

## Calidad bacteriológica y pH del agua en una unidad de producción porcina ubicada en el Rincón de Monagas, estado Monagas, Venezuela

### Bacteriological quality and pH of water in a swine production unit located on the Rincón de Monagas, state Monagas, Venezuela

Magalys Rivas-Nichorzon<sup>1\*</sup>, Mayra Alfaro-Escalona<sup>2</sup>, Ramón Silva-Acuña<sup>3</sup>, Ely Gómez-Piñeres<sup>1</sup>

Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Escuela de Zootecnia, <sup>1</sup>Departamento de Biología y Sanidad Animal, \*Correo electrónico: mrivas@udo.edu.ve. <sup>2</sup>Departamento de Producción e Industrial Animal, <sup>3</sup>Programa de Maestría de Agricultura Tropical. Maturín, estado Monagas.

#### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad bacteriológica y pH del agua en una unidad de producción porcina ubicada en el Rincón de Monagas, municipio Maturín, estado Monagas, se procedió a la recolección de muestras de agua provenientes tanto del pozo perforado como de los bebederos de las diferentes áreas de producción de la granja. Luego se cuantificaron aerobios mesófilos, coliformes totales, fecales, *E. coli* y se determinó la presencia de *Pseudomona ssp.* El agua del pozo profundo no presentó contaminación microbiana de coliformes totales, fecales ni *E. coli*; sin embargo, el pH medido se encontró por debajo de los límites permisibles. Los contajes de estos grupos microbianos se encontraron elevados en el agua de los bebederos ubicados en las diferentes áreas de producción, evidenciando el incremento de los microorganismos durante el recorrido del agua a través de las tuberías y bebederos. No se evidenció la presencia de *Pseudomona ssp.* en el agua de la unidad de producción porcina. No obstante, es necesario el control microbiológico cada seis meses del agua para consumo de los cerdos y así tomar medidas correctivas que permitan disminuir los grupos microbianos que tienen impacto sobre los parámetros zootécnicos.

**Palabras clave:** Calidad del agua, microbiología, bacterias, coliformes, granja.

#### ABSTRACT

With the objective in evaluating chemical and bacteriological quality of water in a pig production unit, located on El rincón de Monagas, municipality of Maturín, Monagas state, Venezuela, we proceeded to collect water samples from both, the well drilled and the drinking troughs from different production areas of the farm. After that, we quantified aerobic mesophiles, total coliforms, fecal *E. coli*, and the presence of *Pseudomonas sp.* Deep well water did not provide microbial contamination: total coliforms, fecal coliforms and *E. coli*; however, the pH was below allowable limits. Microbiological analysis of water, in different production areas, gave elevated counts of the mentioned microbial groups, and they increase in the tour of the pipeline and ready pig drinkers. There was no presence of *Pseudomonas sp.* in water of the pig production unit. Microbiological monitoring every six months, and corrective actions to reduce microbial groups that impact zootechnical parameters, are very necessary.

**Key words:** Water quality, microbiology, bacteria, coliforms, farm.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un componente importante en la producción porcina así como, la genética y la reproducción o sanidad de los animales, debido a que el agua sirve como agente transmisor de patógenos implicados en diarreas, metritis, abortos naturales y abscesos; además de afectar la ganancia de peso y conversión alimenticia, es necesario la importancia de verificar su inocuidad y realizar su control rutinario cada seis meses para constatar los niveles de bacterias totales, coliformes totales, fecales y propiedades fisicoquímicas (Pinelli *et al.*, 2004; ICA, 2011).

Los criterios de calidad dependen fundamentalmente del uso que se le vaya a dar, ya sea para el consumo humano, para actividades agropecuarias, de recreación, para procesos industriales, para disposición en fuentes de agua o como receptor de líquidos residuales (Guevara, 1996; Decreto N° 883, 1995). El agua apta para el consumo puede verse afectada cuando ocurre contaminación microbiológica o química del sistema de distribución, de depósitos de almacenamiento e interconexiones, así como su manipulación y vandalismo. Desde el punto de vista microbiológico el agua contaminada representa un gran riesgo al consumidor, los excrementos humanos o animales pueden ser fuente de patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos (OMS, 2006).

El diagnóstico de estos microorganismos, requiere estudios de laboratorios especializados y representa varios días de análisis a costos elevados. Como alternativa a estos inconvenientes, se ha propuesto el uso de indicadores microbianos que puedan ser identificados mediante el empleo de métodos sencillos, rápidos y económicos (Arcos *et al.*, 2005). Los principales indicadores para la evaluación de la calidad bacteriológica del agua son los coliformes fecales, organismos provenientes de las heces de los animales de sangre caliente (Henry y Heinke, 1999). De estos coliformes, los de mayor interés son la *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*, las cuales son capaces de crecer a temperaturas elevadas, entre 44,5 a 45 °C (Frezier y Westoff, 1993).

Otro microorganismo de interés es el denominado *Pseudomonas*, el cual es un patógeno oportunista; su presencia en aguas

de consumo puede estar ligada al uso de ciertos materiales no metálicos que favorece su crecimiento en el interior de las conducciones de agua potable (Marín, 2003). Esta bacteria es causante de un amplio rango de infecciones (Valiente y González, 2003). En las cerdas esta bacteria se ha identificado como agente etiológico de las descargas vulvares (Gómez *et al.*, 2011).

Lo descrito en párrafos anteriores, orienta el foco de atención hacia el estudio de los parámetros de calidad bacteriológica del agua destinada al consumo de los animales en granjas porcinas. En este sentido, Quiles y Hevia (2003) señalan que debe ser lo más cercana a cero debido al gran impacto que estos grupos microbianos tienen sobre los parámetros zootécnicos. Kopp *et al.* (2015) evaluaron la calidad del agua para consumo de los cerdos en cinco granjas de producción, evidenciando altos valores de coliformes totales, incluso *Escherichia coli*. No obstante, aún persiste la baja disponibilidad de información que permita conocer los parámetros de calidad del agua utilizada para el consumo de los animales, y la utilizada para las labores de limpieza que se realizan en las granjas porcinas.

Basado en lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la calidad bacteriológica y pH del agua en una unidad de producción porcina, ubicada en el municipio Maturín, estado Monagas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del ensayo

La presente investigación se ejecutó durante el periodo comprendido entre los meses de febrero y marzo de 2014 en una unidad de producción porcina ubicada en el Rincón de Monagas, municipio Maturín estado Monagas. Localizada geográficamente en las coordenadas 9° 41' de LN y 63° 04' de LO, con altitud de 16 m.s.n.m, temperatura media anual de 26 °C y 87% de humedad relativa. Dentro de la zona de vida se describe como mesa llana; la finca cuenta con animales de mestizaje Landrace, Yorkshire y Pietrain.

### Recolección de las muestras de agua

Las muestras de agua fueron obtenidas de los siguientes puntos: 1. Salida del pozo

profundo, 2. Superficie del tanque elevado que surte a las áreas de maternidad, iniciación, crecimiento y engorde. Del mismo modo se obtuvieron muestras de agua de la salida de los bebederos tipo chupón de las siguientes áreas de producción: 1. Maternidad; 2. Lechones lactantes; 3. Cerdos en iniciación; 4. Cerdos en crecimiento-engorde y 5. Cerdos reproductores (hembras gestantes y verracos).

Se recolectaron tres muestras de agua en botellas de vidrio estériles con capacidad de 150 mL en cada punto, para los análisis microbiológicos y pH. El traslado de las muestras, se realizó en cavas portátiles con hielo, para su posterior procesamiento en el laboratorio, en un lapso de tiempo que no superó las 6 horas desde la toma de muestra, con el fin de evitar que la población real de bacterias presentes se alterara (COVENIN, 1994).

### **Determinación pH y pruebas microbiológicas**

El pH fue medido por triplicado con ayuda de un potenciómetro. Para las pruebas microbiológicas se prepararon las muestras de acuerdo a lo descrito en la norma (COVENIN, 1989), cuyo procedimiento brevemente se describe: de la muestra de agua pura se trasvaso 1mL a un tubo con 9mL de agua peptonada al 0,1%, de esta manera se obtuvo la dilución 1:10. El procedimiento se repitió a partir de esta dilución, para preparar las diluciones 1:100 y 1:1000 respectivamente. Se obtuvo entonces, la muestra pura y tres diluciones de ella:  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ .

Para el recuento de colonias de bacterias aerobias mesófilas en placas de Petri, se colocó 1mL de cada dilución en cajas de Petri por triplicado. Se añadió 15mL de agar nutritivo y se incubaron a  $32\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  por 24 - 48 horas, los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por mL (UFC/mL, COVENIN, 1987).

Seguidamente, para la determinación de coliformes totales, fecales, y *E. coli*; se realizó en primer lugar una prueba presuntiva, la cual consistió en la inoculación de 1mL de la muestras así como, de sus diluciones en tres tubos con caldo lauril sulfato triptosa, se sometió a incubación a  $35\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  por 24h, y se verificó la positividad por presencia de gas y turbidez. A

partir de los tubos positivos, se realizó la prueba confirmatoria la cual consistió en transferir una asada a tubos con Caldo lactosa bilis verde brillante (CLBVB), se incubó a  $35\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  por 24 - 48h. De los tubos positivos CLBVB, se sembró una asada en caldo para enriquecimiento de coliformes (EC), se incubaron a  $45\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$  durante 24h. Por último, se determinó *Escherichia coli* aislando de los tubos positivos de EC una asada en placas con agar Levine (EMB), se incubó por  $35\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  por 24 - 48h, y de las colonias características se le realizaron las pruebas IMViC. Los resultados se expresaron en Número más Probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* por mililitro de agua (COVENIN, 1996).

La determinación de *Pseudomona* ssp., se realizó mediante el método a profundidad, con agar Cetrimide, incubación a  $35\text{ °C}$  durante 24 - 48h. La positividad de la prueba se verificó por el crecimiento de colonias en el medio, evidenciadas por la emisión de fluorescencia en presencia de luz UV (APHA, 1995).

### **Diseño del experimento y análisis estadístico**

El diseño utilizado fue el completamente al azar, conformado por siete tratamientos, cada uno de ellos estuvo representado por los diferentes puntos de la toma de muestras, con tres repeticiones. La determinación de *Pseudomona* ssp., se realizó través de un análisis cualitativo por la confirmación de la presencia de las colonias características fluorescentes. Las variables correspondientes a bacterias aerobias mesófilas, pH, coliformes totales, fecales y *E. coli* fueron examinadas por análisis de varianza y los valores promedios comparados por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad, mediante el uso del paquete estadístico Info Stat versión 2017 (Di Renzio *et al.*, 2017).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ) para las variables bacterias aerobias mesófilas y pH. En el Cuadro 1, se muestra el contenido de bacterias aerobias mesófilas (BAM) en los diferentes tratamientos; el mayor promedio se obtuvo en el agua proveniente de los bebederos del área de maternidad, comparado con el resto de los

tratamientos. No se observaron diferencias significativas en el contenido de BAM entre los tratamientos correspondientes al área de lechones lactantes, iniciación, crecimiento, engorde y tanque elevado. Finalmente, el menor valor correspondió para el agua del pozo profundo, el cual surte a toda la unidad de producción con 2,67 UFC/mL de agua.

A pesar de que el agua del pozo profundo contiene bajos recuentos de BAM, estos resultados sugieren que durante el recorrido del agua por las tuberías y bebederos de las diferentes instalaciones de la granja, se produjo un posible contacto con agentes contaminantes, lo que incrementó estas poblaciones bacterianas. Al respecto, Bontempo y Savoini (2011) indicaron que realizar el control de la calidad microbiológica únicamente en la fuente de agua no es suficiente, por lo que también debe efectuarse este control en los diferentes puntos del circuito del agua potable. El agua resultó ser de alta calidad en la fuente pero no a lo largo de la tubería quizás por la contaminación microbiana existente en los chupetes de los bebederos.

Situación similar fue reportada por Aldás (2004) en una investigación en la que se analizó el agua de una unidad porcina. En esta unidad, se detectaron rangos entre 10 a 55 UFC/mL de agua. En secciones como la cisterna y el galpón de cría-engorde los rangos se ubicaron entre 36

- 46 y 210 - 245 UFC/mL respectivamente, lo que indica la contaminación del agua por aerobios mesófilos durante su recorrido desde la cisterna hasta los lugares de consumo.

En cuanto al pH, se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre el agua proveniente del área de maternidad y el agua procedente del pozo profundo, con valores de 6,52 y 6,15 respectivamente (Cuadro 1). A excepción del agua proveniente de los bebederos del área de maternidad, los promedios obtenidos en esta investigación se encuentran por debajo de los límites establecidos por la norma 1431 (COVENIN, 1982) para agua potable, la cual establece un rango entre 6,5 - 8,5.

Se ha reportado niveles de pH de 9,5 para el agua de pozos profundos (Valenzuela *et al.*, 2012), valor superior al obtenido en esta investigación. Contrariamente Valderrama *et al.* (2010) han detectado promedios de pH ligeramente ácidos, ubicados entre 5 y 6,1, valores menores a los obtenidos en el presente trabajo. En este estudio, se realizó un análisis de correlación entre las concentraciones bacterianas y el pH; sin embargo, no se observó correlación positiva significativa ( $r = 0,53$ ).

En el Cuadro 2, se refleja el NMP por mL de agua, para coliformes totales (CT), fecales (CF) y *E. coli* en los diferentes puntos de muestreo. Las poblaciones de CT, CF y *E. coli* presentes en el agua del área de maternidad fueron

Cuadro 1. Recuento de bacterias aerobias mesófilas (BAM) y valores pH en los diferentes puntos de muestreo de la unidad porcina.

Puntos de muestreo	Bacterias aerobios mesófilos UFC/mL	pH
Maternidad	6360,00 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>
Lechones lactantes	3750,00 <sup>b</sup>	6,43 <sup>ab</sup>
Cerdos de iniciación	3098,33 <sup>b</sup>	6,37 <sup>ab</sup>
Crecimiento-engorde	2355,00 <sup>bc</sup>	6,47 <sup>ab</sup>
Tanque elevado	1616,67 <sup>bcd</sup>	6,27 <sup>ab</sup>
Reproductores	222,67 <sup>cd</sup>	6,45 <sup>ab</sup>
Pozo profundo	2,67 <sup>d</sup>	6,15 <sup>b</sup>

Letras diferentes en una misma columna indican grupos estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Cuadro 2. Número más probable (NMP) de coliformes totales (CT), fecales (CF) y *Escherichia coli*, en los diferentes puntos de muestreo en la unidad de producción porcina ubicada el Rincón de Monagas, estado Monagas, Venezuela.

Puntos de muestreo	Coliformes totales NMP/mL	Coliformes fecales NMP/mL	<i>Escherichia coli</i> NMP/mL
Maternidad	4,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>
Lechones lactantes	2,1 <sup>bc</sup>	2,1 <sup>bc</sup>	2,1 <sup>b</sup>
Cerdos de iniciación	1,5 <sup>cd</sup>	1,5 <sup>cd</sup>	1,5 <sup>c</sup>
Crecimiento-engorde	2,3 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	0,9 <sup>d</sup>
Tanque elevado	0,9 <sup>d</sup>	0,9 <sup>d</sup>	0,9 <sup>d</sup>
Reproductores	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>
Pozo profundo	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>

Letras diferentes en una misma columna indican grupos estadísticamente diferentes (P<0,05).

mayores (P<0,05) comparadas con el resto de las áreas muestreadas; mientras que en el agua del pozo profundo y área de reproductores no se detectaron estas poblaciones bacterianas.

El incremento del número de microorganismos en el agua del área de maternidad puede ser atribuida a varios factores; en primer lugar, al mayor tiempo de permanencia del agua en el sistema de tuberías debido a la baja frecuencia de consumo por parte de las cerdas lactantes, en segundo lugar, a las condiciones de este sistema de tuberías ya que el mismo es el de mayor antigüedad en la granja, por último, posibles deficiencias en las prácticas de manejo en cuanto a la limpieza de los tanques, tuberías y bebederos de la granja (Kopp *et al.*, 2015).

La formación de biopelículas puede ser también un factor desencadenante del deterioro del agua. Al respecto, Rejas (2013) señala que el crecimiento de bacterias en el sistema de redes de agua produce una disminución de la calidad del agua, aumento de su turbidez y afectación de los estándares de calidad microbiológica, lo que a su vez aumenta la posibilidad de infecciones en los animales que puedan tener acceso a esta agua como bebida.

Las poblaciones reportadas de CT y CF en el agua de las áreas de maternidad, lechones, iniciación, crecimiento y engorde, y tanque elevado, estuvieron dentro del rango permitido de acuerdo al Decreto N° 883 (1995), que

establece un límite máximo de 50 NMP/mL para CT y 10 NMP/mL para CF, en aguas destinadas a uso pecuario; la norma no establece valores para *E. coli*. Aunque el decreto es tolerante para CT y CF, es indispensable que el agua para el consumo de los cerdos no presente ningún contenido de estos microorganismos.

En lo que respecta al contenido de coliformes y *E. coli* del pozo profundo, se pudo evidenciar que la calidad bacteriológica del agua se encuentra dentro de los límites permisibles para agua potable según la norma 1431 (COVENIN, 1982). Los problemas de contaminación de aguas provenientes de pozos podrían estar asociados a deficiencias en la construcción y el manejo de las perforaciones o bien a la existencia de corrales y lagunas en las cercanías de los pozos (Bettera *et al.*, 2011).

Estudios realizados por Valenzuela *et al.* (2012), concuerdan con esta afirmación, al evidenciar valores máximos de 4839 NMP coliformes totales/mL y 1043 NMP de *E. coli*/100mL, durante la evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos en zonas agrícolas-ganaderas en el centro sur de Chile. Así mismo, Valderrama *et al.* (2010), detectaron CT y CF en el agua de tres pozos, indicando la filtración de bacterias provenientes de descargas de aguas residuales al suelo y al incumplimiento en la protección y construcción de pozos.

Similarmente, Robles *et al.* (2013) reportaron diferentes concentraciones de coliformes totales y fecales en ocho pozos de agua potable del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, México, durante la evaluación de calidad del agua. De acuerdo al autor, esto pudo ser ocasionado por la falta de servicios sanitarios y el drenaje en algunas zonas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren de los valores presentados por los autores mencionados en párrafos anteriores; estos datos permiten catalogar el agua procedente del pozo profundo como aceptable desde el punto de vista microbiológico, lo cual podría deberse a la ubicación de este pozo, ya que se encuentra alejado de las instalaciones y lagunas de oxidación, lo que evita cualquier tipo de contaminación microbiana.

No obstante, al estudiar la infraestructura disponible en la granja, se pudo observar que el agua se surte desde el pozo profundo hacia el tanque elevado y de allí es enviada a las diferentes áreas de la granja; igualmente se constató que el tanque receptor carece de cubierta protectora, lo que pudiera facilitar su contaminación. Esta condición podría influir en el crecimiento bacteriano a lo largo del sistema de conducción del agua a los bebederos.

En cuanto al área de reproductores, los resultados del presente estudio evidenciaron la no contaminación por coliformes; esto podría explicarse por un nuevo sistema de tanque elevado y tuberías de aguas blancas, procedente del pozo profundo, colocado en esa zona de la granja.

Finalmente, en la investigación no se observó la presencia de *Pseudomona ssp.*, en ninguna de las áreas de la granja muestreadas. De acuerdo a la norma 1431 (COVENIN, 1982), este germen no debería estar presente en las fuentes de agua potable para consumo humano y animal.

## CONCLUSIONES

La calidad bacteriológica del agua del pozo fue adecuada según la norma COVENIN 1431- 82; mientras que se detectaron elevados valores de coliformes totales, fecales y *E. coli*, en las diferentes áreas de producción, con excepción del área de reproductores. En relación al pH,

sus valores estuvieron dentro de los límites permisibles, excepto para el área de maternidad. Así mismo, no se evidenció la presencia de *Pseudomona ssp.* en el agua de la granja porcina.

## LITERATURA CITADA

- Aldás, A. 2004. Estudio de la calidad del agua para uso zootécnico en porcinos: evaluación del impacto ambiental y biorremediación. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. 157 p. Disponible en línea: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1890/1/17T0691.pdf> [Sep. 06, 2004].
- APHA, (American Public Health Association). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed, APHA, Washington D.C.8 p.
- Arcos, M., S. Ávila, S. Estupiñán, y A. Gómez, 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova-Publicación Científica. 3(4):69-79.
- Bettera, S., S. Dieser, C. Vissio, G. Geuna, C. Dias, A. Larriesta, L. Odierno, y C. Frigerio, 2011. Calidad microbiológica del agua utilizada en los establecimientos lecheros de la zona de Villa María (Córdoba). Rev. Argentina de Microbiología. 43:111-114.
- Bontempo, V. y G. Savoini, 2011. Calidad de agua para cerdos. Revista Agroindustria. 119:24-26.
- Covenin, (Comisión Venezolana de Normas Industriales).1982. Agua potable envasada. Requisitos. Primera revisión. 1431-82. Fondonorma, Caracas, Venezuela. 13 p.
- Covenin, (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1996. Alimentos. Determinación del número más probable de coliformes totales, fecales y *E. coli*. Primera revisión. 1104-96. Fondonorma, Caracas, Venezuela. 15 p.
- Covenin, (Comisión Venezolana de Normas Industriales).1987. Alimentos. Método del recuento de bacterias aerobias en placas de Petri. Segunda revisión. 902-87. Fondonorma, Caracas, Venezuela. 12 p.

- Covenin, (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1989. Alimentos. Preparación e identificación de muestras para el análisis microbiológico. Primera revisión. 1126-89. Fondonorma, Caracas, Venezuela. 11 p.
- Covenin, (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1994. Agua potable. Toma de muestras. Primera revisión. 2614-89. Fondonorma, Caracas, Venezuela. 11 p.
- Decreto N° 883. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial N° 5.021 extraordinario del 18 de diciembre de 1995 de la República de Venezuela Caracas. 25 p.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. Robledo, 2017. INFOSTAT versión 2017. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Disponible en línea: <http://www.infostat.com.ar> [Abr. 22, 2017].
- Frazier, W. y D. Westhoff, 1993. Microbiología de los Alimentos. 4ta ed. Acribia. Zaragoza, España. 681 p.
- Gómez, J., B. Huerta, I. Luque, A. Maldonado, R. Astorga y C. Tarradas, 2011. Eficacia de las medidas de bioseguridad en el control de microorganismos asociados a endometritis porcinas. Estudio preliminar. Arch. Med. Vet. 43:191-197.
- Guevara, J, 1996. Control de calidad del agua. Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. OPS/CEPIS. Lima, Perú. 33 p.
- Henry, J. y G. Heinke, 1999. Ingeniería ambiental. Prentice-Hall. México, México. 618 p.
- ICA, (Instituto Colombiano Agropecuario). 2011. Las buenas prácticas en producción porcícola. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 22 p.
- Kopp, S., M. Pérez, S. García y S. Patiño, 2015. Calidad microbiológica estacional del agua de bebida para cerdos: Análisis comparativo en establecimientos porcinos de la zona núcleo de la provincia de Córdoba. Revista SNS. 9:15-20.
- Marín, R. 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Ediciones Díaz de Santos S, A. Madrid, España. 336 p.
- OMS. (Organización Mundial de la Salud). 2006. Guías para la calidad del agua. 3era ed. Vol. 1. 408 p.
- Pinelli, A., E. Acevedo, J. Hernández, R. Belmar, y A. Beltrán. 2004. Manual de buenas prácticas en granjas porcícolas. Senasica, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. México D. F., México. 85 p.
- Quiles, A y M. Hevia, 2003. La importancia de la calidad del agua en la cría de cerdos. Porcino ibérico. (23) pp. 44-49.
- Rejas, L. 2013. Formación de las biopelículas en redes de agua de bebida. SIRIVS. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. 8 p. Disponible en línea: [http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo\\_rejas\\_biopeliculas.pdf](http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo_rejas_biopeliculas.pdf) [Feb. 05, 2016].
- Robles, E., E. Ramírez, A. Durán, M. Martínez y M. González, 2013. Calidad bacteriológica y físicoquímica del agua del Acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. Av. Cien. Ing. 4(1):19-28.
- Valderrama, R., E. Ramírez, R. Ayala, A. Duran, M. Sáinz, M. Martínez, B. Martínez y M. González, 2010. Calidad del agua de tres pozos de la zona centro del acuífero Cuautla-Yautepec, Morelos, México. BIOCYT. 3(11):159-175.
- Valenzuela, E., R. Godoy, L. Almonacid, y M. Barrientos, 2012. Calidad microbiológica del agua en área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. Rev. Chilena Infectol. 29(6):628-634.
- Valiente, C y J. González. 2003. Calidad microbiológica del agua subterránea en el Valle central de Costa Rica 1997-2002. En: Reynolds, J. Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. EUNED. San José, Costa Rica. 77-88 p.