

APTITUD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ZONA RURAL DE LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO SALADO, BUENOS AIRES - ARGENTINA

Galindo,G.¹; Korol,S.²; Herrero,M.A.³ & Fernández Cirelli,A.⁴

Resumen - La cuenca inferior del río Salado se ubica al sur de la Capital Federal, en lo que se denomina Pampa Deprimida, caracterizada por un clima templado húmedo y vegetación natural de pradera, es una de las principales áreas de producción agrícolas ganadera de la llanura pampeana, cercana a los centros de comercialización. Los estudios se llevaron a cabo en áreas rurales con el objeto de analizar la aptitud del recurso hídrico utilizado, vinculados a las actividades desarrolladas. El uso compartido de las fuentes de agua en el medio rural por los hombres y los animales es habitual, esto trae aparejado un grave problema en relación a la determinación de la aptitud según su uso. La Formación Pampeano del Pleistoceno constituida por limos y loess es el acuífero explotable, las aguas superficiales de la región son utilizadas para diferentes actividades recreacionales. El estudio de la calidad o del grado de contaminación de las aguas superficiales permitirá establecer parámetros de referencia evaluando comparativamente las características físico-químicas y microbiológicas en zonas no contaminadas (libres de influencia antrópica) y zonas contaminadas (con influencia antrópica) de la región, lo que permitirá establecer las potenciales utilidades de dichos sistemas acuáticos tomando como referencia pautas internacionales vigentes.

Palabras-claves - Calidad de las aguas - Hidroquímica - llanura pampeana

¹ Galindo,G.-CONICET-Dpto de Geol., FCEyN. Univ.de Buenos Aires, Ciud.Univ. Pab II. (1428)-Cap.Fed.- TE - Fax:(002154) 45763329 - grigace@gl.fcen.uba.ar

² Korol,S. Fac.Farm y Bioq. UBA- junín 956 (1113)-Cap.Fed.- TE:49648258 - sekorol@ffyba.uba.ar

³ Herrero,M.A. Fac.Cs.Vet.-UBA.- AvChorroarín 280 (1427)-Cap.Fed.-TE:45248415 - aherrero@fvet.uba.ar

⁴ Fernández Cirelli,A.-CONICET-Dpto Qca Orgánica, FCEyN- UBA - Ciud.Univ. Pab II. (1428)-Cap.Fed. TE:45763346 - afc@rec.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La cuenca inferior del río Salado se ubica a 100 Km al sur de la Capital Federal, en lo que se denomina Pampa Deprimida, entre los paralelos 34° 20' - 38° 59' S y 56° 41' - 63° 23' W y es una de las principales áreas de producción agrícolas ganadera de la llanura pampeana, cercana a los centros de comercialización. Los estudios se llevaron a cabo en áreas rurales y suburbanas de los partidos de Chascomús, Gral. Paz, Monte, Lobos y Navarro. (Figura 1). En estudios previos se definieron áreas críticas en ésta región (Fernández Cirelli y colaboradores 1998). En el presente trabajo se analiza la aptitud del recurso hídrico utilizado en esta zona en relación a las actividades que se desarrollan.

El cuerpo fluvial más importante en la zona lo constituye el Río Salado, único río permanente, al cual tributan en su margen izquierda numerosos arroyos de carácter temporarios. La zona se caracteriza por presentar un sistema de muy baja energía debido a la débil pendiente, esta morfología condiciona la formación de lagunas y pantanos debido a los frecuentes períodos de inundación y anegamiento, con la consecuente acumulación de sales en los suelos. (Fuschini Mejía, 1994).

La aptitud de sus tierras corresponde a un uso ganadero y agrícola, siendo las actividades agrícolas de desarrollo circunstancial situándose en aquellos suelos de mejor calidad. En los últimos años, más secos, una relación favorable de precios y la cercanía a los centros de mayor comercialización agropecuaria, se incrementó el desarrollo de la agricultura y la mayor utilización de insumos agropecuarios en todos los sistemas productivos. Estos cambios influyen en la aptitud del agua y del suelo para riego complementario.

Las aguas superficiales de la región son utilizadas para distintas actividades recreativas, por ello se hace necesario evaluar la calidad microbiológica evitando de ésta manera la transmisión de enfermedades por ingestión o contacto. En nuestro país existen pocos antecedentes sobre estudios de la calidad microbiológica de las aguas superficiales.

En las aguas subterráneas de la región, la distribución y prevalencia de contaminación por microorganismos indicadores tales como coliformes y coliformes termorresistentes es desconocida. Si bien, con frecuencia se asocia la presencia de concentraciones elevadas de nitratos con la presencia de coliformes, ésta hipótesis se invalida en áreas rurales donde la contaminación de aguas subterráneas por nitratos puede atribuirse a una variedad de factores tales como el resultado de la descomposición

de plantas o animales, el uso de fertilizantes y el vertido de efluentes agrícolas en el suelo.

Cuando el agua va a ser utilizada con fines ganaderos, el uso de mayor importancia es el de bebida. En este caso se espera conocer cual será el riesgo para la salud de los animales ante el consumo de determinada calidad de agua y evaluar la presencia de elementos tóxicos tanto en el agua como su posterior transferencia a los productos de origen animal que serán consumidos como alimentos (carne y leche).

No existen normas de calidad de agua para el uso de bebida para las diferentes especies animales. Hay numerosos factores, tanto de tipo ambiental como de respuesta de cada animal, que afectan tanto el consumo como la tolerancia a diferentes contenidos salinos y a la presencia de las sales consideradas como elementos mayoritarios.

CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN Y SU PROBLEMÁTICA.

En la actualidad, se cuenta con numerosos trabajos de investigación en la cuenca en estudio, con enfoques sectoriales, sin tener en cuenta la integración de la información para resolver problemas derivados del uso y manejo del agua. En esta región, los sistemas de producción son predominantemente ganaderos, y en menor escala agrícolas, siendo el agua un recurso esencial.

Es habitual la utilización compartida de las fuentes de agua en el medio rural por los hombres y los animales, esto trae aparejado un grave problema en relación a la determinación de la aptitud según su uso. Esto ha llevado a varios países de Europa entre ellos a Francia y Holanda en las zonas productoras porcinas, a no admitir otra forma de evaluación de las aguas que no sea el criterio de potabilidad para seres humanos, y además a restringir el número de animales en zonas de explotación intensiva cercanas a centros poblados con alta tasa demográfica. (Herrero et al, 1997)

En la zona el agua se extrae de profundidades que van de 4 a 6 m en las inmediaciones de la desembocadura hasta 35 m en el sector oeste de la región de estudio, mediante molinos de viento, o bombas de diferentes características y profundidades.

La distribución y prevalencia de contaminación por microorganismos coliformes en agua de bebida en el área en estudio es desconocida. Frecuentemente se ha asociado la presencia de concentraciones elevadas de nitratos con la presencia de coliformes pero ésta hipótesis o premisa se invalida en áreas rurales donde la contaminación de aguas subterráneas por nitratos puede atribuirse a una variedad de factores.

Las enfermedades infecciosas que se transmiten a través del agua provienen principalmente de las excretas de seres humanos (pozos negros mal construidos o cercanos a las fuentes de abastecimiento), y animales.

Los datos climatológicos permitieron clasificar a la zona de estudio como de clima templado-húmedo, con una precipitación anual entre 900 y 1.000 mm, caracterizada por una alternancia de períodos de sequías y excesos hídricos. La temperatura media anual es de 16°C, con un promedio máximo en enero de 25°C y mínimo en junio de 9°C. Los vientos predominantes son de dirección norte, noroeste y sudeste, los de mayor influencia son los locales, como la sudestada y el pampero.

El material original de los suelos de toda la región es de edad cuaternaria que rellenó y niveló las irregularidades del relieve terciario. Este sedimento madre es el denominado “Loess Pampeano”, su origen es eólico, de color castaño y no consolidado. Las partículas que lo componen son de tamaño limo, con fracciones subordinadas de arcilla y arena, ricos en partículas de vidrio volcánico y con cantidades variables de carbonato de calcio. Tiene la propiedad de mantener paredes verticales en las excavaciones, esto puede incidir en la contaminación de las napas ya que por este motivo, no se aíslan adecuadamente los pozos.

De acuerdo a la Carta de Suelos elaborada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 1987), en la zona de estudio se reconocen dos áreas. Una desde la desembocadura del río Salado hacia el interior hasta el Partido de Monte se encuentran suelos con mayores problemas de sodio desde la superficie hasta los 40 cm (natracualfes y natracuales típicos). El escurrimiento superficial es de tipo mantiforme, produciendo anegamientos muy frecuentes con depósitos de sales perjudiciales.

La segunda, se ubica desde el Partido de Monte a Roque Pérez. Allí los suelos predominantes son Argiudoles típicos someros, ocupando pequeñas lomas que emergen del plano general, siendo su principal limitante la escasa profundidad; y en menor cantidad los Natracuales típicos someros. En general son suelos de colores pardo oscuros a grisáceos con horizontes A de estructura franco-limosa y horizontes B con contenidos variables de concreciones de óxidos de hierro, manganeso y calcáreas.

La morfología dominante es una llanura suave de bajo relieve. El río Salado corre por una cubeta de deflación, amplia y chata, incluyendo un control estructural debido al movimiento de bloques profundos entre fracturas reactivadas en épocas recientes. Este río es divagante, presenta gran cantidad de meandros, nace a 700 km. de su desembocadura recorre la Pampa Deprimida y desemboca en la bahía de Samborombón,

de régimen irregular, pluvioestival. Sus afluentes llegan desde diferentes sectores. (Figura 1). En épocas de estiaje el escurrimiento se reduce a los cauces menores efluyendo aguas salobres.

En la región existen numerosas lagunas que fueron clasificadas por Frenguelli (1950), sin abarcar el aspecto hidrogeológico. Son de tipo arreicas, endorreicas o mixtas; en relación a las aguas subterráneas efluentes, influentes o mixtas y, por el régimen hidráulico, permanentes, intermitentes y efímeras. La génesis de estas lagunas (sistema de Las Encadenadas, Monte, entre otras) obedece al endicamiento del cauce fluvial preexistente por médanos loéssicos continentales, siendo ésta región caracterizada por ser una llanura de acumulación limosa predominantemente eólica de relieve suave y de pendiente muy escasa que en dirección SSE tiene un valor medio de 0,05 %.

La hidrogeología presenta las más variadas condiciones, desde agua alojada en médanos y sedimentos loéssicos, hasta las que se encuentran en Formaciones terciarias. El Basamento hidrogeológico está representado por metamorfitas precámbricas, granitos y sedimentos paleozoicos y vulcanitas permotriásicas, sobre él se desarrolla el paquete sedimentario de la Cuenca del Salado, integrada por la Formación Paraná (Mioceno Verde), sobre éste se apoyan las Arenas Puelches, eocuaternarias representadas por arenas puras, micaceas, fluviales con tenores salinos mayores a los 2 g/l, por lo cual es denominado el Puelche Salado y no se explota.

La secuencia continúa con la Formación Pampeano (Pleistoceno) constituida por limos y loess y es el acuífero explotable. Esta región se caracteriza por contener “acuíferos pobres” o acuitardos.

De estos sedimentos predomina la fracción más fina mientras que la psamítica se encuentra en bajos porcentajes o limitada a capas de escaso desarrollo y potencia. Por otra parte, es frecuente el afloramiento o la presencia subsuperficial de mantos de tosca de distinto tipo, que contribuyen a la disminución de la permeabilidad regional. Un elemento importante en su composición mineralógica debido a su incidencia en la química del agua, es la presencia de vidrio volcánico, así como a veces carbonato de calcio y yeso.

La secuencia culmina con los depósitos Postpampeanos de edad holocena-reciente, de orígenes fluviales, lacustres, marinos litorales y eólicos. Estas acumulaciones, restringidas a las depresiones interiores (valles fluviales, cuerpos lagunares) y al ámbito costero, poseen escaso desarrollo tanto en sentido vertical como areal. Las fluviales, lagunares y marinas son de granometría fina dominante (limo-arcilla) que les otorga un

comportamiento de acuicludo a acuitardo con aguas de elevada salinidad. Los cordones conchiles y bancos calcáreos marinos que por su granometría gruesa y composición mineralógica pueden actuar como acuíferos, en algunos casos, con aguas de buena calidad, son la excepción en este aspecto. Dentro de las eólicas, las dunas costeras resultan la entidad más importante por su alta permeabilidad, que se traduce en caudales elevados y bajos tenores salinos, lo que permite su aprovechamiento para consumo humano en numerosas localidades ribereñas.

La recarga a partir de la capa freática, es autóctona indirecta, de tipo areal y localizada preferentemente en los sectores interfluviales. La descarga de los acuíferos más profundos es hacia la capa freática, desde donde posteriormente pasa a formar parte del caudal básico del río Salado y arroyos más importantes.

La cuenca del Salado es una zona de gran importancia en la producción de carne y leche. Cuando se considera el agua como factor de producción en la ganadería es importante considerar las funciones del agua para la nutrición, producción y salud. El agua puede aportar, en el caso de los bovinos hasta el 20% del calcio, el 11% del magnesio, el 35 % del sodio y el 28% del azufre según datos de U.S.A., hallándose valores mayores en la Argentina en los cuales el aporte es de, aproximadamente, el 31 % del calcio, el 38 % del magnesio y el 98% del sodio. Estos valores elevados se explican por el sistema pastoril predominante, siendo entonces el agua, un elemento de mayor peso nutricional como componente de una ración.

En cuanto a la calidad de agua necesaria, existen factores que inciden sobre el nivel de tolerancia de un determinado animal a la concentración de las distintas sales de interés ganadero, como son: sales totales, cloruros, sulfatos, nitratos, calcio y magnesio, además elementos tóxicos como arsénico y flúor.

Otro de los usos del agua es su función en el lavado de instalaciones de ordeño. En este aspecto la dureza del agua se deberá tener en cuenta ya que los problemas en el lavado de la máquina de ordeño derivados de altos valores presentes son muy importantes, sobre todo en lo que respecta a la calidad de leche a obtener.

Las características de los sistemas de producción en la zona de estudio pueden dividirse en dos, coincidentes con la calidad de los suelos.

1) Zona cercana a la desembocadura del río Salado, el sistema de producción más difundido en esta zona es el ganadero extensivo (bovinos y ovinos), existen producciones intensivas de cerdos y aves ubicadas generalmente en cercanía de los centros poblados de la región.

2) Pasando el Partido de Roque Pérez, prevalecen los sistemas de producción mixtos, con mayor porcentaje de ganadería (70 % al 80 %) con respecto a la agricultura (20%), concentrándose en cultivos de invierno (trigo, lino, alpiste y avena), si bien en algunos casos puede hallarse maíz y sorgo. La producción en general es de tipo pastoril, lo que varía principalmente con respecto a la zona anterior, debido a que las mejores condiciones de los factores de producción se tiende a sistemas de producción de mayor rentabilidad. Las producciones de cerdos y aves se concentran cercanos a la producción de maíz y a los centros de consumo.

Las aguas superficiales de la región son utilizadas para diferentes actividades recreacionales: pesca, baño, práctica de deportes, navegación. Dichas aguas actúan como vehículos de una gran variedad de microorganismos que pueden ser saprófitos, patógenos y/o patógenos oportunistas. Los microorganismos patógenos y oportunistas son los responsables de numerosas enfermedades que por ingestión, contacto o inhalación de aerosoles, que se forman por la práctica de deportes en aguas contaminadas son infecciones dérmicas, oculares, de oídos, del tracto respiratorio y gastrointestinal. Entre los organismos responsables se destacan los pertenecientes al género *Pseudomonas*, *Aeromonas*, Enterobacterias, Enterococos.

Estudios realizados para establecer el estado sanitario de la laguna de San Miguel del Monte durante el período 1988–1989, indicaron sobre 20 muestras ensayadas que el número de bacterias aerobias mesófilas viables se encontraba dentro de $1,0 \times 10^3$ y $2,0 \times 10^5$ UFC/ml; el de coliformes fecales entre 3,6 y 1100/100 ml y los valores de anaerobios sulfito reductores fluctuaron entre 15 y 240/100 ml. 14 de las muestras presentaron *Escherichia coli*, 11 *Pseudomonas aeruginosa*, 1 *Salmonella* sp. y 1 *Yersinia* sp. (Santini, P; Korol, S, 1988). Estos resultados indican la necesidad de evaluar los cuerpos de agua para su utilización con fines recreacionales en relación a la presencia cuali y cuantitativa de estos microorganismos indeseables.

En muchos países se han establecido límites máximos admisibles de las aguas superficiales según sus usos. Así, la Comunidad Económica Europea (Toranzos, G.; Mc Feters, G. A., 1997) establece para zonas balnearias que el número de coliformes totales debe ser inferior a 2×10^4 /100 ml, el de coliformes fecales menor a 2×10^3 y establece que si se llega a éste en más del 20 % de los análisis de las muestras tomadas durante 14 días por lo menos, es necesario prohibir su uso en las zonas afectadas.

Por su parte el New England Interstate Water Pollution Control Commission establece que las aguas utilizadas con fines recreacionales no pueden exceder de una mediana de 1000 coliformes/100 ml ni más de 2400 en más del 20 % de las muestras examinadas.

El estudio de la calidad o del grado de contaminación de las aguas superficiales permitirá establecer parámetros de referencia evaluando comparativamente las características físico-químicas y microbiológicas en zonas no contaminadas (libres de influencia antrópica) y zonas contaminadas (con influencia antrópica) de la región, lo que permitirá establecer las potenciales utilidades de dichos sistemas acuáticos tomando como referencia pautas internacionales vigentes.

Existen pocos antecedentes en nuestro país sobre el estudio de la calidad microbiológica de las aguas superficiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área se encuentra definida a partir de sectores ecológicamente homogéneos (clima, suelo, vegetación natural, geología e hidrogeología), condicionando sectores de producción lechera, en el caso de Lobos y Monte y de producción de carne en el caso de Chascomús. Los recursos superficiales (ríos, arroyos y lagunas) se utilizan para actividades recreacionales.

Se trabajó con cartografía escala 1:50.000 a 1: 500.000, tanto para topografía como los mapas de Suelo del INTA. Los datos meteorológicos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional de los últimos 40 años.

Se recopilaron datos agropecuarios regionales provenientes de estadísticas oficiales en las encuestas y censos agropecuarios dentro del mismo período (INDEC), para definir los sistemas productivos existentes.

Se realizaron censos de perforaciones, muestreo de aguas superficiales y subterráneas en forma extendida para la determinación de sus características químicas y microbiológicas.

Se establecieron 28 estaciones de muestreo de agua subterránea, y 20 de agua superficial, correspondiendo 8 al Río Salado y 12 en lagunas y arroyos, siendo un total de 48 muestras. Todas las muestras fueron localizadas geográficamente con GPS.

La campaña fue realizada desde el mes de octubre de 1997 hasta octubre de 1998. Las muestras de aguas subterráneas se tomaron de perforaciones con bombas de diferentes características o molinos, con profundidades entre 6 y 35 m, éstas son las que se usan para abastecimiento a la población rural dispersa, tanto para consumo humano

como para las actividades agrícola-ganaderas. Las de agua superficial fueron seleccionadas en puntos representativos del río, en las lagunas de mayor importancia y en los arroyos vinculados a los cuerpos de agua referidos anteriormente.

Se realizaron determinaciones de temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad con instrumental in situ. Se realizaron análisis físico-químico de elementos mayoritarios y análisis microbiológicos de las muestras, determinando en este último caso microorganismos indicadores, patógenos y oportunistas, por métodos analíticos de referencia, (Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th. edition).

Los resultados obtenidos de los parámetros químicos mayoritarios se han interpretado de acuerdo al Diagrama de Piper (Fig. 2).

Las interacciones agua - terreno y dirección de las aguas subterráneas se determinaron por las relaciones hidrogeoquímicas de rCa/rNa , rCa/rMg y rSO_4/rCl . Figura 3. (Catalán La Fuente, 1981).

Para evaluar la posibilidad de uso de las aguas subterráneas para riego de los cultivos sin producir excesiva salinización o peligro de sodificación, se utilizaron las normas del U.S. Salinity Soil Laboratory of Riverside. Para esto se utilizaron los valores de conductividad medidos in situ y se calculó para cada muestra el RAS o índice de adsorción de sodio.

Se determinó la aptitud para uso humano, recreacional y protección de la vida acuática, ganadero y riego de acuerdo a normas nacionales e internacionales vigentes para cada uso.

La calidad del agua para uso ganadero fue evaluada según parámetros estadísticos descriptivos y según su aptitud relacionada a límites de seguridad y máximos admitidos para la producción animal, definiendo al límite de seguridad (LS) al valor a partir del cual se ve afectada la producción animal, y el límite máximo (LM) al valor a partir del cual se ve afectada la salud animal.(Herrero et al, 1997)

Algunos ejemplos son:

pH: de 6 a 9,

Sales Totales: Más de 3.000 mg/L puede ocasionar diarreas en animales no acostumbrados, más de 5.000 mg/L no es apta para guacheras y vacas preñadas, más de 7.000 mg/L no es apta para vacas en producción, más de 10.000 mg/l no es apta para ninguna categoría del tambo.

Cloruros: Límites máximos hasta los 5.000 mg/L; cuando corresponde a cloruros de sodio no ocasiona problemas, sí en el caso de cloruros de calcio y de magnesio cuyos límites admitidos son menores.

Sulfatos: No consumir agua con valores mayores a 1.500 mg/L en especial durante el verano, valores inferiores pueden ocasionar problemas reproductivos en animales no acostumbrados, especialmente a partir de 200 mg/L produciendo carencia inducida de cobre.

Dureza: No consumir agua con valores superiores a 3.000 mg/L de carbonato de calcio, las aguas con contenidos mayores a 380 mg/L de esta sal, se consideran muy duras para el lavado de equipos de ordeño.

Nitratos: De 45 a 200 mg/l pueden presentarse problemas en guacheras cuando no hay un adecuado balance nutricional, de 200 a 500 mg/l existe riesgo de problemas reproductivos (mayor número de servicios por preñez) en períodos largos de consumo, más de 500 mg/l no utilizar.

Para determinar la aptitud según contenido de microelementos para uso ganadero se utilizaron normas nacionales (Cód. Alim.Nacional, 1994 y Ley 24.051 de Residuos Peligrosos) e internacionales vigentes.

El muestreo fue acompañado por la realización de un cuestionario con el objeto de evaluar el uso y manejo actuales del agua por parte de los usuarios (productores rurales en general), la ubicación de los pozos con respecto a fuentes contaminantes y aspectos concernientes al sistema de producción agropecuario. Se evaluó la presencia de contaminantes en los sistemas acuáticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aguas subterráneas someras, son sódicas (Fig.2). En cuanto a los aniones, el 50 % de las muestras son bicarbonatadas, el 31 % no presentan anión predominante y el 19 % son cloruradas. Estas últimas se ubican en los alrededores de la laguna de Chascomús.

Las muestras de agua superficial corresponden a arroyos, lagunas y río Salado, en todas ellas el catión dominante es el sodio. En el caso de arroyos y lagunas, no se observa anión dominante, pudiendo clasificarse como sulfatadas cloruradas, mientras que en el río Salado el cloruro predomina, a excepción de una muestra cercana a la desembocadura del río.

Con respecto a la conductividad de las aguas subterráneas se observan fluctuaciones con respecto a sus valores, evidenciando zonas de recarga y descarga a nivel local, con valores que varían entre 1.10 μS y 4.30 μS

Mientras que para las aguas del río Salado, en las inmediaciones de Roque Perez ubicado al oeste de la región estudiada, su valor es del orden de los 8 μS decreciendo hacia la desembocadura con valor de 1.60 μS , excepto en la propia desembocadura que su valor es de 8 μS .

La litología predominante en los acuíferos es la fracción arcilla de tipo montmorillonítica, donde se produce intercambio iónico entre el sodio contenido en la arcilla y los iones Ca del agua, con el consecuente enriquecimiento de éstas en Na (Mirtesky et al, 1999).

También se caracterizaron las aguas basándose en el estudio de sus relaciones geoquímicas (Fig. 3), estas relaciones suministran datos de alimentación o recarga y dirección de flujo de las mismas. (Custodio, 1994).

Si bien en toda la zona de estudio se producen recargas y descargas locales, la dirección de flujo regional es de oeste a este.

En las zonas de recarga las relaciones de Ca/Mg y Ca/Na crecen mientras que la relación SO_4/Cl decrece, considerando que las condiciones son apropiadas ya que es área de interfluvio.

La relación Ca/Mg aumenta de oeste a este, hasta un 25 % en la desembocadura, en dirección al flujo regional, esta relación es mayor que 1 en zonas de recarga, refleja proporciones diferentes en algunos lugares que presentan tipos de suelos diferentes.

Para la relación SO_4/Cl se observa un aumento en dirección general del flujo, del 60 %, en las zonas de descarga la relación de SO_4/Cl aumenta, presentando un comportamiento inverso al de la relación Ca/Mg.

Cuando la lluvia no acompaña a los procesos productivos, el hombre arbitra los medios necesarios para obtenerlos, por lo que la composición química representa un papel preponderante en los sistemas productivos intensivos. Es necesario estudiar la interacción de la calidad del agua y el suelo, por los cambios desfavorables que el riego pueda ocasionar. Las dos causas de origen químico que alteran la permeabilidad son: a) muy alta salinidad en el agua y/o b) alta proporción de sodio.

Las sales disueltas en el agua de riego se suman a las ya existentes en la solución del suelo, resultando una nueva relación. De esa interacción podrá surgir, como resultado, un problema de alteración de estructura y permeabilidad.

La proporción relativa de los iones calcio, magnesio y sodio, nos permite analizar el efecto dispersante del sodio. El índice RAS (relación de adsorción de sodio) medido en el agua para riego, permite caracterizarla y anticipar posibles problemas. Los márgenes tolerables de éste índice en la clasificación para el agua de riego, expresan su peligrosidad por sodio. Elevadas cantidades de sodio en solución del suelo provocan el desplazamiento del calcio y el magnesio dentro del complejo de adsorción, provocando la dispersión de las partículas. Estudios posteriores indicaron que no es solamente el sodio presente lo determinante, sino que también debería considerarse la cantidad de carbonato y bicarbonato presente en el agua de riego. Esta recomendación está apoyada en que, ante la presencia de éstos aniones, se precipita el calcio y el magnesio, liberando sodio y acentuando sus efectos. A raíz de éste razonamiento se ha propuesto el RAS ajustado.

Estos valores medidos y calculados están en la tabla 1, que definieron grupos de aguas según los valores de las variables, que de acuerdo a las normas de Riverside las aguas varían entre C₃ y C₄, indicando medio a muy elevado peligro de salinización, salvo tres muestras que superan estos valores indicando peligrosidad grave C₅ y C₆, y solamente pueden emplearse en terrenos con muy buen drenaje y cultivos tolerantes a las sales. Respecto a los valores de RAS se observan una mayor dispersión, no obstante el 70 % se ubica entre baja y media peligrosidad, un 19 % es alto y un 11 % muy alto grado de peligrosidad de sodificación.

Los resultados de los análisis microbiológicos de las aguas superficiales demostraron que el número de microorganismos aerobios mesófilos viables se encuentra dentro de los rangos habitualmente hallados en dichas aguas.

Los valores de coliformes totales se encuentran dentro de las pautas establecidas por la Comunidad Económica Europea.

Se demostró la presencia de *Escherichia coli* y de *Pseudomonas aeruginosa* en el 40% y el 20% respectivamente de las muestras de aguas superficiales

Con respecto a otras especies bacterianas halladas en aguas superficiales en su mayor parte pertenecen al género *Pseudomonas* tal como *Pseudomonas fluorescens*, mientras que dentro de las enterobacterias se hallaron miembros de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*.

muestra	conductividad micromhos/cm	RAS	Ajuste RAS	gupo
2AAP4	2100	16.1	38.47	C ₃ S ₂
1BAP3	2500	19.18	44.88	C ₄ S ₂
1BAP4	2800	8.46	25.1	C ₄ S ₁
2BAP4	2300	14.29	34.55	C ₄ S ₂
1AAP8	1200	29.12		C ₃ S ₄
2AAP1	2250	13.07	34.46	C ₃ S ₄
1BAP5	2600	9.57	26.17	C ₄ S ₁
2BAP6	1500	8.05	21.18	C ₃ S ₁
2AAP2	2180	13.34	33.7	C ₃ S ₂
2BAP3	3700	18.13	53.09	C ₄ S ₃
2AAP3	3400	10.1	30.08	C ₄ S ₂
1AAP5	2300	4.5		C ₄ S ₁
1AAP2	1800	13.41		C ₃ S ₂
1AAP3	1500	21.15	44.83	C ₃ S ₃
1AAP4	1200	6.58		C ₃ S ₁
2BAP2	2600	12.64	36.01	C ₄ S ₂
2BAP1	1100	3.43	9	C ₃ S ₁
1AAP1	1740	21.12	42.82	C ₃ S ₃
1BAP6	7900	13.22	43.59	C ₆ S ₂
1BAP7	3900	10.8	32.98	C ₄ S ₂
2BAP8	2000	9.59	24.86	C ₃ S ₁
1AAP6	3100	27.6		C ₄ S ₃
1AAP7	4300	7.76		C ₅ S ₁
1BAP1	21000	50.67	149.55	C ₆ S ₄
2BAP7	1800	6.67	17.95	C ₃ S ₁
2BAP5	1500	10.26	24.36	C ₃ S ₂

Tabla 1

En la tabla 2 puede observarse el porcentaje de muestras que exceden el nivel guía de calidad de agua superficial para la protección de la vida acuática para cada uno de los constituyentes químicos inorgánicos estudiados, de acuerdo a la normativa nacional vigente para residuos considerados peligrosos. Basado en el Decreto 831/93

(Reglamentación de la Ley N°24051).

Con referencia a las aguas subterráneas se hallaron valores de nitratos que superan los límites internacionales permitidos para humanos en un 39.3% de las 28 muestras

CONSTITUYENTE QUÍMICO	NIVEL GUÍA DE CALIDAD ug/l	% DE MUESTRAS QUE SUPERAN EL NIVEL GUÍA
Boro	750	30 %
Cadmio	0,2	60 %
Cinc	30	20 %
Cobre	2	100 %
Cromo	2	35 %
Mercurio	0,1	10 %
Níquel	25	5 %
Plomo	1	65 %
Selenio	1	100 %
Uranio	20	25 %

Tabla 2

analizadas. Es importante destacar que el 93% de los pozos eran utilizados para consumo de la población y en este caso el valor medio de nitratos (54,3 mg/L) supera el admitido para consumo humano (45 mg/L). Cuando se considera el porcentaje de muestras que no son aptas para consumo de acuerdo a los mismos parámetros evaluados los resultados son similares a otras regiones del país, e inclusive a relevamientos realizados en áreas rurales de otros países. (Herrero,M.A. et al, 1997), (Gelberg,K et al 1999).

En los tenores de nitratos hallados se observó que no existe una relación con la dirección del flujo regional, sino que están relacionados a la ocurrencia de casos puntuales de contaminación como son los pozos sépticos, el volcado de efluentes de instalaciones intensivas animales, zonas de bebida y reposo de animales, como consecuencia de la deposición de materia orgánica.

Para conocer la relación entre las fuentes de contaminación y la presencia elevada de Nitratos, se recurrió a la realización de un muestreo mas amplio (n= 84) que abarcara en este caso todas las situaciones de la región y se consideró la cantidad de fuentes de

contaminación existentes a menos de 100 metros de cada pozo muestreado. Además se tuvieron en cuenta las respuestas al cuestionario realizado sobre los aspectos productivos y de manejo del agua.

Los resultados pueden observarse en el tabla 3. En la 3-A se agrupan según el origen en: Casas, Escuelas rurales, Animales (correspondiendo a corrales, criaderos, tambos y todo aquel pozo que tenga acumulación de materia orgánica de origen animal) y potreros (siendo en este caso aquellos molinos que se hallan en lotes de producción).

Es importante destacar que en este caso los guarismos más altos se obtuvieron cuando las muestras provienen de sectores con aporte de materia orgánica de animales, valores menores, pero cercanos al límite de aptitud, se hallaron en escuelas y casas y los resultados menores se obtuvieron en los potreros.

Estas mismas muestras se agruparon en relación al número de fuentes de contaminación ubicadas a menos de 100 metros de cada pozo, observándose una relación entre los valores de nitratos y el número de fuentes según se observa en la Tabla 3-B .

De acuerdo a esto se observa que en el caso de las muestras no aptas para consumo humano, en general, coinciden con muestras ubicadas en cercanías de fuentes de contaminación observándose que las más cercanas presentaban valores más altos de Nitratos y presencia de bacterias.

Estos datos, si bien son escasos para determinar una relación entre la presencia de contaminación en el agua subterránea y las causas probables, indican que los detalles de la construcción de los pozos y la distancia, tipo y número de fuentes son fundamentales a la hora de indicar como prevenir el deterioro de este recurso.

A- Contenido de nitratos y coliformes termorresistentes según el origen de las muestras

ORIGEN	n	Media	Desvío . estándar	Mediana	Mínimo	Máximo	n	Coliformes termorresistentes/100 ml		
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		Media	Mínimo	Máximo
CASAS	27	42,1	46,6	27	0	197	19	57	<3	1100
ESCUELAS	16	45,4	60,5	19	2	250	12	<3	<3	<3
ANIMALES	16	57,5	35,11	46	5	130	12	104	<3	1100
POTREROS	25	35,6	27,8	28	10	134	9	18,2	<3	93

Tabla 3

B – Contenido de nitratos y coliformes termorresistentes según el número de fuentes de contaminación ubicadas a menos de 100 metros

Número de Fuentes	n	Media	Desvío Estándar.	Mediana	n	Coliformes totales/100 ml	Coliformes fecales/100 ml
		mg/L	mg/L	mg/L		Media	Media
1	53	37,3	39,7	29	30	21,9	4,8
2	17	52,6	41,1	37	16	72,4	68,7
3 A 5	7	86,4	63,5	74	6	1910,6	1858,3

Se realizó análisis microbiológico en todas las muestras de agua superficial y en 52 de los 84 pozos donde se determinó la presencia de nitratos. El 39,2 % de las muestras de agua de pozos presentan valores de coliformes totales superiores a 3 /100 ml por lo que las mismas no son aptas para el consumo de acuerdo al Código Alimentario Argentino 1994 (Normativa vigente a nivel nacional para calificar las aguas para el consumo humano).

Con respecto al origen de las muestras puede observarse en la Tabla 3-A que en los pozos de las escuelas la ausencia de coliformes termorresistentes se debe al permanente control que realizan las autoridades locales. Esto permite la aplicación de medidas preventivas como son la desinfección de tanques y pozos existentes.

No ocurre lo mismo en los pozos de igual profundidad cercanos a las escuelas, pero que pertenecen a casas de familia, en los cuales no se realizan controles periódicos y donde se han presentado valores elevados de estos indicadores de contaminación fecal. Esto ocurre también en los pozos cercanos a instalaciones para animales, que presentan además los valores más altos de contenido de nitratos.

Puede observarse, que al igual que lo ocurrido con la presencia de nitratos, los niveles hallados tanto de coliformes totales como de coliformes fecales o termorresistentes son mayores a mayor número de fuentes potenciales de contaminación ubicadas a una distancia menor a 100 metros (Tabla 3-B)

Cuando se evaluó el agua para uso ganadero pudo observarse que los valores promedio hallados en pH están dentro del rango indicado, los hallados en TDS, dureza, cloruros, nitratos y arsénico son inferiores a los límites admitidos no presentando en consecuencia, problemas para la producción y salud animal. Sin embargo, en la región se han hallado muestras con valores extremos que superan aquellos permitidos tanto para la producción como para la salud de los animales que las consumen.

Los valores de sulfatos presentes en toda la región superan el límite de seguridad, pudiendo ocasionar problemas en la reproducción, especialmente en animales con falta

de acostumbramiento, jóvenes y con alimentación con déficit de fibra y materia seca. Estas sales dada su estrecha vinculación con la nutrición de los animales deberán ser evaluadas en el contexto de cada sistema de producción. Con respecto al magnesio los límites para bebida de animales (250 a 400 ppm) no son superados en ninguno de los pozos.

Las aguas superficiales la presencia de magnesio, sodio y potasio fue superior a la de los pozos analizados. Los valores mayores pueden atribuirse a evaporación ya que las aguas subterráneas constituyen una fuente importante de las superficiales.

Existen muy pocos estudios con referencia a información química detallada de concentraciones de microelementos en aguas de zonas rurales, además la mayoría de los elementos se presentan en concentraciones por debajo de 100 µg/L y muchos en cantidades menores de 0,1µg/L. En la región se realizó correlación de metales trazas y suelos con contenidos de microcomponentes. (Galindo et al, 1999).

Estas condiciones hacen que los resultados presentados se limiten a una descripción de la situación explorada en lo que respecta a la concentración de aquellos elementos de importancia conocida, a la presencia de posibles correlaciones en relación a la condición hidroquímica y el desarrollo de diferentes tipos de suelos en la región.

El *Aluminio* soluble puede producir por interacción con Magnesio la aparición de hipomagnesemia. (Allen,V; 1985). Los valores hallados son bajos en aguas subterráneas y elevados en aguas superficiales que al igual que el Hierro son elevados en la zona de descarga, cercano a la desembocadura del Salado. El *Hierro* es abundante en los suelos de la región, al igual que la de *Manganeso* sería el factor de mayor importancia. En este último caso su presencia es elevada en aguas subterráneas, en valores superiores a los referidos en otros países (NRC, 1996). De acuerdo a los guarismos hallados en esta región el aporte de este elemento a partir del agua para bovinos podría cubrir entre el 150 al 200% de los requerimientos.

La presencia de *Cinc* excede los niveles guía propuestos por la ley 24.051, siendo superior en aguas subterráneas. La concentración en aguas superficiales no es importante, probablemente por su tendencia a precipitar en presencia de material arcilloso en suspensión. En la zona estos últimos se presentan en valores no peligrosos.

Los valores de *Cobre* hallados tanto en aguas de pozo como superficiales son bajos y no presentarían riesgo de toxicidad.

El *Molibdeno* presenta valores menores a otras zonas. Su presencia se explicaría por la existencia de materiales piroclásticos en los sedimentos, siendo los suelos que se hallan en la región, alcalinos y de salinidad media, promotores de su absorción.

El *Arsénico* se halla presente en el 64% de los pozos y en el 75% de las aguas superficiales, con concentraciones que superan los límites para humanos y en algunos casos para animales, siendo valores esperados para la región según estudios realizados anteriormente (Herrero, 1997). Su origen en la región se presume volcánico.

El *Vanadio* se presenta en valores muy por debajo de los límites admitidos, su función es la relacionada a procesos en la calcificación ósea y es inhibidor de la biosíntesis del colesterol. Los valores hallados son menores a otras zonas del país (Nicolli y otros, 1985) y se asocia a la presencia de arcillas provenientes de rocas ígneas.

El *Selenio* se presentó en el 85% de los pozos con valores similares a otras regiones del país. Su origen en la región se presume de vidrio volcánico. Si bien sus efectos son beneficiosos, los excesos pueden producir efectos similares al arsénico, por otra parte la presencia de arsénico en aguas acentuaría la toxicidad del selenio (Catalán-Lafuente, 1981).

CONCLUSIONES

En las aguas subterráneas y superficiales el catión dominante es el sodio, no se observa anión dominante, por lo que se detecta mezclas de aguas.

Las fluctuaciones de los valores de conductividad en las aguas subterráneas evidencian zonas de recarga y descarga, corroborado por las relaciones geoquímicas efectuadas.

Basados en el estudio de las relaciones geoquímicas la dirección del flujo subterráneo regional es de este a oeste.

Las fluctuaciones de coliformes fecales o termorresistentes encontrados tanto en aguas subterráneas como superficiales parecen estar relacionadas con contaminaciones de origen fecal focalizadas, hallándose tenores más elevados en zonas de mayor asentamiento humano o mayor actividad agrícola ganadera.

Las posibilidades de utilización del agua en el sector ganadero, especialmente las que se realizan en regiones húmedas donde la cantidad no es limitante, están muy condicionadas por la calidad. A este respecto no es fácil establecer normas rigurosas por la gran variabilidad de situaciones en exigencias de producción y nutrición animal.

Es útil obtener valores guías para los diferentes usos que orienten la toma de

decisiones en las diversas situaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen,V; (1985).- Influence of Aluminium on Magnesium metabolism. 4t.Symp. on Magnesium; Blackburg:50-66
- Catalán Lafuente, J. (1981).– Química del Agua- Ed. Alonso –Madrid – p. 423
- Código Alimentario Argentino Actualizado. (1994). - Cap. XII art.982, p.331. De la Canal y Asoc. Buenos Aires.
- Custodio, E. (1994).- Hidrogeoquímica e isotopía ambiental. En Temas actuales de la hidrología subterránea. Ed: Bocanegra,E. y Rapaccini,A. Univ.Nac. de Mar del Plata y CFI. pp:61-78.
- Decreto reglamentario 831/93 de Ley 24.051.– Residuos Peligrosos – Boletín oficial Lunes 3 de mayo de 1993-:15-17 Argentina.
- Fernández Cirelli, Galindo, G. Herrero, M.A, Korol, S. (1998).-. Caracterización físico-química y microbiológica para la definición de áreas críticas en la cuenca del río Salado, prov. de Buenos Aires. IV Cong. Latinoam. de Hidrología Subterránea. Montevideo, Uruguay. pp:1037-1052.
- Frenguelli,J, (1950).- Rasgos Generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires,Publi.L.E.M.I.T, Ser.2 (33) : 35-39.
- Fuschini Mejía, M, (1994).- El agua en las llanuras. by PHI-UNESCO/ORCYT – Montevideo, Uruguay – ISBN 92-9089-041-1, 58 p.
- Galindo,G.; Herrero,M.A. Flores,M. y Fernández Turiel, J.L. (1999).- Correlación de metales trazas en aguas subterráneas someras en la cuenca del río Salado, Prov. de Bs. As., Arg. en Hidrogeología Subterránea, edit: A.Tineo. serie de Correlación Geológica No.13:251-261.
- Guía para la calidad del agua potable. Recomendaciones. (1995).- Vol. 1. OMS. Ginebra.
- Herrero, M.A. y otros, (1997).– Protagonistas del desarrollo sustentable: El agua en el sector Agropecuario, caracterización de la Pradera pampeana. Ed. EUDEBA. Bs.As. Arg. pp:53-81.
- INTA. (1987).– Carta de suelos de la Rep. Arg. hoja 3560-30 – pp 1-19.
- Miretzky,P., Conzonno,V. y Fernández Cirelli, A. (1999).- Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin (Argentina), Environmental Geology, in press.

Nicolli, H.y otros. (1985).- Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sur occidental de Córdoba. Miscelánea 17. Academia Nac. De Ciencias. Pcia. Córdoba.

NRC. (1996).- Mineral Tolerance of domestic Animals - Academic Press.

Santini, P., Korol, S., Moretton, J., Franco, M.; Dominguez, N.; D'Aquino, M. (1988).- Estado sanitario de aguas recreacionales de diferente origen. V Congreso Argentino de Microbiología. Buenos Aires. Noviembre.

Toranzos, G.; Mc Feters, G. A. (1997).- Detection of indicator microorganisms in environmental freshwaters and drinking waters. En Manual of Environmental Microbiology. A. S. M. Press. Washington D. C.

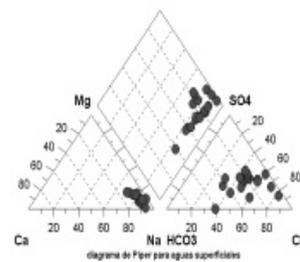
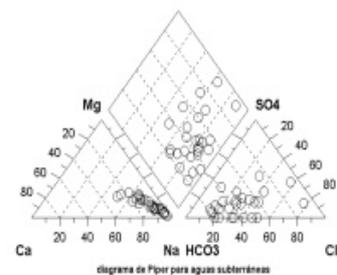
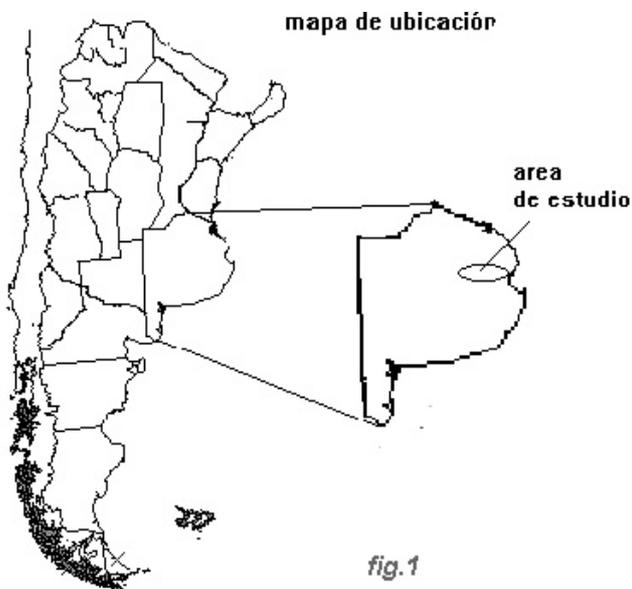


fig.2

