

## 24. Aguas

### **Influencia de la profundidad de pozo en la calidad de agua para la disolución de medicamentos en la producción avícola.**

Rosenbrock, Augusto; Ormaechea, Ma. Valeria; Sequin, Christian.

[rosenbrock.augusto@gmail.com](mailto:rosenbrock.augusto@gmail.com); [valeriaormaechea@gmail.com](mailto:valeriaormaechea@gmail.com); [sequinchristian@gmail.com](mailto:sequinchristian@gmail.com)

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Entre Ríos

---

#### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la profundidad de pozos en calidad de agua utilizada para bebida y la disolución de medicamentos en las granjas avícolas de la zona departamento Paraná, provincia de Entre Ríos, Argentina. Se determinó pH, Conductividad eléctrica, y Dureza siguiendo las normas del Standard Methods internacional, en un total de 54 granjas. La estratificación de las muestras, en tres grupos, se realizó en función de las formaciones geológicas en la zona de estudio, teniendo en cuenta la profundidad de los pozos muestreados, con el objetivo de comparar si existen diferencias significativas en los valores de dureza, pH y conductividad eléctrica. Los resultados indican que la dureza y la conductividad eléctrica están por encima de los valores recomendados para la producción avícola. Los valores de pH se encuentran dentro de los valores aceptables. Además la profundidad de los pozos muestra una influencia en el agua utilizada para la disolución de medicamentos, en la medida que la profundidad es mayor, tanto la dureza como la conductividad aumentan, disminuyendo de esta manera la solubilidad de los mismos. Los resultados de este trabajo indican que la profundidad de pozo de las granjas avícolas de la zona departamento Paraná afecta el suministro de medicamentos. Esta situación es peligrosa desde el punto de vista sanitario ya que la administración de subdosis, puede llegar a provocar la resistencia a los antibióticos utilizados actualmente.

**Palabras clave:** Avicultura, Calidad de agua, Dureza, Profundidad, Medicamentos.

## Introducción

La avicultura en Argentina ha tenido un sostenido crecimiento tanto en la producción como en el consumo, logrando su mayor impulso durante los últimos 20 años, donde se dieron grandes avances tecnológicos y cambios organizacionales de integración vertical que llevaron a conseguir disminución de los costos productivos y mejorar la calidad (SENASA, 2015).

El sólido fundamento con que se llevaron a cabo estos planes estratégicos hizo que el mercado de pollo y huevo crezcan a gran velocidad y el consumo per cápita de carne aviar pasara de un promedio de 10Kg anuales en la década del 80 a 25 Kg en los 90 y se posiciona en su pico máximo de alrededor de 47 Kg habitante/año en 2017 según Boletín Avícola Enero-Abril del MINAGRI (2017). En tanto el consumo de huevos también mantuvo esta tendencia creciente hasta llegar 274 unidades per cápita en el año 2016 según la revista CAPIA Informa (2016).

Según datos aportados por la Dirección de Control y Gestión de Programas Especiales SENASA (Marzo, 2015) el número de grajas avícolas en Argentina fue de 7107. Las zonas avícolas más importantes del país, con participación en el mercado de exportación en orden de importancia son Entre Ríos con el 39,12 % de establecimientos, Bs. As con el 31,22%

y Córdoba junto a Santa Fe con 6,53% cada una.

Entre Ríos lidera la producción avícola nacional. Esta actividad es de gran importancia y uno de los pilares de su economía (representando el 23 % del PIB de la provincia). Esta provincia internamente aporta el 50% de la producción de la carne aviar y el 27% de producción de huevos. Además es productora del 82% del total de la exportación nacional (SENASA, 2015).

Para lograr ser competitivos y mantener una alta rentabilidad en la actividad es necesario controlar factores que afecten a la producción. Para esto es indispensable realizar un manejo adecuado que involucre sanidad, alimentación, calidad de agua y bioseguridad.

La calidad de agua es un factor relevante, que además de incidir en la nutrición de las aves, es el vehículo utilizado para la disolución de medicamentos (Sumano y Gutiérrez, 2010).

En la provincia de Entre Ríos, tanto la población urbana como rural de las localidades alejadas de los ríos, aprovechan el agua subterránea, fundamentalmente del acuífero Ituzaingó (Auge *et al*, 2006, p. 20). Los establecimientos avícolas de la región no escapan a esto último, es decir, su fuente de agua es de origen subterráneo. Esta contiene, en general, altas concentraciones de sales minerales, y

conocer el total de éstas, así como el pH, la conductividad eléctrica y la dureza del agua es de suma importancia, ya que estos parámetros influyen en el comportamiento de los medicamentos (Sumano, 2010).

La dureza del agua, hace referencia a las cantidades de sales de calcio y magnesio disueltas, expresadas como partes por millón (ppm) de carbonato de calcio.

Si bien la dureza de por sí, no es perjudicial para las aves, la misma puede ocasionar graves problemas y afectar la disolución de los fármacos utilizados en avicultura. Algunos medicamentos reaccionan con iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  (dureza) formando complejos de coordinación insolubles en agua (Vermeulen, De Backer y Remon, 2002).

El enrofloxacin, por ejemplo, es una fluoroquinolona ampliamente utilizada en avicultura para control de *Mycoplasma sp*, *Salmonella sp.*. Sumano y Gutiérrez (2004) comprobaron que existe una disminución del hasta el 50% de la absorción del enrofloxacin administrado a pollos por vía oral en el agua de bebida con elevada dureza.

Vermeulen (2002) considera que el límite de dureza en agua para algunos medicamentos es de 350 ppm como máximo, como lo es por ejemplo para la Polimixina E. Además pueden generarse complejos con Tetraciclina y Beta-

lactámico (Amoxicilina) si se superan esos límites de dureza.

Cabe destacar que casi la totalidad de los medicamentos son suministrados vía sistema de bebida en los galpones de producción debido al gran número de animales, la practicidad y de manera de asegurarse su dosificación.

Es importante considerar que la dureza del agua subterránea está fuertemente ligada a la formación de suelos y contenido de sales del mismo, por este motivo la profundidad de la napa de la cual se extrae el agua, en una serie de suelos determinada, podría estar relacionada con la calidad de agua para disolución de medicamentos aviares.

Las aguas de la zona en estudio pertenecen predominantemente a los tipos cálcicas y magnesio-cálcicas, y la dureza la mayoría de las aguas del sistema generalmente tiene dureza intermedia, aunque alrededor del 25% son blandas y el 6% son duras (Arújo, França y Potter, 1999).

Algunos autores como Quino, Quintanilla, García, y Cáceres (2006), sostienen que la mayor concentración de bicarbonatos en el agua subterránea se deben a que esta habría disuelto gran cantidad de calizas ( $\text{CaCO}_3$ ) en un medio ácido, por ello las concentraciones tanto de bicarbonatos como de calcio serían notoriamente elevadas.

En consecuencia, esto último influye directamente sobre la dureza total del agua de pozo, compuesta por suma de iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ .

### Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la profundidad de pozos en la calidad del agua, en la disolución de medicamentos en las granjas avícolas de la zona del departamento Paraná, norte de Diamante y oeste de Nogoyá, provincia de Entre Ríos, Argentina.

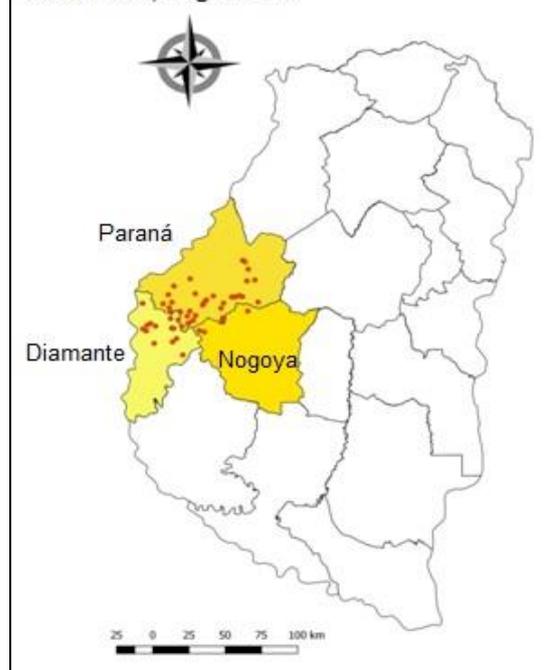
### Materiales y Métodos

Durante los años 2015 y 2016 se analizaron 54 muestras de agua subterránea correspondientes a pozos de granjas avícolas ubicadas en el ejido del departamento Paraná, norte de Diamante y oeste de Nogoyá, zona de importancia por su gran concentración productiva, también conocida como Paraná Campaña. Los establecimientos seleccionados fueron localizados geográficamente por coordenadas de ubicación mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y representados en un mapa de en la figura 1.

Las muestras fueron tomadas en boca de pozo y luego de ser rotuladas se conservan en contenedores para ser trasladadas al laboratorio.

Para este proyecto se realizaron análisis siguiendo las normas del Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 1992).

**Figura 1:** Ubicación geográfica de las muestras en mapa de la Provincia de Entre Ríos, Argentina.



Para Acidez - basicidad (pH) y Conductividad eléctrica (Cw) se utilizó la sonda multiparamétrica Lutron-WA-2015, que fue calibrada previamente antes de cada medición. En cuanto a la Dureza Total ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ) se utilizó la técnica de Complejometría (EDTA) medida en mg/L o ppm.

Para la interpretación de las estadísticas arrojadas por el software informático la comparación de medias se realizó a través del test de Tukey, y se utilizó un valor p de significancia de 0,05.

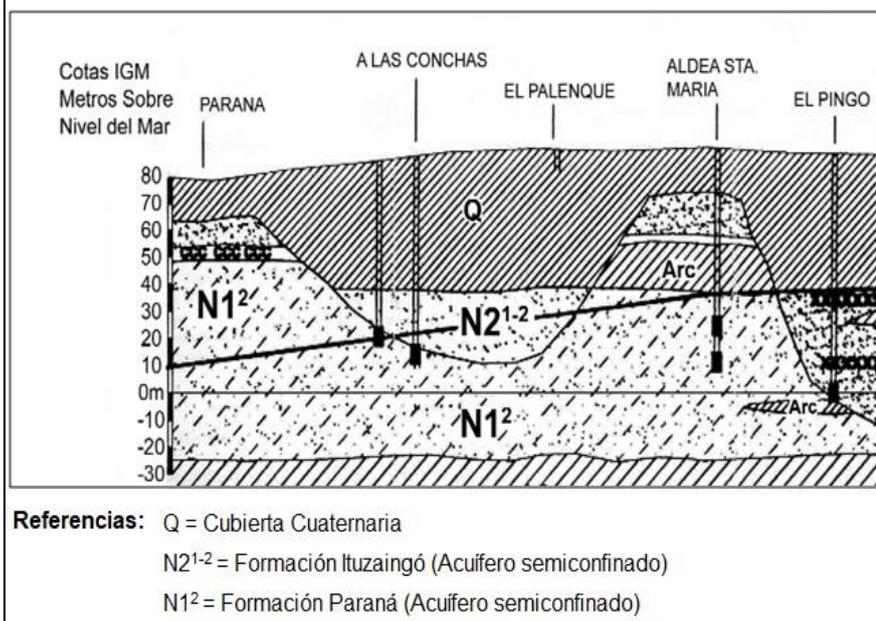
Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) según la profundidad de pozo y se utilizó el software estadístico MiniTab (versión 17.2.1).

Para la estratificación de la profundidad se tomó como referencia la profundidad de los acuíferos ubicados de bajo del área en estudio. Según lo

explicitado por Sasal *et. al.*, 2011, Entre Ríos posee una cubierta cuaternaria conformada por formación de suelos Tezanos Pinto y formación Hernandarias, entre otras, de las cuales se desconoce la continuidad de sus niveles freáticos. Por debajo se encuentran los acuíferos más explotados para el consumo humano, riego y agroindustrial de la provincia. Estos últimos están alojados en las formaciones geológicas Ituzaingó (PlioPleistoceno) y formación Paraná (Mioceno), ambos acuíferos semiconfinados, representados en la figura 2.

Auge *et. al.*, 2006, menciona que el comportamiento hidrogeológico es controlado fundamentalmente por el componente geológico del subsuelo, en Entre Ríos tiene hasta unos 100 m de profundidad, está compuesto por

Figura 2: Perfil Hidrogeológico Paraná-El Pingo (Santi y Sanguinetti, 2000).



sedimentos sueltos predominantemente arenosos, cenozoicos, de origen aluvial (Formación Ituzaingó), con porosidad y permeabilidad primarias, apoyados sobre arcillas marinas del Terciario medio o rocas basálticas.

La formación Paraná (Mioceno marino) es un basamento hidrogeológico, compuesto por arcillas y arenas con agua salada (Tujchneider, Paris, D'Elía y Perez, 2002), por lo que la carga mineral y de sales es elevada.

En función de esto último, se realizó la estratificación de las muestras teniendo en cuenta la profundidad de los pozos muestreados, con el objetivo de comparar si existieron diferencias significativas en los valores de dureza, pH y conductividad eléctrica. Dicho agrupamiento se encuentra representado en la siguiente tabla:

**Tabla 1:** Estratos en 3 grupos por diferentes profundidades.

| Estratificación (metros) | N° Muestras | Grupo |
|--------------------------|-------------|-------|
| Profundidad ≤ 50         | 18          | 1     |
| Profundidad 50 - 80      | 18          | 2     |
| Profundidad ≥ 80         | 18          | 3     |
| <b>Total Pozos</b>       | <b>54</b>   |       |

### Resultados y Discusión

En el gráfico 1 se representan los datos de dureza de las 54 muestras en estudio, y el cual muestra que el 4% resultaron ser de calidad blanda, 94% dentro de las clasificadas como aguas semiduras y un 2% como duras, destacando que no se encontraron muy duras, según la clasificación para consumo de la escala de Merck (Vivot *et. al.*, 2010).

**Gráfico 1:** Clasificación de calidad de agua según dureza



Los resultados agrupados se presentan en la tabla 2.

En cuanto a la dureza se observa que la profundidad 1 ( $\leq 50$ m) fue la de menor valor de media con 226,8 ppm con límites

máximos de 255,6 ppm y mínimos de 197,9 ppm, la profundidad 3 ( $\geq 80$ m) exhibió la máxima media con 296,2 ppm, con límite máximo de 321,5 ppm y mínimo de 270,9 ppm. La profundidad 2 (50m – 80m) presentó un valor medio de 281,4 ppm, siendo su intervalo de confianza de 274,6 – 288,2 ppm. Los resultados muestran diferencias significativas de la profundidad 1 ( $\leq 50$ m) respecto de la profundidad 2 y 3 ( $p < 0,05$ ).

Respecto al pH la media de menor valor fue 7,27 correspondiente a la profundidad 2 (50m–80m), cuyo límite inferior fue 7,24 y 7,30 límite superior. La profundidad 1 ( $\leq 50$ m) alcanzó un valor medio máximo de 7,42 con límite mínimo de 7,27 y máximo de 7,57. La profundidad 3 ( $\geq 80$ m) muestra una media de 7,29 y con un intervalo de confianza de 7,23 - 7,36. Las diferentes profundidades no evidencian diferencias significativas ( $P = 0,058$ ). Para el caso de la conductividad eléctrica, arroja diferencias significativas entre los diferentes profundidades ( $p = 0,016$ ), siendo la menor conductividad de 910,4  $\mu\text{S/cm}$  la correspondiente a la profundidad 1 ( $\leq 50$ m), con límite inferior de 818,8  $\mu\text{S/cm}$  y superior de 1001,9  $\mu\text{S/cm}$ . Los valores medios más elevados de 1135,9  $\mu\text{S/cm}$  son encontrados en la profundidad 3 ( $\geq 80$ m), del cual el resultado fue 970,1  $\mu\text{S/cm}$  para límite inferior del intervalo de confianza y 1301,8  $\mu\text{S/cm}$  para el máximo.

El grupo de profundidad 2 (50m – 80m) exhibió una media de 969  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras

aceptables para una correcta aplicación de los medicamentos en dilución junto con

**Tabla 2:** Dureza, pH y conductividad eléctrica de pozos de diferente profundidad utilizados en la producción avícola

| Medias, intervalo de confianza y valor P para Dureza, pH y Cw vs Profundidad |               |        |                        |       |         |
|--|---------------|--------|------------------------|-------|---------|
|  | Profundidad   | Media  | Intervalo de confianza | Tukey | Valor P |
| Dureza (ppm)   | 3 (>80 m)     | 296,2  | 270,9 – 321,5          | A     | 0,00    |
|  | 2 (50 - 80 m) | 281,4  | 274,6 – 288,2          | A     |         |
|  | 1 (<50 m)     | 226,8  | 197,9 – 255,6          | B     |         |
| pH   | 3 (>80 m)     | 7,42   | 7,27 - 7,57            | A     | 0,058   |
|  | 2 (50 - 80 m) | 7,27   | 7,24 - 7,30            | A     |         |
|  | 1 (<50 m)     | 7,29   | 7,23 - 7,36            | A     |         |
| Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )                                    | 3 (>80 m)     | 1135,9 | 970,1 – 1301,8         | A     | 0,016   |
|  | 2 (50 - 80 m) | 969    | 897,7 – 1040,3         | A B   |         |
|  | 1 (<50 m)     | 910,4  | 818,8 – 1001,9         | B     |         |

que su límite superior fue 1040,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el límite inferior 897,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Para una correcta disolución de medicamentos y antibióticos en avicultura, se considera que la dureza del agua no debería superar 180 partes por millón o ppm (Sumano, 2004), ya que en algunos casos al superar las 180 - 190 ppm de  $\text{CaCO}_3$  se reduce hasta un 50% la biodisponibilidad de los fármacos.

Para el estudio se tomó como valor de referencia el propuesto por Sumano (2004) de 180 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , debido a que es el que engloba a la mayoría de los medicamentos.

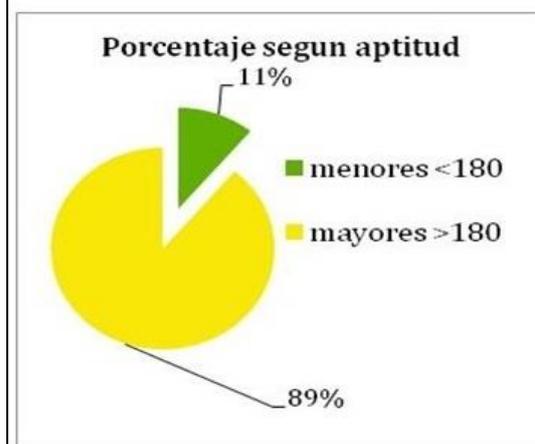
A partir de nuestros resultados obtenidos en los análisis de agua, distinguimos que unas 48 muestras se encontraban por sobre los valores recomendados, siendo un 89% del total, mientras que solo el restante 11% estaría dentro de los

el sistema de distribución de agua de las granjas (gráfico 2). En función de estos resultados se puede interpretar que las concentraciones de dureza aumentan significativamente

con la profundidad de los pozos, siendo la profundidad 3 la que mayores valores arrojó, y la profundidad 1 ( $\leq 50\text{m}$ ) la de menor concentración en ppm.

El pH es otro parámetro de referencia para la biodisponibilidad de medicamentos, este no debería encontrarse en valores por debajo de 6 unidades.

**Gráfico 2:** Calidad de agua de la zona de estudio según susceptibilidad de los medicamentos en ppm  $\text{CaCO}_3$



Manning, Chadd y Baines (2007) sostienen que los valores deberían presentarse entre 6 – 8 unidades, de lo contrario el agua podría ser incompatible con algunos medicamentos y vacunas, además de producir efectos adversos en la digestión de las aves y corroer el sistema de distribución de agua.

Vermeulen (2002) propone límites de pH en agua para bebida y disolución de medicamentos, de suministro vía oral, de 5 a 7 unidades, exponiendo que con valores por debajo de 5 se precipitan las Sulfonamidas y Beta-lactámico

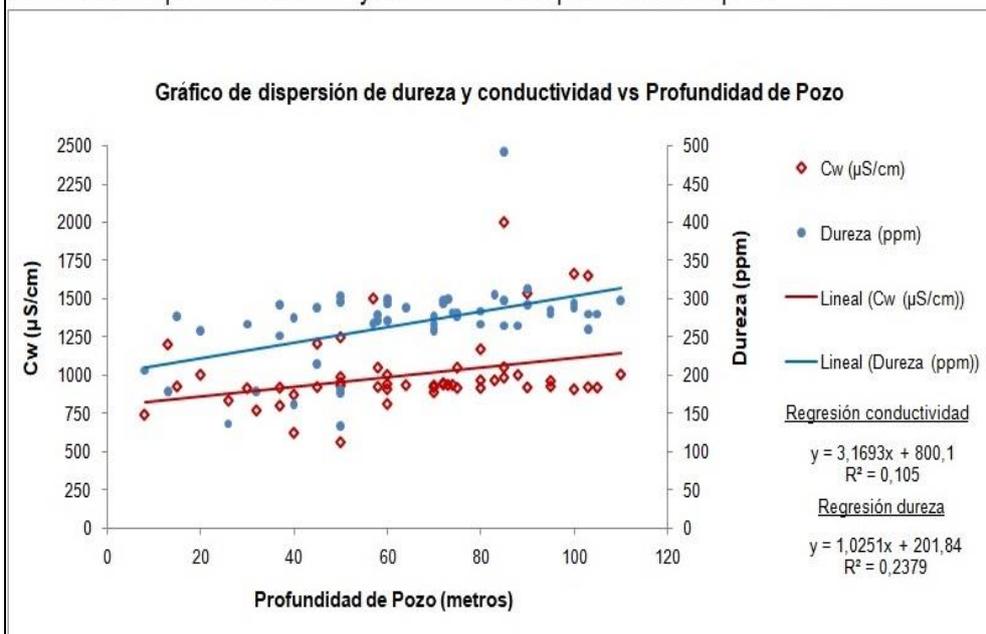
(Amoxicilina). Mientras que con pH mayores a 7 precipitan las Tetraciclina y Polimixina E (Colistina). Para las muestras en estudio los valores registrados se mantuvieron

en rangos de pH con medias que rondaron entre 7,27 y 7,42 unidades, por lo tanto, algunos medicamentos estarían en los límites de ser aplicados con dicha calidad de agua, sin embargo otros se encuentran con limitantes que podrían afectar su eficiencia.

Este parámetro no varía significativamente en función de la profundidad de los pozos muestreados con un  $p= 0,058$ .

La Conductividad (Cw) muestra diferencias significativas entre profundidad 1, 2 y 3, a medida que los pozos son más profundos mayor es la conductividad, como se ve representado en el gráfico 3. Por ello se puede decir que se correlaciona con la dureza total del agua, ya que esta última es la medida de iones calcio y magnesio disuelto en agua, los que forman parte de la Cw.

**Gráfico 3:** Dispersión de dureza y conductividad vs profundidad de pozo.



### Conclusiones

Al concluir con el trabajo se puede destacar la influencia de la profundidad de pozo sobre la dureza y la conductividad eléctrica. Ambos están muy relacionados, ya que la segunda puede ser un indicador parcial de la dureza que contiene el agua.

Gran parte de los iones en agua corresponde a  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  disueltos, por lo tanto realizando mediciones de Cw in situ, con sondas portátiles, pueden arrojar una idea de cuanta dureza posee el agua, hasta realizar un análisis exhaustivo y detallado.

Es importante que las granjas avícolas tengan en cuenta la profundidad de pozo con que cuentan, y a su vez la calidad de agua de los mismos, ya que al afectar la disolución de los medicamentos podrían tener problemas de subdosis de fármacos, generar resistencias de los patógenos a las mismas, e incluso que prevalezca la enfermedad en las granjas.

Esto trae aparejado pérdidas económicas por el no aprovechamiento del medicamento, junto con posible disminución del rendimiento de las aves.

En términos generales puede decirse que, según los resultados obtenidos, la profundidad de los pozos mostraría una influencia en la calidad del agua utilizada para la disolución de medicamentos.

En la zona evaluada debería prestarse especial cuidado en los pozos de más de 50 metros de profundidad, ya que es más probable encontrar aguas de mayor dureza y en consecuencia disminuyan notablemente los efectos de los medicamentos aviares administrados vía oral.

No obstante, la vigilancia del agua para bebida tiene un papel innegable en la

producción avícola por lo que es recomendable que los establecimientos realicen controles periódicos para poder tomar decisiones en función de valores de referencia establecidos, pudiendo así seleccionar los fármacos y vacunas que mejor se adapten a la calidad de agua del establecimiento, o de lo contrario tomar medidas correctivas sobre el agua de bebida.

### Bibliografía

1. APHA. 1992. *Standard Methods for the examination of water and waste water*. 20th ed. American Public Health Association. Washington, USA. 1325 pp.
2. Arújo, L. M.; França, A. B.; Potter, P. E. (1999). Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. *Hydrogeology Journal*, 7(3), 317-336. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10040050205>
3. Auge, M.; Wetten, C.; Baudino, G.; Bonorino, G.; Gianni, R.; González, N.; Tineo, A. (2006). Hidrogeología de Argentina. *Boletín Geológico y Minero*,

- 117(1), 7-23. Recuperado de:  
[http://www.igme.es/boletin/2006/117\\_1\\_2006/Art.1.PDF](http://www.igme.es/boletin/2006/117_1_2006/Art.1.PDF)
4. CAPIA. (2016). Revista de la Cámara Argentina de Productores Avícolas. *CAPIA Informa*, número 273, pp 64. Marzo-Abril 2016. Recuperado de:  
[https://issuu.com/arielneuman/docs/capia\\_273](https://issuu.com/arielneuman/docs/capia_273)
  5. Quino, I.; Quintanilla, J.; García, M.; Cáceres, L. (2006). Determinación de la calidad fisicoquímica de las aguas subterráneas en la región norte y este del lago poopo. *Revista Boliviana de Química*, 23 (1), 48-52. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339668010>
  6. Manning, L; Chadd, S. A.; Baines, R. N. 2007. Key health and welfare indicators for broiler production. *World's Poultry Science Journal*, 63 (1), 46-62. Doi:  
<https://doi.org/10.1017/S0043933907001262>
  7. MINAGRI. (2017). *Boletín Avícola Enero-Abril 2017, Año XIX, número 79*, pp 17. Junio 2017. Recuperado de:  
[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/boletines/\\_archivos//000000\\_Datos%20Hist%C3%B3ricos/000079\\_Nro79%20Junio%202017.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/boletines/_archivos//000000_Datos%20Hist%C3%B3ricos/000079_Nro79%20Junio%202017.pdf)
  8. SENASA. 2015. SIGSA. Dirección de control y gestión programas especiales. Marzo 2015.
  9. Sumano, L.O; Gutierrez, O.L. 2010. *Farmacología Clínica En Aves Comerciales, 4ta edición*. Mexico D.F., Mexico. McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V. Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/doc/280539512/Sumano-Lopez-Hector-Farmacologia-Clinica-en-Aves-Comerciales>
  10. Sumano, L.O.; Gutierrez, O.L.; Aguilera, R.; Rosiles, M.; Bernard, B. 2004. Influencia de la dureza del agua sobre la biodisponibilidad de enrofloxacin en pollos de engorde. *Poultry Science*, 83 (5), 726-731. doi:  
<https://doi.org/10.1093/ps/83.5.726>
  11. Sasal, M.C.; Wilson, M.G.; Santi, M.; Oszust, J.D.; Schulz, G.A.; Pausich, G.; Bedendo, D. 2011. Aplicación del modelo DRASTIC en la cuenca del arroyo Las Conchas, Entre Ríos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*

INTA, 37 (2), 150-158.

Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/139796163/86421189007>

12. Tujchneider, O., Paris, M., y Perez, M. (2002). Modelo de gestión de los recursos hídricos subterráneos en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, 2, 91-102. Recuperado de: <http://revistas.ufpr.br/hidrogeologia/article/download/2626/2168>
13. Vermeulen, B.; De Backer, P.; Remon, J.P. 2002. Drug administration to poultry. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 54 (6), 795–803. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(02\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(02)00069-8)
14. Vivot E., Rugna M.C., Gioco A, Sanchez C., Ormaechea M.V. y Sequin C. 2010. Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en el departamento Villaguay, Entre Ríos. *AUGMDOMUS*, 2, 1-15. Recuperado de: <http://www.revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/article/viewFile/96/159>