

CONTAMINACION DE POZOS DE LA CAMPIÑA DE CORDOBA.
I. ESTUDIO MICROBIOLOGICO.

(CONTAMINATION IN WELLS OF THE CAMPIÑA OF CORDOBA. I. MICROBIOLOGICAL
STUDY).

por

M.^a DOLORES ORTEGA GIRALDO, JUAN MANUEL SERRANO CABALLERO
y ANDRES GARCIA ROMAN*

Introducción y revisión bibliográfica.

La realización del presente trabajo tiene como base la importancia que en la actualidad poseen los problemas de contaminación del medio ambiente y, de forma particular, del agua. Este elemento esencial para la vida, tanto por sus funciones como por el uso tan diverso que de él se hace, debe poseer en el medio externo unas características determinadas que le confieran una calidad concreta que se expresa en términos de potabilidad y que viene dada por la ausencia en la misma de contaminantes de tipo químico y microbiológico, en especial de organismos patógenos.

Los abastecimientos de agua potable cuentan, en cierta proporción, con la aportación de agua de pozos. Efectivamente, McCabe *et al.*, (1970) encontraron que de unos 180 millones de individuos, el 75 por 100, tiene como fuente de consumo agua de suelo y solamente un 7 por 100, una mezcla de agua superficial y profunda. La utilización de agua de pozos, como fuente de agua potable, se debe no sólo a que en algunas áreas los abastecimientos superficiales son insuficientes, inutilizables o requieren un tratamiento de purificación muy complicado, sino también a que las aguas subterráneas suelen estar, generalmente, libres de gérmenes patógenos. Sin embargo, se suele dar una gran incidencia de casos de enfermedad por el uso de agua de pozos, que Graun y McCabe (1973) atribuyeron a una insatisfactoria construcción e impropia localización de los mismos. Estos autores establecen que en los sistemas públicos que usan agua del suelo, el 95 por 100 de los casos de enferme-

* Departamento de farmacología y toxicología. Facultad de veterinaria. Universidad de Córdoba, Sección de zoología y contaminación ambiental, del Instituto de zootecnia. C.S.I.C. Córdoba.

dad era debido a la existencia de una fuente de contaminación y/o a las deficiencias del tratamiento, que serían las responsables de dos tipos de enfermedades: las infecciosas y las derivadas de las características químicas del agua.

De acuerdo con lo expuesto, concretamos como objetivo de nuestra investigación el estudio de la posible contaminación de pozos pertenecientes a pueblos localizados en la zona de la Campiña de Córdoba, cuyas aguas están destinadas al consumo por parte del hombre y de los animales o a riego, y comenzamos dicho estudio determinando la posible existencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal como son *E. coli* y *S. faecalis*, aunque la presencia de este último ha sido negativa en todas las muestras.

Para estudiar la potabilidad de un abastecimiento de agua, desde un punto de vista microbiológico, se establece el índice de contaminación fecal de la misma, que viene determinado por la existencia en ella de unos gérmenes representativos de la flora bacteriana del intestino de los animales homeotermos, ya que si éstos, más fáciles de identificar y cuantificar, están presentes, también pueden aparecer los patógenos.

En este sentido, es conveniente seleccionar y determinar la presencia de algunos microorganismos fecales concretos. Estos gérmenes son, para Kjellander (1960), Geldreich (1966, 1972) y la American Public Health Association (1971), *E. coli*, *S. faecalis* y *C. welchii*; y Bonde (1962) añadía *P. aeruginosa* y *C. perfringens*.

En 1974-75, Geldreich estableció que los criterios sobre la calidad del agua deben basarse en parámetros que indiquen el grado de peligro para la salud, aunque pudieran incluirse otros, pero desafortunadamente no existen pruebas simples y adecuadas para detectar y cuantificar el amplio espectro de patógenos que pueden estar presentes en el agua. De ahí el gran interés puesto en la medida de coliformes fecales y coli fecal como evidencia de contaminación por heces de animales homeotermos, llegándose a la conclusión de que las enfermedades entéricas aumentan con el incremento de la densidad de coliformes y estreptococos fecales para identificar la contaminación fecal y diferenciar si procede de animales domésticos o de desechos humanos transportados por el agua del alcantarillado, de acuerdo con Sltnez y Bartley (1964), Geldreich (1966, 1970) y Geldreich y Kenner (1960). También podemos señalar que, según Evison y James (1973) y Feachem (1974), esto puede aplicarse tanto en regiones templadas como tropicales.

Los autores anteriormente citados han publicado varios trabajos relacionados con el uso de coliforme fecal y estreptococo fecal como indicadores fecales. Dukta (1973) y Feachem (1973, 1974) recomendaron el uso de los dos, conjuntamente, para mejorar el examen del agua.

También se han considerado como indicadores de contaminación fecal a las salmonellas (Gallagher y Spino, 1968; Geldreich y Bordner, 1971; y Sinegre *et al.*, 1975).

La variedad de *E. coli* que es considerada, generalmente, como intestinal es la perteneciente al tipo I. Su presencia en el agua indica una reciente contaminación fecal, también puede colonizar activamente el suelo y el agua, en condiciones adecuadas (Hendricks, 1972; Davis y Gloyner, 1972; y Feachem *et al.*, 1977).

Material y métodos.

Para la realización del trabajo fueron recogidas, de manera aleatoria, muestras de agua de dos pozos de cada uno de los 31 municipios que integran, según López de Ontiveros (1973), la zona de la Campiña de la provincia de Córdoba, lo que representa un total de 62 muestras.

Una vez las muestras en el laboratorio, se clasificaron por grupos, de acuerdo con los dos factores siguientes:

- a) que la población a la que pertenecía el pozo en cuestión tuviera más o menos de 10.000 habitantes.
- b) que la distancia del pozo a las casas más próximas del núcleo urbano fuera mayor o menor de 500 m.

A todas las muestras se les hizo un estudio de la presencia y cuantificación de coli y estreptococo fecales.

Para la recogida de muestras, que se realizó en el período comprendido entre los meses de noviembre a marzo de los años 1977-78, se utilizaron frascos de vidrio Pyrex de 100 ml de capacidad, esterilizados en autoclave.

Las muestras se obtuvieron sumergiendo los frascos en agua, con ayuda de una plancha de plomo y de una cuerda larga. Una vez llenos, se taparon inmediatamente.

Para realizar el estudio microbiológico se siguió la metodología americana, según Gastón de Iriarte (1975).

En el caso de la investigación de coliformes se usó caldo McKonkey (Difco) con campana de fermentación, a 37° C para la prueba presuntiva y a 44° C para la confirmativa. En la identificación se utilizó la prueba de IMVIV, la producción de SH₂ y las pruebas de Hugh Leifson y de la oxidasa,

Para los estreptococos se empleó el caldo telurito, igualmente a 37° C para la prueba presuntiva y a 44° C para la confirmativa. En la identificación se utilizaron las pruebas de Hugh Leifson, de la catalasa, crecimiento en NaCl al 6,5 por 100, crecimiento a pH 9,6, hidrólisis de la esculina y de la arginina y producción de ácido a partir del manitol.

Resultados.

En los cuadros se exponen los estadísticos correspondientes a los resultados obtenidos en el cómputo total de muestras (cuadro I) y en cada uno de los lotes (cuadros II, III, IV y V). En la primera columna de cada cuadro aparecen los relativos al número total de muestras de cada grupo, así como el porcentaje de pozos en los que se detecta contaminación (porcentaje de incidencia); y en la segunda, los que corresponden a las muestras que fueron positivas para *E. coli*.

Hay que resaltar que en ninguna de las muestras estudiadas se identificó *S. faecalis*.

En el cuadro VI se recogen los valores de la *F* de Snedecor obtenidos para detectar la posible influencia de los factores utilizados para clasificar las muestras, mientras que el VII se expresan los valores de ji-cuadrado obtenidos mediante una tabla de contingencia de 2 x 2 e investigados con los mismos fines.

CUADRO I. Estadísticos correspondientes al número de coli fecales/100 ml de agua, referidos al conjunto total de datos, considerando: a) todas las muestras y b) sólo las positivas.

	<i>a</i>	<i>b</i>
N	62	38
\bar{x}	621,97	1.014,79
s	858,17	896,08
CV	1,38	0,88
$E_{\bar{x}}$	108,99	145,36
IC 95 p. 100	± 213,62	± 284,91
IC 95 p. 100	± 281,19	± 375,04
Incidencia p. 100	58,06	

CUADRO II. Estadísticos correspondientes al número de coli fecales/100 ml de agua, referidos a muestras de pozos situados a menos de 500 m de las poblaciones de más de 10.000 habitantes.

N	3
\bar{x}	684,67
s	930,10
CV	1,36
$E_{\bar{x}}$	536,99
IC 95 p. 100	± 1.052,50
IC 95 p. 100	± 1.385,44
Incidencias p. 100	100

ORTEGA et al.: CONTAMINACION DE POZOS. I. ESTUDIO MICROBIOLOGICO.

CUADRO III. Estadísticos correspondientes al número de coli fecales/100 ml de agua, referidos a muestras de pozos situados a más de 500 m de las poblaciones de más de 10.000 habitantes, considerando: a) todas las muestras y b) sólo las positivas.

	a	b
N	14	8
\bar{x}	773,86	1.354,25
s	923,39	840,33
CV	1,19	0,62
$E_{\bar{x}}$	246,79	297,10
IC 95 p. 100	± 483,70	± 582,32
IC 95 p. 100	± 636,71	± 766,52
Incidencia p. 100	57,14	

CUADRO IV. Estadísticos correspondientes al número de coli fecales/100 ml de agua, referidos a muestras de pozos situados a menos de 500 m de las poblaciones de menos de 10.000 habitantes, considerando: a) todas las muestras y b) sólo las positivas.

	a	b
N	13	11
\bar{x}	1.002,62	1.184,91
CV	0,93	0,76
$E_{\bar{x}}$	258,27	271,16
IC 95 p. 100	± 506,21	± 531,48
IC 95 p. 100	± 666,34	± 699,60
Incidencia p. 100	86,62	

CUADRO V. Estadísticos correspondientes al número de coli fecales/100 ml de agua, referidos a muestras de pozos situados a más de 500 m de poblaciones de menos de 10.000 habitantes, considerando: a) todas las muestras y b) sólo las positivas.

	a	b
N	32	16
\bar{x}	395,00	790,00
s	706,84	828,97
CV	1,79	1,05
$E_{\bar{x}}$	124,95	207,24
IC 95 p. 100	± 244,91	± 406,19
IC 95 p. 100	± 322,38	± 534,68
Incidencia p. 100	50	

CUADRO VI. Análisis de la varianza para detectar la posible influencia de los factores utilizados para clasificar las muestras, considerando: a) todas las muestras y b) sólo las positivas.

<u>Variables consideradas</u>	<u>Valores de F</u>	
	a	b
más de 10.000-menos de 10.000 habitantes	2,20	2,24
más de 500 metros-menos de 500 metros	5,38*	1,28

CUADRO VII. Valores de χ^2 obtenidos mediante una tabla de contingencia de 2 x 2, para detectar la posible influencia de los factores utilizados para clasificar las muestras.

<u>Variables consideradas</u>	<u>Valores de χ^2</u>
más de 10.000-menos de 10.000 habitantes	0,20
más de 500 metros-menos 500 metros	4,62*

Discusión.

Considerando el conjunto de todos los pozos de los que se ha analizado el agua, se ha obtenido que, en el 58 p. 100 de los mismos, se presenta una contaminación por coli fecal.

La cuantificación del número de coli fecales por 100 ml de agua arrojó una media aritmética de 622, lo cual, a nuestro juicio, tiene un valor relativo, a la vista de la desviación típica y del coeficiente de variabilidad, que resultaron bastante elevados. Al considerar sólo el conjunto total de pozos contaminados se observa, lógicamente, que la media se eleva hasta 1.015 coli fecales/100 ml de agua, lo que a nuestro juicio sigue teniendo un valor relativo.

Puede ser interesante, por el contrario, considerar el hecho de que para los pozos contaminados el citado número de coli fecales, por 100 ml, oscila entre 10 (sólo 2 pozos) y más de 2.000, por lo que, teniendo en cuenta que las normas de la OMS (1972) con respecto a la potabilidad del agua establecen como potable, en el caso de pozos, la que posea menos de 10 coli fecales por 100 ml, se desprende que en todos los pozos contaminados el grado de dicha contaminación determinaba la impotabilidad de esa agua.

El aludido porcentaje de pozos en cuya agua se detecta la presencia de coli fecal (58 p. 100) resulta bastante elevado en comparación con los obtenidos por otros autores, como McCabe *et al.*, quienes en 1970, lo encontraron en el 2 por 100 de los 621 pozos por ellos analizados. Más próximo al resultado obtenido por nosotros está el comunicado por Allen y Geldreich en 1976: encontraron coliformes fecales en un 27 por 100 de pozos rurales en Tennessee-Georgia, en cantidades también similares a las nuestras, de 2 a 2.200 organismos por 100 ml.

En orden a detectar la posible influencia que podría tener el número de habitantes de la población a la que pertenecía el pozo, sobre la contaminación, establecimos una comparación entre 2 lotes de muestras de pozos, que estuvieran situados a más de 500 m de núcleos de población de más de 10.000 habitantes y de menos de 10.000 habitantes. Los estadísticos correspondientes a dichos lotes aparecen en los cuadros III y V.

Ni el análisis de χ^2 , que podría indicarnos una diferencia en cuanto al número de pozos contaminados en uno y otro caso, ni el análisis de varianza entre ambos, tanto cuando se consideran todas las muestras como cuando se consideran sólo las muestras positivas, proporcionó unos valores que permitieran estimar una diferencia significativa entre ambos lotes y, consecuentemente, una influencia del tamaño de la población sobre la contaminación.

No se ha encontrado referencias bibliográficas sobre la posible influencia de la densidad de población en la contaminación fecal de pozos, aunque sí de ríos. Por ej.: Ritschel-Beurlin (1976) estima que dicha influencia es muy marcada. Esto es lógico, puesto que las aguas de alcantarillado vierten exclusivamente a los ríos, mientras que en los pozos, la contaminación fecal se origina por filtración y factores tan elementales como la posible canalización de las aguas residuales en las poblaciones grandes pueden anular las diferencias con respecto a poblaciones pequeñas.

Aunque no se ha encontrado ninguna referencia respecto a la influencia que la proximidad o lejanía del pozo al núcleo de población podría tener sobre la contaminación fecal del mismo, se estimó importante considerar este factor, especialmente en las poblaciones pequeñas, en las que las posibilidades de filtración de aguas residuales son mayores. Con este fin se compararon muestras de agua procedentes de pozos situados a más y menos de 500 m de núcleos de población de menos de 10.000 habitantes.

Teniendo en cuenta los cuadros IV y V comprobamos que en el caso de los pozos situados a menos de 500 m se observó que el 84,62 p. 100 de los mismos se encontraban contaminados en un grado bastante elevado: 1.002 coli fecales por 100 ml de agua, de media, considerando todas las muestras; y 1.185, considerando sólo las muestras de pozos contaminados; mientras que en el caso de pozos situados a más de 500 m el porcentaje de los contaminados era del 50 p. 100 y la media de coli fecales por 100 ml de agua, de 395 y 790, respectivamente.

Al comparar los dos lotes se comprobó que el análisis de χ^2 mostraba una diferencia significativa al nivel de 95 p. 100, en cuanto al porcentaje de pozos contaminados en uno y otro caso; y el análisis de varianza proporcionó una *F* de Snedecor que reveló también una significación del 95 p. 100, cuando se comparaba el conjunto total de muestras. Carecía de significación cuando la comparación se establecía solamente a nivel de muestras de pozos contaminados.

De todo ello es fácil deducir que, en nuestro caso, se detecta una influencia de la proximidad del pozo al núcleo de población en cuanto al porcentaje de pozos contaminados y a la intensidad de dicha contaminación, si establecemos una comparación entre todos los pozos examinados, contaminados o no; pero dicha influencia se reduce hasta niveles no significativos si la comparación se establece sólo a nivel de los pozos contaminados.

Resumen.

Se ha investigado la contaminación de origen fecal en 62 pozos pertenecientes a municipios de la provincia de Córdoba enclavados en la zona de la Campiña.

El agua del 58 p. 100 de los pozos estudiados puede ser considerada, según las normas de la OMS (1972), como no potable, debido a que en ella se ha detectado contaminación por coli fecal, en un grado que ha oscilado entre 10 y más de 2.000 coli fecal/100 ml.

Se ha realizado un estudio comparativo de los pozos atendiendo a su proximidad o lejanía del núcleo de población y número de habitantes de la misma, encontrándose diferencias significativas solamente entre pozos situados a más y menos de 500 m de poblaciones de menos de 10.000 habitantes.

En ningún caso se ha detectado la presencia de estreptococo fecal.

Summary.

Fecal contamination in 62 wells located in the villages of the Campiña of Córdoba has been studied.

According to the W. H. O. norms, water in 58 per cent of the analysed wells must be considered undrinkable owing to the fact fecal coliform contamination has been detected in a degree which fluctuate between 10 and over 200. A comparative survey of the wells according to the nearness to or distance from the village and its number of inhabitants has been carried out. Substantial differences have been found in wells which are more and less than 500 meters away from villages with a populations under 10,000 inhabitants.

No trace of fecal streptococci has been detected.

Agradecimiento.

Al Prof. Dr. Antonio Garrido Contreras, en cuya cátedra se realizó el trabajo, bajo su dirección.

Bibliografía.

- Allen, J. M. y E. E. Geldreich, 1975.--Bacteriological criteria for ground water quality. 93 (1) *Ground Water*.
- Anónimo, 1971.--Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 13.^a ed. Am. Public. Hlth. Assn. Inc. New York.
- Davis, E. M. y E. F. Gloyner, 1972.--Bacterial die-off in ponds. *J. San. Eng. Div.* 98: 59-69.
- Dukta, B. J. 1973.--Coliforms are an inadequate index of water quality. *J. Envir. Hlth.*, 36: 39-46.
- Evinson, L. M. y A. James, 1973.--A comparison of the distribution of intestinal bacteria in British and East African water sources. *J. Appl. Bact.*, 36: 109-118.
- Feachem, R. G. A. 1973.--Recomendations for the testing of bacteriological water quality in rural Papua New Guinea. *Papua New Guin. méd. J.*, 16: 213-217.
- Feachem, R. G. A. 1974.--Faecal coliforms and faecal streptococci in streams in the New Guinea Highlands. *Wat. Res., G. B.*, 8: 367-374.
- Feachem, R. G. A., K. Khan y E. Rosbergen, 1977.--Faecal coliforms and faecal streptococci: a statistical comparison using data from England and Papua New Guinea. *Wat. Tech., G. B.* 9: 195-201.
- Gallagher, T. P. y D. F. Spino, 1968.--Significance of members of coliform bacteria as an indicator of enteric pathogens. *Wat. Res.*, 2: 169-175.
- Gastón de Iriarte, E. 1975.--Microbiología: técnicas, controles y análisis químicos. Ed. Augusta. Barcelona.
- Geldreich, E. E. 1966.--Sanitary significance of fecal coliforms in the environment U. S. Dept. In *Wat. Poll. Còntrol Res. Ser. Publ. WP-20-2*. U. S. Dep. Int.
- 1970.--Applying bacteriological parameters to recreational water quality. *J. Am. Wat. Wks. Ass.*, 62: 113-120.
- 1972.--Waterbone pathogens. *Apud*. *Water pollution microbiology*. R. Mitchell ed., Wille Interscience, New York.
- 1974-75.--Microbiological criteria concepts for coastal bathing waters. *Ocean Management*, 3: 225-248.

- Geldreich, E. E. y R. M. Bordner, 1971.—Fecal contamination of fruits and vegetables during cultivation and processing for market. A review. *J. Milk Food Tech.*, 34: 184-185.
- Geldreich, E. E. y B. A. Kenner, 1969.—Concepts of faecal streptococci in stream pollution. *J. Wat. Poll. Control. Fec.*, 41: 336-352.
- Graun, G. F. y L. J. McCabe, 1973.—Review of the causes waterborne-disease outbreaks. *J. Am. Wat. Wks. Ass.*, 65: 74-89.
- Hendricks, C. W. 1972.—Enteric bacterial growth rates in river water. *Appl. Microbiol.*, 24: 168-174.
- Kjellander, J. 1960.—Enteric streptococci as indicators of fecal contamination of water. *Act. Path. Microbiol. Scand.*, 48: 1-14.
- López de Ontiveros, A. 1973.—Emigración, propiedad y paisanaje agrario en la Campiña de Córdoba. Ed. Ariel. Barcelona.
- McCabe, L. J., J. M. Symons, R. D. Lee y G. C. Robeck, 1970.—Survey of community water supply system. *J. Am. Wat. Wks. Ass.*, 62: 670-687.
- OMS, 1972.—Normas internacionales para el agua potable. Ginebra.
- Risthel-Beurlin, G. 1976.—Total and coliforms microbial count in an Andean river and its relationships to population density. *J. envir. Sci. Hlth. A., USA*, 4: 313-219.
- Sinegre, F., R. Baylet y M. Chapat, 1975.—Salmonella isolées des eaux d'alimentation. *Rev. Epidémiol. Méd. Soc. Santé publ., Fr.*, 23: 469-474.
- Slanetz, L. y Bartley, C. H. 1964.—Detection and sanitary significance of faecal streptococci in water. *Am. J. publ. Hlth.*, 54: 609-614.