



PRODUCCIONES CIENTÍFICAS. Sección: Ciencias de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología.

**Calidad del Agua de Uso Agropecuario
en los Valles Intermontanos de Lerma, Metán
y Calchaquies (Salta).**

Autores: *Salusso, María Mónica y Moraña, Liliana Beatriz.*

Dirección: msalusso@unsa.edu.ar

Facultad Ciencias Naturales, Universidad Nacional Salta.

Buenos Aires 177. (4400). Salta, Argentina.

Introducción:

En muchas partes del mundo va disminuyendo el número de fuentes de abastecimiento de agua de buena calidad, de las que se puede disponer con fines de desarrollo. Las fuentes, actualmente disponibles para tal finalidad, son aguas de calidad inferior, y en muchos casos se hace uso de suministros que en tiempos pasados se consideraban de carácter marginal o inutilizables.

La necesidad apremiante de potenciar la producción agrícola está ejerciendo fuertes repercusiones sobre las aguas de buena calidad, lo cual se traduce en una degradación de éstas a medida que recorren su curso. Sin embargo, el hecho importante es que tales aguas, aunque degradadas, siguen siendo utilizables. Sobre el terreno se aprecian los beneficios que reporta el aprovechamiento acertado del caudal hídrico y los problemas que plantea su abuso o mala utilización. De aquí que una acertada evaluación del agua sea esencial (FAO, 1977).

El agua utilizada para fines agropecuarios, debe cumplir con determinadas normas de calidad en cuanto a sus propiedades físicas, químicas, biológicas y bacteriológicas. Si bien, los valores guías tomados de las normativas varían de un país a otro, en ningún caso se permite que el agua destinada a estos fines contenga gérmenes de enfermedades infecciosas o parasitarias, perniciosas para el hombre o los animales.

La calidad de las descargas provenientes de los sistemas de riego tienen una influencia primaria sobre los cultivos. El criterio para la delimitación de la calidad

del agua de riego depende de los tipos de suelos, cultivos y del clima regional. La eficiencia de riego dependerá a su vez de la dosis de riego aplicada, siendo las características del suelo determinantes para obtener un resultado adecuado.

Los procesos de salinización del agua restringen su uso para irrigación, dado que valores altos (> a 750 micromhos/cm) pueden causar defoliación de las plantas y disminución de la productividad del cultivo. La proporción relativa de los cationes, en particular el incremento en la cantidad de sodio (Na^+) en relación al contenido de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), puede ocasionar problemas de permeabilidad por daño en la estructura original del suelo. Si bien los cultivos presentan diferentes patrones de tolerancia a la salinidad del agua, la salinidad promedio que se desarrolla en la zona de la raíz es tres veces mayor a la del agua de riego. El incremento de la salinidad puede causar la liberación de algunas sustancias adsorbidas al material particulado en suspensión, tales como metales, hidrocarburos, organoclorados y nutrientes.

El agua utilizada para irrigación presenta un contenido de sales que es función del tipo de roca prevalenciente en el área, la naturaleza del suelo por el cual fluye y el grado de polución que recibe por actividades humanas.

Se realizó el muestreo de las aguas empleadas para riego en 25 puntos de control establecidos durante los meses de octubre y noviembre de 2000, en las principales áreas agrícolas de los valles intermontanos de Lerma, Metán y Calchaquíes en la Provincia de Salta. Se determinaron los siguientes tipos de contaminantes de origen difuso:

- a. Plaguicidas: compuestos organoclorados (DDT, Dieldrin+Aldrin, Clordano total, Heptacloro + Heptacloro epóxido, Lindano, Metoxicloro); compuestos organofosforados (paratión, metil-paratión y malatión), utilizados contra plagas agrícolas y domésticas.
- b. Determinación de la concentración de elementos minoritarios inorgánicos y metales pesados: boro, arsénico, hierro, mercurio, zinc, plomo, cadmio, aluminio, manganeso, en muestras de aguas provenientes de los puntos de control establecidos.
- c. Nutrientes: formas solubles de nitrógeno (nitratos, nitritos, amonio), Fósforo soluble (ortofosfatos) y particulado (PT).
- d. Sales disueltas: alcalinidad, potasio, calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, sílice reactiva y fluoruros.
- e. Microorganismos indicadores de calidad bacteriológica del agua: cuantificación de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF).
- f. Sólidos totales disueltos y parámetros medidos in situ (T °C, pH, conductividad, O_2 disuelto y turbidez).

En las determinaciones analíticas se utilizaron las técnicas normalizadas de la APHA (1992) y de la Guía Operativa GEMS/AGUA de la UNEP/UNESCO/WWO (1994).

Caracterización Global de las Aguas de Riego en los Distintos Valles Intermontanos:

A fin de comparar la calidad del agua de riego entre las diferentes zonas de la Alta Cuenca del río Juramento, se procedió a agrupar los sitios de muestreo según su pertenencia a alguno de los tres valles intermontanos de la cuenca: Valles Calchaquíes, Valle de Lerma y Valle de Metán, ya que es en los valles en donde se realiza prácticamente la totalidad de la actividad agrícola. A tales efectos se confeccionaron tablas con los valores promedio, máximo, mínimo y desviaciones estadísticas para cada uno de los tres valles mencionados. Posteriormente, se determinaron los parámetros fisicoquímicos que presentaron diferencias estadísticas entre valles.

Entre los factores que más interesa considerar en una cuenca hidrográfica son: la naturaleza geológica del terreno y el estado de los suelos superficiales, ya que éstos son la fuente del tipo de materiales que arrastran las corrientes. Por lo tanto, la naturaleza físico-química de las aguas de una cuenca de drenaje, al igual que su productividad biológica, están en función de la naturaleza de sus suelos, su uso y su estado de conservación (Roldán Pérez, 1992). La Alta Cuenca del Río Juramento presenta una gran variedad de suelos, en lo que hace a características y propiedades de los mismos. La diversidad de suelos, es consecuencia de la interacción de los factores de formación que son extremadamente variables en la cuenca, topografía accidentada, distintos materiales originarios y texturas existentes. Tomando en consideración lo antes mencionado, se explicará brevemente los tipos predominantes de suelos para cada valle intermontano y su relación con determinadas variables fisicoquímicas estudiadas:

a. Valles Calchaquíes:

Presenta suelos correspondientes a los ordenes *entisoles* y *aridisoles*. Los entisoles son suelos con escaso o nulo desarrollo de los horizontes pedogenéticos, con un horizonte superficial pobre en materia orgánica, lo que explicaría en parte los valores promedio obtenidos en las diferentes formas inorgánicas de nitrógeno. Dentro de este orden encontramos representado al grupo de *los torrifluventes típicos*, característicos de climas áridos, que sufren inundaciones escasas y poseen sales solubles en perfil, razón por la cuál presentan los mayores valores promedio de salinidad, conductividad y sólidos disueltos (todas ellas variables estrechamente relacionadas entre sí) en comparación con los valles restantes (fig. 1, tabla 1).

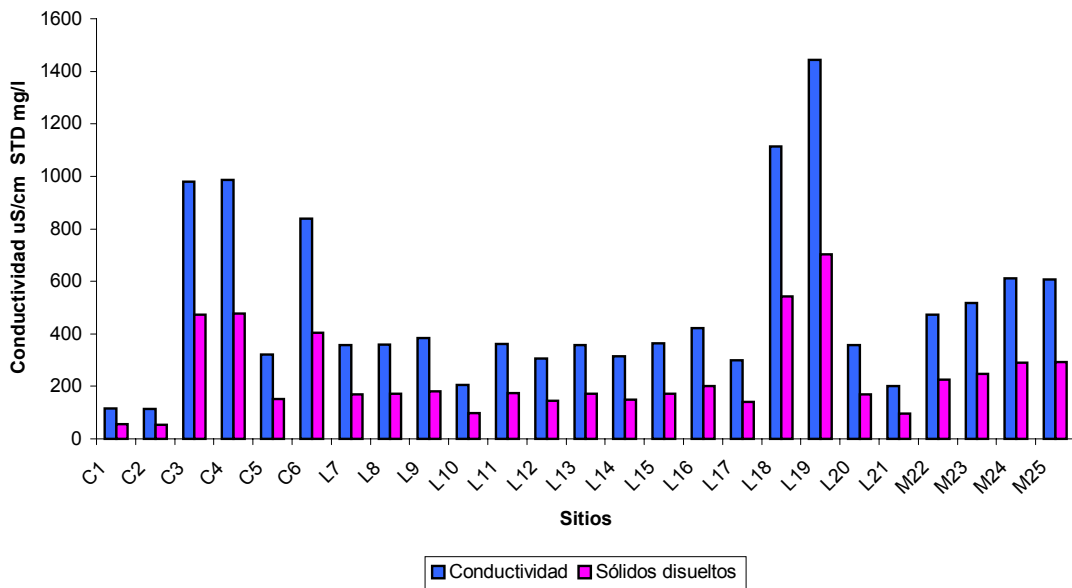


Figura 1: Valores de conductividad y TSD (mg/l) en los canales de riego muestreados.

Los aridisoles son suelos de climas áridos, caracterizados también por un horizonte superficial pobre en materia orgánica y un subsuperficial que suele presentar migración y acumulación de sales solubles, dentro de los mismos se encuentra el suborden *argides* con un horizonte iluvial rico en arcillas que le da una típica coloración rojiza y aporta a los cuerpos de agua, en especial durante las lluvias debido al lavado de los mismos, de grandes cantidades de sólidos suspendidos. En los Valles Calchaquíes están también representados los *cambórtides* típicos que no presentan acumulación de arcillas ni yeso ni carbonatos, sólo un horizonte de alteración con ligeras evidencias de deposición de arcillas, desarrollados en sedimentos aluviales de textura fina, esto explicaría el menor promedio en las concentraciones de carbonatos que posee el grupo de sitios de los Valles Calchaquíes en relación a los dos valles restantes.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desvio	C.V.
Color	10	37	20.7	9.4	0.45
Conductiv.	113.8	987.0	559.5	421.8	0.75
T °C	13.2	21.3	18.8	2.9	0.16
Salinidad	0.1	0.5	0.3	0.19	0.63
ST	83	660	375	257.1	0.69
STD	54	477	269.2	204.4	0.76
SS	5	58	18.5	20.2	1.09
Turbidez	3.9	54.4	19.1	19.6	1.03
Alcalinidad	78.1	225.7	149.7	74.5	0.50

Dureza	69.4	248.9	168.6	79.1	0.47
OD %	75	85.5	82.1	4.1	0.05
Od mg/l	5.5	6.7	6.1	0.40	0.07
N-NH ₃	0.03	0.25	0.08	0.09	1.15
N-NO ₂	0.002	0.012	0.005	0.003	0.65
N-NO ₃	0.1	2.2	0.6	0.8	1.26
Ortofosfatos	0.28	0.44	0.37	0.06	0.18
Pt-PO ₄	0.37	0.73	0.48	0.13	0.27
PH	7.94	8.44	8.2	0.21	0.03
Cloruros	2.6	52.6	31.7	22.5	0.71
Sulfatos	0.0	98	46	39.6	0.86
Fluoruros	0.22	0.53	0.32	0.13	0.41
Carbonatos	5.21	26.04	15.6	9.9	0.63
Bicarbonatos	84.7	232.9	150.9	71.96	0.48
Calcio	8.16	35.9	16.86	9.99	0.59
Magnesio	9.95	55.75	30.86	21.73	0.07
Sodio	7	140	71.8	61.6	0.86
Potasio	3.6	9	5.97	2.52	0.42
Boro	0	3	1.63	1.22	0.75
SiO ₂	15.24	21.3	18.3	2.5	0.14
DQO	0	3	1.5	1.05	0.70

Tabla 1: Valores medios, máximos, mínimos y desviaciones estadísticas de los parámetros fisicoquímicos de canales de riego en los Valles Calchaquíes. N = 6.

b. Valle de Lerma:

Este valle posee una variabilidad de suelos mayor aún que la de los Valles Calchaquíes, a pesar de cubrir una superficie significativamente inferior. Así podemos observar que se encuentran representados, suelos de tipo *alfisoles*, *entisoles*, *inceptisoles* y *molisoles*. Los *alfisoles* poseen un horizonte subsuperficial de enriquecimiento secundario de arcillas desarrolladas en condiciones de alcalinidad sódica. Dentro de este orden de suelo se encuentran los *natrustalfes típicos*, caracterizados por su muy lenta permeabilidad y un complejo de intercambio catiónico rico en sodio, lo que está acorde con los altos valores en dicho parámetro encontrados en Guachipas y Talapampa. Estos datos, son comparables a los obtenidos también en algunos sitios de los Valles Calchaquíes, tal como se puede observar en la figura 2.

Entre los *entisoles*, se encuentra un suborden “*ortentes*” que corresponde a suelos formados en superficies recientemente erosionadas, los hay de climas semiáridos, en relieves pronunciados o en cauces o llanuras aluviales donde se acumula material de arrastre, generalmente presentan una capa superficial enriquecida de materia orgánica y cubierta por mantillo, esta situación se ve reflejada en la calidad del agua de los canales de riego presentes en este valle, que poseen las

mayores concentraciones de nitritos y amonio en relación a los sitios ubicados en los valles restantes, como así también un mayor promedio en la Demanda Química de Oxígeno en relación a los Valles Calchaquíes, (tabla 2).

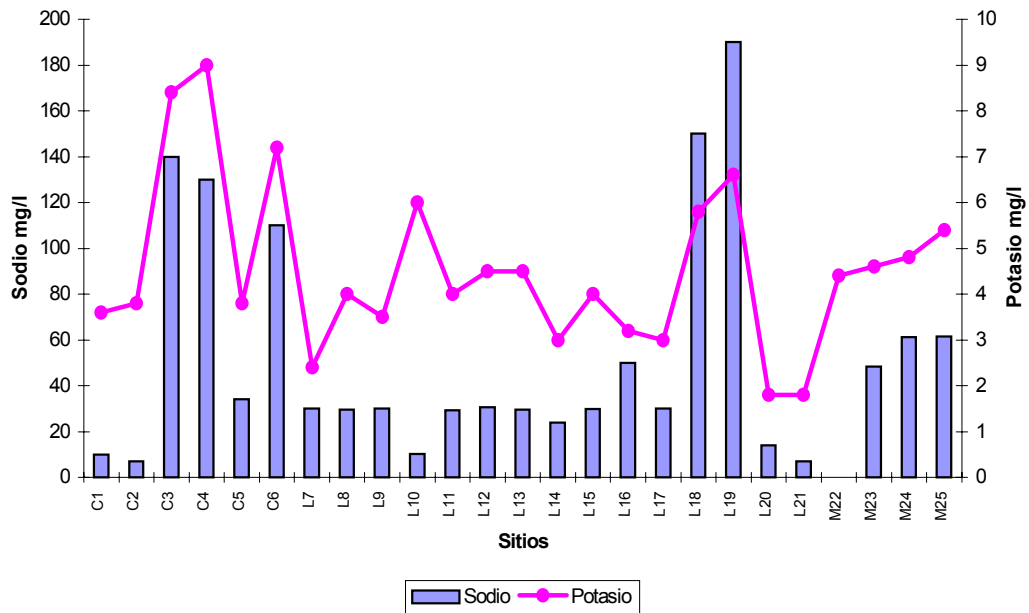


Figura 2: Valores de sodio y potasio (en mg/l) en el agua de los distintos canales de riego muestreados en los valles intermontanos de la Alta Cuenca del Juramento.

También se encuentran representados los *inceptisoles*, que son suelos inmaduros de regiones subhúmedas y húmedas con horizontes alterados por la pérdida de bases, hierro y aluminio. Dentro de este grupo se encuentran los *ocreptes ustocreptes udicos*, corresponden a suelos calcáreos y con acumulación secundaria de carbonatos, lo que explicaría el mayor valor promedio de esta variable encontrado en las aguas de riego en relación a los sitios presentes en los otros valles intermontanos (tablas 1, 2 y 3).

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desvio	C.V.
Color	0	83	15.3	22.1	1.45
Conductiv.	201	1443	456.2	344.8	0.76
T °C	17.3	22.8	20.4	1.5	0.08
Salinidad	0.1	0.7	0.22	0.17	0.75
ST	136	1130	340.9	285.6	0.84
STD	96	704	218.9	169.3	0.77
SS	4	80	25.5	24.3	0.95

Turbidez	3.4	88.3	28	25.9	0.93
Alcalinidad	112.8	212.7	159.4	31.4	0.20
Dureza	110.2	399.8	190	80.7	0.43
OD %	76.3	108.3	89.9	7.7	0.09
OD mg/l	6.2	8.2	7	0.5	0.07
N-NH ₃	0	0.24	0.06	0.08	1.48
N-NO ₂	0.002	0.04	0.011	0.01	0.99
N-NO ₃	0	1.7	0.36	0.44	1.21
Ortofosfatos	0.2	0.67	0.42	0.15	0.35
Pt-PO ₄	0.3	0.87	0.59	0.18	0.30
pH	8.2	9.67	8.72	0.36	0.04
Cloruros	1.4	41.8	12.67	12.1	0.95
Sulfatos	16	238	71.9	61	0.85
Fluoruros	0.21	0.79	0.38	0.16	0.42
Carbonatos	15.6	41.7	27.1	8.9	0.33
Bicarbonatos	58.2	227.7	139.4	47.7	0.34
Calcio	14.4	52.2	35.1	10.3	0.29
Magnesio	2	83.6	25	22.9	0.92
Sodio	7	190	45.6	52.1	1.14
Potasio	1.8	6.6	3.9	1.4	0.37
Boro	0	0.9	0.34	0.29	0.85
SiO ₂	10.7	28.6	19.3	5.1	0.26
DQO	1	19	8.3	5.7	0.69

Tabla 2: Valores medios, máximos, mínimos y desviaciones estadísticas de los parámetros fisicoquímicos canales de riego en el Valle de Lerma (N= 15).

c. Valle de Metán:

Se encuentra representado por suelos de tipo molisoles, entisoles e inceptisoles. Dentro de éstos últimos, los umbreptes haplumbreptes enticos se caracterizan por ser ricos en materia orgánica y de baja saturación en bases. Así también, dentro de los entisoles, se encuentran los fluvientes ustifluventes típicos, desarrollados en planicies de inundación, presentan un perfil de estratificación y altos contenidos de materia orgánica a gran profundidad, con una capa de mantillo en superficie. Esto concuerda con el más alto promedio de DQO obtenido en relación a los otros valles intermontanos (tablas 1, 2 y 3).

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	Desvio	C.V.
Color	6	14	10	4.1	0.41
Conductiv.	473	612	552.3	68.5	0.12
T °C	20.9	28.6	25.2	3.5	0.14
Salinidad	0.2	0.3	0.25	0.06	0.23

ST	338	478	406	67.1	0.17
STD	226	293	264.5	33	0.13
SS	1	76	25.5	34.4	1.35
Turbidez	2	79	27.6	35.4	1.28
Alcalinidad	156.2	212.7	187.7	25.6	0.14
Dureza	208.1	228.5	215.2	9	0.04
OD %	85.9	149.5	105.3	29.8	0.28
OD mg/l	6.8	11.7	8.3	2.3	0.28
N-NH ₃	0.000	0.030	0.013	0.015	1.20
N-NO ₂	0.004	0.015	0.007	0.005	0.72
N-NO ₃	0	0.1	0.05	0.06	1.16
Ortofosfatos	0.27	0.44	0.34	0.07	0.21
Pt-PO ₄	0.42	0.79	0.55	0.18	0.32
pH	8.48	8.75	8.55	0.13	0.02
Cloruros	20.8	24	23	1.5	0.07
Sulfatos	78	84	81.8	2.6	0.03
Fluoruros	0.27	0.44	0.38	0.08	0.20
Carbonatos	15.6	36.5	24.7	8.9	0.36
Bicarbonatos	137.7	217.1	178.7	32.8	0.18
Calcio	22.9	47.3	34.7	11.3	0.33
Magnesio	21.9	38.8	31.4	8.3	0.27
Sodio	48.2	61.6	57	7.6	0.13
Potasio	4.4	5.4	4.8	0.4	0.09
Boro	0.2	0.9	0.53	0.3	0.57
SiO ₂	7.8	34.2	17.6	11.5	0.65
DQO	5	14	10.3	3.9	0.38

Tabla 3: Valores medios, máximos, mínimos y desviaciones estadísticas de los parámetros fisicoquímicos de canales de riego en el Valle de Metán. N = 4.

Comparación de la Calidad del Agua de Riego de los Distintos Valles Intermontanos:

Al tratar de explicar la variación de parámetros de calidad del agua en sitios distribuidos en zonas (valles) diferentes en una cuenca tan extensa, no se puede dejar de considerar, al menos las variaciones macroclimáticas presentes en la misma, y la importancia que juegan los diversos tipos de relieve que la conforman. La calidad del agua de riego, está influenciada naturalmente por factores climáticos, edáficos, de vegetación, geológicos y de relieve. Esto sin tener en cuenta aún los factores antrópicos, que muchas veces tienen una poderosa influencia, generalmente en detrimento del grado de calidad de las aguas.

La Alta Cuenca del Río Juramento presenta relieves muy variados, con altitudes que oscilan desde los 400 msnm en las cercanías a Joaquín V, González, hasta los 6720 msnm en el Nevado de Cachi.

Los Valles Calchaquíes presentan los relieves más pronunciados, con altitudes superiores a los 3000 msnm en La Poma, decreciendo hasta los 1600 msnm en Cafayate para luego volver a ascender en Santa María a 2100 msnm. Sus cumbres en el flanco occidental superan los 5000 metros y llegan a más de 6000 en los nevados. Este paisaje característico, viene acompañado por climas áridos de sierras y bolsones, con temperaturas máximas medias anuales de 18 °C y mínimas de 5 °C, las precipitaciones son inferiores a los 300 mm anuales, lógicamente se observaron diferencias altamente significativas en la temperatura del agua entre los diferentes valles, encontrándose el menor promedio en los Valles Calchaquíes (tabla 4).

Parámetro	Valle	Contraste	Estadístico	Niv.de signif.
T °C	Calchaquíes	*	F = 10.40	0.001
	Lerma	*		
	Metán	*		
pH	Calchaquíes	*	F = 6.03	0.008
	Lerma	*		
	Metán	**		
Ca	Calchaquíes	*	F = 7.00	0.004
	Lerma	*		
	Metán	*		
=CO ₃	Calchaquíes	*	F = 3.41	0.050
	Lerma	*		
	Metán	**		
K	Calchaquíes	*	F = 3.42	0.050
	Lerma	*		
	Metán	**		
OD%	Calchaquíes	*	H = 8.31	0.06
	Lerma	*		
	Metán	**		
OD mg/l	Calchaquíes	*	H = 12.48	0.002
	Lerma	*		
	Metán	**		
Cl ⁻	Calchaquíes	*	H = 5.71	0.050
	Lerma	*		
	Metán	*		
DQO	Calchaquíes	*	H = 8.66	0.013
	Lerma	**		
	Metán	*		
B	Calchaquíes	*	H = 5.70	0.050
	Lerma	*		
	Metán	**		

Tabla 4: Diferencias significativas en algunos parámetros fisicoquímicos entre los distintos valles intermontanos.

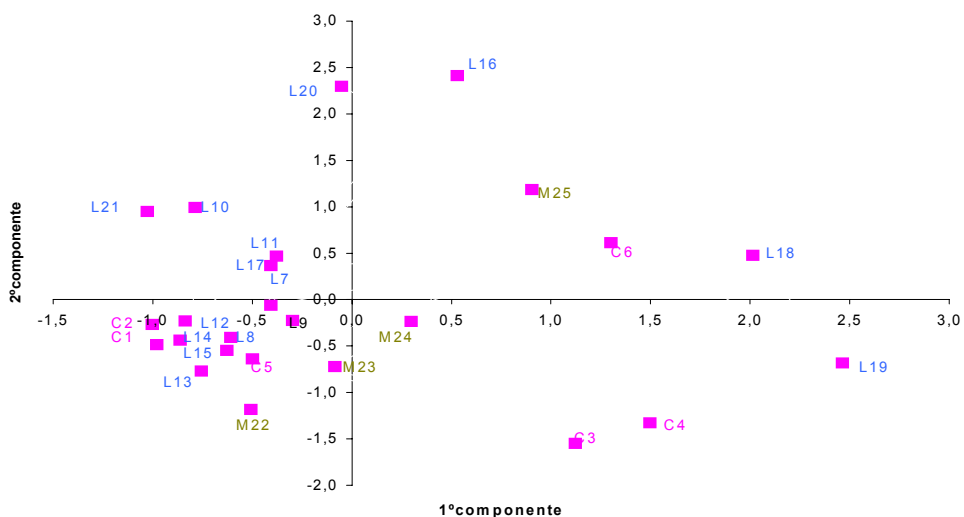
La concentración natural de boro, en los valles Calchaquies, supera el valor recomendado por la USEPA (0.70 mg/l), para su uso en irrigación. El valle de Metán también presentó un valor ligeramente superior (0.53 mg/l), en relación al valor recomendado a nivel nacional de 0.50 mg/l (Ley N° 24.051, Dto.831). Existen antecedentes, de una concentración mediana elevada (0.65 mg B/l), en el río Juramento a la salida de la represa Cabra Corral durante el período 1993-1997 (Lomniczi et al., 1998).

Análisis multivariado y ordenamiento de los canales de Riego:

El análisis global de los 25 canales de riego estudiados, pertenecientes a los tres valles intermontanos donde se realiza la casi totalidad de la actividad agrícola, muestra que las diferencias en los rasgos morfoclimáticos también se reflejaron en los parámetros de calidad fisicoquímica del agua analizados (tabla 4).

El análisis de componentes principales realizado considerando los registros de 27 variables de calidad de agua, permitió reducir la información contenida en las mismas a 3 componentes que explican el 64,79 % de la varianza total.

El primer componente, explicó el 39,57 % de la variación total de los datos y está definido por su relación directa con la conductividad, las concentraciones de sólidos totales y disueltos, magnesio, dureza, bicarbonatos, sulfatos, alcalinidad, cloruros, fluoruros y potasio, consideradas éstas como las variables más importantes. Los sitios que poseen mayores concentraciones en los parámetros mencionados se ubican hacia el extremo positivo del componente (fig. 3, tabla 5).



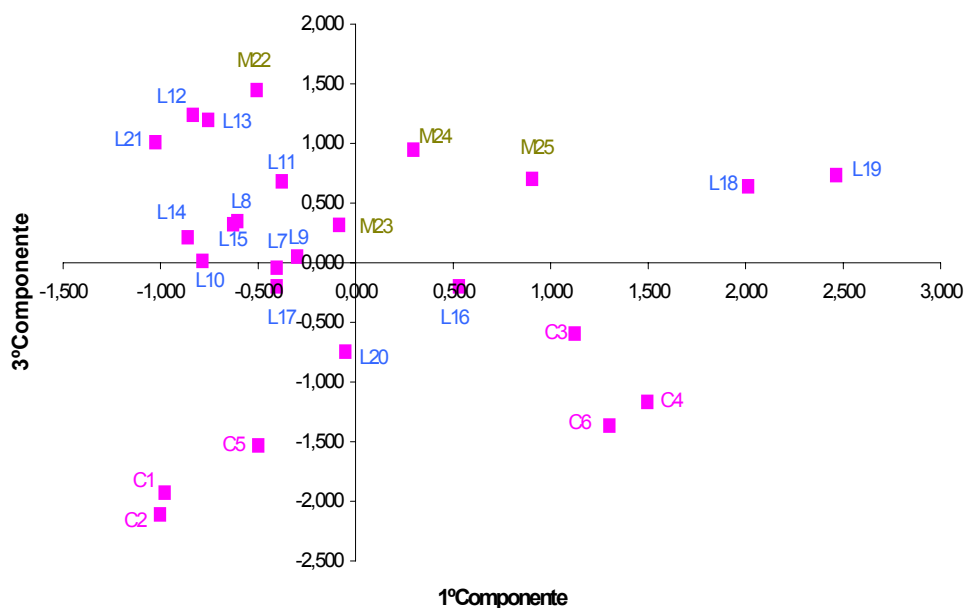


Figura 3: Análisis de Componentes Principales realizado con datos de 25 canales de riego pertenecientes a la Alta Cuenca del Río Juramento (C = Valles Calchaquíes, L = Valle de Lerma, M = Valle de Metán).

Porcentajes de varianza:

Componente	Eigenvalue	Varianza %	Acumulada
1	10.684	39.57	39.57
2	3.791	14.04	53.61
3	3.019	11.18	64.79

Matriz de Autovectores:

Variables	1º Componente	2º Componente	3º Componente
Sólidos totales	0.963	- 0.127	0.147
Conductividad	0.956	- 0.231	0.121
Sólidos disueltos	0.956	- 0.230	0.120
Magnesio	0.936	- 0.097	0.035
Dureza	0.886	- 0.126	0.289
Bicarbonatos	0.845	0.054	- 0.014
Sulfatos	0.819	- 0.179	0.396

Alcalinidad	0.814	0.144	0.217
Cloruros	0.807	- 0.417	- 0.090
Fluoruros	0.781	- 0.077	0.276
Potasio	0.686	- 0.426	- 0.111
Turbidez	0.627	0.690	0.049
Sólidos suspendidos	0.613	0.613	0.056
Sílice	0.612	0.503	- 0.060
Boro	0.591	- 0.416	- 0.345
Fósforo total	0.410	0.805	0.115
Color	0.325	0.607	- 0.338
Amonio	0.238	0.573	- 0.352
Nitratos	- 0.192	0.506	- 0.136
PH	- 0.315	0.050	0.708
Carbonatos	- 0.015	0.244	0.615
Oxígeno mg/l	- 0.299	- 0.135	0.603
Calcio	- 0.442	- 0.033	0.575
DQO	- 0.369	0.353	0.464
Temperatura	0.032	0.135	0.454
Nitritos	- 0.244	- 0.074	0.431
Ortofosfatos	0.214	0.341	0.041

Tabla 5: *Discriminación de las variables analizadas según su peso en cada componente principal.*

El incremento en las concentraciones de sales es un problema global resultado de varias actividades tales como: irrigación, actividades industriales, procesamiento minero, etc. (Meybeck y Helmer, 1989). En la presente situación, debemos particularizar una causa diferente que provoca el mismo resultado, un incremento en la concentración de sólidos disueltos y consecuentemente el aumento en los valores de conductividad. Sitios como San Carlos, La Cabaña, Payogasta, Ampascachi, Guachipas y Talapampa, se encuentran situados en una región con escaso desarrollo poblacional y con un desarrollo industrial nulo. Estos sitios se ubican en la sub-cuenca de los ríos Santa María-Las Conchas-Guachipas, con características geológicas y climáticas muy particulares, diferentes al resto de los sitios de la cuenca. El río Calchaquí nace en rocas cristalinas precámbricas y paleozoicas y luego atraviesa rocas sedimentarias terciarias aflorantes en la zona mas boreal del valle desde La Poma hasta antes de Payogasta. Luego discurre sobre sedimentos cuaternarios y al entrar a la Q° de Las Flechas y hasta San Carlos corta sedimentos terciarios ricos en sulfatos y cloruros, con predominio de los primeros. Estas rocas son las que, por disolución de su matriz, le otorgan altas cargas de estos iones al río Guachipas y consiguientemente a los canales de riego cercanos, tal como se aprecia

en la figura 4. Además, debemos considerar, la aridez propia de la zona (con un alto déficit hídrico) que determina la concentración de las sustancias disueltas.

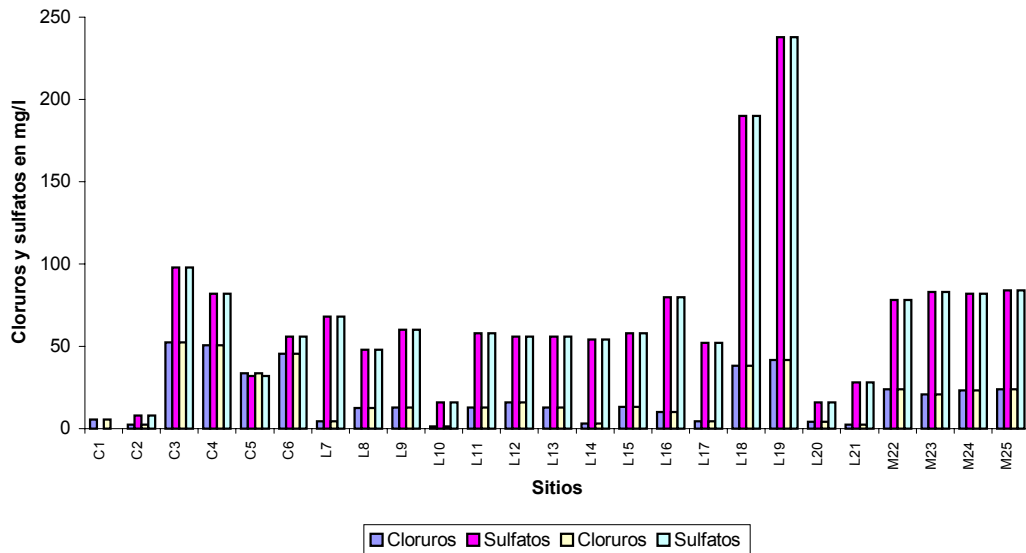


Figura 4: Valores de cloruros y sulfatos en aguas de canales de riego de la Cuenca del Juramento

El segundo componente explicó el 14,04 % de la variación total y estuvo definido por su relación directa con los valores de turbidez, sólidos suspendidos, color y la concentración de fósforo total, amonio, nitratos y ortofosfatos, consideradas éstas como las variables que mayor información aportan al mismo. Los sitios ubicados en el extremo positivo de éste componente son los que presentan los mayores registros de las variables antes mencionadas.

Finalmente, el tercer componente explicó el 11,18 % de la variación total y estuvo definido por su relación directa con los valores de pH, concentración en mg/l de carbonatos, oxígeno disuelto, calcio y en menor medida estuvo representado por los valores de DQO, temperatura y concentración de nitritos, siendo éstas las variables que mayor información aportan al mismo. Los sitios ubicados en el extremo positivo de este componente son los que presentan los mayores registros de las variables antes mencionadas.

Es interesante observar el ordenamiento espacial de los canales de riego estudiados en función del análisis multivariado de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua, si observamos la figura representada por el 1º y 3º componente, resulta notoria la mayor afinidad que existe entre los sitios Ampascachi, Guachipas y Talapampa, con aquellos emplazados en los Valles Calchaquíes (ej: San Carlos, La Cabaña y Payogasta). De hecho es mayor el grado de similitud en sus

características fisicoquímicas que el que poseen con los sitios del mismo Valle de Lerma al cual pertenecen. La explicación está dada por un simple componente histórico, ya que el censo en la delimitación de “Valle de Lerma” realizado por diversos autores en estudios anteriores, ubicarían a estos sitios en el mencionado valle. En este trabajo se desprende, no obstante, que sería más correcto en el futuro colocarlos como pertenecientes a los Valles Calchaquíes por diversas razones, tanto de índole geológica, de relieve, climáticas y por supuesto de calidad en sus parámetros limnológicos.

A modo de comprobación de lo mencionado en el párrafo anterior, basta observar las figuras 1 y 2, que representan la clara superioridad de estos sitios en los valores de concentración de sodio, potasio, sólidos totales disueltos y conductividad, parámetros que se encuentran por encima de los demás sitios pertenecientes al Valle de Lerma.

Una situación similar ocurre con el comportamiento de las variables calcio y magnesio (fig. 5). Allí se observa que, los sitios ubicados en Valle de Lerma poseen mayores concentraciones de calcio en detrimento de los registros de magnesio, y ocurre una relación inversa con los sitios ubicados en los Valles Calchaquíes donde el magnesio alcanza las mayores concentraciones. Los canales de riego en Guachipas y Talapampa-Alemania respectivamente, poseen el mismo comportamiento que los pertenecientes a Valles Calchaquíes.

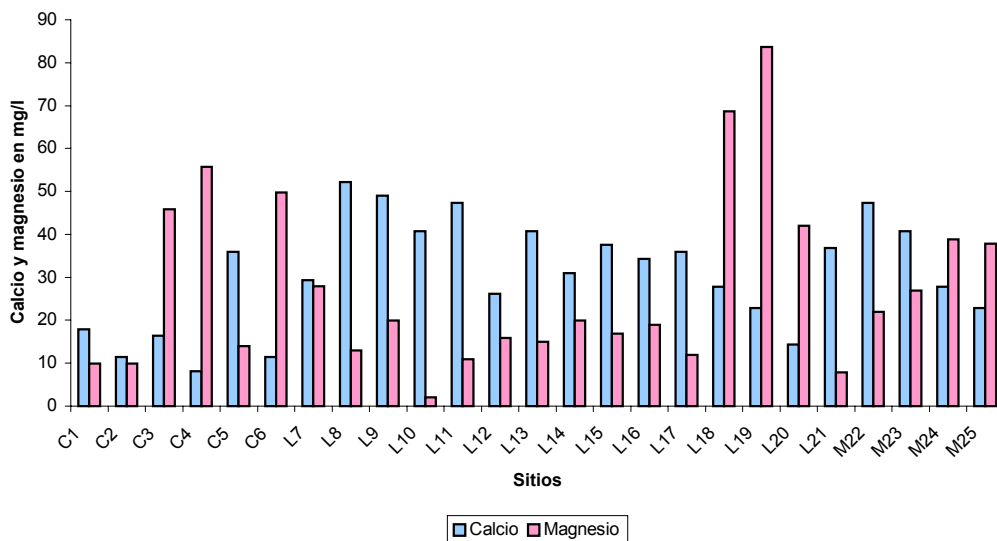


Figura 5: Valores de calcio y magnesio en agua de canales de riego de la A.C.J..

Una situación similar a las mencionadas anteriormente se puede observar en la figura 6, donde se visualiza claramente la superioridad en los registros de turbidez y de sólidos suspendidos en los sitios La Cabaña (C4), Cachi Adentro (C5) y Payogasta (C6) (Valles Calchaquíes) y Ampascachi (L16), Guachipas (L18) y Talapampa (L19), pertenecientes a Valle de Lerma.

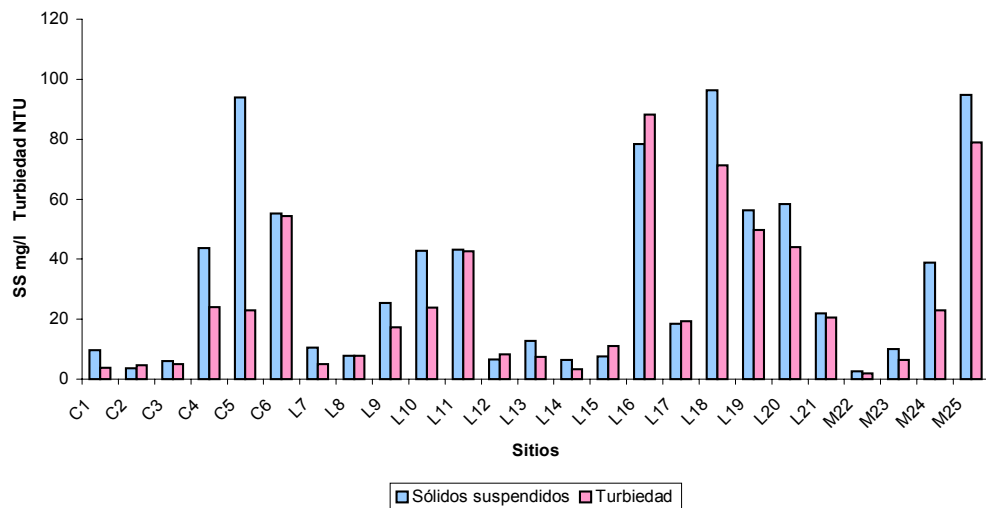


Figura 6: Valores de sólidos suspendidos y turbidez en agua de canales de riego de la Alta Cuenca del Juramento.

Análisis Bacteriológico de las aguas de riego:

De acuerdo con la clase de hábitat acuático, la composición de la flora bacteriana difiere ampliamente dependiendo del contenido en el agua de material orgánico e inorgánico, pH, turbidez, temperatura y de las fuentes que pueden introducir microorganismos al agua. Las poblaciones bacterianas, por tanto, difieren en su número y calidad, según la procedencia del agua, su composición de elementos nutritivos y las condiciones biológicas, climatológicas y geográficas (Moraña et al., 2000).

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en tres clases: bacterias naturales del agua, bacterias del suelo (llegan al cuerpo de agua por escorrentía) y bacterias de origen intestinal.

En los análisis rutinarios de laboratorio, no se acostumbra diferenciar las especies, ya que se les considera a todas, en forma colectiva, como miembros del grupo coliformes, dándosele la misma importancia desde el punto de vista sanitario. La determinación de la presencia del grupo coliforme constituye el indicio más delicado y fidedigno de polución.

Desde la propuesta de utilizar los coliformes totales (CT) y los coliformes fecales (CF) como indicadores de contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos, se han escrito diversos artículos y revisiones donde se discute si realmente sirven como tales y, además, sobre las ventajas y desventajas de usar otros indicadores bacterianos u otros microorganismos para estos objetivos (Gleeson & Gary, 1996). Esas discrepancias posiblemente reflejen la diversidad y variabilidad inherente a los ambientes estudiados. En nuestro país (y en muchos otros), el grupo coliforme ha sido y sigue siendo empleado como indicador del posible deterioro bacteriológico de las aguas (Emiliani & González de Paira, 1998).

El recuento de bacterias coliformes totales efectuado en los canales de riego de la cuenca, arrojó como resultado que el 100 % de los sitios sobrepasa los valores permitidos por la Secretaría de Recursos Hídricos para el Uso III (1000 NMP/100 ml), lo que indica que sobrepasan el límite de bacterias coliformes totales permitido para el uso de las aguas con fines agropecuarios, tal como se puede observar en la figura 7.

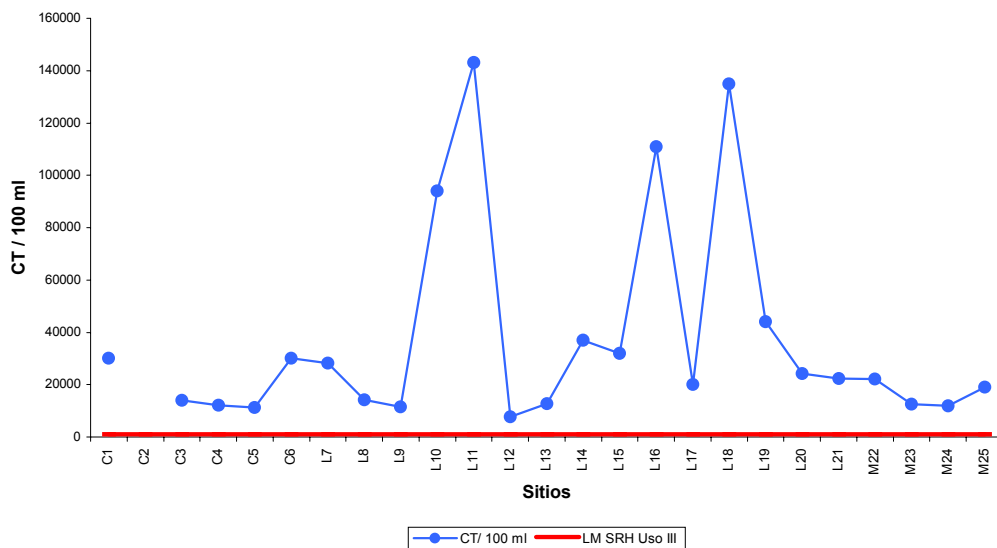


Figura 7: Distribución de los valores de CT en relación al valor guía (Uso III°) en agua de distintos canales de riego de la A.C.J.

El grupo de bacterias coliformes fecales o termorresistentes, comprende el género *Escherichia* y en menor grado especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termorresistentes distintos de *E.coli* pueden proceder también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales, o de materias vegetales y suelos en descomposición (OMS, 1995).

Las concentraciones de coliformes termorresistentes están, en la mayor parte de los casos, en relación directa con las de *E.coli*. Por ello, su utilización para evaluar la calidad del agua se considera aceptable en los exámenes sistemáticos.

En relación a los valores guías propuestos por diversos organismos, es pertinente mencionar que para el Uso III (agua para actividades agropecuarias), la Secretaría de Recursos Hídricos no adoptó valores de referencia en relación a la concentración de Bacterias Coliformes Fecales. Motivo por el cuál se tomó en comparación el Límite Máximo propuesto por la Dirección Provincial del Agua de la Provincia de Córdoba (DIPAS) para aguas destinadas a riego agrícola (< 1000 NMP/100 ml). El recuento de bacterias coliformes fecales efectuado en cursos lóticos de la cuenca durante el período de estiaje, arrojó como resultado que el 100 % de los sitios sobrepasa los valores permitidos por la DIPAS (fig. 8).

También se cotejaron los resultados con los propuestos en el Manual del BID (OPS), cuyo límite permitido es también 1000 / 100 ml teniendo en cuenta un promedio mensual de 4 muestras, pero además ninguna muestra debe ser mayor a 10000 CF/ 100ml. Respecto de este último límite, el 37,5 % de los canales de riego estudiados también sobrepasan dicho valor, tal como se puede apreciar en la figura 8.

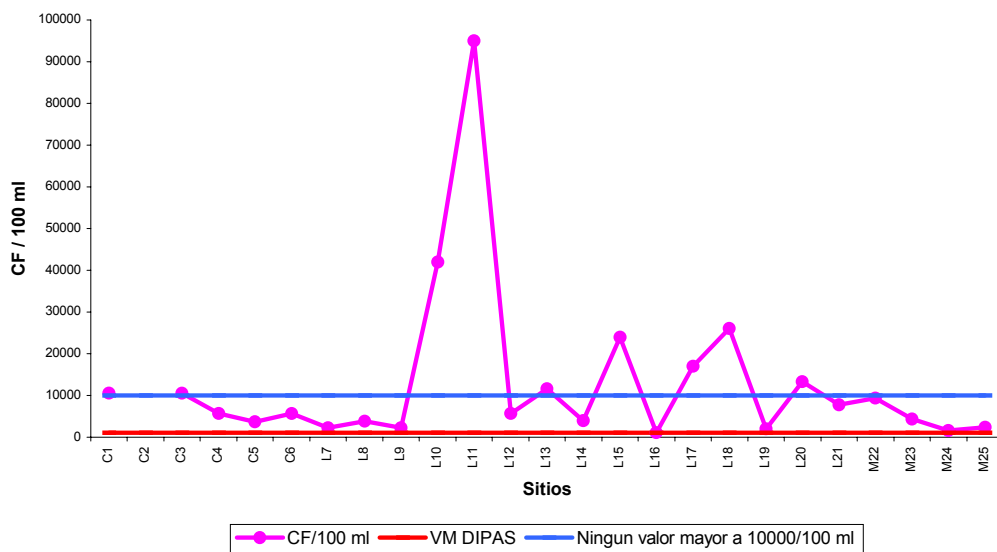


Figura 8: Distribución de los valores de CF en relación al valor máximo permitido de DIPAS para el uso III° del agua de riego

Relación de adsorción de sodio (SAR):

Las aguas de riego que contienen altas concentraciones de sodio pueden dar origen a problemas de permeabilidad sumamente graves, y el satisfacer en estas condiciones la demanda de agua del cultivo puede resultar muy difícil. Además, pueden exigir especial consideración otros problemas tales como, germinación del cultivo, aireación del suelo, enfermedades y lucha contra las malas hierbas, debido al estancamiento del agua en la superficie.

Se empleó la *relación de sodio ajustada* (adj. SAR) que incluye información acerca de los cambios en la composición del agua del suelo que se espera se produzcan debido a ciertas combinaciones de sales del agua que o bien disolverán la cal del suelo (añadiendo calcio), o bien producirán sedimentación de cal del agua del suelo (reduciendo calcio). El valor del adj.SAR se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}} [1 + (8,4 - \text{pHc})]$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{pHc} = (\text{pk}'_2 - \text{pk}'_c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk}) \\ (\text{pk}'_2 - \text{pk}'_c) \text{ se obtiene de la suma de Ca + Mg + Na en meq/l} \\ \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ se obtiene de la suma de Ca + Mg en meq/l} \\ \text{p}(\text{Alk}) \text{ se obtiene de la suma de CO}_3 + \text{CO}_3\text{H en meq/l} \end{array} \right.$	}	Con estos valores se va a una tabla \Rightarrow pHc
--	---	---

Este procedimiento predice más correctamente la posibilidad de problemas de permeabilidad del suelo, comparado con el antiguo SAR. Se calcularon, para todos los canales de riego estudiados en la Alta Cuenca del Juramento. Dentro de los valores máximos permitidos por DIPAS se encuentra la relación SAR, con un límite máximo de 3 meq/l representado en la figura 9 con una línea. Como se observa, el 20 % de los sitios sobrepasan dicho límite permitido. Comparando los valores obtenidos del adj.SAR con las *directrices para interpretar la calidad del agua para riego* propuestas por la FAO (1977), se encuentra que, según el mencionado organismo, valores inferiores a 3 no representan problemas en la calidad del suelo, valores entre 3 y 9 se interpretan como problemas crecientes y valores superiores a 9 estarían indicando problemas graves que se ocasionarían a los suelos utilizando aguas de riego con adj.SAR tan elevados.

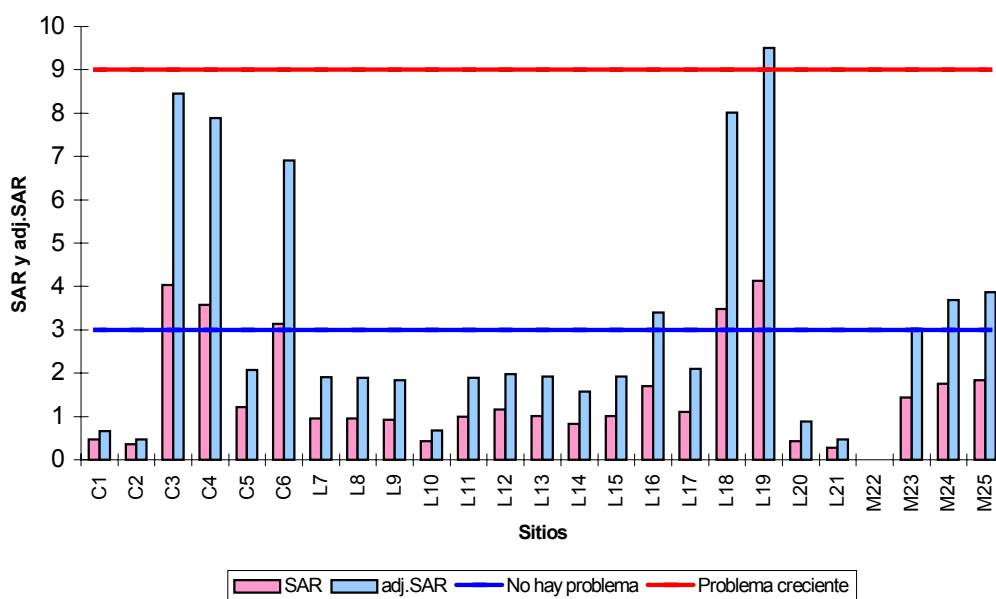


Figura 9: Comparación de los valores del SAR y del adj.SAR con directrices de calidad del agua de la FAO

El 68 % de los sitios se encuentran por debajo del límite de 3 meq/l y no representan un problema para la estructura y permeabilidad de los suelos que sean regados con sus aguas. El 28 % se encuentra dentro del rango 3-9 meq/l, lo que puede representar problemas a corto o mediano plazo en la estructura y permeabilidad de los suelos. Solamente un sitio, el L19 (canal de riego entre Talapampa y Alemania) posee un valor superior a 9, lo que indica que la calidad del agua para riego del mencionado canal genera serios problemas en los suelos regados con sus aguas.

Otras Variables de Calidad de las Aguas de Riego:

Se realiza la consideración de algunos parámetros, que restaban analizar estadísticamente en forma comparativa por subcuenca.

Valles Calchaquíes:

Parámetro	Media \pm DS	Mediana	Máximo	Mínimo	C.V.
Hierro (mg/l)	1.283 \pm 1.03	0.955	3.07	0.350	0.802
Manganeso (mg/l)	0.375 \pm 0.137	0.375	0.500	0.250	0.365
Aluminio (mg/l)	0.662 \pm 0.697	0.370	1.660	0.050	1.053
Cobre (μ g/l)	0.047 \pm 0.037	0.040	0.120	0.020	0.798
Zinc (mg/l)	0.020 \pm 0.000	0.020	0.020	0.020	0.000
Arsénico (μ g/l)	6.717 \pm 7.191	5.050	18.400	0.300	1.071
AMT (UFC/100 ml)	24000 \pm 6972	27000	30000	15800	0.291
CT (NMP/100 ml)	19460 \pm 9674	14000	30000	11200	0.497
CF (NMP/100 ml)	7340 \pm 3311	5700	11200	3700	0.451

en rojo valores que superan valores guía de calidad para riego

Tabla 6: Concentración de algunos parámetros de calidad del agua, en canales de riego de los Valles Calchaquíes.

Valle de Lerma:

Parámetro	Media \pm DS	Mediana	Máximo	Mínimo	C.V.
Hierro (mg/l)	1.114 \pm 1.203	0.820	4.690	0.120	0.820
Manganeso (mg/l)	0.350 \pm 0.127	0.250	0.500	0.250	0.362
Aluminio (mg/l)	0.677 \pm 0.999	0.350	3.950	0.030	1.477
Cobre (μ g/l)	0.049 \pm 0.043	0.020	0.160	0.020	0.878
Zinc (mg/l)	0.027 \pm 0.010	0.020	0.050	0.020	0.392
Arsénico (μ g/l)	3.700 \pm 1.502	3.900	6.700	1.100	0.406
AMT (UFC/100 ml)	85187 \pm 94491	30000	289000	16000	1.109
CT (NMP/100 ml)	49127 \pm 46899	28200	143000	7700	0.955
CF (NMP/100 ml)	17167 \pm 24433	7700	95000	1000	1.423

en rojo valores que superan valores guía de calidad para riego

Tabla 7: Concentración de algunos parámetros de calidad del agua en canales de riego del Valle de Lerma.

Valle de Metán:

Parámetro	Media ± DS	Mediana	Máximo	Mínimo	C.V.
Hierro (mg/l)	0.900 ± 1.104	0.460	2.520	0.160	1.227
Manganeso (mg/l)	0.500 ± 0.00	0.500	0.500	0.500	0.00
Aluminio (mg/l)	0.365 ± 0.444	0.225	0.990	0.020	1.216
Cobre (µg/l)	0.025 ± 0.01	0.020	0.040	0.020	0.400
Zinc (mg/l)	0.038 ± 0.035	0.020	0.090	0.020	0.933
Arsénico (µg/l)	7.575 ± 1.826	7.650	9.200	5.800	0.241
AMT (UFC/100 ml)	24525 ± 4561	26600	27200	17700	0.186
CT (NMP/100 ml)	16425 ± 4982	15850	22100	11900	0.303
CF (NMP/100 ml)	4450 ± 3504	2400	9400	1600	0.787

en rojo valores que superan valores guía de calidad para riego

Tabla 8: Concentración de algunos parámetros de calidad del agua en canales de riego del Valle de Metán.

La cantidad de **microorganismos indicadores**, no se diferenció entre valles y superó en todos los casos los valores sugeridos por la SRH y CWQG para su uso en riego. La elevada concentración de coliformes se debe a dos causas recurrentes: descargas de vertidos puntuales sin tratamiento y/o tratamiento deficitario, y el lavado pluvial de suelos contaminados con coliformes. Los CF pueden llegar a los cuerpos de agua por lavado y arrastre de suelos donde se depositan excrementos de animales de sangre caliente, y en este caso indican una contaminación inespecífica de cualquier origen, sea o no de interés sanitario. Se requiere de un número de muestras y una periodicidad de muestreo elevada para establecer tendencias generales de aptitud del recurso.

La comparación de los valores de las otras variables, indican que sólo se diferenció el tenor de arsénico entre los distintos valles.

Valle	Media As	Estadístico
Calchaquí	6.717 a b	H = 5.80 P = 0.05
Lerma	3.70 a	
Metán	7.575 b	

No existió diferencias significativas en los datos de hierro, aluminio, mercurio y cobre entre los 3 valles intermontanos sujetos a riego. Por su parte, tanto el manganeso, el zinc como el plomo y el cadmio no presentaron variabilidad en los datos, por lo que no pudieron ser sometidos a ningún test de comparación entre

regiones. El cadmio en general, presentó valores inferiores. El cadmio en general, presentó valores inferiores a 0.02 $\mu\text{g/l}$. A excepción de, la salida del dique Las Lomitas (Campo Quijano) y Finca Las Blancas en Cerrillos que presentaron un contenido de 8 $\mu\text{g/l}$; y en los siguientes sitios: Camino Los Vallistos, Camino Tres Acequias, Camino a Calvimonte y Cachi Adentro que presentaron una concentración de 4 $\mu\text{g/l}$, respectivamente. Los dos primeros sitios, superan ligeramente el valor de tolerancia para agua de riego (de 0.005 mg/l, de USDA) (ver tabla adjunta). No superaron, el valor guía de 0.01 mg/ l, sugerido por la FAO (1985).

El contenido de plomo estuvo por debajo del límite de detección de la técnica empleada (3 $\mu\text{g/l}$), en todos los sitios de riego muestreados. Siendo inferior al valor de referencia (0.2 mg/l). Una situación similar se planteó con los valores de zinc, que osciló entre 0.02 a 0.04 mg/l, en todos los sitios. El valor de referencia para el zinc es de 2 mg/l (FAO, 1985) Ley Nacional N° 24051, Decreto Reglamentario 831/93.

El contenido en mercurio, no se diferenció estadísticamente entre los valles. En Metán, el promedio fue ligeramente inferior (0.188 $\mu\text{g/l}$) al valle de Lerma (0.28 $\mu\text{g/l}$) y a los valles Calchaquíes (0.375 $\mu\text{g/l}$), pero en los tres casos superan los valores recomendados para preservación de la vida acuática de la SRH (0.10 $\mu\text{g/l}$). Los sitios que tuvieron valores más altos, fueron: La Cabaña (1.2 $\mu\text{g/l}$) y Cachi Adentro (0.4 $\mu\text{g/l}$, en los Valles Calchaquíes. Canales de riego en el ingreso a Chicoana (1.9 $\mu\text{g/l}$) y Guachipas (0.3 $\mu\text{g/l}$) en el Valle de Lerma. La zona sur del Juramento no evidenció signos de presentar mercurio por encima de los valores anteriores. Se ha registrado en muestreos previos, valores en Miraflores que si excedieron los niveles recomendados. El contenido de mercurio típico en agua dulce estaría comprendido en el rango entre 0.001-0.003 $\mu\text{g/l}$ (Meybeck et al, 1989). En el análisis geoquímico de los sedimentos correspondientes a las distintas subcuencas, los valores estuvieron por lo general por debajo de 1 ppm. Se puede inferir el origen antrópico del mismo, en los casos señalados precedentemente, en las muestras de agua. Es necesario cuantificar con mayor frecuencia, dicho parámetro, y su concentración potencial en la biota local y regional, dado que concierne a la salud pública. Las fuentes naturales de mercurio están representadas por minerales de azufre, rocas carbonáceas, vulcanogénicas y fuentes termales. Se debe comprender, que también las especies de mercurio inorgánico derivadas de fuentes geológicas, no están necesariamente confinadas en la fracción mineral del suelo y sedimentos. El erróneo concepto de que las mismas están inmovilizadas y no disponibles biológicamente, debe ser evitado (Azzaria 1996; Rasmusen et al., 1998). Es de fundamental importancia, determinar y sistematizar las áreas naturales que son fuentes del metal, y que riesgos representan una exposición crónica, a un nivel bajo de mercurio.

La tolerancia a trazas de elementos en aguas de uso agrario se visualiza en la siguiente tabla:

Elemento	Para uso continuado del agua en cualquier tipo de suelo (en mg/l)		Para uso a corto plazo en suelos de textura fina (en mg/l)	
	ERS-USDA	NAS-NAE	ERS-USDA	NAS-NAE
Al	1	5	20	20
As	1	0.10	10	2
B	0.75	0.75	2	2-10
Cd	0.005	0.010	0.05	0.05
Cr	5	0.10	20	1
Co	0.2	0.05	10	5
Cu	0.2	0.20	5	5
F	--	1	--	15
Fe	--	5	--	20
Pb	5	5	20	10
Mn	2	0.20	20	10
Mo	0.005	0.010	0.05	0.050
Ni	0.5	0.20	2	2
V	10	--	10	--
Zn	5	2	10	10

Tabla 9: Valores de tolerancia a ciertos elementos trazas para uso agrario.

El contenido en boro natural, fue particularmente alto en los Valles Calchaquíes, con una media de 1.63 mg/l. Se han realizado diversas determinaciones previas en cursos lóticos de dicha región, donde se constatan los elevados tenores de los afluentes del río Calchaquí, y en el río de Las Conchas, con las restricciones típicas del uso de sus aguas para riego (Lomniczi et al., 1997). El valle de Metán, sólo superó el valor sugerido en Miraflores, con un registro de 0.9 mg/l. También en Talapampa (Valle de Lerma) tuvo un valor similar.

El aluminio, tampoco supera el límite, y sólo tuvo un valor de 3.95 mg/l en un canal muestreado en La Viña. Los valores de arsénico fueron también muy bajos en todos los sitios.

No se detectó la presencia del molibdeno en la mayoría de los canales de riego. La excepción la constituyeron las muestras de Payogasta y Cachi Adentro con 0.1 mg/l y en la subcuenca del Juramento, el canal Liag con 0.06 mg/l y de Macapillo con 0.10 mg/l; siendo el valor guía de 0.01 mg/l.

El contenido en hierro fue de 4.69 mg/l en un canal de riego de Guachipas, cercano al límite sugerido de 5 mg/l. Todos los valores de manganeso fueron inferiores a 0.6 mg/l, que es el límite de detección de la técnica empleada. No se puede afirmar,

entonces que dichos valores no hayan sido iguales o superiores al valor de referencia de 0.20 mg/l. Ambos elementos pueden tener un origen mineralógico natural y no derivar de productos de degradación de fertilizantes o/y pesticidas. El contenido en cromo total no superó el valor guía de 0.1 mg/l en todos los sitios.

En síntesis, las muestras de canales de riego no superaron los valores guías establecidos por la Ley Nacional 24051, Decreto Reglamentario 831/93, en los siguientes elementos: arsénico, aluminio, cadmio, cobre, cromo, hierro, plomo y zinc. El molibdeno sólo superó ligeramente el límite de 0.01 mg/l en 4 muestras. La concentración de boro y bacterias coliformes superó los valores de referencia.

Pesticidas:

Se efectuó el análisis de los principales pesticidas presentes en 29 muestras de agua, tomadas en canales de riego de las distintas subcuencas. Las muestras se tomaron en el mes de noviembre de 2000, durante el período de estiaje cuando aún no se habían iniciado las lluvias.

Los análisis se llevaron a cabo según la técnica de SPME/GC/ECD, y luego reconfirmación por SPME/GC/MS/MS.

Los resultados no arrojaron diferencias significativas entre muestras, siendo informados los mismos en función de los valores máximos de concentración en agua potable.

El límite de detección de las técnicas respectivas empleadas para determinar cada pesticida, se detallan en la tabla siguiente:

Compuesto	Niveles de detección de las técnicas empleadas (ug/l)	Valor de referencia agua dulce superficial	
		Uso IV° (ug/l)	Uso III° (mg/l)
Aldrin + Dieldrin	0.03*	0.004	< 0.02
Clordano (total)	0.05*	0.006	< 0.03
DDT (total)	0.2*	0.001	
Heptacloro + Heptacloro epóxido	0.05	0.01	< 0.02
BHC	0.01	0.0065	--
HCH	0.05	0.01	--
Metoxicloro	0.05	0.03	--
Malatión	10	0.1	--
Metil - Paratión	5	--	--
Paratión	1	0.04	--

*(total de isómeros)

Los resultados de los canales de riego, no permiten afirmar que no se ha superado los valores guías recomendados por diversos organismos nacionales (Ley N° 24.051 de Residuos Peligrosos, Decreto Reglamentario N° 831/93) e internacionales CWQW (Canadian Water Quality Guidelines) y CONAMA (Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil) para la preservación de la vida acuática. La razón radica en que, los niveles de detección de las técnicas empleadas fueron superiores a su correspondiente valor guía en función del uso IV° (preservación de la vida acuática). Si bien, es cierto que los valores de referencia corresponden al agua dulce superficial, no debe descartarse la eventual incidencia que tiene el agua de riego sobre la biota.

Los pesticidas organofosforados, ingresan a los cuerpos de agua, principalmente a través de la práctica de fumigación, por su efecto como insecticidas, aunque pueden provenir del lixiviado y escurrimiento superficial de los suelos, y en su mayoría se hidrolizan fácilmente en agua. El malatión, paratión y el metilparatión se degradan rápidamente en el medio ambiente, siendo eliminados por degradación microbiana e hidrólisis química.

Los pesticidas organoclorados, suelen encontrarse en aguas que han sido afectadas por descargas agrícolas, y son relativamente estables en la columna de agua. Por ejemplo, la remoción del aldrin y el lindano, vía volatilización o absorción por la materia en suspensión y la biota, no parecen ser mecanismos importantes para la remoción de estos compuestos.

Los cultivos principales que se realizan en la cuenca por su magnitud, son los de tabaco, poroto y maíz. En el momento del muestreo, el tabaco estaba en período de trasplante y el maíz en período de siembra. La siembra del poroto se efectúa en enero y febrero. Las hortalizas se cosecha todo el año, particularmente en el valle de Lerma.

La evolución temporo-espacial de los agrotóxicos, tiene un factor común, no permanecer estáticos en su punto de emisión, pudiendo ser transportados y exportados a distancia y acumularse en las cadenas tróficas. También se modifica constantemente su concentración en el suelo, y se cumple el principio de Le Chatelier, que cuando sobrevienen las precipitaciones, al producirse el aumento del agua en la solución del suelo, tiende a aumentar la desorción de los agroquímicos de los coloides. Por lo tanto se deberá efectuar un seguimiento de la variabilidad temporal en la concentración de los pesticidas según los ciclos de aplicación para cada tipo de cultivos dominantes.

Referencias:

- APHA (American Public Health Association). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17° edición. Eds. Díaz de Santos, S.A. Madrid, 1889 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1977. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome. p.97.
- AZZARIA, L. M. 1996. Mercury pollution in Canada- geochemical and political considerations: International Symposium, Applied Geochemistry, Osmania University, Hyderabad, India. 1991. Proc. p. 353-359.
- CWQG (Canadian Water Quality Guidelines). 1995.
- EMILIANI, F. y S. GONGALEZ de PAIRA. 1998. Calidad bacteriológica de la laguna Bedetti (Santo Tomé, provincia de Santa Fé, Argentina) y variables ambientales asociadas. Rev. Arg. Microbiol. 30: 30-38.
- FRASER, A. S., M.MEYBECK, E. D. ONGLEY. 1995. Water Quality of World River Basins. UNEP Environment Library N° 14. 40 pp.
- GEMS AGUA 1993. Guía Operativa. Programa sobre Monitoreo y Evaluación Global de la Calidad del Agua.GEMS (Sistema Global de Monitoreo Ambiental). UNEP/UNESCO/WHO/WMO. 3° edición. 57 pp.
- GLEESON, C. y N. GARY. 1996. The Coliform Index and Waterbone Disease. Spon, Londres.
- GILDERHUS, P.A. 1966. Some effects of sublethal concentrations of sodium arsenite on bluegills and the aquatic environment. Trans. Amer. Fish. Soc. 95: 289.
- INTERSTATE WATER POLLUTION CONTROL COMMISSION. 1970. Controlling the Effects of Industrial Wastes on Sewage Treatment, Wesleyan University, Connec. U.S.A. 234 pp.
- LOMNICZI, I., H.MUSSO and G. MORALES. 1998. Boron Content of the General Belgrano Reservoir in Cabra Corral (Province of Salta, Argentina). Anales de la Asociación Argentina de Química.
- MEYBECK, M. and R. Helmer. 1989. The quality of rivers: from pristine state to global pollution. In: Palaeogeogr. Palaeoclim., Palaeocol. (Global Planet Change Sect.) 75, Elsevier, pp. 283 – 309.
- MEYBECK, M., G. FRIEDRICH, R. THOMAS and D. CHAPMAN. 1996. Rivers. In: D. Chapman (ed.). Water Quality Assessments. E &FN Spon, London. 2nd edition, 243 – 318.
- MORAÑA, L.B. , M.M. SALUSSO, M.O.GARCÍA DE EMILIANI.2000. Evaluación de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Grande (Alta Cuenca del Bermejo, Jujuy). Memorias del XVIII° Congreso Nacional del Agua, 285- 287.
- MUSSO DE DIP, H., R.PEREYRA e I.LOMNICZI DE UPTON. 1992. La concentración de boro en las aguas del Valle de Lerma. Actas II° Congreso

Regional del NOA y su Medio Ambiente. Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, pags.375- 381..

- OMS (Organización Mundial de la Salud). Guías para la Calidad del agua Potable.1995. 2ª Edición. Ginebra.
- RASMUSEN, P. E., P. W. B. FRISKE, L. M. AZZARIA and R. G. GARRET. 1998. Mercury in the Canadian Environment: Current Research Challengers. Geoscience Canada 25(1): 1-14.
- TRACANNA, B., C.SEELIGMANN y V. MIRANDE. 1996. Estudio comparativo de la comunidad fitoplanctónica de dos embalses del noreste argentino. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral 27(1): 13 –22.
- WHO (World Health Organization). 1986. Environmental Health Criteria 54, Ammonia.International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Vammala, Finland.
- WHO (World Health Organization). 1992. GEMS/WATER Operational Guide. Third edition. Geneva.

Anexo:

Canales de Riego Muestreados en los diferentes Valles Intermontanos de la Alta Cuenca del Juramento (Salta).

Valle Intermontano	Nombre del Canal de riego	Código
Valles Calchaquíes	Finca Peñalva Frías	C1
	Cafayate ruta nacional 40	C2
	San Carlos	C3
	La Cabaña	C4
	Cachi Adentro	C5
	Payogasta	C6
Valle de Metán	Miraflores	M22
	Finca Clericó	M23
	El Quebrachal	M24
	Consorcio Macapillo RN 16	M25
Valle de Lerma	Quebrada Los Laureles	L7
	Dique Las Lomitas	L8
	Campo Quijano	L9
	Camino Los Vallistos	L10
	Camino Tres Acequias	L11
	Finca Las Blancas	L12
	Ruta Provincial N° 36	L13
	El Carril	L14
	Salida Cerrillos	L15
	Ampascachi	L16
	La Viña	L17
	Guachipas	L18
	Talapampa	L19
	Camino Calvimonte	L20
	Camino a La Isla	L21