

-30039

NOTA TÉCNICA SOBRE LA CALIDAD  
QUÍMICA DE LAS AGUAS EN LA IS-  
LA DE MALLORCA.

*Original IGME*

NOTA TECNICA SOBRE LA CALIDAD  
QUIMICA DE LAS AGUAS EN LA IS-  
LA DE MALLORCA.

1.- Introducción y consideraciones generales

Los acuíferos de Mallorca son practicamente las únicas fuentes de suministro de agua para abastecimiento urbano, de ahí la apremiante necesidad de conservarlos incontaminados a costa de grandes esfuerzos de vigilancia y protección con una absoluta preferencia sobre los de conexión.

Cuando se trara de vertidos contaminantes en rios o lagos, los efectos se detectan rapidamente, los volúmenes de agua contaminados suelen ser pequeños y es fácil eliminar las causas productoras.

En un acuífero el proceso de la contaminación es muy diferente ya que los efectos se aprecian solo cuando aquella llega a una obra de captación cercana al foco contaminante, y dado que el agua subterránea se propaga a una velocidad de algunos cm/día, puede pasar mucho tiempo antes de ponerse de manifiesto, con lo que el proceso resulta practicamente irreversible, por la gran cantidad de agua contaminada que habría que bombear y por el elevado número de obras de captación que se necesitaría para ello.

2.- Iones disueltos en las aguas subterráneas

Existen análisis químicos en las oficinas de este Instituto Geológico y Minero de España de unos 50 pozos, de la isla de Mallorca, casi todos dedicados al abastecimiento humano. Estos análisis han sido tomados en muestras en las que no se ha realizado ningún tipo de tratamiento.

| Nº en mapa | Fecha     | Tº Municipal | Toponimia           | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l | Sólidos disueltos | Dureza (grados franceses) |
|------------|-----------|--------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| 27         | 23 -7- 74 | La Puebla    | Crestaixch          | trazas                            | 0,22                              | 801,2             | 46                        |
| 16         | 15 -6- 74 | Capdepera    | Moli de San Sina    | 5                                 | 0,14                              | 975,92            | 53                        |
| 25         | 23 -7- 74 | La Puebla    | Son Ventura         | 16,9                              | 0,14                              | 898,24            | 49                        |
| 45         | 19 -7- 74 | Porreras     | Son Porque          | 35,1                              | 0,17                              | 763,17            | 44                        |
| 60         | 24 -7- 74 | La Puebla    | Son Barba           | 20                                | 1,1                               | 940               | 44                        |
| 48         | 15 -6- 74 | Santa María  | Can Rira            | 29,7                              | 0,33                              | 818               | 4,3                       |
| 21         | 16-12- 74 | Lluchmayor   | Son Monjos          | 23,1                              | trazas                            | 594,3             | 29                        |
| 33         | 31 -5- 74 | Manacor      | Son Torell          | 28,1                              | 0,07                              | 810               | 43                        |
| 35         | 3 -6- 74  | Manacor      | Cana Biela          | 36,6                              | 0,12                              | 832               | 41                        |
| 46         | 15 -2- 75 | Sancellas    | Cas Caná            | 57,8                              |                                   | 854,2             | 40                        |
| 68         | 12 -2- 75 | Felanitx     | C'an Gayá           | 26,3                              | 0,18                              | 1218              | 61                        |
| 44         | 25 -11-74 | Palma        | Son Gual            | 24,7                              | 0,25                              | 568,75            | 31                        |
| 83         | 18 -2- 75 | Felanitx     | Marselleta          | 28,1                              | 0,19                              | 1762              | 62                        |
| 91         | 11 -7-75  | San Lorenzo  | Pocafarina          | 21,6                              | 0,17                              | 1083              | 54                        |
| 50         | 17-12- 73 | Santany      | Na Faro             | 36,6                              |                                   | 2411              | 67                        |
| 96         | 25 -8- 75 | Sineu        | Banderola           | 88,2                              | 0,13                              | 1133              | 43                        |
| 79         | 12 -3- 75 | Santany      | Sec Covos des Vica. | 66,6                              | trazas                            | 1897              | 67                        |

30039

| Nº en mapa | Fecha     | Tº Municipal    | Toponimia        | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l | Sólidos disueltos | Dureza (grados franceses) |
|------------|-----------|-----------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| 87         | 10 -3- 75 | Santa Margarita | Son Bauló        | 31,2                              |                                   | 1470              | 53                        |
| 95         | 19 -8- 75 | Montuiri        | Mianas           | 35,1                              | 0,17                              | 1015              | 46                        |
| 94         | 19 -8- 75 | Porrens         | S'Hort d'en Mora | 40,4                              | 0,13                              | 1044              | 48                        |
| 90         | 2 -7- 75  | Pollensa        | Cala Carbó       | 10,6                              | 0,25                              | 1472              | 66                        |
| 88         | 17 -3- 75 | Pollensa        | C'an Colet       | 46,1                              | 1,14                              | 921               | 53                        |
| 74         | 28 -3- 75 | Calviá          | Vall-Verd        | 33,4                              | 0,29                              | 823               | 41                        |
| 73         | 28 -3- 75 | Calviá          | Vall-Verd        | 26,3                              |                                   | 780               | 40                        |
| 65         | 19 -5- 75 | Palma           | C'an Valero      | 13,8                              | 0,09                              | 886               | 50                        |
| 12         | 15 -6- 74 | Manacor         | Son Planetas     | 12,2                              | 0,1                               | 1062              | 55                        |
| 30         | 6 -6- 74  | La Puebla       | Sa Tan Cal Moro  | 53,8                              | Trazas                            | 1094              | 60                        |
| 8          | 29 -1- 74 | Binisalem       | C'an Arabi       | trazas                            | 0,35                              | 846               | 52                        |

Los contenidos en los principales iones,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  en líneas generales son aceptables, sobrepasando rara vez los límites máximos permitidos por el Código Alimentario Español, sin embargo en 28 de los 50 casos estudiados los análisis registran contenidos en nitritos, algunos sobrepasan el límite máximo permitido por la Legislación española en cuanto al contenido y casi en la mayoría se encuentran valores de este ion muy cercanos a dicho límite máximo.

Se adjuntan los análisis químicos parciales, de nitratos, nitritos, total de sólidos disueltos y dureza de los 28 casos mencionados.

Se comprueba que el valor medio del total de sólidos disueltos es de unos 1000 mg/l. y el de la dureza unos 50 grados franceses.

Las aguas son normalmente incrustantes, por su **PH.** mayor de 7, dureza superior a 50 grados franceses y contenido en bicarbonatos mayor casi siempre de 250 mg/l.

### 3.- Legislación española con respecto al contenido en nitratos y nitritos

En el Código Alimentario Español (aprobado por Decreto 2484/1967, de la Presidencia del Gobierno, de fecha 21 de Septiembre de 1967) se lee en el apartado 3.27.15. titulado Prohibiciones:

"Queda rigurosamente prohibido el consumo humano de aguas " no potables" y de las que acusen la presencia, aunque sólo sean indicios de fosfatos, nitritos amoníaco, a minas sulfuros, hidrocarburos, grasas y detergentes".

Respecto al contenido en nitratos, se marca como límite máximo el valor de 30 mg/l.

Se citan a título comparativo los límites impuestos en diversos países para el contenido en este mismo ion ( $\text{NO}_3^-$ ).

Suiza, Manual de denrées alimentaires  
(Manual Técnico del Agua, Degremont, pag. 789) 20 mg/l

E.E.U.U., Dinking Water Standards 1962 U.S.  
Dept. of Health, Education and Welfare. 45 Mg/l  
(Manual Técnico del Agua, Degremont, pag. 789)

E.E.U.U., Límite obligatorio impuesto por el Servicio de Salud Pública de los EE.UU. al agua de los suministros interestatales basado en los efectos fisiológicos nocivos que pueden producir en el organismo humano.  
20 mg/l  
(Davis y De Wiest, Hidrogeología, pag. 169)

Francia, Según la legislación y reglamentación de aguas en Francia, un contenido superior a 44 mg/l de nitratos, puede provocar transtornos, especialmente en los lactantes.  
(Manual Técnico del Agua, Degrement, pag. 802)

Organización  
Mundial de  
La Salud

Contenido límite 45 mg/l.  
(Manual Técnico del Agua, Degrement, pag. 786)

En ninguno de los países citados se admite la presencia de nitritos.

4.- Orígenes del contenido en nitratos de las aguas

Las proporciones importantes de nitratos, más de 10 a 15 mg/l aunque pueden provenir de disolución mineral, normalmente son debidos a oxidación de aguas contaminadas con materia orgánica por lo que es necesario pensar en una posible contaminación de las aguas subterráneas por aguas residuales, pozos negros, vertederos de basura etc. al llegar a sobrepasar las cantidades citadas.

La presencia de nitritos es índice, de una contaminación más reciente, y, por tanto más peligrosa de las aguas subterráneas. (Captación de Aguas Subterráneas, Alberto Benitez).

"Se conoce con el nombre de nitrificación, un proceso bacteriano en el cual el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida transformándose en nitritos (por los nitrosomonas) y después en nitratos (por los nitrobacters).

En estas reacciones, sólo se detectan trazas de nitritos, ya que la velocidad de reproducción de las bacterias nitrosomonas es inferior a la de los nitrobacters". (Manual Técnico del Agua, Degreont, pag. 68).

Si la cantidad de oxígeno disuelto en el agua no es suficiente, algunos organismos utilizan el de los nitratos, produciéndose una reducción de estos compuestos, que puede ser parcial a nitritos o total a nitrógeno. Este proceso, inverso del anterior es la desnitrificación.

En la descomposición bacteriana de la materia orgánica, se encuentran como primeros productos transformados aminoácidos y amoníaco, finalmente nitritos y nitratos. (Hidrogeología, Davis y De Wies, pag. 157).

En el caso de algunos cultivos, alfalfa, guisantes, etc. existe una flora bacteriana que fija el nitrógeno atmosférico, oxidándolo a nitratos, la cantidad producida de estos compuestos es superior a la demanda del cultivo y los nitratos excedentes son arrastrados hasta el medio saturado por el agua de infiltración. Sobre todo en aquellos casos en que no exista un medio reductor adecuado, y dado que el nitrato no es absorbido por el terreno, el efecto comentado constituye una buena fuente para incrementar el total de nitratos del acuífero.

Otro fuente de nitratos es el debido a elementos químicos de origen agrícola o industrial, sobre todo cuando se trata de una recirculación de agua de riego con escasos lavados por

agua de lluvia, en los casos en que dichos fertilizantes han sido usados en mayor medida de lo necesario, sobrecargando en nitratos la reserva de agua utilizada por las plantas.

5.- Los pozos como fuentes de contaminación

Una de las principales vías de contaminación son los pozos y sondeos defectuosamente construidos o en malas condiciones, ya que constituyen un camino preferente de entrada de aguas contaminadas superficiales, del mismo modo los pozos abandonados son zonas de paso directo de muy diversos agentes contaminantes.

Otro aspecto a considerar es que durante la construcción de sondeos y pozos pueden haberse introducido contaminantes inorgánicos, orgánicos y biológicos, por empleo de agua contaminada en la perforación, uso de tubos no desinfectados, etc.

La mayor parte de los organismos muertos, que por descomposición bacteriana darán lugar a nitritos y nitratos, provienen de la contaminación directa de los pozos (Hidrogeología, Davis y De Wies pag. 166).

También debe tenerse en cuenta que cuando los agentes contaminantes llegan directamente a través del pozo a la zona saturada, el poder de depuración del propio terreno queda prácticamente anulado.

6.- Protección de los pozos contra la contaminación

(Contaminación de aguas subterráneas, E. Custodio, 1972)

- 1ª) Cementación de la parte superior entre el tubo y la pared del sondeo y establecimiento de una pequeña losa de hormigón superficial de forma que las aguas no se puedan acumular a su alrededor.
- 2ª) Los pozos o sondeos nunca serán usados para el vertido de aguas residuales no tratadas. Los pozos o sondeos abando-

nados deben rellenarse de materiales impermeables y luego cementarlos para prevenir el que puedan convertirse en vehículos de contaminaciones.

### 3ª. Desinfección del pozo una vez concluido.

Esta operación tiene como misión la eliminación de agentes contaminantes introducidos durante la construcción del pozo o sondeo.

Se puede efectuar con cloro, o con sus derivados, hipoclorito cálcico 70% de cloro o hipoclorito sódico (lejía) con un 10% de cloro.

Una dosificación adecuada, es de unos 100 *gramos* de cloro por cada 100 litros de agua en el pozo. En el caso de usar hipoclorito cálcico, para conseguir el efecto de desinfección se deberán usar unos 150 gramos por cada 100 litros de agua en el pozo.

Este compuesto se vende en forma granular, se disuelve previamente con agua y luego se introduce en el pozo con agitación. Se debe conseguir una distribución uniforme, para lo que debe procurarse introducirlo a distintas profundidades dentro del pozo. El tiempo de permanencia en el agua del pozo debe ser por lo menos de unas 12 Horas, luego se debe proceder a bombear el pozo. La operación se repetirá por lo menos 2 veces.

En caso de haberse utilizado lodos para la perforación, para su eliminación deben usarse polifosfatos en una proporción de 1,5 Kg. por cada 100 litros de agua en el pozo.

### 7.- Desnitrificación

La gran diferencia entre agua químicamente im potable y agua no potable bacteriológicamente es que en ésta última los

efectos nocivos en el organismo humano suelen ser casi inmediatos, mientras que con la primera pueden ser muy diferidos, por lo que su detección y conección presentan más dificultades.

Dado que los nitratos son una de las sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud, ya que en cantidades superiores a 45 mg/l pueden llegar a producir, principalmente en los niños, la determinada enfermedad azul (Metahemoglobinemia o cianosis) que afecta a la sangre, es por lo que debe procederse a eliminar o reducir estos iones en aquellas aguas que sean dedicadas al consumo humano.

Los nitritos, no tolerados en un agua de bebida, se transforman fácilmente en nitrosos por la acción oxidante del cloro o del ozono. Sin embargo no hay que olvidar que mediante esta operación el total de nitratos se verán incrementado.

Los nitratos son difícilmente eliminables. Mediante un proceso biológico se pueden transformar todos los compuestos nitrogenados en nitratos y finalmente hacer pasar todos los nitratos a la forma de nitrógeno gaseoso, como se comprende es un método laborioso, muy caro y de resultados dudosos.

En la práctica, si en un agua utilizada para abastecimiento público se aprecia un incremento del contenido en nitratos debe vigilarse especialmente la esterilización. Por encima sin embargo, del valor recomendado por la Organización Mundial de La Salud, 45 mg/l. el agua debe desecharse. (Manual Técnico del Agua, Degremont, pag. 577).

Por lo comentado más arriba se insiste en la desinfección de los pozos, con un tratamiento adecuado de cloro, ya que debido a la acción bactericida de este compuesto la materia orgánica se destruye y no se forman o disminuye la concentración en nitratos y nitritos.

## 8.- Conclusiones generales

I. Se ha realizado un estudio de calidad química sobre los análisis de unos 50 pozos de la isla de Mallorca, entre los ensayados por este Instituto y destinados en su mayoría a consumo humano.

### II.

El contenido en los principales iones,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  en líneas generales son aceptables, sobrepasando rara vez los límites máximos permitidos por el Código Alimentario Español, excepto en aquellos casos en que tiene lugar una contaminación por agua de mar.

El valor medio del total de sólidos disueltos es de unos 1000 mg/l y el de la dureza unos 50 grados franceses.

Las aguas son normalmente incrustantes, por su pH mayor de 7, dureza de unos 50 grados franceses y contenido en bicarbonatos mayor casi siempre de 250 mg/l.

### III.

En 13 de los pozos estudiados, el contenido en nitratos supera los 30 mg/l. marcado como límite máximo por el Código Alimentario Español, y en 24 se encuentran nitritos, casi siempre señal inequívoca de contaminación por presencia de bacterias que reducen los nitratos.

### IV.

Según la litología normal de Mallorca, el contenido en ión nitrato no puede proceder de disolución mineral. Su procedencia debe ser atribuida a,

- a) Recirculación de aguas de riego, hecho agravada por el proceso que siguen algunos cultivos, alfalfa, guisantes, etc. mediante el cual fijan el nitrógeno atmosférico, transformándolo en nitrato y produciendo así más del demandado por

el cultivo.

También se debe tener en cuenta el aporte por elementos químicos de origen agrícola o industrial.

- b) Contaminación por materia orgánica, que mediante un proceso bacteriano se descompone finalmente en nitratos y nitritos.

Estas fuentes de contaminación pueden ser, inyección de aguas residuales sin tratar, pozos negros, vertederos de basura, contaminación de torrentes influentes por vertidos de desechos domésticos. Y contaminación de acuíferos por la vía directa de pozos y sondeos abiertos, mal terminados, que ponen en comunicación las aguas superficiales contaminadas con las profundas del acuífero.

#### V.

Para el contenido en nitritos se descarta la posibilidad de disolución mineral. Su existencia parece indicar contaminaciones puntuales de los mismos pozos o sondeos. Esta hipótesis puede ser confirmada con los pozos números 73 y 74, situados a menos de 100 metros, y en donde uno de ellos presenta 0,29 mg/l. de nitritos y el otro ni trazas. En los pozos números 16, 45, 79 y 25 se observa a través de distintos análisis una disminución del contenido en nitratos y un aumento en el de nitritos, con lo que se evidencia la existencia de bacterias reductoras de los nitratos y consiguientemente una cierta contaminación.

#### VI.

La forma más sencilla de eliminar estas bacterias reductoras es la desinfección del propio pozo con cloro, según se comenta en el apartado 6.

Para evitar la introducción de materia orgánica, se tendrá en cuenta también lo expuesto en el mismo apartado sobre acabados de pozos y pozos y sondeos abandonados.

Para no incrementar el contenido en nitratos, se intentará no usar demasiado obono nitrogenado en los cultivos que se rieguen con aguas que ya llevan bastante nitrato en disolución.

VII.

Por todo lo expuesto anteriormente, se deberán proceder al buen acabado y desinfección de los pozos, así como a un control químico y bacteriológico de todos los pozos destinados a suministro de agua para abastecimiento urbano, de acuerdo con las normas que este Instituto Geológico y Minero especificará en los correspondientes in formes vinculantes.

Madrid, 24 Septiembre, 1975

EL INGENIERO AUTOR DEL INFORME

*A. Roso Sánchez*

VºBº  
EL DIRECTOR

*C. Villaverde*

EL JEFE DE LA DIVISION  
DE AGUAS SUBTERRANEAS

*[Signature]*