

origen de las  
variaciones del valor de  
los parámetros, índices  
de contaminación y  
características de un  
agua contaminada, en  
un pozo de una granja  
porcina

por  
**ANSELMO FONT PAGÉS**  
Farmacéutico Titular  
Celrà (Girona)

No deben admitirse otras causas  
que las indispensables para las  
explicaciones de los fenómenos.  
*Isaac Newton*

#### MOTIVOS DEL TRABAJO

Por haber situado el Excelentísimo Ayuntamiento de la Ciudad de Girona un vertedero de basuras en la cabecera de la cuenca de la riera de Pelagret, en la falda de la montaña del Santuario de Nuestra Señora dels Àngels, riera que discurre por el barrio de Pelagret del municipio de Celrà como Farmacéutico Titular nos propusimos hacer un estudio de su posible influencia sobre los acuíferos que alimentan a los pozos de las viviendas del mencionado barrio.

Después de una visita al vertedero a los quince días de su puesta en explotación en febrero de 1981, al hacer un estudio geológico de la cuenca de la riera y un primer análisis de potabilidad de seis pozos que elegimos como los más propensos a que pudieran ser afectados, nos llevaron a las siguientes conclusiones previas:

1.º- El vertedero de basuras está ubicado en la cabecera de la cuenca de la riera de Pelagret, en terrenos impermeables del silúrico, donde la contaminación afectará casi exclusivamente a las aguas superficiales:

2.º- Los seis pozos que pudieran quedar afectados por las aguas de escorrentia de la riera, situados en una zona de terrenos de cultivo y actividades ganaderas, corresponden; uno al acuífero aluvial cuaternario del río Ter (señalado con el n.º 1); cuatro al acuífero eoceno de Girona, situado bajo el estrato de margas azules con alternancias calcáreas por el que discurre la riera de Pelagret desde el Mas Barrera (n.º 2, 3, 5 y 6); y el otro (n.º 4) perforado en una cota superior (Fig. 1).

3.º- Los dos pozos extremos (n.º 1 y 5) de agua potable en nuestro primer muestreo, son de reciente construcción y están debidamente tapados, los cuatro restantes son pozos antiguos abiertos y cuyas aguas actualmente no son potables debido, tanto al poso que con el tiempo se habrá acumulado en su fondo, como a las actividades ganaderas que se desarrollan en su proximidad.

4.º- Los controles de los dos pozos extremos no contaminados, serán los más significativos en cuanto a la influencia del vertedero de basuras sobre los acuíferos, siempre y cuando no resulten afectados por una accidental contaminación local. En los restantes se manifestará por un aumento del valor de los parámetros.

5.º- Teniendo en cuenta la distancia del vertedero de basuras a los pozos que pudieran ser afectados, y que si bien la cuenca superior de la riera de Pelagret está formada por terrenos impermeables del silúrico, pudiera ocurrir la remota posibilidad que estuviera

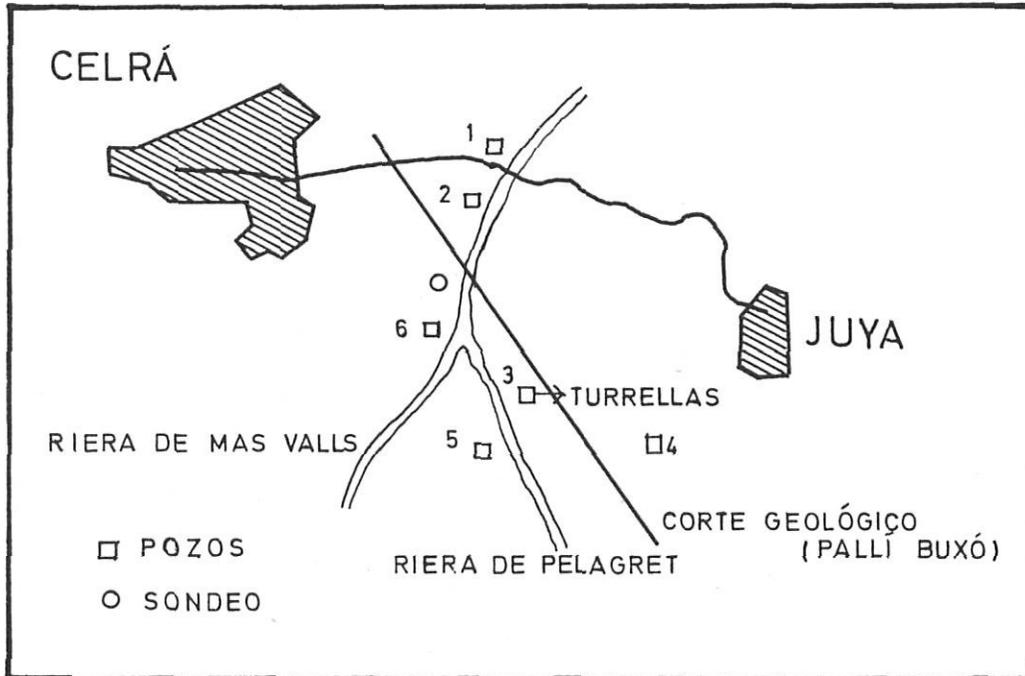


Fig. 1

situado sobre una zona fracturada o un afloramiento más o menos permeable; y por otra parte, que la posible contaminación por infiltración de las aguas de escorrentía en la cuenca inferior de margas azules con alternancias calcáreas, está condicionada por un accidental arrastre de basuras en épocas muy lluviosas, que es únicamente cuando en forma torrencial discurren por la riera; o por aguas de lavado del vertedero, de producirse un largo período de intensas lluvias que dieran lugar a una larga continuidad en el discurrir de la misma.

*Ambos motivos nos hicieron suponer que su avance sería lento y prácticamente sin consecuencias contaminantes para los acuíferos.*

*Debemos considerar por otra parte, que según manifestación del Exmo. Ayuntamiento de Girona, el vertedero solamente estará en uso durante el plazo de dos años, hasta que se ponga en marcha el proyectado incinerador de basuras en Campdorà.*

Unas aparentes anomalías en el agua de uno de los pozos controlados en los parámetros índices de contaminación, nitritos y materia orgánica, nos hicieron sospechar el origen de las mismas, lo que motivó que intentáramos poder llegar a su confirmación con el presente trabajo.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Situación de los pozos controlados

En el anterior esquema indicamos la situación de los seis pozos controlados del valle de la riera de Pelagret (Fig. 1), los cuales relacionamos a continuación con un número de orden, nombre del propietario, situación en cuanto a la riera, distancia al eje de la misma,

profundidad, y finalmente indicamos el acuífero a que pertenecen.

N.º	Nombre	Situación	Distancia	Profundidad
1	J.V.S.	Margen izquierda	50 m aprox.	15 m aprox.
2	J.T.M.	Margen derecha	60 m aprox.	20 m aprox.
3	J.F.B.	Margen derecha	50 m aprox.	20 m aprox.
4	M.V.T.	Margen derecha	150 m aprox.	12 m aprox.
5	Granja	Margen izquierda	30 m aprox.	5 m aprox.
6	M.C.C.	Margen izquierda	100 m aprox.	16 m aprox.

### 1.2 Sondeos de reconocimiento

En el estudio del proyecto del Polígono Industrial de Celrà, un sondeo de reconocimiento realizado en el acuífero eoceno de Girona, en un punto próximo al pozo n.º 6, dio las siguientes potencias:

Margas 10 metros  
Calizas 95 metros  
Areniscas. el resto hasta 180 metros

1.3 El Dr. Luis Pallí Buxó en su estudio ESTRATIGRAFÍA DEL PALEÓGENO DEL EMPORDÀ Y ZONAS LIMÍTROFES, en el corte de terreno correspondiente a Pelagret, "Serie n.º 5 CELRÀ" (Fig. 2), realizada entre la montaña de "Can Torrellas" y la carretera de Celrà a Juyá en el kilómetro 1; en su conjunto de la serie puede resumirse (Fig. 3):

TECHO - Plioceno

a) Un nivel arenoso (arcósico) y calizas detríticas al final, con una potencia de 94 m (Miembro Barcons).

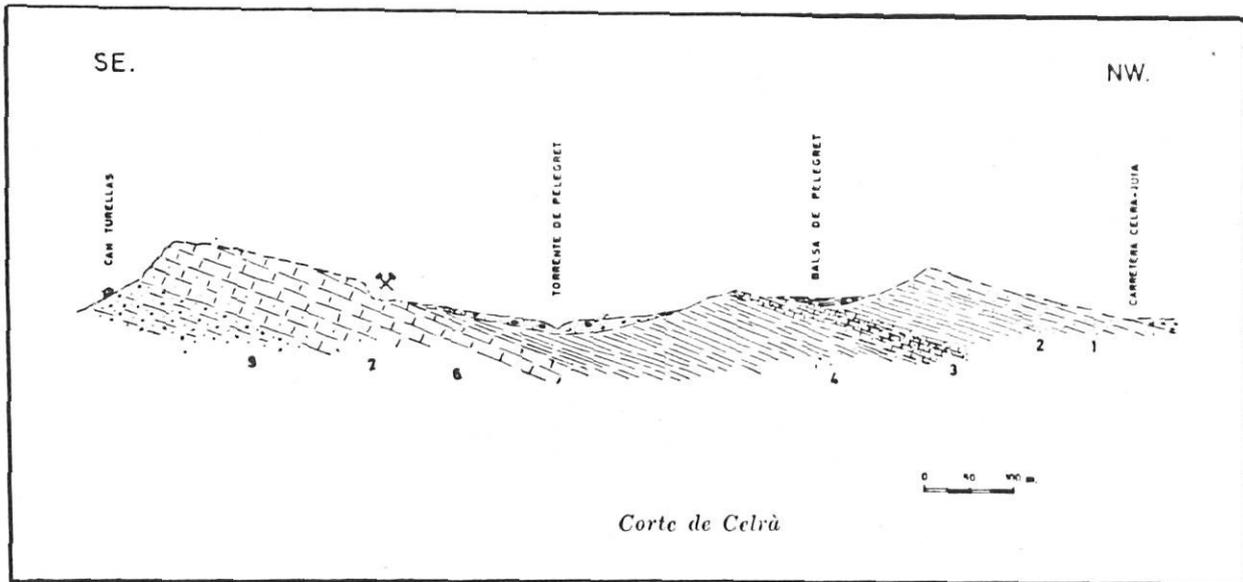


Fig. 2

- b) Un nivel arcilloso con abundante fauna, de 250 m de espesor (Formación Banyoles).
- c) Un nivel de calizas nummulíticas con 121 m de potencia (Formación Girona).
- d) El nivel rojo detrítico de base que, por hallarse tectonizado y en parte cubierto, no se ha medido ni efectuado descripción (Fig. 3).

YACENTE - Paleozoico

- e) Areniscas rojo vinosas o nivel rojo detrítico basal.

Según el estudio realizado por PROHIDRO para el Polígono Industrial; otro corte del terreno lo representamos en la figura n.º 4, en la que indicamos la situación del sondeo; y en la Fig. 5, su situación dentro del croquis de la totalidad de cuenca de la riera de Pelagret (1.2).

1.4 Características de los seis pozos:

La profundidad de los pozos la referimos a su nivel piezométrico a capa freática.

Los números 1 y 5 son de reciente construcción; los cuatro restantes son pozos antiguos.

Tienen las siguientes característica: El n.º 1 está situado en el acuífero aluvial cuaternario de la cubeta del río Ter; el 2, el 3, el 5 y el 6 pertenecen al acuífero eoceno de Girona; mientras que el n.º 4 se encuentra en una cota superior (unos 20 metros sobre la cota del n.º 5) y por la relativa poca profundidad de su superficie piezométrica, debe pertenecer a otro acuífero en un estrato superior.

Considerando que el sondeo dio una profundidad para las calizas de 10 metros, podemos afirmar que los cuatro pozos que tiene a su alrededores están en íntima

relación con el acuífero eoceno de Girona de calizas nummulíticas karstificadas.

Referente al pozo n.º 5, se profundizó hasta los 9 metros, en que aparecieron; tiene una capa de agua de 4 a 5 metros de altura y se extraen diariamente unos 5.000 litros; lo que nos permite deducir la importante capacidad del embalse del acuífero.

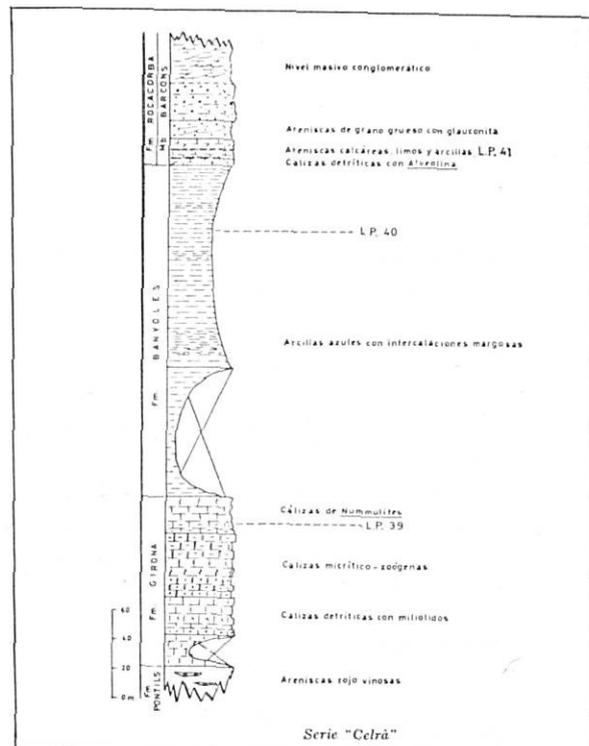


Fig. 3

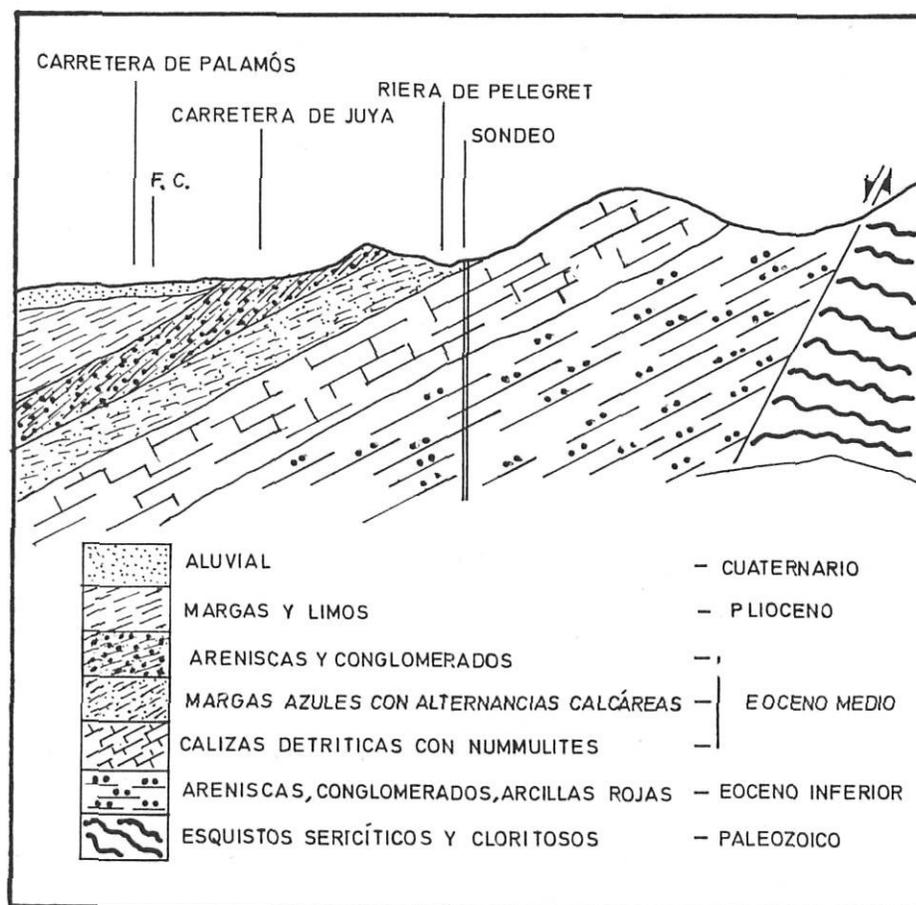


Fig. 4

## 2. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Como el fin perseguido era controlar la potabilidad de los pozos, nos propusimos determinar, como parámetros que son **índices de contaminación**:

Materia orgánica (en  $O_2$  absorbido del permanganato)  
 Cloruros ..... (en mg/l de Cl)  
 Amoníaco ..... (por reacción directa)  
 Nitritos ..... (por reacción directa)  
 Nitratos ..... (en mg/l de  $NO_3$ )

y como parámetros que son **características de un agua contaminada**:

- Bacterias coliformes totales
- Bacterias coliformes fecales
- Estreptococos fecales
- Bacterias anaerobias esporuladas sulfito reductoras (clostridium)
- Gérmenes aerobios viables

Si consideramos que desde el vertedero de basuras a los pozos hay una distancia aproximada de 7 Km; distancia muy respetable si tenemos en cuenta que la

circulación del agua en los acuíferos de gravas muy permeables es en general lenta, de unos centímetros a unos pocos metros al día, y que este no sería el caso de una infiltración desde la capa de basuras depositadas en el vertedero, por estar situado en terrenos paleozoicos impermeables formados por esquistos sericíticos y cloritosos; y por otra parte, la infiltración de las aguas de escorrentía donde están situados los pozos, en el caso de que fueran arrastradas por ellas las basuras y pudieran llegar a contaminar el acuífero de calizas karstificadas, sólo podría ocurrir en las épocas de intensas lluvias, porque durante la mayor parte del año está seca la riera de Pelagret; y cuando lleva agua lo hace de forma torrencial impetuosa hasta el río Ter.

Por ambos motivos no puede ser inmediata una improbable contaminación; los cuales nos decidieron a establecer un control trimestral durante dos años.

Con los resultados analíticos del primer muestreo, junto a los siete restantes, esperamos poder llegar a unas conclusiones que nos confirmen nuestras sospechas sobre el pozo que ha motivado el presente trabajo.

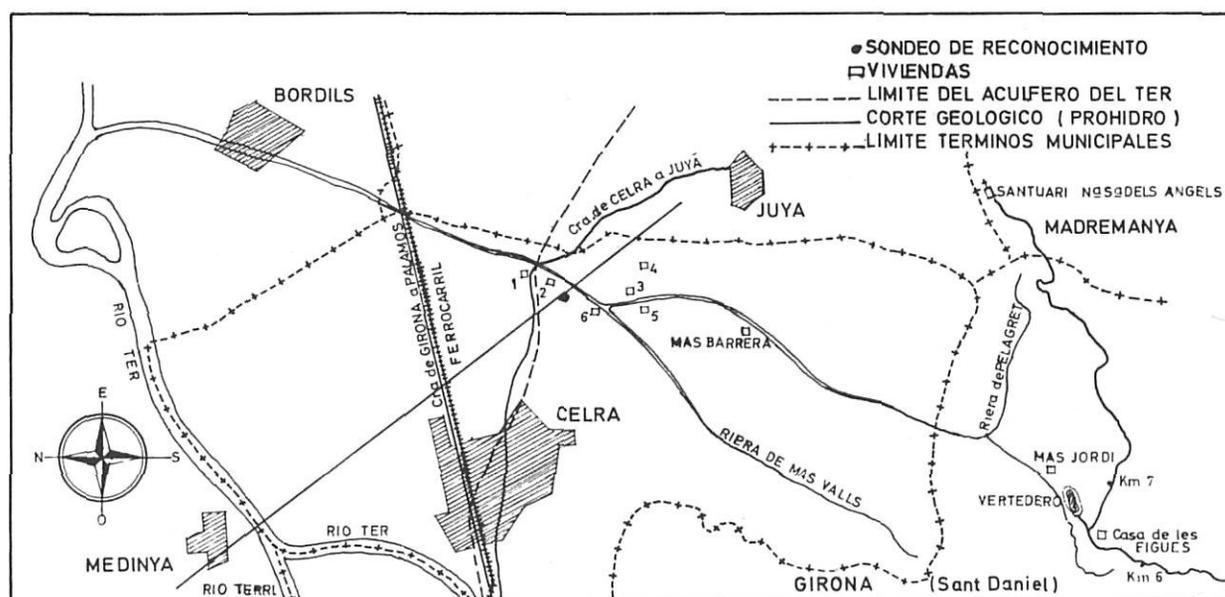


Fig. 5

## 5. RESULTADOS ANALÍTICOS, OBSERVACIONES Y COMENTARIO A LOS MISMOS

### 3.1 Primer control:

Día 16-3-1981

PARÁMETROS	POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4	POZO 5	POZO 6
MATERIA ORGÁNICA	0,8	0,8	2	1,6	6,2	1,2
CLORUROS	28,4	32	46,2	28,4	32	35,5
AMONIACO	—	—	—	—	—	—
NITRITOS	—	—	—	—	+	—
NITRATOS	0,8	0,8	1	1	0,8	0,8
COLIBACILOS	0	>16	>16	>16	<5,1	>16
COLI. FECALES	—	+	+	+	—	—
ESTREPTOCOCOS	0	9,1	>16	>16	0	9,1
BAC. VIABLES	29	671	420	1000	1	25
BAC. ANAEROBIAS	0	0	0	0	0	0
POTABILIDAD	POTABLE	NO POT.	NO POT.	NO POT.	POTABLE	NO POT.

3.1.1 **Observaciones** -El muestreo se realizó en época lluviosa.

Las granja a que pertenece el pozo n.º 5 está destinada a la reproducción y engorde de ganado porcino, con una capacidad para 92 cerdas madres y 600 cabezas de engorde.

Está situada a un nivel superior al del pozo y a unos 80 metros de la riera de Pelagret. Reúne, entre otras, las condiciones sanitarias vigentes en cuanto a la eliminación de aguas residuales.

La fosa de recogida de purines (estiércol líquido), debidamente impermeabilizada, tiene capacidad suficiente para 100 días, lo que permite puedan quedar almacenados en épocas de lluvia, hasta que sea posible su extracción para ser utilizados como fertilizantes. No observamos ningún vertido que pudiera llegar a la riera de Pelagret.

A unos 6 m del edificio está situada la fosa de destrucción de cadáveres, igualmente a nivel superior que el pozo y a unos 50 m del mismo, que a su vez dista

otros 30 de la riera. Dicha fosa consiste en un pozo de 2 m de diámetro y 15 de profundidad, no estando impermeabilizado su fondo, el cual evidentemente está situado a pocos metros por encima de la superficie piezométrica del acuífero.

Son bombeados unos 5.000 litros de agua diarios y se calcula que el caudal que puede dar el acuífero es de 15.000 a 20.000 litros hora.

Empezó su explotación en Julio de 1980; o sea que a los 8 meses verificamos el primer muestreo, en cuyo momento la fosa contenía unos 10 cadáveres.

**3.1.2. Comentario** – Los dos únicos pozos en aquella fecha no contaminados eran los situados uno en cada extremo del sector actualmente habitado de la cuenca de la riera de Pelagret que controlamos, zona dedicada a labores agropecuarias.

El número 1, perteneciente al acuífero aluvial cuaternario del río Ter, está adosado a la vivienda, rodeada de terrenos de cultivo. Un anterior análisis de potabilidad realizado el 26/8/1980, en cuanto a la colimetría y estreptometría dio también resultado negativo.

Referente al número 5 situado en un pequeño bosque a muy poca altura de la riera y a 50 m de la granja, nuestra sospecha de contaminación por su alto contenido en materia orgánica (6,2 mg/l) y la presencia de nitritos, no fue confirmada por el análisis bacteriológico.

En la inspección a los cuatro pozos restantes pertenecientes, a excepción del n.º 4, al acuífero eoceno, pudimos observar:

El pozo n.º 2, situado en plena zona de actividades agropecuarias, adosado a una antigua masía actualmente destinada para vivienda en los fines de semana;

se trata de un pozo descubierto y por lo tanto sin protección, contiguo al huerto que sigue cultivándose; motivos por los cuales está contaminado.

Los más afectados por la contaminación fueron los números 3 y 4. El primero, sin protección superior, está situado a unos 5 m de la masía can Torrellas en un terreno inclinado, observándose como las aguas residuales de los establos discurren hacia el pozo. El número 4 es el más contaminado, también descubierto, situado en el patio de otra masía entre un estercolero y el establo de los terneros; además bordeando el pozo por la parte exterior del patio, circulan en forma de alcantarilla al descubierto, las aguas del desagüe de la cocina.

El menos contaminado es el número 6, situado al exterior de un grupo de tres viviendas, próximo también a terrenos de cultivo, pero más alejado de focos ganaderos, y de la misma forma que los anteriores aparece descubierto.

En el examen de los resultados analíticos del primer muestreo ante el hecho de que, no obstante el valor elevado de la materia orgánica y la presencia de nitritos, el pozo n.º 5 no estuviera contaminado, y a fin de determinar la causa de la anomalía, creímos pudiera ser interesante en los próximos controles de dicho pozo, así como en los de su vecino el n.º 4, que nos servirá de comparación, ampliar las determinaciones a los parámetros pH, conductividad, alcalinidad, dureza, calcio, magnesio, fosfatos y sulfatos.

El resultado del primer análisis nos hizo sospechar que el origen del valor de los parámetros nitritos y materia debíamos atribuirlo a la mencionada fosa de destrucción de cadáveres.

Después del estudio de las siete series de análisis trimestrales a realizar, supusimos poder alcanzar nuestro objetivo.

### 3.2 Segundo control:

Día 10-6-1981

PARÁMETROS	Pozo 5		Pozo 4
	16/3/81	10/6/81	10/6/81
MATERIA ORGÁNICA en mg/l de O <sub>2</sub> absorbido	6,2	0,88	1,2
CLORUROS en mg/l de Cl'	32	35,5	28,4
AMONÍACO (por reacción directa)	—	—	—
NITRITOS (por reacción directa)	+	—	—
NITRATOS en mg/l de NO <sub>3</sub>	0,8	1,5	1,5
COLIBACILOS en N.M.P.	<2,2	0	>16
COLIBACILOS FECALES	—	—	+

PARÁMETROS	Pozo 5		Pozo 4
	16/3/81	10/6/81	10/6/81
ESTREPTOCOCOS N.M.P.	0	>16	>16
BACTERIAS VIABLES por 1 ml/agua sembrada	1	6	20
BACTERIAS ANAEROBIAS SULF. RED. en 10 ml/id	0	0	0
CONDUCTIVIDAD en microsiemens		377	463
pH		7,92	7,59
DUREZA en grados franceses		17	14
CALCIO en mg/l de Ca <sup>++</sup>		60,1	48
MAGNESIO en mg/l de Mg <sup>++</sup>		4,8	4,8
SULFATOS en mg/l de SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		24	23
FOSFATOS en mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>===</sup>		0	0,05
ALCALINIDAD en mg/l de CO <sub>3</sub> Ca		140	80

3.2.1. **Observaciones:** El muestreo se realizó en época seca. Se han hechado a la fosa 5 cadáveres.

3.2.2. **Comentarios:** Recordemos que la contaminación del pozo n.º 4 es debida a su situación en el patio de una masía, al lado del establo con terneros y próximo al estercolero y además tangente al desagüe de las aguas residuales de la cocina que discurren por un surco junto a la pared del pozo (2.1.2).

Los pozos n.º 4 y n.º 5 distan unos 170 metros.

El primer muestreo lo verificamos en época lluviosa (2.1.1), por cuyo motivo podemos atribuir la presencia de la materia orgánica elevada y la de los nitritos, a un rápido transporte en la primera fase de degradación de las proteínas procedentes de los cadáveres; en cambio por encontrarnos al verificar el segundo muestreo en época seca, la normalización de la materia orgánica y la desaparición de los nitritos fue debida a que el nitrógeno procedente de las proteínas habrá llegado al pozo en su última fase de degradación, por cuyo motivo aumentó el valor de los nitratos.

En el segundo muestreo aparecieron estreptococos, al comparar los parámetros índices de contaminación con los característicos de un agua contaminada, no apreciamos una correlación. En cambio en la dureza de ambos pozos, debemos fijarnos que el de más dureza es el número 5, y debida exclusivamente al ión Ca<sup>++</sup>. También debemos considerar la casi doble alcalinidad del referido pozo n.º 5, atribuirle a la cal viva con que se deben cubrir los cadáveres dentro de la fosa, o

también abrir los cerdos fallecidos y rellenarlos con la cal; y por consiguiente el aumento de la dureza es debida exclusivamente al Ca<sup>++</sup> procedente del óxido cálcico añadido a la fosa (2.2).

Finalmente la presencia de estreptococos es atribuible a una deficiente dosis de CaO, que suponen la incompleta destrucción de los cadáveres.

A fin de tener una completa fiabilidad y poder confirmar nuestras deducciones en la comparación de los valores de la dureza, calcio y magnesio de ambos pozos, en el siguiente muestreo ampliamos dichas determinaciones el resto de los pozos eocénicos, y que relacionamos a continuación; seguida de los cinco controles restantes con las observaciones y comentarios de cada uno de ellos.

PARÁMETROS	Día 14-9-1981				
	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Pozo 6
DUREZA	29	32	14	21	32 12
CALCIO	88	60	48	76,2	60,12
MAGNESIO	17	41,13	4,8	4,8	41,13

De la comparación de estos valores, los pozos que los tienen menos uniformes, son precisamente los números 4 y 5 que controlamos, a excepción de la igualdad en el valor del magnesio, destacando en cambio la gran diferencia en el del calcio.

Controles, 3.º, 4.º, 5.º y 6.º:

PARÁ-METROS	CONTROLES							
	14-9-1981		7-12-1981		18-3-1982		17-6-1982	
	Pozos		Pozos		Pozos		Pozos	
	4	5	4	5	4	5	4	5
Materia o.	1,2	0,8	1,6	1,04	1,84	4,2	3,4	6
Cl <sup>-</sup>	17,7	28,4	21,3	53,2	39	35,5	46,1	78,1
NH <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	—	—	—	—	—	+	+	—
NO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	1,8	1,5	37,5	2,3	62,4	2,3	73,6	0,8
Coli.	>16	9	>16	>16	>16	>16	16	16
Coli. fecal	—	—	—	—	—	—	+	+
Estrepto.	>16	0	>16	5	>16	>16	>16	>16
B. viables	1.600	22	6.200	130	392	incont.	1.600	3000
B. anaerob.	0	0	0	0	0	0	0	0
Conduc.	350	525	230	310	580	455	790	890
pH	7,60	7,43	7,59	7,43	7,65	7,65	7,82	7,62
Dureza	14	21	14	21	14	22	27	28
Ca <sup>++</sup>	48	76,6	48	76,6	48	88	76,1	80,1
Mg <sup>++</sup>	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	9,7	19,4	19,4
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	28,8	24	28,8	38,4	28	192	0,96	19,2
PO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	0,3	0,15	0,48	0,1	0,2	0,08	0,1	0,1
Alcalin.	80	220	95	155	105	220	325	345

Controles, 7.º y 8.º:

PARÁ-METROS	CONTROLES			
	14-9-1982		16-12-1982	
	Pozos		Pozos	
	4	5	4	5
Materia o.	1,28	2,32	1,2	2,4
Cl <sup>-</sup>	49,7	106,5	35,5	71
NH <sub>3</sub>	—	—	—	—
NO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	—	—	—	+
NO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	54	1,6	64	4,2
Coli.	16	16	16	9,2
Coli. fecal	+	—	+	—
Estrepto.	16	16	16	9,2
B. viables	1.500	incont.	8.500	600
B. anaerob.	0	0	0	0
Conduc.	540	590	435	400
pH	7,81	7,15	7,65	7,02
Dureza	29	31	24	25
Ca <sup>++</sup>	48	100,2	48	72,1
Mg <sup>++</sup>	9,7	14,5	31,6	14,5
SO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	54,72	71,04	81,6	114,2
PO <sub>4</sub> <sup>++</sup>	0,6	1,3	0,15	0,05
Alcalin.	145	165	105	105

### 3.3 Tercer control: (14-9-1981)

3.3.1 **Observaciones:** El muestreo se realizó en época seca. Se han echado a la fosa 3 cadáveres.

3.3.2 **Comentario:** A la vista del progresivo aumento de la alcalinidad en el pozo n.º 5, determinamos en este tercer muestreo las razones de alcalinidad en ambos pozos, que nos dieron los siguientes resultados:

ALCALINIDAD	TOTAL	HIDRÓXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS
POZO 4	80	0	0	80
POZO 5	220	0	0	220

El progresivo aumento de la alcalinidad proviene del CaO de la fosa de destrucción de cadáveres, que una vez hidratado a Ca(OH)<sub>2</sub> en presencia del CO<sub>2</sub> originado en la descomposición cadavérica, se solubiliza el calcio en forma de bicarbonato.



No puede formarse CO<sub>3</sub>Ca porque el agua tiene un pH inferior a 8,3; Ph, a partir del cual es cuando aparecen los carbonatos. Por otra parte, en un agua si hay ácido carbónico libre, no pueden existir carbonatos

neutros, pues el CO<sub>2</sub> en presencia de un carbonato forma bicarbonato.

En el siguiente muestreo determinamos el CO<sub>2</sub> libre en ambos pozos.

El aumento de la contaminación bacteriana en el pozo n.º 4, que nos sirve de comparación, evidentemente fue debida al estercolero, las cuadras y las aguas residuales de la masía. Así mismo el aumento del valor de los fosfatos lo debemos atribuir a detergentes fosfatados (2.1.2).

En cuanto al pozo n.º 5, aumentó el número de colonias aerobias viables y el NMP de colibacilos, habiendo desaparecido los estreptococos. Tanto la aparición de fosfatos, el haberse mantenido constantes los valores de los sulfatos y el magnesio, como el haber aumentado en la misma proporción los valores de la alcalinidad dureza y calcio, sigue evidenciándonos la influencia de la fosa, con el defecto de cal viva con que son tratados los cadáveres (2.2.2).

### 3.4 Cuarto control: (7-12-1981)

3.4.1 **Observaciones:** Desde el control anterior persistió el tiempo seco, sin llover. No se ha echado a la fosa ningún cadáver.

3.4.2 **Comentario:** En el cuarto muestreo determinamos el CO<sub>2</sub> libre con los siguientes resultados:

CO <sub>2</sub> libre en mg/l	Pozo 4	Pozo 5
	2,2	13,2

En el proceso de descomposición de la materia orgánica, en medio aerobio un producto de oxidación debida a las bacterias es el CO<sub>2</sub>. Cuando no hay entrada de aire, en medio anaerobio se produce la fermentación ácida y la fermentación metánica. En la fermentación ácida las bacterias "queman" igualmente el carbono convirtiéndolo en CO<sub>2</sub> y el oxígeno necesario para ello lo sacan de las combinaciones, y si hace falta, de las moléculas de agua, produciéndose además nitrógeno y pequeñas cantidades de metano y de sulfhídrico; a éstos se añaden los ácidos orgánicos liberados por la disociación de las grasas, como el ácido acético y el ácido butírico que justifican la denominación de fermentación ácida. En la siguiente fase, fermentación metánica, se forma en primer lugar amoníaco y la descomposición de los ácidos grasos da lugar a CO<sub>2</sub> y metano.

A pesar de haber transcurrido nueve meses sin llover desde el primer muestreo que fue en época húmeda, entonces con buen transporte desde la fosa al pozo, queda bien reflejado el aumento del valor del CO<sub>2</sub> en el pozo n.º 5; otra prueba de la influencia de la fosa de destrucción de cadáveres sobre las aguas del mismo.

En cuanto a su contaminación bacteriana siguieron aumentando las colonias de bacterias aerobias viables, así como los colibacilos, reapareciendo además los estreptococos; confirmándonos el defecto de cal viva con que son tratados los cadáveres. En cambio se estacionó el valor de los fosfatos, y como era de esperar, siguieron invariables la dureza, el calcio y el magnesio; no obstante hubo aumento de los sulfatos y disminución de la alcalinidad. Debemos atribuir el origen del aumento del valor de los sulfatos a la descomposición de las proteínas cadavéricas como materia sulfurada orgánica, que después de llegar el azufre a SH<sub>2</sub> para al último grado en la sulfo oxidación bacteriana. El defecto de la cal viva es el responsable de la disminución de la alcalinidad (2.2.2).

### 3.5 Quinto control: (18-3-1982)

3.5.1 **Observaciones:** Después del anterior muestreo se construyó una nueva fosa de destrucción de cadáveres, doble ancha, de 6 metros de profundidad y debidamente impermeabilizada; dejando de utilizarse la primitiva.

También coincidió con el final de un período de nueve meses sin llover por haberse padecido uno de los años hidrológicos más secos del siglo. En la última semana de Diciembre empezaron leves lluvias seguidas

de otras más intensas y persistentes en el mes de enero, que con intermitencias duraron hasta el mes de marzo de 1982.

En cuanto al vertedero de basuras, una vez lleno hasta el borde de un talud que se construyó en su extremo NE para evitar que en épocas de intensas lluvias fueran arrastradas (Fig. 5), dejó de elevarse, lo que motivó que debido a las torrenciales lluvias de mediados de enero bajaran estas con la impetuosa corriente; continuando además en la fecha del control del mes de marzo, discurriendo por la riera de Pelagret las aguas de lixiviación o lavado de las mismas (1.5).

Por otra parte, en la construcción del vertedero se omitió dotarlo del correspondiente drenaje canalizando las aguas de lixiviación a un depósito de recogida para su posterior eliminación; por lo que en aquellas fechas no reunía las condiciones de un vertedero controlado.

Esta circunstancia nos decidió a la captación de otra muestra de la riera, cuyos análisis comparativos fueron:

PARAMETROS	RIERA	POZO 4	POZO 5
Materia o.	5,6	1,84	4,2
NH <sub>3</sub>	+	—	—
NO <sub>2</sub>	+	—	+
NO <sub>3</sub>	3	62,4	3
Cl <sup>-</sup>	42,6	39	35,5
Colibacilos	>16	>16	>16
Estreptococos	9,2	>16	>16
B. anaerobias	0	0	0
Bac. Viables	1.500	342	incont.

### 3.5.2 Comentario:

El agua de la riera adquirió los caracteres organolépticos, color oscuro y el olor desagradable característico de las basuras en estado de putrefacción; al igual que el olor de las aguas del pozo n.º 5; debido a que fue perforado a 30 m de la riera en un delgado estrato de aluvión formado por arena con pequeños cantos rodados, por cuyo motivo pudieron penetrar las aguas de escorrentía en el pozo.

El pozo n.º 4 ha continuado con la consabida contaminación de origen local, si bien con disminución del número de bacterias aerobias viables; mientras que el n.º 5 ha llegado a su máximo el número de bacterias aerobias viables con gran aumento del número de estreptococos.

En dicho pozo n.º 5, debido al mayor transporte por efecto de las aguas de lluvia, ha aumentado, por otra parte, la contaminación procedente de la primitiva fosa

de destrucción de cadáveres; a la cual se ha sumado la procedente de la riera.

En la riera determinamos además el resto de los parámetros, y obtuvimos los siguientes valores:

PARAMETROS	RIERA	POZO 4	POZO 5
Conductibilidad	590	580	455
pH	7,66	7,65	7,65
Dureza	28	14	22
Ca"	96	48	88
Mg"	9,7	4,8	9,7
SO <sub>4</sub> "	336	28	192
PO <sub>4</sub> "	0,04	0,2	0,08
Alcalinidad	285	105	220

Evidentemente el aumento del valor de los parámetros, dureza, calcio, magnesio y sulfatos en el susodicho pozo n.º 5, procedió de la polución por aguas de la riera de Pelagret.

En cuanto a los sulfatos, son procedentes de las proteínas de las basuras, tanto de origen vegetal como animal, que forman parte de su materia orgánica sulfurada, que por sulfo oxidación bacteriana pasando por SH<sub>2</sub>, S, SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>, llega a SO<sub>4</sub>.

La intrusión en el pozo n.º 5 de las aguas contaminadas de la riera de Pelagret por lixiviación de las basuras del vertedero y una nueva visita al mismo nos llevó a estas segundas conclusiones:

1.º – El vertedero se construyó en un afluente de la riera de Pelagret, parcialmente rodeado por una carretera con el petrol inclinado hacia la montaña con la correspondiente cuneta para que discurrieran las aguas de lluvia fuera de las basuras, y con un talud impermeable en su extremo, a fin de que las únicas que pudieran infiltrarse en el mismo, fueran las caídas exclusivamente dentro de su perímetro.

2.º – A continuación de nuestro primer muestreo del día 16/3/1981, después de unos días lluviosos que no llegó a circular la riera, siguieron nueve meses de tiempo seco.

3.º – Pasadas las primeras lluvias de la última semana de diciembre de 1981, nos propusimos girar una visita de inspección a unas charcas que aparecieron contaminadas en el cauce de la riera de Pelagret a fin de recoger muestras de agua para un posterior análisis que, según quejas que nos llegaron, morían los animales que se acercaban a beberlas; lo cual no nos fue posible

realizar debido a que siguieron las torrenciales lluvias de primeros de enero de 1982 que nos lo impidieron.

4.º – Con ellas bajaron las basuras, continuando discurriendo aguas altamente contaminadas, según comprobación por el análisis correspondiente al control del día 20/3/1982.

5.º – Anteriormente, el día 18/3/1982, subimos nuevamente al vertedero, pudiendo comprobar que dejó de completarse la carretera con el correspondiente petrol y cuneta alrededor del mismo, para evitar la intrusión de las aguas de escorrentia, y además, cuando lleno hasta el borde del primitivo talud, no se procedió a elevar el nivel del mismo, por lo que debido al fuerte temporal de lluvias fueron arrastradas las basuras, siguiendo hasta estas fechas discurriendo la riera con aguas procedentes del lavado de las mismas.

6.º – Las aguas contaminadas han afectado a uno de los 6 pozos controlados, el de la Granja V, debido a que este pozo situado a 30 m de la riera y a escaso nivel superior; está profundizando, como los demás, en el estrato de margas azules con alternancias calcáreas hasta alcanzar el acuífero eocedo de Girona de calizas karstificadas, pero con una primera etapa de terrenos de aluvión de la riera formada por arenas y cantos rodados, lo que ha permitido que hayan podido llegar sus aguas hasta la pared del pozo, pasando a su interior.

### 3.6 Sexto control: (17-6-1982)

3.6.1 **Observaciones:** El trimestre comprendido entre marzo y junio de 1982, continuó siendo húmedo con alternancias de lluvias más o menos persistentes, que favorecieron un buen transporte de materia orgánica desde la primitiva fosa de destrucción de cadáveres al pozo.

Por indicación nuestra después del anterior control se procedió a clorar el depósito de agua de la granja; primeramente en forma manual con lejía del comercio, hasta que se instaló un dispositivo de cloración consistente en un aparato de inyección de solución de hipoclorito en el tubo de aspiración del pozo; por cuyo motivo en el control de junio nos vimos obligados a captar la muestra directamente del pozo, lo que nos permitió observar en la superficie del agua una ligera película de aspecto grasiento, como efectivamente pudimos comprobar por un análisis cualitativo mediante la prueba con el alcanfor.

Después del control de marzo apareció un proceso diarreico en los cerdos que desapareció al clorar el agua.

Durante este trimestre no se produjo ninguna defunción.

En la riera de Pelagret continuaron discurriendo las aguas de lixiviación de las basuras, si bien con menor caudal, que no decidió a un nuevo análisis de las mismas.

### 3.6.2 Comentario:

La aparición de la película de materia grasa en la superficie del agua del pozo debemos atribuirla al buen transporte hacia el pozo en las épocas húmedas desde la fosa de destrucción de cadáveres, que ha impedido

la completa disociación de las grasas en su fermentación anaerobia.

Los valores de los parámetros de la riera de Pelagret juntamente con los de los pozos n.º 4 y n.º 5 los relacionamos a continuación.

PARÁMETROS	RIERA 11-11	POZO 4 16-12	POZO 5 16-12
Materia o.	4,4	1,2	2,4
NH <sub>3</sub>	—	—	—
NO <sub>2</sub>	+	—	+
NO <sub>3</sub>	10	64	4,2
Cl <sup>-</sup>	60,3	35,5	71
Colibacilos	>16	16	9,2
Estreptococos	>16	16	9,2
B. anaerobias	20	0	0
Bac. viables	3.000	5.5000	600

PARÁMETROS	RIERA 11-11	POZO 4 16-12	POZO 5 16-12
Conductibilidad	410	435	400
pH	7,73	7,65	7,02
Dureza	20	24	25
Ca <sup>++</sup>	36	48	72,1
Mg <sup>++</sup>	26,7	31,6	14,5
SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	0,96	0,96	19,2
PO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	28,8	81,6	114,2
Alcalinidad	115	105	105
Coli. fecal	+	+	—

En cuanto a la riera de Pelagret, aumentó su contaminación bacteriana debido a la presencia de esporas de bacterias sulfito reductoras (*clostridium*), lo que nos indica que no obstante la disminución de la frecuencia e intensidad de las lluvias, continuaron sus aguas con aportes del vertedero de basuras; si bien con reducción de los sulfatos, por proceder mayoritariamente del resto de la cuenca.

Al captar la muestra del pozo n.º 4 observamos sus paredes húmedas con abundante musgo, que nos hizo sospechar una mayor contaminación por aguas de lluvia infiltradas a través del establo, estercolero y alcantarillado de la cocina, como quedó confirmada por el aumento de los parámetros materia orgánica, nitritos, conductividad, dureza, calcio, magnesio y el análisis microbiológico.

En cuanto al pozo n.º 5, quedó evidenciada la intrusión de las aguas de la riera, además de las procedentes de la primitiva fosa de destrucción de cadáveres. La materia orgánica alcanzó el valor hallado en nuestro primer muestreo (2.1) debido al transporte desde la mencionada fosa. El aumento de la conductividad, al igual que en las otras dos muestras, estuvo en relación con la dureza; con aumento uniforme del magnesio en ambos pozos, mientras que el calcio, como era de esperar, fue superior en el pozo n.º 5, por la consabida influencia del hidróxido cálcico de la fosa. El aumento de los cloruros es atribuible al aporte de las aguas de la riera, igualmente que el descenso del valor de los sulfatos.

Aumentó la contaminación bacteriana en el pozo n.º 5 con la aparición de *Coli fecal*, procedente de la intrusión del agua de la riera.

El pozo n.º 1, con agua potable hasta el control de marzo, en el de junio también resultó afectado por la contaminación procedente de la riera de Pelagret, por el contacto del cauce de la misma con el aluvial cuaternario del río Ter.

Después del control de junio dejó de circular agua por la riera, empezando un período relativamente seco.

A primeros de julio en una nueva visita al vertedero observamos que se procedía a la terminación de la carretera de circunvolución, así como, a un movimiento de tierras detrás del primitivo talud de forma de profunda excavación, que nos hizo suponer se procedía a convertir el vertedero en un **vertedero controlado**.

### 3.7 Séptimo control: (16-9-1982)

3.7.1 **Observaciones:** El muestreo se realizó en época seca. Se produjeron cuatro defunciones.

3.7.2 **Comentario:** La investigación cualitativa por el método del alcanfor, nos evidenció la persistencia de indicios de sustancias grasas.

En el control de septiembre la calificación bacteriológica de las aguas del pozo n.º 1, pasaron de contaminadas a permisibles, por contener solamente colibacilos en NMP: 9,2/100 ml; que nos confirmó la

desaparición de la influencia de las aguas de la riera de Pelagret. Si bien el día del control coincidió con el principio de un período seco, la primera quincena de septiembre fue lluviosa, por cuyo motivo a nivel de la superficie piezométrica del acuífero en el pozo n.º 5 había buen transporte, motivo que nos hizo atribuir la persistencia de una contaminación bacteriana, a la influencia de la primitiva fosa de destrucción de cadáveres.

Dicho buen transporte quedó además reflejado por el aumento del valor de los parámetros cloruros, nitratos, dureza, calcio, sulfatos y fosfatos.

El mayor valor de los fosfatos en este muestreo lo atribuimos procedente de los tejidos blandos de los cadáveres que contienen fósforo en forma ionizada y esterificada.

En cambio por haber cesado la intrusión procedente de las aguas de lixiviación del vertedero disminuyeron la materia orgánica, magnesio, alcalinidad y conductividad.

El día 2 de octubre subimos nuevamente al vertedero de basuras, y pudimos comprobar que por parte del Excelentísimo Ayuntamiento de Girona se había completado, debidamente acondicionada, la carretera de circunvolución, restando solamente la construcción del depósito de las aguas procedentes del lixiviado de las basuras para su debida eliminación.

### 3.8 Octavo control: (16-12-1982)

**3.8.1 Observaciones:** Desde el anterior control se registraron cuatro defunciones. El muestreo coincidió con el final de una época lluviosa que no llegó al mes de duración.

**3.8.2 Comentario:** Con las intensas lluvias del día 7-11-82 volvió a circular agua por la riera de Pelagret, incrementada por las de finales de dicho mes; cesando

a primeros de diciembre. Verificamos un muestreo en la riera el 11-11-1982; y el día 16-12-1982, al recoger las muestras de los pozos para el último control, la riera estaba nuevamente sin agua.

El escaso caudal, unido al corto tiempo de discurrir de la riera, ha sido la causa que no haya ejercido influencia en la contaminación del pozo n.º 1, que para los parámetros característicos de un agua contaminada, se ha mantenido con valores inferiores a los del control anterior. Con mayor motivo, en cuanto al pozo n.º 5, tampoco ha habido intrusión. En cambio por el buen transporte el día de nuestro último muestreo, ha continuado la influencia de la primitiva fosa de destrucción de cadáveres en dicho pozo, manifestada por la aparición de nitritos y el aumento del valor de los nitratos; al igual que por el aumento del de los sulfatos.

Finalmente, el día 12-12-1982 hicimos la última visita al vertedero, pudiendo observar que se había completado su construcción dotándolo del correspondiente drenaje y depósito para la recogida y posterior eliminación de los líquidos procedentes de las basuras, que ha sido situado en un terreno impermeable de pizarras, excepto en su lado E que se cerró con un nuevo talud de arcilla hasta cierta altura, y que luego fue continuando con tierras no impermeables; después de la arcilla (límite superior del nivel impermeable del depósito) se colocó un tubo de 15 cm de diámetro a modo de rebosadero.

El vertedero actuaría como vertedero controlado si fueran eliminadas debidamente las aguas del depósito; pues el día de nuestra última subida al vertedero funcionaba como un **vertedero incontrolado**, ya que no observamos señal alguna de haberse extraído hasta aquella fecha los lixiviados, y lleno el depósito, por el rebosadero salían las aguas contaminantes hacia la riera de Pelagret; cuya consecuencia queda reflejada en los últimos resultados analíticos que acabamos de exponer (Fig. 6).

PARÁMETROS	RIERA	POZO 4	POZO 5
Materia o.	3,76	3,4	6
NH <sub>3</sub>	—	—	—
NO <sub>2</sub>	+	+	—
NO <sub>3</sub>	1	73,6	0,8
Cl <sup>-</sup>	56,8	46,1	78,1
Colibacilos	>16	>16	>16
Estreptococos	>16	>16	>16
B. anaerobias	10	0	0
Bac. viables	1.100	1.600	3.000

PARÁMETROS	RIERA	POZO 4	POZO 5
Conductibilidad	800	790	890
pH	7,80	7,82	7,62
Dureza	27	27	28
Ca <sup>++</sup>	68,1	76,1	80,1
Mg <sup>++</sup>	24,3	19,4	19,4
SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	0,96	0,96	19,2
PO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	0,09	0,1	0,1
Alcalinidad	145	325	345
Coli. fecal	+	+	+



Fig. 6

Se considera que para la total fermentación anaerobia, tanto la ácida como la metánica, de un vertedero se requiere un plazo de unos cinco años, siempre que se hayan recubierto debidamente pequeños espesores de basuras con otros de tierra. En este caso se siguió este sistema hasta la altura del primitivo talud, que una vez alcanzada, se continuó vertiendo un espesor de 8 a 10 m de basuras que fueron recubiertas con la correspondiente capa de tierra; en cuyo momento fue cuando se produjo por inundación el arrastre de parte de ellas; prosiguiéndose de igual forma con otra capa de basuras de la misma altura; motivo por el cual nos hace sospechar que al ser substituido el vertedero por la estación incineradora de Campdorà continuará durante más de cinco años como foco contaminante de las aguas de la riera de Pelagret; por ser éste el tiempo que se considera indispensable para una completa fermentación anaerobia (metánica) de un vertedero, siempre que además de bien construido, sea debidamente utilizado. (Fig. 6).

Posteriormente al día de nuestra última visita, y ya finalizado nuestro trabajo, han empezado a filtrar por la parte inferior del talud del depósito, las aguas de las basuras hacia la riera de Pelagret.

#### 4. RESUMEN

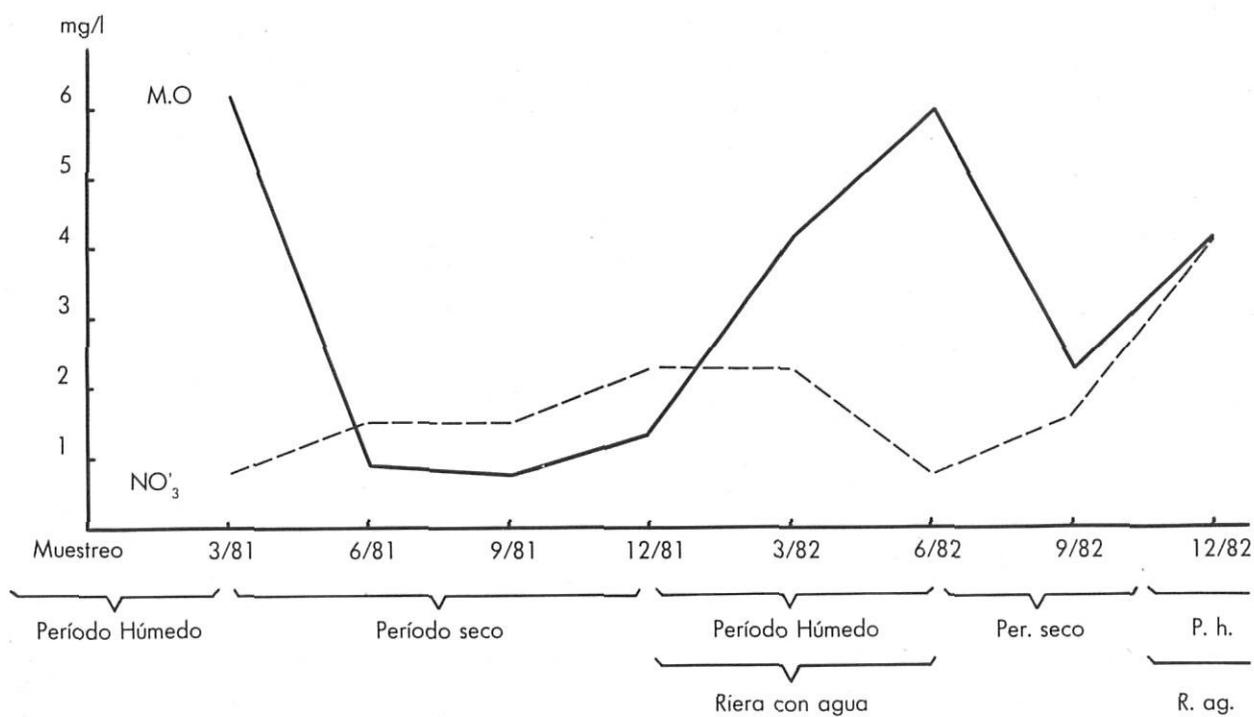
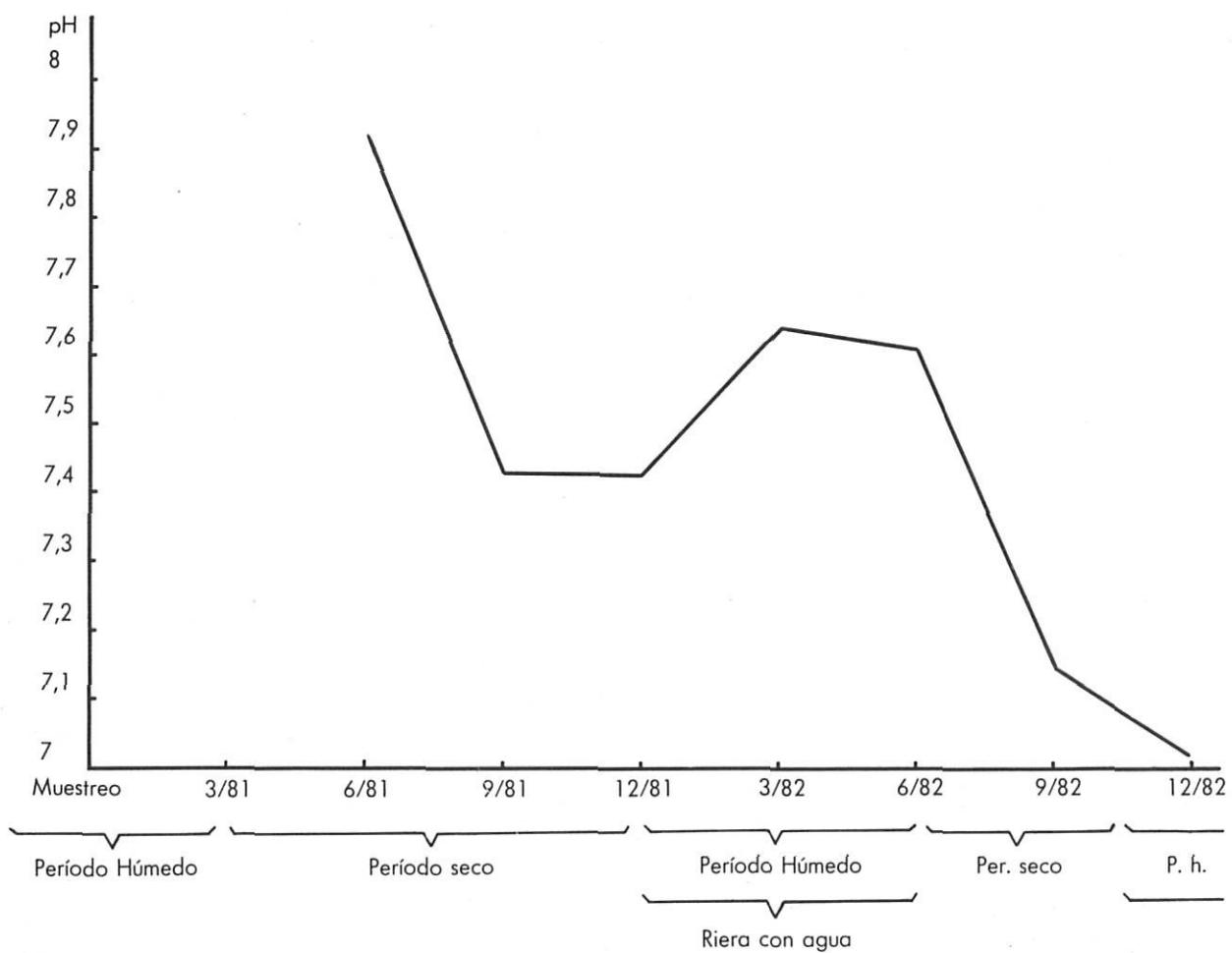
En el siguiente cuadro expresamos el valor de los parámetros determinados durante los dos años que ha

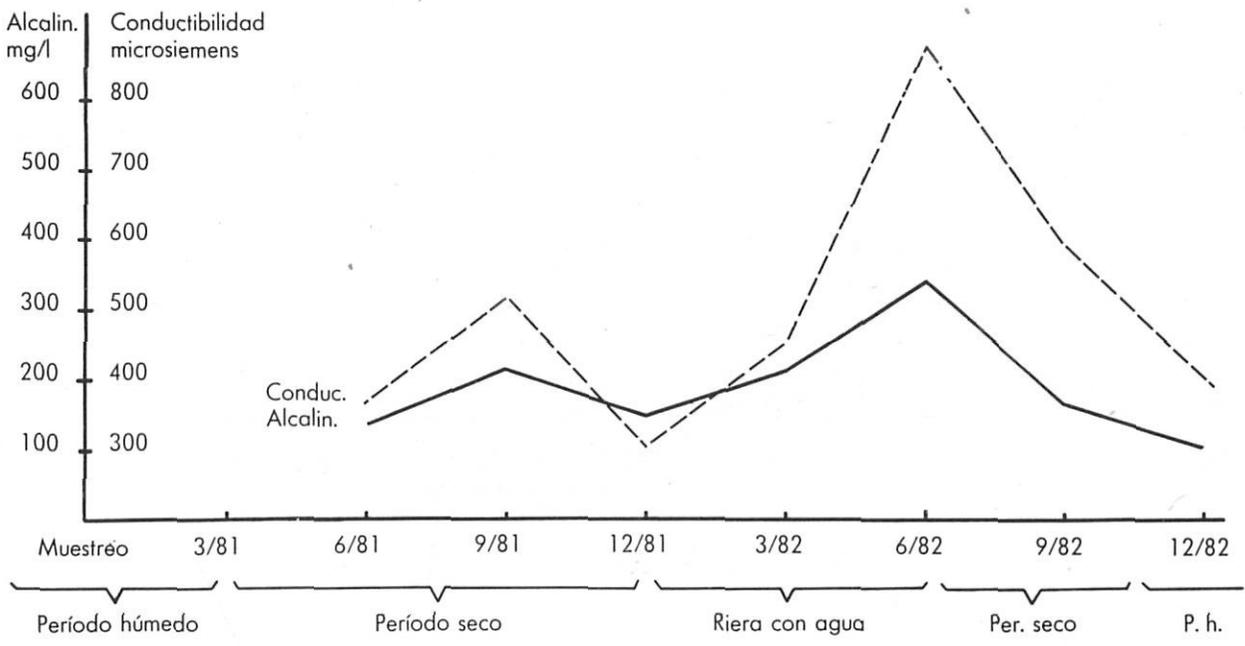
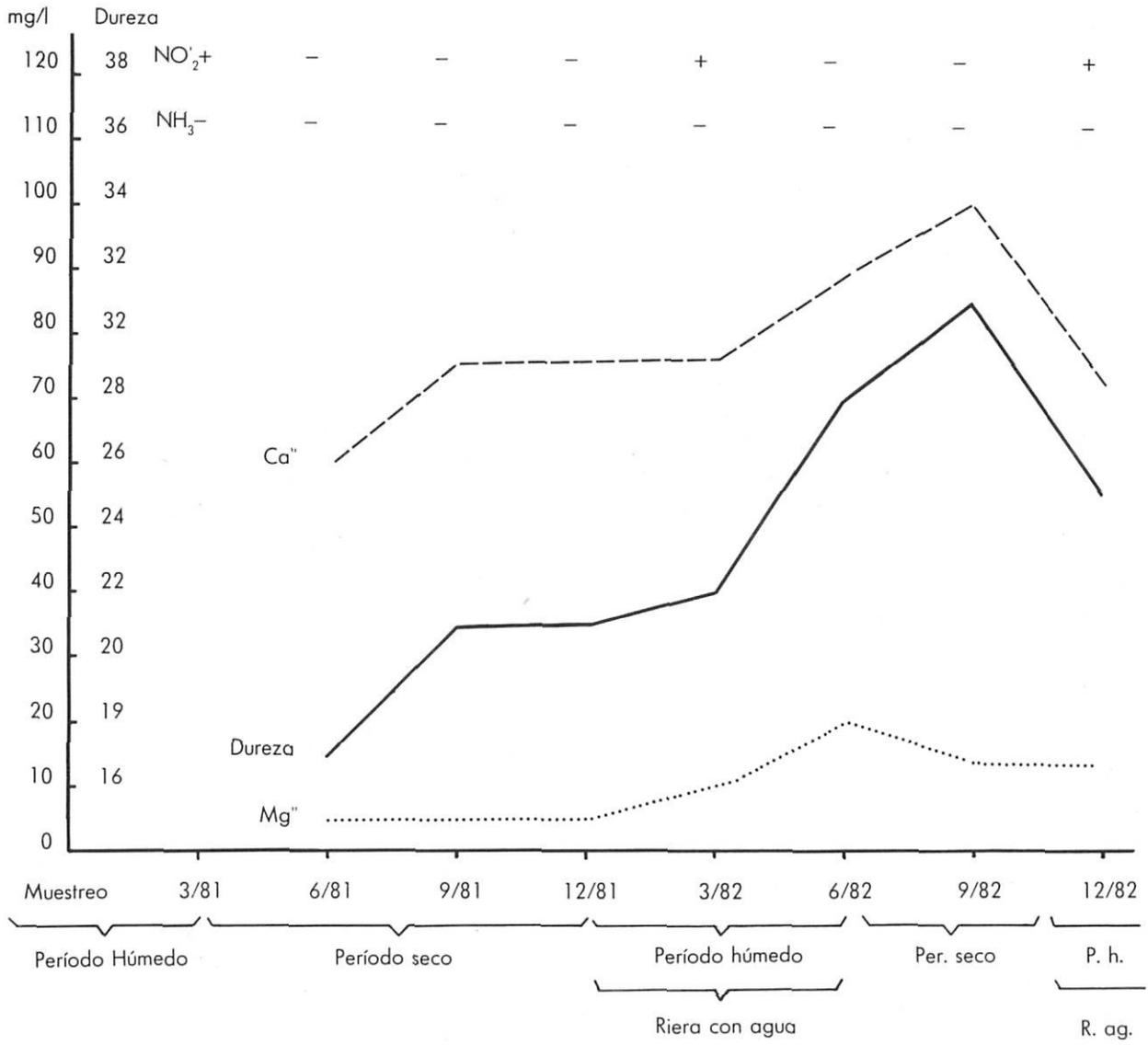
durado nuestro control, seguido de las gráficas representativas de los mismos:

POZO n.º 5

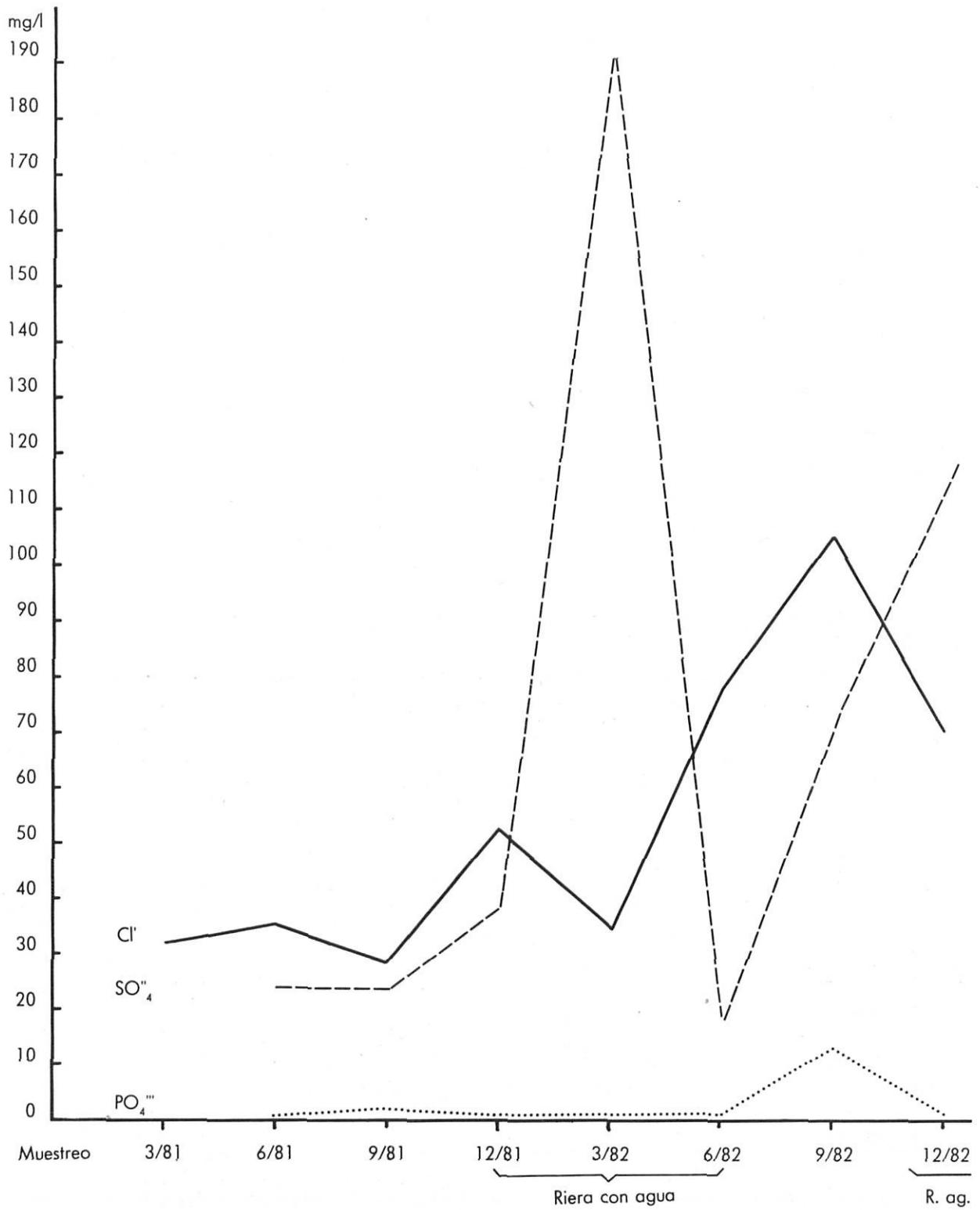
CONTROLES	3/81	6/81	9/81	12/81	3/82	6/82	9/82	12/82
pH		7,92	7,43	7,43	7,65	7,62	7,15	7,02
M.O	6,2	0,88	0,8	1,04	4,22	6	2,32	2,4
NO <sub>3</sub>	0,8	1,5	1,5	2,3	2,3	0,8	1,6	4,2
NO <sub>2</sub>	+	—	—	—	+	+	—	+
NH <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—
Dureza		17	21	21	22	28	31	25
Ca <sup>++</sup>		60,1	76,6	76,6	76,6	88	100,2	72,1
Mg <sup>++</sup>		4,8	4,8	4,8	9,7	19,4	14,5	14,5
Cl <sup>-</sup>	32	35,5	28,4	53,2	35,5	78,1	106,5	71
SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		24	24	38,4	192	19,2	71,04	114,2
PO <sub>4</sub> <sup>==</sup>		0,05	0,15	0,1	0,08	0,1	1,3	0,05
Conduc.		377	525	310	455	890	590	400
Alcalin.		140	220	155	220	345	165	105
Clostrid.	0	0	0	0	0	0	0	0
Coli fecal	—	—	—	—	—	+	—	—
Colibacil.	<2,2	0	9	>16	>16	16	16	9,2
Estrepto.	0	16	0	5	>16	>16	16	9,2
Viables	1	6	22	130	incon.	3000	incon.	600
Clima	lluv.	seco	seco	seco	lluv.	lluv.	seco	lluv.
Riera	seca	seca	seca	seca	agua	agua	seca	agua seca

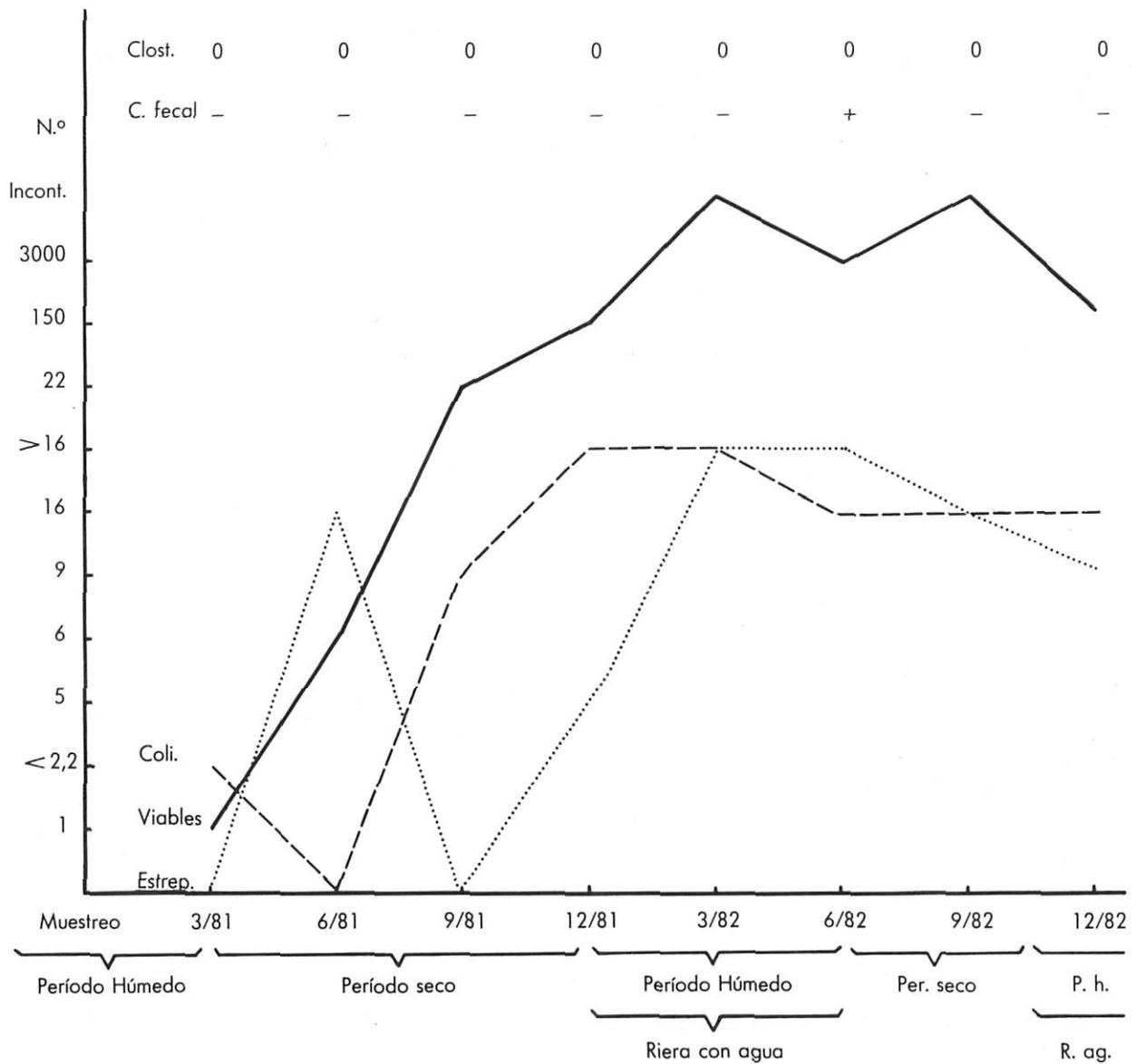
contaminación





contaminación





### 5. COMENTARIO FINAL

El pH se mantuvo siempre alcalino, entre 7,02 y 7,92; en el segundo control disminuyó debido a la falta de transporte del hidróxido cálcico de la fosa de destrucción de cadáveres por ausencia de la lluvia; a partir de diciembre de 1981 se elevó, en perfecta correspondencia con la alcalinidad; disminuyendo de igual forma a partir del control de marzo de 1982.

Por el mismo motivo, en el segundo control se normalizó el valor de la materia orgánica; aumentando nuevamente al iniciarse el período lluvioso; y después, con mayor incremento debido a las aguas de intrusión de la riera. Es de observar la aguja de la curva de la materia orgánica, control de junio de 1982, correspondiente con la aparición de nitritos en el anterior control de marzo; situación parecida a la de nuestro primer muestreo.

El aumento de la dureza se debió exclusivamente al aumento de calcio, procedente de la cal viva con que son tratados los cadáveres, sin variar el valor del magnesio; excepto en los controles de marzo y junio de 1982, debido a los aportes de la riera en que aumentó el magnesio, manteniéndose su valor a partir del de septiembre.

La comparación de las curvas de alcalinidad y conductividad, nos indican que el aumento del residuo o mineralización del agua, mayoritariamente se debió al ion calcio. También por la aguas de intrusión de la riera en lo que respecta a los sulfatos, como manifiesta gráficamente la aguja del control del mes de marzo de 1982; en cambio, a partir del de septiembre el aumento de su valor fue debido a las proteínas de los cadáveres de la primitiva fosa.

El aumento de los cloruros debemos atribuirlo exclusivamente a la fosa, ya que su descenso en el control de marzo de 1982, corresponde a la dilución sufrida por las aguas de la riera; mientras que el ligero aumento del valor de los fosfatos se atribuye exclusivamente a la fosa.

Mayoritariamente la contaminación bacteriana fue debida a la fosa, si bien, potenciada con el aporte de las aguas de lixiviación de las basuras; con el aumento del número de gérmenes totales y la aparición de Coliformes fecales en el control de junio de 1982.

## 6. CONCLUSIONES

1.º- La proximidad del fondo no impermeabilizado de la fosa de destrucción de cadáveres al nivel piezométrico del acuífero, en un principio de agua potable, deterioró la calidad de la misma; dependiendo su contaminación del mayor o menor transporte, según fueran secas o húmedas las épocas y provocando variaciones en su intensidad.

2.º- Fue potenciada la contaminación del pozo por la intrusión de las aguas de lixiviación del vertedero de basuras, en la avenida de la riera de Pelagret de principios de 1982.

3.º- Esta contaminación obligó al tratamiento del agua por un sistema de inyección de hipoclorito en el tubo de aspiración del pozo, que se tradujo en una disminución del índice de mortalidad de la granja.

4.º- Para evitar la contaminación de un acuífero por la influencia de la fosa de destrucción de cadáveres de una granja, debe utilizarse un sistema formado por dos pozos comunicados y debidamente impermeabilizados, para un uso alternativo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

KARL IMHOFF - **Manual de Saneamiento de las Poblaciones**. Editorial Blume (1969).

PALLÍ BUXÓ, L. - **Les GABARRES: La personalitat geològica**. Revista Presència - Girona (n.º 405, 17/1/1976).

A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. - **Standard Methods the Examination of Water Twelfth**; 12 edición (1965).

FONT PAGÉS, A. - **Estudio de las aguas subálveas del río Ter desde Gerona a su desembocadura** - Analectas Farmacéutico - Gerundenses (Vol. VII, 1976-1977).

OLIVER SUÑÉ, B. y OLIVER CLAPÉS, B. - **Normalización del Control de las Aguas** - Barcelona (1971).

RODIER, G. **Análisis de las Aguas** - Ed. Omega (1978).

PALLÍ BUXÓ, L. - **Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes**. Universidad Autónoma de Barcelona - Publicaciones de Geología (1972).

PROHIDRO - **Exploración Hidro-Geológica de la cubeta de Sant Jordi** - Junta de Compensación del Polígono Industrial de Celrà.

GRANÉ, S. - **Els Abocadors d'Escombraries** - Conferencia pronunciada el 1.º de diciembre de 1982 en la Fontana d'Or de Girona dentro del ciclo Quincena del Medio ambiente y la Salud.