

## Vigilancia de la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano y que vayan a ser destinadas a su consumo en la provincia de Valencia durante el período 2002-2010

### *Microbiological quality surveillance of drinking water and water intended for drinking in the province of Valencia (Spain) during the period 2002-2010*

### *Vigilância da qualidade microbiológica de água de consumo humano e de água destinada ao abastecimento público da província de Valência durante o período 2002-2010*

**Pedro Martí Requena<sup>a,b</sup>, Silvia Roselló Gordo<sup>c</sup>, Agustín Llopis González<sup>a,c,d</sup>, Maria Luisa Camaró Sala<sup>b</sup>, María M. Morales Suárez-Varela<sup>a,c,d</sup>**

<sup>a</sup> Centro Superior de Investigación en Salud Pública. Valencia. España.

<sup>b</sup> Dirección General de Salud Pública. Conselleria de Salut Pública de València. Laboratorio de Salud Pública

<sup>c</sup> Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universitat de València. España.

<sup>d</sup> CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP). España.

**Cita:** Martí Requena P, Roselló Gordo S, Llopis González A, Camaró Sala ML, Morales Suárez-Varela MM. Vigilancia de la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano y que vayan a ser destinadas a su consumo en la provincia de Valencia durante el período 2002-2010. *Rev salud ambient.* 2013;13(2):137-147.

**Recibido:** 29 de enero de 2013. **Aceptado:** 25 de mayo de 2013. **Publicado:** 31 de diciembre de 2013.

**Autor para correspondencia:** María M. Morales Suárez-Varela

Correo-e: [maria.m.morales@uv.es](mailto:maria.m.morales@uv.es)

Area de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universitat de Valencia. Av. Vicente Andrés Estellés s/n. 46100 - Burjasot (Valencia) SPAIN.

Tel.: 34-963544951

**Financiación:** Ninguna.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

**Declaraciones de autoría.** Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de la calidad microbiológica de las muestras de agua analizadas en la provincia de Valencia durante el período 2002-2010. Se observó la variación espacial, temporal y por origen de las muestras que no cumplían los requisitos especificados en el RD 140/2003 para los coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), aerobios a 22 °C (AB 22 °C), estreptococos fecales (EF), enterococos (EN), *Clostridium* sulfito reductores (CS), y *Clostridium perfringens* (CP), estratificando las muestras en aquellas que cumplían la normativa "Conformes" y las que no "No Conformes", y su relación con el grado de cloración.

Se estudian un total de 10 057 muestras de agua procedentes de fuentes que no manan de la red, aguas superficiales, aguas provenientes de plantas desnitrificadoras, pozos y redes de distribución. Se han agrupado en las 17 comarcas de la provincia de Valencia.

Del total de las muestras, no cumplían los requisitos de calidad para CT el 34,0 %, para EF-EN el 16,0 %, para AB 22 °C el 15,5 % para CF-EC el 13,0 % y para CS-CP el 5,6 %. Los porcentajes más elevados de muestras "No Conformes" se observaron situados en la zona interior, y en los años 2002-2004, 2008 y 2009. Respecto a la distribución por origen, se observaron en aguas superficiales, seguidas de fuentes y pozos.

Del total de muestras estudiadas, el 39,8 % eran "No Conformes", y de estas un 18,3 % procedían de abastecimientos que proveen a la población (redes de distribución).

El 61,0 % de las muestras "Conformes" estaban cloradas, lo que demuestra que el cloro sigue siendo un tratamiento efectivo de desinfección.

**Palabras clave:** Calidad microbiológica; aguas de consumo; microorganismos indicadores; cloración; provincia de Valencia.

## Abstract

This study focuses on assessing the microbiological quality of drinking water and of water intended for drinking in the province of Valencia (Spain) between 2002 and 2010. Variation was found regarding space, time and source requirements in samples that did not meet the standards of quality established by Royal Decree 140/2003 for the following: total coliforms (TC); faecal coliforms (FC); *Escherichia coli* (EC); aerobic bacteria at 22°C (AB 22°C); faecal streptococci (FS); enterococci (EN); sulphite-reducing clostridia (SC); and *Clostridium perfringens* (CP). The samples were stratified by those meeting the standards ("Compliance") and those that did not ("Non-Compliance"), as well as by their relationship with the degree of chlorination.

A total of 10057 water samples were examined from various sources: springs; surface waters; denitrifying plant waters; wells; and distribution networks. They were grouped into each of the 17 districts of the province of Valencia.

The total number of samples that failed to meet the standards of quality, for each criterion, were as follows: 34.0 % for TC; 16.0 % FS-EN; 13.0 % for FC-EC; 5.6% for SC-CP; and 15.5 % for AB 22°C. Regarding spatial variation in samples, the highest percentages of samples in the "Non-Compliance" group were found in the interior part of the province. For time variation, the highest percentages of "Non-Compliance" were for the years: 2002 - 2004, 2008 and 2009. Regarding source variation, origin of the samples with "Non-compliance" was highest for surface waters, followed by springs and wells.

For all samples studied, 39.8 % were within the "Non-Compliance" group, of which 18.3 % came from sources that supply the population (distribution networks).

Of the samples within the "Compliance" group, 61 % were chlorinated, which confirms that chlorine is a powerful disinfectant and that chlorination is an effective water disinfection treatment.

**Keywords:** Microbiological quality; drinking water; microbial indicators; chlorination; province of Valencia.

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade microbiológica de amostras de água analisadas na província de Valência durante o período de 2002 a 2010. Observou-se a variação espacial, temporal e da origem das amostras que não cumprem os requisitos estabelecidos no RD 140/2003, para coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF), *Escherichia coli* (EC), germes aeróbios a 22 °C (AB 22 °C), estreptococos fecais (EF), enterococos (EN), *Clostridium sulfito* (CS) e *Clostridium perfringens* (CP), estratificando as amostras que cumpriam os requisitos em "conformes" e as que não cumpriam em "não conformes" e a relação com o nível de cloro. Foi estudado um total de 10.057 amostras de água de diversas origens: fontes, águas superficiais, centrais de desnitrificação, poços e rede de distribuição. Foram agrupadas nos 17 municípios de Valência.

Do total das amostras, não cumpriam os requisitos de qualidade para CT (34 %), EF e EN (16%), AB 22 °C (15,5 %), CF e EC (13 %) e CS e CP (5,6 %). Quanto à variação espacial registaram-se as maiores percentagens de amostras "não conformes" na zona interior e nos anos 2002 a 2004, 2008 e 2009. No que diz respeito à distribuição por origens foram observadas maiores percentagens de amostras "não conformes" nas águas de superfície, seguido de nascentes e poços.

Do total de amostras analisadas, 39,8 % estavam "não conforme", sendo que 18,3 % destas eram da rede que abastece a população (rede de distribuição).

61 % das amostras "conformes" estão cloradas, o que significa que o cloro ainda é um tratamento eficaz de desinfecção.

**Palavras-chave:** Qualidade microbiológica; águas de consumo humano; microrganismos indicadores; cloração; província de Valência.

## INTRODUCCIÓN

Existe una gran preocupación a nivel mundial sobre la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano tanto por parte de los consumidores, gestores de abastecimientos, autoridades sanitarias y legisladores, ya que alrededor de 1,8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera); un 90 % de esas personas son niños menores de cinco años, principalmente procedentes de países en desarrollo. Además se ha estimado que el 88 % de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento y una higiene deficientes<sup>1</sup>. Esos brotes de gastroenteritis no solo se producen en países en vías de desarrollo sino que también se dan con cierta frecuencia en los países desarrollados<sup>2</sup>.

Por ello las aguas de bebida, aguas potables o aguas de consumo humano están sometidas a regulaciones legales muy estrictas en todos los países del mundo. En Europa está vigente la Directiva Europea 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano que se incorporó al derecho interno español mediante el Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano<sup>3,4</sup>.

La legislación vigente en España establece varios niveles de actuación en el control sobre calidad de aguas de consumo humano, asignando responsabilidades a cada uno de los actores que intervienen en la producción, distribución, vigilancia y control. Esta normativa atribuye competencias sobre la vigilancia sanitaria de las aguas a las

comunidades autónomas. En este marco se ha desarrollado la legislación de la Comunidad Valenciana estableciéndose las bases del control sanitario del agua mediante el Decreto 58/2006, por el que se desarrolla, en el ámbito de la Comunitat Valenciana, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano<sup>5</sup>.

Uno de los elementos básicos de esta vigilancia sanitaria es la toma de muestras y análisis microbiológico y fisicoquímico de las aguas ya sea en origen (superficial o subterráneo), depósitos de regulación o redes de distribución. También se establece que deben realizarse análisis de las aguas de las fuentes que no manan de la red y de las plantas de tratamiento de desnitrificación.

En la literatura de los últimos años existen algunos estudios sobre la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano en el Reino Unido<sup>6-8</sup>, Finlandia<sup>9</sup>, Italia<sup>10</sup> y España<sup>11</sup>. Sin embargo, todos estos estudios abarcan periodos de tiempo escasos<sup>11</sup> o se restringen a aguas que provienen de abastecimientos privados<sup>6-9</sup>. Por este motivo estimamos necesario estudiar la evolución de los resultados de los análisis microbiológicos realizados en el ámbito de los programas de vigilancia sanitaria de las aguas de consumo humano de la provincia de Valencia, que abarcan un periodo de tiempo más largo (2002-2010), diversas comarcas geográficas y orígenes distintos de las aguas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

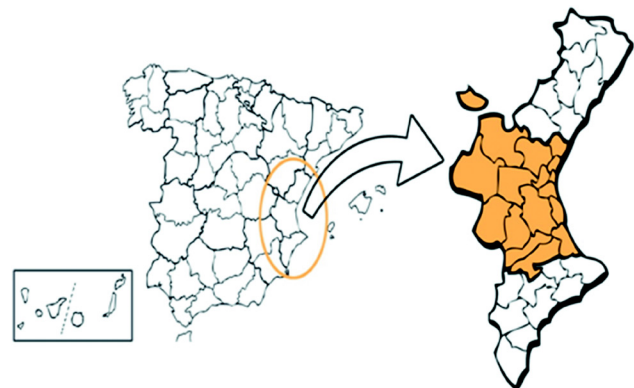
### a. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DE CONSUMO

La Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático de la Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente tomó la totalidad de las muestras y el Laboratorio de Salud Pública de Valencia, adscrito a la Dirección General de Investigación y Salud Pública realizó el posterior análisis.

### b. BASE DE DATOS

El Laboratorio de Salud Pública de Valencia nos facilitó una base de datos en la que se incluían todas las muestras de agua de consumo humano y aguas que iban a ser destinadas al consumo humano, tomadas en la provincia de Valencia, entre los años 2002 y 2010. Se procedió a realizar un control de calidad de la base de datos. Para ello, se eliminaron aquellos datos que carecían de información relevante para este estudio, concretamente, el criterio de inclusión fue que estuvieran presentes los microorganismos de estudio (incluidos en la legislación), así como la información referente al lugar de origen o la fuente y los niveles de cloro residual total. En la provincia de Valencia no se utiliza la cloración

combinada en la desinfección de las aguas. Desde el punto de vista analítico se determina el cloro libre y el cloro total para hallar por diferencia el cloro residual combinado. Dado que en nuestra experiencia los niveles de cloro libre y total son los mismos, en este estudio se incluye como variable cloro residual total. Finalmente contribuyen a este estudio un total de 10 057 muestras de agua, tomadas en las 17 comarcas de la provincia de Valencia (ver mapa) durante un periodo de estudio de 2002-2010 y procedentes de fuentes que no manan de la red, aguas superficiales, aguas provenientes de plantas desnitrificadoras, pozos y redes de distribución.



Se han valorado los siguientes microorganismos indicadores de contaminación fecal: coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), estreptococos fecales (EF), enterococos (EN), *Clostridium sulfito reductores* (CS), y *Clostridium perfringens* (CP) y el indicador de calidad aerobios a 22 °C (AB 22 °C). También se ha incluido el cloro residual total.

### c. MÉTODOS ANALÍTICOS

El Laboratorio de Salud Pública llevó a cabo los análisis microbiológicos<sup>12-16</sup>, y la determinación de cloro residual total<sup>17</sup> mediante el empleo de procedimientos analíticos normalizados y acreditados de acuerdo con los requisitos de calidad establecidos por la norma ISO 17025<sup>18</sup>.

### d. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Todas las variables estudiadas se dicotomizaron, las variables microbiológicas en las categorías "Conformes" y "No conformes" en función del cumplimiento de los estándares de calidad y la variable "Cloro residual total", en muestras no cloradas y cloradas, con un límite de detección de 0,05 mg/L. Es importante señalar que al comienzo del estudio la normativa vigente para la calidad del agua de consumo en España se correspondía con el Real Decreto 1138/1990<sup>19</sup>, pero a continuación, en el año 2003 pasó a regirse por el Real Decreto 140/2003<sup>3</sup>. Es por esto, y por las características de los distintos

microorganismos indicadores, que los resultados de los análisis microbiológicos se han agrupado en algunos casos en variables que constan de dos microorganismos.

### e. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar la asociación estadística entre los porcentajes de muestras que no cumplían los requisitos de calidad para cada uno de los microorganismos y las variables "año", "comarca" y "origen" se empleó el test de Chi-cuadrado como test de comparación de proporciones, excepto en los casos en los que se obtuvieron valores inferiores a 5 en alguna de las frecuencias esperadas, en los que se empleó la prueba exacta de Fisher (TEF).

El nivel de significación tanto en los tests de Chi-cuadrado como en los exactos de Fisher se fijó para  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

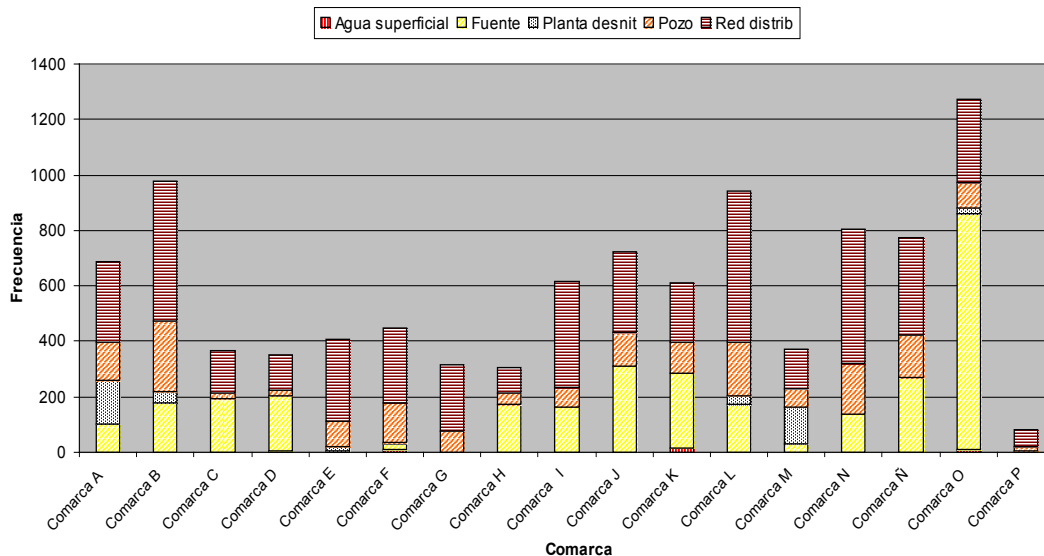
El programa de Vigilancia Sanitaria de las aguas de consumo humano en la Comunidad Valenciana incluye la toma de muestras y análisis de las mismas además de las correspondientes inspecciones para verificar el estado de las instalaciones de captación, tratamiento y distribución de los abastecimientos públicos y privados y fuentes que no manan de la red. En la aplicación de este programa para la provincia de Valencia se tomaron

10 057 muestras de agua de diferentes procedencias en el período 2002-2010, distribuidas según el origen de las mismas como se indica en la Tabla 1. Como puede verse las muestras tomadas en la red de distribución suponen, aproximadamente, un 47 %, un 31 % las tomadas en fuentes, un 18 % las tomadas en pozos y el 4 % restante de plantas desnitrificadoras. La distribución de las muestras por comarcas aparece en la Figura 1, siendo las comarcas O, B y L las que presentan mayor número de muestras (1274, 978 y 944, respectivamente). Así mismo, los años 2002, 2005, 2007 y 2009 fueron los más muestreados (1301, 1243, 1237 y 1235, respectivamente).

Tabla 1. Distribución de las muestras tomadas en la provincia de Valencia en el periodo 2002-2010, según el origen de las mismas

| Origen                  | Nº muestras | %       |
|-------------------------|-------------|---------|
| Agua superficial        | 56          | 0,6 %   |
| Fuente                  | 3067        | 30,5 %  |
| Planta desnitrificadora | 402         | 4,0 %   |
| Pozo                    | 1792        | 17,8 %  |
| Red de distribución     | 4740        | 47,1 %  |
| Total                   | 10057       | 100,0 % |

Figura 1. Frecuencia de muestreo según el origen de las muestras en las comarcas de la provincia de Valencia (n=10 057)



En el 39,8 % de las muestras se ha detectado que al menos uno de los parámetros microbiológicos determinados incumplía el requisito de calidad establecido en el RD 140/2003. Por origen de las muestras se obtienen porcentajes de incumplimiento que oscilan entre un 15,4 % de las procedentes de las plantas

desnitrificadoras y un 75 % de las aguas superficiales. Por comarcas se obtienen un 15,2 % de las muestras no aptas para la comarca P y un máximo del 62,7 % para la C y por año, la proporción de muestras que incumplen al menos un requisito oscila entre el 33,4 % en 2002 y el 44,2 % en 2004.

En el análisis de la evolución temporal de las muestras que presentan algún tipo de contaminación bacteriológica, se aprecia una tendencia significativa a disminuir en las tomadas en la red de distribución y una ligera tendencia a aumentar en las muestras tomadas en fuentes y pozos, aunque sin significación estadística (Tabla 2).

Tabla 2. Evolución temporal de la proporción de muestras contaminadas bacteriológicamente en redes de distribución, fuentes y pozos

| Año       | RED    | FUENTE | POZO   |
|-----------|--------|--------|--------|
| 2002      | 16,3 % | 66,0 % | 47,7 % |
| 2003      | 20,0 % | 75,5 % | 51,4 % |
| 2004      | 22,5 % | 73,7 % | 55,2 % |
| 2005      | 17,2 % | 76,0 % | 39,9 % |
| 2006      | 17,0 % | 75,7 % | 49,6 % |
| 2007      | 10,8 % | 73,3 % | 44,8 % |
| 2008      | 14,6 % | 75,8 % | 54,9 % |
| 2009      | 11,5 % | 77,9 % | 55,3 % |
| 2010      | 11,7 % | 77,7 % | 47,1 % |
| Pendiente | -0,011 | 0,009  | 0,002  |
| t-student | -3,06  | 2,65   | 0,31   |
| p         | 0,02   | 0,03   | 0,76   |

Del análisis de los datos por parámetro y del total de las muestras analizadas, se observa que no cumplen los valores paramétricos especificados en la reglamentación

en vigor en el momento de la realización del análisis (RD 1138/90 o RD 140/03) para coliformes totales (CT) el 34 % de las muestras, para estreptococos fecales-enterococos (EF-EN) el 16 % y el 15,5 % para aerobios a 22 °C (AB 22 C°) (Figura 2).

Si estudiamos el nivel de incumplimiento por parámetro y comarca, podemos ver que la proporción de muestras no aptas para los CT oscila entre el 11,4 % de la comarca P y el 57,2 % de la comarca C, para el parámetro CF-EC se sitúan entre el 5,1 % de la comarca P y el 25,7 % de la comarca H, para el grupo EF-EN, entre el 7,6 % de la comarca G y el 28,2 % de la comarca D y, finalmente, para los aerobios mesófilos, los porcentajes de muestras que incumplen el requisito especificado oscila entre el 4,0 % de la comarca E y el 35,1 % de la C (Figura 3).

Figura 2. Porcentajes de muestras que no cumplen los requisitos de calidad para los distintos grupos de microorganismos (n=10 057)

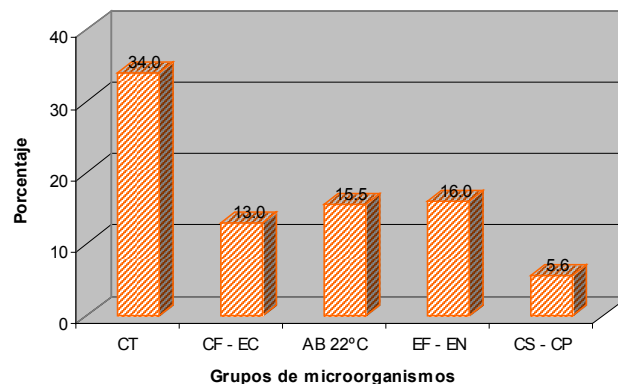
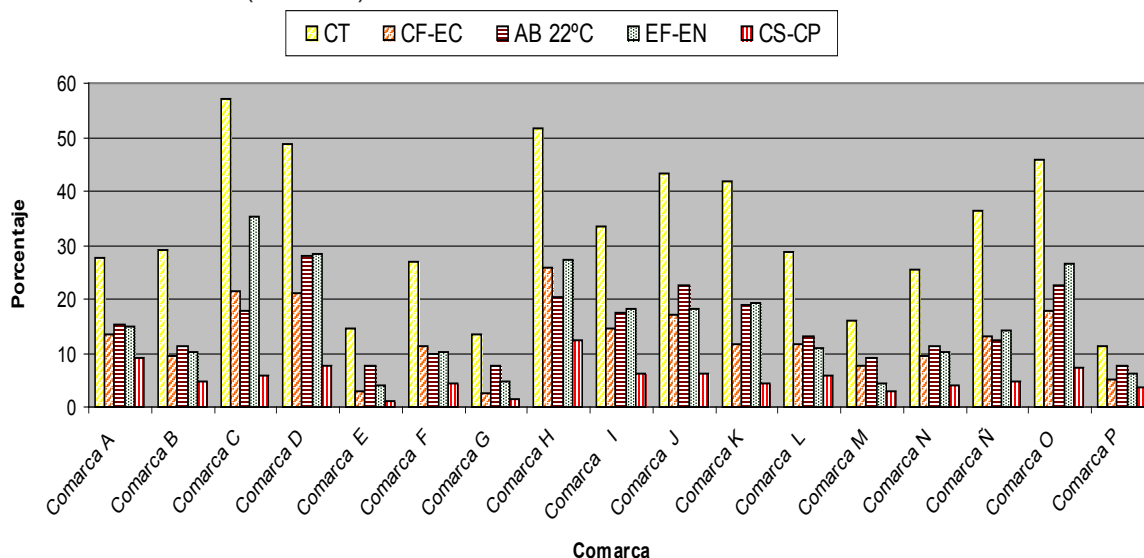


Figura 3. Porcentajes de muestras que no cumplen los requisitos de calidad para los distintos grupos de microorganismos en función de las comarcas (n=10 057)



En la Figura 4 se muestra la evolución temporal de las proporciones de muestras no aptas para los distintos parámetros microbiológicos estudiados. Puede observarse que para los CT se encuentran entre el 26,3 % del año 2002 y el 37,9 % del año 2008 para CF-EC entre el 10,6 % de 2005 y el 20,4 % de 2002; para el parámetro EF-EN oscilan entre el 14,5 % del año 2002 y el 18,9 % de 2003 y para el parámetro AB 22 °C se obtiene un mínimo del 13,2 % en el año 2007 y un máximo del 18,2 % en 2004.

Al estudiar la tendencia temporal de la proporción de muestras que no cumplen los parámetros microbiológicos de CT en su conjunto, sin estratificar por su origen, no se detecta ninguna tendencia significativa, ascendente o descendente, sin embargo sí se observa una tendencia significativa descendente para las CT en las muestras que tienen su origen en las redes de distribución para el periodo 2002-2010 (Figura 5).

Figura 4. Porcentajes de muestras que no cumplen los requisitos de calidad para los distintos grupos de microorganismos en función de los años de estudio (n=10 057)

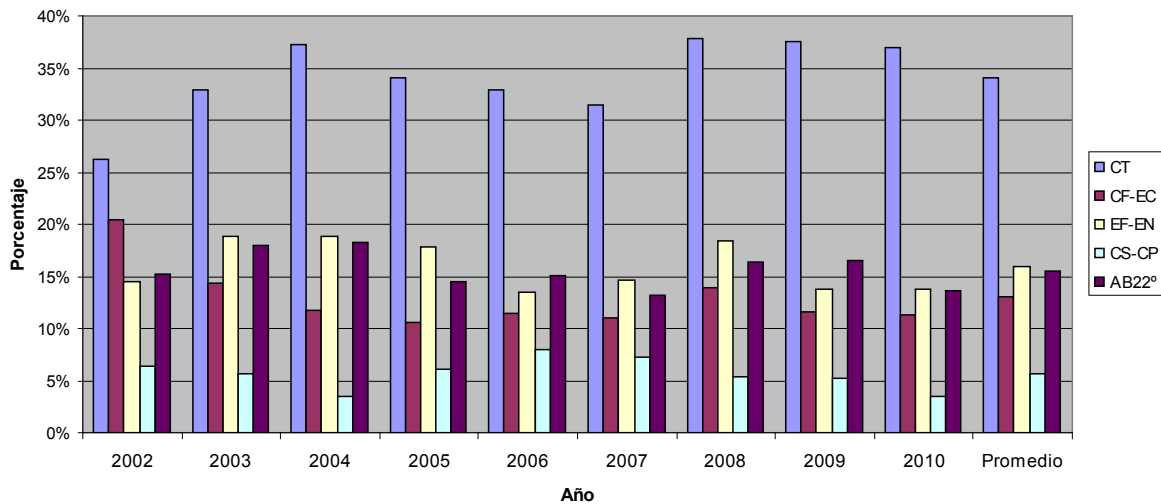


Figura 5. Evolución temporal de los porcentajes de muestras procedentes de redes de distribución que incumplen el requisito para los coliformes totales (n=4740)

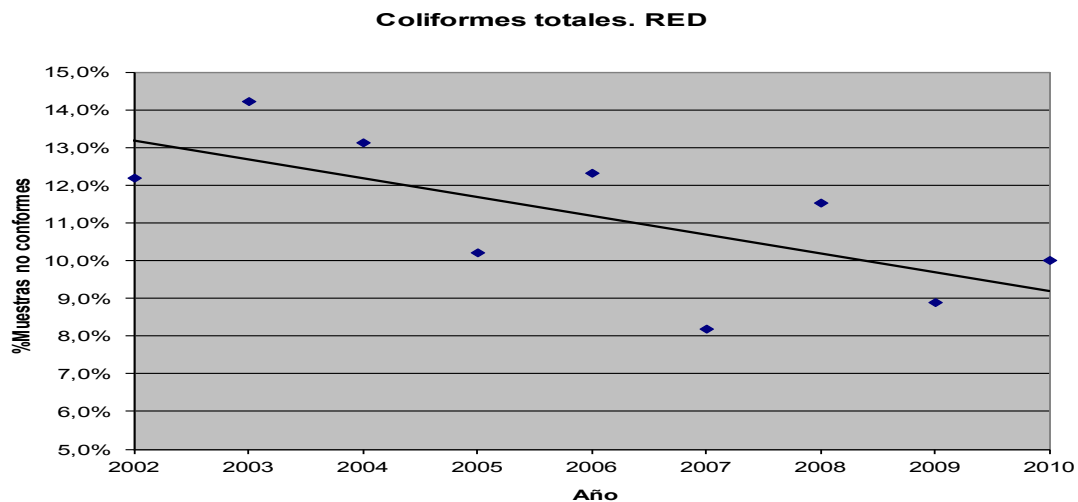
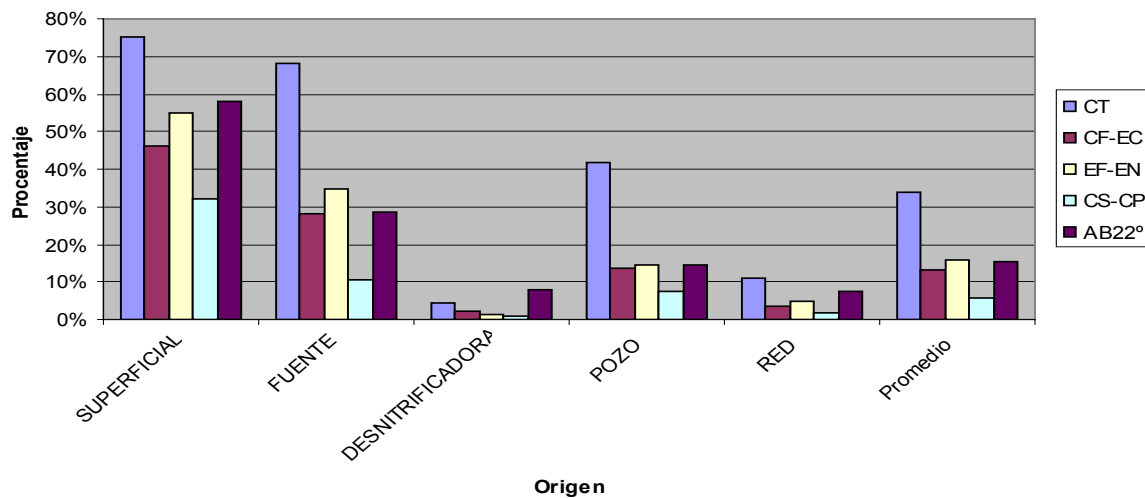




Figura 6. Porcentajes de muestras que no cumplen los requisitos de calidad para los distintos grupos de microorganismos en función del origen de la toma de la muestra (n=10 057)



Cuando se analizan los datos con respecto al origen de las muestras (Figura 6) se aprecia que para todos los parámetros microbiológicos la proporción de muestras que incumplen los requisitos establecidos es mayor para las aguas superficiales, seguidas de las muestras tomadas en fuentes, pozos, redes de distribución y plantas desnitrificadoras. Destaca que los porcentajes de detección de CT son los más altos de entre el total de microorganismos. Los porcentajes de muestras que no cumplen los requisitos de calidad en los distintos orígenes son, en promedio y de mayor a menor, el 40,1 % para CT, el 23,3 % para AB 22 °C, el 22,0 % para EF-EN, el 18,7 % para CF-EC y el 10,5 % para CS-CP.

Del total de las 10 057 muestras analizadas, se ha determinado el cloro residual total a 9822, en un 39,4 % de las mismas se ha detectado cloro residual total con una concentración superior a 0,05 mg/L. Como puede verse en la tabla 3, las muestras para las que se ha detectado cloro en mayor proporción son las procedentes de plantas desnitrificadoras y redes de distribución, con más de un 72 % de las muestras analizadas, del total de muestras cloradas más del 92 % proceden de los orígenes antes mencionados.

Dado que la gran mayoría de las muestras en las que se ha detectado cloro residual proceden de las redes de aguas de consumo humano se ha realizado un análisis sobre la distribución del número de muestras cloradas en las diversas comarcas de la provincia de Valencia y a lo largo del período de estudio, en muestras de este origen.

Tabla 3. Proporción de muestras para las que se ha detectado cloro residual total en función del origen de las mismas

| Origen                  | % Cloradas | Total |
|-------------------------|------------|-------|
| Agua superficial        | 3,6 %      | 56    |
| Fuente                  | 5,1 %      | 3023  |
| Planta desnitrificadora | 73,8 %     | 400   |
| Pozo                    | 6,7 %      | 1779  |
| Red distribución        | 72,3 %     | 4564  |
| Total                   | 39,4 %     | 9822  |

En la tabla 4 se indica el total de muestras de red de distribución analizadas y el porcentaje de las mismas para las que se ha detectado cloro residual total en las distintas comarcas de la provincia de Valencia. Es de destacar el bajo porcentaje obtenido en la comarca C (con un 16 % de 146 muestras analizadas) y que en las comarcas D y H se detecte cloro en proporciones próximas al 50 %, un 49 % para la comarca D y un 52 % para la H.

En el período de estudio, 2002-2010, se ha determinado el cloro residual en 4564 muestras procedentes de redes de distribución de la provincia de Valencia. Se ha detectado este analito en un 72 % de las muestras analizadas, con un mínimo del 64 % en el año 2005 y un máximo del 78 % en el año 2002 (tabla 5), no apreciándose ninguna tendencia, ni ascendente ni descendente, en el porcentaje de muestras para las que se ha detectado cloro.

Tabla 4. Distribución de las muestras en red de distribución en las que se ha determinado cloro residual total entre las distintas comarcas de la Provincia de Valencia

| Comarca | % Clorada | Nº Muestras |
|---------|-----------|-------------|
| A       | 63,2 %    | 280         |
| B       | 72,7 %    | 473         |
| C       | 16,4 %    | 146         |
| D       | 48,7 %    | 119         |
| E       | 76,4 %    | 89          |
| F       | 71,8 %    | 369         |
| G       | 69,1 %    | 282         |
| H       | 52,2 %    | 203         |
| I       | 78,6 %    | 532         |
| J       | 77,1 %    | 144         |
| K       | 82,4 %    | 471         |
| L       | 81,5 %    | 346         |
| M       | 84,2 %    | 291         |
| N       | 81,6 %    | 261         |
| Ñ       | 85,7 %    | 238         |
| O       | 57,6 %    | 271         |
| P       | 89,8 %    | 49          |
| Total   | 72,3 %    | 4564        |

Tabla 5. Distribución anual de las muestras procedentes de redes de distribución de la provincia de Valencia y el porcentaje de las mismas para las que se ha detectado cloro residual total en el período 2002-2010

| Año           | % Cloradas | %Cloradas Correctamente | Nº Muestras |
|---------------|------------|-------------------------|-------------|
| 2.002         | 78,5 %     | 60,9 %                  | 557         |
| 2.003         | 71,4 %     | 54,1 %                  | 475         |
| 2.004         | 67,1 %     | 59,4 %                  | 453         |
| 2.005         | 64,7 %     | 59,4 %                  | 530         |
| 2.006         | 73,0 %     | 65,5 %                  | 341         |
| 2.007         | 72,6 %     | 71,6 %                  | 595         |
| 2.008         | 71,3 %     | 70,9 %                  | 485         |
| 2.009         | 76,3 %     | 76,1 %                  | 556         |
| 2.010         | 74,1 %     | 74,1 %                  | 572         |
| Total general | 72,3 %     |                         | 4564        |

Finalmente, estudiaremos la relación entre cloración y contaminación bacteriológica en el conjunto de muestras procedentes de la provincia de Valencia tomadas entre los años 2002 y 2010.

Como se muestra en la tabla 6, del total de las 3869 muestras cloradas se ha detectado contaminación bacteriana en el 7,2 %, frente al 61,4 % de las 5953 muestras no cloradas. Por otra parte puede verse que de las 3942 muestras que presentaban contaminación, en el 92,3 % de los casos no se ha detectado cloro residual total. También observamos que en las 5880 muestras en las que no se detecta contaminación bacteriana, no se ha detectado cloro residual total en un 39 % de las mismas.

Tabla 6. Relación entre las muestras contaminadas bacteriológicamente y la detección de cloro residual total

|             | Contaminación |      | Total |
|-------------|---------------|------|-------|
|             | NO            | SÍ   |       |
| No clorados | 2295          | 3658 | 5953  |
| Clorados    | 3585          | 284  | 3869  |
| Total       | 5880          | 3942 | 9822  |

## DISCUSIÓN

En este trabajo se estudia la presencia de distintos grupos de bacterias indicadoras de contaminación microbiológica tanto de origen fecal (CT, CF, EC, EN, EF, CS y CP) como indicadoras de calidad (AB 22 °C) en aguas prepotables y aguas de consumo humano.

A lo largo del periodo estudiado ha cambiado la legislación que regula la calidad de las aguas de consumo humano, desde 2002 hasta marzo de 2003 estaba en vigor el RD 1138/90 que establecía que debía controlarse la calidad del agua utilizando los indicadores de contaminación fecal CT, CF, EF y CS y los indicadores de calidad aerobios a 37 °C y aerobios a 22 °C (AB 22°C), a partir de esta fecha entra en vigor el RD 140/03 que cambia como control de la calidad del agua los CF por EC, EF por EN y los CS por CP, por este motivo en este trabajo hemos reagrupado atendiendo a los parámetros con significado semejante pero con el mismo objetivo. Desde un punto de vista global, se detectan CT, EF-EN, CF-EC y CS-CP en un 34,0 %, 16,0 %, 13,0 % y 5,6 % de las muestras de agua analizadas, respectivamente. Además, un 15,5 % del total de muestras no cumplen los requisitos de calidad para AB 22 °C.

Debemos destacar que este estudio está basado en muestras analizadas en un laboratorio acreditado desde el año 2000, en tiempo real a lo largo de todo el período de estudio, bajo los mismos criterios analíticos y en homogeneidad de condiciones en la recogida de muestras aunque debemos tener en cuenta que el



cambio en la metodología analítica se debe a los cambios en los criterios de calidad exigidos por la normativa legal vigente, que pueden afectar a nuestros resultados sin que podamos saber en qué sentido, pero dado el corto periodo de tiempo en el que se ha estado determinando CF en lugar de EC, EF en lugar de EN y CS en lugar de CP consideramos que su efecto tiene poco peso en el resultado global.

Otros trabajos sobre la calidad microbiológica de las aguas de consumo humano, realizados fundamentalmente en el Reino Unido, utilizan únicamente los indicadores CT y EC para evaluar la calidad del agua, posiblemente por considerarse indicadores de contaminación fecal reciente<sup>20,21</sup>. En un estudio sobre la calidad microbiológica de suministros privados de agua en Inglaterra se detectó la presencia de coliformes totales y *E. coli* en un 27 % y 21 % de las muestras, respectivamente<sup>6</sup>, porcentajes inferiores los detectamos en nuestro trabajo para CT y superiores para CF-EC. En otra investigación sobre suministros privados de agua en Aberdeenshire (UK) se detectaron coliformes totales y fecales en un 41 % y 30 % de las muestras, respectivamente<sup>7</sup>. Así mismo, en un estudio más reciente se observó *E. coli* en un 18,87 % de las muestras de agua de consumo procedentes de suministros privados en Inglaterra<sup>8</sup>. De entre los estudios que acabamos de citar, en este último se ha observado el porcentaje más bajo de detección de *E. coli* (18,87 %). Este valor es superior respecto al obtenido en nuestro estudio (13,0 %). El porcentaje de CT que se observa en el presente trabajo (34,0 %) es superior al 27 % obtenido en el estudio llevado a cabo por Rutter y colaboradores del año 2000<sup>6</sup> e inferior al 41 % observado en el estudio de Reid y colaboradores del año 2003<sup>7</sup>.

Para las redes de distribución, todavía se aprecia, en promedio, un porcentaje elevado de muestras en las que se detectan coliformes totales y *E. coli*, que en este estudio suponen un 11 % y un 3,7 %, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Méndez et al.<sup>11</sup> en un estudio realizado en el noreste de España.

Para las fuentes que no manan de la red se obtiene que para coliformes totales un 67 % de muestras No Conformes y un 65,5 % en el trabajo de Méndez<sup>11</sup>, para *E. coli*, es este trabajo se obtienen porcentajes de incumplimiento algo inferiores, del 21 % frente al 55 %.

Desde el punto de vista geográfico destaca que en las comarcas C, D, H y O se observa un porcentaje más elevado de muestras que presentan algún tipo de contaminación bacteriológica que puede explicarse

porque son zonas geográficas eminentemente rurales en las que se ha tomado una mayor proporción de muestras en manantiales y fuentes de parajes naturales o zonas de acampada más vulnerables a la contaminación, coincidiendo con las comarcas con más bajos porcentajes de cloración y por otra parte las redes de distribución abastecen a una población más dispersa con núcleos de menos de 500 habitantes y en las que probablemente resulta más difícil su control. Entre 1999 y 2006 se declararon 413 brotes epidémicos de origen hídrico en España<sup>22</sup>.

En la Comunidad Valenciana, durante el período 2002-2011 se declararon entre 0 y 2 brotes de gastroenteritis de origen hídrico al año, con un total 6 brotes y 71 casos en todo el período<sup>23</sup>. El número de brotes declarado es un número mucho más bajo de lo que cabría esperar solo en las comarcas C, D, H y O, para las que el porcentaje de muestras en las que se detecta contaminación fecal (*E. coli*, Enterococos o *Cl. perfringens*) es relativamente alto y en las que, tradicionalmente, la cloración es inexistente o inadecuada. En la literatura reciente hay numerosos trabajos en los que se asocian brotes epidémicos de origen hídrico con un tratamiento de desinfección inexistente o inadecuado<sup>22,24-26</sup>. Esta falta de declaración de brotes podría explicarse por una inmunidad adquirida de los habitantes de estas zonas a los supuestos microorganismos patógenos endémicos de estas aguas, aunque no puede verificarse porque no disponemos de datos sobre los efectos que se podrían producir en una población foránea, por ejemplo durante el periodo estival.

Al estudiar la evolución de la calidad del agua en el período 2002-2010, destaca una mejora significativa en el porcentaje de muestras que cumplen con los microbiológicos establecidos para las redes de distribución y no así para los pozos y fuentes para los que se aprecia un ligero ascenso en la proporción de muestras no conformes. Esta mejora de la calidad de las muestras de redes de distribución puede deberse a una mejora de la supervisión de la calidad del agua por parte de todos los sectores implicados, gestores de los abastecimientos y administraciones o a un cambio en la legislación aplicable como hemos mencionado anteriormente, aunque pensamos que este hecho tiene poco peso en el resultado global ya que se ve acompañado de una mejora de los niveles de cloración que pasan del 60 % de muestras con niveles de cloro superior a 0,2 mg/L en 2002 al 74 % en el año 2010.

Todo lo cual refuerza la importancia de la necesidad del control de las aguas destinadas al consumo humano y los resultados obtenidos nos muestran que la provincia

de Valencia, en relación con la literatura sobre la contaminación microbiológica del agua de consumo humano, se encuentra en una mejor situación de control.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente y al Laboratorio de Salud Pública de Valencia, por llevar a cabo la realización de la toma de muestras y posterior análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud. Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. Hechos y cifras. [actualizado en 2004; citado 09/09/2012]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/facts2004/es/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html)
- Yang K, LeJeune J, Alsdorf D, Lu B, Shum CK, Liang S. Global distribution of outbreaks of water-associated infectious diseases. *PLoS neglected tropical diseases*. 2012;6(2):e1483.
- Real Decreto. 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE nº 45, de 21 de febrero.
- Directiva 98/83/CE, del Consejo de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. DO L 330/32, de 5 de diciembre.
- Decreto 58/2006, de 5 de mayo del Consell, por el que se desarrolla en el ámbito de la Comunitat Valenciana, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. DOCV nº 5254, de 9 de mayo.
- Rutter M, Nichols GL, Swan A, De Louvois J. A survey of the microbiological quality of private water supplies in England. *Epidemiology and infection*. 2000;124(3):417-5.
- Reid DC, Edwards AC, Cooper D, Wilson E, McGaw BA. The quality of drinking water from private water supplies in Aberdeenshire, UK. *Water research*. 2003;37(2):245-54.
- Richardson HY, Nichols G, Lane C, Lake IR, Hunter PR. Microbiological surveillance of private water supplies in England: the impact of environmental and climate factors on water quality. *Water research*. Elsevier Ltd. 2009;43(8):2159-68.
- Pitkänen T, Karinen P, Miettinen IT, Lettojärvi H, Heikkilä A, Maunula R, et al. Microbial Contamination of Groundwater at Small Community Water Supplies in Finland. *Ambio*. 2010;40(4):377-90.
- Masciopinto C, Mantia R La, Carducci A, Casini B, Calvario A, Jatta E. Unsafe tap water in households supplied from groundwater in the Salento Region of Southern Italy. *Journal of Water and Health*. 2007;5(1):129-41.
- Mendez J, Audicana A, Isern A. Assessment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages. *J Water and Health*. 2004;2(3):201-14.
- AENOR. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo. UNE-EN-ISO. 6222:1999.
- AENOR. Calidad del agua. Detección y recuento de enterococos intestinales. Parte 2: Método de filtración de membrana. UNE-EN-ISO. 7899-2:2001. Erratum 2010.
- Standard Method. 9222-D. Fecal Coliform membrane procedure. In: Clesceri L, Grenberg A, Eaton A, editors. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20<sup>th</sup> ed. Washinton, DC: APHA, AWWA, WEF; 1998; 9:63-4.
- ISO/DIS. Water quality: Enumeration of *Clostridium perfringens*. Method using membrane filtration. ISO/DIS 14189 (Draft); 2011.
- Orden SCO/778/2009, de 17 de marzo, sobre métodos alternativos para el análisis microbiológico del agua de consumo humano. BOE nº 78, de 31 de marzo.
- AENOR. Calidad del agua. Determinación de cloro libre y de cloro total. Parte 2: Método colorimétrico con N,N-dietil-1,4-fenilendiamina, destinado al control de rutina. UNE-EN-ISO 7393-2:2000.
- AENOR. Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. UNE-EN-ISO/CEI 17025:2005. Erratum 2006.
- Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. BOE nº 226, de 20 de septiembre.
- Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*. 2004;198(1-3):229-38.
- Ashbolt NJ. Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs). *Toxicology*. 2004;198(1-3):255-62.
- Martín Granado A, Varela Martínez M, Torres Frías A, Ordóñez Banegas P, Martínez Sánchez E, Hernández Domínguez M, et al. Vigilancia epidemiológica de brotes de transmisión hídrica en España. 1999 - 2006. *Boletín Epidemiológico semanal*. 2008;16(3/26-26):25-8.
- González Morán F, Guiral Rodríguez S. Comunicación personal. Dirección General de Salud Pública. Subdirección General de Epidemiología y Vigilancia de la Salud. En: Servicio de Vigilancia y Control Epidemiológico. 2012.
- Chover Lara JL, Pastor Vicente S, Roig Sena FJ, Roselló Pérez M, Calvo Samamas C, Castellanos Martínez I. Brote de gastroenteritis asociado al consumo de agua, probablemente producido por virus tipo Norwalk o semejantes. *Rev. Esp. Salud Pública* 2004;69(2):243-54.

25. Gimeno Moreno A, Sánchez Torres S, AY MT, Buesa Gómez J, De La Encarnación Armengol A, Carbó Malonda R, et al. Investigación y control de un brote comunitario de gastroenteritis por norovirus. *Boletín Epidemiológico semanal*. 2008;16(5/49-60):49-2.
26. Godoy P, Bartolomé R, Torres J, Espinet L, Escobar A, Nuin C, et al. Brote de gastroenteritis por el consumo de agua de suministro público causado por *Shigella sonnei*. *Gaceta sanitaria / S.E.S.P.A.S.* 2012;25(5):363-7.