

Lurralde	11	1988	p. 39-55	ISSN 0211-5891
----------	----	------	----------	----------------

CDU 556.3 (466.2)

## **HIDROQUIMICA E HIDRODINAMICA DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA GATZUME-ZESTOA (GIPUZKOA) EVE - DFG\***

Recibido: 1988-01-21

Joseba AGUAYO FERNANDEZ

GIGSA - Juan de Ajuriaguerra, 19 - 48009 BILBAO

Iñaki ANTIGÜEDAD AUZMENDI

UPV/EHU. Area Geodinámica - Apartado 644 - 48080 BILBAO

Angel ERASO ALBERDI

Ente Vasco de la Energía. Recursos Geológicos.- BILBAO

Alfonso GARCIA DE CORTAZAR RUIZ DE AGUIRRE

GIGSA - Juan de Ajuriaguerra, 19 - 48009 BILBAO

Patxi TAMES URDIAIN

Excma. Diputación Foral de Guipúzcoa.  
Dirección General de Obras Hidráulicas

### **RESUMEN: Hidroquímica e hidrodinámica de la unidad hidrogeológica Gatzume-Zestoa (Gipuzkoa).**

En este artículo se sintetizan aspectos relativos al funcionamiento hidrogeológico y a la caracterización hidroquímica de los acuíferos asociados a las calizas urgonianas que definen la Unidad Hidrogeológica Gatzume-Zestoa (Gipuzkoa). En base a la disposición de los flujos subterráneos, la Unidad es dividida en dos sectores, uno de ellos drenado fundamentalmente por la surgencia de Hamabiturri y el otro por las surgencias de Granadaerreka y Utzeta, siendo estas tres las únicas de todo el área de estudio ( $\approx 90 \text{ km}^2$ ) cuyo caudal sobrepasa los 5 l/s. en estiaje. El control hidroquímico temporal en estos tres puntos de descarga evidencia la gran variabilidad química de Hamabiturri, relacionada con la recarga concentrada de las aguas superficiales de la depresión de Aizarna. Esta conexión hidráulica ha sido también manifestada en diferentes momentos por trazadores. Las otras dos surgencias presentan similar homogeneidad química. Los coeficientes de agotamiento (entre  $1,7$  y  $5,3 \times 10^{-2} \text{ días}^{-1}$ ) calculados para cortos estiajes parecen indicar un rápido decrecimiento de los caudales en las surgencias en ausencia de precipitaciones. Los recursos medios anualmente renovables en toda la Unidad se estiman en  $17-18 \text{ Hm}^3$ .

**Palabras Clave:** Karst, Hidroquímica, Hidrodinámica, Trazadores, Gipuzkoa, País Vasco.

\* Este trabajo constituye una síntesis del proyecto "Estudio Hidrogeológico de la Unidad Gatzume-Zestoa" realizado por el Ente Vasco de la Energía y la Diputación Foral de Gipuzkoa, actuando GIGSA como empresa consultora.

**ABSTRACT: Hydrochemist and Hydrodynamics of the Gatzume-Zestoa hydrogeological unit (Gipuzkoa).**

The main hydrochemical and hydrodynamical features of the aquifers related to the Urgonian limestones that determine the Gatzume-Zestoa Hydrogeological Unit (Gipuzkoa) are summarized in this paper. In accordance with the subterranean flows, the Unit is divided in two sectors: one drained by the Hamabiturri spring and other drained by the Granadarreka and Utzeta springs. These three sources are the only in the area ( $\approx 90 \text{ km}^2$ ) that show a volume greater than 5 l/s. in low water. The temporary hydrochemical control in these three points of discharge makes evident the great chemical variability of Hamabiturri, related with the concentrated overload of the superficial waters at the Aizarna depression. This hydraulic connection has been also demonstrated by tracers. The other two great springs show a similar chemical homogeneity. The draining coefficients ( $\alpha$ ) (between 1,7 and  $5,3 \times 10^{-2} \text{ days}^{-1}$ ) calculated in short low waters point out a fast decrease in the springs volumes in absence of precipitations. The annual average resources for all the Unit are estimated in  $17\text{-}18 \text{ Hm}^3$ .

**Key Words:** Karst, Hydrochemist, Hydrodynamics, Water tracing, Gipuzkoa, Basque Country.

**LABURPENA: Gatzume-Zestoa (Gipuzkoa) unitate hidrogeologikoaren hidrokimika eta hidrodinamika.**

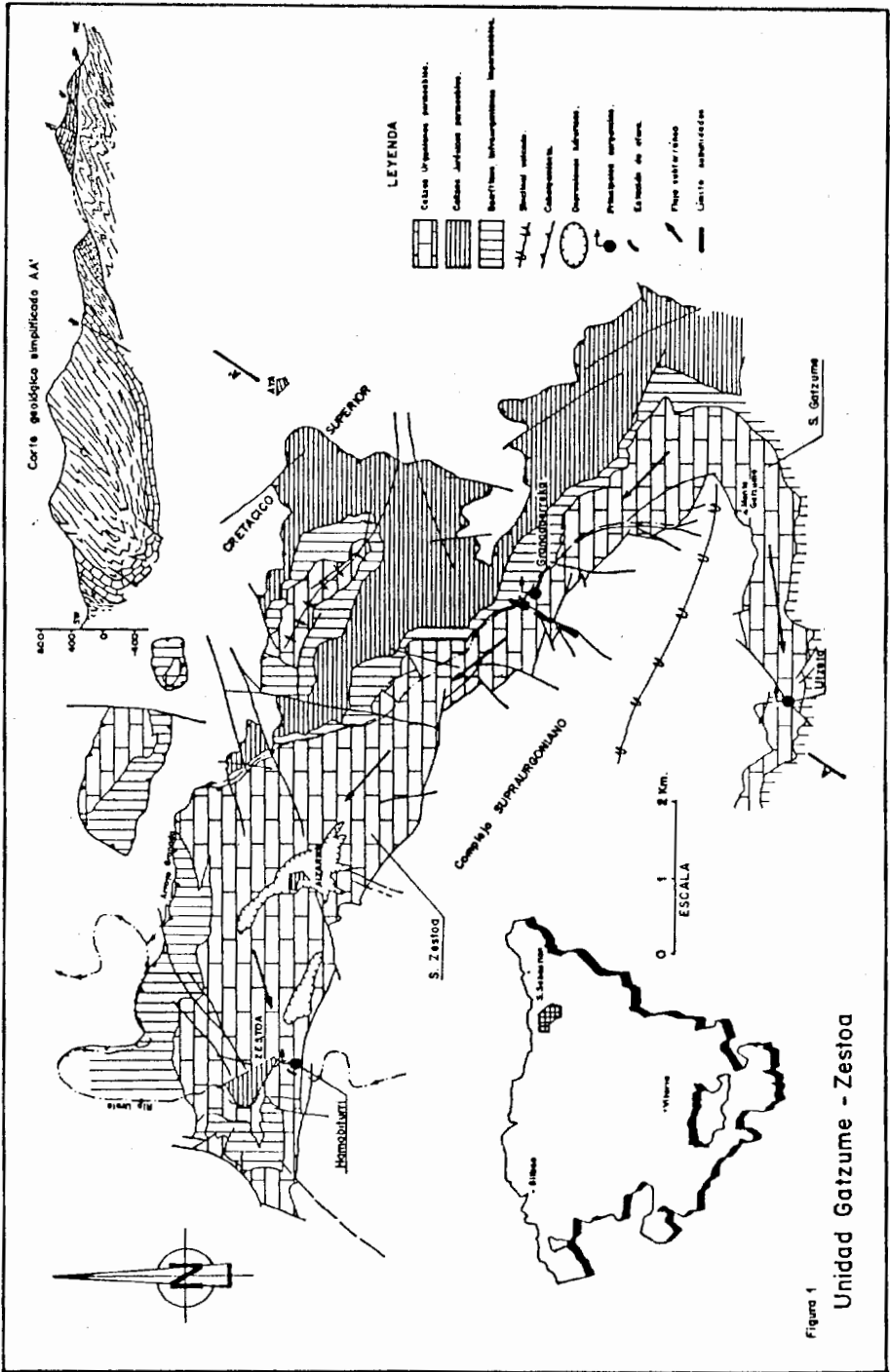
Idazlan honetan Gatzume-Zestoa Unitate Hidrogeologikoa gorputzen duten kararri urgondarrei loturiko akuiferoen jokabide hidrogeologiko zein ezaugarri hidrokimikoei buruzko zenbait datu laburtzen dira. Lurpeko fluxuen antolamenduari begira zait bitan dago Unitatea banaturik. Zestoa azpiunitateko dreñaia Hamabiturri sorburutik gertatzen da nagusiro eta Gatzume azpiunitatekoa, ordea, Granadarreka eta Utzeta sorburuetatik, hirurok Unitateko deskarga-leku garrantzitsuenak izanik. Hauetan buruturiko denborazko kontrol hidrokimikoak Hamabiturri den aldakortasun kimiko handia erakutsi du, Aizarnako sakongune karstikoetako lurgaineko uren iragazketa bilduak sorburu horretan duen eragin nabarmenaren seinale. Lotura hidrauliko hau markagaien bitartez ere izan da egiaztatua denboraldi desberdinetan. Beste sorburu bietan antzeko homogenotasun hidrokimikoa ageri da, eurek dreñaia-turiko akuiferoen jokabide erregularragoa azalduz. Agortze-koefizienteak, 1,7 eta  $5,3 \times 10^{-2} \text{ egun}^{-1}$  bitartean dira, agorte garaian emariek duten gutxitze arina erakutsiz. Unitatean urtero berrizten diren baliabideak  $17\text{-}18 \text{ Hm}^3$ -tan zenbakitu dira.

**1.- GEOLOGIA GENERAL.**

La Unidad Hidrogeológica Gatzume-Zestoa ( $\approx 23 \text{ km}^2$ ) constituye un acuífero kárstico instalado en las calizas Urgonianas (Cretácico Inferior) situadas entre el monte Gatzume y la población de Zestoa (figura 1).

**1.1.- Encuadre geológico regional.**

La Unidad se localiza en la gran estructura denominada Anticlinorio Norte de Bizkaia, una de las megaestructuras, junto con el Anticlinorio de Bilbao y el Sinclinorio de Bizkaia, que conforman el Arco Vasco. El Anticlinorio Norte es una extensa y compleja estructura que se resuelve en numerosas Unidades Tectónicas (UT) menores. La Unidad hidrogeológica Gatzume-Zestoa se sitúa dentro de la UT Indamendi-Zestoa definida por CADEM (Grupo EVE), 1985.



## 1.2.- Estratigrafía.

La Unidad Gatzume-Zestoa se instala en calizas Urganianas (Cretácico Inferior). Por debajo se sitúan depósitos del Jurásico, que constituyen otra Unidad hidrogeológica no descrita en este trabajo (Pagoeta-Meñaka), y materiales del Infraurgoniano. A techo, la monótona sucesión del C. Supraurgoniano entierra los paquetes calcáreos. Finalmente, aparecen series del Cretácico Superior cabalgadas por todas las secuencias anteriormente citadas.

La estratigrafía de detalle del área presenta una gran complejidad, con numerosos cambios laterales de facies, superficies de rupturas sedimentarias, condensación de las series, etc., por lo que la descripción que sigue es necesariamente simplificada.

### 1.2.1.- Jurásico.

Se trata de una serie carbonatada que comienza por calizas, calizas dolomíticas, dolomías, carniolas y brechas intraformacionales, prosigue con una alternancia de calizas limosas, margocalizas y margas y culmina en una sucesión de calizas micríticas laminadas con intercalaciones de margas.

Esta serie del Jurásico descansa sobre el Triásico escasamente aflorante en la zona (no representado en la figura 1) que constituye el nivel de despegue que origina el cabalgamiento de la UT Indamendi-Zestoa sobre el Cretácico Superior del nordeste del área (UT Arrona-Getaria-Urdaneta).

### 1.2.2.- Infraurgoniano.

Constituyendo las facies de implantación Urganiana, aparece por encima del Jurásico una sucesión alternante de lutitas calcáreas grises, margas calcáreas, limolitas rojas, areniscas y calizas. Presenta cambios de facies frecuentes hacia los términos más calcáreos que definen el Urganiano.

### 1.2.3.- Complejo Urganiano.

Engloba una gran diversidad de facies en tránsito lateral. Se encuentran:

#### \* Calizas masivas.

Calizas micríticas y bioclásticas con Rudistas, Corales, Foraminíferos, etc., con estratificación potente con tendencia a ser masiva. Son las típicas calizas Urganianas que generan resaltes topográficos.

\* **Lutitas calcáreas.**

Lutitas calcáreas con intercalaciones de arcillas carbonosas.

\* **Calizas, lutitas y margas.**

Calizas, lutitas, margas y, en menor proporción, areniscas alternando en bancos de espesor variable (hasta decamétrico) con numerosos cambios de facies internos.

Este grupo de litologías Urganianas definen la Unidad Gatzume-Zestoa.

**1.2.4.- Complejo Supraurgoniano.**

Se trata de una monótona serie de lutitas negras-grises, compactas y laminadas que intercalan paquetes areniscosos y niveles con nódulos de óxidos de hierro.

**1.2.5.- Cretácico Superior.**

Presenta una gran variedad litológica: margas y limolitas negras, margocalizas grises, series flyschoides de calizas, areniscas y margas, etc.

**1.3.- Tectónica.**

La estructura principal del área de estudio reflejada en la figura 1 es el sinclinal volcado que recorre la misma en dirección NW-SE. Esta directriz es el resultado de una fase principal de plegamiento de edad Terciaria (post-Eocena).

Dentro del área se diferencian dos sectores con estilos tectónicos diferentes:

- \* **Una tectónica tangencial** en la zona nororiental, que trae consigo el cabalgamiento de las series inferiores sobre el Cretácico Superior, habiendo constituido muy probablemente el Trías en facies Keuper el nivel de despegue.
- \* **Una tectónica de bloques** en la zona de Zestoa, condicionados por un sustrato "móvil" (Trías).

Las fracturas más importantes presentan dos directrices predominantes: N 120 E y N 60 E, siendo las primeras las que han jugado un papel más importante, tanto si se trata de cabalgamientos como de fallas normales. En el área se presenta una esquistosidad de plano axial congruente con la deformación principal. Esta esquistosidad es más patente en el núcleo del sinclinal volcado y en su flanco sur invertido, que se encuentra localmente acompañado por un ligero metamorfismo dinamotérmico.

## 2.- HIDROGEOLOGIA GENERAL.

### 2.1.- Inventario de puntos de agua.

Con el fin de conocer con el mayor detalle posible las características hidrogeológicas del área de estudio, se ha realizado el inventario en dos etapas: una en período de estiaje (Julio-Agosto 1986) y otra en período de aguas altas (Diciembre 1986-Enero 1987). En esta última se han visitado la mayor parte de las surgencias al objeto de estudiar su variación en época de crecida así como detectar la presencia de posibles surgencias temporales.

En la zona de estudio definida en la figura 1 se han inventariado un total de 216 puntos de agua repartidos de la siguiente forma:

197 manantiales                      13 arroyos captados                      6 sondeos

Del total de manantiales únicamente 3 presentan un caudal en estiaje superior a los 5 l/s., estando todos ellos asociados a la Unidad Gatzume-Zestoa. Estos manantiales son:

Hamabiturri  
Granadaerreka  
Utzeta.

Los dos primeros manantiales son objeto de control continuo de caudales desde Noviembre de 1986.

#### \* Hamabiturri.

Surgente a cota  $\approx$  50 m. en las inmediaciones de la margen derecha del río Urola a su paso por Zestoa, presenta un caudal base de unos 60-70 l/s. mientras que en períodos de aguas altas arroja caudales de varios m<sup>3</sup>/s. La temperatura de sus aguas varía entre los 9° y 11° C. Son varios los puntos de salida de agua de este manantial, lo que, junto a su proximidad al río Urola, induce a pensar en que existen aportes directos al río.

#### \* Granadaerreka.

Surgente a cota aproximada 245 m. presenta un caudal base de unos 25-35 l/s. y una punta de hasta 2000 l/s. La temperatura de sus aguas varía entre los 8° y los 10° C.

#### \* Utzeta.

Surgente a cota aproximada 250 m. presenta un caudal en estiaje en torno a los 5-9 l/s. Su caudal punta se sitúa por encima de los 400 l/s. La temperatura de sus aguas varía entre los 8° y los 10° C. Por encima del manantial existe un

trop-plein cuyo funcionamiento se ve limitado a las puntas de crecidas importantes arrojando caudales del orden de 100-200 l/s.

## **2.2.- Características hidrogeológicas generales.**

La Unidad Hidrogeológica Gatzume-Zestoa está definida por las formaciones del Complejo Urganiano. La permeabilidad general de estos materiales es alta. No obstante, existen variaciones en la misma de unos sectores a otros, pues se observa que en la zona norte (depresión de Aizarna) los materiales exhiben un grado de karstificación notablemente mayor que los de la zona sur (sector del monte Gatzume). Esta karstificación determina, en cualquier caso, una tasa elevada de infiltración de las aguas de precipitación y/o superficiales. Un dato significativo en este sentido es la infiltración de los arroyos localizados al norte del monte Gatzume al llegar a las calizas urgonianas. Esta infiltración puede llegar a ser de decenas de litros por segundo. Más notable aún es la infiltración de las corrientes superficiales de la depresión de Aizarna.

La Unidad Gatzume-Zestoa constituye, en conclusión, un acuífero kárstico estratigráfica y estructuralmente complejo con tres salidas naturales principales. que se alimenta no sólo de las aguas de precipitación directa sino también de la infiltración de diversos cursos superficiales.

## **3.- HIDROQUIMICA.**

El estudio del quimismo de las aguas que drenan un acuífero presenta un alto interés (AMINOT, 1974; BAKALOWICZ, 1979; ANTIGÜEDAD, 1986; etc...) no sólo porque permite definir el tipo de agua del mismo sino porque puede ofrecer indicaciones valiosas sobre la hidrodinámica de los flujos subterráneos y la variación temporal de los mismos.

Para establecer la hidroquímica de las aguas del área definida en la figura 1. se han realizado un total de 61 análisis químicos empleándose, dentro de este número, 45 análisis en estudiar, con periodicidad quincenal, las surgencias de Hamabiturri, Granadaerreka y Utzeta de cara a establecer e interpretar las variaciones temporales de su quimismo.

Los intervalos que presentan los valores de los principales parámetros analizados en las 3 principales surgencias de la Unidad Gatzume-Zestoa permiten caracterizar hidroquímicamente esta Unidad. Tales intervalos son:

Surgencia	Hamabiturri	Granadaerreka	Utzeta
Conductividad ( $\mu S$ )	217-340	172-224	174-217
Sulfatos (mg/l)	18,8-50,4	7,9-23,4	7,1-14,3
Bicarbonatos (mg/l)	127,5-178,2	115,6-168,6	119,3-153,7
Nitratos (mg/l)	1,9-11,2	0,5-4,4	1,9-10,7
Cloruros (mg/l)	9,2-19,6	5,5-14,9	4,9-8,6
Sodio (mg/l)	4,9-12,2	3,1-4,5	3,1-4,1
Potasio (mg/l)	0,4-1,5	0,1-0,5	0,1-0,5
Calcio (mg/l)	47,5-72,8	40,7-56,3	41,2-51,4
Sílice (mg/l)	1,2-5,8	0,6-4,0	1,5-3,6
Magnesio (mg/l)	2,4-6,5	1,2-2,2	1,0-2,0
pH	7,8-8,1	7,8-8	7,8-8,2

El control hidroquímico de estas tres surgencias realizado durante el período Julio 1986-Enero 1987, a paso de tiempo quincenal, permite interpretar hidrogeológicamente la variación temporal observada.

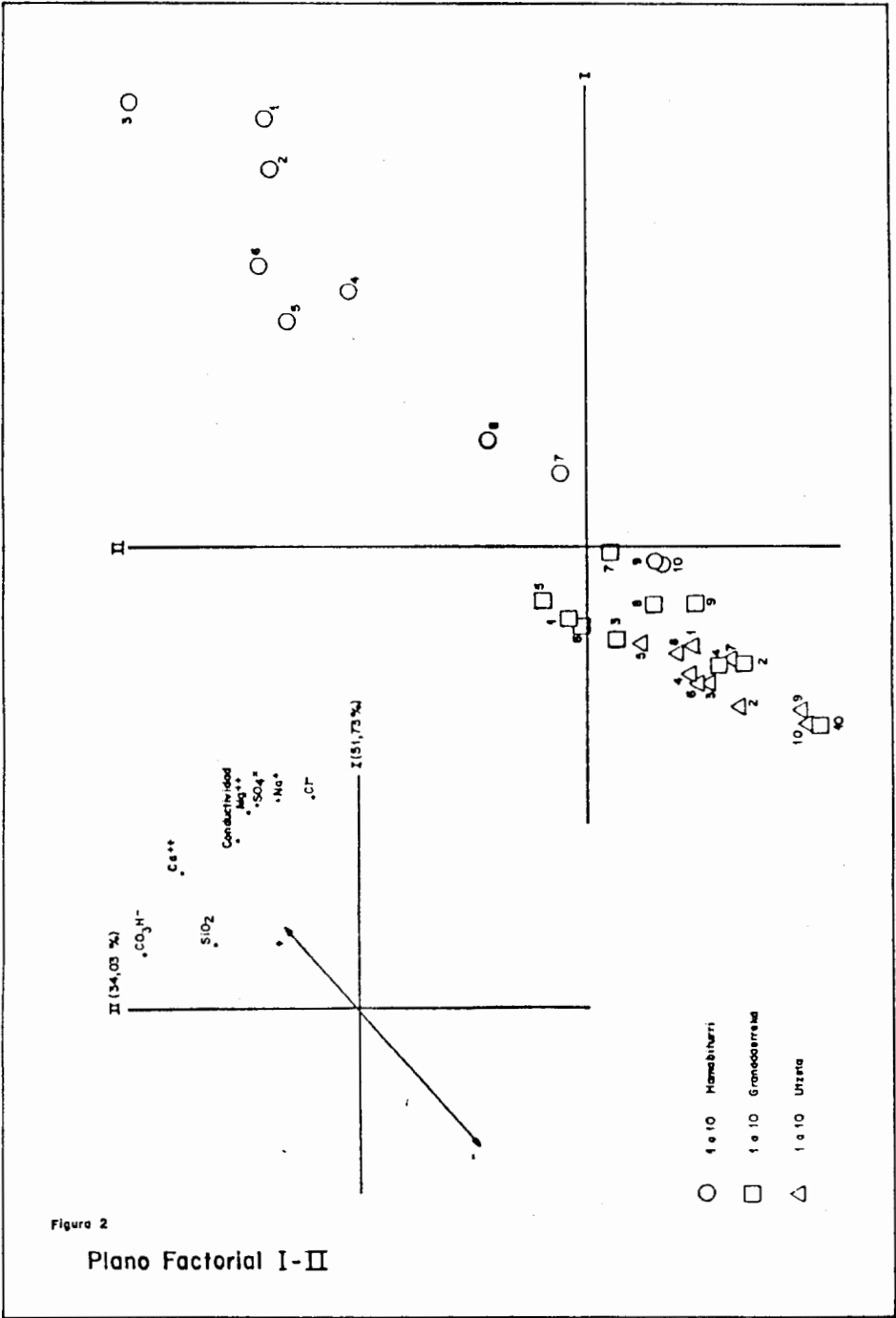
Se ha realizado el tratamiento de los datos químicos de las aguas de las tres surgencias utilizando el Análisis en Componentes Principales (ACP) que se ha mostrado eficaz en el procesamiento de volúmenes importantes de datos (MUDRY et al, 1979; MATHYS, 1982; ANTIGÜEDAD et al, 1986; AGUAYO et al, 1987 a y 1987 b; etc...). Para ello se han seleccionado 10 análisis de cada manantial (de un total de 15) que representan de forma adecuada las variaciones hidroquímicas observables a lo largo de las diferentes fases hidrodinámicas en las que ha habido control hidroquímico.

Los diez análisis elegidos son:

Número	Fecha	Situación
1	25-08-86	Periodo de estiaje generalizado con episodios lluviosos aislados.
2	09-09-86	
3	22-09-86	
4	22-10-86	
5	04-11-86	Primeros episodios lluviosos importantes del nuevo año hidrológico con breves periodos de estiaje intercalados.
6	18-11-86	
7	02-12-86	
8	16-12-86	Epoca de precipitaciones copiosas continuadas, incluyendo también importantes episodios nivales. Aguas altas.
9	30-12-86	
10	27-01-87	

La distribución de las muestras consideradas en el plano factorial I-II (85% de la varianza expresada) se puede observar en la figura 2. A partir de la distribución de las muestras de cada surgencia, y en el conjunto de las tres, se pueden hacer diversas observaciones sobre los condicionamientos hidrogeológicos que actúan sobre las mismas:





- \* Las muestras, en su conjunto y para cada surgencia, se enfilan según una alineación extremo negativo-extremo positivo de los dos ejes, lo cual, en función de la ubicación de las variables respecto a estos ejes, es indicativo de la existencia de *fenómenos de dilución* (menor mineralización) y *de concentración* (mayor mineralización) relacionables con las diferentes situaciones hidrodinámicas: aguas altas y estiaje respectivamente.
- \* Las aguas más fuertemente mineralizadas corresponden, en todo momento, a las drenadas por la surgencia de *Hamabiturri*, siendo también en ella donde se evidencian las mayores variabilidades en los contenidos salinos y, consecuentemente, en la mineralización. Este hecho pone de manifiesto una *heterogeneidad hidroquímica* en los aportes a la surgencia, debida a la influencia que la infiltración puntual de las aguas superficiales de la depresión de Aizarra (con la presencia de abundantes sumideros) tiene en la respuesta hidroquímica de la surgencia.
- \* Las aguas que drenan las surgencias de *Granadaerreka* y *Utzeta*, por el contrario, se sitúan en el extremo negativo de la alineación, con menores contenidos salinos. Ocupan un espacio parecido con similar posición para algunas muestras correspondientes al mismo momento de muestreo, lo que evidencia una caracterización hidroquímica bastante próxima. Además, la relativamente escasa variabilidad que se observa en la distribución de las muestras denota un *comportamiento hidroquímico más regularizado* en estas surgencias que en Hamabiturri. Este último fenómeno es más evidente en Utzeta. Este parecido comportamiento hidroquímico en ambas surgencias hace pensar en un similar comportamiento hidrodinámico de los acuíferos drenados por ellas.

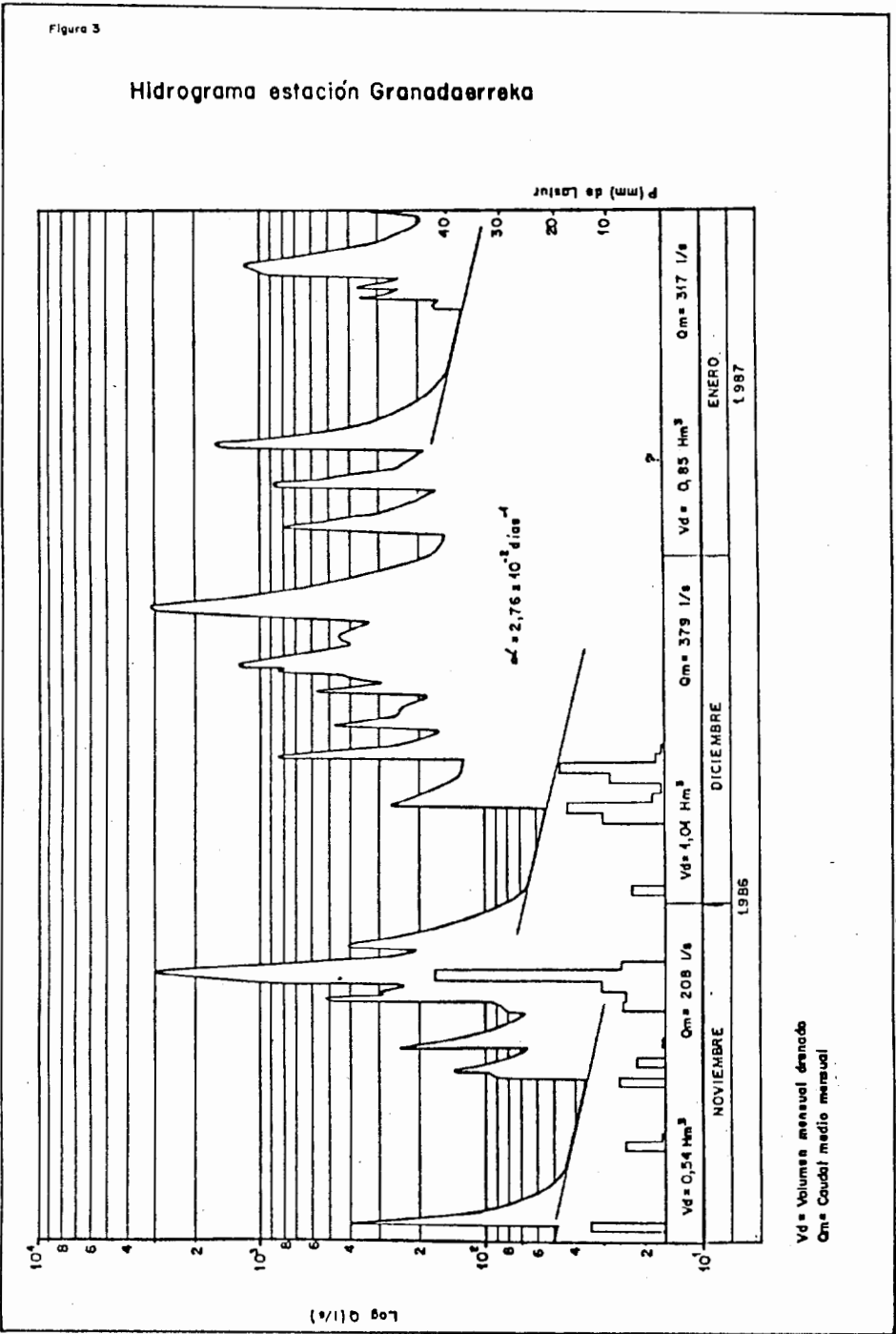
#### 4.- HIDRODINAMICA.

Para definir el comportamiento hidráulico del acuífero se ha contado con datos suministrados por las estaciones de aforo que controlan las surgencias de Hamabiturri y Granadaerreka y por el control periódico de Utzeta. Aunque los datos disponibles abarcan un corto período de tiempo (no cubren un año hidrológico completo) permiten establecer diversos aspectos de interés. Además de estos controles de caudal, se han efectuado ensayos de trazador que permiten definir direcciones y velocidad de circulación del flujo subterráneo.

##### 4.1.- Controles de caudal.

- \* Hamabiturri.

El volumen drenado por este manantial en el período Noviembre 1986-Enero 1987 es de unos 7,6 Hm<sup>3</sup>, equivalentes a un caudal medio, para ese período, algo superior a los 950 l/s. El caudal punta se sitúa en ese período en torno a los 12.000-13.000 l/s. Evidentemente estos datos pertenecen a épocas de aguas altas, pudiéndose indicar que en Septiembre de 1986 se aforó un caudal de 66 l/s.



Si bien durante el período de registro considerado no se ha producido un estiaje prolongado, el *coeficiente de agotamiento* ( $\alpha$ ) calculado a partir de las decrecidas de Noviembre de 1986 es de unos  $5,3 \times 10^{-2}$  días<sup>-1</sup>. El volumen dinámico estimado a últimos del citado mes es de unos 0,78 Hm<sup>3</sup>.

**\* Granadaerreka.**

Esta estación controla los caudales aportados por el manantial y el arroyo del mismo nombre, por lo que incluye escorrentía subterránea y superficial. Durante los meses de Noviembre 1986-Enero 1987 los volúmenes registrados son de 1,92 Hm<sup>3</sup> correspondientes a la surgencia y 0,48 Hm<sup>3</sup> del curso superficial. Esto supone un caudal medio en la surgencia de unos 245 l/s. para el período considerado. El caudal punta en la surgencia es de unos 2.000 l/s. y el estiaje de unos 30 l/s. (figura 3).

El *coeficiente de agotamiento* ( $\alpha$ ) calculado con las mismas limitaciones que en el caso anterior es de unos  $2,76 \times 10^{-2}$  días<sup>-1</sup> y el volumen dinámico máximo, estimado en Enero de 1987, es de aproximadamente 0,53 Hm<sup>3</sup>.

**\* Utzeta.**

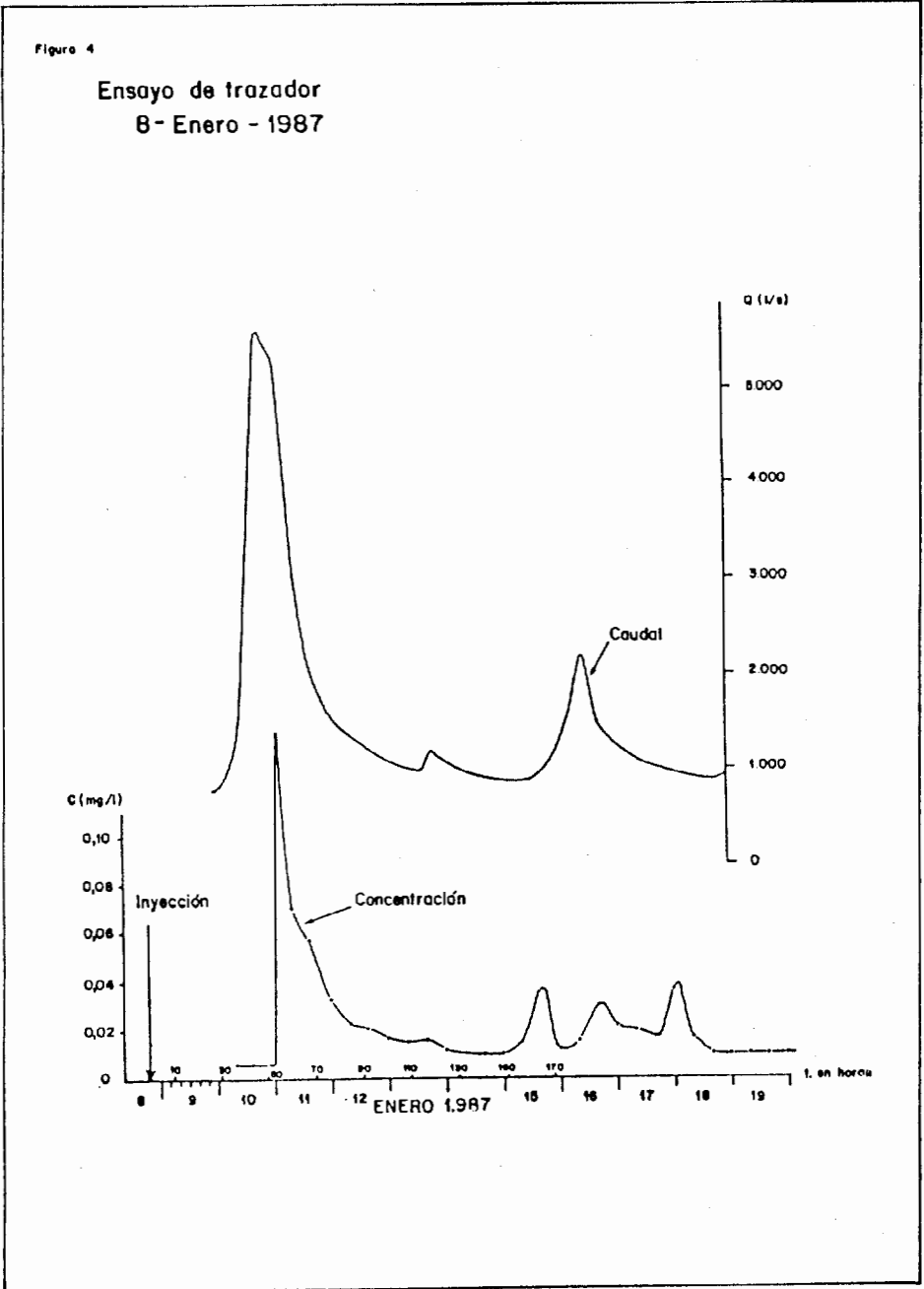
Los controles periódicos del caudal, y su correlación con los de las estaciones anteriores, permiten indicar orientativamente los siguientes valores para el período Agosto 1986-Enero 1987: volumen drenado  $\approx$  1,3 Hm<sup>3</sup>; caudal medio equivalente  $\approx$  80 l/s.; caudal punta  $\approx$  400 l/s.; caudal mínimo  $\approx$  9 l/s.

El *coeficiente de agotamiento* ( $\alpha$ ) estimado es de unos  $1,7 \times 10^{-2}$  días<sup>-1</sup> con un volumen dinámico que alcanzó su máximo valor en Noviembre 1986 con 0,14 Hm<sup>3</sup>.

**4.2.- Ensayos de trazador.**

Si bien la conexión hidráulica entre la depresión de Aizarna y la surgencia Hamabiturri fue puesta de manifiesto por el Grupo de Espeleología de Aranzadi en el estiaje de 1983, se ha realizado otro ensayo en aguas altas al objeto de estudiar las variaciones en la velocidad de circulación del agua subterránea (figura 4). Los resultados más significativos de ambos ensayos se resumen a continuación):

	Ensayo 1 20-10-83	Ensayo 2 08-01-87
Trazador utilizado	Fluoreseceina	Cloruro Litio
Tiempo llegada partículas rápidas (horas)	912	53
Velocidad partículas rápidas (m/h)	3	45
Tiempo modal de tránsito (horas)	1.080	56
Velocidad modal de tránsito (m/h)	2,5	43
Duración de la restitución (horas)	336	103



## 5.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO.

En función de la estratigrafía y estructura del área, de la topografía, del inventario de puntos de agua, del estudio hidroquímico, de los datos de caudales y de los ensayos de trazador, podemos definir el funcionamiento hidrogeológico general de la Unidad Gatzume-Zestoa definiendo en ella dos subunidades: Gatzume y Zestoa (figura 1).

### \* Subunidad Gatzume.

Presenta un área de recarga de unos 8 Km<sup>2</sup> al sur de la Unidad, constituyendo un acuífero *confinado* en parte de su extensión, como lo evidencia el corte geológico de la figura 1. Sus recursos renovables-año se estiman en unos 5-6 Hm<sup>3</sup>.

La *recarga* al sistema se produce por infiltración directa de las aguas de precipitación en materiales carbonatados así como por infiltración de cursos superficiales en sumideros. Además, cabe esperar una cierta conexión subterránea con los sectores más areniscosos del C. Supraurgoniano.

Los principales puntos de *descarga* son Granadaerrea y Utzeta que corresponden al drenaje de dos sectores de esta subunidad que presentan, en consecuencia, diferentes sentidos del flujo subterráneo.

De la observación de los *hidrogramas* de estas dos surgencias se deduce una respuesta prácticamente instantánea ante la recarga recibida seguida de un rápido descenso de los caudales, lo que hace pensar en un rápido acceso de las aguas infiltradas al manto.

El *estudio hidroquímico*, por su parte, demuestra la similitud y homogeneidad química que presentan las aguas de los dos principales manantiales de esta subunidad. El quimismo del agua que accede a la surgencia en el momento de la crecida dista poco del quimismo de estiaje. Esta regulación química de las aguas, a pesar de la baja regulación de los caudales, puede ser indicativa de un importante desarrollo de la karstificación en la zona no saturada y de la existencia de reservas de interés.

### \* Subunidad Zestoa.

Presenta una superficie de *recarga* de unos 15 km<sup>2</sup>, ocupada tanto por materiales permeables (calizas) como por materiales de menor permeabilidad cuyas aguas de escorrentía superficial acaban por infiltrarse en los niveles carbonatados. Se trata de un acuífero de funcionamiento *libre*. Sus recursos renovables-año se estiman en unos 12 Hm<sup>3</sup>.

El principal punto de *descarga* es el manantial Hamabiturri hacia el que se dirige la mayor parte del flujo subterráneo. Localmente éste presenta variaciones en su sentido, surgiendo a favor de pequeños manantiales, a veces temporales, e incluso probablemente directamente en el río Urola.

La variación de caudales observada en el *hidrograma* demuestra una rápida respuesta en la surgencia ante la alimentación pluviométrica, en gran medida condicionada por la rápida infiltración concentrada que se produce en las depresiones de Aizarna. No obstante, en algunos períodos de decrecidas el sistema parece mostrarse más inercial.

La *hidroquímica* demuestra la existencia de una dilución relativamente rápida en las aguas de Hamaburri como consecuencia de la primera serie de lluvias importantes del nuevo año hidrológico, lo que parece indicar un escaso poder regulador en ese momento.

El control tanto del quimismo como de caudales en las principales surgencias de la Unidad, durante períodos de estiaje prolongados (no incluidos en este estudio) permitirá precisar el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos respectivos en momentos de ausencia de alimentación pluviométrica, que son, además, los de mayor demanda social de los recursos hídricos.

### **IDAZLANAREN LABURPENA: GATZUME-ZESTOA (GIPUZKOA) UNITATE HIDROGEOLOGIKOAREN HIDROKIMIKA ETA HIDRODINAMIKA**

Idazlan honetan Gatzume-Zesta Unitate Hidrogeologikoa gorputzen duten karri urgondarrei loturiko akuiferoen jokabide hidrogeologiko zein ezaugarri hidrokimikoei buruzko zenbait datu laburtzen dira. Izan ere, aztertutako lurraldean ( $\approx 90 \text{ km}^2$ ) konplexu urgondarra ezezik materiale jurasiko, infraurgondar, supraurgondar eta goiko kretazikoak ere izan arren lehenengo konplexu materiale karbonatodunei dagozkie lurralde hontako akuifero nagusiak. Karri jurasikoe-tan ere izan daitezke akuiferoak, sakonak izan ere, baina ez dira horiek oraingoan ikuzten. Lurraldeko tektonika ez da makala; iparrekialdean zamalkamendua dago non Behe-Kretazikoren materialeak Goi-Kretazikoren materialeen gainera zamalkatzen duten. Estruktura horretaz gainera sinklinale zabala azaltzen da lurraldea, NW-SE norabidez zeharkatuz, bere gunean materiale supraurgondarrak agerteratuz eta hegoaldeko alpea alderantzurik duelarik.

Hidrogeologia aldetik, eta lurpeko fluxuen antolamenduari begira, zati bitan dago Unitatea banaturik. Batean, Zestoa azpiunitatea, dreñaia Hamaburri sorburu edo manantialetik gertatzen da nagusiro, nahiz eta beste sorburu txikiak eta Urola ibairako uestezko dreñaia zuzena ere izan. Gatzume azpiunitatea, ordea, dreñaia Granadaerrea eta Utzeta sorburuetatik gertatzen da nagusiro. Hirurak izan dira bern ezaugarri hidrokimikoetan kontrolatuak 1986.eko uztailetik 1987.eko urtarilerara bitarteko denboraldian, laginak hamabostero hartuz. Urak bikarbonatodun kaltzikoak dira hirurotan, Unitatean diren beste sorburuetakoak bezalaxe, eta uren mineralizazioa ez da handia ( $350 \text{ mg/l}$ . baino gutxiago).

Denborazko eboluzio hidrokimikoa ezagutzeak ederto ahalbidetzen du akuiferoek fase hidrodinamiko desberdinetan (urgoretan eta urbeheretan) duten erantzun hidrokimikoa zehasten, ere honetan kimismoaren eboluzioa emari edo kaudalen eboluzioaren arabera ulertuz. Hamaburriren kasuan, esaterako, urek denbo-

razko aldakortasun kimiko handia aurkezten dute, Aizarnako sakongune karstikoetako lurgaineko uren iragazketa bilduak sorburu hortan duen eragin nabarmenaren senale. Aipatutako sakongune eta sorburuaren arteko lotura hidraulikoa trazadoreen bitartez egindako saio desberdinetan ere izan da egiaztatua, lurpeko urfluxuen abiadur aldaketak erakutsiz (2,5 m/orduko agortean eta 43 m/orduko urgoretan). Beste sorburu bietan, Granadaerreka eta Utzeta hain zuzen, antzeko homogenotasun hidrokimikoa ageri da, eurek dreinaiatuako akuiferoen jokabide erregularragoa azalduz.

Bestalde, Hamabiturri eta Granadaerreka sorburuetan emarien etengabeko kontrolerako neurgailuak kokatu dira. Orain artean jasotako datuak hiru hilabeteko tarte bati baino ez badagozkio ere zenbait ondorio lortzea posibletu dute. Hidrogrametatik ateratako agortze-koefizienteak 1,7 eta  $5,3 \times 10^{-2}$  egun<sup>-1</sup> bitartean dira, agorte garaian emariak duten gutxitze arina erakutsiz. Dena dela, benetako agortezko luzeko datuak ez dira oraindino eta direnean ondorio zehatzagoak atera ahal izango dira. Momentuz diren datuekin jokatzuz 17-18 Hm<sup>3</sup>-tan zenbakitu daitezke Gatzume-Zestoa Unitatean urtero berrizten diren baliabideak.

## REFERENCIAS.

- AGUAYO, J., ANTIGÜEDAD, I., ERASO, A., GARCIA DE CORTAZAR, A. (1987 a): "Hidroquímica y funcionamiento hidráulico de las calizas de Subijana (Alava)". *Lurralde* n.º 10, p. 75-89.
- AGUAYO, J., ANTIGÜEDAD, I., ERASO, A., GARCIA DE CORTAZAR, A. (1987 b): "Contribución al conocimiento hidrogeológico de las calizas de Subijana (País Vasco, España) mediante el control hidroquímico temporal en sus principales surgencias". *Symposium on Applied and Environmental Geology IV. Karst Systems of the Atlantic Border*. Tomar. Portugal.
- AMINOT, A. (1974): "Géochimie des eaux d'aquifères karstiques. Les analyses chimiques en hydrogéologie karstique". *Ann. Spéléol.* 29, 4. p. 461-483.
- ANTIGÜEDAD I. (1986) "*Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Nervión-Ibaizabal. Contribución a la investigación de los sistemas acuíferos kársticos*". Tesis Doctoral. UPV/EHU. Leioa. Inédita. 338 pp. + Anexos.
- ANTIGÜEDAD, I., GARCIA DE CORTAZAR, A., AGUAYO, J. (1986): "Consideraciones sobre la distribución de las facies hidroquímicas de la Alineación Aramotz-Aitzgorri (Bizkaia-Gipuzkoa) mediante tratamiento por Análisis en Componentes Principales". *Comunicaciones Jornadas sobre el Karst en Euskadi*. San Sebastián, p. 237-251.



- BAKALOWICZ, M. (1979): "*Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification*". Thèse Doct. Sci. Nat. Paris IV. 269 pp.
- CADEM (Grupo EVE) (1985): "*Investigación geológico-minera del área comprendida en las hojas 1 : 50.000 de Eibar, Lequeitio y el cuadrante suroriental de la hoja de Durango*". Inédito.
- DIPUTACION FORAL DE GUIPUZCOA - DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS (SERVICIO GEOLOGICO) (1985): "*Estudio de la evaluación de los Recursos Hidráulicos subterráneos de la provincia de Guipúzcoa*". Inédito.
- MATHYS, A. (1982): "Interprétation des données physico-chimiques des sources de la région Delémont-Develier (Canton du Jura), à l'aide de l'analyse statistique multivariée". *Bull. Centre Hydrogéol.* Neuchâtel 4. p. 185-212.
- MUDRY, J., KIRALY, L., MULLER, I., (1979): "Analyse multivariée du chimisme de quelques sources karstiques du Jura suisse et franc-comtois". *Bull. Centre Hydrogéol.* Neuchâtel 3. p. 183-221.