

CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO EN CHILE¹

Quality of the irrigation waters in Chile

Sergio González M.²

SUMMARY

A bibliographic review and a further analysis on the chemical quality of Chilean continental waters used for irrigation are presented.

The natural chemical charge of surface waters is directly related to desertic ecological conditions; thus, salinity increases toward the north, starting with a clear break in the salinity level between the V and the IV Region.

Also, northern surface waters are characterized by high arsenic and boron, both potentially toxic elements, according to concentration. From the Aconcagua river south, the natural charge remains at sufficiently low levels corresponding to waters with good aptitude for irrigation.

It seems that water quality standards for irrigation, defined by the Chilean Official Technical Guide (NCH-1333) are not adapted to the ecological conditions present in Northern Chile.

It is becoming clear that environmental pollution processes are deeply changing the natural chemical status of waters; this phenomenon is not involving continental waters only. Although a complete survey on water pollution is not available, it is evident that the maximum magnitude of this process is represented by Santiago untreated waste waters discharged into the water resources of the Metropolitan Region.

Por su posición geográfica, consistente en un transecto longitudinal entre el Océano Pacífico y la Cordillera de Los Andes, entre los paralelos 25 y 55° S, Chile continental ostenta variadas condiciones climáticas, que van desde polares en su extremo sur (XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena) hasta desérticas, quizás las más pronunciadas del planeta (Guillier, 1983), en su extremo norte (I Región de Tarapacá).

Uno de los factores climáticos que tienen una mayor incidencia en la definición del tipo de agricultura, es la precipitación anual; un cuadro estadístico nacional se presenta en el Cuadro 1. De él se desprende que la

precipitación es muy variable a lo largo de nuestro territorio, existiendo zonas con exceso notorio de lluvias y otras con déficit absoluto. Esta característica, unida a otros factores climáticos, como distribución anual de las lluvias, estacionalidad, duración de la época seca, definen una necesidad de riego en la agricultura desde el límite norte del país hasta la IX Región de la Araucanía (aproximadamente, 38° lat. S).

En el Cuadro 2, es curioso observar la existencia de zonas bajo riego en la XI y la XII Región; sin embargo, analizando el Cuadro 1, se verá que hay una notoria disminución de las precipitaciones en ellas, por lo que se produce nuevamente un déficit hídrico. Por las características generales de dichas regiones, el riego sólo es posible en zonas reducidas, con clima local "especial", como Chile Chico y Puerto Ibáñez, a orillas del Lago General Carrera, en la XI Región.

En dicha Región, el déficit hídrico tiende a cero, siendo la necesidad de riego de carácter eventual. Estas

¹ Recepción de originales: 7 de agosto de 1985.

Presentado al VII Seminario Latinoamericano de Riego y Drenaje, MINAGRI-INIA-IICA, 20.11.83-02.12.83, Santiago, Chile.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

CUADRO 1. Precipitación normal anual (mm). Detalle según la división administrativa de Chile

TABLE 1. Normal annual rainfall (mm), according to the administrative division of Chile

Región	Ciudad	Precipitación
I Región de Tarapacá	Arica	1,1
	Iquique	2,3
II Región de Antofagasta	Antofagasta	4,9
III Región de Atacama	Copiapó	21,1
IV Región de Coquímbo	Ca Serena	104,1
V Región de Valparaíso	Valparaíso	374,8
Región Metropolitana de Santiago	Santiago	330,2
VII Región del Maule	Curicó	718,9
VIII Región del Biobío	Chillán	1.022,5
	Concepción	1.328,8
IX Región de la Araucanía	Temuco	1.308,4
X Región de Los Lagos	Valdivia	2.264,7
	Osorno	1.328,7
	Puerto Montt	1.844,7
	Ancud	2.437,5
XI Región Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	Puerto Aysén	2.961,3
	Coyhaique	1.690,0
	Balmaceda	723,2
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	462,6

FUENTE: Boletín 319 (16.11.83) de la Dirección Meteorológica de Chile, Fuerza Aérea de Chile. Documento original no incluye datos de la VI Región del Libertador B. O'Higgins.

CUADRO 2. Superficie total, potencialmente productiva y arable, y superficie cultivada (excluyendo plantaciones forestales) y regada. Detalle por regiones administrativas de Chile

TABLE 2. Total potentially productive and arable surfaces and cultivated (excluding artificial forests), and irrigated areas, according to the administrative regions of Chile

Regiones	Superficies (miles ha)				
	Total ¹	Potencial ² Productiva	Arable ²	Cultivada ²	Regada ³
I	5.910,3	769,5	10,5	7,9	7,7
II	12.598,1	115,6	3,5	2,7	3,0
III	7.548,2	329,9	22,3	11,1	12,7
IV	4.047,1	2.016,4	125,2	75,1	72,9
V	1.635,1	1.103,4	204,6	148,4	78,5
M*	1.548,0	786,4	214,4	160,4	158,3
VI	1.639,3	1.159,4	324,0	223,7	206,4
VII	3.053,6	1.994,2	523,7	328,1	303,9
VIII	3.682,0	2.864,3	734,0	402,9	191,7
IX	3.194,6	2.632,9	725,9	425,7	32,5
X	6.824,7	4.205,2	440,2	297,7	—
XI	10.778,3	3.574,7	51,2	42,3	2,9
XII	138.203,4	6.964,0	45,7	40,0	3,3
Totales	200.662,7	28.497,9	3.425,3	2.166,0	1.073,8

*Región Metropolitana.

¹ CHILE-IGM (1985). En XII Región, se incluye superficie de la Antártica. ² CHILE-INE (1976). Excepto datos de V Región y Región Metropolitana, tomados de Chile-IREN (1979). ³ CHILE-INE (1985).

necesidades aumentan gradualmente hacia el norte, para llegar a la zona centro—norte del país (regiones VI, Metropolitana y V), donde la agricultura intensiva sólo puede subsistir gracias al riego; de allí que la superficie regada tiende a equivaler a la totalidad del área cultivada.

A partir de la IV Región, aproximadamente al norte del paralelo 30° S, empieza el predominio de las condiciones áridas, las que se intensifican en las tres primeras regiones del país. En éstas, por características naturales, como tipo de suelos, acumulaciones salinas y escasa dotación de agua continental, la agricultura sólo puede desarrollarse en áreas muy particulares y de reducida extensión, como son los valles de Azapa, Lluta, Pica y Camarones (I Región), y Quillagua, San Pedro de Atacama y Toconao (II Región). Esta última, una de las zonas más secas del planeta, cuenta apenas con una dotación total de 20 m³/seg, para una área de 129.000 km².

Calidad natural de aguas de riego en Chile

En Chile debe considerarse, preferentemente, la calidad de los cuerpos superficiales de aguas, dado que más del 90% del agua usada como fuente de riego es captada desde ellos (Cuadro 3). No sólo la escasísima dotación de aguas es limitante para el desarrollo agrícola de los ecosistemas desérticos chilenos, sino que también el tipo de suelos, su salinidad y la calidad de las aguas.

Del Cuadro 4, se deduce que la carga química, magnitud del déficit y grado de aridez de un ecosistema, son variables estrictamente ligadas. En Chile, estas características se maximizan hacia el extremo norte del país (Alonso, 1983a; Guillier, 1983). Siendo ellas dependientes de la extensión del déficit hídrico, se da una situación aparentemente paradójica; aquellos ecosistemas más necesitados de agua, son los que poseen los recursos hídricos con máximos contenidos salinos; obviamente, el desarrollo de esas regiones se ve doblemente limitado.

A la altura de la V Región, el grado salino disminuye abruptamente, lo que permite clasificarlas como de buena aptitud para riego. Es evidente que las aguas del río Aconcagua poseen una carga química absolutamente diferente a las aguas de las regiones nortinas (González, 1984).

La pobre aptitud para riego de las aguas del norte chileno no se debe exclusivamente a la elevada carga en sulfatos, cloruros o sodio. Paralelamente, presentan abundantes contenidos de elementos potencialmente tóxicos, como boro y arsénico (Cuadro 5); este hecho es una resultante del volcanismo cuaternario, aún activo de la zona (Pastenes y Acevedo, 1983a). Ello ha obligado a la construcción de plantas de tratamiento en Antofagasta (1970) y Calama (1978), en la II Región, con el fin de rebajar el contenido arsenical del agua potable, desde 0,2–0,4 a menos de 0,11 mg/lit (Guillier, 1983).

CUADRO 3. Superficie regada (en miles ha), según captación de aguas (CHILE—INE, 1976)

TABLE 3. Irrigated areas (1.000 ha) in Chile, by superficial on underground waters, according to the administrative division of Chile

Región	Superficie Regada			
	Total	Por Canales o ríos	Por Pozo	Por ambos, simultáneamente o por separado
I	7,7	6,5	0,2	1,0
II	3,0	3,0	0,05	—
III	12,7	10,3	1,2	1,2
IV	72,9	68,2	1,4	3,1
V	78,5	60,2	7,7	10,6
M*	158,3	134,9	8,6	14,8
VI	206,4	194,4	6,5	5,5
VII	303,9	288,8	11,9	3,2
VIII	191,7	187,9	2,6	1,2
IX	32,5	31,8	0,7	0,05
X	—	—	—	—
XI	2,9	s/dato	s/dato	s/dato
XII	3,3	s/dato	s/dato	s/dato
Totales	1.073,8	986,0	40,6	40,6

*Región Metropolitana.

CUADRO 4. Caracterización química de algunas fuentes de agua de riego en Chile

TABLE 4. Chemical characteristics of some sources of irrigation water in Chile

Región	Fuente de Agua	pH	CE µmhos/cm	Aniones Solubles				Cationes Solubles				RAS	Na ^o /o	Referencia
				SO ₄	Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	Na	K			
				mg/lit				meq/lit						
I	Río Tacora	2,09	9.000	2.726	1.221	ND	ND	13,0	4,25	12,5	2,8	4,26	38	Zambrano y Urrutia (1961)
	Río Azufre	7,70	780	243	397	ND	1,3	5,56	4,19	4,75	0,19	2,15	32	Zambrano y Urrutia (1961)
	Río Lluta, en Molinos	2,90	2.400	584	429	ND	ND	6,65	1,90	10,3	1,0	5,02	33	Zambrano y Urrutia (1961)
	Río Lluta, en Poconchile	3,2	2.450	564	454	ND	ND	7,45	3,0	11,0	1,0	4,82	48	Zambrano y Urrutia (1961)
	Río Lluta, en Chacalluta	3,6	2.950	690	486	ND	ND	9,0	6,5	15,0	1,15	5,39	47	Zambrano y Urrutia (1961)
	Río Azufre	1,7	21.265	4.296	2.360	ND	ND	17,4	16,07	24,0	8,70	5,87	36	Rodríguez (1961)
	Río Colpiptas	7,7	2.497	245	585	ND	3,5	4,24	1,94	15,8	3,24	8,99	63	Rodríguez (1961)
	Río Lluta, en Rosario	4,2	3.201	917	627	ND	0,5	10,8	6,59	8,88	2,74	3,04	32	Rodríguez (1961)
	Río Lluta, en Playa Verde	4,5	2.903	680	529	ND	ND	9,54	5,70	12,2	2,08	4,42	41	Rodríguez (1961)
	Quebrada Tarapacá	8,08	2.311	347	437	ND	2,05	5,20	1,93	13,42	0,94	7,1	62	INIA ¹
Quebrada Camarones	8,30	3.198	246	765	0,15	3,05	6,20	1,30	19,45	1,09	10,0	69	INIA ¹	
Pampa del Tamarugal, pozo	7,14	2.949	242	694	ND	3,4	8,50	2,83	12,74	0,87	5,35	51	INIA ¹	
II	Río Salado	7,34	6.955	137	1.928	ND								INIA ¹
	Salar de Atacama, pozo	8,29	2.178	416	308	0,24	9,22	6,75	2,75	11,86	0,40	5,44	55	INIA ¹
	Río Loa, en Lequena		1.100									3,5		Alonso (1983 a)
	Río Loa, en Quillagua		8.500									23,0		Alonso (1983 a)
	Río Ojalar	8,47		38	112	0,10	1,11	0,14	0,80	4,14	0,45	6,04	75	Guillier (1983)
III	Río Toconce	8,94		109	168	0,21	0,76	0,91	0,58	5,78	0,52	6,70	74	Guillier (1983)
	Río Chillavár	8,09		64	86	ND	0,75	0,31	0,62	2,33	0,28	3,42	66	Guillier (1983)
	Río Copiapó, en Piedra Colgada	8,16	1.558	577	73	ND	4,83	8,4	3,0	5,37	0,20	2,25	32	INIA ¹
	Río Copiapó, en San Antonio	8,20	2.480	957	149	ND	5,1	12,0	4,13	11,94	0,19	4,2	42	INIA ¹
	Río Copiapó, en Tierra Amarilla	8,12	1.010	NA	61	ND	3,2	5,3	2,62	3,20	0,12	1,81	28	Rodríguez (1961)
IV	Río Copiapó, en La Chimba	7,80	1.650	NA	62	ND	3,0	6,9	1,23	3,22	0,12	1,60	28	Rodríguez (1961)
	Río Huasco, Canal Compañía	8,20	1.520	NA	62	ND	5,1	8,8	4,07	2,20	0,15	0,87	14	Rodríguez (1961)
	Río Huasco, Canal Tatará	8,02	772	236	34	ND	2,6	4,70	2,31	1,44	0,21	0,77	17	Rodríguez (1961)
	Río Chospa	7,95	4.522	1.017	921	ND	2,6	21,7	10,33	18,40	0,47	4,6	36	Rodríguez (1961)
	Hacienda Camarones, Tongoy	7,16	982		145									INIA ¹
V	Río Juncal	7,79	336	90	5,5	ND	1,32	9,5	0,35	0,29	0,02	0,24	9,24	González (1983 a)
	Río Blanco	7,52	253	54	4,25	ND	1,03	2,02	0,27	0,23	0,03	0,22	9,40	González (1983 a)
	Río Aconcagua, en Vizcachas	7,71	273	58	6,6	ND	1,14	1,9	0,3	0,33	0,02	0,31	13	González (1983 a)
	Estero Limache	8,14	590	97	20,1	0,4	3,17	3,04	1,07	1,33	0,06	0,93	24	González (1983 a)
	Río Aconcagua, en desembocadura	8,00	431	69	10,3	ND	2,49	2,86	0,65	0,66	0,05	0,49	15	González (1983 a)

¹ Muestras analizadas por Laboratorio Central de Contaminantes y Alimentos (LACECONAL) de la Estación Experimental La Platina (INIA), en base a prestación de servicios analíticos.

ND: no detectado; NA: no analizado.

CUADRO 5. Contenido de As, B y F (en mg/lit) de algunas aguas del norte de Chile

TABLE 5. As, B and F (mg/lit) content in some waters of north of Chile

Región	Fuente de Agua	As	B	F
I	Río Tacora		17,00 ⁶	
	Río Azufre	0,1 a 0,4 ³	52,50 ⁵ ; 0,30 ⁶	
	Río Lluta, en Molinos		9,60 ¹ ; 3,85 ⁴ ; 2,60 ⁶	
	Río Lluta, en Poconchile		11,00 ¹ ; 10,60 ⁶	
	Río Lluta, en Chacalluta		18,10 ¹ ; 42,50 ⁵ ; 13,00 ⁶	
	Río Camarones	1 a 1,5 ³		
	Quebrada Camiña	0,20 ⁴	2,05 ⁴	
II	Río Putre			
	Río Loa, en Lequena	0,17 ⁵	3,10 ¹	
	Río Loa, en Chiu-Chiu		4,90 ¹	
	Río Loa, en Calama		9,10 ¹	
	Río Loa, en Quillagua		18,80 ¹	
	Río Ojalar	0,43 ²		0,20 ²
	Río Toconce	0,20 ²		0,15 ²
	Vertientes del Linzor	0,97 ² ; 0,80 ³		0,45 ²
III	Bocatoma Chuquicamata	0,43 ²		
	Río Chillavár	0,40 ²		0,15 ²
	Río Copiapó, en San Antonio		1,20 ¹	
	Río Copiapó, en Piedra Colgada		1,00 ¹	
	Río Copiapó, en María Isabel		1,50 ¹	
Río Copiapó, en Angostura		3,40 ¹		
Límites máximos permisibles (LMP) (según NCH-1333)		0,10	0,75	1,00

¹ Alonso (1983b); ² Guillier (1983); ³ Pastenes y Acevedo (1983a); ⁴ Pastenes y Acevedo (1983b); ⁵ Rodríguez (1961);

⁶ Zambrano y Urrutia (1961).

Si se aplicaran los criterios establecidos en la Norma Oficial Chilena para Aguas de Riego (Chile—INN, 1978), la casi totalidad de las aguas del norte debieran ser clasificadas como no aptas para riego. Sin embargo, la agricultura en esas zonas es una actividad que, si bien reducida en extensión, persiste desde el tiempo de los incas, lo cual significa que la aptitud para riego de dichas aguas es superior a la predecible (Alonso, 1983a).

Al parecer, los criterios de clasificación de aguas para riego no son operantes en condiciones ecológicas como las del norte chileno. Probablemente, la definición de éstos se efectuó en condiciones ecológicas absolutamente distintas; nuestros países, por falta de información científica local acabada, tienden a copiar normativas de países desarrollados. Se hace necesario, entonces, definir la validez de los criterios utilizados en las citadas normas y adecuarlos a nuestras propias condiciones. Al respecto, cabe destacar la proposición de un nuevo criterio para definición de aptitud de riego de aguas del norte chileno, presentado por Alonso (1983b y c).

Contaminación hídrica en Chile

Las aguas continentales en gran parte del mundo, se están viendo afectadas en su calidad natural, por la introducción incontrolada de cantidades crecientes de residuos de actividades antrópicas. El proceso conta-

minante de mayor relevancia en agua de riego en Chile, es la descarga de aguas servidas no tratadas. Este proceso se asocia, generalmente, con una proliferación de microorganismos patógenos para el ser humano, transmitidos a través de las deposiciones humanas; por ello, se ha llamado también contaminación biológica de las aguas.

Debido a la inexistencia de un sistema nacional de plantas de tratamiento de aguas servidas, esta contaminación se presenta a lo largo de nuestro territorio, llegando hasta cursos de gran caudal, como es el río Valdivia, en la X Región (Schoebitz y Montes, 1983). La magnitud máxima se presenta en las aguas de la Región Metropolitana (Cuadro 6), donde se congrega más del 40% de la población total del país.

Si bien se estima que este tipo de contaminación no afecta la potencialidad productiva de los ecosistemas de riego, tiene otros efectos negativos. El primer perjuicio que recibe la agricultura se refiere a la reducción significativa de alternativas de cultivos. A partir de 1983, las autoridades metropolitanas del sector salud prohibieron el cultivo de algunas hortalizas, en áreas regadas con aguas servidas o contaminadas con éstas, cuyo índice sea superior a 1.000 coliformes fecales por 100 ml de agua.

Además de la contaminación de alimentos por microorganismos patógenos, las aguas servidas enriquecen las aguas en N y P (González, Bergqvist e Ite, 1983).

CUADRO 6. Contenido de coliformes fecales (NMP/100 ml) de algunos cursos superficiales de agua

TABLE 6. Fecal bacteria content (NMP/100 ml) of some superficial water courses

Región	Curso	Coliformes Fecales
V	Río Aconcagua, antes de ingreso al valle	1.000 ²
	Río Aconcagua, aguas abajo Los Andes	1.000 a 100.000 ²
	Río Aconcagua, aguas abajo San Felipe	10.000 a 250.000 y más ²
	Río Aconcagua, aguas abajo La Calera	10.000 a 250.000 ²
	Río Aconcagua, aguas abajo Quillota	1.000 a 50.000 ²
M*	Río Mapocho, aguas arriba de Santiago	1.000 ¹
	Río Mapocho, en Sta. Rosa de Las Condes (Stgo.)	130.000 ¹
	Río Mapocho, frente Pedro de Valdivia (Stgo.)	570.000 ¹
	Río Mapocho, aguas abajo de Santiago	200.000 ¹
	Río Mapocho, en Peñaflor (30 kgm, aguas abajo)	280.000 ¹
	Canal San Carlos, en Providencia (Stgo.)	2.144 ⁴
	Canal Batucano, en Colina	16.000 ⁴
	Canal Esperanza Bajo, en Padre Hurtado	16.000 ⁴
	Río Maipo, en Puente Alto	1.000 ¹
	Río Maipo, en Isla de Maipo	59.000 ¹
Río Maipo, en El Monte (unido con Río Mapocho)	190.000 ¹	
X	Río Valdivia, aguas arriba de Valdivia	79 ³
	Río Valdivia, aguas abajo de Valdivia	1.149 ³

*Región Metropolitana.

¹Castillo (1980); ²González y otro (1983); ³Schoebitz y Monte (1983); ⁴Tello, Solari e Iriondo (1983)

No obstante el posible beneficio que podría significar el riego con aguas contaminadas con estos elementos, no debe olvidarse el peligro que presentan los nitritos, agentes carcinogénicos, en aguas que son usadas para el consumo de la población rural.

Otro aspecto importante es la presencia de residuos de productos químicos de uso doméstico, que podrían llegar a afectar a la agricultura, a través de sus acumulaciones en los suelos. Los detergentes, por ejemplo, pudieran estar afectando la calidad de los suelos; este proceso no ha sido estudiado en Chile.

Debido a que las aguas servidas también incluyen la mayor parte de los residuos industriales líquidos, su incorporación a cursos de aguas empleados en riego incide en un aumento de otras sustancias químicas; de éstas, la mayor importancia la tienen los metales pesados.

El diagnóstico de esta situación es incipiente, pero se está obteniendo mayor información en Chile. Se ha medido que las aguas del río Aconcagua, por ejemplo, se enriquecen en algunos elementos, como Cu, Zn, Pb, Cd, a medida que el río recibe descargas de aguas servidas (González, 1983); también, las aguas del río Mapocho y del Zanjón de la Aguada, aumentan su carga de elementos pesados, una vez que reciben las descargas de alcantarillas de Santiago (Gaslaschi, Vergara y Schalscha, 1983; Schalscha y Vergara, 1981).

Los metales pesados no sólo pueden ser liberados a través de las aguas servidas. Dada la gran riqueza minera del país, una de las fuentes potenciales de mayor trascendencia la constituyen los relaves, desde grandes centros mineros en la alta cordillera, como los existentes en el nacimiento de ríos tan importantes como Aconcagua (V Región), Mapocho (Región Metropolitana) y Cachapoal (VI Región).

Una prospección sistemática de las aguas del río Aconcagua, llevada a cabo entre 1981 y 1982, detectó un enriquecimiento de Mo en las aguas de los ríos Blanco y Juncal, al recibir descargas provenientes del centro minero de Saladillo (González, 1983). Algunos antecedentes indican que las aguas de los ríos Mapocho (Gaslaschi, Vergara y Schalscha, 1983) y Cachapoal (Laboratorio Control de Contaminantes y Alimentos—INIA) contienen importantes cantidades de Cu, a su ingreso a los valles; sin embargo, no es posible discernir aún entre contenidos naturales superiores al límite de tolerancia establecidos en la norma chilena (Chile—INN, 1978) y probables influencias de centros mineros, usuarios de las aguas en la Región Metropolitana y VI Región.

En general, a pesar de la limitada información recopilada, puede establecerse que las aguas continentales

de Chile están siendo amenazadas por contaminación con metales pesados, habiéndose detectado ya algunas situaciones puntuales, de contenidos excesivos con respecto a la norma en vigencia. Debido a que esta normativa ha sido definida de acuerdo a antecedentes extranjeros, cabe la duda razonable que algunos de sus criterios, así como los límites máximos permisibles, no sean válidos para nuestras condiciones ecológicas.

Otro tipo de contaminación de aguas, que tiene un interés más bien ambientalista que agrícola, es el de los residuos de pesticidas. Esta contaminación se origina en la propia agricultura y empieza a ser estudiada en Chile; a la fecha, sólo se ha realizado una prospección en el río Aconcagua, entre los años 1981 y 1983, encontrándose únicamente trazas de algunos organoclorados, siendo el más abundante el Lindano (Claudio Ciudad, comunicación personal).

CONCLUSIONES

En relación a la disponibilidad y calidad de aguas para riego, la situación chilena es la siguiente:

- existe una limitante cuantitativa del recurso agua para riego en las áreas agrícolas ubicadas en la V Región, intensificándose hacia el norte del país;
- la limitante cuantitativa está estrechamente relacionada a una limitante cualitativa, la que se manifiesta por una elevada concentración natural de sales; esta carga química incluye algunos elementos potencialmente tóxicos, como As y B;
- las aguas continentales existentes desde el río Aconcagua hacia el sur, presentan contenidos salinos reducidos, compatibles con las normas vigentes sobre calidad de agua para riego;
- en general, todas las aguas de riego del país están sufriendo un creciente deterioro cualitativo, como consecuencia de procesos de contaminación de origen antrópico;
- el proceso de mayor envergadura es el de contaminación con aguas servidas que, a nivel de la Región Metropolitana, se está traduciendo en una reducción significativa de las alternativas de cultivo;
- además de los aportes provenientes de aguas servidas, existe una alta probabilidad de contaminación de aguas de riego con metales pesados, debido a la riqueza mineral, especialmente de Cu, del país; y
- se cuestiona la validez de los criterios establecidos en la Norma Oficial Chilena para aguas de riego, tanto en el caso de las aguas salinas del norte como en casos de contaminación por metales pesados.

RESUMEN

Se presenta una revisión bibliográfica y un análisis sobre la calidad química de las fuentes superficiales de aguas continentales chilenas para riego.

Es indudable que la carga química natural tiene una relación con el grado de aridez. La salinidad aumenta hacia el norte, con un cambio pronunciado entre la V y la IV Región. Además del contenido salino, las aguas superficiales del norte chileno se caracterizan por incluir elevadas concentraciones de arsénico y boro, dos elementos potencialmente tóxicos para los vegetales, en función de su concentración. Desde el río Aconcagua hacia el sur, la carga química se mantiene en niveles suficientemente bajos, como para definir una óptima aptitud para su uso en riego.

Los criterios de calidad de aguas para riego, definidos por la Norma Oficial Chilena (NCH-1333), no parecen operantes bajo las condiciones ecológicas del norte.

Los procesos de contaminación están alterando profundamente la calidad natural de las aguas chilenas, no estando este fenómeno reducido al recurso continental, exclusivamente. Aun cuando no se cuenta con un catastro completo, es evidente que el mayor impacto está dado por las aguas servidas de Santiago, sobre los cursos de la Región Metropolitana.

LITERATURA CITADA

- ALONSO C., H. 1983a. Limitantes cualitativas y cuantitativas al uso agrícola del agua en el norte de Chile. Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno. La Serena, CIPMA—U. de La Serena, agosto 1983. Vol. 1: 86—89.
- ALONSO C., H. 1983b. Proposición de nuevo criterio para calificar aptitud de uso en riego para aguas del norte de Chile. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA—Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 10—14.
- ALONSO C., H. 1983c. Aplicación de nuevo criterio propuesto para calificar aguas de riego en el norte de Chile. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA—Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 15—19.
- CASTILLO M., G. 1980. Problemas de salud relacionados con el uso del agua. I Simposio de Contaminación del Medio Ambiente. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, noviembre 1980. INIA—Intendencia Región Metropolitana. p: 73—100.
- CHILE—INE—Instituto Nacional de Estadísticas. 1976. Tabulaciones Manuales. V Censo Nacional Agropecuario. Prov. de Atacama a Magallanes.
- CHILE—INE—Instituto Nacional de Estadísticas. 1985. Uso del suelo, maquinaria y ganadería. Cultivos anuales esenciales. INE, Santiago. p: 8—44.
- CHILE—IREN—Instituto de Investigación de Recursos Ambientales. 1979. Elementos básicos para un plan de desarrollo de la V Región. Informe Final. IREN—U. Técnica Fed. Santa María, Valparaíso. Publicación 23.
- CHILE—IGM—Instituto Geográfico Militar. 1985. Atlas Geográfico de Chile para la Educación. IGM, Santiago. 146 p.
- CHILE—INN—Instituto Nacional de Normalización. 1978. Norma Oficial Chilena 1333: Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. INN, Santiago.
- GASLASCHI P., G.; VERGAR F., I. y SCHALSCHA B., E. 1983. Metales pesados en el río Mapocho. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA—Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 66—69.
- GONZALEZ M., S. 1983. Contenido de metales pesados en el río Aconcagua. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA—Intendencia Región Metropolitana.
- GONZALEZ M., S. 1984. Caracterización química del río Aconcagua. Agricultura Técnica (Chile) 44 (3): 229—235.
- GONZALEZ M., S.; BERGQVIST A., E. e ITE D., R. 1983. Nitrógeno y fósforo en las aguas del valle Aconcagua. III Simposio sobre Contaminación Ambiental. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA—Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 83—88.

- GONZALEZ M., S.; BERGQVIST, E.; VENEGONI, C. e INSUNZA, M. 1983. Coliformes fecales en aguas del río Aconcagua. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA-Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 89-93.
- GUILLIER O., A. 1983. Mecanismo de la acción contaminante natural en las fuentes de agua de la II Región. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA-Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 94-103.
- PASTENES, J. y ACEVEDO, E. 1983a. Presencia y distribución de arsénico en el sistema suelo-agua-planta en el norte de Chile. I. Contaminación arsenical de suelos, aguas y plantas. Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno. U. de La Serena, La Serena, agosto 1983. CIPMA-U. de La Serena. Vol. II: SAL 45-49.
- PASTENES, J. y ACEVEDO, E. 1983b. Presencia y distribución de arsénico en el sistema suelo-agua-planta en el norte de Chile. II. Contaminación arsenical en la Quebrada de Camiña (I Región). Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno. U. de La Serena, La Serena, agosto 1983. CIPMA-U. de La Serena. Vol. II: SAL 50-54.
- RODRIGUEZ, A. 1961. Primer, Segundo y Tercer Informes sobre la calidad de las aguas del río Lluta, afluentes y río Caquena. Dirección de Agricultura y Pesca-Junta de Adelanto de Arica. Informes mimeografiados.
- SCHALSCHA, E. y VERGARA, I. 1981. Efecto del riego con aguas servidas no tratadas sobre el contenido de metales pesados en suelos y cultivos. II Simposio de Contaminación del Medio Ambiente. Intendencia Región Metropolitana, Santiago, noviembre 1981. INIA-Intendencia Región Metropolitana. p: 68-69.
- SCHOEBITZ, R. y MONTES, L. 1983. Efecto de la descarga de aguas servidas urbanas en una corriente fluvial de gran caudal. Valdivia, 1983. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA-Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 118-121.
- TELLO, S.; SOLARI, V. e IRIONDO, M. 1983. Calidad bacteriológica de aguas para riego en la Región Metropolitana. III Simposio sobre Contaminación Ambiental, orientado al recurso agua. Estación Experimental La Platina, INIA, Santiago, octubre 1983. INIA-Intendencia Región Metropolitana. Tomo I: 122-129.
- ZAMBRANO, L. y URRUTIA, B. 1961. Calidad de las aguas del río Lluta y afluentes. Univ. de Chile. Santiago. Boletín Técnico Nº 9. 19 p.