

Calidad de agua para consumo humano en la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero

Revelli, G. R.^{1,2}; Fito, G. B.¹; Biassoni, M. V.¹; Olivero, E. V.¹; Fiore, P. C.¹ y Quintana, S. I.¹

¹Escuela de la Familia Agrícola LL 76. Colonia Alpina - Santiago del Estero, Argentina C.E.: efa@inthersil.com.ar

²Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.) - Ceres - Santa Fe, Argentina

Resumen

Muestras de agua potable de lluvia y subterránea fueron recolectadas en la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero durante el mes de julio de 2007. Se realizaron análisis fisicoquímicos (pH, Conductividad, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Residuo Seco, Sulfato, Nitrato, Nitrito, Dureza Total y Arsénico) con el objetivo de categorizar las mismas en función a su calidad y aptitud para consumo humano.

Del total de muestras analizadas se observó que el 47% de las aguas potables, 77% de las aguas de lluvia y 100% de las aguas subterráneas no eran aptas para consumo humano según el Código Alimentario Argentino (CAA). Se concluye que el 62% de las muestras poseían parámetros con valores fuera de los rangos establecidos por la legislación vigente, siendo los más significativos el pH, Residuo Seco, Sulfato, Nitrato y Arsénico.

Las concentraciones de Arsénico encontradas en las aguas subterráneas fueron muy elevadas con un promedio de $0,450 \pm 0,091$ mg/L, manifestando el 11,76% de las familias encuestadas consumir únicamente agua de este tipo.

Introducción

El agua es el compuesto químico más esencial para la vida. Es el medio en el cual se mueven los nutrientes y desechos entre las células y los órganos. Considerada como el elemento más importante del protoplasma celular, posee una alta capacidad calórica y habilidad para enfriar, y está involucrada en la gran mayoría de las reacciones químicas del metabolismo, además de ser un componente esencial en el transporte de los alimentos, regulador de la temperatura corporal y mantenimiento del pH (acidez o alcalinidad) de los fluidos orgánicos (Insel y col., 2004).

El Planeta Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluye a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del Siglo XXI con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que esta crisis está empeorando y que continuará haciéndolo, de no mediar acciones correctivas. En la actualidad es escasa para millones de perso-

nas en todo el mundo y muchas mueren a diario según la Organización Mundial de la Salud (especialmente niños) por enfermedades transmitidas por el agua, no teniendo acceso al derecho alimentario más básico: consumir agua segura (Organización Mundial de la Salud, 2004).

En la Argentina, existen trabajos que reflejan la situación global, algunos de los cuales manifiestan limitaciones con respecto a la calidad de agua y su uso para consumo humano, en especial por elevados niveles de arsénico (Tello E., 1951; Biagini R., 1974; Astolfi y col., 1981, 1982; Farías y col., 2003; Blanco y col., 2006), donde fueron observados muchos signos y síntomas de hidroarsenicismo, mientras que otros han logrado demostrar altos niveles de contaminación, correlacionados positivamente con el contenido de nitrato en aguas de pozo del sector rural, y con mayor grado en el sector ganadero que el agrícola (Auge y Nagy, 1996).

El Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) se conoce en nuestro país desde el año 1913, ocupando el segundo lugar en el mundo entre los países afectados, después de EE.UU. (Gilardi J., 1999).

Por causa de esta enfermedad endémica, poblaciones enteras se encuentran con alto riesgo de adquirir patologías neurológicas, cardiovasculares, pulmonares, cirrosis hepática, hiperqueratosis, melanososis, teratogenicidad, cáncer pulmonar y de piel, y estudios publicados en 1998 y 2001 han asociado el arsénico con la aparición de diabetes mellitus (Wilhelm F., 1998; Klaasen C., 2001).

Investigaciones recientes han demostrado que la población infantil expuesta a arsénico en agua de bebida durante el período prenatal y posnatal puede tener menor desempeño neurológico que los niños no expuestos. Esto podría estar relacionado con polimorfismos genéticos (déficit en la capacidad de metilación del arsénico) y dietarios (déficit en la ingesta de vitaminas dadoras de grupos metilo) (Calderón y col., 2001).

Se calcula que en América Latina por lo menos 4 millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud. Las concentraciones de arsénico en el agua, sobre todo en el agua subterránea, presentan niveles que llegan en algunos casos hasta 1 mg/L.

En la Argentina, 1 millón y medio de personas distribuidas en 11 provincias consumen agua con tenores de arsénico que superan valores de 0,05 mg/L (Navoni y col., 2007).

Existen antecedentes en el sector geográfico en estudio (noroeste de la provincia de Santa Fe y sur de Santiago del Estero), de que posee acuíferos muy mineralizados, con contenidos salinos que superan ampliamente los valores recomendados para consumo humano. Estos niveles de salinidad aumentan con la profundidad, y se detecta además, la presencia de tóxicos como el arsénico, lo cual genera un factor condicionante para el aprovechamiento del agua subterránea (Kacsan y col., 1994; Bolzicco y col., 1997; Kleinsorge y col., 2001; Bundschuh y col., 2004; Revelli G., 2005a).

El Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.) realizó en el año 1996 un relevamiento de los 43 establecimientos que pertenecían a la Cooperativa Tampera y Agropecuaria Nueva Alpina Ltda., ubicada en el departamento Rivadavia, provincia de Santiago del Estero, encontrando datos preocupantes especialmente en niveles promedio de salinidad y sulfato de 5.550 y 1.500 mg/L, respectivamente. El 53% de los establecimientos poseían agua no aconsejable para consumo animal y no aptas para animales en etapa de lactancia, observándose en el 93% de los casos valores no aceptables para consumo humano (Revelli, no publicado). Otro estudio, cuyo objetivo fue caracterizar la calidad de agua

para consumo animal, indicó promedios de salinidad de 4.700 mg/L en 36 tambos estudiados, entre los que se destacan 1.385 mg/L de sulfato, 116 mg/L de nitrato, 0,07 mg/L de nitrito y 620 mg/L de dureza total expresada como CaCO₃ (Revelli y col., 2002). De un trabajo realizado por los mismos autores en el año 2005, y con el mismo objetivo que el mencionado anteriormente, se encontraron niveles aún más preocupantes en el agua subterránea de la zona, con promedios de sólidos disueltos totales de 9.819 mg/L, sulfato 2.250 mg/L, nitrato 51 mg/L, nitrito 0,05 mg/L, dureza total 628 mg/L y arsénico 0,090 mg/L. Se observó que existe una gran variabilidad en las concentraciones de arsénico y no se detectó la presencia de pesticidas clorados ni fosforados en el agua subterránea analizada (Revelli y col., 2005b).

Sabemos que existe una población de riesgo constituida por familias que en sus actividades cotidianas consumen agua subterránea proveniente de la napa freática (con grandes probabilidades de contener contaminantes) con altos riesgos de convivir consumiendo aguas poco confiables y perjudiciales para la salud.

Generar en nuestra región la concientización de la importancia del agua como fuente esencial para la vida, es quizás uno de los desafíos educativos más relevantes, no sólo en estos tiempos sino también para generaciones futuras. La Escuela de la Familia Agrícola LL 76 comprometida con esta problemática, y encontrando puntos en común entre la práctica docente y la

investigación científica con el fin de mejorar la calidad de la enseñanza y la calidad de vida de la población, realizó un trabajo de investigación regional con docentes y alumnos de Primer Año del Polimodal Producción de Bienes y Servicios.

El objetivo de esta experiencia fue caracterizar la calidad de agua destinada para consumo humano, concientizando la importancia del agua para la vida.

Materiales y métodos

La experiencia se realizó bajo la coordinación general del "Programa Calidad de Agua = + Salud" desarrollado por la Escuela de la Familia Agrícola LL 76 ubicada en Colonia Alpina, departamento Rivadavia, provincia de Santiago del Estero, Argentina. Participaron 6 Espacios Curriculares: Ciencias Naturales Aplicadas al Agro, Geografía, Físico-Química, Matemática, Procesos Productivos y Lengua y literatura, junto a 30 alumnos de Primer Año del Polimodal Producción de Bienes y Servicios.

Se realizó una encuesta a los 30 participantes, los cuales representaban el 23% de la comunidad educativa, con el objetivo de identificar el tipo de consumo de agua en sus respectivos hogares y poder detectar posibles problemáticas relacionadas con el tema. El grupo de trabajo se distribuyó en la zona en estudio como indica la Figura 1, abarcando las localidades de Suardi, San Guillermo, Colonia Rosa, Colonia Ana y Ceres (provincia de Santa Fe), y Colonia Alpina y Selva (provincia de Santiago del Estero).

Seguidamente, se tomaron del sector urbano y rural 34 muestras de agua (17 potable, 13 lluvia y 4 subterránea) correspondientes a las 30 familias encuestadas. Se dejó purgar la descarga de agua durante un lapso de 10 minutos y luego se recogió en recipientes de plástico esterilizados con tapa a rosca de 1.000 ml de capacidad.

Se transportaron al laboratorio en forma refrigerada a 7°C y se procesaron dentro de las 48 hs. de su recolección.

Las metodologías para los análisis de agua fueron las siguientes: pH, Conductividad, Turbidez, Oxígeno Disuelto y Temperatura por Water Quality Checker U-10 Horiba (Kyoto, Japan), y para Sulfato, Nitrato, Nitrito y Dureza Total por Métodos Colorimétricos y Volumétricos Merck (Darmstadt, Germany). El Residuo Seco se realizó por el Método Gravimétrico y las determinaciones de Arsénico por Espectrofotometría de Absorción Atómica (APHA, AWWA, WPCF, 1979).

El tratamiento estadístico de los datos fue realizado con el programa SPSS for Windows. Release 12.0.0 (2003).

Resultados y discusión

Del total de familias encuestadas, las cuales involucraban a 146 personas, un 35% corresponde a edades que son más susceptibles a contraer enfermedades transmitidas por el agua (niños y ancianos).

Con respecto al tipo de ingesta de agua, se diferencia claramente que la mayor proporción consume agua potable (10 casos), de lluvia (10 casos) o combinación potable-lluvia (4 casos), siendo en menor proporción el consumo de agua subterránea (4 casos). Hubo 2 casos que manifestaron consumir agua mineral y combinación mineral-potable.

El 33% de los encuestados no tenían información de las posibles patologías que se pueden transmitir por el agua, lo cual genera la urgente necesidad de difundir en forma más efectiva el conocimiento de enfermedades hídricas y sus implicancias para la salud, y al analizar que tipos de enfermedades conocían el 67% restante mencionó: Gastrointestinal (34%), Cólera (34%), Parásitos (Amebas) (14%), Virus (Hepatitis) (9%), Cáncer (6%) y Fiebre Tifoidea (3%).



El 20% de los encuestados observaron alguna vez trastornos gastrointestinales con síntomas de diarreas, los cuales atribuyen a problemas de calidad de agua, y el 97% de los casos estudiados nunca realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de bebida.

En la Figura 2 se presentan las categorías de agua analizadas en la experiencia.

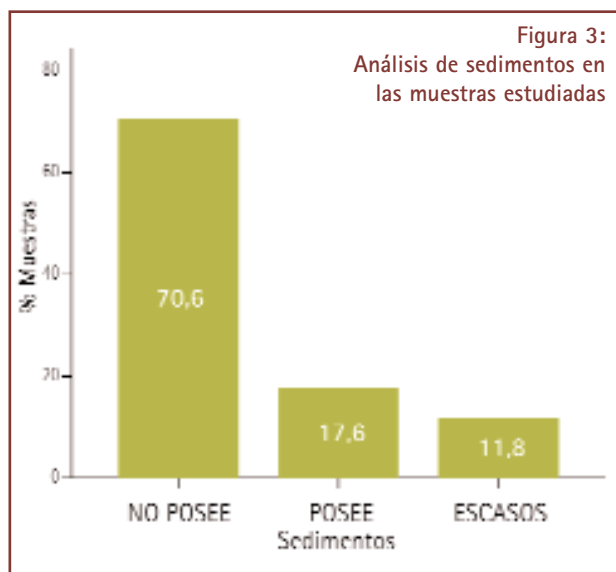
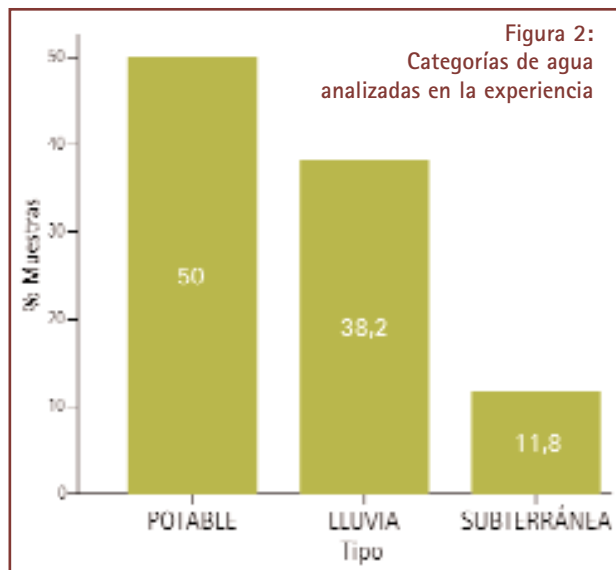
Evaluando las propiedades organolépticas encontramos que el 100% de las aguas analizadas eran incoloras e inodoras. Sin embargo, como muestra la Figura 3, un significativo número de muestras observó sedimentos en suspensión, lo que pone en evidencia la importancia de mantener una buena higiene y sanitización de los reservorios o depósitos de almacenamiento.

El tratamiento estadístico composicional de las aguas analizadas (número de observaciones, valores medios, desvíos estándares y valores máximos y mínimos) se muestra en las Tablas 1, 2 y 3 para agua potable, lluvia y subterránea, respectivamente.

El análisis de la Tabla 1, correspondiente al agua potable (n=17), observó valores medios aceptables comparados con los requerimientos exigidos por el Código Alimentario Argentino (1994). Sin embargo, se detectó un valor mínimo de pH de 5,50 y un valor máximo de turbidez de 10 NTU, infiriendo que el 47% de las aguas analizadas no sean aptas para consumo humano. Ocho muestras poseían valores de pH inferiores a los admitidos por la legislación y 1 muestra observaba además una turbidez superior a 3 NTU.

Con respecto a los bajos niveles de pH encontrados, es importante remarcar que, si bien este indicador no es un factor condicionante que tenga relación directa con la salud, la legislación establece un valor mínimo de 6,50, ya que valores inferiores a este ejercen una acción corrosiva sobre los sistemas de almacenamiento y distribución. Es deseable que las plantas potabilizadoras ajusten en el proceso final el valor de pH entre 6,50 y 8,50 para encuadrarse dentro de la normativa.

En la Tabla 2, se presentan los resultados (n=13) correspondientes al agua de lluvia. Observamos un valor medio de pH de $6,39 \pm 0,389$, ligeramente por debajo de lo permitido, lo cual determinó que el 77% de



las muestras analizadas no sean aptas para consumo humano. En este grupo evaluado 9 muestras infirieron bajos valores de pH y 4 muestras observaron además exceso de turbidez. Organolépticamente varias muestras poseían sedimentos en suspensión, esto como consecuencia de una mala higiene y sanitización de los reservorios o depósitos de almacenamiento (aljibes).

Por último, en el análisis de la Tabla 3 correspondiente a agua subterránea (n=4), observamos valores medios de residuo seco, sulfato, nitrato y arsénico de $3.093 \pm 1.151, 015$ mg/L, $945 \pm 203, 552$ mg/L, $74 \pm 53, 444$ mg/L y $0,450 \pm 0,091$ mg/L, respectivamente, niveles muy superiores a los reglamentarios, y similares a los encontrados por Kacsan y col. (1994), Kleinsorge y col. (2001) y Revelli y col. (2002, 2005b) para la misma zona. Esto significó que el 100% de las aguas analizadas no fueran aptas para consumo humano, adquiriendo especial relevancia los niveles de arsénico encontrados con valores casi 10 veces superiores a los admitidos, y mucho más impactante si los referenciamos con la reciente modificación del Código Alimentario Argentino en mayo de 2007 (Resolución Conjunta 68/2007 - SPRRS y 196/2007 - SAGPyA), que toma un valor de referencia para el arsénico de 0,01 mg/L, siendo este el recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2004).

Si consideramos que el 11,76% de las familias encuestadas consumen únicamente agua de esta fuente, y teniendo en cuenta que los efectos tóxicos pueden observarse tardíamente, pudiendo comenzar los síntomas entre los 9 y 12 años de exposición y las lesiones malignizarse a los 50 años (Enriquez y col., 1988), es de vital importancia detener urgente la ingesta de este tipo de agua, alertando y concientizando a toda la población sobre esta problemática.

En las Figuras 4 y 5 se muestran los bloques de distribución con las curvas normalizadas de todos los parámetros de agua analizados en el estudio.

Aplicando el test de Chi-Square (χ^2), observamos que todos los indicadores presentan distribución no normal a nivel de ($\alpha=0,05$) y ($\alpha=0,01$), infiriendo distribuciones normalizadas teóricas, no cumpliendo la bondad del test de ajuste.

Tabla 1 - Indicadores de calidad de agua potable

	n	V.M.	D.E.	V. Mínimo	V. Máximo
pH	17	6,50	0,651	5,50	7,84
Conductividad (mS/cm)	17	0,356	0,235	0,063	0,654
Turbidez (NTU)	17	1	2,344	0	10
Oxígeno disuelto (mg/L)	17	8,96	0,100	8,80	9,12
Temperatura (°C)	17	21,4	0,081	21,3	21,5
Residuo seco (mg/L)	17	23	161,345	42	477
Sulfato (mg/L)	17	21	8,094	10	35
Nitrato (mg/L)	17	ND			
Nitrito (mg/L)	17	ND			
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	17	85	125,195	5	340
Arsénico (mg/L)	17	ND			

ND: No Detectado

Tabla 2 - Indicadores de calidad de agua lluvia

	n	V.M.	D.E.	V. Mínimo	V. Máximo
pH	13	6,39	0,389	5,68	7,19
Conductividad (mS/cm)	13	0,102	0,044	0,058	0,214
Turbidez (NTU)	13	2	2,035	0	5
Oxígeno disuelto (mg/L)	13	9,27	0,270	8,79	9,73
Temperatura (°C)	13	20,8	0,477	19,3	21,3
Residuo seco (mg/l)	13	69	29,995	38	146
Sulfato (mg/L)	13	14	4,506	7	22
Nitrato (mg/L)	13	ND			
Nitrito (mg/l)	13	ND			
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	13	62	40,265	10	125
Arsénico (mg/L)	13	ND			

ND: No Detectado

Tabla 3 - Indicadores de calidad de agua subterránea

	n	V.M.	D.E.	V. Mínimo	V. Máximo
pH	4	7.84	0.316	7.53	8.11
Conductividad (mS/cm)	4	4.393	1.685	2.650	6.700
Turbidez (NTU)	4	2	2.217	0	5
Oxígeno disuelto (mg/l)	4	9.33	0.143	9.14	9.44
Temperatura (°C)	4	19.8	1.790	18.2	21.3
Residuo seco (mg/L)	4	3.093	1.151,015	1.829	4.623
Sulfato (mg/l)	4	945	203.552	830	1.250
Nitrato (mg/L)	4	74	53.444	25	120
Nitrito (mg/L)	4	ND			
Dureza total (mg CaCO ₃ /l)	4	236	104.672	155	390
Arsénico (mg/L)	4	0.450	0.091	0.314	0.501

ND: No Detectado

En ninguna de las muestras analizadas se detectó la presencia de nitrito, y correlacionando el total de análisis realizados (n=34) los resultados más significativos resultaron para: Conductividad vs. Residuo Seco (r=1,000), Conductividad vs. Sulfato (r=0,976), Residuo Seco vs. Sulfato (r=0,976), Arsénico vs. Sulfato (r=0,974), Arsénico vs. Residuo Seco (r=0,957) y Arsénico vs. Conductividad (r=0,951), todas significativas para P<0,01.

Conclusión

Las enfermedades hídricas ocasionan grandes pérdidas en el mundo, especialmente en donde son comunes y habituales las carencias económicas y sociales.

En amplias áreas de nuestro territorio la población está expuesta en forma permanente a aguas contaminadas.

A la luz de los resultados de la presente experiencia, es nuestro deber y obligación aunar esfuerzos para superar esta problemática tan compleja en donde simplemente demandamos el acceso al derecho alimentario más básico: consumir agua segura.

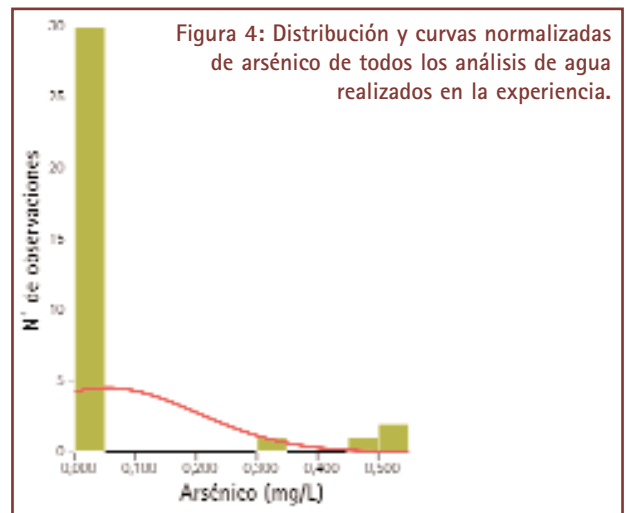


Figura 4: Distribución y curvas normalizadas de arsénico de todos los análisis de agua realizados en la experiencia.

Compartiendo la difícil tarea entre el estado, investigadores, instituciones educativas y la comunidad en general, podremos superar esta problemática atinando a la búsqueda de soluciones viables y sustentables para nuestro bien y el de las generaciones futuras.

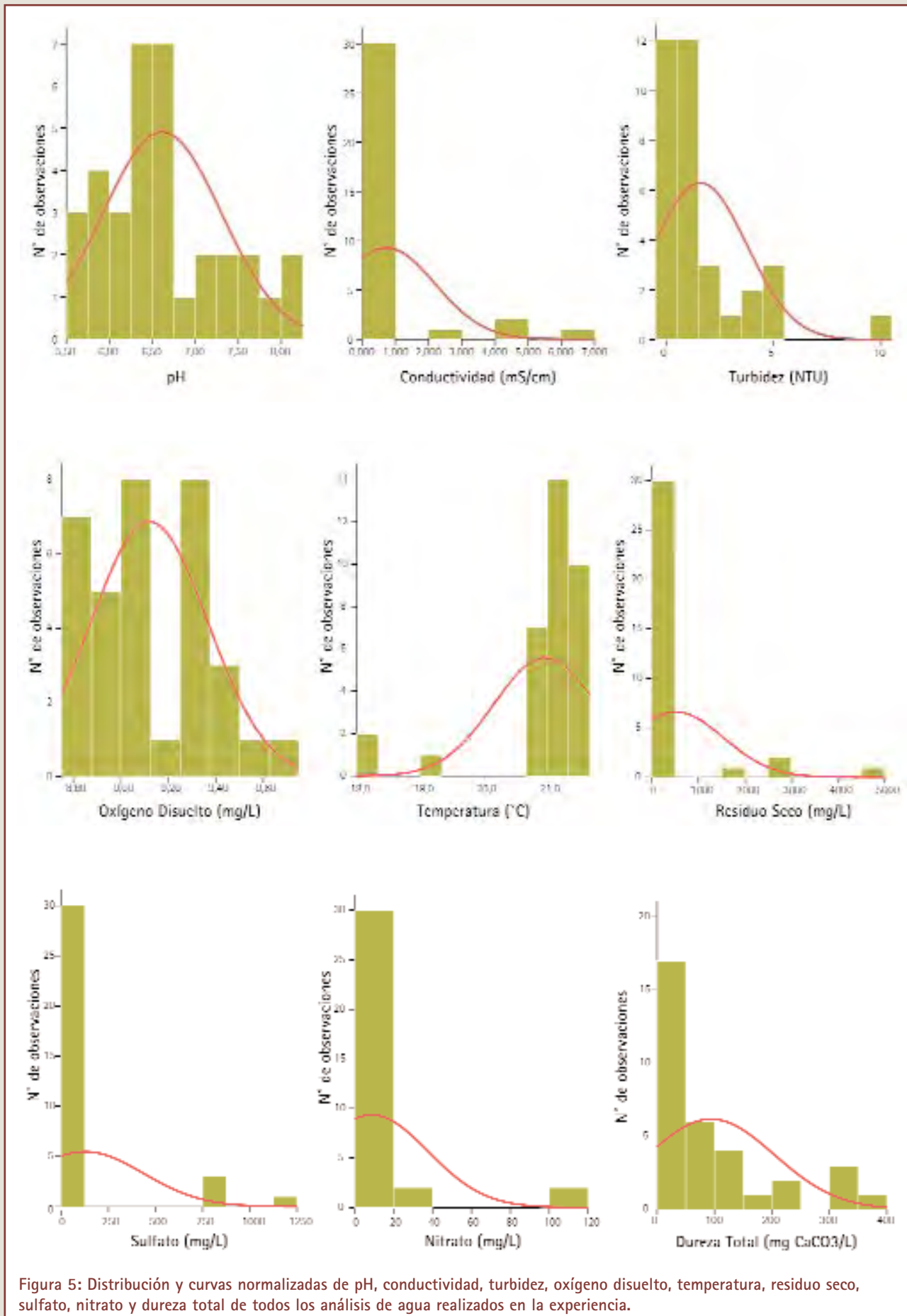


Figura 5: Distribución y curvas normalizadas de pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, residuo seco, sulfato, nitrato y dureza total de todos los análisis de agua realizados en la experiencia.

La Escuela de la Familia Agrícola

La Escuela de la Familia Agrícola LL 76 es una asociación civil de padres, sin fines de lucro, pública de gestión privada. Utiliza la pedagogía de la alternancia, donde los jóvenes comparten el aprendizaje con el compromiso activo de las familias, quienes cumplen un rol fundamental en el desarrollo formativo. El sistema de alternancia aplica periodos de vivencia y estudio (hogar-escuela), donde hay una "continuidad de la formación en una discontinuidad de actividades" cuya metodología tiene como propósito brindar una educación personalizada, fortaleciendo las capacidades y competencias, favoreciendo el desarrollo y sentido de pertenencia del medio rural.



Docentes que participaron en la investigación de arsénico



Alumnos de 1er año p. modalidad producción de bienes y servicios

Bibliografía

- 1- APHA, AWWA, WPCF. 1979. Standard Methods for the Examinations of Water and Wasterwater. Método para la Determinación de Arsénico por Espectrofotometría Visible del Complejo Formado entre Arsina y AgDDTC. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- 2- Astolfi, E.; Maccagno, A.; García Fernández, J. C.; Vaccara, R. y Stimola, R. 1981. Relation between arsenic in drinking water and skin cancer. *Biolog. Trace Elem. Res.* 3. 133-143.
- 3- Astolfi, E.; Besuschio, S. C.; García Fernández, J. C.; Gerra, C. y Maccagno, A. 1982. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico. Ed. Coop. Gral. Belgrano, Buenos Aires. 144 p.
- 4- Auge, M. y Nagy, M. I. 1996. Origen y evolución de los nitratos en el suelo y en el agua subterránea de La Plata, Argentina. Tercer Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Actas: 1-12. San Luis Potosí. México.
- 5- Biagini, R. E. 1974. Consideraciones sobre Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). *Semana Médica*, 19 de septiembre. pp. 716-723.
- 6- Blanco, M. C.; Paoloni, J. D.; Morrás, H. J. M.; Florentino, C. E. y Sequeiro, M. 2006. Contents and distribution of arsenic in soils, sediments and groundwater environments of the southern Pampa region, Argentina. *Environ. Toxicol.* 21. 561-574.
- 7- Bolzicco, J. E.; Bettig, A. P.; Bojanich, E. y Cremona Parma, G. 1997. El arsénico en aguas de consumo humano en la provincia de Santa Fe. Distribución areal, evolución temporal, soluciones. Congreso Internacional sobre Aguas. Buenos Aires, Argentina. II. 7.
- 8- Bundschuh, J.; Fariás, B.; Martín, R.; Storniolo, A.; Bhattacharya, P.; Cortes, J.; Bonorino, G. y Albouy, R. 2004. Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: Case study from Robles County, Santiago del Estero Province. *Appl. Geochem.* 19 (2). 231-243.
- 9- Calderón, J.; Navarro, M. E.; Jiménez-Capdeville, M. E.; Santos-Díaz, M. A.; Golden, A.; Rodríguez-Leyva, I.; Borja-Aburto, V. y Díaz-Barriga, F. 2001. Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children. *Environ. Res.* 85 (2). 69-76.
- 10- Cód. Alim. (CAA). 1994. Cap. XII. Art. 982 (Res. MSyAS N° 494, 07/07/94).
- 11- Enríquez, A.; De la Vega, C.; Valenzuela, A.; Enacan, A. y Molina, A. 1988. Diagnóstico de la Zona Endémica de Hidroarsenicismo Crónico en la Provincia del Chaco. Curso de Administración Hospitalaria. II Nivel. Colegio Médico. Resistencia, Chaco.
- 12- Fariás, S. S.; Casa, V. A.; Vázquez, C.; Ferpozzi, L.; Pucci, G. N. y Cohen, I. M. 2003. Natural contamination with arsenic and other trace

- elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. *Sci. Tot. Env.* 309 (1-3). 187-199.
- 13- Gilardi, J. 1999. "Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), un problema de salud pública". *Mundo Hospitalario*. Año VIII. N° 63.
- 14- Insel, P.; Turner, R. E. y Ross, D. 2004. *Nutrition*. Second Edition. Jones and Barlett Publishers, Sudbury, Massachusetts, USA. pp. 432-433.
- 15- Kacsan, E.; Scagnetti, J.; Buniva, M. A.; Mastandrea, C.; Grigolato, R. y Loteste, A. 1994. Determinación de los niveles de arsénico en agua de consumo humano en las localidades de Ceres y Villa Trinidad (Pcia. de Santa Fe). IX Congreso y XIV Jornadas de Toxicología. Buenos Aires. ATA Informa. N° 24.
- 16- Klaasen, C. D. 2001. *Casarett & Doull's Toxicology. The basic sciences of poisons*. McGraw-Hill, New York. 1.236 p.
- 17- Kleinsorge, E.; Scagnetti, J.; Grigolato, R.; Prida, M. y Gras, M. 2001. Hidroarsenicismo crónico en una región de la provincia de Santa Fe. XII Congreso Argentino de Toxicología, XXI Jornadas Interdisciplinarias de Toxicología y I Jornadas Rioplatenses de Toxicología. Rosario, Santa Fe. Libro de actas: 14.
- 18- Navoni, J.; Olivera, M.; García, S. I. y Villaamil Lepori, E. C. 2007. Evaluación del riesgo por ingesta de arsénico inorgánico en poblaciones de zonas endémicas argentinas. *La Alimentación Lat.* N° 270. 66-70.
- 19- OMS. 2004. *Guidelines for Drinking-water Quality, Vol. 1. Recommendations*. Third Edition, OMS, Geneva, Switzerland. 515 p.
- 20- Revelli, G. R.; Sbodio, O. A.; Tercero, E. J. y Uberti, M. 2002. Impacto de la calidad de agua para bebida animal en relación a parámetros productivos, composicionales y reproductivos. *Revista FAVE - Ciencias Veterinarias*. Universidad Nacional del Litoral (U.N.L.). 1 (1). 55-67.
- 21- Revelli, G. R. 2005a. Ósmosis inversa en el tambo - Cuando el propósito es mejorar la calidad de agua. *Revista SanCor*. N° 656. 38-42.
- 22- Revelli, G. R.; Sbodio, O. A.; Gallardo, M. R.; Valtorta, S. E. y Tercero, E. J. 2005b. Rendimiento de vacas lecheras de baja producción con la oferta de agua de bebida salada o desalinizada. *Revista FAVE - Ciencias Veterinarias*. Universidad Nacional del Litoral (U.N.L.). 4 (1-2). 77-88.
- 23- SPSS for Windows. Release 12.0.0. Copyright © SPSS, Inc. 2003.
- 24- Tello, E. E. 1951. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico. Sus manifestaciones clínicas. Imprenta de la Universidad de Córdoba. Argentina.
- 25- Wilhelm, F. 1998. Consumen agua con arsénico. Río Negro: diarreas y problemas óseos afectan a 42 alumnos de Aguada Cecilia. "Clarín", lunes 19 de octubre. 53.

Agradecimientos

La presente experiencia se desarrolló en el marco del "Programa Calidad de Agua = + Salud" perteneciente a la Escuela de la Familia Agrícola LL 76, Colonia Alpina, Santiago del Estero. Los autores agradecen al Laboratorio Integral de Servicios Analíticos (L.I.S.A.) perteneciente a la Cooperativa Tambara y Agropecuaria Nueva Alpina Ltda. y al Instituto de Tecnología de Alimentos (I.T.A.), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral por el procesado analítico.