

RESULTADOS PRELIMINARES EN TAMBOS DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA): CALIDAD DE AGUA Y CONTAMINACIÓN^a

BADINO, O.¹; THOMAS, J.A.¹; SCHMIDT, E.²;

RAMOS, E.²; WEIDMANN, R.¹ & JAUREGUI, J.¹

RESUMEN

El noreste de la provincia de Santa Fe, es un área extracuenca con buen potencial para producir leche. Se evaluó la calidad físico-química y microbiológica del agua para uso en el tambo, como bebida de animales y consumo humano en 10 tambos de los departamentos Vera, General Obligado, Norte de San Justo y San Javier. La calidad físico-química del agua cumple con los estándares para la producción de leche y bebida humana. Se presentó alta incidencia de contaminación microbiológica. El 60 % de los tambos tienen recuentos de Coliformes Totales superiores al límite. En un 20 % y 40 % de los mismos se aisló *Escherichia Coli* y *Pseudomonas Aeruginosa* respectivamente, pudiendo dificultar la obtención de leche de calidad. Esto requiere de acciones correctivas tal como limpieza e higiene de tanques de almacenamiento de agua, tendientes a la eliminación de patógenos. Es importante promover la caracterización sistemática de las fuentes de agua en todas las cuencas lecheras.

Palabras clave: calidad agua, producción lechera, contaminación, Noreste de la provincia de Santa Fe.

ABSTRACT

Preliminary results in dairy farms of northeast Santa Fe province (Argentina): water quality and contamination.

Northeastern of Santa Fe, is one of the potential areas for dairy activity. The objective was to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of water used in milking parlor and for drinking purposes for both animals and humans. This evaluation will determine the degree of contamination in 10 dairy farms from Vera, General Obligado, Northern San Justo and San Javier departments. The physical and chemical quality of water is good for dairy production and humans drinking. The 60% of dairy farms showed total coliform above the limit. *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* was isolated in the 20% and 40% of dairy farms respectively, that may

a.- Proyecto CAID 2011 PI 50120110100127. Universidad Nacional del Litoral

1.- Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). Kreder 2805. (3080HOF) Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: obadino@fca.unl.edu.ar

2.- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Lácteo. (2300) Rafaela, provincia de Santa Fe.

Manuscrito recibido el 20 de octubre de 2016 y aceptado para su publicación el 12 de diciembre de 2016.

hinder the possibilities to obtain good quality milk. It is important to promote the systematic characterization of water sources in all milksheds.

Key words: Water quality, contamination, milk production. North East of Santa Fe Province.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción ganadera en la Argentina están marcados por la pronunciada heterogeneidad ambiental que existe entre las diferentes regiones productivas. Si bien la producción lechera se encuentra concentrada en la región denominada Pampa Húmeda, existen otras regiones denominadas “extra cuencas” donde la misma es incipiente. Santa Fe es la segunda provincia productora de leche del país, representando el 28% del total nacional. La cuenca lechera santafesina -ubicada en el centro oeste- constituye la región productora más importante de América Latina, con alrededor de 4.300 tambos y 577.000 vacas que producen más de 2600 millones de litros de leche (13).

La producción de leche es una de las actividades ganaderas que mayor cantidad y mejor calidad de agua demanda. Su relevancia está relacionada a tres aspectos fundamentales: el agua como factor en la salud y nutrición del animal, el agua como elemento para la higiene en el tambo y el agua como factor en la salud de la población rural involucrada (22, 15). La principal fuente de agua para los tambos es la subterránea. Ésta proviene de perforaciones, donde la calidad presente dependerá del caudal, salinidad, tipo de sal y tóxicos presentes (24).

Las deficiencias en la construcción y manejo de las perforaciones, las fuentes de contaminación cercanas a los pozos (corrales y lagunas) y el desconocimiento

de los productores sobre el manejo del agua y los efluentes, son causa de contaminación (27). El agua subterránea puede presentar alto contenido en nitratos provenientes de contaminación antropogénica, especialmente si los acuíferos no son profundos (20).

Otro aspecto es la calidad del agua para el lavado, tanto de la máquina de ordeño como de los utensilios. La dureza y la contaminación microbiológica del agua son factores importantes a considerar para la producción de leche de buena calidad. Las aguas duras disminuyen la eficiencia de limpieza en las ordeñadoras (28). Esta situación junto a una alta concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD) corroe los caños e instalaciones, disminuyendo su vida útil (25).

La contaminación microbiológica puede tener incidencia, tanto en la calidad de la leche por favorecer focos de contaminación en partes de la máquina de ordeño (28), como en la salud de la población residente en las zonas rurales. La presencia de bacterias como *Escherichia coli*, pueden causar mastitis, afectando la salud animal y la calidad de leche (25).

Las exigencias de las industrias lácteas, referente a la calidad de agua en los tambos es cada vez mayor. Una de las condiciones requeridas para poder exportar a la Unión Europea, es tener agua de calidad “potable”, siendo esta calidad regulada a partir de las normas establecidas por el Código Alimentario Argentino (8, 21; 18). La leche es considerada como uno de

los caminos de mayor importancia en la exposición a contaminantes en la cadena de los alimentos (29).

En la Argentina, los procesos de reconversión productiva en el sector primario han producido una reestructuración del espacio agrario. La región noreste de la Provincia de Santa Fe, en los departamentos Vera, General Obligado, Norte de San Justo y San Javier la producción lechera es incipiente, considerándose áreas potenciales para la expansión de la lechería.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua utilizada para las operaciones de ordeño, bebida de animales y consumo humano en tambos localizados en el noreste de la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio correspondió al noreste de la provincia de Santa Fe, donde previamente (4) seleccionaron 27 tambos representativos de los sistemas de producción en los departamentos y localidades respectivas de General Obligado (Malabrigo, Reconquista y El Araza), Norte de San Justo (La Negra, La Blanca, La Criolla y La Mora), Vera (Calchaquí) y San Javier (Colonia Duran y Román) para caracterizar el uso del agua, manejo de efluentes y residuos.

En esta segunda etapa, se seleccionaron y tomaron muestras duplicadas de agua, almacenadas en tanques, de las canillas ubicadas en las salas de ordeño de 10 tambos representativos de las localidades y departamentos mencionados. Tanto para análisis químicos como microbiológicos, los muestreos se realizaron siguiendo los lineamientos metodológicos (2). Todas

las muestras se conservaron refrigeradas (4°C) y fueron enviadas al laboratorio del Instituto de Tecnología Industrial (INTI) en menos de 24 hs para ser analizadas.

Se realizó el análisis físico químico y microbiológico del agua considerando los parámetros del Código Alimentario Argentino (8) y se evaluaron sus resultados según su criterio de potabilidad. Además, fueron determinados los cationes mayoritarios: Sodio (Na^+), Potasio (K^+), magnesio (Mg^{+2}) y Calcio (Ca^{+2}). En el Cuadro 1 se presenta la metodología utilizada en las determinaciones químicas y microbiológicas.

Los resultados obtenidos se evaluaron para su uso como agua para bebida de los animales (salinidad total, cloruros, sulfatos, nitratos y arsénico). Además se consideraron los parámetros químicos fundamentales que limitan la calidad para bebida humana (nitratos, arsénico, sulfatos y salinidad total) y la presencia de microorganismos (8).

En la visita en la cual se realizó el muestreo se efectuó una encuesta a los productores con el objeto de evaluar las condiciones de riesgo de contaminación de perforaciones de agua: profundidad de las perforaciones y la napa; distancias de las fuentes de posible contaminación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Código Alimentario Argentino (CAA) define las características que debe reunir el agua para consumo humano. Para el ganado bovino no hay especificaciones reglamentarias pero existen recomendaciones surgidas de trabajos de investigación realizadas por diversos autores (1, 26). Sin embargo, algunos países (10) interpretan que los criterios para consumo

animal y uso en el tambo son similares que los establecidos para uso humano.

Los principales resultados de la evaluación de las características físico-químicas de las muestras de agua se encuentran en el cuadro 2.

En el mismo se observa que los parámetros de calidad del agua para uso como bebida humana y animal se encuentran en los límites permitidos (8), presentando un solo valor de nitratos (78,97mg/l) y arsénico (0,04 mg/l), que excede los mismos (8). En el caso de los nitratos podría deberse a la presencia de una laguna de efluentes cercana a la fuente de extracción de agua y el arsénico presente por condiciones naturales.

Respecto a la calidad de agua de otras cuencas lecheras se encuentran diferencias. En la Cuenca lechera Central, de Buenos Aires (Abasto Norte, Sur y este de Buenos

Aires) y Córdoba las concentraciones de nitratos y de sulfatos son elevadas determinando la calidad del agua para consumo animal (20, 19, 16, 9).

Los cloruros están dentro de los límites permitidos en las Cuencas Abasto Sur-Zona Norte y Zona Sur (17) y Cuenca Central (9), pero incluyendo valores que superan el mismo.

Los cationes mayoritarios Sodio (Na⁺), Potasio (K⁺), Magnesio (Mg⁺²) y Calcio (Ca⁺²) cumplen con los parámetros considerados normales para los mismos (1, 5, 26).

La calidad bacteriológica del agua en los establecimientos lecheros es de relevancia para las distintas actividades realizadas durante el ordeño y puede incidir en la calidad higiénica-sanitaria de la leche (11, 7, 22). La existencia de focos de contaminación luego del lavado de la máquina de ordeño y tanque de

Cuadro 1: Parámetros químicos y microbiológicos analizados en agua de tambos del Noreste de la Provincia de Santa Fe (Argentina).

Determinaciones	Método
Dureza total (DT) CaCO ₃ Carbonatos y bicarbonatos.	AOAC 973.52 AOAC 920.194
Temperatura, pH, conductividad, Sólidos Totales Disueltos (SDT). Aniones constituyentes	Potenciometría con analizador multiparamétrico. HPLC – con supresión y detección de conductividad
Sodio Calcio Potasio Magnesio Arsénico	APHA SM 17 Ed. 3500 Na D APHA SM 17 Ed. 3111 B. APHA SM 17 Ed. 3500 K D APHA SM 17 Ed. 3111B APHA SM 17 Ed. 3113 B
Recuento de bacterias heterótrofas <i>Coliformes totales</i> y <i>E. coli</i> en 100 ml	Métodos Normalizados de Aguas y Aguas residuales – APHA AWWA WEF – 21 edición 2005- Examen Microbiológico N° 9215 B. Método de placa fluida
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> en 100 ml	Métodos Normalizados de Aguas y Aguas residuales – APHA AWWA WEF – 21 edición 2005- Examen Microbiológico - N° 9222 y 9223 - Método por filtración de membrana. Norma ISO 16266: 2006 (1° Edición)- Calidad de agua- Detección y enumeración de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> - Método filtración por membrana

Cuadro 2: Valores Medios, desvío estándar ($\pm DE$), rango de análisis físico-químicos de agua y aptitud del agua para bebida humana y animal en 10 tambos (Departamentos General Obligado, Norte de San Justo, Vera y San Javier) del noreste de la provincia de Santa Fe. Año 2015.

Parámetros	Valores hallados Medios \pm DE (rango)	Bebida Humana Límite CAA ¹ (%Aptitud)	Bebida Animal Límite máximo Tolerable ² (% Aptitud)
pH	7,07 \pm 0,18 (7,43-6,79)	6,5-9,5 (100%)	6,5-8,5 (100%)
Dureza total (mg/l)	233,10 \pm 68,67 (298-73)	400 (100%)	1,5 a 1,7 (100%)
SDT (mg/l)	325,50 \pm 102,82 (385-41)	1500 (100%)	4000 (100%)
Cloruros (mg/l)	9,11 \pm 9,35 (35,47-3,90)	350 (100%)	3000 (100%)
Sulfatos (mg/l)	9,67 \pm 1,63 (13,15-7,63)	400 (100%)	1000-2000 (100%)
Nitratos (mg/l)	17,60 \pm 22,06 (78,97-5,36)	45 (90%)	300 (100%)
Nitritos (mg/l)	ND	0,10 (100%)	100 (100%)
Arsénico (mg/l)	0,02 \pm 0,01 (0,02-0,04)	0,01 (100%)	0,2 (100%)
Sodio (mg/l)	66,45 \pm 32,63 (139-14,60)	s/d	< 3000 (100%)
Potasio (mg/l)	7,55 \pm 4,50 (18,10-2,70)	s/d	1500 (100%)
Calcio (mg/l)	56,25 \pm 24,11 (92,80-13,20)	s/d	< 500 (100%)
Magnesio (mg/l)	17,07 \pm 5,21 (23,40-5,56)	s/d	250 (100%)
Carbonatos (mg/l)	ND	s/d	s/d
Bicarbonatos (mg/l)	585,31 \pm 54,06 (659,27-485,25)	s/d	s/d

¹ Código Alimentario Argentino (CAA, 2007)

² Adams, 1986; Bavera, 1999; NRC, 2001; Grant, 1993; Jones, 2000)

Nota: ND: no detectado, s/d: sin datos

almacenamiento puede ser atribuible a la calidad bacteriológica del agua utilizada para las tareas de higiene (3). En este estudio, el 60 % de los tambos tuvieron recuentos de Coliformes Totales superiores al límite del CAA. En un 20 % y 40 % se aisló *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* respectivamente (Cuadro 3).

De acuerdo a los resultados de las encuestas realizadas, se pudo observar que la profundidad de las perforaciones para extracción de agua y antigüedad de las mismas fue variable. El 80 % de las perforaciones tenía una profundidad mayor o igual a 22 metros, el 70% poseía una antigüedad de 10 años o menos y el 50 % se encontraban localizados a una profundidad entre 6 y 21 m de la napa freática.

En el Gráfico 1 se puede observar la variedad, número y distancia de las posibles fuentes de contaminación respecto de las perforaciones e instalaciones de ordeño dentro de los 100 metros de radio. La presencia de las mismas en las áreas cercanas a la extracción de agua e instalaciones de ordeño son factores de

riesgo que deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar un sistema de producción con manejo sustentable del recurso de agua y a la vez mejorar los índices de producción.

CONCLUSIONES

Este estudio preliminar infiere que la calidad físico-química del agua es adecuada para uso como bebida animal, humana y en las áreas de ordeño. La calidad microbiológica del agua requiere de acciones correctivas para el control de patógenos y su utilización en la producción de leche. Los estudios precedentes señalan la necesidad de un conocimiento amplio de la calidad de agua actualmente utilizada en la producción primaria de leche a efectos de determinar su condición para uso directo o la necesidad de un tratamiento previo.

Es fundamental promover la caracterización sistemática de las fuentes de agua en todas las cuencas lecheras.

Cuadro 3: Aptitud de la calidad microbiológica del agua en 10 tambos (Departamentos General Obligado, Norte de San Justo, Vera y San Javier) del noreste de la provincia de Santa Fe. Año 2015.

Parámetro microbiológico	Valor admitido como límite ¹	Aptas %
Bacterias aerobias mesófilas (ufc/ml)	< 500	70
Coliformes totales (NMP/100ml)	< 3/100	40
<i>Escherichia coli</i> / en 100 ml	Ausencia	80
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> / en 100ml	Ausencia	60

¹ según Código Alimentario Argentino (Argentine National Standards) Capítulo XII. Actualizado 2010.

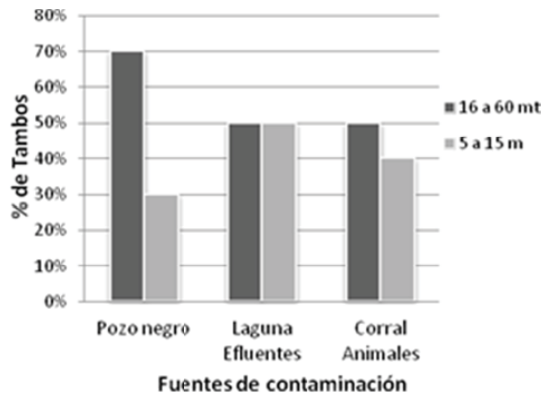


Gráfico 1: Variedad, número y distancia de las fuentes de contaminación de las perforaciones dentro de los 100 metros de radio en 10 tambos (Departamentos General Obligado, Norte de San Justo, Vera y San Javier) del noreste de la provincia de Santa Fe.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ADAMS, R.S. 1986. Water Quality for Dairy Cattle. Pennsylvania State University.
- 2.- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) American Water Works Association (AWWA) and the Water Environment Federation (WEF) 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Ed. Washington DC, USA.
- 3.- ARCOS PULIDO, M.; ÁVILA de NAVIA, S.; ESTUPIÑAN TORRES, S. y GÓMEZ PRIETO, A. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova- Publicación Científica. 2. vol. 3 N° 4: 69 - 79. ISSN: 1794-2470.
- 4.- BADINO, O.; SCHMIDT, E.; RAMOS, E.; HERRERO, M.A.; WEIDMANN, R. Y GIRAUDO, F. 2015. Uso del agua, manejo de efluentes y residuos en tambos del noreste de la provincia de Santa Fe (Argentina). Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias (ISSN 1666-7719), Volumen 14 (N°1). Editada por la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.
- 5.- BAVERA, L.; RODRIGUEZ, E.; BEGUET, H.; BOCCO, O. y SANCHEZ, J. 1979. Aguas y Aguadas, Bs. As., Hemisferio Sur, pp 284.
- 6.- CARBÓ, L.; FLORES, M.; HERRERO, M. A. 2009. Well site conditions associated with nitrate contamination in a multilayer semi-confined aquifer of Buenos Aires, Argentina. Journal of Environmental Geology, 57 (7):1489-1500.
- 7.- CEPERO, O.; CASTILLO, O.; SALADO, J.; HERRADA, N.; AGUIAR, J. y GONZÁLES, R. 2005. Valoración de diferentes factores que intervienen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche. Revista Electrónica Veterinaria REDVET VI, N° 3: ISSN 1695-7504. Disponible en la World Wide Web en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030305.html>
- 8.- CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA) 2007. Bebidas Hidricas, Agua y Agua Gasificada. Capítulo XII. Agua Potable. Artículo 982 (Res. Conj. SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007). Disponible en la World Wide Web en: http://www.anmat.gov.ar/codigoo/Capitulo_XII_Agua_2007.05.pdf

- 9.- **CHARLÓN, V.; TAVERNA, M.; CUATRÍN, A. y NEGRI, L.** 2001. Características del agua disponible en las instalaciones de ordeño de tambos ubicados en la cuenca lechera central de la Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, Vol 21 supl.1, pág.228.
- 10.- **DIRECTIVA 92/46/CEE.** 1992. Normas sanitarias aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TX/?uri=celex%3A31992L0046>
- 11.- **ERKSINE, R.; UNFLAT, J.; EBERHAT, R.; HUTCHINSON, L.; HICKS, C. y SPENCER, C.** 1987. Pseudomonas mastitis: difficulties in detection and elimination from contaminated washwater systems. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191: 811- 5.
- 12.- **FunPEL.** 2013. Fundación para la promoción y el desarrollo de la cadena láctea Argentina. Anuario de la Lechería Argentina 2013. 84p.
- 13.- **GRANT, R.** 1993. Water quality and requirements for dairy cattle. (serial online) 1993 Jan (cited 2005 Sep 14). Disponible en la World Wide Web en: <http://ianpubs.unl.edu/dairy>
- 14.- **HERRERO, M.A.** 1998. El agua y su importancia en la producción ganadera. *Rev. Geográfica, Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica de Huesca, España.* pp.67-87.
- 15.- **HERRERO, M. A.** 2009. Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental en el tambo. JICAL III. Buenos Aires. Pág. 15-17.
- 16.- **HERRERO, M. A. y GIL, S.** 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 18:273-289.
- 17.- **HERRERO, M.A.; IRAMAIN, M.S.; KOROL, S.; FLORES, M. y POL, M.** 2002. Calidad de agua y contaminación en tambos de la cuenca lechera de abasto sur. *Rev. Arg. Prod. An.* 22(1):61-70.
- 18.- **HERRERO, M.A. y MALDONADO, M. V.** 2000. Calidad de Agua Subterránea. *Industria y Química, Revista de la Asociación Química Argentina*, 339: 18-25.
- 19.- **HERRERO, M.A.; MALDONADO MAY, V.; CARBÓ, L. y SARDI, G.** 1998. Características del agua para la producción de leche en las cuencas de abasto norte y sur (Prov. Bs.As.). *Revista Argentina de Producción Animal*, Vol.18 - Sup 1.: 41-42.
- 20.- **HERRERO, M.A.; SARDI, G.M.; ORLANDO, A.A.; MALDONADO MAY, V.; CARBÓ, L.; FLORES, M. y ORMAZABAL, J.J.** 1997b. Protagonistas del Desarrollo Sustentable: El Agua en el Sector Agropecuario, caracterización de la Pradera Pampeana. *Agua: Uso y manejo sustentable.* Ed. Eudeba. ISBN 950-23-0646-5. Bs. As.: 53-80.
- 21.- **INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial.** 2007. Proyecto INTI-UE, Mejora de la competitividad de la lechería argentina. Disponible en la World Wide Web en: <http://www.inti.gob.ar/lacteos/proyectoue.htm>
- 22.- **IRAMAIN, M.; POL, M.; KOROL HERRERO, M.; FORTUNATO, M. y BEARZI, C.** 2005. Pseudomonas aeruginosa en agua y leche cruda: informe preliminar. *Veterinaria* 2005; 7: 133-7.
- 23.- **JONES, G.** 2000. Abundant good quality wáter and milk production. *The Virginia Dairyman* 2000, 64:7, 16-18.
- 24.- **KRASOVSKY, G.** 1986. Distinctive management patterns for rural water supplies Hygienic criteria of drinking water quality. *Center of International projects - GKNT - Moscow:* 122-131.
- 25.- **LAGGER, J.R.; PECHIN, G.H.; MATA, H.T.; LARREA, A.T. ; MEGLIA, G.E. ; CAIRNIE, A.G. y OTROSKY, R.N.** 2007. Calidad del agua en establecimientos de la cuenca lechera de la provincia de La Pampa. Segundo Congreso pampeano del agua. Gral. Pico (La Pampa). http://recursoshidricos.lapampa.gob.ar/images/pdf_Publicaciones/Libro_Segundo_Congreso_del_Agua.pdf

- 26.- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC)** 2001. Nutrient Requeriments of Dairy Cattle. 7th. Ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences. pp. 178-183.
- 27.- **NOSETTI, L.; HERRERO, M. A.; POL, M.; MALDONADO, M. V.; IRAMAIN, M. y FLORES, M.** 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros, 1. Demanda de agua y manejo de efluentes. Revista INVet - Vol 4 (1): 37-43.
- 28.- **PEDRAZA, C.** 1998. Calidad de agua en Chile para uso en lechería. Memorias del Seminario Internacional Calidad de Agua en predios lecheros y su impacto en la cadena agroindustrial- FEPALE - INIA- Univ. República pp12.
- 29.- **STEVENS, J.** 1991. Disposition of toxic metals in the agricultural food chain. 1. Steady-state bovine milk bio-transfer factors. Environmental Science and Technology, 25:1289-1294.
- 30.- **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (APHA)** 2005. <https://www.standardmethods.org/>