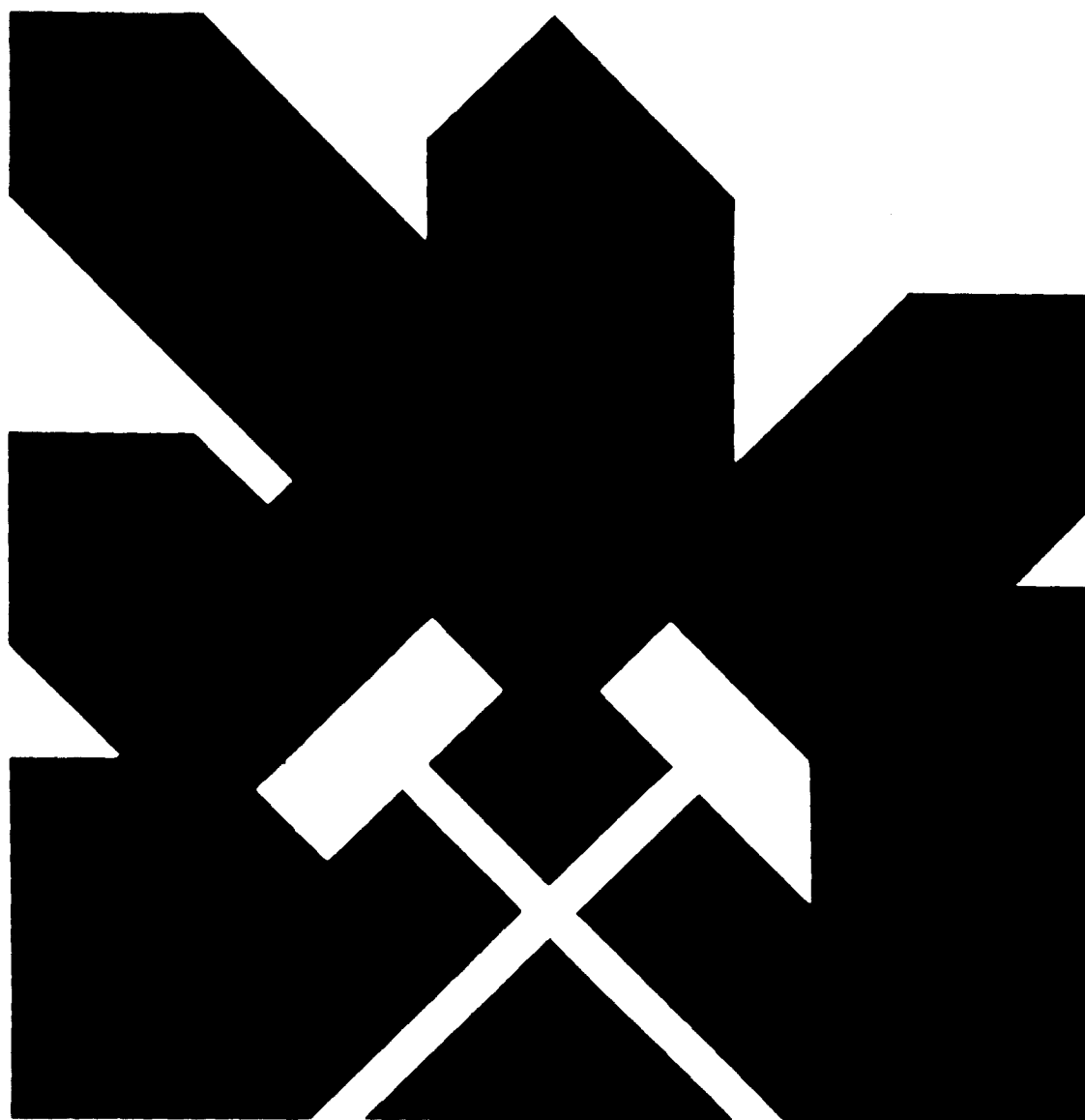


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL AREA EREÑOZAR -  
IZARRAITZ

ENSAYOS DE TRAZADO



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

36107

## INDICE

1.- <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2.- <u>ENSAYOS PREVOS DE TRAZADO CON FLUORESCENCIA</u> ...	2
3.- <u>ENSAYOS DE TRAZADO CON CLORURO DE LITIO</u> <u>EN EL AREA DE ERETOZAR</u> .....	7
3.1.- <u>METODOLOGIA</u> .....	7
3.2.- <u>ENSAYO DE BOLLAR</u> .....	8
3.3.- <u>ENSAYO DE OXINA</u> .....	12
3.4.- <u>ENSAYO DE INUBIJA</u> .....	15
3.5.- <u>ANALISIS DE RESULTADOS</u> .....	18

**1.- INTRODUCCION**

## 1.- INTRODUCCION

El Estudio Hidrogeológico del Area de Ereñozar - Izarraitz se encuadra en el marco de actividades del convenio de colaboración suscrito por el Centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM, Grupo EVE), Diputaciones Forales de Vizcaya y Guipúzcoa e Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el que INGENISA actúa como empresa colaboradora.

Uno de los objetivos específicos a cubrir es la realización de ensayos de trazado que permitan poner de manifiesto conexiones hídricas en diversas zonas de los acuíferos carbonatados, así como aportar información sobre dirección, velocidad y modalidad del flujo subterráneo.

Este aspecto ha sido cubierto con el presente estudio de trazado financiado por el IGME y realizado de acuerdo con los criterios de su Dirección Técnica.

Durante la realización del proyecto que nos ocupa se efectuaron un total de 3 ensayos de trazado, utilizando Cloruro de Litio. También se ha recogido y analizado la información relativa a un total de 8 coloraciones previas realizadas con fluoresceína por diversos organismos y grupos espeleológicos, fundamentalmente en el sector guipuzcoano del área de estudio.

**2.- ENSAYOS PREVIOS DE TRAZADO CON FLUORESCENCIA**

## 2.- ENSAYOS PREVIOS DE TRAZADO CON FLUORSCCEINA

En los acuíferos kársticos del País Vasco son relativamente numerosos los ensayos realizados (fundamentalmente por grupos espeleológicos), utilizando como trazador la fluoresceína sódica.

Se ha recopilado información sobre un total de 8 coloraciones con fluoresceína, realizados uno de ellos en el macizo de Ereñozar y los restantes en la Unidad de Lastur - Arno (Gipuzkoa). (Ver Cuadro 1 y Fig. 1).

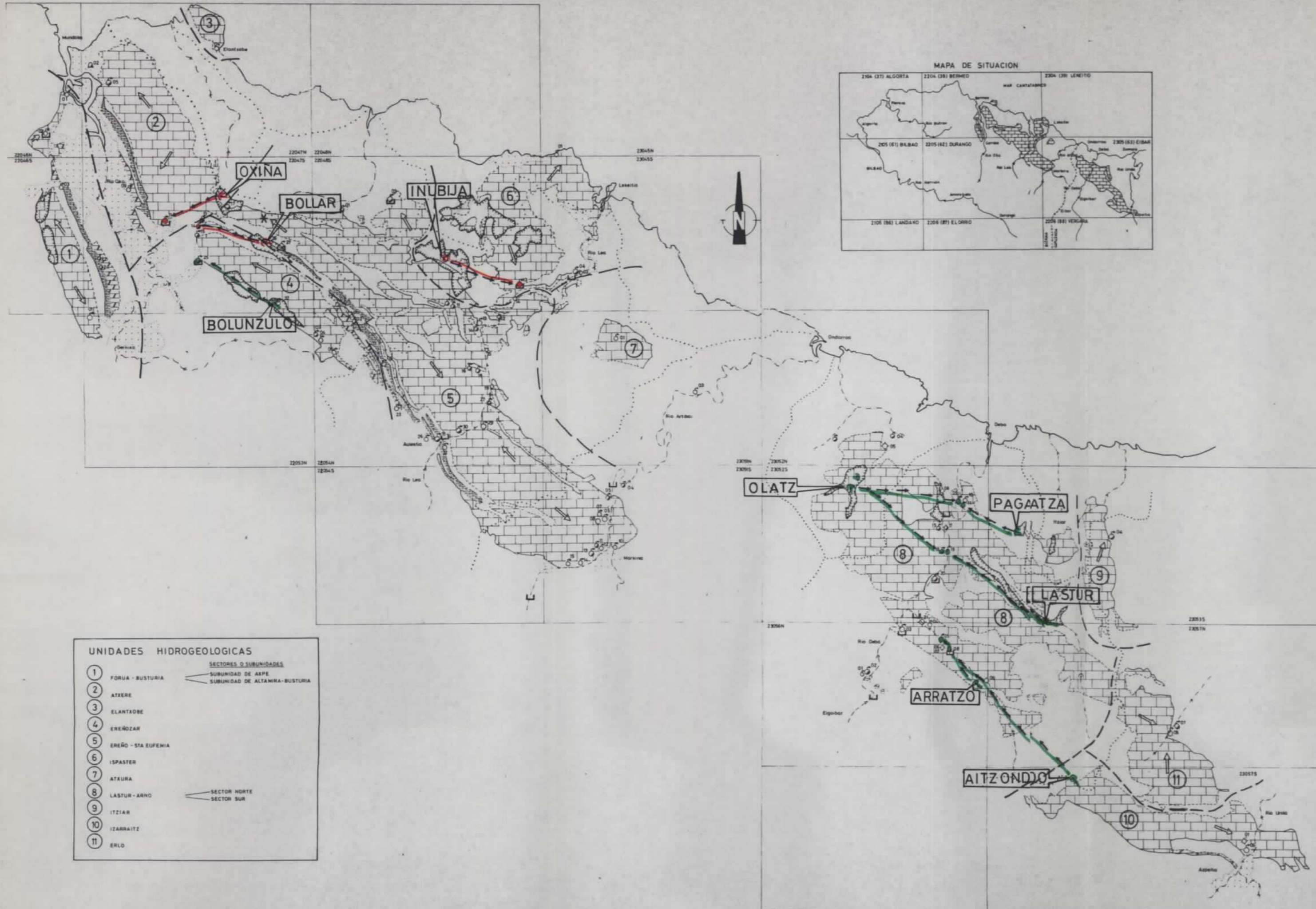
En el área de Ereñozar (Bizkaia) se realizó una tinción en el sumidero de Bolunzulo (sistema endorreico Oma - Basondo). Se inyectaron 1.5 Kg de fluoresceína el día 7 de Julio de 1.968. Tardó 87 horas en recorrer la distancia de 2600 metros desde el sumidero de Bolunzulo hasta la surgencia de Olalde, saliendo el colorante durante 36 horas. La velocidad de circulación máxima resulta así de 31 m/hora.

En el área de Gipuzkoa, se realizaron los siguientes ensayos:

Sumidero de Olatz: Vertido de 2.5 Kg de fluoresceína realizado por Euroestudios, S.A. el día 25 de Abril de 1.975. El colorante apareció a las 18 horas del vertido en el manantial nº 23052S18 distante unos 3400 metros y a los 11 días en el manantial nº 23052S09, Urotza, situado a unos 3300 metros del sumidero. La velocidad de

FECHA	REALIZADO POR	U. HIDROGEOLOGICA	SUMIDERO	RESURGENCIA	TRAZADOR	DIFERENCIA DE COTA (m) ENTRE LOS PUNTOS DE INYECCION Y RESURGENCIA	DISTANCIA (m)	GRADIENTE HIDRAULICO	TIEMPO DE DETECCION	VELOCIDAD DE CIRCULACION	TIEMPO DE PERMANENCIA DEL TRAZADOR EN LA RESURG.	CAUDALES (l/s)	
												SUMIDERO	RESURGENCIA
NOV.85	INGEMISA	Acuifero Rekalde	Bollar	Rekalde (220475513-M)	Cili 100K	138	1.700	8,1%	24 Horas 38 h. (máx)	73m/h (máx) 46m/h (med)	72-96horas	10-30	15-60
DIC.85	INGEMISA	Atxere	Oxina	Argatxa (22047511)	Cili 50K	133	1.600	8,3%	24 h. 30 h (máx)	67m/h (máx) 54m/h (med)	~ 30horas	60->100	50->
ABR.86	INGEMISA	Ispaster	Inubija	Urgitxi (22048513)	Cili 50K	40	2.900	1,4%	30 h. 35h (máx)	97m/h (máx) 83m/h (med)	~ 24horas	4-10	150-300
JUL.68	G.E.V.	Ereñozar	Bolunzulo	Oialde (22047525)	Fluoresceína sódica 1,5K	47	2.700	1,7%	87 h. 105 h.	31m/h (máx) 26m/h (med)	~ 36horas	40	60
ABR.75	EUROSTUDIOS	Lastur-Arno (Sector Norte)	Olatz	Salado (23052509) Urotza (23052518)	Fluoresceína 2,5K	179 172	3.300 3.400	5,4% 5,1%	11 días 18 h.	12m/h 190m/h	?varios días 24horas	? ?	? ?
JUL.72	G.E.Eibar	Lastur-Arno (Sector Sur)	Pagatza	Salado (23052510)	Fluoresceína; 1K	87	2.000	4,3%	9 días	10m/h	?	?	?
ABR.83	G.E.Morkaiko	Lastur-Arno (Sector Sur)	Lastur	Sasiola (23052519)	Fluoresceína. 0,3K	136	3.400	4 %	4 días	35m/h	?	?	?
- 70	G.E.Eibar	" "	"	"	Fluoresceína; 2	"	"	"	3 días	47m/h	?	?	?
---	G.E.Morkaiko	" "	Sima Arratzo	Manantial Killimón (23056N05)	Fluoresceína; 3K	40	2.300	1,7%	40horas	57m/h	?	?	?
NOV.73	G.E.Eibar	" "	"	Galería Killimón (23056N06)	Fluoresceína; 2	30	1.800	1,7%	9 h.	255m/h	?	?	?
ABR.84	GERS y G.E. Eibar	" "	Sima 13 (Aitzondo)	Galería Killimón Manantial Killimón	Fluoresceína; 3K " "	70 80	5.500 6.000	1,3% 1,3%	7 días 9 días	33m/h 28m/h	? ?	6 "	100-200 ?

CUADRO I.- Ensayos de trazado en el Area de Ereñozar-Izarraitz



LEYENDA

- Colizas Urgonias
- Colizas Weibense
- Colizas Arribas
- Deposito costeros
- Contacto con impermeable de sacho
- Contacto con impermeable de muro
- Contacto con materiales permeables
- Limite de unidades hidrogeologicas
- Divisorio de aguas superficiales
- Cuenca endorréica
- Sumidero
- Dirección comprobada del flujo subterráneo
- Dirección probable del flujo subterráneo
- Manantial con caudal medio superior a 10 l/s (con nº de inventario)
- Manantial con caudal medio entre 1-10 l/s (con nº de inventario)
- Manantial con caudal medio inferior a 1 l/s (con nº de inventario)
- Pozo (con nº de inventario)
- Sondeo (con nº de inventario)
- Manantiales, pozos y sondeos captados para abastecimiento
- Tomas de abastecimiento en corrientes superficiales
- Galería de captación de aguas
- Estaciones de otorgo
- Estaciones climatológicas
- Curso de agua superficial
- Surgencias difusas

- ENSAYOS DE TRAZADO
- TRAZADOR: CI LI
  - TRAZADOR: Fluoresceína

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	
SECTORES O SUBUNIDADES	
1 FORUA - BUSTURIA	SUBUNIDAD DE AXPE SUBUNIDAD DE ALTAMIRA-BUSTURIA
2 ATXERE	
3 ELANTOBE	
4 EREÑOZAR	
5 EREÑO - STA EUFEMIA	
6 ISPASTER	
7 ATXURA	
8 LASTUR - ARHO	SECTOR NORTE SECTOR SUR
9 ITZUAR	
10 IZARRAITZ	
11 ERLO	

FIGURA 1

	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		ENE VASCO DE LA ENERGIA
	DIPUTACION FORAL DE GUIPUZCOA		DIPUTACION FORAL DE VIZCAYA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL AREA			
EREÑOZAR - IZARRAITZ (VIZCAYA Y GUIPUZCOA)			
Fecha: NOVIEMBRE 1986		Escala: 1:100.000	
Compañía: INGENMISA		Escala: 1	



circulación resulta ser muy desigual en ambas direcciones, pues mientras que en el primer caso es de unos 190 m/hora en el segundo la velocidad máxima queda reducida a 12 m/hora. Además de ello, el colorante desapareció en breve tiempo en el primer manantial (un día aproximadamente) y persistió durante varios días en el segundo.

Sumidero de Pagatza (próximo a Itziar). Vertido de 1 Kg. de fluoresceína realizado por el Grupo Espeleológico de Eibar el día 29 de Julio de 1.972. El colorante apareció a los 9 días del vertido en el manantial nº 23052S10 distante unos 200 metros. La velocidad de circulación fué del orden de 10 m/hora.

Otro ensayo más antiguo, realizado hace unos 10 - 12 años, produjo la salida del colorante por el mismo punto a los 3 días del vertido, con velocidad de circulación de unos 47 m/hora.

Sima de Arratzo. Vertido de 3 Kg de fluoresceína realizado por el Grupo Espeleológico Morkaiko. El colorante apareció a las 40 horas del vertido en el manantial del Kilimon (23056N05) distante unos 2300 metros. La velocidad de circulación resulta ser de 57 m/hora.

Otra coloración más antigua, realizada el 1 de Noviembre de 1.973 por el Grupo Espeleológico de Eibar, produjo la salida del colorante en un tiempo de unas 9 horas. En esta ocasión funcionaban las salidas superiores a la galería de Kilimón (23056N08) y el colorante se detectó al menos en tres puntos distintos. La velocidad

de circulación en este caso se sitúa en torno a los 255 m/hora.

Sima 13, Dolina de Aitzondo. Vertido de 3 Kg de fluoresceína realizado en Abril de 1.984 por el Grupo Espeleológico de Eibar y el GERS. El colorante apareció a los 7 días del vertido en la galería Kilimon (23056N08) distante unos 5500 metros. Tres días después apareció en el manantial de Kilimon (23056N05, unos 500 metros aguas abajo de la galería). Las velocidades de circulación son de 33 m/hora y 28 m/hora. El resultado de los ensayos de trazado en la zona Lastur - Arno confirma que el sentido del flujo subterráneo se realiza hacia el río Deba en ambos sectores (Norte y Sur) y que las surgencias de ambas márgenes drenan en su mayor parte el agua de sus respectivos sectores, ya que en ningún caso (al menos según los datos disponibles) el colorante vertido en un sumidero de una margen ha sido observado en manantiales de la margen opuesta.

Sumidero de Lastur. Vertido de 300 g de fluoresceína realizado por el G. Espel. Morkaiko el día 9 de Abril de 1.983. El colorante apareció a los 4 días del vertido en el manantial de Sasiola (23052S19) distante unos 3.4 Km. La velocidad de circulación resulta ser del orden de unos 35 m/hora. Otro ensayo más antiguo, realizado hace unos 10-12 años, produjo la salida del colorante por el mismo punto a los 3 días del vertido, con velocidad de circulación de unos 47 m/hora.

### **3.- ENSAYOS DE TRAZADO CON CLORURO DE LITIO EN EL AREA DE ERENOZAR**

Con el fin de complementar la información existente sobre ensayos de trazado y dilucidar algunas cuestiones planteadas sobre los límites de unidades y modalidades de flujo, se decidió realizar 3 nuevos ensayos, utilizando como trazador un producto incoloro debido a la problemática que planteaba la utilización de fluoresceína en zonas donde existen manantiales captados para uso urbano o industrial, dada la lógica reserva de los usuarios ante la espectacular coloración del agua. El trazador elegido para los ensayos fue el Cloruro de Litio.

#### **3.1.- METODOLOGIA**

Se eligió el  $\text{Li}^+$  como trazador porque su contenido en aguas naturales es generalmente muy pequeño, interacciona menos que los otros cationes con el terreno y se puede determinar con facilidad y precisión hasta 0.05 p.p.m. con fotómetro de llama.

Además el hecho de utilizar  $\text{ClLi}$ , como trazador permite tomar datos directos en el campo, por conductivimetría, que facilita a la toma de muestras para su posterior análisis. Esto último resulta operativo en el caso de que el  $\text{ClLi}$  emergente no se halle muy

diluido.

En los ensayos realizados se inyectó en los sumideros una salmuera de ClLi puro, en cantidades que variaron entre 50 y 100 Kilogramos, realizándose después un muestreo sistemático, acompañado de medidas de conductividad, de varias surgencias con probable conexión con el sumidero.

Las medidas de conductividad se realizaron con un conductivímetro portátil de campo.

La determinación del contenido de  $Li^+$ , en las muestras se realizó mediante un espectofotómetro de absorción atómica en los laboratorios de METRAMED (Sondika / Bizkaia).

Previamente a la inyección de ClLi, se comprobó mediante un muestreo que las concentraciones de  $Li^+$  existentes en todos los puntos de agua de probable conexión con el sumidero eran inferiores a 0.1 p.p.m.

### **3.2.- ENSAYO DE BOLLAR**

Mediante este ensayo se pretendió obtener criterios para establecer las relaciones hidráulicas entre las unidades de Ereñozar, Ereño - Santa Eufemia y Atxere, que no pudieron ser dilucidadas mediante criterios cartográficos.

Se inyectó en el sumidero de Bollar (cota 188

m, Fig 1, Cuadro I) una salmuera de 100 Kg de ClLi, durante 1 hora, en un caudal de unos 10 l/s. Dicha inyección se realizó el 18 de Noviembre de 1985 sobre las 13 horas.

Se tomaron muestras y medidas de conductividad en los puntos de agua reflejados en el Cuadro II.

#### CUADRO II

PUNTOS DE AGUA CONTROLADOS DURANTE EL ENSAYO		COTA (m,s,n,m.)	CAUDALES MEDIDOS Y O AFORADOS DURANTE EL ENSAYO (l/s)	UNIDAD HIDROGEOLOGICA
DENOMINACION	Nº INVENTARIO			
Sumidero Bollar		188	Entre 10 y 30	Acuifero Rekalde
Argatxa	22047S11	5	Entre 8 y > 50	Atxere
Oxina	22047S17	138	Entre 5 y > 50	Ereño - Sta. Eufemia
Rekalde II+III	22047S13-14	45-50	Entre 10 y 30	Acuifero Rekalde
Arroyo Rekalde		±45-50	Entre " 5 y >30	Acuifero Rekalde
Rekalde I	22047S15	25	Inaforable directamente captado (1-5)	Ereñozar
Dialde	22047S25	15	Entre 100 y 1000	Ereñozar

La toma de muestras y medidas de conductividad se realizaron durante dos semanas, con un intervalo de 4 - 6 horas la primera semana y una toma diaria la segunda semana.

Unicamente se detectó el trazador en los manantiales de Rekalde II y III y en el arroyo de Rekalde, demostrándose así la individualidad entre las unidades

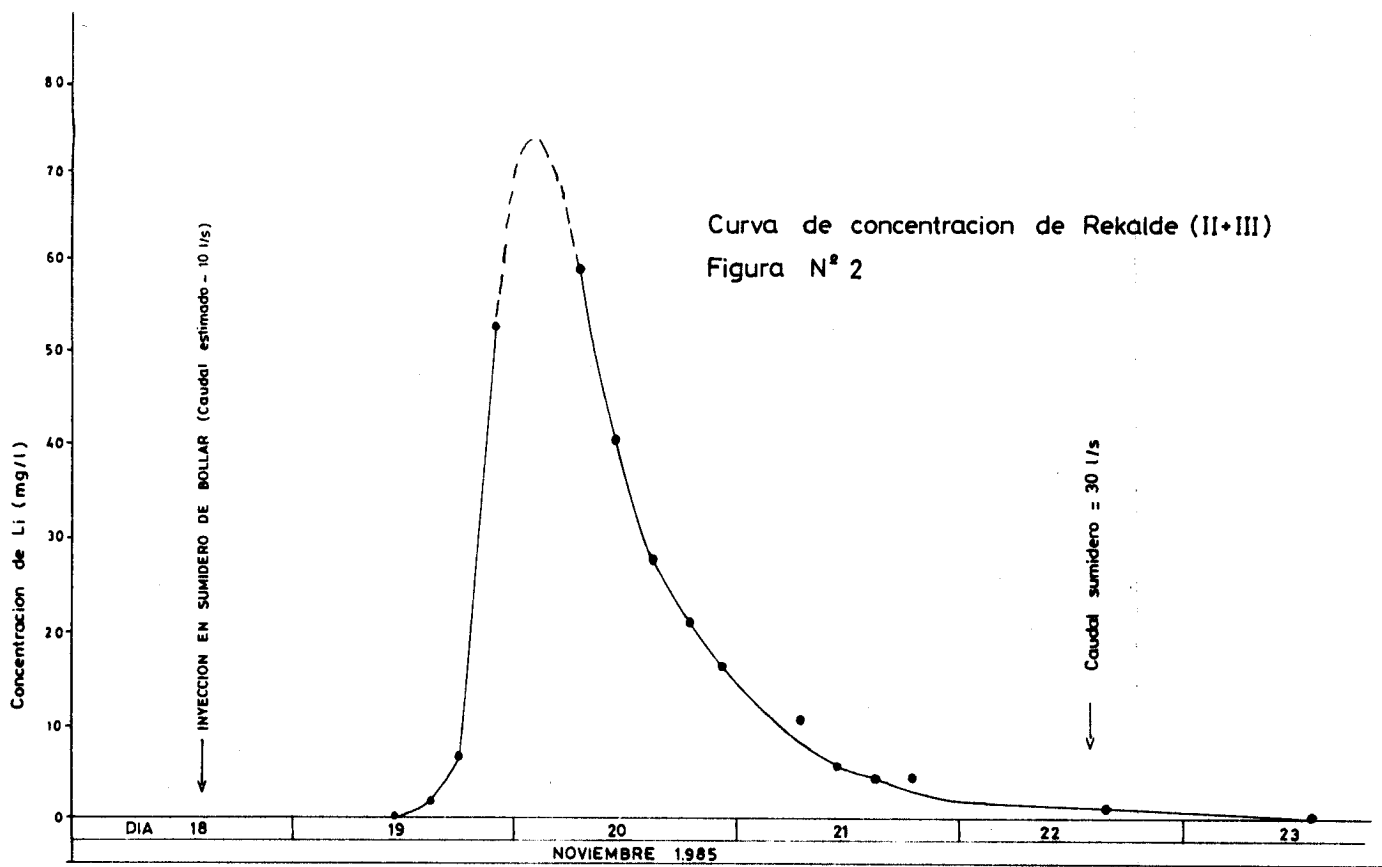
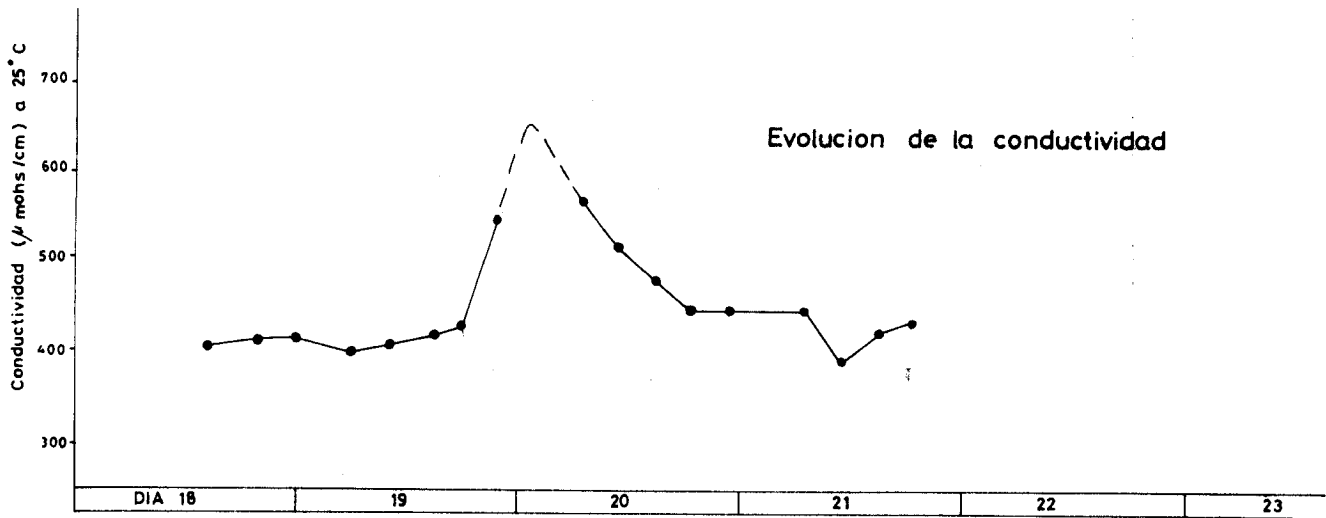
de Ereñozar y Ereño - Santa Eufemia y poniendo de manifiesto la presencia de un acuífero independiente de las dos unidades mencionadas, constituido por una barra de calizas urgonianas individualizada a techo y muro por sendos tramos detríticos impermeables. A este acuífero se la ha denominado "Acuífero de Rekalde".

En la Fig. 2 se ha representado la evolución de la concentración de  $Li^+$  de las muestras recogidas en los manantiales de Rekalde (II+III). También se representa la evolución de la conductividad durante el mismo tiempo. Se observa un sensible aumento de este parámetro coincidente con el aumento de la concentración de  $Li^+$  de las muestras recogidas.

La distancia en planta entre el punto de inyección y el punto de emergencia fue de 1700 metros. Se detectó aproximadamente a las 24 horas de la inyección y la máxima concentración se obtuvo a las 38 horas (tiempo estimado por extrapolación). Según estos tiempos, las velocidades de circulación resultan ser:

- Velocidad máxima 75 m/hora
- Velocidad media 46 m/hora

Demostrada la conexión hidráulica entre el sumidero de Bollar y los manantiales de Rekalde, se ha calculado el gradiente hidráulico entre ambos puntos que alcanza un valor del 8,1%. Esta cifra parece excesivamente elevada por lo que se estima que el sumidero alcanza un notable desarrollo vertical hasta alcanzar la



(Caudal Rekalde (II+III) 25+Captacion = 30 l/s)

ENSAYO DE TRAZADO  
(Sumidero de Bollar)

FIGURA 2

cota suficiente para condicionar un gradiente menor acorde con otras zonas estudiadas (1-3%)

Debido a las especiales condiciones climatológicas habidas durante la realización del ensayo (fuertes lluvias y nevadas), se produjeron grandes variaciones de caudales. Por dicha razón quedan un tanto limitados los cálculos de las relaciones caudales-concentraciones de Li y ClLi por lo que no se tratará el análisis de tales datos, quedando el tema relegado a nuevos ensayos más favorables en los que se realice un control exhaustivo de caudales.

### 3.3.- ENSAYO DE OXINA

En este caso se pretendía estudiar las relaciones hidráulicas entre las unidades de Atxere y Ereño - Santa Eufemia que, al menos en superficie, mantienen un borde común, en un sector del cual se desarrolla una gran dolina donde existen manantiales y sumideros.

Se inyectó en el sumidero de Oxina, situado a 138 metros de cota (Fig, 1, Cuadro 1), una salmuera de 50 Kg, de ClLi, durante 10 minutos en un caudal de unos 60 l/s. La inyección se realizó el 13 de Enero de 1.986 a las 12 horas.

Se realizó la toma de muestras y conductividad en los puntos de agua reflejados en el Cuadro III.



CUADRO III

PUNTOS DE AGUA CONTROLADOS DURANTE EL ENSAYO		COTA (m, s. n. m.)	CAUDALES MEDIDOS Y O AFORADOS DURANTE EL ENSAYO (l/s)	UNIDAD HIDROGEOLOGICA
DENOMINACION	Nº INVENTARIO			
Sumidero Oxifa		138	Entre 60 y > 30	Atxere
Laida	22047N07	6	Entre 25 y > 100	Atxere
Arketas	22047N05	7	Entre 25 y > 100	Atxere
Argatxa	22047S11	5	Entre 50 y 1000	Atxere
Rekalde II+III	22047S13-14	45-50	Entre 10 y 50	Acuifero Rekalde
Arroyo Rekalde		≈45-50	Entre 10 y 50	Acuifero Rekalde

La toma de muestras y medidas de conductividad se realizaron durante 5 días, con un intervalo de 4-6 horas.

Unicamente se detectó ClLi en el manantial de Argatxa. En la Fig, 3 se representa la evolucion de la concentracion de Li<sup>+</sup>, asi como de la conductividad para dicho manantial. En este caso el aumento de la conductividad no es tan elevado como en el ensayo anterior (solo 30  $\mu$ mos/cm). Ello es debido a que las mayores concentraciones de Li<sup>+</sup> registradas en este manantial son sensiblemente inferiores a las registradas en el otro ensayo (aproximadamente 1/6).

La distancia recorrida por el trazador entre el punto de inyeccion y el punto de emergencia fue de 1600 metros. Se detectó aproximadamente a las 24 horas

# ENSAYO DE TRAZADO (Sumidero de Oxina)

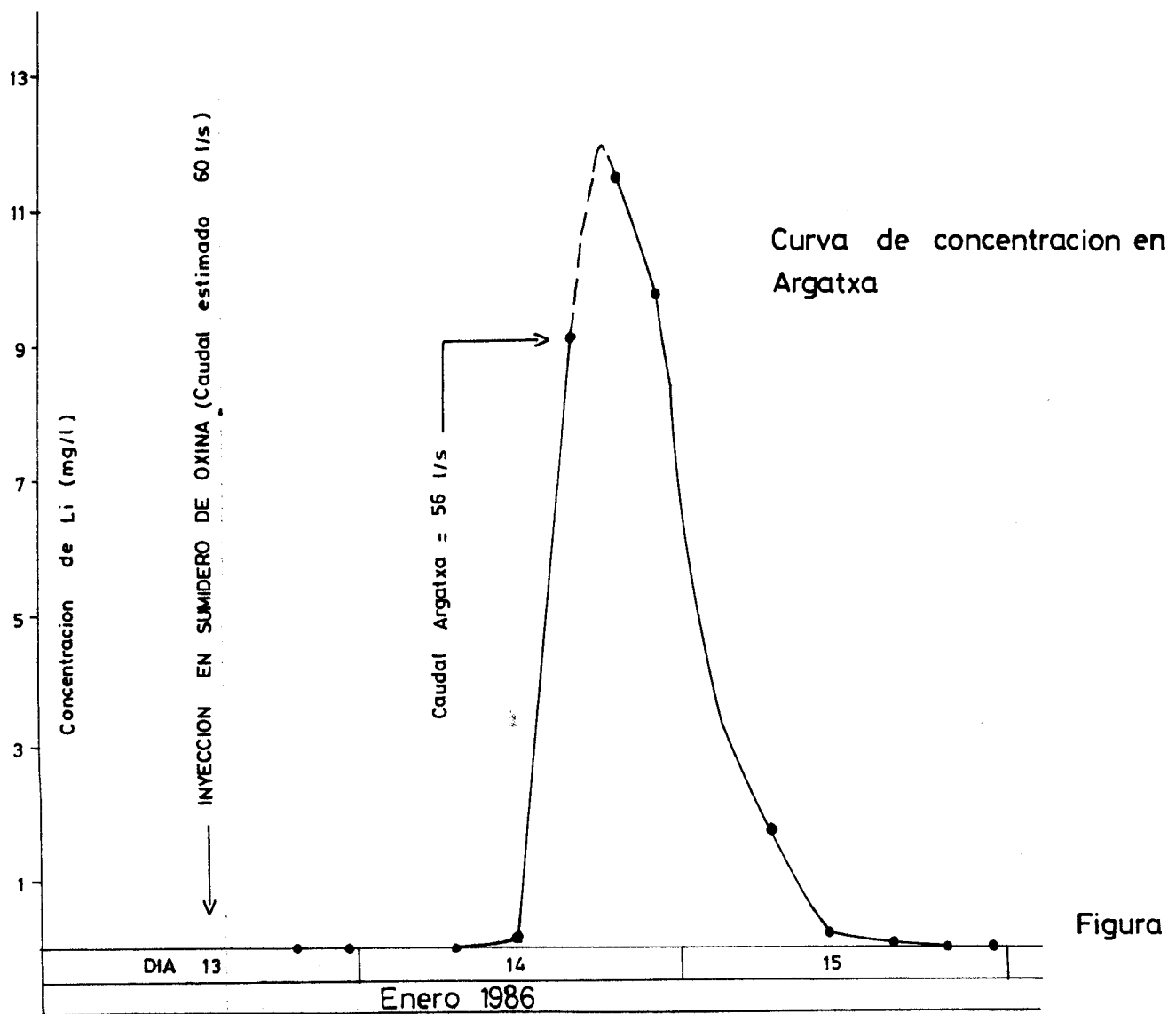
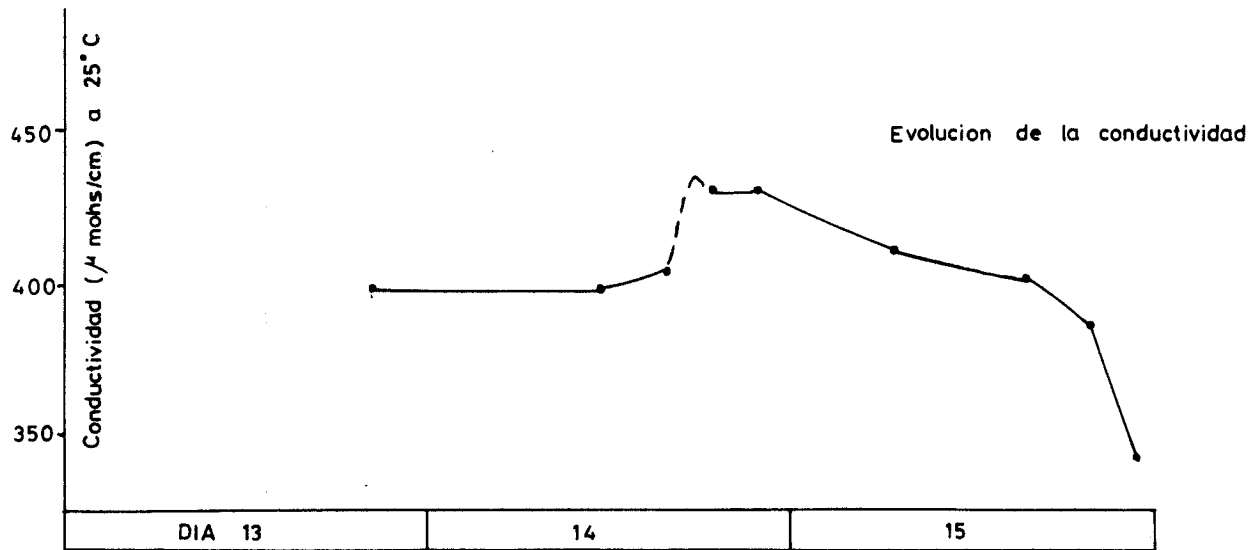


Figura 3

de la inyección y la máxima concentración que se obtuvo fue a las 30 horas (tiempo estimado por extrapolación). Según estos datos las velocidades de circulación son:

- Velocidad máxima = 67 m/hora
- Velocidad media = 54 m/hora

El gradiente hidráulico calculado para la conexión Oxina - Argatxa alcanza un valor del 8,3 %. Esta cifra, como en el caso de la conexión Bollar - Rekalde, parece excesivamente elevada. Por ello, igualmente se estima, que el sumidero alcanza un notable desarrollo vertical hasta alcanzar la cota suficiente para condicionar una gradiente menor acorde con otras zonas estudiadas (1 - 3 %).

De acuerdo con el resultado del ensayo, se confirma que el agua drenada por la Unidad Ereño - Santa Eufemia se infiltra en la Unidad de Atxere y emerge por el manantial de Argatxa

#### **3.4.- ENSAYO DE INUBIJA**

Se inyectó en el sumidero de Inubija (cota 95 m) (Ver Fig. 1, Cuadro 1) una salmuera de 50 Kg, de  $CaCl_2$ , en un caudal de unos 4 l/s. Dicha inyección se realizó a las 13 horas del 15 de Abril de 1.986.

Se tomaron muestras y se midió la conductividad en los puntos de agua reflejados en el Cuadro IV

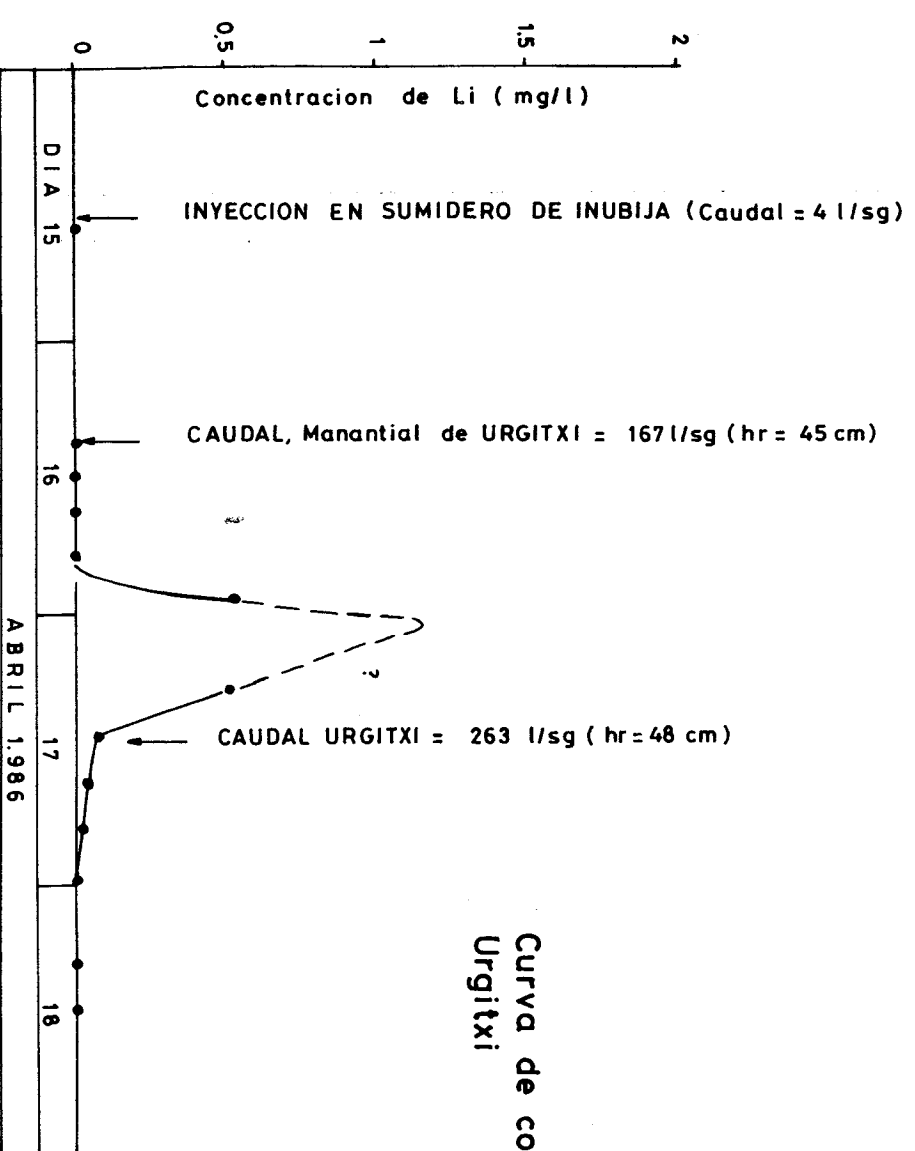
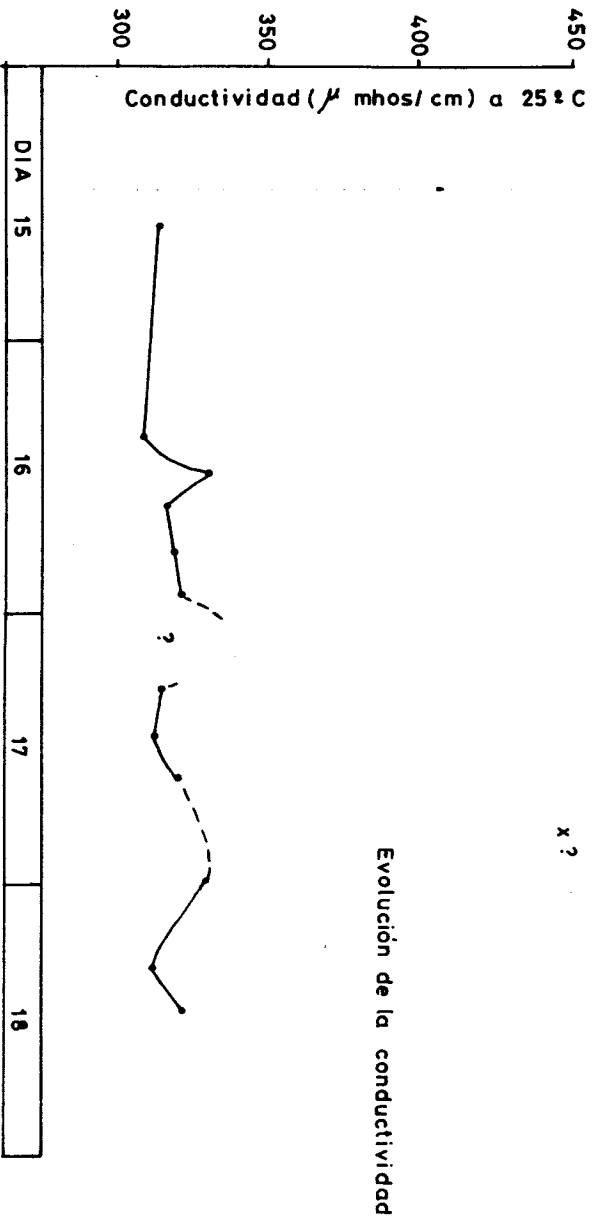
CUADRO II

PUNTOS DE AGUA CONTROLADOS DURANTE EL ENSAYO		COTA (m, s. n. m.)	CAUDALES MEDIDOS Y O AFORADOS DURANTE EL ENSAYO (l/s)	UNIDAD HIDROGEOLOGICA
DENOMINACION	Nº INVENTARIO			
Sum, Inubija		95	Entre 4 y 10	Ispaster
Argin	22048803	70	Entre 50 y 300	Ispaster
Urgitxi	22048813	30	Entre 150 y 300	Ispaster
Dibar	23054N13	45	Entre 20 y 50	Ereño - Sta. Eufemia
Okamika	23054N14	50	Unos 5 - 10	Ereño - Sta. Eufemia
Trakamaill	23045S04	23	25 - 150	Ispaster
Arroyo Dibar		* 45	Entre 5 y 10	Ereño - Sta. Eufemia

La toma de muestras y medidas de conductividad se realizaron durante 5 días, con un intervalo de unas 4 - 6 horas.

Únicamente se detectó ClLi en el manantial de Urgitxi (Fig. 4). Las concentraciones de Li<sup>+</sup> detectadas han sido muy reducidas (0,55 mg/l como máximo), correspondientes al inicio y descenso de la nube de paso del Li<sup>+</sup> por el manantial. De todas formas los valores son lo suficientemente representativos como para demostrar la conexión sumidero Inubija - Manantial de Urgitxi. También se representa la evolución de la conductividad durante el mismo tiempo. Debido a las escasas concentraciones del Li<sup>+</sup> detectadas en el manantial no se registra ninguna relación significativa con la conductivi-

# ENSAYO DE TRAZADO (Sumidero de Inubija)



Curva de concentración en Urgitxi

Figura 4

dad, como en los dos ensayos anteriores.

La distancia recorrida entre el punto de inyección y el punto de emergencia fue de 2900 m. Se detectó aproximadamente a las 30 horas de la inyección y la máxima concentración se supone sobre las 35 horas (tiempo estimado por extrapolación). Según estos tiempos las velocidades de circulación mínimas (ya que se ha considerado en línea recta la distancia entre el sumidero y el punto emergencia) son:

- Velocidad máxima = 97 m/hora
- Velocidad media = 83 m/hora

El gradiente hidráulico calculado entre los puntos de inyección y salida alcanza un valor de 1,4 %.

### **3.5.- ANALISIS DE RESULTADOS**

Los ensayos de trazado realizados mediante Cloruro de Litio permiten establecer consideraciones de tipo metodológico y conclusiones objetivas respecto a las características hidrogeológicas de las unidades estudiadas.

Con relación a los aspectos metodológicos se pueden citar los siguientes aspectos:

- El Cloruro de Litio resulta ser un trazador eficaz debido a su fácil manipulación, inocuidad, fácil detección, escasa interacción con el terreno, baja o nula

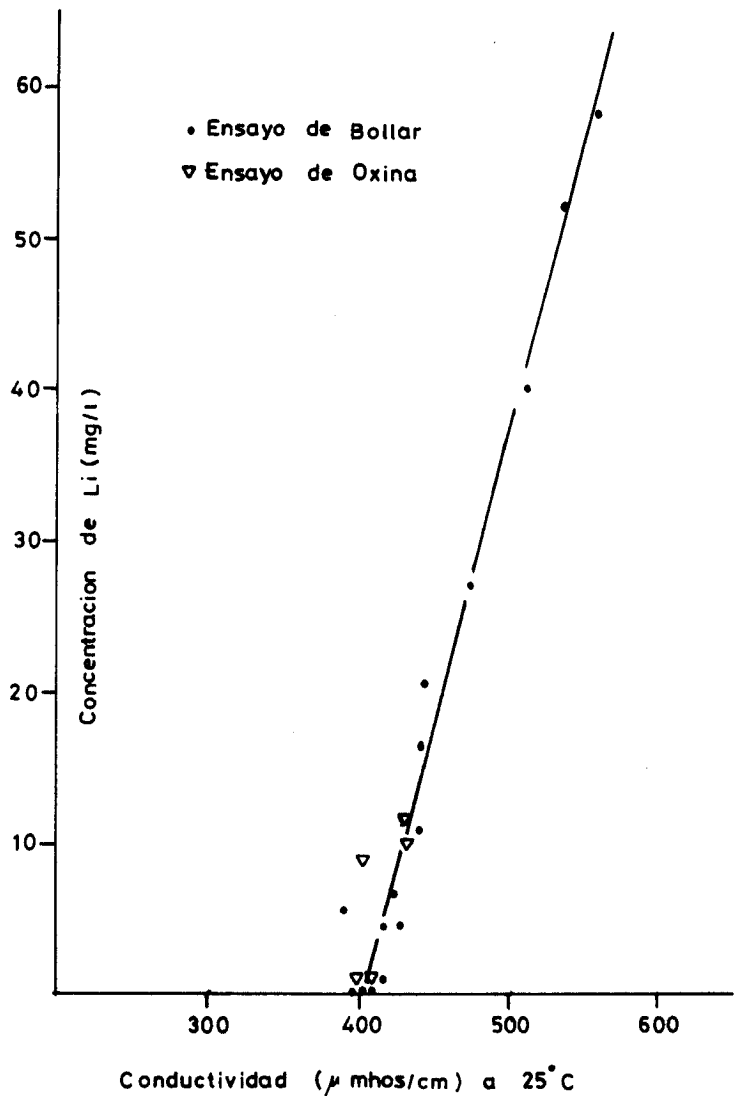
concentración natural en las aguas de la zona y sobre todo su ausencia de color que no provoca alarma en los usuarios.

- La mayor desventaja del producto utilizado estriba en su ausencia de color, lo que obliga a muestreos sistemáticos de todos los puntos de posible afección, durante tiempos prolongados.

- El inconveniente anterior se puede subsanar, en algunos casos, utilizando medidas de conductividad en las surgencias controladas. En la Fig. 5 se presenta la relación existente entre la concentración de  $\text{Li}^+$  (en mg/l) y la conductividad del agua. Tal relación es lineal con mayor coeficiente de correlación a medida que aumenta el contenido de Litio. A pesar de esta circunstancia no puede obviarse la toma de muestras en puntos que no acusen incremento de conductividad puesto que pueden influir otros factores: baja concentración del trazador, incrementos de conductividad debidos a otras causas... etc.

- Durante los ensayos realizados se han producido variaciones significativas en las condiciones climatológicas de la zona que han supuesto modificaciones más o menos bruscas en los caudales infiltrados en los puntos de inyección y en las salidas controladas. Ello dificulta los análisis cuantitativos de los ensayos y pueden introducir factores de incertidumbre en las cifras de

Figura N°5  
 Relacion lineal  
 Conductividad - Concentracion  
 de litio en las muestras  
 recogidas durante los  
 ensayos de trazado



velocidad de circulación. En cualquier caso, este aspecto es ajeno al método utilizado y se refiere en general a la dificultad que supone predecir con antelación de varios días o semanas las condiciones meteorológicas de la zona. Una forma de obviar este inconveniente consistiría en instrumentar todos los puntos de control así como el de inyección.

Con respecto a las consideraciones de tipo hidrogeológico se pueden citar las siguientes:



- Se confirma la individualidad del acuífero de Rekalde constituido por una barra de calizas urgonianas situada entre las unidades de Ereñozar y Ereño- Santa Eufemia.
- Se confirma la desconexión entre las unidades de Atxere y Ereño - Santa Eufemia y se pone de manifiesto que el agua drenada en Oxíña por la segunda unidad se infiltra en la primera y se establece una línea de flujo entre el sumideo de Oxina y el manantial de Argaxa.
- Se pone de manifiesto la conexión entre la dolina de Inubija con el manantial de Urgitxi permitiendo establecer los límites aproximados entre las unidades de Ereño - Santa Eufemia e Ispaster.
- Las velocidades medias de circulación varían entre 46 y 83 m/hora según los casos.