

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD SANITARIA DE AGUAS DE BOFEDALES Y VEGAS DEL AREA ANDINA CHILENA.

G. CASTILLO¹, M. CASTRO², M. BAHAMONDES,^{1,3} y V. LORCA¹

1. DEPTO. INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD DE CHILE. CASILLA 228-3, SANTIAGO, CHILE.

2. DEPTO. ANTROPOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE CHILE.

3. GRUPO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS, GIA, SANTIAGO, CHILE.

RESUMEN

El área andina del norte de Chile se caracteriza por presentar un clima desértico-estepárico, donde los escasos recursos hídricos existentes han dado lugar a sistemas vegetacionales saturados de agua, conocidos como vegas y bofedales. Los usos de los sistemas son brebaje de ganado, riego de pastizales y en ciertos lugares, fuente de agua para consumo. Se desconoce la calidad sanitaria de estas aguas, aunque la población aledaña percibe problemas de salud en relación al agua. En este trabajo se analizó *in situ*, aguas de bofedales y vegas de la zona, incluyendo las fuentes de agua (ojo de agua), y se las clasificó según presencia/ausencia de contaminación de origen fecal. Los resultados indicaron que el 38% (25/66) de las aguas eran de buena calidad sanitaria y aptas para todo uso; el 62% (41/66) objetables para consumo humano y el 33% (22/66) de calidad incierta para riego superficial. Los niveles de organismos indicadores detectados en las aguas confirmaron la necesidad de tratamiento para consumo humano, y definieron su idoneidad para uso irrestricto en agricultura.

ABSTRACT

The Chilean northern Andes area exhibits a climate described as desert-steep type. The scarce hydric resources have generated water saturated systems know as meadows or open planes. These systems are used as animal beverage water, orchids irrigation and -sometimes- even as human drinking water. The sanitary quality of such waters remains unknow, eventhough the sorrounding population feel water related health problems. This research reports on the «in situ» analysis of these waters, including water origin sources (water «eyes»). Results were measured in terms of presence/absence of fecal pollution indicators. Results show that 38% (25/66) of samples were fit for drinking water purpose and any other use; 62% (41/66) could not be used as human drinking water, and 33% (22/66) had an uncertain quality (no fit for raw eating crop irrigation). Fecal indicator organisms level measured in these waters stressed the need for water treatment prior to human consumption, but also defined its fitness for unrestricted agricultural uses.

INTRODUCCION

Las áreas precordillerana y altiplánica de la zona andina chilena se caracterizan por presentar clima desértico de altura (BWH) y estepárico de altura (BSH), respectivamente, donde el agua es un recurso escaso. El régimen hídrico, conformado por afloramientos que dan origen a ríos y vertientes, ha condicionado la existencia de sistemas vegetacionales conocidos con el nombre de bofedales y vegas, que se establecen en un ambiente edáfico principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente (Castro *et al.*, 1993).

Los bofedales, conformados por especies de juncáceas en cojines, predominan en la Iª Región; en tanto que en la IIª Región, la predominancia corresponde a vegas, estrata herbácea diferenciada de acuerdo a distintos niveles de salinidad. Este tipo de vegetación es utilizada para pastoreo de ganado camélido-bovino, que corresponde a la principal actividad productiva de una reducida población aymara y de otras entidades pobladas de la zona. Por la lejanía e inaccesibilidad del lugar, prácticamente no se tiene antecedentes sobre la calidad de las aguas, desde el punto de vista de contaminación bacteriológica, situación que ciertas comunidades de la zona perciben como responsable de problemas de salud (Sancha *et al.*, 1992).

La falta de suministros de calidad sanitaria apta para el consumo humano, es una situación común para la gran mayoría de las poblaciones rurales en el mundo (WHO, 1981), principalmente en poblados dispersos localizados en zonas remotas, donde es difícil establecer sistemas de tratamiento y control rutinario de la calidad del agua.

Pensando en esto, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC) ha estado incentivando a nivel mundial el uso de metodologías simples que permitan calificar en el terreno, la calidad sanitaria de las fuentes de agua (Dutka y El Shaarawi, 1990).

En el presente estudio se presentan antecedentes sobre una evaluación preliminar de la calidad bacteriológica de bofedales y vegas del área andina de la primera y segunda región de Chile, realizada mediante un sistema simplificado, propiciado por IDRC, que se ha estado aplicando en sistemas rurales de las zonas central y sur del país (Castillo y Duarte, 1992). El trabajo forma parte de un catastro sistemas acuáticos de altura realizado para la Dirección de Aguas (Castro y col. 1993,) y corresponde a una colaboración del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, a dicha investigación. Los resultados del estudio se presentan a continuación.

METODOS

Area de estudio. Las muestras fueron recolectadas desde afloramientos y aguas corrientes de bofedales y vegas de la zona andina, considerando características del uso y manejo de pastos y aguas (Fig. 1). Durante tres campañas, realizadas entre febrero y abril de 1993, se analizaron en terreno, un total de 66 muestras, 32 en la Iª Región y 34 en la IIª Región. En paralelo

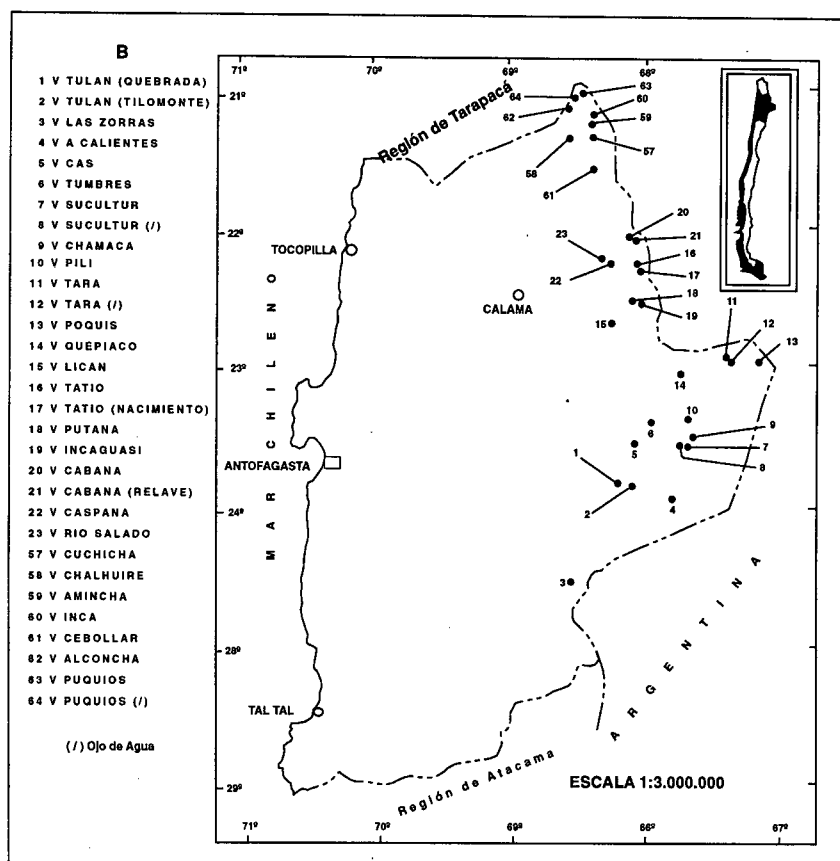
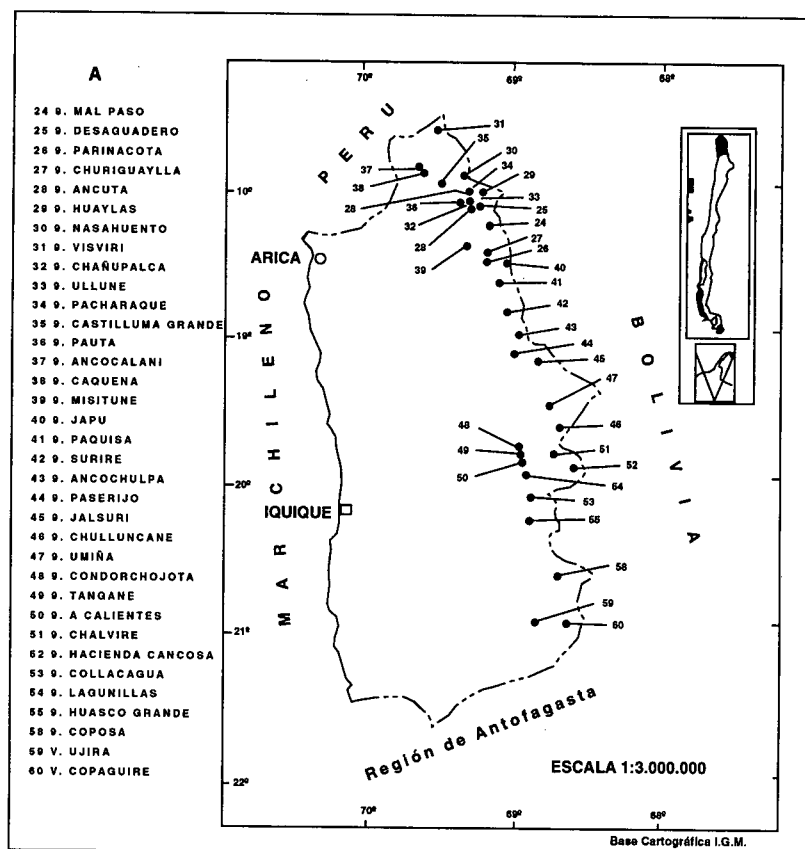


Fig. 1 Ubicación de las muestras estudiadas A. Región de Tarapacá; B. Región de Antofagasta.

se recolectaron 17 muestras duplicadas, las que fueron enviadas al laboratorio para su análisis por metodología convencional.

Procesamiento de la muestras. Para el análisis de las muestras se utilizó el método de la cinta de papel del H_2S , descrito por Manja *et al.* (1982), modificado por Castillo (1992), consistente en la recolección de 100 ml de muestra en un frasco de vidrio estéril, conteniendo una tira de papel filtro impregnada con una mezcla de química, previamente desecada. Posterior a su recolección los frascos se mantuvieron a la temperatura ambiente y durante cinco días se controló el cambio de color (de incoloro a negro) de la cinta de papel. Las muestras que registraron coloración negra (en cualquier grado) se clasificaron como positivas. En el intertanto, los frascos fueron remitidos al laboratorio, donde mediante técnicas estandarizadas se verificó la presencia de bacterias indicadoras de contaminación: coliformes totales y coliformes fecales. Las muestras paralelas fueron analizadas por su contenido en ambos indicadores, mediante metodología estándar (S. Methods, 1989).

Calificación

Con los resultados de verificación del ensayo del H_2S procedió a una calificación sanitaria de las aguas, según el siguiente criterio:

Clase A: Buena calidad bacteriológica por presentar ausencia de color y de bacterias coliformes totales y fecales.

Clase B: Calidad bacteriológica incierta por presentar presencia de color negro y bacterias coliformes totales, en ausencia de bacterias coliformes fecales.

Clase C: Mala calidad bacteriológica por presentar presencia de color negro y bacterias coliformes totales y fecales.

Las muestras analizadas por metodología rutinaria fueron clasificación según su aptitud para agua potable y uso en riego según los criterios establecidos por norma nacional (NCh 409 Of. 84 y NCh 1333 Of. 78 del Instituto Nacional de Normalización (INN, Chile).

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 1 y 2 se presenta una relación de los datos obtenidos en el estudio de terreno. Estas incluyen procedencia de las aguas (según nomenclatura DGA), identificación de los bofedales y vegas, entidades pobladas usuarias, uso principal de los sistemas, presencia/ausencia de indicadores de contaminación (según metodología simplificada) y su calificación sanitaria.

Del total de muestras analizadas 37,9% (25/66), fueron calificadas en la categoría A, consideradas de buena calidad sanitaria por no detectarse bacterias del grupo coliforme; 28,9% (19/66), correspondieron a la categoría B, de calidad bacteriológica incierta, por presentar bacterias coliformes totales y ausencia de coliformes fecales, y el 33,7% (22/66) se agrupó en categoría C, por contener coliformes totales y fecales. Cabe destacar el alto porcentaje de las muestras catalogadas dentro de las dos últimas categorías, 62,1% (41/66), cuya calidad es considerada no apta para consumo humano.

Los sistemas calificados en la categoría A, correspondieron principalmente a recolecciones efectuadas directamente en afloramientos, o sectores muy cercados a ellos, y a cursos de rápido escurrimiento, en zonas poco pobladas, desde donde se obtiene preferentemente agua para consumo humano. Los sistemas de las categorías B y C coincidieron con áreas de mediano y activo pastoreo y actividad humana, donde la presencia de coliformes totales (categoría B) y coliformes de origen fecal (categoría C), indican pérdida gradual de la calidad del agua para consumo directo y para otros usos menos restrictivos, como regadío o brebaje de animales.

La comparación de los datos obtenidos por región indica que los sistemas de la IIª Región presentan mejor calidad sanitaria que los de la Iª Región. Tal como se observa en la Fig. 2, el 78 % de las vegas analizadas en la región de Antofagasta calificaron dentro de la categorías A y B, mientras que en los bofedales de la región de Tarapacá, ambas categorías representan sólo el 56%. Cabe señalar que en esta última, las entidades pobladas se encuentran en sectores relativamente cercanos, sobre los 4.000 m s.n.m., aledaños a los bofedales, donde se mantiene actividad de pastoreo permanente durante todo el año. En tanto, en la IIª Región, los asentamientos humanos se localizan alrededor de los 3.000 m s.n.m., y las vegas se encuentran en sectores más altos y bastante alejados de los pueblos. En esta región, en consecuencia, la transhumancia -rotación estacional del ganado- cobra más importancia al analizar los factores que incidirían sobre la calidad del agua.

Los resultados cuantitativos de coliformes totales y fecales de 17 muestras recolectadas en ambas regiones se muestran en la Tabla 3. De ellos se desprende que el nivel de contaminación es relativamente bajo, por lo que se pueden considerar como fuentes de agua potable de calidad sanitaria de buena a regular (NCh7770f.71. INN); sin embargo, la gran mayoría (13/17) no cumple con los requisitos de calidad bacteriológica para agua potable, estipulados por la norma chilena en vigencia (NCh 409 Of.84. INN). En ambos casos, estos resultados corroboran la caracterización obtenida de los ensayos simplificados realizados en el terreno (Tablas 1,2), sobre la necesidad de aplicar algún tipo de tratamiento de descontaminación, previo al consumo. Por otro lado, estos datos indican que las aguas son aptas para el riego de todo tipo de especies vegetales, incluidos cultivos restrictos como verduras y frutos crecidos a ras de suelo (NCh 1333 Of.78. INN).

En una zona desértica, remota, inaccesible, sujeta a bruscos cambios diurnos de temperatura y otros factores climáticos

TABLA 1.
CARACTERIZACION SANITARIA BOFEDALES Iª REGION - CHILE

MUESTRA NI	FECHA	CUENCA	SUBCUENCA	NOMBRE	USUARIO*	USOS	CT	CF	CLASE
24	04/93	ALTIPLANIC	L.Chungará	Mal Paso	Ajata	pastoreo	+	+	C
25			Río Lauca	Desaguadero	Parinacota	pastoreo	-	-	A
26			Río Lauca	Parinacota	Parinacota	pastoreo	-	-	A
27			Río Lauca	Churiguayo	Guallatire	pastoreo	-	-	A
28			Río Lauca	Ancuta	Ancuta	pastoreo	+	+	C
30			Río Lauca (1)	Nasahuento/Chall.	Nasahuento	pastoreo	+	+	C
31			Río Lauca (1)	Visviri	Visviri	pastoreo	+	-	B
32			Río Lauca (1)	Chañupalca	Chañupalca	pastoreo	+	-	B
33			Río Lauca (1)	Ulluni	Chañupalca	pastoreo	-	-	A
34			Río Lauca (1)	Pacharaque	Caquena	pastoreo	+	-	B
38			Río Lauca (1)	Caquena	Caquena	pastoreo	+	+	C
29			Río Lauca (1)	Huaylas	Putre	pastoreo	+	+	C
35		RIO LLUTA	Río Lauca (1)	Castilluma Grande	Colpitas	pastoreo	+	-	B
36			Río Lauca (1)	Pauta Choquinanta	Pauta	pastoreo	+	-	B
37			Río Lluta Alto	Ancocalane	Ancocalane	pastoreo	+	+	C
39		ALTIPLANIC	Río Lauca	Misitune	Misitune	pastoreo	+	+	C
40			Río Lluta	Japu	Guallatire	pastoreo	+	-	B
41			Río Lauca	Paquis	Guallatire	pastoreo	-	-	A
42			Salar Surire	Salar Surire	Surire	pastoreo	-	-	A
45			Río Lauca (2)	Jalsuri	Isluga	pastoreo	+	+	C
43			Sencata/Sacaya	Parajaya Pansuta	Ancochulpa	pastoreo	-	-	A
44			Sencata/Sacaya	Paserijo	Vilacoyo	pastoreo	+	+	C
46			Sencata/Sacaya	Chuyuncane	Chuyuncane	pastoreo	+	+	C
47			Sencata/Sacaya	Umiña	Ancuaque	pastoreo	+	+	C
48	05/93	PAMPA DEL	Qbda. Tarapacá	Cóndor Chojona	Cultane	pastoreo	+	-	B
49		TAMAGURAL	Qbda. Tarapacá	Tangani	Cultane	Pastoreo	+	-	B
50			Qbda. Tarapacá	Aguas Calientes	Lirima	pastoreo	+	+	C
66		RIO LOA	Río Loa (3)	Copaquire	Copaquire	pastoreo	+	-	B
51			Río Loa Alto	Chalvire	Lirima	pastoreo	+	+	C
52		ALTIPLANIC	Sencata/Sacaya	Canto	Cancosa	pastoreo	-	-	A
54			Salar Huasco	Lagunillas	Cancosa y Li	pastoreo	+	+	C
53			Salar Huasco	Coyacagua			+	+	C
55			Salar Huasco	Huasco Grande	Huasco	pastoreo	-	-	A
56			Salar Coposa	Coposa	Coposa	pastoreo	-	-	A

SIMBOLOGIA

CT : COLIFORMES TOTALES

CF : COLIFORMES FECAL

CLASE

A : BUENA CALIDAD BACTEREOLÓGICA - AUSENCIA DE CONTAMINACION FECAL
 B : CALIDAD BACTEREOLÓGICA SOSPECHOSA - CONTAMINACION INDETERMINADA
 C : MALA CALIDAD BACTEREOLÓGICA - CONTAMINACION FECAL

(*) : Entidad poblada
 (1) : entre límite Perú, Bolivia y río Lauca
 (2) : antes río Guallatire
 (3) : entre río Salado y Quebrada Barrera

TABLA 2.
CARACTERIZACION SANITARIA VEGAS IIª REGION - CHILE

MUESTRA	FECHA	CUENCA	SUBCUENCA	NOMBRE	USUARIO*	USOS	CT	CF	CLASE
NI									
1	01/93	SALAR DE	Salar Atacama	Tulan	Peine	pastoreo	-	-	A
2		ATACAMA	Salar Atacama	Tarajne	Peine	pastoreo	+	+	C
3		(1)	S. Pta. Negra	De Las Zorras	Peine	Abandonad	-	-	A
4		(4)	Aguas Calientes	Aguas Calientes	Socaire	pastoreo	-	-	A
5		SALAR DE	S. Atacama	Cas	Socaire	pastoreo	-	-	A
6		ATACAMA	S. Atacama	Talabre	Talabre	pastoreo	+	-	B
7.8		(4)	S. Aguas Caliente	Sucultur	Talabre	pastoreo	-	-	A
9		(4)	S. Aguas Caliente	Chamaca	Talabre	pastoreo	+	-	B
10		(4)	S. Aguas Caliente	Pili o Río Negro	Talabre	pastoreo	-	-	A
11.12		(2)	Salar Tara	Tara	Talabre	pastoreo	-	-	A
13		(2)	Salar Tara	Poquis	Talabre	abandonad	-	-	A
14		(4)	Lag. Parico	Quepiaco	Talabre	pastoreo	-	-	A
15		SALAR DE	Río San Pedro	Lican	Río Grande	pastoreo	+	+	C
18		ATACAMA	Río San Pedro	Putana	Río Grande	pastoreo	+	-	B
					y Machuca				
16		RIO LOA	Río Loa Alto	Tatio	Caspana	pastoreo	-	-	A
17			Río Loa Alto	Tatio Campament	Caspana	pastoreo	-	-	A
19			Río Loa Alto	Incahuasi	Caspana	pastoreo	+	+	C
20.21	02/93		Río Loa Alto	Cabana	Toconce	pastoreo	+	-	B
22			Río Loa Alto	Caspana	Caspana	pastoreo	+	-	B
23			Río Loa Alto	Ayquina	Ayquina	pastoreo	+	-	B
57	05/93	(3)	Salar Carcote	Cuchicha	Ollagüe	pastoreo	+	+	C
58		RIO LOA	Río Loa Alto	Chalhuire	Ollagüe	pastoreo	-	-	A
59		(3)	Salar Ollagüe	Amincha	Amincha	pastoreo	+	+	C
60		(3)	Salar Ollagüe	Del Inca	Ollagüe	pastoreo	+	+	C
61		(3)	Salar Ascotan	Cebollar	Ollagüe	pastoreo	+	+	C
62		(3)	Salar Ollagüe	Alconcha	Ollagüe	pastoreo	+	-	B
63.64		(3)	Salar Ollagüe	Puquios	Ollagüe	pastoreo	+	-	B
65		ALTIPLANIC	S. Michincha	Ujina	Ujina	abandonad	-	-	A

SIMBOLOGIA

CT : COLIFORMES TOTALES

CF : COLIFORMES FECALES

CLASE

A : BUENA CALIDAD BACTEREOLÓGICA - AUSENCIA DE CONTAMINACION FECAL
 B : CALIDAD BACTEREOLÓGICA SOSPECHOSA - CONTAMINACION INDETERMINADA
 C : MALA CALIDAD BACTEREOLÓGICA - CONTAMINACION FECAL

(*) : Entidad poblada
 (1) : endorreica: Salar de Atacama-vertiente Pacífico
 (2) : fronteriza: Salar de Atacama-Socompa
 (3) : fronteriza: Salar Michincha-Río Loa
 (4) : endorreica: Entre fronteriza y Salar de Atacama

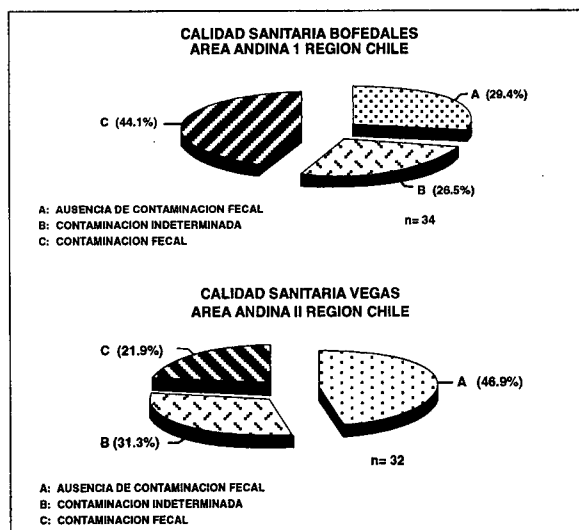


Fig. 2 Comparación de la calidad sanitaria de los bofedales y vegas de las I^a y II^a Regiones de Chile, respectivamente.

TABLA 3.

CALIDAD BACTEREOLÓGICA VEGAS Y BOFEDALES SECTOR ANDINO I^a Y II^a REGION - CHILE

REGION	NOMBRE	CT NMP/100 ML	CF NMP/100 ML	CALIFICACION AGUA POTABLE *	CALIFICACION RIEGO **
I ^a	Condor Cho	23	6	no apta	apta
	Tangani	13	<2	no apta	apta
	Aguas Calientes	6	6	no apta	apta
	Chalhuire	240	240	no apta	apta
	Canto	<2	<2	apta	apta
	Lagunillas	13	13	no apta	apta
	Huasco	240	62	no apta	apta
	Huasco Grande	<2	<2	apta	apta
	Coposa	<2	<2	apta	apta
II ^a	Cuchicha	700	23	no apta	apta
	Chalhuire	6	<2	apta	apta
	Amincha	700	62	no apta	apta
	Del Inca	240	23	no apta	apta
	cebollar	6	6	no apta	apta
	Alconcha	6	<2	no apta	apta
	Puquios	62	<2	no apta	apta
	Ujina	<2	<2	apta	apta

* NCh 409 Of.84, INN, Chile

CT : COLIFORMES TOTALES

** NCh 1333 Of.78 INN, Chile

CF : COLIFORMES FECALES

adversos, prácticamente sin perturbación antrópica, como es la región andina del norte, se asume que las aguas naturales podrían ser consideradas «prístinas»; sin embargo, los antecedentes presentados fundamentan el sentimiento de los escasos habitantes de la zona, al responsabilizarlas del origen de ciertas infecciones que los aquejan. En conclusión, este estudio presenta nuevas evidencias de la importancia de contar con sistemas simples para controlar la calidad del agua en el terreno, y tomar las precauciones necesarias para el aprovechamiento de los recursos hídricos, sin riesgos para la salud (WHO, 1981).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el International Development Research Centre (IDRC), Canadá, a través del proyecto CF:3P-0100-04.

REFERENCIAS

American Public Health Association, 1989. Standards Methods for the examination of water and wastewater. 17th. ed. APHA; AWWA; WPCF. Washington, D.C.

Castillo, G., 1992. Control de Calidad del Agua. Informe Técnico, Proy. IDRC/U.de Chile. CF: 3P-0100-04.

Castillo, G., y Duarte, R., 1992. Evaluación de un sistema de terreno para el control de la calidad del agua potable en el medio rural. Actas XXIII Congreso Interamericano AIDIS, La Habana, Cuba. Tomo 1:86-97.

Castro, M., Bahamondes, M., Salas, H., Azócar, P. y Faúndez, L. 1993. Identificación y ubicación de áreas de vegas y bofedales de la Iª y IIª Región. Depto. Antropología, U. de Chile/Dirección General de Aguas, MOP, Chile.

Dutka B.J. y El Shaarawi, A.H., 1990. Use of simple, inexpensive microbial water quality tests: Results of a Three Continent, Eight Country Research Project. IDRC Report IDRC-MR247e.

Instituto Nacional de Normalización (INN), 1971. NCH 777 Of.71. Fuentes de agua potable y obras de captación.

Instituto Nacional de Normalización (INN), 1978. NCH 1333 Of.78. Criterios de calidad de aguas para diferentes usos.

Instituto Nacional de Normalización (INN), 1984. NCH 409 Of.84. Agua potable. Requisitos.

Manja, K.S., 1982. A simple field test for the detection of fecal pollution in drinking water. Bull W.H.O. 60(5): 797-801.

Mc. Junkin, E.F., 1988. Agua y salud humana. OPS/OMS. Ed. Limusa S.A., México

Sancha, A.M., Vega, F., Venturini, H., Fuentes, S., Salazar, A.M., Moreno, V., Baron, A.M. y Rodríguez, D., 1992. The arsenic health problem in northern Chile evaluation and control. A case study. Pr. Report. Proc. Int. Sem. Arsenic in the Env.&Inc. on Hlth. U. of Chile, Santiago, Chile.

World Health Organization, 1981. Global strategy for health for all by the year 2000. WHO, Geneva, Switzerland.