

ESTUDIO DE LA MINERALIZACIÓN DEL AGUA EN CURSOS DE LA CUENCA DEL RÍO MIRAFLORES Y LA LAGUNA DE GUAYATAYOC (JUJUY)

Martha Bargiela¹, Stella Navone², Alejandro Maggi² y Adolfo Kindgard²,

1_ Cátedra de Química Analítica. Departamento de Recursos Naturales.

2_ Centro de Investigación y aplicación a la teledetección (CIATE)

Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires

Av. San Martín 4453. (C1417DSE). bargiela@agro.uba.ar

Resumen

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en uno de los temas más críticos en los países en desarrollo.

En el caso de la Puna un mal uso puede generar fenómenos de salinización, y el agregado de contaminantes al recurso que de por sí es escaso.

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio preliminar de la mineralización del agua, para ser utilizado como posible indicador de desertificación en las cuencas del Río Miraflores y la Laguna de Guayatayoc (Departamento de Cochinoca).

Los sitios de estudio se ubicaron sobre los cursos de agua de ambas cuencas, en marzo y setiembre.

El muestreo se realizó por triplicado. A cada punto de muestreo se le tomaron las coordenadas geográficas con un navegador tipo Garmin y se midió el pH, la conductividad eléctrica (CE), la temperatura y sólidos suspendidos.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio a 4°C siguiendo las normas ASTM (1979). Allí se determinaron las concentraciones de Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}) por titulación con EDTA y sodio (Na^+) y potasio (K^+) por fotometría de llama, carbonatos y bicarbonatos por titulación ácido-base y cloruros (Cl^-) por titulación con nitrato de plata, según APHA (1992). Se obtuvieron los datos climáticos previos a las campañas.

La evaporación no genera un efecto mineralizador muy fuerte en los suelos de la laguna (todas las conductividades se encuentran por debajo del nivel de suelos salinos), probablemente debido al nivel poco salino del agua de los escurrimientos (las CE no superaron en los casos extremos los $900\mu\text{S}/\text{cm}$ en setiembre). Se encontraron variación de los contenidos de cationes dependiendo de zonas más afectadas por la evaporación. En los escurrimientos analizados en la zona de la laguna se observaron valores diferentes de pH (entre el escurrimiento proveniente de Quera y Abraalite) relacionados posiblemente con diferente material parental.

Palabras clave: desertificación, agua, mineralización, Puna.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en uno de los temas más críticos en el mundo en general y en los países en desarrollo en particular (GEO 4,2007) En el caso de las tierras áridas y semáridas como la Puna, un mal uso puede generar fenómenos de salinización, y si además existe un agregado de contaminantes al recurso de por sí escaso, favorece los procesos de desertificación. Se entiende por desertificación a la expresión general de los procesos económicos y sociales, así como de los naturales e inducidos, que destruyen el equilibrio ambiental (FAO-UNEP 1984).

La cuenca del río Miraflores (2.563 km²) con centro en Abra Pampa (65Q 30' W y 22Q 45' S) es representativa fisiográficamente de toda la Puna siendo una de las numerosas cuencas endorreicas del altiplano argentino más densamente poblada y que muestran hoy un mayor grado de incorporación de mejoras tecnológicas. La región está íntegramente dedicada al pastoreo, principalmente de ovinos y camélidos, y en menor proporción, de caprinos y asnales (Navone et al 2004).

De acuerdo a lo dicho el objetivo del trabajo fue realizar un estudio preliminar de la mineralización del agua, para ser utilizado como posible indicador de desertificación en las cuencas del Río Miraflores y la Laguna de Guayatayoc (Departamento de Cochino) para lograr un uso sustentable de las aguas de la Puna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área en estudio

El sistema hidrográfico de la mayor parte de la Puna Argentina se caracteriza por la existencia de un marcado endorreísmo con el desarrollo de depresiones salinas (salares) que reciben los aportes de cursos fluviales con desagües de escasa magnitud y en cuyo centro suelen formarse, en forma temporal o permanente cuerpos lagunares de escasa profundidad

Las escasas precipitaciones, principalmente estivales y de gran intensidad, se producen en forma de nieve o granizo en los cordones montañosos de mayor altitud, mientras que en los sectores de menor altura suelen producirse vigorosas lluvias.

Los sitios de estudio se ubicaron sobre los cursos de agua de las cuencas del Río Miraflores y la Laguna de Guayatayoc (Departamento de Cochino), en marzo y septiembre de 2005.

El Río de Abra Pampa ó Miraflores tiene sus nacientes en el sur de Yavi, donde recibe la denominación de Río del Puesto. Pasa por la laguna de Runtuyoc, toma luego la denominación de Río Abra Pampa. Continuando siempre hacia el sur se denomina Río Miraflores y por último Cochogasta, para finalmente desaguar a la laguna de Guayatayoc Tiene una long. de 115km. Su lecho es arenoso y no presenta accidentes hasta su desembocadura.

Los afluentes por su margen derecha son los Ríos Angostura, Chorojra, Doncellas, que a su vez recibe las aguas de los Arroyos Chorbante y Tambillos. Luego podemos mencionar los Ríos Casabindo, Negro, Blanco y el de Tusaquillas.

Los afluentes por la margen izquierda son el Río Colorado, que sirve de límite entre Cochino y Yavi, también mencionaremos los Ríos Tabladas, Lumara y Abra-Laite.

Los recursos hídricos de la cuenca hasta la localidad de Abra Pampa provienen de una superficie de captación de aproximadamente 2600 km² en la cual se encuentran las subcuencas de los arroyos de régimen permanente, Colorado y Doncellas, que ocupan 530 km².

Las mediciones pluviométricas muestran el tipo torrencial de las lluvias, lo que produce escorrentías importantes (Figura 1) Navone (1996).

Este hecho se confirma por la presencia de numerosos cauces secos en invierno, que atraviesan los piedemontes llegando hasta la vega del río Miraflores.

En definitiva las precipitaciones de la cuenca alimentan en parte a la vegetación natural, en parte a escurrimientos superficiales que según su importancia fluyen, hacia el río Miraflores o terminan insumiéndose en sus propios lechos y/o infiltrándose en los suelos. Estos procesos superficiales terminan alimentando a una freática que sigue la pendiente del terreno y genera la ciénaga que recorre la parte baja de la cuenca.

Por estas razones el río Miraflores se forma con el flujo de base de la cuenca y posee una considerable capacidad de amortiguación de crecidas debido a la ciénaga que lo acompaña al río en toda su longitud y que tiene una superficie calculada de casi 4.800 Has.

El flanco oeste de la cuenca del río Miraflores constituido por las serranías de Cochino y el cordón de Escaya, posee condiciones poco favorables para la infiltración de las precipitaciones por carecer de conos de deyección y poseer materiales muy poco permeables en sus faldeos. Por ello, los escurrimientos superficiales son abundantes aunque temporarios y se observa una densa red de drenaje.

El agua disponible a lo largo del año se reduce a las napas freáticas (Navone 1996).

FIGURE 1: Location of the studied area

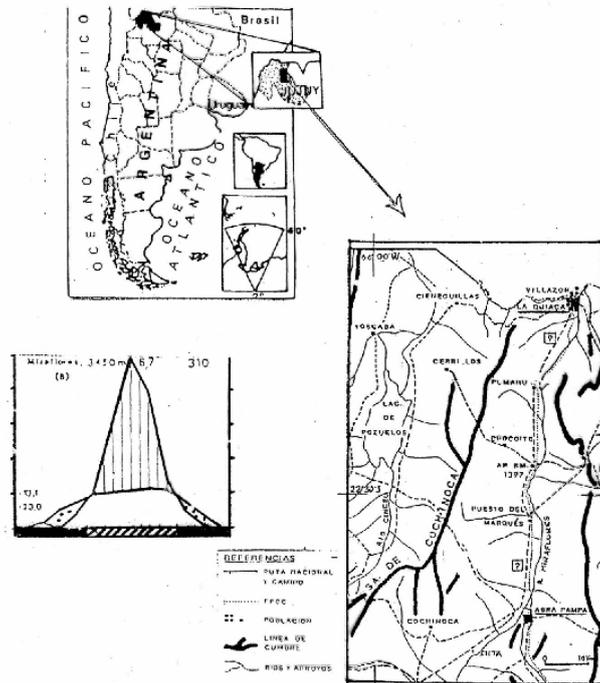


Figura 1 Ubicación del área estudiada y balance hídrico histórico. (Navone, 1996)

La cuenca de Guayatayoc se encuentra en la provincia de Jujuy Dto. de Cochinoca entre las siguientes coordenadas: $65^{\circ} 41' 21.91''$ W, $22 42 58.02$ S. y $65 59 04.99$ W, $23 32 55.56$ S. Sus precipitaciones medias anuales son de 200 mm con una distribución principalmente estival. La evapotranspiración potencial: 600 mm siendo la real: 300 mm. El déficit de agua se encuentra entre 300 y 400 mm. Es un clima continental con gran amplitud térmica diaria. (Navone et al 2005) (Figura 2).

Los **Fluents** desarrollados en esta unidad se encuentran ubicados en las zonas más cercanas a la laguna, en zonas de derrames y concavidades. Se observan secuencias de capas con profundidades variables. De distinta textura que va de las arenosas a las franco limosas y en algunos casos se encuentran presencia de gravillas con distintas formas, tamaños y en distintos porcentaje. La clase natural de drenaje va de moderadamente bien drenada a imperfectamente drenada. En algunos sectores cóncavos cercanos a la laguna se ven síntomas de salinidad. (Roca, 1984; Bargiela et al. 2006)

Luego de recorrer un corto trayecto en superficie, el agua que desciende de los sectores montañosos retorna a la atmósfera por evaporación dada la elevada temperatura imperante durante el día y a la baja humedad relativa del aire o se incorpora rápidamente al subsuelo sufriendo una rápida infiltración en las potentes acumulaciones aluviales que ocupan los sectores pedemontanos, dada su alta permeabilidad. Esto puede producir variaciones del caudal durante el mismo día, como observamos en la zona Oeste de la Laguna de Guayatayoc con cursos de agua que presentaban caudal superficial en horas de la tarde de menor insolación. (Navone et al 2005)

Ubicación de los sitios de muestreo

En la zona de la Cuenca del río Miraflores nos encontramos con un claro ejemplo de una vega con un caudal importante utilizada antrópicamente, donde se asienta el pueblo de Cangrejillos (E1: 22° 15' 33,1'' S; 65° 38' 36,2'' W)

Ya en el cauce principal del Ró Miraflores, se muestreó el río a ambos lados de la ruta que une la Vega de Cangrejillos con la Ruta 9 (4 km de La Intermedia), porque se encontraron dos cursos independientes con diferencias en el pH y la conductividad; el curso que desaparece aguas arriba (Mira) y el que continúa aguas abajo (Mird).

En la zona oeste de la Cuenca del río Miraflores tomamos muestras de agua en puntos coincidentes con los muestreos de marzo. Sobre la Ruta 9 (22° 41' 44,1'' S; 65° 41' 51,7'' W) y aguas abajo, camino al INTA de Abrapampa por la ruta provincial número 11 (22° 42' 35,7'' S; 65° 42' 33,5'' W).

En la laguna de Guayatayoc en el muestreo del mes de marzo los escurrimientos llegaban hasta la ruta 40 tanto en el río Quera (23° 06' 0,2'' S; 65° 48' 12,6'' W) como el Abralaite (23° 09' 6,8'' S; 65° 49' 8'' W). Pero en época seca (setiembre) el agua estaba siendo interceptada totalmente para uso humano en acequias y consumo a través de las tomas en altura. Aguas debajo de la Toma en Abralaite a orillas de la acequia se encontró un corral de encierro nocturno de llamas. Las heces de los animales en el pisoteo pueden caer hacia la acequia y contaminar el agua. Por eso se tomaron muestras antes y después de esa posible descarga (Aba y Abd)

Muestreo y determinaciones analíticas

El muestreo se realizó por triplicado. A cada punto de muestreos se le tomaron las coordenadas geográficas con un navegador tipo Garmín. III.

Se confeccionó un balance hídrico en un trabajo previo (Lafeuillade, 2006), para la localidad de Abra Pampa, según el método Blanney-Criddle con datos de precipitación del año 2004, y datos históricos de temperatura media mensual correspondiente al periodo 1981-1990, para la misma localidad. Analizando las precipitaciones correspondientes, se puede destacar que los meses con mayor volumen de lluvias son diciembre, enero, febrero y marzo (siendo éste último el que presenta el menor aporte del grupo mencionado); en el mes de julio no se registran lluvias, siendo el nivel de precipitaciones intermedio en el mes de septiembre. En función de eso se realizó una campaña en época húmeda (marzo) y en época seca (setiembre)

En cada punto de muestreo se determinaron pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos suspendidos.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio a 4°C siguiendo las normas ASTM (1979). Allí se determinaron las concentraciones de Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}) por titulación con EDTA y sodio (Na^+) y potasio (K^+) por fotometría de llama, carbonatos y bicarbonatos por titulación acido-base, y cloruros (Cl^-) por titulación con nitrato de plata, según APHA (1992).

Se obtuvieron los datos climáticos previos a las campañas. (Lafeuillade, 2006).

En función de los datos obtenidos en el análisis de cada sitio se obtuvo la relación de mineralización del agua que se clasificó tomando como referencia el CUADRO1 de los diferentes niveles del indicador consensuados para América Latina (Alfaro Catalan, 2003).



Figura 2 Imagen satelital de la Laguna de Guayatayoc y la desembocadura del río Miraflores

Tabla1 mineralización del agua y sus parámetros indicativos: ML: muy leve, L: leve, mL: moderadamente leve, mF: moderadamente fuerte, F: fuerte, MF: muy fuerte (CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de Adsorción de sodio) de Alfaro Catalán 2003.

CE (mmhos/cm)	RAS						
	0-8	8-14	14-19	19-23	23-26	26-28	>28
0-4	ML	ML	L	mL	M	mF	F
4-8	ML	L	ML	m	MF	F	MF
8-12	L	ML	M	mF	F	MF	MF

RESULTADOS

Tabla 2 :Cationes mayoritarios y RAS en los sitios de estudio en el mes de marzo

	Ca meq/litro	Mg meq/litro	Na meq/litro	RAS
Río Miraflores y ruta 9	1,97	8,94	1,71	0,73
Miraflores al sur	1,05	1,31	7,59	6,98
Cuenca Guayatayoc				
Río Quera	1,32	1,45	0,30	0,26
Río Abrolaite	0,59	0,13	0,32	0,53

Tabla 3: pH, CE, y aniones en los sitios de estudio en el mes de marzo

	pH	CE mmhos/cm	Cloruros meq/litro	Bicarbonatos meq/litro
Río Miraflores y ruta 9	9,11	0,750	0,60	4,50
Miraflores al sur	8,7	0,750	4,42	4,50
Cuenca Guayatayoc				
Río Quera	7,47	0,300	0,28	3,00
Río Abrolaite	8,03	0,060	0,07	2,00

Se presentó una diferencia de pH entre los escurrimientos del río Quera y el Abrolaite, que podría deberse a material parental de la zona, correspondiendo a dos formaciones diferentes: Grupo Santa Victoria: areniscas lutíticas, lutitas y lutitas margosas; y Formación Aguilar- Abrolaite: granito calcoalcalino biotítico y turmalinizado respectivamente. (Figura 3)

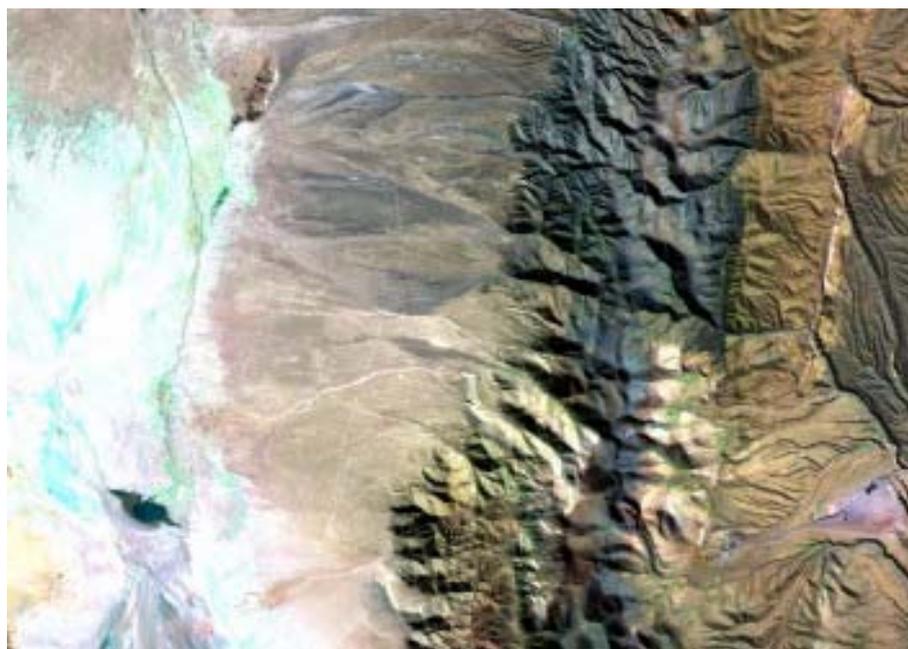


Figura 3 La imagen landsat 7-4-2, muestra las bajadas provenientes de la Sierra de Aguilar. Al norte el material más oscuro corresponde al Grupo Santa Victoria y al sur el material más claro corresponde a la Formación Aguilar-Abrajaite.

Tabla 4: Cationes mayoritarios y RAS en los sitios de estudio (mes de setiembre).

	Ca meq/litro	Mg meq/litro	Na meq/litro	RAS
Vega Cangrejillos (E1)	0,90	0,20	0,20	0,27
Rio Miraflores				
Mira	1,10	1,00	0,68	0,66
Mird	1,10	0,50	0,13	0,15
Rio Miraflores y ruta 9	2,00	0,40	1,23	1,12
Miraflores al sur	1,60	1,00	1,19	1,04
Abrajaite				
Aba	0,90	0,40	0,09	0,12
Abd	1,00	0,20	0,75	0,97

Tabla 5: pH, CE, y aniones en los sitios de estudio (mes de setiembre).

	pH	CE mmhos/cm	Cloruros meq/litro	Bicarbonatos meq/litro
Vega Cangrejillos (E1)	8,16	0,320	1,67	0,72
Rio Miraflores				
Mira	10,29	0,660	1,33 y 4,00	1,24
Mird	8,68	0,460	3,50	0,66
Rio Miraflores y ruta 9	8,33	0,540	7,00	1,31
Miraflores al sur	8,57	0,590	4,00	1,44
Abrajaite				
Aba	7,94	0,230	2,50	1,38
Abd	7,87	0,250	2,00	0,59

Las eflorescencias salinas que encontramos alrededor de Mira tienen un sabor salado. Nos encontramos con mayor cantidad de sales solubles de Na y K. Además el agua de este río es muy utilizada para consumo animal, hecho fácilmente observable a campo debido al pisoteo y el material orgánico encontrado alrededor. Eso puede generar contenidos importantes de materia orgánica del río y la disminución de pH aguas abajo.

Al sur de la ruta 9 por el cauce principal del Río se presentó una caudal mucho más importante en setiembre que el que se observó en marzo, pese a que este nuevo muestreo es en situación de estiaje mínimo y se muestreó con temperaturas más altas. Al comparar los datos obtenidos con los de marzo, vemos que este aumento de caudal se refleja en una menor conductividad. En la zona de Abrapampa hubo una pequeña precipitación nival dos días antes que pueden haber influido en esta variación.

Según los datos de los análisis obtenidos, y comparándolos con la tabla 1, las muestras se encuentran en un grado de mineralización muy leve.

La evaporación no genera un efecto mineralizador muy fuerte en los suelos de la laguna (todas las conductividades se encuentran por debajo del nivel de suelos salinos), probablemente debido al nivel poco salino del agua de los escurrimientos. Las eflorescencias salinas debido a los contenidos de bases observados se deben principalmente a carbonatos de Ca y Mg precipitados por la evaporación. (Bargiela et al 2006)

BIBLIOGRAFÍA

- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F.** (1992). *Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Diaz de Santos. S.A. Madrid, 1816 p.
- Alfaro Catalan W.** (2003) “*Desarrollo de indicadores de desertificación en Chile*”. En: Desertificación. Indicadores y Puntos de Referencia en América Latina y el Caribe. Abraham. E., Tomasini, D. y P. Maccagno (Editores). Mendoza, Z.
- ASTM.** (1979). *Annual book of ASTM standards Part 31*. Water, American Society for testing and materials, Philadelphia, 1280 p
- Bargiela M. , Navone S, Maggi A., Rendina A. y Introcaso R.** (2006) “*Análisis de la salinidad de suelos en la Laguna de Guayatayoc*” XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunion de Suelos de la Región Andina. Compilado por Adriana Elina Ortega; Josefina Diez y Elbio Nicolás Aguirre- 1ª ed. Salta. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- FAO-PNUMA** (1984). *Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización*. Roma p. 74.
- Lafeuillade Alexandra** 2006. *Estudio de la relación de los parámetros físico-químicos del agua con minerales provenientes de materiales geológicos de la zona por imágenes de alta resolución* Trabajo de investigación para acceder al título de Ingeniero Agrónomo. FAUBA
- Navone** (1996). *Valoración de la degradación/desertificación a través de imágenes satelitarias en una región semiárida de la Puna Argentina*. Tesis Magíster Scientiae en Ciencias del Suelo Escuela para graduados Alberto Soriano FAUBA
- Navone, S. M.; Maggi, A.; Bargiela, M.; Rienzi, E. y Introcaso, R.** (2004): “*Indicadores para el monitoreo de la desertificación en Puna y Valles Áridos.*” Teledetección aplicada a la problemática ambiental argentina. Centro de Investigación y Aplicación a la teledetección de la FAUBA. 2004. Pp 97-108, Buenos Aires, Argentina.
- Navone S., Bargiela M., Maggi A., Introcaso R.** **PROGRAMA COMBATE DE LA DESERTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA EN AMÉRICA DEL SUR.** Informe Nro 17 -Sitio Piloto. Región de La Puna. Octubre 2005
- Rocca, Enrique O.** (1984). *Estudios de Suelos de la Puna Jujeña (2º Parte)* Documento Universidad Nacional de Jujuy (PEN-OEA/65)