 1,4      |                                                                            |
| TOTALES         |                               |                   |                                 |                   |       |                                |       | 31,3                            | 15,3    | 16,0     |                                                                            |

**11.4. Unidad Hidrogeológica de Osinbeltz**

Esta unidad se sitúa en el monte Auza-Gaztelu, está formada por calizas Urganianas con una potencia de 50-100 m. separadas de las unidades de Osinberde y Zazpi-Iturrieta por tramos margosos o limolíticos impermeables.

En el muro se sitúan tramos impermeables del Weald y en el techo tramos margosos del complejo Urganiano.

**11.5. Unidad hidrogeológica de Aia-Iturrieta**

Está formada por la misma barra de caliza de Osinbeltz en la zona comprendida entre Ormazarreta y Aia-Iturrieta.

Se trata de una barra caliza de unos 100 m. de espesor muy karstificada en superficie, con rumbo E-W, buzando al Sur casi vertical; en la parte Oeste se repliega y forma el domo de Ataun.

El techo del acuífero está formado por materiales margosos del Urganiano, teniendo como muro materiales arcilloso-arenosos del Weald.

La superficie de materiales permeables es de 4 km<sup>2</sup>, mientras que la cuenca externa es de 2 km<sup>2</sup>.

La descarga de la unidad se produce por el manantial Aia-Iturrieta que presenta oscilaciones de caudal entre 5 y 500 l/seg.

Existen en la unidad dos sondeos realizados por el I.G.M.E. con caudales de 14 l/seg. y 10 l/seg.

Por los datos existentes el gradiente hidráulico es del 1% y las permeabilizaciones obtenidas en los dos sondeos son de  $3 \cdot 10^{-2}$  m/día y 1,2 m/día.

El esquema de funcionamiento hidráulico es similar a la unidad de Osinbeltz, con la karstificación desarrollada en grandes conductos preferenciales, lo que provoca una respuesta casi instantánea a las precipitaciones.

Supuesta una lluvia útil de 900 mm/año los aportes por infiltración directa son de 3,6 Hm<sup>3</sup>/año, los

aportes de la cuenca externa 1,8 Hm<sup>3</sup>/año, con lo que los recursos totales son 5,4 Hm<sup>3</sup>/año.

Las salidas por Aia-Iturrieta suponen 5 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que las salidas ocasionales en épocas lluviosas suponen 0,4 Hm<sup>3</sup>/año.

**11.6. Unidad hidrogeológica de Urzuloa**

Se trata de una barra de calizas Urganianas de una potencia de unos 200 m. que disminuye en los extremos por cambios de facies, situada al Sur de la unidad de Aia-Iturrieta y separada de ésta por materiales impermeables del propio complejo Urganiano.

La superficie de la unidad es de 1 km<sup>2</sup> y la cuenca externa vertiente de 0,8 km<sup>2</sup>.

Únicamente existe un manantial importante relacionado con esta unidad: Urzuloa, con un caudal medio de 30-35 l/seg., a una cota de 500 m.

El esquema de funcionamiento hidráulico responde a un acuífero kárstico libre, en el que la circulación se realiza por grandes conductos y donde la red de fisuras en la zona saturada está muy poco desarrollada.

Para realizar el balance se ha considerado una lluvia útil de 900 mm/año y una infiltración del 70% de ésta, ya que existe escorrentía superficial en épocas lluviosas; siendo las entradas exteriores de 0,5 Hm<sup>3</sup>/año, los recursos totales son 1,4 Hm<sup>3</sup>/año.

Las salidas por Urzuloa suponen 1,0 Hm<sup>3</sup>, por lo que las salidas difusas pueden representar 0,4 Hm<sup>3</sup>/año.

Estructuralmente forma parte del flanco septentrional del anticlinal de Aralar, con estratificación casi vertical. La unidad tiene 0,5 km<sup>2</sup> de superficie con una cuenca vertiente de 0,5 km<sup>2</sup>.

La descarga de la unidad se produce por Osinbeltz situado a 380 m. de cota, con un caudal medio de 10-15 l/seg. Además existen pequeñas surgencias intermitentes en el límite septentrional de la unidad.





el techo de la serie, los tramos areniscosos son predominantes, así como en los sectores orientales (San Sebastián-Fuenterrabía) donde los tramos margosos intercalados son muy poco significativos o incluso están ausentes.

Estructuralmente estos materiales forman una serie monoclin, coincidiendo las direcciones locales de estratificación con la orientación general del área (NE-SW) y buzamiento al N, a excepción de la zona sur de Guetaria, donde la serie, en superficie, se encuentra invertida con buzamientos hacia el Sur.

El área está afectada por fallas normales transversales a la serie.

Topográficamente el área es abrupta con cotas variables entre el nivel del mar en el límite norte y del orden de 400-500 metros en los puntos más elevados. Los vértices de mayor cota corresponden a Jaizkibel (547) y Mendizorrotz (416).

Los valores de pluviometría media anual aumentan notablemente hacia el Este del área, oscilando alrededor de los 1.300 mm. en la parte occidental, 1.500 mm. en el centro y 1.700 mm. en la zona oriental.

El área que está incluida entre los ríos Urola y Bidasoa, es atravesada por el Oria y Urumea, que dividen el área en 3 sectores que se han individualizado para su descripción.

## 12.2. Sector Zumaia-Orio

Está constituido por una serie fundamentalmente detrítica en la que se puede diferenciar: un tramo basal de margas rojas del Maestrichtiense Danés, que es impermeable salvo en el extremo oriental donde afloran unas areniscas calcáreas karstificadas de 500 m., de potencia.

Hacia el techo existe un tramo margoso de 400 m. de potencia que evoluciona de forma gradual a una alternancia de margas y areniscas de 300 m. de potencia, para acabar la serie con areniscas calcáreas bien estratificadas.

La superficie total de materiales permeables es de unos 6 km<sup>2</sup>.

Se han inventariado 16 puntos de agua relacionados con este sector de los que 2 son manantiales y 14 sondeos, siendo en general los caudales inferiores a 1 l/seg.

Asimismo, parece muy probable la existencia de una surgencia submarina próxima a la costa en la perpendicular a San Prudencio.

## 12.3. Sector Orio-San Sebastián

Ocupa la parte central del área, con una longitud de unos 13 km. por 2 km. de ancho, siendo la superficie de los materiales permeables de 7 km<sup>2</sup>.

La litología es fundamentalmente areniscosa, siendo los tramos más duros de flysch terciario.

Se han inventariado diez manantiales en este sector, con cotas muy variables y caudales comprendidos entre 0,3 y 3 l/seg. sin grandes variaciones de caudal.

## 12.4. Sector San Sebastián-Fuenterrabía

Este sector se puede dividir en dos zonas. La zona occidental entre San Sebastián y el puerto de Pasajes tiene una superficie de 6 km<sup>2</sup> y está constituida por una alternancia de margas y areniscas, que evolucionan hacia el Oeste a un neto predominio de areniscas.

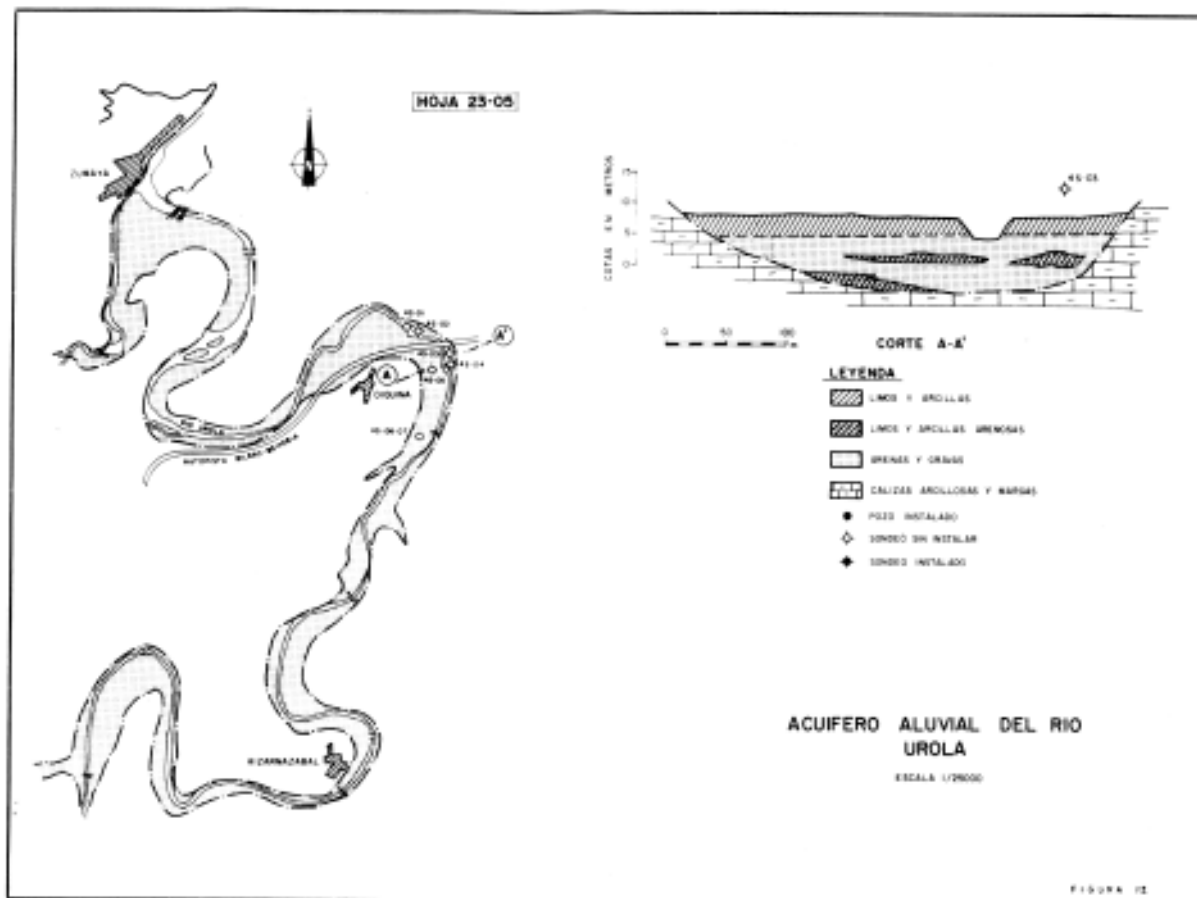
En la zona oriental, entre Pasajes y Fuenterrabía, las areniscas son predominantes, la extensión de esta zona es de 26 km<sup>2</sup> con cotas que van desde el nivel del mar a los 547 m. del monte Jaizkibel.

Se han inventariado 8 puntos de agua, de los que 7 son manantiales y una galería, siendo las cotas variables entre 25 y 250 m. y los caudales relativamente importantes, ya que alcanzan los 20 l/seg. en algunos casos con pocas variaciones estacionales.

## 12.5. Calidad del agua

En todos los casos el agua analizada es de facies bicarbonatada cálcica, moderadamente mine-

| UNIDAD                                  | CADENA       |                | COSTERA          |                |       | Salidas (Hm3/añ) |         | Recursos (Hm3/año) |         |          | OBSERVACIONES |
|-----------------------------------------|--------------|----------------|------------------|----------------|-------|------------------|---------|--------------------|---------|----------|---------------|
|                                         | Afloramiento | Cuenca externa | Infiltr. directa | Aportes cuenca | Otras | Surgenc.         | Gracias | Totales            | Utiliz. | No util. |               |
| SECTOR OCCIDENTAL (Zumaya-Orio)         | 6            |                | 0,75             |                |       | 0,4              | 0,35    | 0,75               | 0,4     | 0,35     |               |
| SECTOR CENTRAL (Orio-San Sebastián)     | 7            |                | 0,9              |                |       | 0,6              | 0,3     | 0,9                | 0,6     | 0,3      |               |
| SECTOR ORIENTAL (San Sebastián-Pajajes) | 6            |                | 1,1              |                |       | -                | 1,1     | 1,1                | -       | 1,1      |               |
| SECTOR ORIENTAL (Pasajes-Fuenterrabía)  | 26           |                | 5,0              |                |       | 3,5              | 1,5     | 5,1                | 3,5     | 1,5      |               |
|                                         |              |                |                  |                |       | TOTALES          |         | 7,75               | 4,5     | 3,25     |               |



ralizada, con una cantidad de sólidos disueltos de 200 a 500 mg/l.

Se han detectado en algunos casos concentraciones de Fe y Mn elevadas, que sobrepasan ampliamente los límites máximos tolerados por la legislación actual.

Los manantiales situados junto a la regata Alt-xerri en Orio presentan un elevado contenido en sales debido a la contaminación marina.

## 12.6. Funcionamiento hidráulico. Balance

Se trata de un acuífero permeable por porosidad y fracturación, de funcionamiento complejo, libre en general con posibilidad de confinamiento en zonas localizadas.

La permeabilidad del conjunto es moderada a baja, no existiendo un nivel piezométrico continuo. Las cotas de los manantiales son muy variables y éstos están controlados por fracturas y por planos de estratificación.

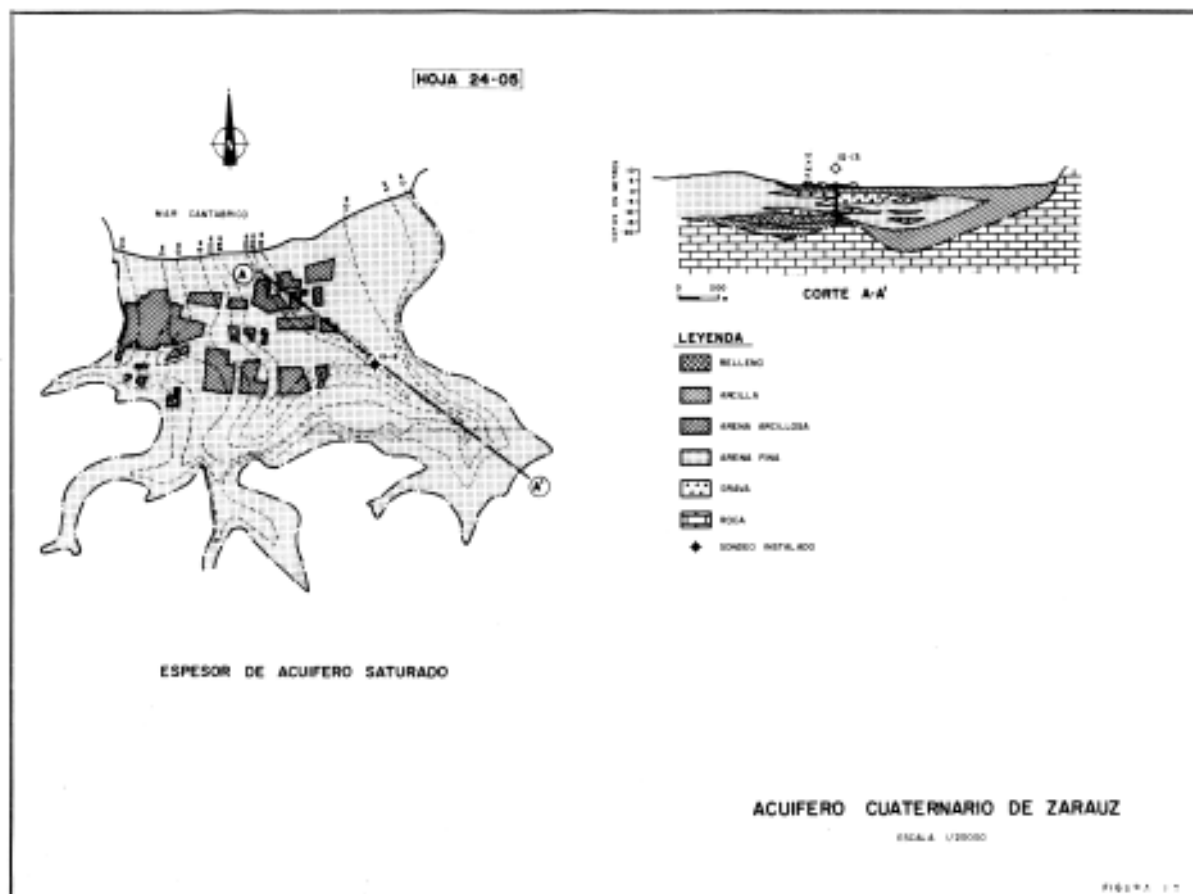
En todo el conjunto de materiales las zonas más permeables corresponden al sector oriental y localmente a las calizas del alto Orio.

La alimentación procede de la infiltración directa de las precipitaciones y de los aportes de la cuenca externa.

La precipitación media anual varía de unos puntos a otros, desde 1.300 mm/año en el sector occidental hasta 1.700 mm/año en el oriental; la evapotranspiración real calculada es del orden de 500 a 600 mm/año en el sector oriental y de unos 800 mm/año en el occidental.

Para realizar el balance se han supuesto unos módulos de infiltración, cuyo valor se ha estimado en función de la precipitación, litología y topografía después de sucesivos tanteos, de consultar bibliografía y de la experiencia en zonas similares, siendo los valores estimados de 4 l/seg/km<sup>2</sup> en el sector oriental y de 6 l/seg/km<sup>2</sup> en el occidental.

Con estos valores las entradas anuales son de 7,75 Hm<sup>3</sup>/año, siendo las salidas controladas del orden de 4,5 Hm<sup>3</sup>/año, luego las salidas difusas al



cauce de las regatas o al mar suponen 3,25 Hm<sup>3</sup>/año.

### 13. ACUIFEROS CUATERNARIOS

#### 13.1. Generalidades

Los materiales cuaternarios con entidad suficiente para constituir acuíferos explotables se localizan preferentemente en la franja costera, en relación con los ríos más importantes de la provincia.

Están constituidos por materiales detríticos, arcillas, limos, arenas y gravas, con mezclas de ambos componentes y con frecuentes cambios de facies entre sí.

Los espesores son relativamente importantes ya que en ocasiones superan los 50 metros, pero decrecen con relativa rapidez hacia las zonas interiores. La disminución de potencia va acompañada de reducción en la extensión superficial de materiales.

En general se trata de acuíferos instaurados en zonas de muy escasa pendiente a una cota topográfica próxima al nivel del mar, lo que favorece la invasión del agua marina durante las mareas.

Todas estas circunstancias reducen el interés de los acuíferos cuaternarios a sectores concretos si-

tuados entre el límite de influencia de mareas y las zonas donde el desarrollo de los materiales (por espesor o extensión) es muy reducido.

Los principales acuíferos se localizan en las siguientes zonas:

- Río Urola.
- Depresión de Zarautz.
- Río Urumea.
- Río Bidasoa.

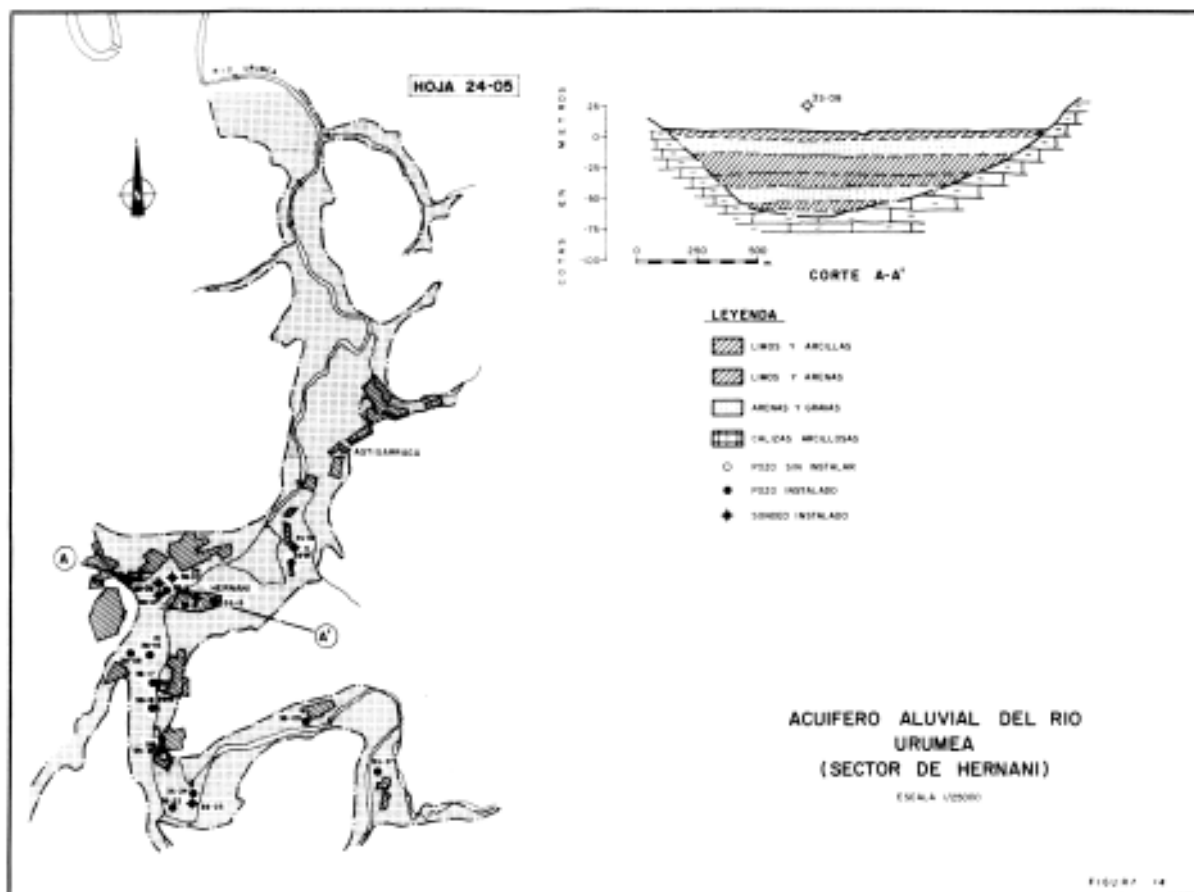
Además hay que destacar los materiales cuaternarios que recubren depresiones kársticas o están en relación con otras unidades permeables, los cuales han sido descritos en otros apartados:

- Depresión de Berástegui.
- Depresión de Vidania-Albiztur
- Depresión de Aizarna.

Menor importancia, pero con posibilidades de resolver algún problema puntual, presentan los aluviales del Río Oria y afluentes y del Río Oyarzun.

#### 13.2. Acuífero aluvial del río Urola

Los materiales cuaternarios del río Urola adquieren un desarrollo importante entre Aizarnazabal y la desembocadura en Zumaia (Figura n.º 12).



La anchura del aluvial llega a alcanzar un valor de 400 m., siendo el espesor máximo comprobado de 20 m.

La naturaleza de los materiales es detrítica, constituidos por arcillas, limos, arenas y gravas, con numerosos cambios de facies; el substrato rocoso está formado por materiales cretácidos y terciarios de baja permeabilidad.

Se han inventariado 7 puntos de agua de los que 4 son sondeos y 3 pozos, siendo los caudales más importantes los utilizados para abastecimiento a Zumaya, que bombea unos 15 l/seg.

El nivel piezométrico se sitúa en general a 3 m. de profundidad; el único dato disponible de transmisividad es de  $T = 170 \text{ m}^2/\text{día}$ , lo que indica una permeabilidad media.

El agua tiene una facies bicarbonatada cálcica escasamente mineralizada, con un contenido elevado en Fe y Mn.

Se trata de un acuífero de permeabilidad intergranular, libre y afectado por una acusada anisotropía, proviniendo la alimentación de la infiltración del agua del río Urola.

### 13.3. Acuífero cuaternario de Zarauz

La depresión de Zarauz tiene una superficie de unos dos kilómetros cuadrados, rellena de materiales cuaternarios de naturaleza detrítica, constituidos por arcillas, limos, arenas y gravas o mezclas de ambos, con una potencia máxima de unos 25 m. (Figura 13).

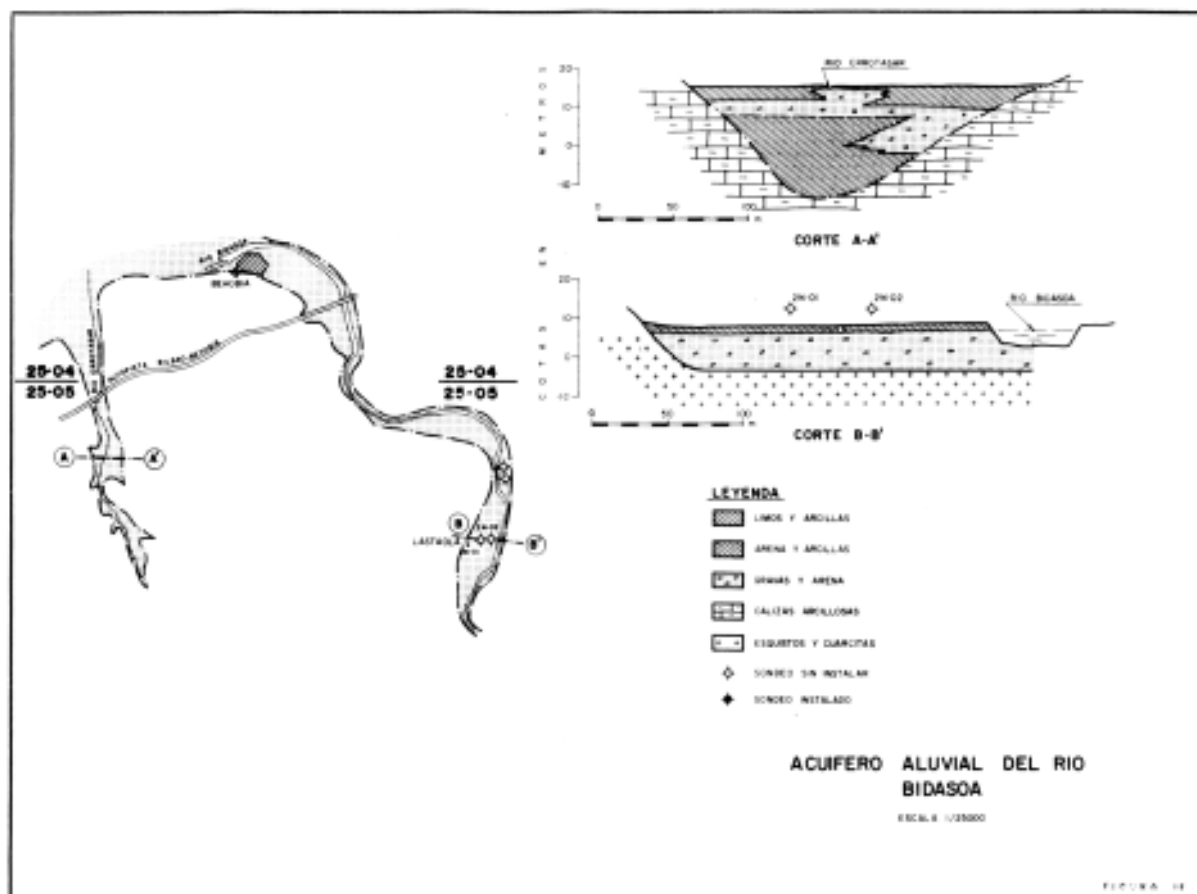
Sólo se ha inventariado un punto de agua, se trata de un sondeo de 24 m. con un caudal de 6 l/seg.

El nivel piezométrico se encuentra próximo a la superficie, lo que favorece la inundación de algunos sectores en época de pluviometría elevada.

La transmisividad calculada en el sondeo es del orden de 68 a  $100 \text{ m}^2/\text{día}$ . La composición del agua es bicarbonatada cálcica que pasa a bicarbonatada-clorurada sódico-cálcica a medida que se bombea, el contenido en Hierro y Manganeseo es elevado.

Es un acuífero libre, permeable por porosidad intergranular y afectado de acusada anisotropía.

La alimentación procede de la infiltración del agua de lluvia y de la escorrentía de las laderas, siendo el volumen medio de entradas del orden de  $0,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$ , las salidas se producen directamente al mar.



### 13.4. Acuífero aluvial del río Urumea

El río Urumea presenta importantes acumulaciones aluviales desde el barrio de Epele hasta su desembocadura en San Sebastián (Figura n.º 14).

La sección media es de 500 m. pudiendo alcanzar los 1.500 en algún punto, siendo la potencia máxima de 70 m. a la altura de Hernani y de San Sebastián.

Los materiales están constituidos por arcillas y limos alternantes con arenas y gravas, existiendo al menos tres niveles de granulometría gruesa separados por niveles arcillosos y limosos impermeables. El substrato rocoso está formado por calizas y margas cretácicas y por el flysch cretácico y terciario.

Se han inventariado 17 pozos y 7 sondeos con caudales variables entre algún litro y 50 l/seg.

El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica, con variaciones según la pluviometría.

La facies química es bicarbonatada cálcica moderadamente mineralizada; son aguas químicamente potables al menos en los parámetros analizados, a excepción de una muestra que presenta un eleva-

do contenido en Fe, el contenido en Nitratos también es elevado.

El esquema de funcionamiento es libre con permeabilidad por porosidad intergranular, pudiendo estar confinado en los niveles más profundos.

La alimentación procede del río Urumea que podría proporcionar un elevado caudal según las condiciones hidráulicas del acuífero.

Las salidas por bombeos de pozos y sondeos suponen unos 12 Hm<sup>3</sup>/año.

Por sus características es un acuífero muy vulnerable a la contaminación.

### 13.5. Acuífero aluvial del río Bidasoa

Los depósitos aluviales adquieren un desarrollo relativamente importante en la zona de Irún.

Los materiales están constituidos por arcillas, limos, arenas y gravas con frecuentes cambios y mezclas entre ambos, siendo la potencia máxima detectada de 25 m. (Figura n.º 15).

Las zonas más favorables se encuentran en la terraza del río Lastaola y Errotazar, así como en un sondeo junto a la fábrica Montero de Irún.

Se han inventariado tres sondeos, disponiendo de información de otros tres pozos situados junto a Biriattou, que abastecen a Hendaya y San Juan de Luz.

El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie, siendo la transmisividad del orden de 900 a 2.000 m<sup>2</sup>/día.

Según los análisis de los pozos franceses el agua es bicarbonatada cálcica muy escasamente mineralizada, pudiendo ser elevadas las concentraciones de Fe y Mn.

El esquema de funcionamiento hidráulico es de un acuífero libre permeable por porosidad intergranular, pudiendo proporcionar un elevado caudal si se produce un bombeo por aportes del río.

La alimentación procede de la infiltración del agua de lluvia y principalmente por recarga del río.

#### 14. OTROS ACUIFEROS

Con esta denominación se incluye una serie de unidades de dimensiones reducidas y de escaso potencial hidrogeológico, pero que en algún caso particular pueden resultar de interés para resolver algún problema de abastecimiento, p.e., en estiaje.

En líneas generales podemos citar unidades comprendidas en las zonas de Mutiloa, Zona de Beasain, Aya, Zona de Oyarzun y materiales de facies flysch.

**Mutiloa.**— Se trata de un pequeño acuífero instalado en calizas de facies urgoniana mineralizada que por necesidades de explotación de la Mina de la Troya ha sido investigado exhaustivamente con el fin de conocer sus características para prever su incidencia en la explotación.

El acuífero presenta una geometría tabular con un espesor del orden de 200 m. de calizas urgonianas, con una karstificación importante. El acuífero aflora al Sur del yacimiento alrededor de 1 km<sup>2</sup> y es allí donde el acuífero es libre y se produce la recarga por infiltración directa del agua de lluvia, así como de la escorrentía superficial que se infiltra en las calizas. En el sector de futura explotación minera, el acuífero está confinado a techo y muro por materiales impermeables urgonianos de naturaleza margosa-arenosa.

El sistema acuífero, a consecuencia de la estructura diapírica existente, se interrumpe al Este por una falla de dirección N-S, mientras que otra falla o umbral elevado cierra por el Sur el sistema acuífero. Al Norte y al Este, el acuífero se hunde suavemente bajo terrenos más recientes.

La recarga se ha estimado en unos 45 l/s. con un volumen de reservas de 15 Hm<sup>3</sup>.

Existen en total cinco sondeos instalados en el acuífero, uno de ellos surgente. Todos ellos acusan perfectamente la incidencia de los períodos lluviosos y la descarga del acuífero motivada por el bombeo de una rampa de entrada a la mina. En general las pruebas de bombeo realizadas indican una conductividad hidráulica muy elevada con transmisividades del orden de 100 a 300 m<sup>2</sup>/día y coeficientes de almacenamiento de  $8 \times 10^{-4}$ .

El análisis de los diagramas de los bombeos confirman la presencia de barreras y el vaciado del acuífero con descensos casi lineales con el tiempo.

En la actualidad, el acuífero no tiene salidas naturales, ya que la principal, la Mina Vieja, se ha visto afectada por el desagüe desde la rampa. Otra salida es por el sondeo artesiano.

Las aguas del acuífero son bicarbonatadas cálcicas con contenidos más bien altos de magnesio, hierro y sulfatos, probablemente ligados a la existencia de mineralizaciones de pirita. La temperatura de las aguas en el acuífero es más bien alta, del orden de 21 grados, que indica cierto termalismo y probablemente alguna conexión con aguas profundas.

**Zona de Beasain.**— La zona de Beasain-Ormaiztegui está ocupada en superficie por margas y calizas arcillosas de carácter básicamente impermeable. Una serie de prospecciones realizadas recientemente mediante sondeos a rotoperusión ha dado lugar a la localización de calizas acuíferas en profundidad en dos sondeos, uno emplazado inmediatamente al Oeste del casco urbano de Ormaiztegui y otro en las proximidades de Beasain.

En ambos los datos de pruebas de bombeo realizadas indican transmisividades parecidas a las de las calizas de Mutiloa, con déficits de recuperación indicando un efecto de vaciado. Estos acuíferos parecen ser confinados y con recarga muy limitada al no aflorar los materiales permeables. Sin embargo podrían presentar interés como depósitos naturales, que pudieran suministrar agua en períodos de fuerte estiaje dependiendo del volumen de reservas. La recarga podría, en el caso más desfavorable, incrementarse induciéndola artificialmente, p.e. inyectando agua en períodos de exceso de agua.

**Zona de Aya.**— Se trata del borde del manto de corrimiento de Aya en el que se encuentran calizas jurásicas y urgonianas muy compartimentadas que constituyen pequeños acuíferos limitados por el sustrato impermeable sobre el que se apoya el manto. El plano de corrimiento es horizontal. Los manantiales sufren fuertes oscilaciones, llegando la mayoría a secarse en estiaje, siendo caudalosos en épocas lluviosas. La propia geometría de los acuíferos no fa-



vorece la existencia de reservas y la capacidad de regulación de los mismos es muy pequeña.

**Zona de Oyarzun.**— En la zona de Oyarzun se encuentran algunos retazos de calizas jurásicas de dimensiones que no llegan al kilómetros cuadrado, con potencial hidrogeológico escaso. Existe un pequeño manantial minero-medicinal, el manantial de Errota-Berri, de Carbónica Santa Clara, con un caudal de algunos litros minuto, ligado a un pequeño macizo de rocas volcánicas de tipo ofita.

**Materiales de facies flysch.**— En los materiales de facies flysch es frecuente la presencia de capas de caliza arenosa meteorizadas y karstificadas hasta algunos metros de profundidad que dan lugar a pequeños manantiales en la base de las capas permeables, que en la mayoría de los casos se secan en estiaje. En general no constituyen acuíferos de interés por su escaso rendimiento.

En los cuadros 1 y 2, se resumen los recursos de las distintas áreas.

## 15. CALIDAD DEL AGUA

Para la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas se han recopilado unos 250 análisis de diversa procedencia, de los cuales 115 se han realizado en el curso del presente Estudio.

Gran parte de los análisis disponibles corresponden a muestras de puntos de agua de pequeño caudal, no incluidas en las áreas hidrogeológicas consideradas, y otra parte de los análisis son incompletos debido a que su finalidad estuvo orientada a la caracterización de potabilidad de las aguas.

Todo ello limita el estudio hidroquímico en el sentido de dificultar el análisis de la evolución de la calidad, aunque sea posible apuntar sus tendencias probables con los datos existentes.

La representación gráfica de los resultados analíticos en diagramas de Stiff y su inclusión en el mapa hidrogeológico sintético, proporciona una visión general sobre las facies hidroquímicas y su distribución espacial (figura n.º 16).

El factor determinante de la composición química de las aguas es la naturaleza litológica de los acuíferos y las características químicas de las aguas infiltradas en los mismos.

A continuación se describen las principales conclusiones establecidas para los distintos tipos de acuíferos:

**Acuíferos kársticos.**— La mayor parte de las aguas analizadas presenta facies bicarbonatada cálcica, como corresponde a la naturaleza litológica de

los acuíferos. Ocasionalmente se presentan facies bicarbonatadas calcido-magnésicas que deben estar en relación con la presencia de materiales dolomíticos.

Aunque estas facies son las dominantes, se observan algunos puntos con aguas sulfatadas cálcicas y calcico-magnésicas, y en menor proporción sulfatadas-bicarbonatadas calcico-magnésicas. Estos puntos corresponden a unidades o sectores cuyo sustrato impermeable está constituido por arcillas yesíferas del Trias que aflora en general, en las zonas de surgencia.

Un ejemplo de este hecho se observa en la unidad de Urbeltza (área Tolosa Oriental) donde el manantial que da nombre a la unidad presenta una facies sulfatada cálcica con contenido salino relativamente alto (910 mg/l.) mientras que el manantial de Galitzi, situado en sus proximidades, presenta una facies bicarbonatada cálcica, escasamente mineralizada (138 mg/l.). En ambos casos, el sustrato impermeable está constituido por materiales triásicos, pero en el entorno de Galitzi predominan las masas ofíticas de baja solubilidad.

Al menos en un caso, la concentración de sulfatos y magnesio se debe a aportes de aguas concentradas en estos elementos, procedentes de la cuenca vertiente. Tal es el caso del manantial de Salubita en el área Tolosa Occidental, que presenta un contenido anormalmente alto en sulfatos y que proceden de aportes del manantial de Igarán cuyas aguas se infiltran en la unidad de Salubita.

La salinidad es muy moderada en estos acuíferos. El total de sólidos disueltos es variable entre 100 y 600 mg/l. con valores puntuales algo mayores, que pueden sobrepasar, en ocasiones, 1.000 mg/l.

De acuerdo con sus parámetros químicos, la totalidad de las aguas son aptas para consumo humano.

Únicamente en los sondeos realizados se observa una concentración muy elevada de Fe y Mn, que sobrepasa los límites tolerables. Este hecho se estima en relación con los aportes de arcillas, ricas en estos elementos, a las obras de captación. El desarrollo y limpieza de los sondeos reducirá, probablemente, los contenidos de Fe y Mn hasta los niveles normales.

**Acuíferos en materiales detríticos consolidados (Cadena Costera).**— Presentan aguas con facies bicarbonatadas-cloruradas cálcicas, escasa o moderadamente mineralizadas (sólidos disueltos entre 70 y 500 mg/l.). El contenido dominante en bicarbonatos está en relación con la naturaleza de los materiales, constituidos por areniscas calcáreas mayori-



tariamente. Los cloruros se estima que proceden de las aguas de precipitación cuyo contenido, en las proximidades del mar, debe ser relativamente elevado.

La concentración de Fe y Mn puede llegar, en ocasiones, a ser relativamente alta debido a la extraordinaria movilidad de estos elementos, que pueden disolverse y concentrarse a partir de los contenidos dispersos en el acuífero.

Salvo en casos puntuales, donde el Fe y Mn pueden sobrepasar los límites tolerables, estas aguas son aptas para el consumo humano.

**Acuíferos detríticos no consolidados (Cuaternarios).—** Presentan gran variabilidad de facies tanto espacial como temporalmente, ya que la composición depende no sólo de la litología del acuífero sino también de la composición de las aguas superficiales que lo recargan.

En general, las aguas son de facies bicarbonatadas sulfatadas cálcico magnésicas o bien bicarbonatadas cloruradas cálcico-sódicas. El sondeo San Pelayo en Zarautz presenta una facies bicarbonatada clorurada sódico-cálcica, con una concentración salina elevada (1.512 mg/l.).

Dentro de un mismo acuífero existen notables diferencias en la composición de las aguas, que no guardan relación con la profundidad de las captaciones. Probablemente estas diferencias pueden obedecer a variaciones locales en la composición litológica de los materiales o bien a zonas de distinta permeabilidad que influirían en las posibilidades de

mezcla de aguas procedentes de la recarga inducida en los cauces.

El contenido en Fe y Mn suele ser relativamente elevado, llegando a alcanzar en ocasiones valores críticos a efectos de potabilidad. Salvo ello las aguas son, desde el punto de vista químico, aptas para consumo humano.

## 16. TERMALISMO

Durante el inventario realizado se han localizado algunos puntos de agua cuya temperatura supera la media general de las aguas subterráneas de la provincia que tienen valores entre 10 y 15°C.

En general las anomalías termométricas se sitúan entre 18 y 21°C, salvo en los casos de Alzola y Legorreta cuyas temperaturas son de 28,4 y 33,4°C, respectivamente.

Las facies químicas son bicarbonatadas cálcicas o sulfatadas sódicas con valores de sólidos disueltos reducidos (entre 345 y 993 mg/l.).

Las anomalías térmicas están en relación con circulación profunda (si se admite la existencia de un gradiente geotérmico normal) realizada a favor de fracturas importantes, algunas de ellas patentes en los puntos inventariados.

El punto de mayor temperatura corresponde al sondeo Legorreta, con una profundidad total de 1.200 metros, que detectó un nivel de calizas, posiblemente urgonianas, a 1.070 m. de profundidad.

## BIBLIOGRAFIA

ANTIGUEDAD, I.; ERASO, A.; CRUZ SAN JULIAN, J.

Análisis e interpretación de las curvas correspondientes a dos surgencias kársticas en la provincia de Bizkaia. / *Congreso Español de Geología*. Tomo IV p.p. 17-29.

ADAN DE YARZA, A.

1884. Descripción física y geológica de la provincia de Guipúzcoa. *Memoria Comisión del Mapa Gral. de España*. 175 p

C.A.D.E.M.

1984. *Estudio Hidrogeológico del área Aitzgorri-Amboto*. (Inédito).

CAMPOS, JUAN

1979. Estudio Geológico del Pirineo Vasco al W. del río Bidasoa, *Munibe*. Año 31, 1979. Fasc. 1-2 p.p. 3-139.

CRUZ SAN JULIAN, J. y SAENZ DE ETXENIQUE.

1980. Consideraciones preliminares sobre la hidrogeología del karst de Itxina. Estimaciones del coeficiente de infiltración y Evaporación real. *Estudios Geológicos* 36, p.p. 281-287. Madrid.

DIPUTACION FORAL DE GUIPUZCOA C.G.S.

1983. *Estudio Hidrogeológico del Goiherri 1.ª y 2.ª fase*. (Inédito).

DIPUTACION FORAL DE NAVARRA

1983. *Las aguas subterráneas en Navarra*. (Proyecto Hidrogeológico). 229 p.

ESCUELA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES, SAN SEBASTIAN

1984. *Inventario y análisis de las captaciones de 67 municipios de Guipúzcoa*.

## EUSKO JAURLARITZA

1982. *Estudio de la Calidad de las aguas.*

## EUSKO JAURLARITZA PROSER

1984. *Plan Hidrológico Vasco 1ª parte.*

## ETXEBERRIA, F. Y ASTIGARRAGA, J.J.

Estudio de zonas kársticas de Guipúzcoa: El Urgoniano Sur de la Sierra de Aralar, *Munibe*. Año 32, n.º 3-4. 1980. P.P. 207-256.

## EUROESTUDIOS S.A.

*Informes Hidrogeológicos de Deba, Zarautz, Calizas del Alto Oria, Itziar, Mutriku, Tolosa, Irún.* (Inédito).

## FERNANDEZ RUBIO, A.

1982. *Informes Hidrogeológicos sobre el drenaje de mina TROYA (Guipúzcoa)* Vol. 1 y 2 (Inédito).

## GRUPO ESPELEOLOGICO MORKAIKO

1983. *Introducción al sistema Hidrogeológico del Kilimon*, Mendado (Inédito).

## I.G.M.E.

1971. *Estudio Hidrogeológico de la provincia de Guipúzcoa.* (Inédito).

## I.G.M.E.

1971. *Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa*, 2 V. Mapas E:1:50.000, cortes y columnas.

## I.G.M.E.

1984 *P.I.A.S. 1ª Fase.*

## I.G.M.E.

Diversos años. *Plan Magna*, hojas n.º 40, 41, 63, 64, 65, 88, 113. Memoria y plano E:1:50.000.

## LAMARE, P.

1936. Recherches géologiques dans les Pyrénées Basques d'Espagne. *Men. de la Soc. Gral. de France N.S.T. XII.* Fasc 1-4. p. 463-305 figs.

## RAT, P.

1959. Les Pais cretacés basco-cantabriques (Espagne). *Publications de l'université de Dijon*. Vol. XVIII, 525 p.p.

## SOLER Y JOSE, A.

1971. El Jurásico marino de la Sierra de Aralar (Cuenca cantábrica occidental): Los problemas poskinméricos. *Cuadernos de geología Ibérica*, n.º 2 p.p. 509-532.

## SANSINENEA, K; ASTIGARRAGA, J. y ETXEBERRIA, P.

1979. Larretxikiko leizea. La sima más profunda de la Sierra de Aralar. *Pyrenaica* 116, 33-36. Bilbao.

## SECCION ESPELEOLOGICA, Sociedad de Ciencias Aranzadi.

1969. *Catálogo Espeleológico de Guipúzcoa (C.E.G.)* San Sebastián.

## SECCION ESPELEOLOGICA, Sociedad de Ciencias Aranzadi.

1978. El río subterráneo de Ondarre y la karstificación en la Sierra de Aralar. *Munibe* 30, 257-282. San Sebastián.

## SECCION ESPELEOLOGICA, Sociedad Ciencias Aranzadi.

1978. Memoria de las XIII *Jornadas de Espeleología del País Vasco*. San Sebastián.

## UGALDE, TX.

1984. Estudio de las cuencias hidrogeológicas de los valles de Akua y Aizarna (Zestoa). *Munibe* n.º 36, p.p. 23-64.