

# CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN DISTINTAS ESTACIONES DEL AÑO



## RESUMEN

Se analizaron muestras de agua de pozo extraídas de viviendas en el cinturón hortícola de Sierra de los Padres. Se realizaron las determinaciones bacteriológicas que establece el Código Alimentario Argentino (CAA) para comprobar la potabilidad para consumo humano y en forma paralela se determinó la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en diferentes estaciones climáticas del año. Desde el punto de vista bacteriológico, el 61,53% de las muestras resultaron no aptas para consumo humano, siendo Coliformes Totales (CT) el principal responsable de la no aptitud (83,33%), seguido de Bacterias Aerobias Mesófilas Totales (BAMT) (50%), *Escherichia coli* (16,66%) y *Pseudomonas aeruginosa* (8,33%). La aptitud bacteriológica varió entre las estaciones climáticas del año. El 29% de las muestras evidenció una concentración de  $\text{NO}_3^-$  superior a 45 ppm. El 16,67% de las muestras no aptas desde el punto de vista bacteriológico exhibió una concentración de  $\text{NO}_3^-$  superior a 45 ppm. Las variaciones del nivel freático fueron mínimas (0,25 a 1,8m) para una zona dedicada primordialmente a la producción intensiva bajo riego con agua subterránea. Estos resultados señalarían la independencia de las variaciones estacionales y la dinámica local del acuífero.

Juan Manuel Rivera<sup>1</sup>; Yolanda Andreoli<sup>1\*</sup>;  
Marino Puricelli<sup>1</sup>; Claudia Castellari<sup>1</sup>;  
Facundo Marcos Valle<sup>1</sup>; César Nicolás Pegoraro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Integrada Balcarce (FCA, UNMdP – EEA Balcarce, INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Química - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNMDP. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

\*andreoli.yolanda@inta.gov.ar;  
yandreoli@mdp.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

El agua es un alimento fundamental para la vida de todos los organismos, en especial, la del ser humano. Su ingesta se puede dar mediante el consumo de alimentos, pero la principal demanda debe ser cubierta por el consumo diario directo, dado que interviene en la mayoría de las funciones del cuerpo humano y representa el 92% de la sangre, el 88% de los riñones, el 75% del cerebro y el 75% de los músculos, entre otros (SEDAPAR, 2016).

El agua contaminada constituye un peligro para el ambiente y para el hombre por ser un importante vehículo en la transmisión de microorganismos patógenos y sustancias químicas que atentan contra la salud. Las enfermedades infecciosas adquiridas por la ingesta de aguas contaminadas pueden ser de origen bacteriano, viral o parasitario. Entre las más importantes podemos citar salmonelosis, disenteria amebiana, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis, diarreas virales y criptosporidiosis, etc. (Mc Junkin, 1988). Debido a la gran variabilidad de agentes patógenos (bacterias, virus y protozoos) que el agua puede transmitir, resulta extremadamente difícil identificar a cada especie en particular, es por ello que se utilizan los denominados "microorganismos indicadores" para analizar su inocuidad.

En nuestro país, el Código Alimentario Argentino en el artículo 982 (CAA, 2007) establece los siguientes criterios bacteriológicos para aguas de consumo humano: CT igual o inferior a 3 NMP/100mL,

BAMT máximo de 500 UFC/mL, ausencia de *E. coli* y *P. aeruginosa* en 100mL de agua.

En las zonas agrícolas e industriales se suelen incluir en el análisis del agua los parámetros químicos, dentro de los cuales el más estudiado es la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. El aumento de su concentración en diversos ecosistemas recae en el excesivo uso de fertilizantes nitrogenados (Echeverría y Sainz Rozas, 2014) y/o en la presencia de excretas (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). El problema con el consumo directo de agua rica en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es que dicho anión, por diversas reacciones en el metabolismo humano, se reduce a nitrito. Este último disminuye el transporte de oxígeno en sangre, oxidando la hemoglobina en metahemoglobina y generando el síndrome conocido como metahemoglobinemia (Departamento de Servicios de Salud de California, 2006). El CAA en el artículo 982 (2007) establece un límite permitido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en aguas de 45 ppm. Es de suma importancia controlar la concentración de este anión en las fuentes de agua de consumo, principalmente en regiones agrícolas, dado que los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden entrar al agua por filtración provenientes de fertilizantes nitrogenados, vertidos de aguas residuales, etc.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la contaminación bacteriológica y la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en aguas subterráneas freáticas en diferentes

estaciones climáticas del año de acuerdo con los límites establecidos por el CAA. Al mismo tiempo se midió la variación de la profundidad de la capa freática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de muestreo y toma de muestra

El presente estudio se realizó en el cinturón hortícola de Sierras de los Padres (partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires), zona netamente productiva desde el punto de vista agrícola y donde la demanda de riego es constante. Se procesaron 39 muestras de aguas de pozo correspondientes a diez perforaciones domiciliarias poco profundas en cuatro estaciones climáticas continuas (invierno/primavera 2018 y verano/otoño 2019). Además, se midió la profundidad de la capa freática cada dos meses, en el mismo período de tiempo, utilizando una sonda freatimétrica.

Para la determinación de los parámetros bacteriológicos, se tomaron en forma estéril 200mL de agua y para la determinación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se utilizaron botellas de plástico de 1L de capacidad. Las muestras fueron remitidas refrigeradas al Laboratorio de Microbiología de Suelos y Alimentos de la Unidad Integrada Balcarce (UIB, FCA-UNMdP – EEA Balcarce-INTA) y al Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP).

## ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS



### Determinación fotométrica de:

- NO3      • DQO      • PO4
- NO2      • SO4      • CL2



### Kits ELISA para:

- toxinas de algas
- pesticidas
- patógenos



**INTERCIENCIA SA**  
Análisis y Control Industrial

*Acompañando a  
nuestros exportadores*



### Medición en línea de:

- NO3      • Conductividad
- DQO      • TDS
- DBO      • OD
- PH



**SI Analytics**  
a xylem brand

Equipamiento de medición



Instrumental de medición

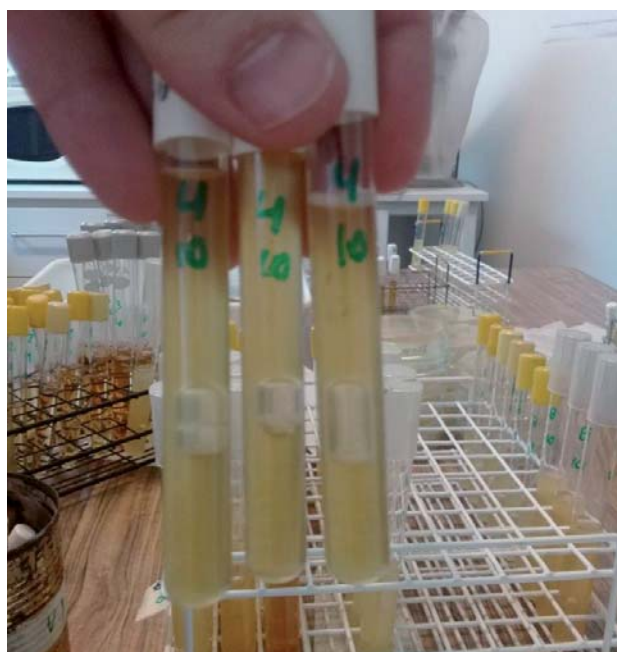
**-ebro-**  
a xylem brand

E. Comesaña 4538 (B1702) Ciudadela - Tel.: (54 11) 4011-4610  
info@interciencia.com / www.interciencia.com

**TABLA 1** - Resultados de los análisis bacteriológicos y concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las muestras de agua subterránea en invierno y primavera del 2018

MUESTRA	BAMT (UFC/mL)	CT (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (P/A 100mL)	<i>P. aeruginosa</i> (P/A 100mL)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	APTA PARA CONSUMO
<b>Invierno 2018</b>						
1	8	< 3	A	A	8,30	SI
2	MP				39,00	-
3	12	< 3	A	A	66,30	NO
4	233	150	A	A	106,00	NO
5	> 500	> 1100	A	A	123,00	NO
6	74	23	A	A	35,40	NO
7	159	< 3	A	A	38,50	SI
8	> 500	> 1100	A	A	32,00	NO
9	46	9	A	P	34,30	NO
10	20	23	A	A	12,40	NO
<b>Primavera 2018</b>						
1	68	23	A	A	7,60	NO
2	12	< 3	A	A	37,10	SI
3	32	15	A	A	53,60	NO
4	9	< 3	A	A	85,20	NO
5	> 500	< 3	A	A	99,00	NO
6	215	> 1100	P	A	29,30	NO
7	234	23	A	A	22,40	NO
8	43	15	A	A	41,20	NO
9	14	9	A	A	30,30	NO
10	51	< 3	A	A	7,80	SI

**Referencias.** P/A: Presencia/Ausencia. CT: Coliformes Totales. BAMT: Bacterias Aerobias Mesófilas Totales. UFC: Unidades Formadoras de Colonias. NMP: Número Más Probable. MP: Muestra Perdida.



### Procesamiento de las muestras

Se realizaron las determinaciones bacteriológicas que establece el CAA: recuento de CT de acuerdo con la técnica del número más probable; presencia de *E. coli* y de *P. aeruginosa*, en 100mL de agua y recuento de BAMT (APHA, 1998).

La concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se determinó a través del Método Espectrofotométrico Ultravioleta Selectivo (MUV). Las muestras se conservaron a 4°C y, antes de las 24 horas, se determinó la absorbancia a 220 nm (Belgrano *et al.*, 2003).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis bacteriológicos y las concentraciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en cada una de las muestras de agua subterránea analizadas en las diferentes estaciones climáticas del año se presentan en las Tablas 1 y 2.



**TABLA 2** - Resultados de los análisis bacteriológicos y concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las muestras de agua subterránea en verano y otoño del 2019

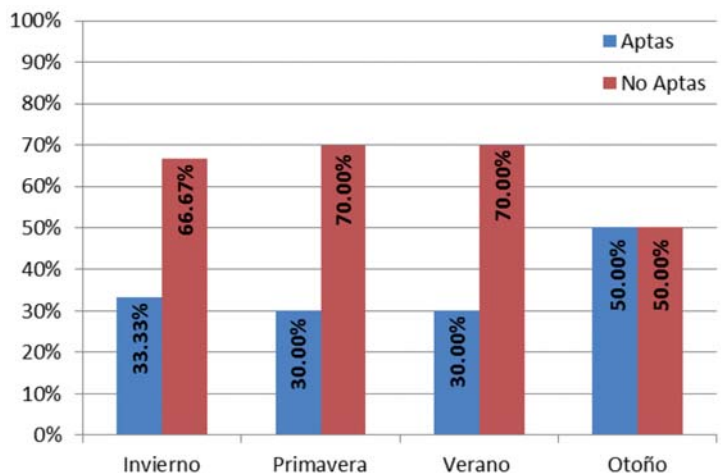
MUESTRA	BAMT (UFC/mL)	CT (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (P/A 100mL)	<i>P. aeruginosa</i> (P/A 100mL)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	APTA PARA CONSUMO
<b>Verano 2019</b>						
1	> 500	9	A	A	3,35	NO
2	> 500	< 3	A	A	41,00	NO
3	> 500	23	A	A	42,00	NO
4	149	< 3	A	A	17,00	SI
5	128	< 3	A	A	92,00	NO
6	126	43	A	A	26,00	NO
7	> 500	< 3	A	P	MP	NO
8	> 500	7	A	A	15,00	NO
9	> 500	> 1100	P	A	4,00	NO
10	63	< 3	A	A	3,36	SI
<b>Otoño 2019</b>						
1	91	23	A	A	4,54	NO
2	151	< 3	A	A	32,00	SI
3	46	< 3	A	A	51,60	NO
4	31	< 3	A	A	87,00	NO
5	45	< 3	A	A	101,00	NO
6	> 500	9	A	A	31,00	NO
7	40	< 3	A	A	38,00	SI
8	64	23	P	A	46,60	NO
9	> 500	1100	P	A	28,20	NO
10	80	< 3	A	A	9,30	SI

**Referencias.** P/A: Presencia/Ausencia. CT: Coliformes Totales. BAMT: Bacterias Aerobias Mesófilas Totales. UFC: Unidades Formadoras de Colonias. NMP: Número Más Probable.

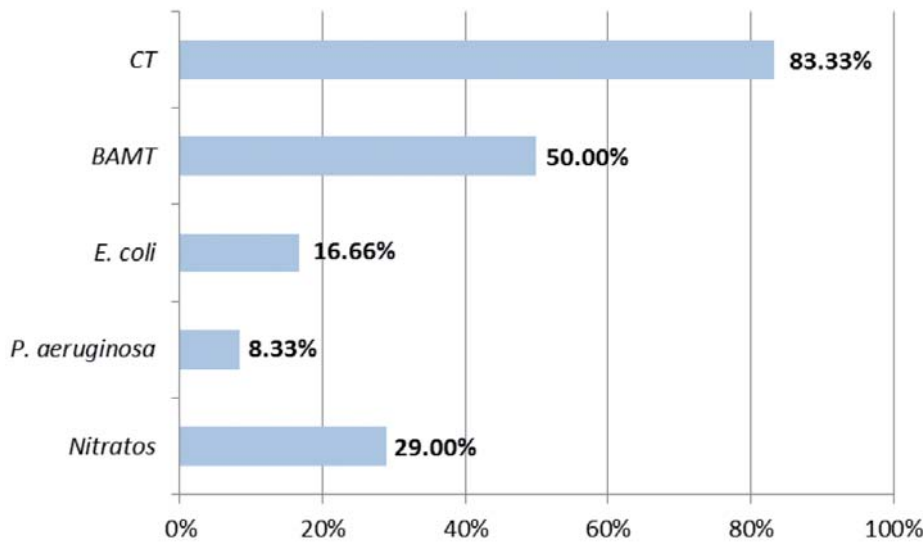
Considerando la totalidad de las muestras y de acuerdo con las exigencias del CAA, el 61,53% de las muestras de aguas analizadas resultaron no aptas para consumo humano desde el punto de vista bacteriológico. Si se considera además la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, la no aptitud asciende al 76,92%. Esto indicaría la existencia de una elevada contaminación del agua subterránea en la zona de estudio, de la misma manera que lo reportado por Vasini Rosell *et al.* (2014) y Pérez Escalante *et al.* (2018).

En la figura 1 se pueden observar los porcentajes de aptitud bacteriológica de las muestras analizadas discriminadas por estación climática. Los resultados obtenidos indican una baja aptitud bacteriológica para consumo humano similar en los meses de

**FIGURA 1** - Aptitud bacteriológica para consumo humano de aguas de pozo según la estación climática



**FIGURA 2** - Parámetros responsables de la no aptitud bacteriológica y la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las muestras de agua

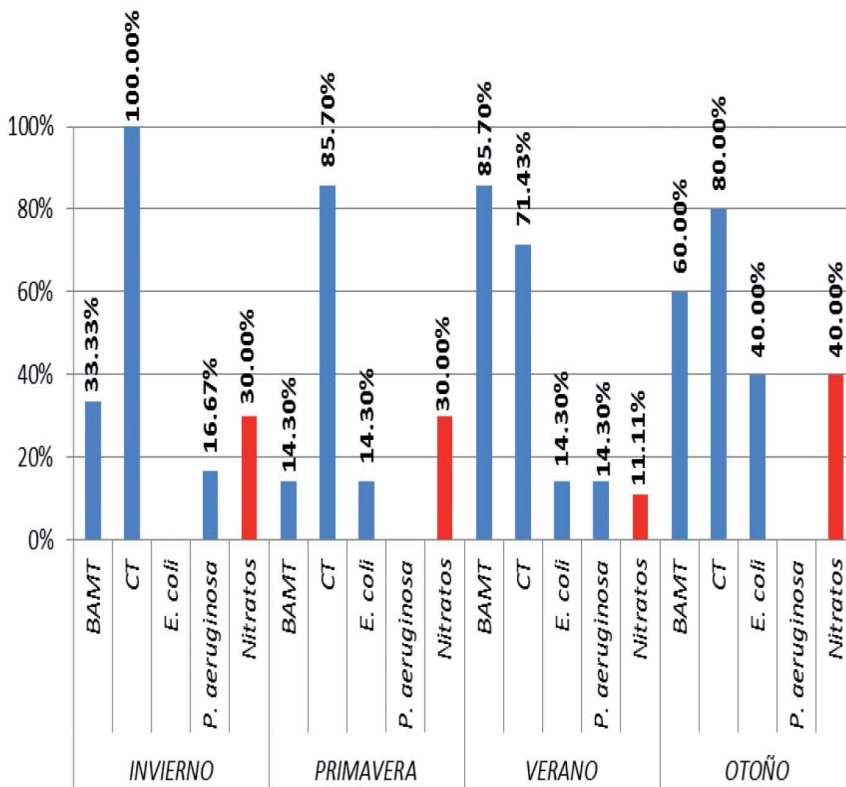


CT: Coliformes Totales. BAMT: Bacterias Aerobias Mesófilas Totales.

invierno/primavera/verano (30%) y un aumento de dicha aptitud en el otoño (50%). Pérez Escalante *et al.* (2018), en la misma zona de estudio, reportaron valores de aptitud bacteriológica del 25% en las estaciones más frías y de aproximadamente el 50% en primavera/vera-

vida libre y/o intestinal; BAMT, indicador de contaminación ambiental (su presencia se puede asociar a la falta de higiene y averías en los tanques o bien a deficiencias en la construcción de los pozos y las cañerías que facilitan la entrada de contaminantes); *E. coli*, considerada un indicador de contaminación fecal reciente, y *P. aeruginosa* que representa un alto riesgo para la salud humana al ser una bacteria que se relaciona con infecciones del tracto urinario y respiratorio en seres humanos.

**FIGURA 3** - Parámetros responsables de la no aptitud bacteriológica y concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de las muestras de agua según la estación del año



Barras azules: parámetros bacteriológicos, barras rojas: parámetro químico. CT: Coliformes Totales. BAMT: Bacterias Aerobias Mesófilas Totales.

no, lo que permitiría inferir la existencia de una variación en los parámetros bacteriológicos del agua subterránea no relacionados con la estación climática.

En la figura 2 se pueden observar los porcentajes correspondientes a los parámetros determinantes de la no aptitud bacteriológica y la concentración de nitratos (>45 ppm) en la totalidad de las muestras de agua analizadas en las cuatro estaciones climáticas.

Los parámetros responsables de la no aptitud bacteriológica son CT, indicador de enterobacterias de vida libre y/o intestinal; BAMT, indicador de contaminación ambiental (su presencia se puede asociar a la falta de higiene y averías en los tanques o bien a deficiencias en la construcción de los pozos y las cañerías que facilitan la entrada de contaminantes); *E. coli*, considerada un indicador de contaminación fecal reciente, y *P. aeruginosa* que representa un alto riesgo para la salud humana al ser una bacteria que se relaciona con infecciones del tracto urinario y respiratorio en seres humanos.

Al igual que lo reportado por Vasini Rosell *et al.* (2014) y Pérez Escalante *et al.* (2018) en la misma zona de estudio, CT fue el principal parámetro responsable de la no aptitud bacteriológica de las muestras analizadas. En cambio, BAMT fue responsable de la no aptitud bacteriológica en el 50% del total de muestras analizadas en este estudio, duplicando lo reportado por Vasini Rosell *et al.* (2014) y Pérez Escalante *et al.* (2018). *E.*

*coli* y *P. aeruginosa* fueron los parámetros responsables de la no aptitud bacteriológica más variables en los últimos cinco años.

En la figura 3 se presentan los parámetros responsables de la no aptitud bacteriológica y la concentración de nitratos en aguas de pozo de Sierra de los Padres según la estación climática.

Los datos señalan que existe variación en la aptitud bacteriológica estacional del agua. En invierno, primavera y otoño el parámetro predominante de la no aptitud fue CT y en verano fue BAMT, a diferencia de lo encontrado por Pérez Escalante *et al.* (2018), en donde fue CT.

En cuanto a la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, el 29% de las muestras analizadas evidenció una concentración superior a 45ppm, límite indicador de no potabilidad según el CAA. De acuerdo a lo citado por Rodríguez Álvarez *et al.* (2017), la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> estacional del agua subterránea registra valores inferiores durante el otoño-invierno, ascendiendo en verano. Contrariamente, en el presente trabajo se observó una variación estacional de la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que disminuyó en el verano.

Analizando en conjunto la aptitud bacteriológica y la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, podemos afirmar que sólo el 23,08% de las muestras de agua son aptas para consumo humano.

Las mediciones freáticas bimensuales de la capa freática arrojaron una variación promedio de 1,2 m, no indicando variaciones hidrológicamente importantes en la profundidad del nivel freático a lo largo del período analizado. En consecuencia, no se encontraron evidencias para relacionar de forma directa la dinámica acuífera y la variabilidad en la calidad bacteriológica del agua.

## CONCLUSIÓN

Según los datos obtenidos, resultó elevado el porcentaje de muestras no aptas para consumo humano, siendo la contaminación bacteriológica la principal responsable, dado que la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> arrojó valores dentro de límites permitidos en la mayoría de las muestras analizadas. Las variaciones estacionales registradas, tanto en la aptitud bacteriológica como en la concentración de nitratos, sugieren la necesidad de analizar por lo menos dos veces por año la calidad del agua para consumo humano.

## FINANCIAMIENTO DEL TRABAJO

La presente investigación fue realizada con subsidios del proyecto: “La agricultura familiar y Desarrollo Territorial. Análisis Socio-Económico y Técnico-productivo.” AGR 542/18. Período: 2018-2019. UNMdP.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.P.H.A.- A.W.W.A. – W.P.C.F. 1998. Methods for the Examination of water and wastewater, 20th ed., Washington, D.C. USA. Parte 9000.
- BELGRANO, R.F.; COLASURDO, V.; DIAZ, O.A. 2003. Métodos ultravioletas selectivo y de reducción con hidracina en la determinación del ion nitrato en aguas subterráneas. Quim. Nova, 26(5): 766-768.
- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. CAA. 2007. [en línea] <[http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO\\_XII.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_XII.pdf)> [consulta 17 de Agosto 2019].
- Departamento de Servicios de Salud de California. 2006. Posibles Efectos en la Salud Relacionados con Nitratos y Nitritos en Agua de Pozos Privados. [en línea] <[https://cchealth.org/eh/smallwater/pdf/nitrate\\_fact\\_sheet\\_pww\\_es.pdf](https://cchealth.org/eh/smallwater/pdf/nitrate_fact_sheet_pww_es.pdf)>. [consulta 15 de Agosto 2019].
- ECHEVERRÍA, H.E.; SAINZ ROSAS, H.R. 2014. Nitrógeno. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. INTA. Balcarce, Argentina. 189-224 pp. ISBN NO 978-987-521-565-8.
- MC JUNKIN, F.E. 1988. Agua y Salud Humana. Editorial: Limura. México. 217 p.
- PÉREZ ESCALANTE, J.; ANDREOLI, Y.; PURICELLI, M.; CASTELLARI, C.; CIRONE, K.; MARCOS VALLE, F. 2018. Calidad bacteriológica de aguas de pozo del sudeste bonaerense en distintas estaciones climáticas del año. Revista La Alimentación Latinoamericana. Año LI, N° 337:64-68. ISSN 0325-3384.
- PINOS-RODRÍGUEZ, J.M.; GARCÍA-LÓPEZ, J.C.; PEÑA-VELINO, L.Y.; RENDÓN-HUERTA, J.A.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, C.; TRISTÁN-PATIÑO, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia 46:4 pp. 359-370. México. On-line ISSN 2521-9766, impresa ISSN 1405-3195.
- RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, M.S.; MORANA LILIANA B.; SALUSSO, MARÍA M.; SEGHEZZO, L. 2017. Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. Revista Argentina de Microbiología 49 (4):366-376.
- SEDAPAR. 2016. El agua en nuestro cuerpo. [en línea] <<https://www.sedapar.com.pe/portal-maestro/el-agua-y-la-vida/el-agua-en-nuestro-cuerpo/>> [consulta 19 de Agosto 2019].
- VASINI ROSELL, B.; ANDREOLI, Y.; CIRONE, K. 2014. Calidad bacteriológica, determinación de nitratos e investigación de micobacterias en aguas de pozo. La Alimentación Latinoamericana N° 314: 57-58. ISSN 0325-3384.