

CARACTERIZACION QUIMICA DEL RIO ACONCAGUA¹

Chemical characterization of the Aconcagua River

Sergio P. González M.²

SUMMARY

Chemical quality of the Aconcagua river waters was determined, during the 1981/82 and 1982/83 irrigation seasons, to define their aptitude for irrigation. This study was based on pH, conductivity, soluble cation and soluble anion contents, SAR and Na^o/o.

It was found that the waters had a low natural chemical charge, giving a river with good aptitude for irrigation at its entry to the valley. This charge increased progressively along the valley, as a result of several untreated wastewater discharges. Nevertheless, the use for irrigation of even those waters with maximum charge, like those from the lower sector of the river, showed low risk for plants and soils.

There were significant differences in absolute amounts and in rate of longitudinal changes of the chemical charge, between the two seasons studied. Both were maximum at the 1981/82 irrigation period, and minimum at the next period; this was related with the amount of water flowing in the Aconcagua river each season.

INTRODUCCION

El presente trabajo formó parte de un estudio integral sobre la calidad de las aguas del río Aconcagua, efectuado durante las temporadas de riego 1981/82 y 1982/83, y que incluyó, además, la cuantificación de algunos agentes contaminantes, como metales pesados (González, 1983), coliformes fecales (González y otros 1983), residuos de pesticidas (C. Ciudad y S. Moyano, en elaboración) y de nitrógeno y fósforo disueltos (González, Bergqvist e Ite, 1983).

La caracterización química de las aguas de un río y, en consecuencia, la definición de sus aptitudes para riego, es un factor de trascendencia en la estimación de la potencialidad natural de un ecosistema en cuanto a la producción de alimentos; ello cobra mayor importancia en un río, como el Aconcagua, que proporciona más del 80% del agua de riego de su valle (Chile (CNR), 1979; Chile (IREN), 1979).

Por tratarse de una zona agroecológica semiárida, donde las necesidades hídricas superan su disponibilidad (ONU, 1973), las aguas del río Aconcagua están sometidas a un uso intensivo, no sólo por la agricultura, que se caracteriza por una reutilización de su caudal, varias veces en su recorrido por el valle (Chile (IREN), 1979).

Esto significa que existe una alta probabilidad de alteración de la carga química natural del acuífero, como producto del vaciado de aguas servidas, residuos industriales (Dazarola y Reyes, 1975; Vallejos, 1971) o por productos lixiviados de los suelos; con ello, disminuiría la aptitud para riego de estas aguas, especialmente hacia los tramos inferiores del río.

El objetivo del presente trabajo fue definir la calidad química natural de las aguas del río Aconcagua, en base a aquellas mediciones de uso más frecuente, y su alteración por aportes de aguas residuales de actividades humanas, durante las temporadas de riego 1981/82 y 1982/83.

MATERIALES Y METODOS

Se efectuó un muestreo periódico de las aguas del río Aconcagua, en diversos lugares dentro de un tramo comprendido entre el puente Vizcachas, a su ingreso al valle, y la bocatoma del canal San Víctor, pocos kilómetros antes de su desembocadura. La ubicación de

¹ Recepción de originales: 25 de mayo de 1983.

Estudio perteneciente al Proyecto "Contaminación en el valle Aconcagua", MINAGRI-INIA. El autor agradece la participación de los Sres. Enrique Bergqvist y Oscar Rodríguez y de las Sras. Regina Ite y Stella Moyano.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

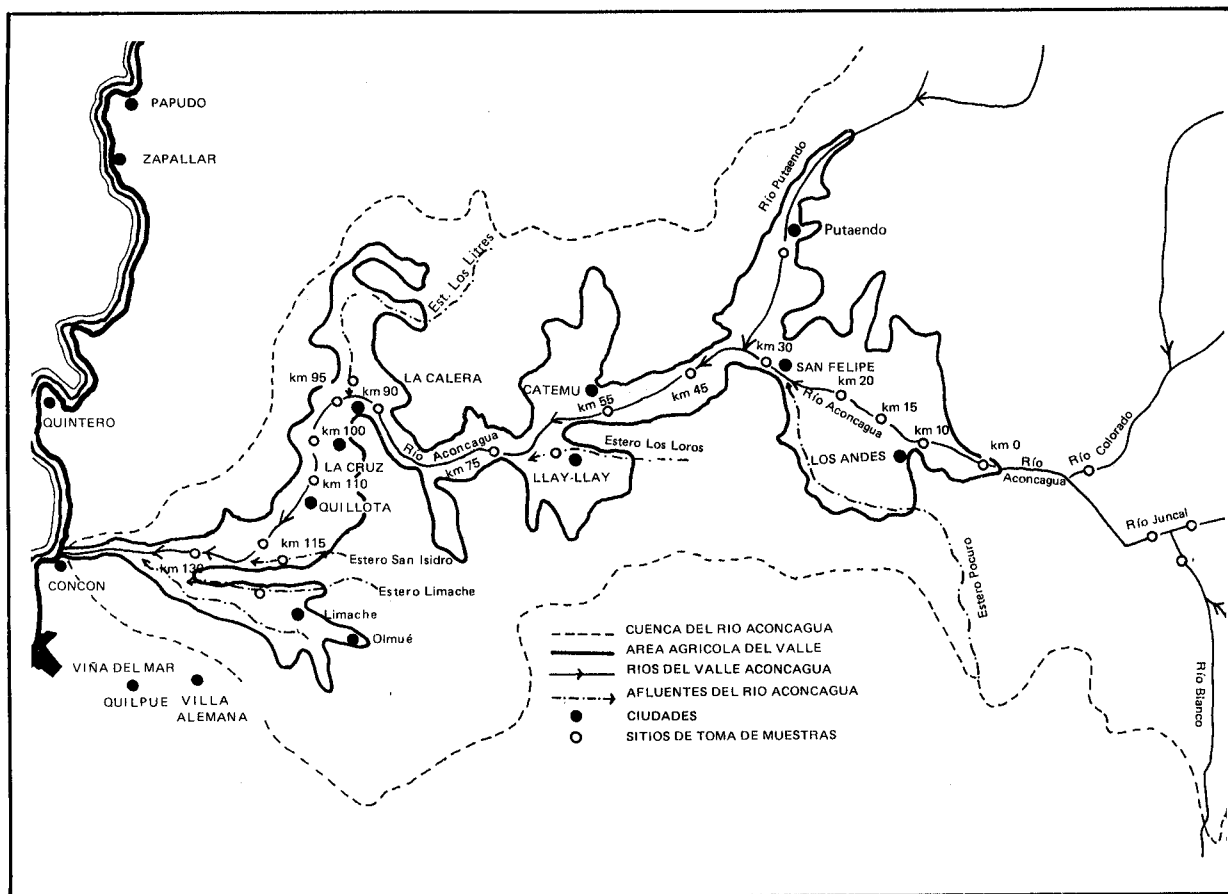


FIGURA 1. Ubicación relativa de lugares recolección de muestras y de ciudades.
 FIGURE 1. Relative location of sampling sites and cities.

los lugares de recolección de muestras, así como la posición relativa de los centros urbanos, se presentan en la Figura 1 y Cuadro 1. El período de toma de muestras se extendió desde septiembre a marzo, en cada temporada de riego.

Se definió este tramo del río, de 130 km aproximadamente, por proveer la casi totalidad de aguas para riego. Para los fines de este estudio, se consideró el puente Vizcachas como kilómetro cero, pues en este punto la calidad de las aguas no ha sufrido alteraciones significativas; las distancias establecidas con respecto a dicho puente, son aproximadas.

Paralelamente, se recolectó muestras de los ríos Juncal, Blanco y Colorado, que conforman el sistema tributario mayor del río Aconcagua, y del río Putaendo y los esteros Los Loros, Los Litres, San Isidro y Limache.

Los análisis efectuados fueron pH, conductividad eléctrica o específica (C.E.), aniones y cationes solubles (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio,

magnesio, sodio y potasio), según las técnicas sugeridas por APHA, AWWA y WPCF (1980). Con estos valores se determinó la relación de adsorción de sodio (RAS), de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

donde las concentraciones están expresadas en meq/l; además, se calculó el sodio porcentual (Na^{o/o}), de la siguiente forma:

$$Na^{o/o} = \frac{Na}{(Ca + Mg + Na + K)}$$

usando, también, los valores en meq/l.

Los resultados obtenidos fueron comparados con respecto a la Norma Oficial Chilena NCH-1333 (Chile

CUADRO 1. Ubicación de los sitios de toma de muestra y ciudades en el Valle del Aconcagua**TABLE 1. Location of sampling sites and cities in the Aconcagua Valley**

Lugar	Ubicación ¹	Ribera
A. SITIOS DE TOMA DE MUESTRAS		
Puente Vizcachas	km 0	
Bocatoma canal Rinconada	km 10	S
Bocatoma canal Ahumada	km 15	N
Bocatoma canal Montenegro	km 20	N
Bocatoma canal del Cerro	km 30	S
Bocatoma canal Catemu Alto	km 45	N
Bocatoma canal Catemu Bajo	km 50	N
Bocatoma canal Valdesano	km 55	S
Bocatoma canal Purutún	km 75	N
Bocatoma canal Ovalle	km 90	S
Bocatoma canal Mauco	km 95	NO
Bocatoma canal Candelaria	km 100	E
Bocatoma canal San Pedro	km 110	E
Bocatoma canal Rautén	km 115	O
Bocatoma canal San Víctor	km 130	S
B. CIUDADES		
Los Andes	km 12	S
San Felipe	km 28	N
Catemu	km 60	N
Llay—Llay	km 70	S
La Calera	km 92	S
Quillota	km 110	O

¹ Kilómetros aguas abajo del puente Vizcachas.

(INN), 1978), en lo atinente a los requisitos para aguas de riego, y con respecto a USDA (1962), en lo referente a C.E. y RAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 entrega algunos requisitos de calidad química y física de aguas para riego, contenidos en la norma chilena (Chile (INN), 1978), base de referencia para definir la aptitud de riego de las aguas.

En relación a la carga química natural del acuífero, la caracterización química, expresada en valores promedios por temporada, de las aguas de los ríos del sistema tributario mayor del Aconcagua, demostró un contenido químico bajo, lo que se presenta en el Cuadro 3; ello generó un río con aguas de adecuada aptitud para riego a su ingreso al valle, o sea, antes de su utilización intensiva. Todas las características estudiadas estuvieron dentro de los rangos de normalidad o muy por debajo de los límites máximos permisibles para la norma chilena. Esto, también, fue válido para las aguas de río Putaendo.

Sin embargo, la situación fue diferente en los esteros estudiados, donde se observó una carga química sensiblemente mayor, llegando algunas variables, especialmente la C.E., a exceder los rangos de normalidad establecidos en la norma chilena para aguas de riego. Este hecho parece deberse a las descargas de aguas residuales desde algunos centros urbanos, como Llay—Llay, San Pedro o Limache, a estos cursos, los que por sus escasos caudales naturales, no producen una eficiente dilución de la carga contaminante; es interesante establecer que en los meses de verano, prácticamente todo el caudal existente en ellos corresponde a aguas servidas, con la consiguiente generación de malos olores y otros problemas de sanidad ambiental.

Los valores incluidos en el Cuadro 3, con excepción del pH y otros pocos valores puntuales, presentaron una magnitud mayor en la temporada 1981/82. Este hecho, que también se reprodujo en las aguas del río Aconcagua, como se verá más adelante, pareciera deberse a la diferencia de caudales detectada entre ambas temporadas.

Como se sabe, las aguas escurrientes durante las temporadas de riego en el Valle Aconcagua, se originan por el derretimiento de las nieves acumuladas en la Cordillera de los Andes durante el invierno anterior. En el invierno de 1981 esta acumulación fue relativamente escasa, hasta tal grado que el uso de las aguas debió ser regulado en el verano siguiente; en cambio, durante el invierno de 1982, la caída de nieve fue muy abundante, no existiendo limitaciones en el uso de las aguas en la temporada posterior.

Ello generó, evidentemente, situaciones de caudales diferentes, limitados por una parte y excesivos por la otra, con dilución diferencial de la carga química. Es posible que, sin haberlo definido previamente como objetivo del estudio, se haya estudiado ciclos de riego representativos de situaciones cercanas a los extremos; ello tendrá la utilidad de graficar los cambios en la carga química entre contenidos mínimos, bajo caudales abundantes, y máximos, bajo caudales escasos, al mismo tiempo que determinar los riesgos potenciales o reales en casos de mínima dilución química.

Luego que el río Aconcagua ingresa al valle, sus aguas empiezan a ser extraídas para diversos fines, al tiempo que se inicia la recepción de las aguas residuales de estos usos, las que son descargadas sin mayores tratamientos previos; este ciclo se repite varias veces en su recorrido por el valle.

Analizando los contenidos de cationes solubles, la Figura 2 indica que, en ambas temporadas, presentaron un claro aumento progresivo en sentido longitudinal del río, con algunas variaciones entre ellos. Mientras los contenidos de magnesio y sodio mostraron una

CUADRO 2. Requisitos de calidad de aguas para riego, según la Norma Oficial Chilena 1333. Chile (INN), 1978

TABLE 2. Quality requirements for irrigation waters, according to the Chilean Official Norm 1333

A. Requisitos Químicos

El agua debe tener un pH comprendido entre 5,5 y 9,0

B. Elementos y Compuestos Químicos

Elemento/Compuesto	Unidad	Límite Máximo
Cloruros solubles	mg/lt	200,00
Sodio porcentual	o/o	35,00
Sulfatos solubles	mg/lt	250,00

C. Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

La autoridad competente debe establecerla en cada caso específico

D. Conductividad Específica o Eléctrica (C.E.)

Valor micromhos/cm a 25° C

Clasificación

$C \leq 750$	Agua con la cual, generalmente, no se observarán efectos perjudiciales.
$750 < C \leq 1.500$	Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.
$1.500 < C \leq 3.000$	Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos.
$3.000 < C \leq 7.500$	Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables, con métodos de manejo cuidadosos.

CUADRO 3. Caracterización química de las aguas del sistema tributario del río Aconcagua y otros afluentes menores. Expresión en base a valores anuales promedios

TABLE 3. Chemical characterization of the waters of the Aconcagua river tributary system and other affluents (annual averages)

Ríos o Esteros	Lugar de Muestreo	pH		C.E. ¹		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ²⁺		K ²⁺		SO ₄ ³⁻		Cl ³⁻		HCO ₃ ²⁻		CO ₃ ²⁻		RAS		Na ^{o/o}	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Juncal	2 km arriba río Blanco.	7,71	7,79	462	336	3,83	2,50	0,42	0,35	0,32	0,29	0,02	0,02	93	90	9	5,5	NA ⁴	1,32	NA	ND ⁴	0,22	0,24	7,0	9,2
Blanco	0,5 km arriba río Juncal.	7,66	7,22	302	253	2,11	2,02	0,33	0,27	0,49	0,23	0,02	0,03	69	54	4	4	NA	1,03	NA	ND	0,41	0,22	14,1	9,4
Juncal	1 km abajo río Blanco.	7,71	7,82	395	316	2,70	2,30	0,37	0,27	0,45	0,28	0,04	0,03	73	78	7	5	NA	1,12	NA	ND	0,34	0,25	10,9	9,7
Colorado	0,5 km arriba río Juncal.	7,83	NA	347	NA	1,91	NA	0,55	NA	0,76	NA	0,03	NA	31	NA	14	NA	NA	NA	NA	NA	0,68	NA	23,4	NA
Aconcagua	Puente Vizcachas (km 0).	7,67	7,71	369	273	2,51	1,90	0,40	0,30	0,40	0,33	0,02	0,02	61	58	9,9	6,5	1,51	1,14	ND	ND	0,32	0,31	11,1	13,1
Putendo	5 km arriba río Aconcagua.	7,80	NA	262	NA	1,69	NA	0,44	NA	0,39	NA	0,02	NA	31	NA	5	NA	1,61	NA	NA	NA	0,38	NA	15,4	NA
Los Loros	1 km abajo Llay-Llay	7,77	NA	795	NA	3,51	NA	1,45	NA	1,14	NA	0,04	NA	193	NA	19	NA	3,10	NA	NA	NA	0,71	NA	17,7	NA
Los Litres	Bajo Puente Carretera frente Arificio.	7,97	8,05	656	535	3,50	3,02	1,79	1,09	1,02	0,83	0,04	0,03	84	88	15	13	5,50	3,02	NA	0,09	0,64	0,54	16,4	16,5
San Isidro	1 km abajo San Pedro.	7,99	NA	821	NA	2,83	NA	1,75	NA	1,52	NA	0,07	NA	112	NA	24	NA	2,40	NA	NA	NA	1,01	NA	24,9	NA
Limache	Frente a Cervecería.	8,11	8,14	735	590	3,57	3,04	1,90	1,07	1,30	1,33	0,09	0,06	94	97	35	20	3,75	3,17	NA	0,11	1,04	0,93	22,9	24,2

¹ C.E. en micromhos/cm a 25° C.

² Cationes solubles y carbonatos solubles, en meq/litro.

³ Sulfatos solubles y cloruros solubles, en mg/litro.

⁴ NA = no analizado, ND = no detectado.

Columnas A = temporada 1981/82.

Columnas B = temporada 1982/83.

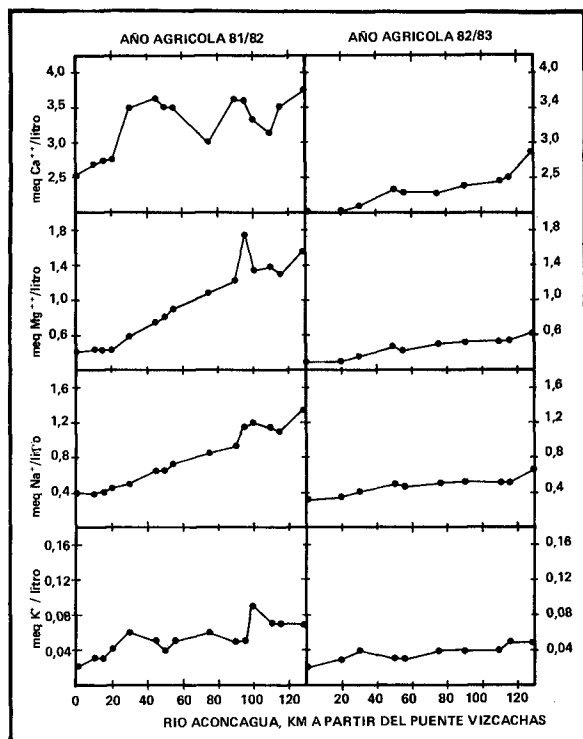


FIGURA 2. Variación longitudinal (en promedios anuales) del contenido de cationes solubles.

FIGURE 2. Longitudinal changes of soluble cations content (seasonal averages).

conducta ascendente estable, el calcio y potasio, en la temporada 1981/82, tuvieron una conducta general ascendente, pero variable entre los diferentes lugares de toma de muestras.

Algunas diferencias fueron detectadas entre temporadas. En primer lugar, considerando un mismo lugar de toma de muestras, los contenidos catiónicos fueron mayores en la temporada 1981/82, coincidente con el menor caudal del río; en segundo término, el rango de incremento de los contenidos fue también mayor en esta temporada, lo que estaría indicando un mayor impacto de las descargas de aguas contaminantes, bajo condiciones de caudales restringidos.

El conocimiento de la composición catiónica soluble es importante para la determinación del contenido relativo de sodio, factor que se utiliza para definir la aptitud para riego. De acuerdo a la Figura 3, que presenta las curvas de variación de RAS y Na^0/o , se comprobó que la importancia relativa del sodio aumentó progresivamente hacia los tramos inferiores del río; este incremento fue mayor en la temporada 1981/82, donde también, se detectó los mayores valores absolutos.

Sin embargo, tanto el RAS como el Na^0/o se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles,

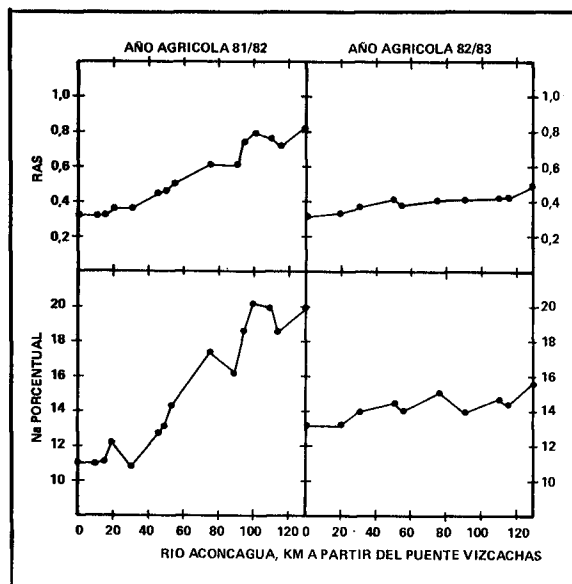


FIGURA 3. Variación longitudinal (en promedios anuales) de RAS y Na^0/o .

FIGURE 3. Longitudinal changes of SAR and Na^0/o (seasonal averages).

definidos por USDA (1962) y por la norma chilena (Chile, INN, 1978). De acuerdo a estos resultados, no existiría riesgo, potencial o real, de sodificación de suelos, incluso de aquellos de los tramos inferiores del río y en temporadas de riego con caudales deficitarios.

El contenido aniónico soluble (Figura 4) presentó características similares a las del contenido catiónico soluble, por cuanto cada anión tendió a ser más abundante en la temporada 1981/82, además de una mayor relación de cambio. Ello se hace especialmente evidente al comparar los contenidos de cloruro soluble en ambas temporadas; puede verse, entonces, que la influencia de las descargas de aguas servidas, constituidas por agua clorada residual, es evidentemente mayor bajo situaciones de reducidos caudales.

No obstante, las máximas concentraciones de cloruros o sulfatos solubles, determinadas en el tramo inferior del río durante la temporada 1981/82, no se acercan a los límites máximos permisibles definidos en la norma chilena. De acuerdo a estos antecedentes, no existiría riesgo de salinización de suelos debido al riego.

Lo anterior pareciera verse refrendado al observar los valores de C.E. y su variación longitudinal en ambas temporadas, lo que se presenta en la Figura 5; ella incluye, además, las curvas de pH. Según la norma chilena, todas las aguas analizadas serían clasificadas de buena calidad para riego (Cuadro 2), incluso aquellas provenientes del tramo inferior del río durante la temporada 1981/82, donde se registró los máximos valo-

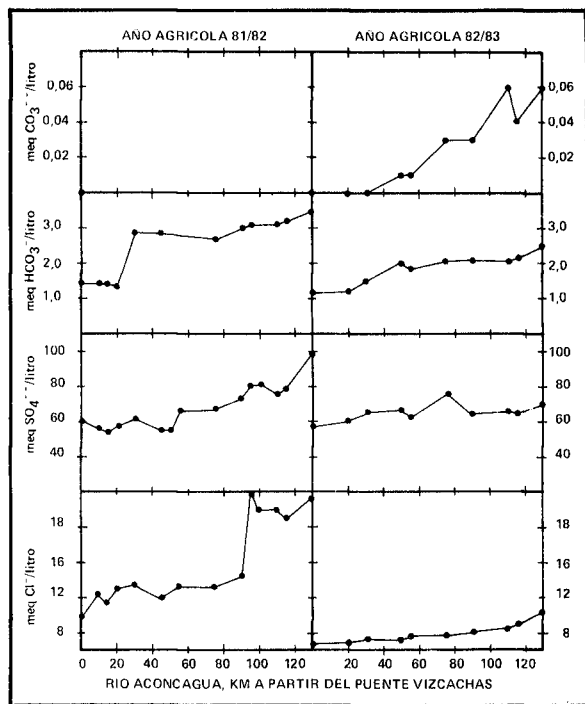


FIGURA 4. Variación longitudinal (en promedios anuales) del contenido aniónico soluble.
 FIGURE 4. Longitudinal changes of soluble anion content (seasonal averages).

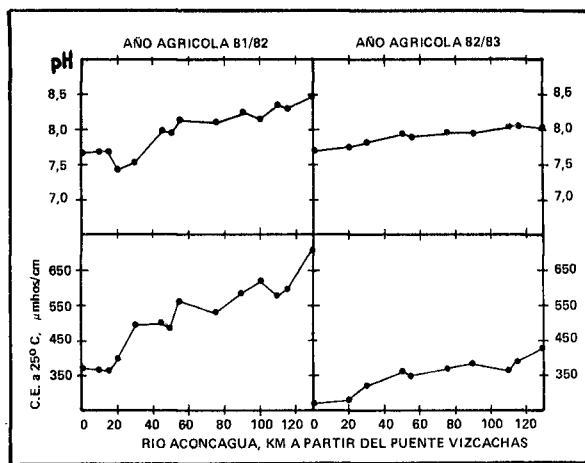


FIGURA 5. Variación longitudinal de pH y C.E. (en promedios anuales).
 FIGURE 5. Longitudinal changes of pH and conductivity (seasonal averages).

res de C.E., cercanos al límite de 750 micromhos/cm a 25°C, definido en la norma.

Sin embargo, ello no puede ser establecido tan tajantemente. La clasificación norteamericana (USDA, 1962) es más exigente a este respecto, ya que subdivide la

categoría de aguas entre 0 y 750 micromhos/cm a 25°C, en dos clases: a) entre 0 y 250 micromhos, agua de buena calidad; y b) entre 250 y 750 micromhos, agua que involucraría un riesgo potencial moderado de salinización de suelos y cultivos sensibles. De acuerdo a esta clasificación, las aguas de los tramos inferiores, durante temporadas de riego con caudales abundantes, y de todo el río, en años relativamente secos, caería en clase b.

El pH se mantuvo dentro del rango considerado de normalidad por la norma chilena (Cuadro 2). No hubo diferencia significativa entre temporadas, en el valor pH de las aguas obtenidas en un mismo punto, no obstante que la magnitud del incremento longitudinal fue mayor en la primera temporada.

Todos los resultados presentados corresponden a promedios por temporada. Con ello, se pretendió hacer más evidente las tendencias y obtener valores reproducibles por lugar de muestreo. En líneas generales, dentro de cada temporada, no se encontró una variación definida para las variables estudiadas, que fuera atribuible al régimen estacional de los caudales u otro factor climático.

Ello se hace evidente al observar la Figura 6 que presenta la variación estacional, por temporada, del pH y

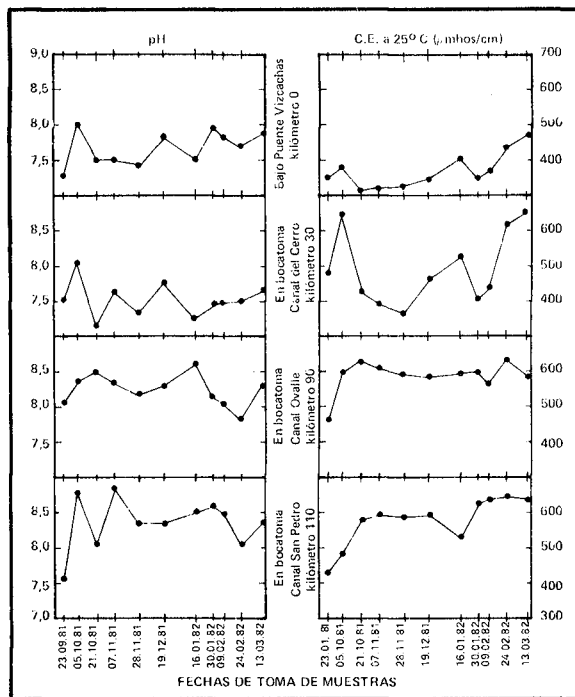


FIGURA 6. Variación estacional de pH y C.E. en aguas captadas en cuatro sitios diferentes, durante el año agrícola 1981/82.

FIGURE 6. Seasonal fluctuation of pH and conductivity of four sampling sites. Results from 1981/82 irrigation season.

C.E. en cuatro lugares del río Aconcagua. Si bien los valores iniciales tendieron a ser mínimos y los finales máximos, los valores intermedios no ofrecieron tendencia alguna, dando por resultado variadas curvas, altamente fluctuantes. Esta situación fue similar para las restantes variables analizadas.

En consecuencia, puede concluirse que la aptitud para riego de las aguas del río Aconcagua fue, en general, buena en ambas temporadas estudiadas, no obstante el deterioro relativo de sus características químicas y

físicas (C.E.), a medida que el río avanza por el valle, como resultado de aportes de aguas contaminadas. Bajo situación de abundante dotación de agua, la carga química natural se presentó diluida y el impacto de descargas de aguas contaminadas fue mínimo. Bajo condiciones de caudales escasos, la carga química se concentró, evidenciándose un mayor impacto de las descargas de aguas contaminadas; en consecuencia, el uso de aguas del tramo inferior del río podría presentar un ligero riesgo de salinización de suelos o de efecto de sales sobre cultivos sensibles.

RESUMEN

Se estudió la calidad química de las aguas del río Aconcagua, desde el punto de vista de su aptitud para riego, en las temporadas de riego 1981/82 y 1982/83. Este estudio se basó en la determinación de pH, C.E., cationes y aniones solubles, RAS y Na^o/o.

Se encontró que la carga química natural de las aguas fue baja, dando origen a un río que, a su ingreso al valle, presentó una buena aptitud para riego. Esta carga se vio incrementada, progresivamente, durante su recorrido por el valle, como consecuencia de las descar-

gas de aguas servidas, residuos industriales y otras aguas contaminadas. Sin embargo, incluso el uso de las aguas con mayores cargas químicas, procedentes de los tramos inferiores del río, presentó bajo riesgo para cultivos y suelos.

Hubo marcadas diferencias en los valores y las magnitudes de cambio de las variables estudiadas entre ambos ciclos anuales, maximizándose en la temporada 1981/82 y minimizándose en la 1982/83. Ello pareció estar relacionado con los caudales del río.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), and WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). 1980. Standard Methods (for the examination of water and wastewater), 15th. ed. APHA, Washington D.C.
- CHILE, COMISION NACIONAL DE RIEGO (CNR). 1979. Estudio integral de riego de los valles Aconcagua, Putaendo, La Ligua y Petorca. Situación actual de riego. CNR—CICA, Santiago. (Documento de trabajo, en revisión).
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES (IREN). 1979. Elementos básicos para un plan de desarrollo de la V Región. Informe Final. Intendencia V Región—IREN—UTFSM. Valparaíso. Publicación 23.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIONES (INN). 1978. Norma Oficial NCH—1333: Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. INN, Santiago.
- DAZAROLA M., E. y REYES P., X. 1975. Efectos de la contaminación industrial y urbana en la hoya hidrográfica de la V Región. UCV, Valparaíso. (Tesis mimeografiada).
- GONZALEZ M., S. 1983. Contenido de metales pesados en el río Aconcagua. III Simp. sobre contaminación Ambiental, orientado al recurso agua (Estación Experimental La Platina, Santiago, 05 al 07.10.83). INIA—Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I: 77—82.
- GONZALEZ M., S.; BERGQVIST, E. e ITE, R. 1983. Nitrógeno y fósforo en las aguas del río Aconcagua. III Simp. sobre Contaminación Ambiental (Estación Experimental La Platina, Santiago, 05 al 07.10.83). INIA—Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I: 83—88.
- GONZALEZ M., S.; BERGQVIST, E.; VENEGONI, C. e INSUNZA, M. 1983. Coliformes fecales en aguas del río Aconcagua. III Simp. sobre Contaminación Ambiental (Estación Experimental La Platina, Santiago, 05 al 07.10.83). INIA—Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I: 89—93.
- ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS (ONU). 1973. Chile. Productividad y manejo de suelos. PNUD—FAO, Roma. AGL: SFICHI 18, Informe Técnico N° 2: 9. (Reconocimiento e Investigación de los Suelos).
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 1962. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trad. al español por INIA (México), Secretaría de Agricultura y Ganadería (México D.F.).
- VALLEJOS S., E. 1971. Estudio de la contaminación del río Aconcagua. CORFO, Santiago.