

# el urocromo en el río ter, en las aguas potables de girona y en los acuíferos del bajo ter

Esta comunicación fue presentada a las IV JORNADAS FARMACEUTICAS NACIONALES de Las Palmas de Gran Canaria, del 4 al 8 de octubre de 1983.

por  
**ANSELMO FONT PAGÉS**

(\*) Me es grato expresar mi sincero reconocimiento al Dr. José M.ª Pla Bartrina por la atención que me ha dispensado cooperando en la corrección del original.

A mi compañero Fco. Javier Terrades Manté, por su cooperación con las lecturas espectrofotocolorimétricas en las determinaciones del urocromo.

## 1. — INTRODUCCIÓN

Desde la más remota antigüedad todos los pueblos se han preocupado por la potabilidad del agua destinada a usos alimenticios. Los antiguos romanos se distinguieron por su preocupación, como lo atestiguan la ruinas de numerosos acueductos y el sistema de filtros de arena hallados en el recinto de la ciudad romana de Ampurias.

A medida que las ciudades crecieron, las disponibilidades de los manantiales profundos de que se surtían fueron limitándose, por cuya causa desde hace ya mucho tiempo ha sido preciso recurrir a las aguas superficiales procedentes de los ríos convenientemente depuradas, al objeto de poder abastecer a pequeñas y grandes ciudades; aunque en muchos casos, las instalaciones depuradoras que fueron proyectadas no han crecido al ritmo de las poblaciones, lo que obliga a una más rápida filtración y por lo tanto deficiente. Tenemos el caso de las instalaciones depuradoras de los ríos Marne y Sena de París, que fueron proyectadas para una filtración diaria de 200.000 m<sup>3</sup> y ya en los años cincuenta filtraban un millón de m<sup>3</sup>.

Si bien actualmente el **control bacteriano** es una práctica regular y prácticamente perfecta, no podemos decir lo mismo en cuanto al **control de su contaminación química**.

### 1.1.

Voisin (**Sol, Herbe, Cáncer**. París, 1961) menciona la contaminación química de los ríos; insistiendo en que la mayoría de las veces la depuración sufrida por las aguas mal llamadas «potables» no las libera de la materia orgánica que contienen.

### 1.2.

También Reding (**Influence de certaines industrialisations cutrancières sur la Santé et particulièrement sus la progression continue de la morbilidad cancéreuse**. Bruselas, 1955), miembro de la Comisión Belga para el Estudio del Cáncer escribe. «La contaminación microbiana del agua ha atraído siempre la atención, mientras que la **contaminación química**, menos espectacular pero a la larga mucho más grave, no ha despertado ningún interés. No obstante hemos podido comprobar, por ejemplo, que el agua que procedía de un río que arrastra residuos de una refinería de petróleo ha provocado cierto número de cánceres en animales mediante pincelación con los barros obtenidos por filtración a través de carbón adsorbente».

El espectacular envenenamiento de las aguas del famoso Rhin, acaecido no hace muchos años,

produjo una alarma enorme, tanto en Alemania como en Holanda, especialmente en las poblaciones que se surten de sus aguas. Pues bien, ninguno de los numerosos laboratorios de control situados a lo largo de su cauce fue capaz de dar la alarma, y esta se produjo solamente cuando la misma población que se abastece de sus aguas contempló el espectáculo de los numerosos cadáveres de peces flotando sobre las aguas del río. Los habitantes de las poblaciones colindantes con nuestro Ter también conocen perfectamente el espectáculo. En el caso del Rin la contaminación fue debida a la caída desde un carguero, de un barril o barriles de un pesticida agrícola de elevada toxicidad.

1.3.

Stocks (**Thirty fifth anual of the Analysis of Pesticide Residues**. Londres, 1956), observó en 1947 que en Londres los fallecimientos por cáncer se repartían muy desigualmente según los barrios de la urbe. En aquellas fechas Londres recibía las aguas potables de cuatro procedencias:

1. Agua de manantiales
2. Agua del Támesis
3. Agua del Lea
4. Agua del New River

Comprobó que los distritos que se surtían de agua de los manantiales, tenían un índice de mortalidad por cáncer inferior a los índices de los distritos que se surtían de los ríos.

1.4.

La misma comprobación hicieron los investigadores Tromp y Diehl en Holanda (**Experientia**, 10. 1954); observaron que en las zonas que bebían aguas «depuradas» procedentes de los ríos tenían un índice de mortalidad por cáncer superior a las zonas que se surtían de manantiales. Llegaron a deducir también, que el efecto cancerígeno de las aguas del Rin se debía probablemente a la presencia de elementos de tipo mineral u orgánico procedentes de los vertidos de fábricas o centros urbanos y expresaron sus conclusiones sintetizadas de la siguiente forma:

MORTALIDAD POR CANCER SEGUN TROMP	
Origen del agua	Por 100.000 habitantes
Agua de río depurada . . . . .	606
Agua de pozo (profunda) . . . . .	568

(En habitantes mayores de cincuenta años)

Hay que considerar otro efecto muy nocivo para la salud procedente de las mal llamadas «aguas potables» y que hay que tener muy en cuenta por tratarse de una contaminación muy

corriente y que existe en la mayor parte de los ríos. Nos referimos a la presencia en dichas aguas de la sustancia colorante de la orina llamada urocromo.

1.5.

Knorr, Graef y Klate (**Color of drinking water containing humic acids and urochromes**. Alemania, 1963), hacen una revisión de la literatura con 61 referencias y algunas observaciones, manifestando que el agua de bebida coloreada puede hacerse im potable a causa de la contaminación por productos químicos; por ejemplo hidroxifenoles y el resorcinol se autopolimerizan en el suelo a ácidos húmicos, los cuales no pueden distinguirse de los de formación natural. Estos ácidos húmicos pueden teñir el agua del terreno. Mediante las técnicas de espectroscopia ultra violeta e infraroja, electroforesis, fluorescencia, tensión superficial y contenido de nitrógeno, tales sustancias no pueden ser distinguidas tampoco de los urocromos A y B.

1.6.

E. Cazaceanu y E. Trandafirescu (**The determination of urocrome in water**. Rumanía, 1970), han identificado urocromo en 30 de 42 muestras de agua de regiones con distrofia tiroidea endémica.

1.7.

Trzilova y Vlckova (**Urochrome as an indicator of fecal cantaminación of surface waters**. Checoslovaquia, 1965), afirman que la presencia de urocromo indica contaminación, pero la relación entre su concentración y el grado de contaminación es específica por cada agua superficial. Los ácidos húmicos interfieren, pero con una posible evaluación cuantitativa de esta relación. El urocromo es una prueba segura de enterobacterias en cualquier tipo de agua superficial.

En la apreciación del urocromo en las aguas superficiales del río Ter a su paso por Celrá, donde llegan coloreadas, debido, además de los ácidos húmicos, a las aguas residuales sin depurar procedentes de la actual población gerundense con sus 88.050 habitantes; al hacer la lectura fotocolorimétrica según el método del hidróximo (G. Rodier) que hemos seguidos, no tuvimos en cuenta dicha interferencia como si fuese debida exclusivamente a los ácidos húmicos, por lo que los valores que damos para las aguas superficiales del río Ter, serán más bajos a los reales.

1.8.

D. Wolter (**Urochrome as a problem of potable water hygiene**. Alemania, 1967), dice que la inseguridad de los métodos de determinación

de urocromo así como su constitución química no bien establecida, deben tenerse en cuenta en la interpretación de los trabajos sobre la concentración de urocromo y la formación de bocio. Describe nuevas experiencias sobre la separación del urocromo en Urocromo A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> e hidróxido-urocromo A y Urocromo B. Hace comentarios sobre su análisis elemental y otras propiedades relacionadas.

## 2. — UROCROMO

El urocromo es el pigmento amarillo de la orina que le da su color característico.

### 2.1.

Según Wolter son restos de la hematina que queda libre tras la descomposición de los hematies produciéndose un derivado de la porfirdina, sustancia análoga de las mesobilifuscinas.

Se forma en el riñón por combinación de la urobilina con un péptido; ha sido aislada, desconociéndose hasta la fecha de la última literatura consultada (1971) su composición exacta.

### 2.2.

Hettche lo considera formado por: Urocromo A<sub>1</sub> soluble en agua; Urocromo A<sub>2</sub> soluble en cloroformo; Urocromo Oxi-A soluble en amilalcohol; y Urocromo B soluble en ácidos o bases. Los análisis elementales de estas fracciones dieron:

Hettche habla de la descomposición del urocromo en un urocromo base; se obtiene de él, desde un amarillo hasta un marrón negro (un tiourazilo) difícilmente soluble con las sales de cobre, posteriormente pasa a un urocromo resina de color negro marrón que es soluble en las sales amónicas, así como a un marrón (ácido urocromico) que forma soluciones con las sales de cobre y es un fuerte detergente. La relación cuantitativa para 4 gramos, fue para las tres fracciones de 0,02, 1,5 y 2,5.

### 2.3.

Bucsteeg y Thiele descubrieron en aguas residuales urocromo, que después de valorado encontraron cantidades comprendidas entre 3 y 14 mg/l. Para aguas superficiales fueron de 0,6 a 1,5 mg/l.

### 2.4.

Strackenbrock encuentra que los filtros de óxido de aluminio para la eliminación del urocromo del agua de bebida, son inadecuados; después de sus ensayos observó que cantidades de urocromo eran destruidas por ozonización, por lo que considera que son apropiados los aparatos de ozonización para potabilización doméstica.

### 2.5.

Haack y Zahn, investigaron 2.000 muestras de agua según la técnica que hemos seguido, del

	% C	% H	% O	% N
UROCROMO A <sub>1</sub>	57,24	5,92	35,8	0 (oxiácido)
UROCROMO A <sub>2</sub>	0,238	7,12	29,5	0
UROCROMO OXI -A	59,88	6,27	2,44	2,44
UROCROMO B	41,06	4,09	37,4	2,61

Las particularidades de los urocromos A, el Oxi- A y el B se indican conjuntamente en la siguiente tabla:

UROCROMOS	A	Oxi - A	B
Salubilidad en etanol	+	+	—
Color de la solución	amarillo claro	marrón	rojo marrón
Fluorescencia con luz UV	+	—	—
Precipitación por SO <sub>4</sub> Cu	—	+	+
Precipitación por (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	+	+
Dialisibilidad	+	+	—

hidróxido sobre el urocromo; no pudiendo confirmar un paralelismo, entre el urocromo, la materia orgánica y el título colibacilar.

Una aclaración de la constitución química del urocromo hasta hoy no ha sido lograda. No se ha podido probar si realmente los urocromos son los responsables directos para el desarrollo del bocio, pero sí que son un factor favorecedor o un constante acompañante de la enfermedad.

Está presente en la orina en la proporción de 0,3 g/l; y su determinación permite seguir una contaminación biológica, en particular en las piscinas.

Hay que considerar que es muy soluble y tiene gran afinidad por el cobre con el que se combina fácilmente.

José T. Olea (**Contaminación química del Agua Potable**: Revista ION Julio de 1971), dice: «El urocromo hoy día puede encontrarse en el agua de abastecimientos públicos, cuando proceden de aguas superficiales, especialmente de los ríos».

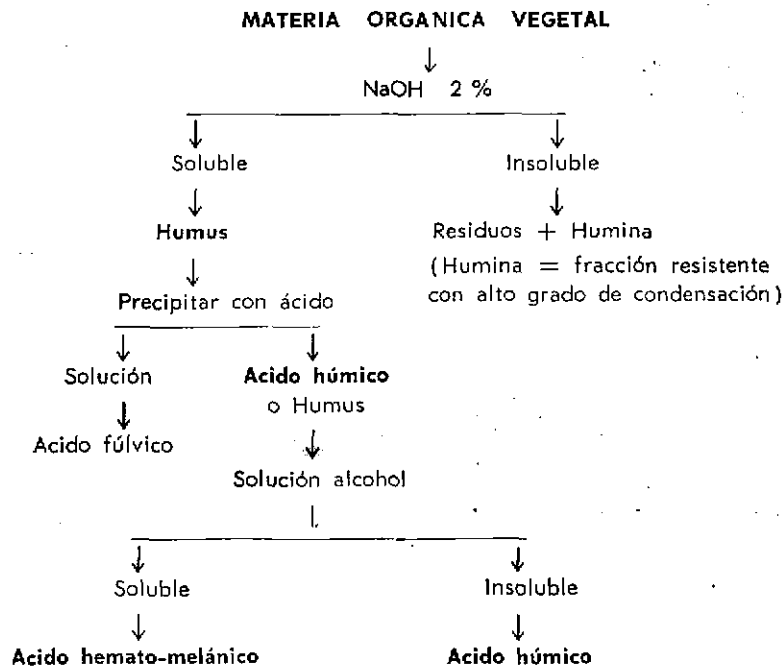
### 3. — ÁCIDOS HÚMICOS

El humus procede de la descomposición bacteriana de la materia orgánica vegetal; la cual consta fundamentalmente de los cuatro elementos C, O, H y N, formando tres grupos de compuestos; hidrocarburos, carbohidratos y proteínas. Entre los cuales se encuentran azúcares, almidones, celulosa, hemicelulosa, grasas, ceras, resinas, taninos, etc., y la lignina.

En el proceso de degradación bacteriana, al llegar la materia orgánica al estado de humus, sólo queda un pequeño residuo de celulosa y por contra, apenas hubo consumo de lignoides.

Si compleja es la materia orgánica vegetal antes de iniciarse su desintegración, mucho más resulta la materia humificada.

Uno de los métodos para separar las distintas fracciones del humus lo expresamos resumido en el siguiente cuadro:



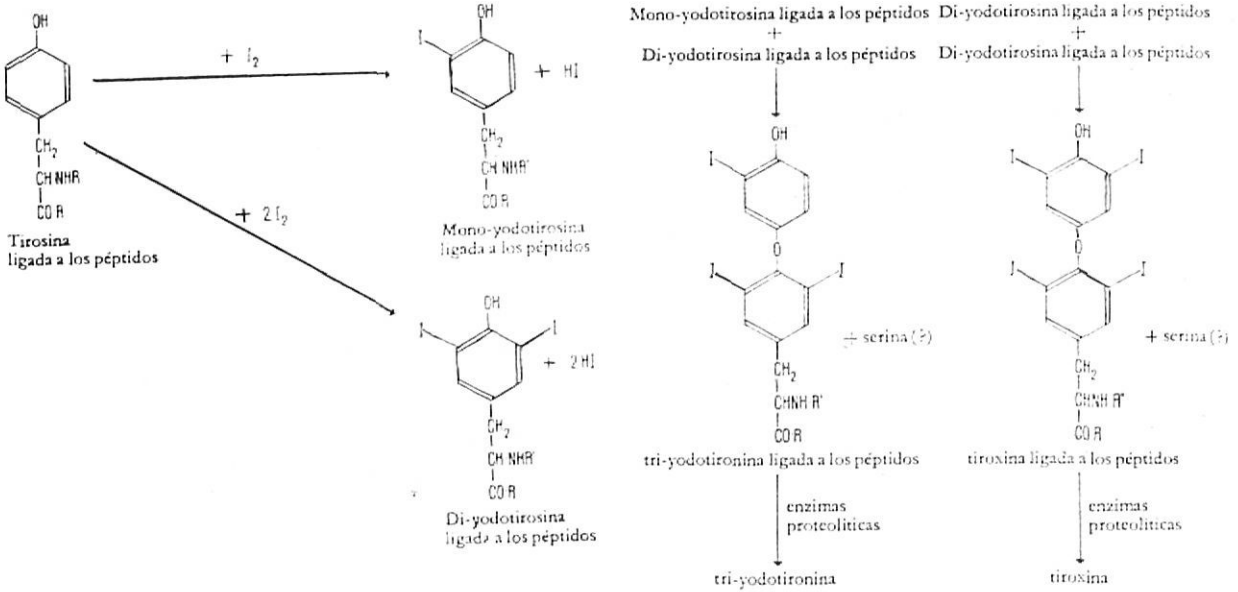
Las aguas de los ríos pueden contener ácidos húmicos procedentes de las aguas de esorrentía.

### 4. — BOCIO

La pequeña glándula tiroides, de poco más o menos 18 gr. de peso, constituye un centro metabólico de excepcional importancia para nuestro organismo. Sus perturbaciones implican toda una serie de complicaciones orgánicas, cuya patología puede ser muy importante.

Esencialmente el tiroides está encargado de sintetizar una serie de hormonas entre las que la más conocida es la tiroxina.

El bocio es todo aumento del tamaño de la glándula tiroides y su abultamiento ostensible, aumento de tamaño que no presupone forzosa-

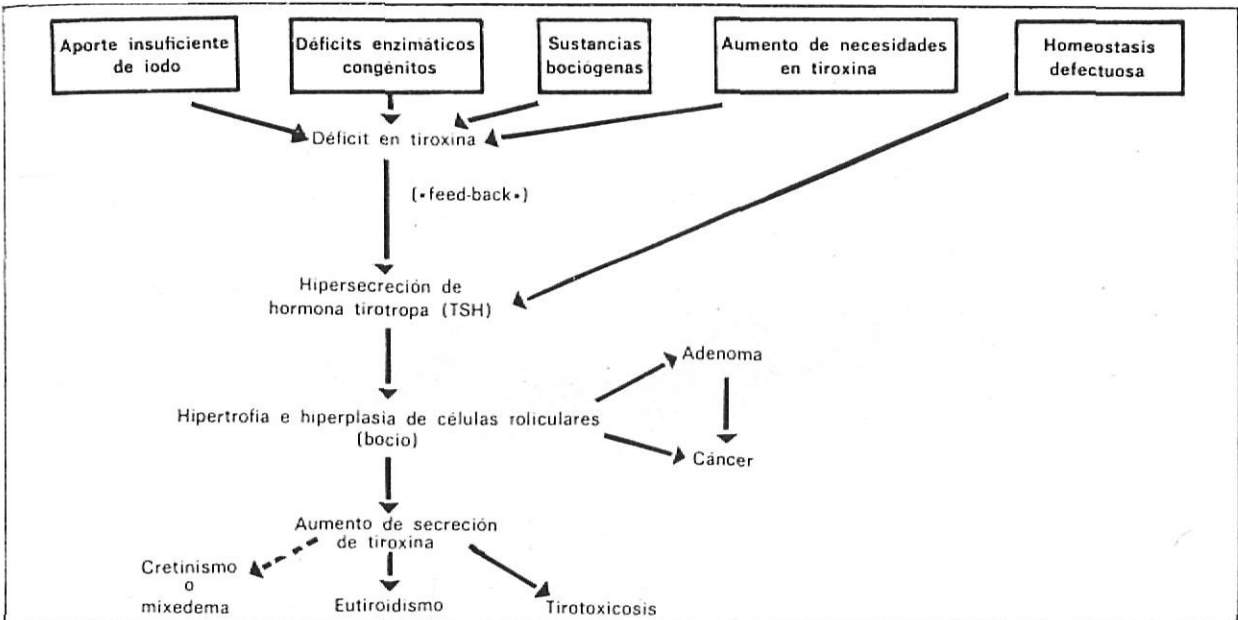


mente la existencia de hipo ni de hipertiroidismo. Uno de los mecanismos de producción de un bocio es una defectuosa producción de tiroxina a consecuencia de la cual y a merced de la puesta en marcha del mecanismo de **feed-back** (retroacción), término de cibernética que en fisiología se aplica a la regulación automática por corrientes retrógradas de la amplitud de los impulsos nerviosos, que ocasiona una mayor secreción de hormona tiroestimulante (TSH) con la consiguiente hiperplasia e hipertrofia de las células foliculares tiroideas y formación de bocio.

Las principales causas de bocio son:

- 1.<sup>a</sup> Aporte insuficiente de yodo
- 2.<sup>a</sup> Carencias enzimáticas congénitas
- 3.<sup>a</sup> Sustancias bociógenas
- 4.<sup>a</sup> Aumento de necesidades de tiroxina.
- 5.<sup>a</sup> Homeostasis defectuosa

La tercera causa es producida por todas aquellas sustancias que ingeridas por los individuos dificulten la síntesis de la hormona tiroxina y causan así por mecanismos de **feed-back** el exceso de (TSH) con la consiguiente producción de bocio.



Esquema sobre el mecanismo de producción y las principales causas de bocio. (Williams)

Los yoduros son absorbidos en el tracto intestinal y distribuidos rápidamente en el líquido extracelular. Este yodo inorgánico del plasma se retiene casi por completo en los riñones y en el tiroides. En el tiroides normal la concentración de yodo fácilmente intercambiable puede ser unas 20 ó 40 veces superior a la del plasma. Antes de la halogenación de la molécula de tirosina, los yoduros deben ser oxidados a yodo libre o ion yodino para una reacción en la que probablemente interviene una peroxidasa.

## 4.1.

Hettche (*Aetiologie, Pathogenese und Prophylaxie der Struma*. Munich, 1954), estima que esta peroxidasa, **en cuya composición entra el cobre**, es la que realiza en el tiroides la oxidación del yoduro en la sangre, liberando el yodo, que entrará a formar parte de la tiroxina u hormona tiroidea. Pero si en el organismo existe urocromo procedente del agua de bebida, este colorante ávido de cobre puede llegar a bloquear dicho elemento metálico, impidiendo la formación de peroxidasa y por tanto la síntesis de tiroxina, produciendo una carencia de ella en el organismo con los naturales trastornos tiroideos.

Afirma (1955) que todos los territorios de la tierra criadores de ganado son los llamados «territorios del bocio», presentándose siempre que las aguas contienen 2,5 mg/l de urocromo; y que con un total de 3 mg/l se engendran bocios en las ratas de experimentación.

## 4.2.

La aparición del bocio después del uso de agua de bebida contaminada por aguas fecales, fue según Woodward ya en el año 1913 observada por Mac Carrison en la India.

## 4.3.

Sauer y Rhinow ensayan la teoría de Hettche a través de una investigación en dos comarcas: Nordrhein (norte del Rin) y Westfalia, encontrando junto a una tasa de urocromo superior a 1 mg/l, una frecuencia de la hipertrofia tiroidea de un 85 % y con una tasa hasta 1 mg/l una tal del 21 %; investigaron el urocromo por el método del hidróxido y llegaron a la conclusión que es dudoso que el urocromo produzca por sí mismo la enfermedad, puede que sea solamente una sustancia portadora o indicadora de la presencia de la enfermedad.

Hettche publicó en 1954 los resultados de sus investigaciones y estudios relativos al bocio de Holanda, llegando a la conclusión que el único elemento de acción antitiroidea encontrado en los ríos de Holanda fue el urocromo, que como típico colorante de la orina está siempre en los ríos que reciben detritos urbanos, asociando la

aparición del urocromo en las aguas con la aparición del bocio (hipotiroidismo) endémico.

Comprobó la acción patógena de dicho compuesto añadiéndole a la dieta de los ratones de experimentación, observándose en ellos los siguientes fenómenos:

- a) Eliminación de sustancia coloide.
- b) Gran engrosamiento del tiroides.
- c) Hiperemia de los capilares (aumento de la circulación sanguínea con dilatación de vasos).

Fenómenos que muestran el déficit de tiroxina y el creciente aumento del (TSH).

## 4.4.

Klatte y Helpap, alimentando a ratas con urocromos A y B y además con ácido húmico, no pudieron comprobar ningún efecto especial sobre la glándula tiroides. Por el contrario, fue con alimentación conteniendo en primer grado ácido húmico cuando observaron un efecto especial.

## 4.5.

Wurmbach y Biwer, dudan igualmente de la peligrosidad del urocromo. En ensayos con renacuajos, ratones y cobayas a los que alimentaban con una mezcla de urocromos, fiemo, filtrados de fiemo, orina rebajada, más agua de turba y agua de acuario; no observaron ningún bocio. Por otra parte, el urocromo B daba una débil sensibilidad. Administrada una solución test con un porcentaje de nitratos y amoníaco, mostraba claramente una fuerte actividad en el tiroides, produciendo en los renacuajos grandes abultamientos. Según sus deducciones, en general no debían ser permitidas fuertes concentraciones de nitratos en el agua destinada para la bebida.

## 4.6.

Schierbaum, en recientes investigaciones sobre ratas y cobayas con un concentrado de orina de becerro, urocromo B y el conjunto de urocromos de pozos, creyó demostrar lo contrario de Hettche, que el urocromo no debía considerarse bociógeno.

## 4.7.

Un informe en el «Ingeniero de la Salud» (1954), emite la suposición que la epidemia de bocio de Holanda pueda estar condicionada por las aguas ricas en calcio.

## 4.8.

Taylor (*The examination of waters and watersupplies*. Londres, 1978) dice; «Los nitratos están presentes en la mayoría de las aguas de los ríos debido a la oxidación de la materia orgánica de los excrementos y su presencia es una

forma práctica de determinar el estado de potabilidad del agua».

Resumiendo: En la práctica hasta ahora no se puede establecer una definitiva relación entre el origen del bocio y las supuestas sustancias bociógenas que se determinan por el método del hidróxido de urocromo. La presencia de nitratos en las aguas superficiales es casi siempre un inicio de acompañamiento de urocromo.

Con todas las dudas, en relación a la presencia de urocromos y ácidos húmicos en las aguas y el bocio endémico, nos propusimos hacer su estudio tanto en las aguas superficiales del río Ter como en las de su acuífero aluvial cuaternario en sus tres cubetas, de Girona, de Celrá, y de Verges; por si podemos sacar alguna conclusión, dado que la contaminación química del agua es muy grave si se piensa que, en la mayoría de los casos, sus efectos nocivos para el organismo son a largo plazo, es decir, que son acumulativos y que sólo aparecen al cabo de largos años de beber la misma agua contaminada.

En las aguas que contengan urocromo, además del procedimiento por ozono, se pueden eliminar sus efectos sobre el organismo, añadiendo simplemente a la destinada a la bebida unas gotas de una solución de sulfato de cobre.

5. — PLAN DE TRABAJO

Todo lo expuesto nos ha llevado a escoger tres puntos de muestreo para las aguas superficiales:

- a) En la entrada de agua del río Ter, procedente del pantano del Pasteral, a la Estación depuradora de Montfullá.

- b) A la salida del agua ya tratada, a la red de distribución de Girona.

- c) En un punto del Congost de Celrá, donde el río Ter lleva las de su afluente el Oñar, con todas las residuales de la actual ciudad de Girona que con sus últimas anexiones representa una población de 88.050 habitantes, y cuyas excretas vierten en último término al río Ter.

6. — DETERMINACIONES Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

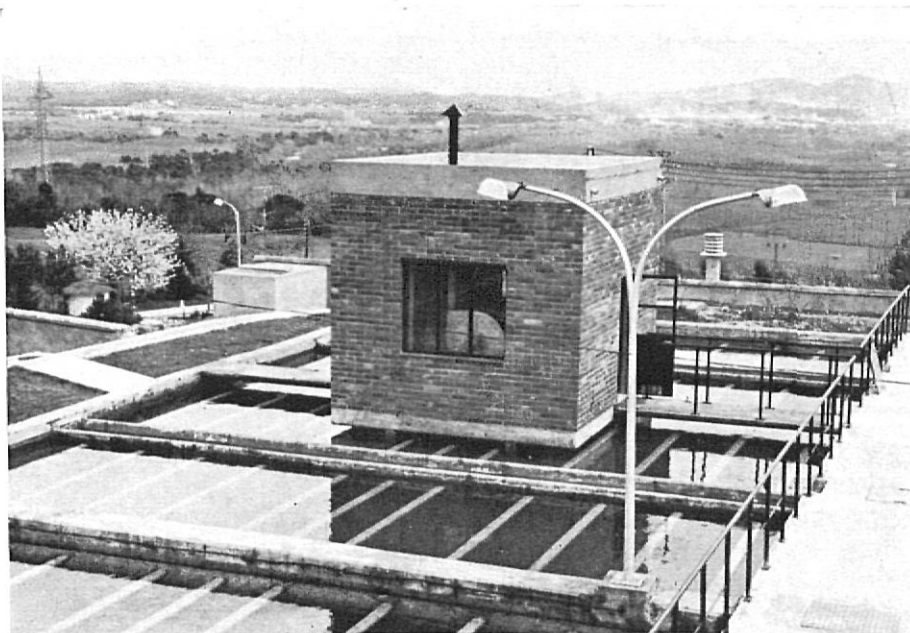
En las tres muestras realizamos las siguientes determinaciones:

6.1. Nitratos

Espectrofotolorimétricamente por el color, desarrollado por la brucina disuelta en ácido sulfúrico concentrado, en presencia de nitratos.

6.2. Urocromo

Hemos operado según la técnica de G. Rodier, método fundado por su precipitación mediante el sulfato de aluminio potásico, alcalinizando con amoníaco y neutralizando su exceso hasta un pH no superior a 7,8; disolviendo el precipitado en ácido fórmico con formación de un color susceptible de una lectura fotocolorimétrica en comparación con una curva de calibración preparada anteriormente con una solución de referencia de dicromato potásico y nitrato de cobalto de correspondencia conocida con el urocromo.



Estación depuradora de Montfullá.

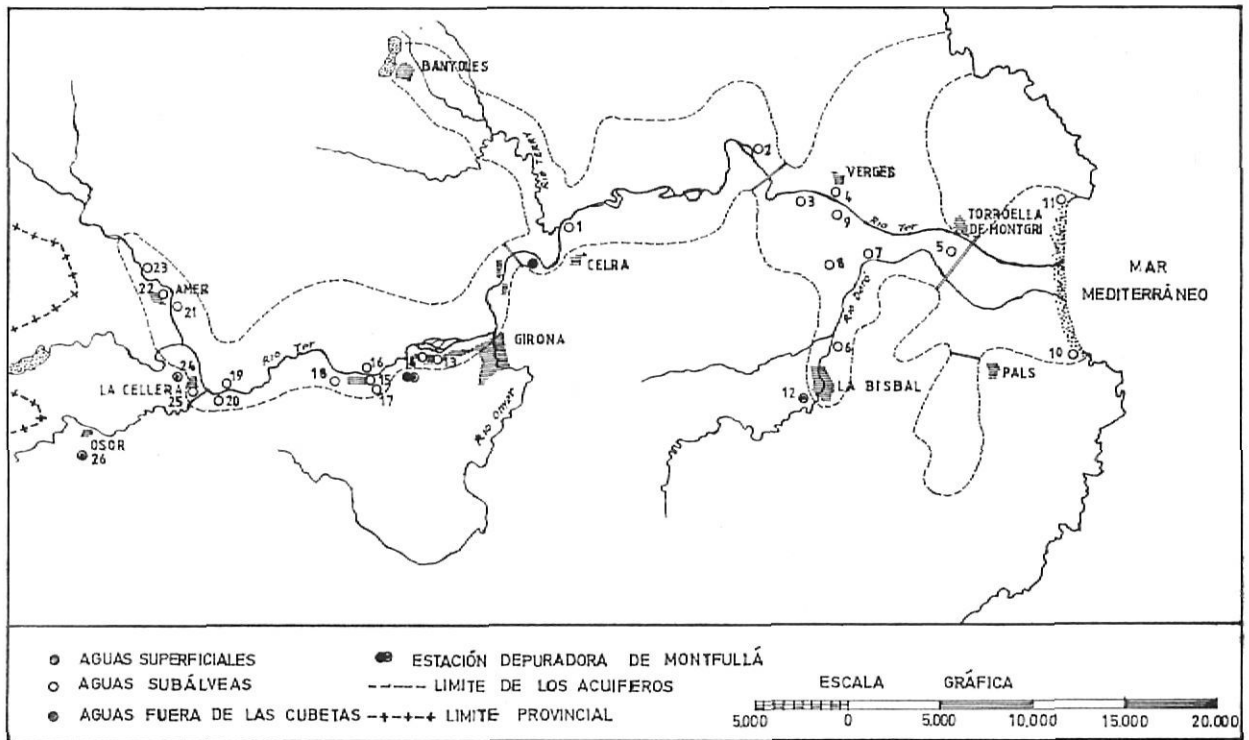
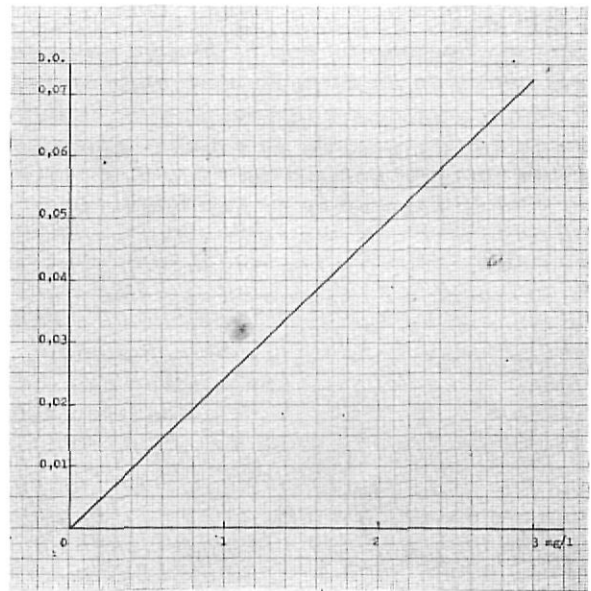


Figura 1

**6.2.1. Reactivos:**

- Solución de aluminio 0,1 M.  
Sulfato aluminico - potásico,  
12 H<sub>2</sub>O . . . . . 4,744 g.  
Agua destilada hasta enrase . . . 1.000 ml.
  - Solución de fenoltaleina al 1%.
  - Ácido fórmico al 85 %.
  - Ácido fosfórico al 85 %.
  - Amoníaco al 5 %.
  - Solución de referencia.  
Solución de dicromato potásico  
al 1 % . . . . . 1,5 ml.  
Solución de nitrato de cobalto  
al 5 % . . . . . 7,6 ml.  
Agua destilada hansta enrase. . . 100 ml.
- La coloración obtenida diluyendo 1 ml. de esta solución en 49 ml. de agua destilada corresponde a una solución de urocromo de 1 mg/l.



Curva de calibración

**6.2.2. Preparació de la curva de calibrado**

En una serie de matraces aforados de 50 ml., efectuamos las siguientes diluciones:

Número de matraces	T	I	II	III
Solución de referencia (ml) . . . . .	0	1	2	3
Agua destilada (ml) . . . . .	50	49	48	47
Correspondencia en mg/l de urocromo . . . . .	0	1	2	3



### 6.2.3. Técnica operatoria

Introducimos 500 ml. del agua problema en un vaso de precipitados de 1 litro, añadimos 20 ml. de solución de aluminio, dos gotas de solución de fenolftaleína y después agitando, amoníaco diluido hasta que la coloración rosada persista. Neutralizamos el exceso de amoníaco a pH no superior a 7,8. Dejamos 12 horas que se deposite el precipitado y sifonamos al máximo la parte acuosa, centrifugamos y eliminamos la fase sobrante. Disolvemos el precipitado en 5 ml. de ácido fórmico al 85 % y centrifugamos de nuevo si es necesario. Ajustamos el volumen a 50 ml. Esperamos 30 minutos y efectuamos la lectura a la longitud de onda de 380 nm.

Dividiendo la cantidad encontrada por 10, la curva da directamente la cantidad de urocromo en mg/l.

### 6.2.4. Observaciones

En presencia de hierro, añadimos 0,5 ml. de ácido fosfórico al 85 % a la muestra de agua.

Interfiere la coloración de las aguas ricas en ácidos húmicos. En este caso hacemos previamente una lectura a 530 nm. y de la densidad óptica leída, restamos la correspondiente a 380 nm. (1.7).

Expresamos los resultados en mg/l.

En el caso de la existencia de urocromo en la red de distribución de Girona, como que la ciudad se viene surtiendo de las aguas del río Ter desde hace relativamente poco, no ha transcurrido suficiente espacio de tiempo para una comparación estadística del aumento de los casos de bocio durante este corto período, a fin de poder sacar consecuencias sobre la morbilidad de las «aguas potables» que abastecen a la mencionada ciudad. Por el contrario del contenido de nitratos y urocromo de la muestra de Celrá, captada en período de estiaje, que corresponde al escaso caudal del río por el suministro de agua a la ciudad de Barcelona y poblaciones próximas, entramos en conocimiento del estado de potabilidad en cuanto a los dos parámetros para el sector del río a partir de Girona; puesto que, además existe el peligro que el elemento nocivo urocromo, presente en el agua, pase a la leche de los animales y pueda afectar al hombre. Hettche asegura que cualquier factor bociógeno que contenga el agua puede pasar a la leche.

### 6.2.5. Resultados analíticos obtenidos:

ELEMENTO	AGUAS DEL RIO TER ANTES DE LA DEPURACION	AGUA DE LA RED DE GIRONA	AGUAS DESPUES DE RECIBIR LAS AGUAS RESIDUALES DE GIRONA
NO <sub>3</sub>	0,6 mg/l	0,95 mg/l	1,5 mg/l
UROCROMO	0,08 mg/l	0,074 mg/l	0,68 mg/l

## 7. — EL UROCROMO EN LOS ACUÍFEROS DEL BAJO TER

Contienen las aguas del río Ter al llegar a Celrá, después de recibir las residuales de la ciudad de Girona, mayor cantidad de urocromo, si bien inferior a 1 mg/l. Si consideramos que desde septiembre de 1966 en que se desviaron desde la presa del Pasteral 8 m<sup>3</sup>/segundo de sus aguas para el abastecimiento de Barcelona y las poblaciones de su zona de influencia, quedó reducido su caudal a 3 m<sup>3</sup>/segundo; y que desde julio de 1976 se desvían un promedio de 250 a 270 l/segundo para el abastecimiento de la ciudad de Girona, aunque estas aguas revierten en su mayor parte, nuevamente al río Ter como aguas residuales; el menguado caudal del río Ter, pocos metros después de la presa del Pasteral recibe la afluencia del río Brugent y a continuación la riera de Osor, el río Llémana, el río Güell, el río Oñar, el río Galligans, la riera Xunglá y la riera Guilana.

Por no estar construida aún la proyectada estación de aforo de Sarriá de Ter, de una forma aproximada calculamos que el caudal al llegar a nuestro punto de muestreo en el paraje del Congost de Celrá será de unos 8 m<sup>3</sup> segundo aproximadamente podemos deducir que el incremento en urocromo después de la ciudad de Girona ha sido 8 veces más.

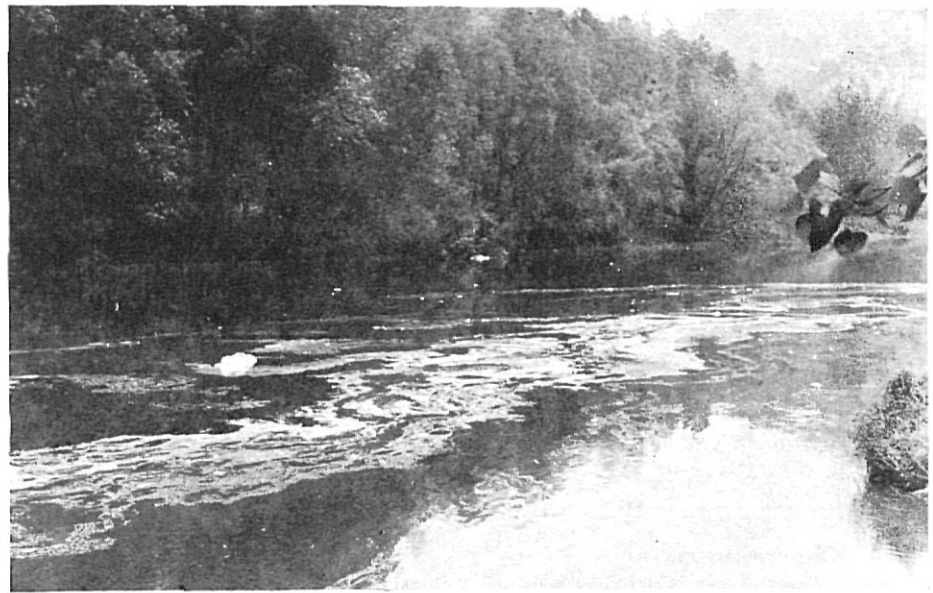
Procediendo, en último término, las aguas subálveas de la infiltración de las superficiales, debemos suponer la existencia de una lenta contaminación química de las cubetas de Celrá y de Verges del cuifero aluvial cuaternario, así como del cuaternario costero, por urocromo; contaminación que prácticamente es irreversible.

Por este motivo hemos considerado también interesante conocer el estado actual de los acuíferos, con la investigación de los nitratos y urocromo en los siguientes puntos de muestreo de ambos; el aluvial cuaternario en sus tres cubetas, de Girona de Celrá y de Verges, y en el cuaternario costero (Fig. 1).

### 7.1. Acuífero Aluvial Cuaternario

#### 7.1.1. Cubeta Celrá:

1. Pozo del Polígono Industrial de Celrá.



El Ter  
en el congost  
de Celrà.

7.1.2. Cubeta Verges:

2. Pozo Aguas Potables de Colomers.
3. Pozo Aguas Potables de Foixá-Rupiá.
4. Pozo Aguas Potables de Verges.
5. Pozo Aguas Potables de Torroella de Montgrí (Gualta).
6. Pozo Aguas Potables de La Bisbal (Castell d'Empordà).
7. Pozo Aguas Potables de Serra de Daró.
8. Pozo Aguas Potables de Parlabá.
9. Pozo Aguas Potables de Ultramort.

7.2. Acuífero Cuaternario Costero.

10. Pozo Granja Coll de Pals.
11. Pozo Aguas Potables de Estarrit.

Además también hemos investigado ambos parámetros en otra muestra fuera de la cubeta de Verges en su sector S, y correspondiente a las aguas subálveas del río Daró en la confluencia con el torrente Vilá, captada en uno de los primitivos pozos de suministro de Aguas Potables de La Bisbal.

12. Pozo de Aguas Potables de La Bisbal (Font de l'Arbre).

Habiéndose obtenido los siguientes valores:

PARAMETROS	Pozo Polígono Industrial de Celrà (1)	Pozo Aguas Potables de Colomers (2)	Pozo Aguas Potables de Foixá-Rupiá (3)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,5 mg/l	0 mg/l	42 mg/l
UROCROMO	0,08 mg/l	0,097 mg/l	0,085 mg/l
	Pozo Aguas Potables de Verges (4)	Pozo Aguas Potables de Torroella de Mont. (Gualta) (5)	Pozo Aguas Potables de La Bisbal (Sector C. d'Empordà) (6)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10 mg/l	0 mg/l	13,7 mg/l
UROCROMO	0,065 mg/l	0,062 mg/l	0,097 mg/l
	Pozo Aguas Potables de Serra de Daró (7)	Pozo Aguas Potables de Parlabá (8)	Pozo Aguas Potables de Ultramort (9)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,8 mg/l	23 mg/l	13,8 mg/l
UROCROMO	0,023 mg/l	0,068 mg/l	0,044 mg/l

PARAMETROS	Pozo Granja Coll de Pals (10)	Pozo Aguas Potables de Estartit (11)	Pozo Aguas Potables de La Bisbal (Sector Font de l'Arbre) (12)
NO <sub>3</sub>	116 mg/l	1,75 mg/l	22,5 mg/l
UROCROMO	0,08 mg/l	0,08 mg/l	0,062 mg/l

El pueblo de Salt fue anexionado a Girona en marzo de 1972 y nuevamente segregado en marzo de 1983. A partir de 1977 fue prolongada la red de abastecimiento de agua potable de Girona hasta la población saltense, si bien escasamente han conectado en la actualidad la mitad de la población y el resto continúa bebiendo las aguas subálveas del río Ter correspondientes a la cubeta de Girona. Esta cubeta abarca desde antes de la población de Amer bajo el lecho del río Brugent o Riera de Amer, y afluente del Ter en el Pasteral, hasta el estrecho del valle del Congost donde comunica con la cubeta de Celrá. Hemos seleccionado los siguientes puntos de muestreo.

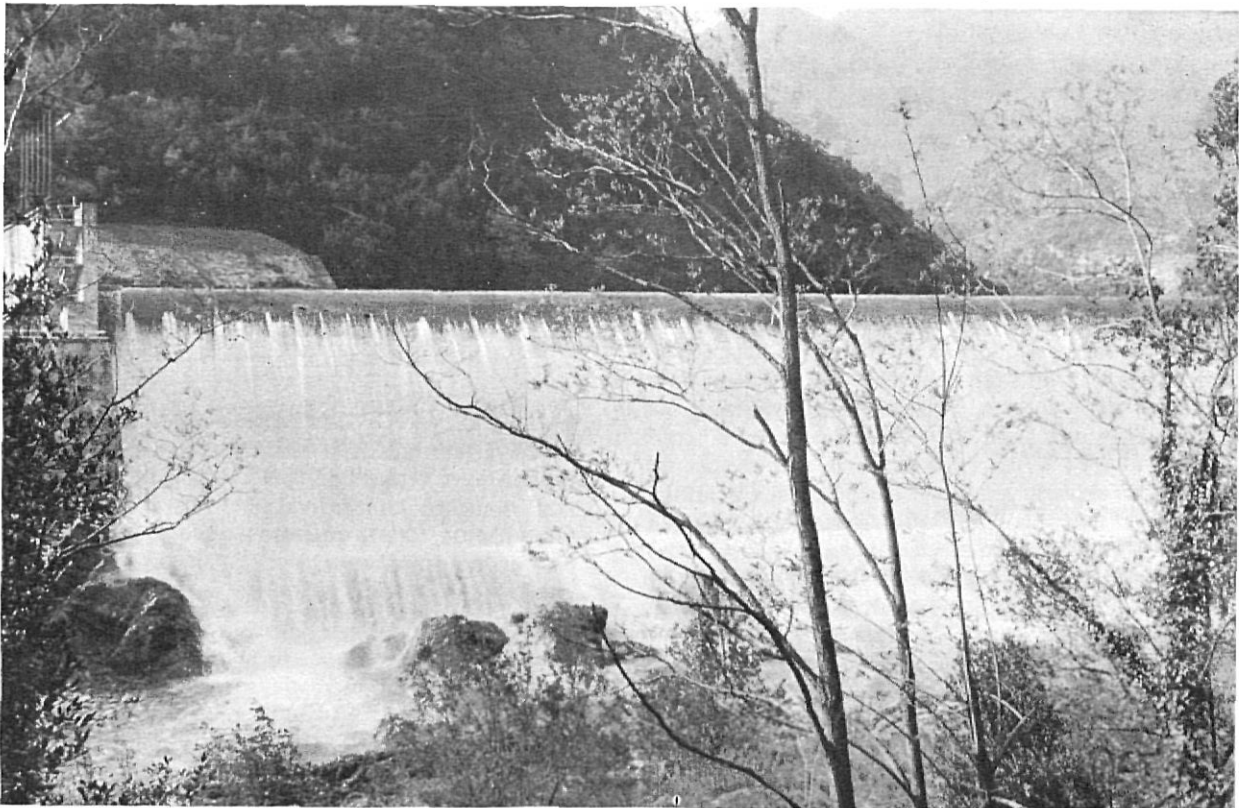
### 7.3. Acuífero Aluvial Cuaternario

#### 7.3.1. Cubeta Girona:

13. Pozo Industria Carbónica. C. Processó, n.º 29, Salt.
14. Pozo vivienda C. Vidal i Barraquer n.º 9, Salt.

15. Pozo Restaurante La Barca, orilla derecha del Ter, Bescanó.
16. Pozo Barca de Bescanó, orilla izquierda del Ter.
17. Pozo Guardería de Bescanó.
18. Pozo Central eléctrica de Bescanó.
19. Pozo Restaurante La Barca, Anglés.
20. Pozo Aguas Potables de Anglés.
21. Pozo de Palou, Aguas Potables de Amer.
22. Pozo Urbanización Soli-Vent, Amer.
23. Pozo Restaurant Sant Marçal, Amer.
24. Manantial Aguas Potables de La Cellera de Ter.
25. Pozo La Fanera en la riera de Osor, Pla de Vall de La Cellera.
26. Manantial Aguas Potables de Osor.

La presa de El Pasteral.



\*\*\*\*\*

PARAMETROS	Pozo Industria Bebidas Carbónicas C/. Processó, 29 Salt (13)	Pozo Industria Bebidas Carbónicas Una gaseosa Salt	Pozo Particular C/. Vidal i Barraquer, 9 Salt (14)
NO <sub>3</sub>	19 mg/l	19 mg/l	18,5 mg/l
UROCROMO	0,068 mg/l	0 mg/l	0,045 mg/l
PARAMETROS	Pozo Restaurante La Barca de Bescanó orilla derecha del Ter Bescanó (15)	Pozo Barca de Bescanó, orilla izquierda del Ter Bescanó (16)	Guardería de Bescanó (17)
NO <sub>3</sub>	28 mg/l	8,5 mg/l	32 mg/l
UROCROMO	0,04 mg/l	0,08 mg/l	0,043 mg/l
PARAMETROS	Central Eléctrica Bescano (18)	Pozo Restaurante La Barca Anglés (19)	Pozo Aguas Potables Anglés (20)
NO <sub>3</sub>	5,2 mg/l	7,5 mg/l	6,2 mg/l
UROCROMO	0,04 mg/l	0,07 mg/l	0,045 mg/l
PARAMETROS	Pozo de Palou Aguas Potables de Amer (21)	Pozo Urbanización Soli-Vent Amer (22)	Pozo Restaurante Sant Marsal Amer (23)
NO <sub>3</sub>	6,9 mg/l	5,2 mg/l	5,2 mg/l
UROCROMO	0,06 mg/l	0,04 mg/l	0,04 mg/l
PARAMETROS	Manantial Aguas Potables La Cellera de Ter (24)	Pozo en la Riera de Osor - Pla de Vall de La Cellera de Ter (25)	Aguas Potables Osor (26)
NO <sub>3</sub>	7,4 mg/l	18,9 mg/l	0,5 mg/l
UROCROMO	0,078 mg/l	0,084 mg/l	0,035 mg/l

En la figura 1, representamos todos los puntos de muestreo dentro de los acuíferos del río Ter y fuera de ellos.

## 8. — COMENTARIO

### 8.1. Aguas Superficiales

#### 8.1.1. Nitratos

El escaso valor de los nitratos obtenidos en las muestras del Pasteral y la red de Girona fue debido a que la toma de agua para la estación potabilizadora de Montfullá se hace desde la parte inferior de la presa y esta zona en el momento de la toma de la muestra su medio era reductor. Según sean las corrientes ascendentes o descendentes dentro de la masa líquida del pantano, varían los valores de los nitratos, ní-

tritos y amoníaco en relación con el medio, sea oxidante o reductor; por cuyo motivo nos dieron reacción cualitativa positiva el amoníaco y los nitritos; en la muestra del Pasteral y en la de Girona solamente reacción débil los nitritos; debido a la acción oxidante del cloro en el tratamiento del agua.

En cambio en la muestra del Congost, con reacción cualitativa francamente positiva para el amoníaco y positiva débil para los nitritos, los nitratos también fueron bajos; debido al escaso caudal de agua en época de estiaje en que verificamos la toma de la muestra, y a la gran canti-

\*\*\*\*\*

dad de aguas negras que soporta el río en este paraje, que se traduce en un gran consumo de oxígeno en el proceso de autodepuración del mismo. El promedio del oxígeno disuelto en una serie de seis análisis mensuales que efectuamos en 1975, que correspondieron a tres meses de buen caudal y a otros tres de estiaje, fueron para el Congost de 7,2 mg/l y antes de recibir las aguas residuales de la ciudad de Girona de 10,5 mg/l. Entonces para los nitratos en el paraje del Congost obtuvimos un valor medio de 28,2 mg/l.

### 8.1.2. Urocromo

Tengamos en cuenta que el urocromo de la muestra del Pasteral corresponde a todas las aguas residuales que recibe el río en todo su recorrido, juntamente con sus afluentes; entre otras, menos importantes, las de las poblaciones de Camprodón, Sant Joan de les Abadesses, Campdevánol, Ribas de Freser, Ripoll y Vic; y al llegar al Congost en Celrá ha disminuido de caudal por las aguas desviadas a Barcelona y su zona de influencia, por cuyo motivo al recibir el aporte de las residuales de Girona ha aumentado más la proporción de urocromo que si no se desviarán los 8 m<sup>3</sup>/segundo desde El Pasteral. Pero por otra parte, debido a la regulación del río Ter por el sistema de embalses, Saus, Susqueda, El Pasteral, el porcentaje es realmente inferior al correspondiente a las aguas residuales de las poblaciones que vierten al río, puesto que en las grandes avenidas correspondientes a los períodos de lluvia se embalsan aguas de escorrentía que lógicamente no contienen urocromo, quedando por lo tanto diluido el del agua embalsada.

El que sea ligeramente inferior el porcentaje de urocromo en las aguas potables de Girona a las de su procedencia del embalse del Pasteral, es debido a que en el tratamiento de floculación en la estación de Montfullá parte del urocromo ha sido arrastrado por el sulfato de aluminio con que son tratadas las aguas.

## 9. — AGUAS SUBÁLVEAS EN CUANTO A LAS CUBETAS DE CELRÁ, VERGES Y ACUÍFERO CUATERNARIO COSTERO

### 9.1. Nitratos

En las aguas subálveas del acuífero aluvial cuaternario del río Ter, y el acuífero cuaternario costero los valores de los nitratos han sido bajos, debido a que los pozos de captación llegan hasta casi al fondo del acuífero, donde, al igual que en los embalses artificiales, su medio es reductor y el nitrógeno naturalmente no puede encontrarse en su estado de máxima oxidación; en el caso del pozo de Torroella de Montgrí (Gual-

ta), el más profundo, con sus 52 metros, no detectamos nitratos. En cambio, aparecieron nitritos en las muestras de Colomers, Torroella de Montgrí y La Bisbal; y amoníaco en Colomers, Torroella de Montgrí y Estartit. El acuífero en el pozo de Colomers manifestó además su medio reductor en un último análisis realizado en septiembre de 1982, cuyos parámetros oxígeno y manganeso fueron respectivamente de 0,15 y 3 partes por millón; su pobreza en oxígeno hizo que no pudieran desarrollar completamente su actividad biológica las bacterias mangnesianas (*Leptotrix*) fijando en su forma insoluble (hidróxido) el manganeso disuelto.

En cuanto al pozo de la Granja Coll, se trata de un pozo abierto, con el nivel piezométrico a 2,5 m. y rodeado de terrenos de cultivo. No contiene ni amoníaco ni nitritos; debemos atribuir su mayor porcentaje de nitratos (116 mg/l) a los abonos con que son tratadas las tierras y por otra parte haber llegado los distintos compuestos nitrogenados a su mayor grado de oxidación.

### 9.2. Urocromo

De promedio, el mismo urocromo hemos hallado en las cubetas de Celrá, Verges y acuífero cuaternario costero (0,075 mg/l), que en las aguas de la red de Girona.

Las aguas subálveas del pozo del sector de la Font de l'Arbre en La Bisbal, proceden de la infiltración de las meteóricas en la cuenca del río Daró. Su contenido en urocromo (0,062 mg/l) es parecido al hallado en las aguas subálveas del río Ter; indudablemente procede de los purines (estiércol líquido) de las numerosas granjas de ganado porcino ubicadas en el llano de Rabioses, además de las residuales de la población de Cruïlles que también llegan a este paraje.

En las poblaciones agrícolas, la reproducción y engorde del ganado de cerda, ha aumentado extraordinariamente desde hace unos 25 años. Se ha pasado de la explotación de un número reducido de cabezas en la misma vivienda del agricultor, dentro del casco urbano, a una proliferación de granjas situadas alrededor de los pueblos pero cercanas a ellos, que ha dado lugar a un importante foco de contaminación de las aguas por urocromo, y cuya incidencia depende de la concentración de granjas por Km<sup>2</sup>. El año 1965 fue el «Boom» del paso de las explotaciones caseras a industriales.

En unas granjas son vertidos los purines directamente a los cauces fluviales y en las debidamente instaladas son almacenados en depósitos especiales para su posterior utilización por esparción como fertilizantes; los cuales, por infiltración y arrastre por el agua de las lluvias son transportados a las capas más profundas del suelo, pudiendo llegar su contenido en urocromo a los mantos acuíferos.



El Ter en Verges.

En la provincia de Lleida la producción anual de ganado de cerda es de unos dos millones de cabezas anuales y en nuestra provincia se puede cifrar en 500.000.

Tenemos otra confirmación de contaminación por urocromo de las aguas subálveas, lo que nos hace suponer que varias aguas subterráneas contendrán urocromo en más o menos cantidad y en constante incremento.

## 10.— AGUAS SUBÁLVEAS EN CUANTO A LA CUBETA DE GIRONA

### 10.1. Nitratos

En la cubeta de Girona el valor para los nitratos que hemos hallado también ha sido bajo, tanto para los pozos situados en la cubeta como para los dos fuera de ella. El más elevado ha sido el pozo (17) de la Guardería de Bescanó con 32 mg/l; pozo con más caudal de agua que su vecino (15), que nos ha dado 28 mg/l. Para el urocromo, el valor hallado en ambos pozos prácticamente ha sido el mismo, de 0,04 mg/l.

El pozo de la Guardería de Bescanó ha sido el único cuyo valor para los nitratos supera los

30 mg/l tolerados por el Código Alimentario Español; valor que lo atribuimos a su mayor hondura, por mezcla con aguas procedentes de un acuífero más profundo.

### 10.2. Urocromo

La diferencia entre los valores del urocromo en los pozos (13) y (14) de Salt, bastante cercanos, hemos de suponer es debida a que el (14) menos profundo y menos caudaloso, no alcanza el acuífero de la cubeta de Girona. Lo mismo debe ocurrir con los pozos (15) y (17) de la orilla derecha y el (16) de la izquierda (los valores de los nitratos en los tres pozos guardan relación con los hallados para el urocromo, que nos indican la distinta procedencia de sus aguas). La ausencia de urocromo en la muestra de una gaseosa procedente del agua del pozo (13), la atribuimos a la acción del CO<sub>2</sub>. Los siguientes pozos del (18) al (23) dentro de la cubeta de Girona, tienen valores bajos. Finalmente el valor del de la riera de Osor (25) ha sido de los altos, al igual que el manantial de las aguas potables de La Celler procedente de la Mina Aguas Potables Estrella Noguera Moré. En cambio ha sido bajo el correspondiente al Manantial de las Aguas potables de Osor.

10. — LA CASUÍSTICA

Desde finales de 1981 la Generalitat de Catalunya se interesa en el estudio del «Bocio endémico», de lo cual no tuvimos noticia hasta el mes de febrero de 1983, cuando estábamos dando fin a las determinaciones analíticas en las muestras de la Cubeta de Girona. Es desde esta fecha que tuvimos información sobre el «Plan piloto» en la provincia de Girona, también a punto de finalizar. Este ha dado paso a un programa más amplio que deberá extenderse a todo el territorio catalán. Se pretende estudiar un total de 5.000 muestras, en las que se realizará: encuesta; palpación tiroidea; determinación de yodo y creatina en orina. Todo ello a fin de establecer el verdadero alcance de la existencia de bocio en Catalunya; y según los resultados adoptar las medidas de carácter sanitario oportunas.

El «Plan piloto» inicial se ha realizado precisamente en nuestra provincia, concretamente en los pueblos de Amer, La Celler, Las Planas y Sant Feliu de Pallerols.

Motivó este estudio la abundancia de casos observados en estas zonas. Un refrán popular de los habitantes de la región de Osor era «Sóc d'Osor, porto goll, tant se me'n fot» (Soy de Osor, llevo bocio, tanto me da). Por ser frecuente el bocio en la zona de Osor, hemos hecho también las correspondientes determinaciones en dos muestras de aguas de la misma.

Los únicos puntos de coincidencia de nuestro trabajo con el muestreo de este «Plan piloto» son los correspondientes al acuífero del río Ter, en la comarca de La Selva (Amer y La Celler).

El «Plan piloto» fue realizado bajo la coordinación de nuestra compañera R. Núria Aleixandre Cerarols, quien a la vez llevó la parte de investigación bioquímica, y el Dr. A. Marco Sanz en la parte de endocrinología. La analítica fue realizada en el Instituto Bioquímico Clínico con la colaboración del compañero Dr. Maya Victoria. Puestos en contacto con ellos nos han facilitado toda la información requerida así como los siguientes resultados:

- A. Un 22,9 % de palpaciones positivas en adultos, en Amer.
- B. Un 9,8 % de palpaciones positivas en adultos, en La Celler.

Debemos aclarar que, según las últimas normas preconizadas por la OMS, para considerar una zona como endémica es necesario alcanzar más de un 10 % de palpaciones positivas entre la población encuestada.

Nótese la proporción inversa con las cantidades de urocromo halladas en las aguas de las

poblaciones de Amer y La Celler (0,06 y 0,078) y su tanto % de bocio (22,9 % y 9,80 %); que corrobora la no incidencia de la pequeña tasa de urocromo de las aguas de consumo público con el bocio endémico en la zona afectada.

En cualquier caso no entramos en el detalle de los resultados de dicho «Plan» por no ser el motivo de este trabajo.

12. — CONCLUSIONES

1.ª - En las comarcas de la zona del río Ter estudiada, desde La Celler a su desembocadura en el mar Mediterráneo no tenemos conocimiento de la existencia de bocio endémico, por no existir ningún estudio realizado en esta zona.

2.ª — La única zona del norte de la comarca de la Selva estudiada que se ha venido considerando con bocio más o menos endémico corresponde a las poblaciones de Amer, Osor y La Celler.

3.ª - En las aguas superficiales del río Ter, antes de recibir las residuales de la ciudad de Girona, al igual que en las aguas subterráneas, su tasa de urocromo no alcanza los 0,1 mg/l.

4.ª - Podemos considerar que el valor del urocromo de 0,68 mg/l hallado en las aguas superficiales después de recibir las residuales de Girona, según se desprende de los ensayos realizados por Sauer y Rhinow para comprobar la teoría de Hettche, es el correspondiente a una tasa inferior a 1 mg/l. (3.3).

5.ª - No puede tener ninguna relación el escaso contenido en urocromo de las aguas estudiadas de la comarca del norte de La Selva con el bocio endémico. Su causa no puede estar relacionada con la ingestión del bociógeno urocromo.

6.ª - En cambio, de utilizarse a partir de Celrà, las aguas superficiales del río Ter para el consumo urbano, podría dar lugar a una frecuencia de hipertrofia tiroidea aproximadamente en un 20 % de la población, siempre que el caudal fuese el correspondiente a la época de estiaje en que verificamos nuestro muestreo, y que el embalse que se construyera al efecto, embalsara agua con la susodicha tasa de urocromo.

Celrà, mayo de 1983.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BARRANCO, SEBASTIÀ. — **Situació Sanitària de les Granges.** Conferencia pronunciada en la «Fontana d'Or» de Girona, el día 26 de noviembre de 1982 dentro del ciclo «Quinzena del Medi Ambient i la Salut».
2. CASTELLÓ PAIRÓ. — **De la Materia Orgánica Cruda al Humus.** Charla pronunciada el día 4 de febrero de 1971, en el Colegio de Farmacéuticos de Valencia.
3. CAZACEANU, E., TRANDAFIRESCU, E. — **The determination of urochrome in water.** Igiena. Rumanía (1965).
4. DOCUMENTA GEIGY. — **Tablas Científicas.** 7.ª Edición, Barcelona (1975).
5. FARRERAS, P. y ROZMAN, C. — **Medicina Interna.** Editorial Marín, Barcelona 9.ª Edición (1978).
6. HETTICHE. — **Aetiologie, Pathogenese und Prophylaxie der Struma.** Munich (1954).
7. KNORR, M., GRAET, W., KLATTE, O.J. — **Color of dinking water containing humic acids and urochromes.** Arch. Hig. Bakteriol. Alemania (1963).
8. OLEA, JOSÉ T. — **Contaminación Química del Agua Potable.** Revista ION n.º 360. Julio 1971.
9. PANORAMA ACTUAL DEL MEDICAMENTO. **Tiroides y Antitiroides.** Publicación del Consejo General de Colegios Farmacéuticos, número 55 de junio de 1978.
10. REDING. — **Influence de certaines industrialisations outrancières sur la santé et particulièrement sur la progression continue de la morbidité cancéreuse.** Bruselas (1955).
11. RODIER, G. — **Análisis de Aguas.** Ed. Omega (1978).
12. SALVAT. — **Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas.** 10.ª Edición (1972).
13. STOCKS. — **Thirty fifth anual report of the Britidch Empire Cancer Campaign.** Londres (1956).
14. TAYLOR. — **The examination of water supplies.** Londres (1958).
15. TROMP and DIEHL. — *Experientia*, 10. Holanda (1954).
16. TRZILOVA, B., VLCKOVA, A. — **Urochrome as an indicator of fecal contamination of surface waters.** Cesk. Hyg. Checoslovaquia (1965).
17. VOISIN. — **Sol, Herbe, Cáncer.** París (1961).
18. WOLTER, D. — **Urochrome als trinkwasserhygienisches Problem.** Bezirks - Hygiene - Institut Schwerin. Alemania (1967).