

# **CARACTERIZACION DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DEL AGUA DE CONSUMO EN DIFERENTES REGIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

**Pérez Carrera A.L., Alvarez Gonçalvez C.V., Arellano F.E., Troncoso J.J., Fernández Cirelli A.**

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA) e Instituto de Investigaciones en Producción Animal (UBA-CONICET)

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires.

Av. Chorroarín 280. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. CP 1427 Tel 011-4524-8484 [alpc@fvvet.uba.ar](mailto:alpc@fvvet.uba.ar)

Calidad de agua, Buenos Aires, Arsénico

## **RESUMEN**

**La gestión sustentable del agua trasciende los aspectos de orden científico-técnico y constituye un desafío político, social y cultural que compromete a la sociedad en su conjunto para la aplicación de estrategias apropiadas de uso eficiente del recurso. En el Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA); Instituto de la Universidad de Buenos Aires (UBA) se llevan a cabo desde hace varios años diversas tareas de investigación, docencia, servicio y extensión a la comunidad orientadas a generar información de base que permita abordar las diversas problemáticas que presenta el agua como recurso, buscando analizar su calidad y garantizar la sustentabilidad del mismo. El objetivo del presente estudio es caracterizar la calidad físico-química del agua de consumo de algunos sectores de la Provincia de Buenos Aires, y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los registros de muestras de agua fueron clasificados según su pertenencia a los sectores: Provincia de Buenos Aires, Conurbano Bonaerense y Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Se evaluó la calidad del agua, entre estas regiones, comparando los parámetros físico-químicos analizados, la concentración de elementos traza inorgánicos (As) y la naturaleza de la misma (agua tratada, sistema mixto o agua sin tratar). Entre los resultados obtenidos se observó que la mayoría de las aguas cumplen con los parámetros del Código Alimentario Argentino (CAA). En cuanto a los niveles de arsénico presentes en las muestras de agua de consumo, el presente estudio evidencia la existencia de población en riesgo por exposición al mismo, según los límites permitidos por la OMS; aunque la mayoría de los niveles encontrados se encuentren dentro de lo permitido por la legislación nacional. Las diferencias en los parámetros analizados en las aguas de los tres sectores estudiados no implican necesariamente que las mismas no sean seguras para su consumo, sino que revelan diferencias en cuanto a su calidad. El presente estudio, por lo tanto, aporta información sobre la calidad de agua de consumo para la población generando un panorama para futuros estudios diagnósticos de la situación de cada zona.**

**Calidad de agua, elementos traza, arsénico, parámetros físicos-químicos**

## INTRODUCCION

La gestión sustentable del agua trasciende los aspectos de orden científico-técnico y constituye un desafío político, social y cultural que compromete a la sociedad en su conjunto para la aplicación de estrategias apropiadas (Calcagno *et al*, 2000; Bernex & Capacitación, 2003). El agua es un recurso natural renovable y estratégico para el desarrollo socioeconómico (Calcagno *et al*, 2000; Fernández Cirelli & du Mortier, 2005). El acceso a agua segura es un derecho universal reconocido por la OMS (Benavides Burbano, 2011), debido a su función indispensable en la salud y el desarrollo humano. El crecimiento demográfico, las expansiones de la frontera agrícola, los cambios en los volúmenes y estándares productivos, sumados al cambio climático, hacen cada vez más evidente la escasez de recursos naturales en el planeta, dificultando el acceso de la población al agua en la cantidad y calidad necesaria para el desarrollo de sus actividades diarias, comprometiendo así su calidad de vida (Dimas, 2006). La problemática del acceso a este recurso se evidencia especialmente en poblaciones rurales dispersas y/o de bajos recursos (Fernández Cirelli & du Mortier, 2005).

El área metropolitana de Buenos Aires (AMBA) es la región más densamente poblada de nuestro país. En sus 2590 km<sup>2</sup> alberga más de 11 millones de habitantes (INDEC 2010), siendo una de las metrópolis más grandes a nivel mundial. Está comprendida por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el conurbano bonaerense, conformado por 24 municipios que rodean la ciudad. El resto de la provincia de Buenos Aires posee una densidad poblacional inferior, destinando la mayor proporción del agua para el abastecimiento del sector agropecuario, una de las principales actividades económicas de la provincia (INDEC 2010). El abastecimiento de agua segura a la población constituye un desafío que evidencia la necesidad de contar con información técnica actualizada (Picket *et al*, 2012). Por ello, conocer la calidad del recurso hídrico de esta región es de vital importancia.

La composición del agua de consumo que se utiliza en la provincia y en la ciudad de Buenos Aires es muy variable debido a que los hogares urbanos y las zonas rurales se abastecen de distintas fuentes (agua superficial y subterránea) tanto para consumo propio como para el desarrollo de sus actividades productivas (Fernández Cirelli & du Mortier, 2005). Dentro de los parámetros físico-químicos que se evalúan habitualmente se encuentran los nitratos, el pH, los sólidos totales disueltos, la conductividad, cloruros, la dureza total y elementos traza, cuya presencia puede afectar a la salud de la población. Entre los elementos traza presentes en agua, el de mayor importancia es el arsénico (As) (Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004). Este es un elemento de elevada toxicidad que ha sido reconocido como un agente cancerígeno tipo II y de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) es uno de los principales problemas de salud pública que requiere medidas correctivas (Steinmaus *et al*, 2005). Se encuentra presente en el agua subterránea en extensas regiones de la Argentina que abarcan casi la totalidad de la Llanura Chacompampeana (Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004). La ingesta de As está asociada con varios desordenes de salud, ej. cáncer, diabetes, hepatotoxicidad, neurotoxicidad y alteraciones cardíacas, debido a que éste elemento se acumula principalmente en hígado, riñón, corazón y pulmones, y en menor medida en músculo y tejido neuronal (Klaassen, 1996; Ratnaike, 2003; Lindberg *et al*, 2007). En la Argentina y países de Latinoamérica, el consumo de agua con contenidos variables de As puede llevar al desarrollo de Hidroarsenismo Crónico Regional Endémico (HACRE), enfermedad crónica que se manifiesta por alteraciones dermatológicas como melanodermia, leucodermia y hiperqueratosis palmoplantar, que pueden evolucionar a distintos tipos de cáncer y avanzar hasta compromiso óseo (Bundschuh *et al*, 2008)

El Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), desarrolla sus actividades desde hace 15 años en la Facultad de Cs. Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires. En el se llevan a cabo diversas tareas de investigación, docencia, servicios y extensión a la comunidad orientadas a generar información de base que permita abordar las diversas problemáticas que presenta el agua como recurso, buscando analizar su calidad y garantizar la sustentabilidad del mismo. En el CETA, se reciben muestras de agua de distintos sectores de la Provincia y Ciudad de Buenos Aires, así como de otras provincias. Con el objetivo de evaluar la calidad de agua para consumo humano se realizan análisis de parámetros físico-químicos, se cuantifica el contenido de distintas sustancias y la presencia de elementos traza, tales como el As y F.

El objetivo del presente estudio es caracterizar la calidad físico-química del agua de consumo de la Provincia y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Con este trabajo se pretende realizar un aporte para el conocimiento y gestión del agua, aportando datos de importancia técnica, para el análisis de la problemática y el planteo de soluciones tendientes al desarrollo sostenible.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron los registros de muestras de agua (n=48) de consumo humano que fueron recibidos en el CETA desde el 2011 al 2015. Los mismos fueron clasificados según su pertenencia a los sectores: Provincia de Buenos Aires, Conurbano Bonaerense o Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Se evaluó la calidad del agua, entre estas regiones, comparando los valores de parámetros físico-químicos (pH, conductividad, sólidos totales disueltos -STD-, dureza total, nitratos y cloruros). Este análisis fisicoquímico se realizó según técnicas empleadas habitualmente y descritas en APHA, 1998, Rodier 1991 y el US Geological Survey. Además se determinó la concentración de arsénico (As), uno de los elementos traza inorgánicos de mayor relevancia presentes en las aguas de la región, mediante Espectrofotometría de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento (ICP-OES). Además, para el análisis, se tuvo en cuenta la procedencia del agua: de red (agua superficial o subterránea tratada), superficial (sin tratar) o agua subterránea (sin tratar). Todos los datos fueron analizados estadísticamente a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mediante el software InfoStat® (v. 2013e).

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

A partir de muestras recibidas en el CETA se observó que las mismas provenían de fuentes distintas en cada uno de los tres sectores. Mientras las muestras de CABA pertenecen casi en su totalidad (96%) a agua de red (solo una pertenecía a agua subterránea), la proporción de muestras de agua de red pertenecientes al conurbano bonaerense y al resto de la provincia de Buenos Aires era menor (Figura 1). Las muestras serían así representativas de las diferencias existentes entre estos sectores respecto del abastecimiento con agua segura.

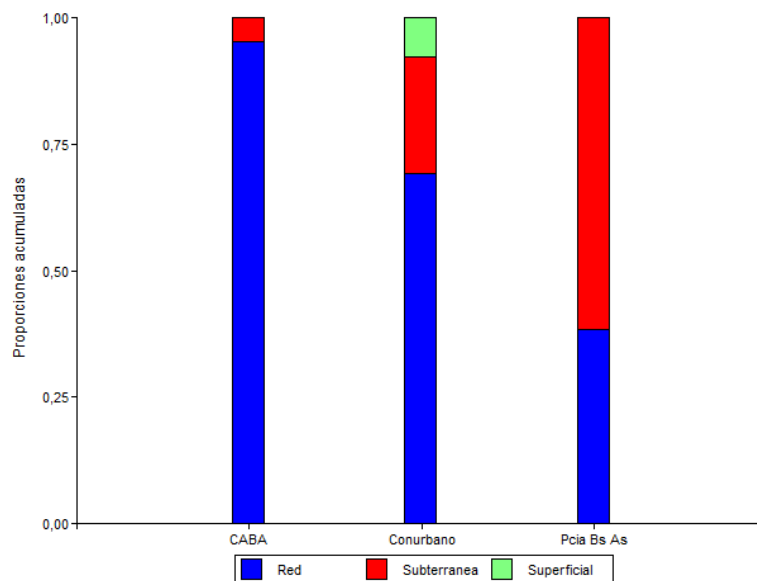


Gráfico 1: Origen y tipo de las muestras que llegan al servicio a terceros.

En base al análisis físico-químico realizado en las muestras los valores promedio de pH fueron  $7,79 \pm 0,32$ ,  $7,52 \pm 0,18$  y  $8,04 \pm 0,24$  para las muestras provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia, con valores entre 5,58 y 9,20, entre 7,04 y 8,01 y entre 7,58 y 9,16 respectivamente. No se observaron, en ninguno de los sectores, diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los valores de pH para los distintos tipo de agua. Tampoco se observaron diferencias significativas en este parámetro entre las muestras de cada sector (Figura 2a).

Respecto de la dureza total (DT), las muestras provenientes de la CABA mostraron valores significativamente menores ( $p > 0,05$ ) a los encontrados en las restantes muestras. Se registraron valores en un rango de 1 a 166 mg/L, de 73 a 535 mg/L y 37 a 408 mg/L, con valores medios de  $59,5 \pm 20,0$ ,  $175 \pm 74$ , y  $146 \pm 58$  mg/L para las muestras provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia respectivamente. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre muestras de distintos tipos de agua, en ninguno de los tres sectores (Figura 2b).

Los STD registraron valores medios de  $301 \pm 89$ ,  $256 \pm 106$ , y  $583 \pm 189$  g/L provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia respectivamente. A pesar de la gran variabilidad que presentaban las muestras, el contenido de STD es significativamente mayor en las muestras de la provincia de Buenos Aire, respecto de las del Conurbano Bonaerense y la CABA, no existiendo diferencias significativas entre estas últimas. Para ninguno de los grupos los valores de STD difirieron entre tipos de agua ( $p > 0,05$ ) (Figura 2c).

Con respecto a los valores de conductividad de los grupos de muestras aquellos registraron valores en un rango de 34 a 1528  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de 161 a 1522  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 172 a 1226  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con valores medios de  $580 \pm 176$ ,  $503 \pm 213$ , y  $717 \pm 193$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  para las muestras provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia respectivamente. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) ni entre muestras de distintos sectores, ni entre las distintas procedencias (Figura 2d).

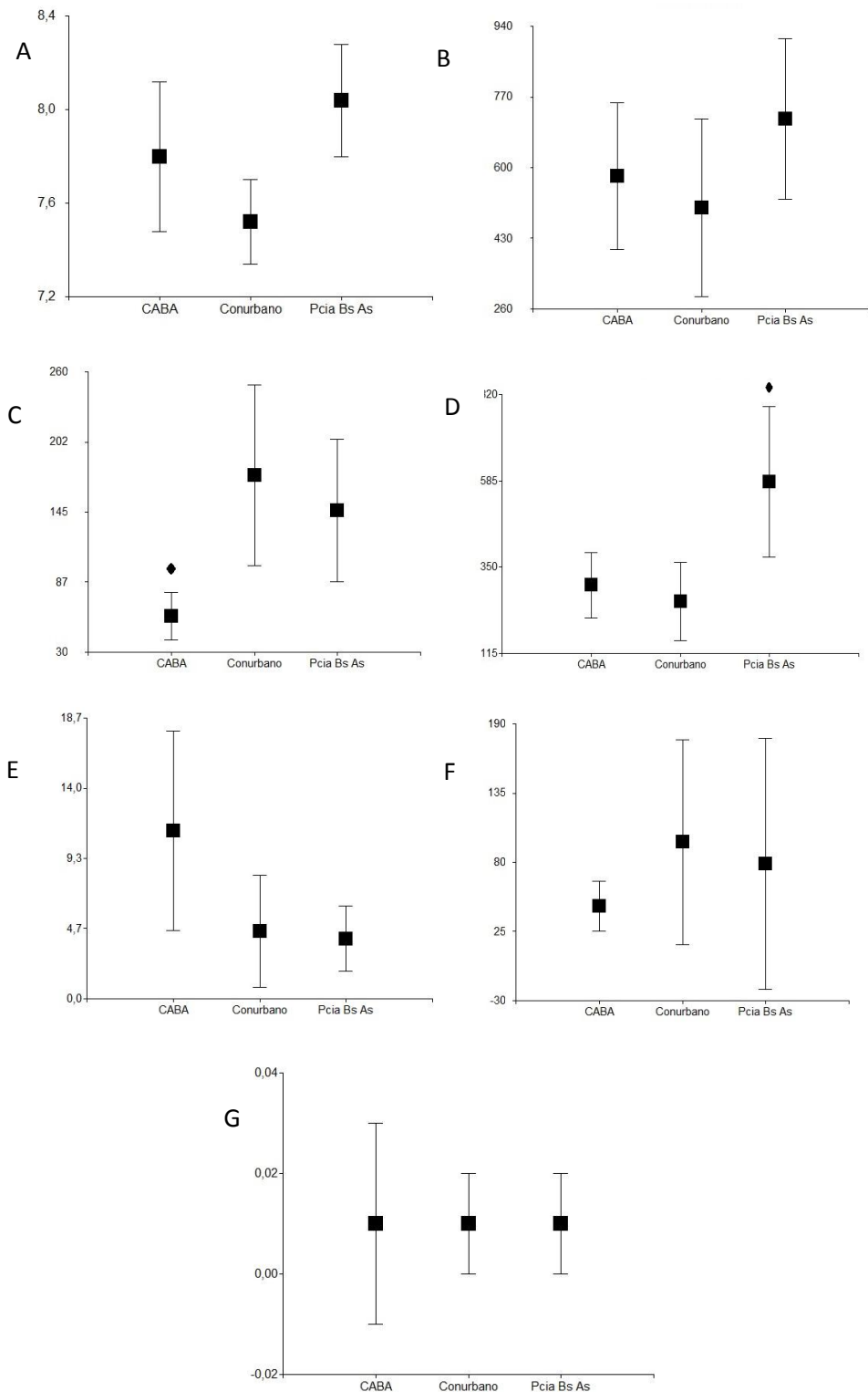


Grafico 2: Valores registrados de los parámetros fisicoquímicos analizados en las muestras procedentes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), el Conurbano Bonaerense y el resto de la Provincia de Buenos Aires. a) pH, b) conductividad, c) dureza total (DT), d) sólidos totales disueltos (STD), e) nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), f) cloruros (Cl<sup>-</sup>), y g) As total. Con rombo (♦) se señalan las medias con diferencias significativas (p < 0,05).

Se registraron niveles de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> con valores medios de  $11,2 \pm 6,6$ ,  $4,5 \pm 3,7$ , y  $4,0 \pm 2,2$  mg/L provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia respectivamente. Si bien, los valores de nitratos fueron superiores en las muestras de CABA respecto del resto, las mismas no presentaron diferencias estadísticas (Figura 2e). Los niveles de nitratos fueron distintos en aguas de red y subterráneas, en CABA y Provincia de Buenos Aires, siendo mayores, como era de esperar, en el agua subterránea.

Los niveles de cloruros (Cl<sup>-</sup>) estuvieron en un rango de < 1 mg/L a 133 mg/L, de 28 a 590 mg/L y 13 a 628 mg/L, con valores medios de  $45 \pm 20$ ,  $96 \pm 81$ , y  $79 \pm 99,78$  mg/L para las muestras provenientes de CABA, Conurbano y resto de la provincia respectivamente. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) ni entre muestras de distintos sectores, ni entre las distintas procedencias (Figura 2f).

Respecto del As, la variabilidad fue mayor en las muestras de CABA, en todos los casos. Los niveles de arsénico que se encontraron en las muestras de la CABA varían entre < 10 µg/L (Límite de detección de la metodología utilizada) y 90 µg/L, mientras que las muestras de el Conurbano bonaerense y la Provincia de Buenos Aires variaron entre < 10 µg/L y 30 µg/L y entre < 10 µg/L y 25 µg/L respectivamente. La proporción de muestras que superaban los valores máximo sugeridos para el agua de consumo por el Código Alimentario Argentino –CAA- y la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 9,10% para las provenientes de CABA, 15,38% para las del Conurbano Bonaerense y 53,85% para las de Provincia de Buenos Aires (Figura 2g)

## CONCLUSIONES

Este trabajo nos permitió caracterizar la calidad del agua utilizada de distintas zonas de la Provincia y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para todos los parámetros fisicoquímicos analizados se observó una gran variabilidad en las determinaciones realizadas. En general, los valores de los distintos parámetros se encontraron dentro de lo permitido para aguas de consumo según el Código Alimentario Argentino (CAA). En el caso de los nitratos, solo una de las muestras que arribaron a nuestro servicio superaba los límites permitidos por el Código Alimentario Argentino (CAA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comunidad Europea (50 mg/L de nitrato), y solo 7 muestras superaban lo recomendado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) que sitúa este límite en 10 mg/L. Para la dureza total, el CAA establece un límite máximo de 400 mg/L. Solo 3 muestras, dos de la Provincia de Buenos Aires y una perteneciente al Conurbano Bonaerense superan este valor. Para el pH, el rango establecido varía entre 6,5 y 8,5. De las muestras, solo dos exceden estos límites, una por exceso y la otra por defecto. En agua de consumo, los cloruros no deben superar los 350 mg/L. Sólo una muestra, proveniente de San Clemente del Tuyú, superó este valor. En el caso de los STD, el máximo permitido está establecido en 1500 mg/L. Una sola muestra, perteneciente a la Provincia de Buenos Aires superó dicho límite. Respecto del As, 12 muestras (22,91%) se encontraron por encima del límite máximo establecido por el CAA y la Organización Mundial de la Salud (OMS) que se encuentra establecido en 0,01 mg/L, aunque solo dos muestras superaron los valores recomendados por la Ley 24.051 que establece un límite máximo de (0,05 mg/L). Esto muestra que existe aún en la provincia de Buenos Aires población en riesgo por la exposición a As, si tomamos como referencia los niveles recomendados por la OMS. Las diferencias en las características

**evaluadas de las muestra de agua analizadas no implica necesariamente que las mismas no sean seguras para su consumo, sino que revelan diferencias en cuanto a su calidad. El presente estudio aporta información sobre la calidad de agua de consumo para la población generando un panorama para futuros estudios diagnósticos de la situación de cada zona.**

## BIBLIOGRAFÍA

- Benavides Burbano, L. F. (2011).** El derecho al agua como derecho fundamental: una defensa de su constitucionalización en Colombia. Tesis de Maestría Universidad Carlos III de Madrid. Instituto de Derechos Humanos Bartolomé de las Casas. <http://hdl.handle.net/10016/18696>
- Bernex, N., & y Capacitación, R. L. D. E. (2003).** Manejo integrado de agua: gestión de cuencas en el Perú. In *Construyendo Capacidades Locales para la Gestión Sustentable del Agua* (pp. 1-66). CEPIS.
- Bundschuh J., Perez Carrera A:L:, Litter, M. (2008) .** IBEROARSEN. Distribución del arsénico en las regiones Iberica e Iberoamericana. CYTED, Bs. As., 230pp
- Calcagno, A., Novillo, M. G., & Mendiburo, N. (2000).** Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina. *Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC), Global Water Partnership (GWP)*.
- Decreto Nacional Res. N° 123/95, Ley 24.051 Anexo II.** [www.infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/10000-14999/12830/texact.htm](http://www.infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/10000-14999/12830/texact.htm)
- Demographia World Urban Areas:** 11th Annual Edition: 2015.01 (Built-Up Urban Areas or World Agglomerations). <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- Dimas, L. (2006).** *Agua: recurso estratégico para nuestro crecimiento económico y progreso social: situación y desafíos* (No. 2006). Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social, Departamento de Estudios Económicos y Sociales.
- Fernández Cirelli, A & du Mortier, C. (2005).** C. Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. Solar Safe Water*, 11-26.
- INDEC (2010).** «Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Población total por sexo e índice de masculinidad, según edad en años simples y grupos quinquenales de edad. Año 2010.» (PDF).
- INDEC (2010).** «Provincia de Buenos Aires, 24 partidos del Gran Buenos Aires. Población total por sexo e índice de masculinidad, según edad en años simples y grupos quinquenales de edad. Año 2010.» (PDF).
- Klaassen, C.D. 1996.** Heavy metals and heavy antagonist. In: Gilman A.G., Rall T.W., Nies A.S., Taylor P., editors. *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. 9 th ed. New York McGraw Hill, 1592-1614.
- Lindberg, A.L., et al(2007).** Metabolism of low-dose inorganic arsenic in a central European population: Influence of sex and genetic polymorphisms. *Environ Health Perspect*, 115, 1081-1086}
- Pérez Carrera, A., & Fernández Cirelli, A. (2004).** Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). *InVet*, 6(1), 51-59.
- Pickett, S. T., et al (2008).** Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. In *Urban Ecology* (pp. 99-122). Springer US.
- Ratnaike, R.N. 2003.** Acute and Chronic arsenic toxicity. *Postgraduate Med J*, 79, 391-396