

**Calidad y gestión del agua en Villa Futalaufquen, Parque Nacional Los Alerces
(Chubut, Argentina)**

**Water quality and management in Villa Futalaufquen, Los Alerces National Park
(Chubut, Argentina)**

Juan Ignacio Jones¹ y Corina Iris Rodríguez^{2,3}

¹ Administración de Parques Nacionales, Argentina.

² Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), Facultad de Ciencias Humanas (FCH), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

E-mail: corodri@fch.unicen.edu.ar

JONES, J. I. & RODRÍGUEZ, C. I. (2018). Calidad y gestión del agua en Villa Futalaufquen, Parque Nacional Los Alerces (Chubut, Argentina). *Revista Estudios Ambientales*, 6(1), 66-86.

Recibido: 20 de mayo de 2018

Aceptado: 8 de junio de 2018

Publicado: 30 de junio de 2018

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar la provisión de agua en Villa Futalaufquen, teniendo en cuenta su calidad para consumo humano así como su gestión actual. El interés surge debido a los antecedentes de análisis microbiológicos que indicaron que el agua no es apta para consumo humano.

Villa Futalaufquen es una localidad ubicada en el Parque Nacional Los Alerces, provincia del Chubut, Argentina. Los habitantes permanentes alcanzan 150, mientras que en cada temporada estival recibe entre 100.000 y 200.000 visitantes. La fuente de provisión de agua es superficial desde el arroyo Cascada. El agua se almacena en cisternas y es transportada por gravedad mediante cañerías hacia la villa. El sistema de provisión es gestionado por el Parque Nacional y tiene 50 años de antigüedad. El tratamiento previo al consumo humano consiste en la desinfección por cloración manual.

Se recorrió la cuenca superior del arroyo Cascada y se evaluó el estado de la captación y las cañerías. Se recopilaron y se solicitaron análisis de calidad del agua. Se efectuaron entrevistas a informantes clave en el manejo del agua.

Se encontró que la calidad del agua superficial en la captación cumple con los parámetros recomendados por la legislación argentina para consumo humano. Sin embargo, la misma se deteriora desde la captación hacia la llegada a los usuarios, lo que fue evidenciado por la presencia de bacterias patógenas en sitios de muestreo distribuidos en la villa. Las principales causas de la contaminación microbiológica se atribuyeron al mal estado de las cañerías y ausencia de su mantenimiento, la falta de limpieza de tanques, e inconvenientes en el tratamiento de cloración.

La evaluación realizada permitió visibilizar una problemática que puede afectar a la salud de habitantes y visitantes, y que demanda urgentes cambios en la gestión del recurso para garantizar la provisión de agua segura.

Palabras clave: agua superficial, consumo humano, área protegida.

ABSTRACT

This work was aimed to evaluate the water supply in Villa Futalaufquen, considering its quality for human consumption and its current management. The interest arises

because of previous microbiological analysis of water indicated that it is not suitable for human consumption.

Villa Futalauquen is a village located in Los Alerces National Park, Chubut province, Argentina. Permanent inhabitants reach 150, while in each summer season the village receives between 100.000 and 200.000 visitors. The water source is Cascada stream. Water is stored in tanks and is transported by gravity through pipes to the village. The supply system has 50 years of construction and the only treatment prior to human consumption is disinfection by manual chlorination.

The superior basin of Cascada stream was travelled by walk and the state of the catchment and pipes were evaluated. Several water analyses were compiled and other was required for this study. Interviews to key actors were carried out.

We found that water quality in the catchment complies with recommended parameters for human consumption established in Argentinean laws. However, the quality is deteriorated from the catchment to the users at the village. It was demonstrated by the presence of pathogens organisms in the sample sites. The main causes of microbiological pollution of water can be attributed to the poor condition and lack of maintenance of the pipes, the lack of tanks cleaning, and the malfunctioning of the chlorination treatment.

The evaluation carried out in this work showed a problem that can affect the health of inhabitants and visitors. It requires urgent changes in water management in order to guarantee the safe water supply.

Key words: surface water, human consumption, protected area.

INTRODUCCIÓN

En Argentina existen numerosas áreas protegidas que tienen muy bajo nivel de intervención antrópica. En el caso de los Parques Nacionales ubicados en la región nordpatagónica, la superficie protegida es de tal magnitud que todos los grandes ríos tienen su nacimiento en las altas cuencas ubicadas en su interior.

Dentro de estas áreas protegidas se encuentra reglamentado mediante la Ley Nacional 22.351, de Parques y reservas nacionales y monumentos naturales, la no ejecución de actividades que conlleven impactos negativos sobre el medio ambiente.

Sin embargo, existen diversas circunstancias que pueden afectar la calidad del recurso y por ende impactar en la salud de las poblaciones que lo utilizan.

Desde el año 2004, el Puesto de salud de Villa Futalaufquen, mediante el Área Programática Esquel dependiente del Ministerio Salud Pública de la Provincia del Chubut, ha realizado estudios que monitorean la calidad del agua, tanto en la fuente de captación localizada aguas arriba de la localidad en el arroyo Cascada, como en la red domiciliaria. Los resultados indican que el agua cumple los parámetros bacteriológicos para consumo humano en sus cabeceras, sin embargo, en la red de provisión el agua es clasificada como no apta para el consumo humano.

Esta situación pone en riesgo la salud de los 150 habitantes permanentes de la villa, como así también de los miles de visitantes anuales que llegan al Parque Nacional Los Alerces. Existen estadísticas en el Puesto sanitario, donde las consultas médicas por enfermedades gastrointestinales se acentúan en temporada estival, alcanzando 10 consultas mensuales.

Estudios previos indican que la presencia de microorganismos en el agua potable y la formación de biopelículas en los sistemas de distribución producen contaminación bacteriológica. Las biopelículas se forman en las tuberías de los sistemas de distribución cuando las células microbianas se adhieren a las superficies de las tuberías y se multiplican conformando microambientes dinámicos (De Sousa *et al.*, 2008). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la tasa de formación de las biopelículas dependen de las propiedades fisicoquímicas de la interfase, rugosidad de la superficie y los factores fisiológicos de los microorganismos fijados, como la resistentes a los desinfectantes (OMS, 2004).

Existen partículas capaces de sobrevivir al tratamiento del agua de bebida y pueden transportar microorganismos adheridos a sus superficies, fijados por un biofilm o integrado a los poros. De esta manera son protegidas de desinfectantes oxidantes si las partículas contienen compuestos reductores tales como materia orgánica u óxido de hierro provenientes de la corrosión (Victorica Almeida, 2006).

Si bien la mayoría de los microorganismos encontrados en las redes de distribución son inofensivos, existen excepciones como *Legionella*, *Pseudomonas*, *Aeromonas* y *E. coli* (OMS, 2004). La presencia de *Escherichia coli* puede afectar principalmente a niños, adultos mayores y personas con problemas inmunológicos. Existen numerosos casos de muertes causados por esta bacteria (OMS, 1993). *Pseudomonas aeruginosa*

puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas en contacto con el agua. Este patógeno puede alojarse en tanques y cañerías, y puede producir alteraciones en las barreras mucocutáneas del ser humano (Lösch y Merino, 2004).

A nivel internacional, existen numerosos casos en los cuales el sistema de distribución del agua potable es el causante de la transmisión de enfermedades. La OMS ha estudiado casos de Estados Unidos y Reino Unido, donde la contaminación del agua en el sistema de distribución fue responsable de enfermedades, atribuyendo las causas a la corrosión, conexiones cruzadas e ilegales, reflujo, reparaciones en las tuberías o el almacenamiento inadecuadamente protegido (OMS, 2004 y 2006).

Existen diferentes noticias a nivel local sobre los lagos de la patagonia argentina que dan cuenta de la problemática ambiental relacionada al agua. Los casos de los Lagos Nahuel Huapi y Lácar han tomado estado público cuando los parámetros de seguridad no resultaron los indicados para uso recreativo, debido a fallas en las plantas de tratamiento de efluentes que vuelcan el líquido tratado en dichos lagos, ocasionando contaminación bacteriológica e incluso la prohibición del uso recreativo (Diario Río Negro, 13/01/2007, 28/01/2007; Diario El Cordillerano, 28/04/2014).

En la actualidad, si bien se cuenta con numerosos trabajos sobre la calidad del agua en distintos lugares de Argentina, los estudios correspondientes a las áreas protegidas son escasos. Existen investigaciones sobre parámetros físico químicos del agua, como el trabajo de Temporetti (2006) sobre el arroyo Challhuaco, y la caracterización de los lagos del Noroeste de la Patagonia realizada por Pedrozo *et al.* (1993) y Díaz *et al.* (2007). Cabe considerar antecedentes de áreas protegidas de países vecinos, especialmente de Chile, dado que las características ambientales y las estrategias de conservación son similares. En ese aspecto, el trabajo de De los Ríos y Soto (2009) en el Parque Nacional Torres del Paine brinda valores sobre la caracterización de las aguas superficiales de la zona.

En la provincia de Chubut, en la cual se desarrolla este trabajo, se ha relevado sólo un antecedente donde se establecen ciertas características químicas para el Lago Futalaufquen (Scapini y Orfila, 1982).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad y la gestión del abastecimiento de agua para consumo humano en Villa Futalaufquen, Parque Nacional Los Alerces. Se

busca indagar sobre las causas que afectan la calidad del agua en el sistema de provisión.

Se pretende aportar información a los responsables de la gestión del área protegida para el desarrollo de un sistema eficiente y seguro que garantice la potabilidad del agua de consumo para la Villa y para los visitantes del Parque Nacional.

Área de estudio

El Parque Nacional Los Alerces se encuentra ubicado en el Noroeste de la provincia del Chubut (Figura 1). El área de estudio se sitúa en Villa Futalaufquen, pequeña localidad ubicada en el interior de dicho parque.



Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Los Alerces y de Villa Futalaufquen.

Fuente: Kutschker *et al.* (2015).

Este área protegida fue creada en 1937 con el fin de proteger los últimos bosques de alerce o lahuan (*Fitzroya cupressoides*). Posee una superficie de 263.000 hectáreas.

A partir de la creación del Parque Nacional Los Alerces se hizo necesario establecer un centro habitacional y de servicios en el interior del área protegida. Se funda entonces la localidad denominada Villa Futalauquen en 1949 (Martin *et al.*, 1997). En cuanto a los servicios, la Intendencia del área protegida es la responsable de garantizar el acceso a luz eléctrica, agua y recolección de residuos. En 1950 se construyeron las viviendas y las redes de electricidad y de agua potable. No existe servicio de cloacas ni de tratamiento de efluentes, los cuales se almacenan en pozos absorbentes y son retirados por un servicio de camiones atmosféricos acorde a las necesidades.

Villa Futalauquen posee 40 viviendas ocupadas de manera permanente y el número de habitantes aproximado es de 150 personas, que se mantiene constante a lo largo de los años (Figura 2). Sin embargo, el número de visitantes que llegan a la localidad se ha incrementado debido a la mejora de los accesos desde las ciudades de Esquel y Trevelin. Los visitantes alcanzan entre 100.000 y 200.000 personas en cada temporada estival (Ministerio de Turismo de la Nación, 2014).



Figura 2. Viviendas e Instituciones en Villa Futalauquen

Dentro del Parque Nacional las actividades humanas se encuentran reguladas por la normativa específica de la Administración de Parques Nacionales y se enfocan en el uso turístico y usos productivos moderados (como ganadería y extracción forestal).

Climáticamente el área de estudio pertenece al tipo húmedo templado-frío. La acción del anticiclón del Pacífico determina la presencia de vientos del Oeste que provocan abundantes precipitaciones mayores de 2.000 mm anuales con estacionalidad invernal.

El paisaje de esta región es el resultado de una historia geológica con eventos de distinto origen y de gran magnitud, que permitió una alta diversidad de ambientes. Puede hablarse de una región cordillerana, resultado de la orogenia andina cuyas particularidades son la presencia de numerosas improntas de la actividad glaciaria y volcánica cuaternaria.

En cuanto a los aspectos hidrológicos, el Parque Nacional está situado en la cuenca del río Yelcho, colector principal de la vertiente pacífica, que en Argentina lleva el nombre de Grande o Futaleufú. Dentro del parque se encuentra la represa de Futaleufú y el embalse de Amutui Quimei.

METODOLOGÍA

Se comenzó con la búsqueda, selección y análisis de la bibliografía, antecedentes y documentación existente relacionada con el área de estudio, sus características físico-naturales y socioeconómicas, antecedentes de la calidad del agua, planos de la obra de provisión de agua, entre otros.

Se recopilaron los análisis de agua realizados por el Área Programática Esquel, dependiente de la Secretaría de Salud de la Provincia de Chubut, del período 2005-2014. Éstos incluyen las determinaciones de bacterias mesófilas, coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, y presencia de cloro residual. Todos los análisis fueron brindados por el Puesto Sanitario de Villa Futalaufquen.

Se solicitó por primera vez un análisis físico-químico de la fuente de agua al Departamento Zonal de Salud Ambiental, dependiente del Área Programática Esquel, dado que no existían este tipo de estudios previos. Se tomó la muestra en el tanque del reservorio y se determinaron los siguientes parámetros: cloro libre residual, pH,

turbiedad, conductividad, sólidos disueltos totales, carbonatos y bicarbonato, alcalinidad total, dureza, cloruro, sulfato, hierro, amonio, nitrito, nitrato, fluoruro.

Se evaluó la calidad del agua para consumo humano, cotejando los resultados de los análisis con los valores recomendados para consumo humano detallados en el Código Alimentario Argentino (CAA, 2012).

En cuanto al trabajo de campo, se realizaron seis recorridas caminando en toda la cuenca superior del arroyo Cascada, en búsqueda de posibles fuentes de contaminación del agua. Cada itinerario se registró en la imagen satelital. Se hizo énfasis en la detección de fuentes de contaminación bacteriológica, fundamentalmente por presencia de animales cercanos a los cursos de agua. Se efectuó el relevamiento y caracterización de todo el sistema de captación y distribución (Figura 4). Incluyó la observación directa sobre las características de la captación, su protección sanitaria y localización en función de fuentes contaminantes presentes. En cuanto al sistema de provisión, se identificaron las pérdidas y roturas de las tuberías. Se relevó el recorrido de las distintas cañerías partiendo desde la cañería principal (que inicia en toma de agua) hasta las cañerías particulares (viviendas y edificios institucionales). Se efectuó un registro fotográfico y se elaboró cartografía sobre la captación y distribución del agua en la localidad.

Se llevaron a cabo 12 encuestas a jefes de grupos familiares de la villa para consultar sobre el consumo de agua en sus viviendas. Este relevamiento fue aleatorio, dado que las encuestas se entregaron en el Puesto sanitario para que las personas que se acercaran allí por distintas consultas pudieran responderla. Considerando un total poblacional de 150 habitantes, estas encuestas a jefes de hogares que responden por su grupo familiar, tomando una familia promedio de 4 integrantes, representarían un tercio de la población de la localidad.

Para conocer la posible incidencia de enfermedades vinculadas al consumo de agua de la red, se entrevistó a los únicos dos informantes vinculados a la salud del área protegida: el médico responsable y un integrante del Puesto sanitario de Villa Futalaufquen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del sistema de provisión de agua

La infraestructura de la red de distribución de agua potable no ha cambiado desde que fue construida en 1950. En el caso de estudio, la toma de captación del sistema de provisión de agua se ubica en el arroyo Cascada (Figura 4), el agua de éste arroyo tiene su origen en el deshielo y las precipitaciones que ocurren en las montañas circundantes.

A partir de las recorridas realizadas se puede afirmar que no existen fuentes de contaminación en la cuenca del arroyo Cascada.

La toma de agua se ubica a orillas del arroyo y desde allí el recorrido se realiza por gravedad mediante una canaleta de hormigón con distintas cribas que conduce el agua hasta una cisterna intermediaria (Figuras 5 y 6), desde donde parten cañerías hacia dos tanques cisternas en los cuales se realiza un tratamiento primario de desinfección. La captación se encuentra emplazada 40 metros de altura por encima de Villa Futalaufquen. Desde allí comienza la cañería principal que recorre aproximadamente 1.500 metros hasta llegar al centro urbano.

La desinfección se realiza en forma manual, inicialmente mediante el agregado de hipoclorito de sodio líquido con frecuencia semanal y actualmente mediante pastillas de cloro. Esta tarea es efectuada por el Departamento de Obras y Movilidad del Parque Nacional. Cabe destacar que el sistema de clorinación no funciona de acuerdo al caudal de agua a ser tratado y no se controla la concentración de cloro residual en las cañerías.

Se observó que el estado de mantenimiento actual del sistema es regular con muchas pérdidas por roturas en las cañerías y conexiones (Figuras 7 y 8). Esta situación permite el ingreso de material vegetal y microorganismos, así como la pérdida de caudal. No se realiza mantenimiento ni limpieza de las cañerías, las cuales se encuentran con distinto grado de corrosión interna. Se detectó que los tanques intermediarios acumulan sedimentos provenientes de la falta de filtrado y presentan biofilms bacterianos en las paredes. Como se indicó previamente, dichos biofilms o biopelículas bacterianas pueden reducir la capacidad hidráulica de las cañerías, acelerar la corrosión y dificultan el tratamiento de desinfección del agua.

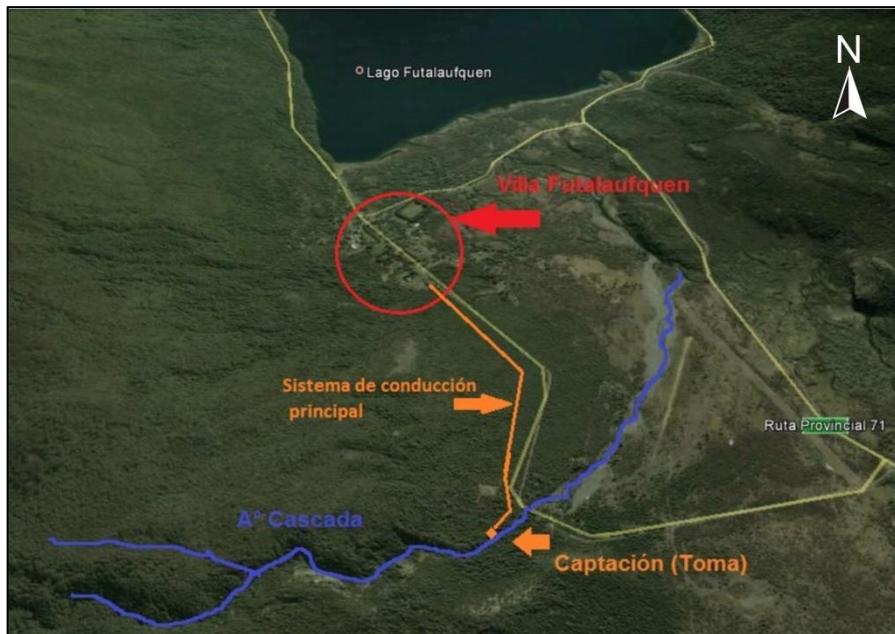


Figura 4. Cuenca principal del arroyo Cascada y sistema de captación de agua.



Figuras 5 y 6. Captación de agua y detalle cribas de filtración.



Figuras 7 y 8. Detalle estado de conexiones y pérdidas en cañería principal.

Una vez en el centro urbano, el agua llega por la cañería principal y se redistribuye mediante cañerías secundarias a los distintos edificios y viviendas, con unas 40 bocas de salida. Estas cañerías secundarias son de menor diámetro, de hierro galvanizado, y se obstruyen con frecuencia. Se observó que las mismas no han sido registradas en planos y, dado que se encuentran mayormente enterradas, sufren aplastamientos por el paso de vehículos.

En las viviendas se identificaron diversas deficiencias en los reservorios domiciliarios que, al igual que los tanques cisternas de la toma de captación, acumulan sedimentos en su interior. En las épocas de lluvias y deshielo, la escorrentía arrastra sedimentos de baja granulometría que ingresan a los sistemas de almacenamiento y pueden incidir en la eficacia de la desinfección. Por otra parte, no se realizan limpiezas periódicas de los reservorios.

Uso del agua por parte de los habitantes

En las encuestas realizadas a 12 jefes de hogares se identificó que en 7 casos las familias no beben agua de la red y otros 2 respondieron que beben el agua de dicha red pero siempre la hierven o agregan lavandina. Las 3 familias restantes la consumen en forma directa.

En cuanto a las causas por las cuales las personas no beben el agua de la red, cuatro encuestados respondieron que es porque el agua “sale sucia”, o consideran que está contaminada o no es segura.

Del total de las familias encuestadas, sólo 4 manifestaron haber tenido enfermedades del tipo entéricas relacionadas al consumo del agua provista por el sistema local.

Aquellos que no beben el agua de la red la obtienen comprando agua mineral, o de una vertiente que existe en la localidad, la cual según los análisis antecedentes es apta para consumo.

El médico responsable del puesto sanitario de Villa Futalaufquen manifestó que, si bien no se realizan los análisis y cultivos de laboratorio sobre los pacientes, normalmente los casos de diarreas, cólicos y vómitos concuerdan con la ingestión de agua del sistema de provisión. El personal del Puesto Sanitario refirió que las consultas médicas por parte de los pobladores de la Villa referidas a dolencias y malestares causados por la ingestión de agua han disminuido, dado que se colocaron

carteles y se informó a todos sobre la calidad del agua. Sin embargo, indicó que frecuentemente hay casos de niños y turistas que hacen caso omiso a las recomendaciones.

Identificación de fuentes contaminantes del recurso hídrico superficial

En las recorridas realizadas (Figura 9) se identificó la existencia de una senda de uso turístico que transcurre a la vera del arroyo Cascada y se relevaron otros sitios fuera del sendero que, por presentar pastizales con especies forrajeras, podrían ser utilizados por animales vacunos.

Los resultados encontrados no representan fuentes de contaminación antrópica de magnitud. Se encontraron rastros de animales vacunos, jabalíes y ciervos colorados, especialmente materia fecal que puede generar la contaminación microbiológica del recurso hídrico superficial. Según datos censados por Tato Vázquez (2012), en el lugar puede haber presencia de unos 90 animales vacunos pertenecientes a tres pobladores distintos.

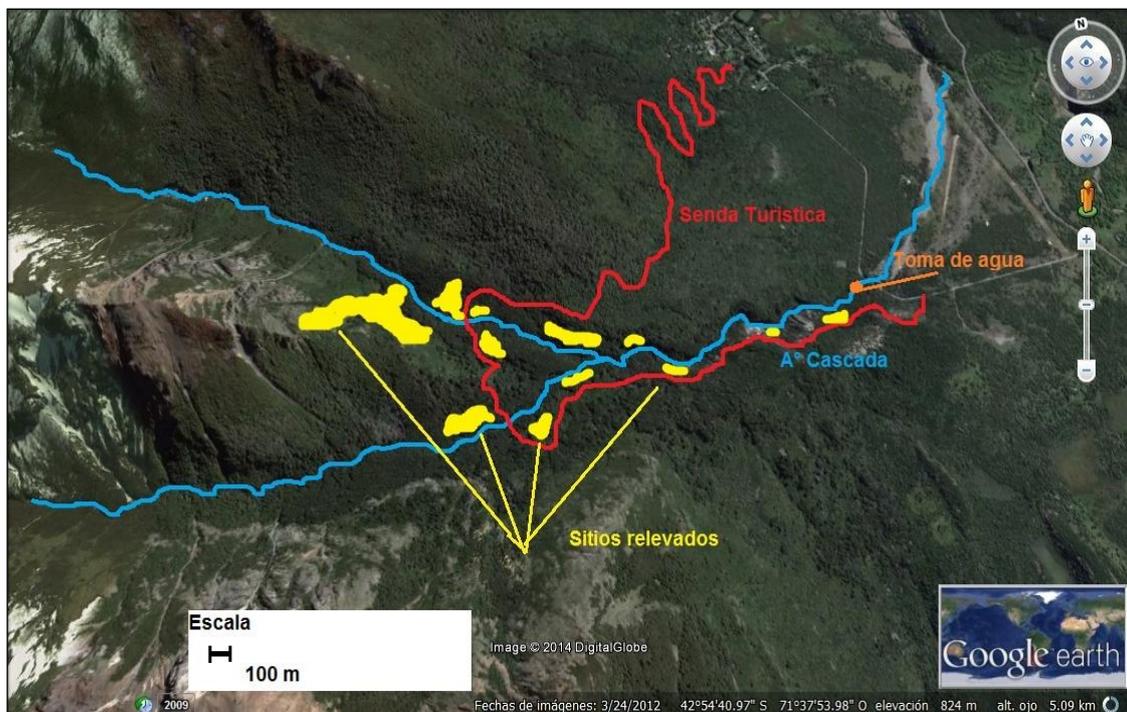


Figura 9. Detalle Sitios relevados y senda turística A° Cascada.

Potenciales riesgos a la cuenca Futaleufú-Yelcho

A partir del análisis espacial de la ubicación geográfica de la cuenca Futaleufú-Yelcho, dentro de los límites de la República Argentina, fue posible detectar áreas críticas o con potenciales problemas ambientales de origen antrópico, que puedan afectar al Parque, para determinar políticas o medidas de manejo tendientes a armonizar los objetivos conservacionistas con las demandas de uso.

Al Noreste se observa una debilidad en el Lago Rivadavia ya que el colector de la cuenca alta (el río Carrileufú) atraviesa sectores que en el futuro posiblemente sean urbanos y que hoy ya se encuentran poblados como la zona de Cholila.

En el Norte del Área Protegida es vulnerable la cuenca del Lago Cisne que tiene sus cabeceras fuera del Parque y de esta manera no se pueden controlar posibles focos de contaminación, o la instalación de industrias tales como la minería.

Al Este del Parque, en la zona de los cordones del Rivadavia y del Riscoso, existen explotaciones mineras en desarrollo y debe prestarse especial atención ante nuevas actividades mineras para prevenir la contaminación del recurso.

Cabe comentar que los cursos y arroyos tributarios del Río Carrileufú se desvían en acequias para irrigar chacras de la región. El avance de loteos y emprendimientos inmobiliarios producen movimientos de suelos y desmontes que pueden afectar la calidad del agua por ingreso de sedimentos.

Calidad del agua para consumo humano

Se determinó que la calidad del agua del arroyo Cascada previa a su ingreso al sistema mediante la toma de captación cumple con los parámetros microbiológicos de aptitud para consumo humano.

Sin embargo, la calidad no se mantiene a lo largo del sistema de distribución. Se encontró que de los 34 análisis de agua realizados en 10 sitios de la red en el período 2005-2014 sólo 6 de ellos (17,6 %) arrojaron resultados de aptitud para dicho uso.

En la Tabla 1 se detallan los resultados que han sido recabados y los valores recomendados en el Código Alimentario Argentino (CAA).

Haciendo el análisis por cada sitio muestreado, se observa que:

- En la captación, el único análisis realizado en el año 2006 dio como resultado la falta de aptitud para consumo humano por la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*. La discontinuidad de la toma de muestras pone de manifiesto la falta de seguimiento y monitoreo de la calidad del agua en el sistema de provisión.
- En el tanque reservorio, 2 de los 3 análisis efectuados resultaron no aptos debido a la presencia de coliformes totales, *E. coli* y *P. aeruginosa*. Esta situación demuestra una fuente de contaminación que está afectando al recurso desde el almacenamiento, en forma previa a la distribución del agua en la villa.
- En el Puesto Sanitario se realizaron 11 análisis en el período, en los que prevalece la no aptitud para consumo humano, dada también por la presencia de coliformes totales, *E. coli* y *P. aeruginosa*, y sólo en 2 ocasiones resultó apta.
- En el caso de la Escuela N°25 ubicada en la Villa, los análisis se realizaron en 10 oportunidades y se encontró en 9 de ellas la falta de aptitud, dada por la presencia de coliformes totales, agravado por la detección de *E. coli* (en 5 muestras) y *P. aeruginosa* (en 6 muestras).
- Existen otros 12 análisis realizados en viviendas particulares, en el Centro de Informes, un camping y en la Gendarmería, en los cuales nuevamente se verifica contaminación microbiológica.

Se observa que los parámetros que exceden los valores recomendados son los coliformes totales, *E. coli* y *P. aeruginosa*. Estas dos bacterias patógenas mencionadas han sido encontrados al menos una vez en 7 de los 10 sitios de muestreo.

Tabla 1. Resultados de análisis de agua Villa Futalaufquen (2005-2014).

Sitio de muestreo	Fecha	Bacterias Mesófilas (UFC/ml)	Coliformes totales (NMP/100ml)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/ 100 ml)	<i>P. aeruginosa</i> (Presencia / Ausencia)	Aptitud para consumo humano según CAA
Captación de Agua (Toma)	06/12/2006	10	2,2	0	Presencia	No
Tanque Reservorio de la Red	12/06/2008	63	16	16	Presencia	No
	17/05/2010	6	2,2	0	Ausencia	Si
	21/01/2011	260	5,1	2,2	Presencia	No

Puesto Sanitario (Canilla exterior)	17/11/2005	500	16	2,2	Presencia	No
	16/03/2007	70	16	0	Ausencia	No
	28/01/2009	87	2,2	0	Ausencia	Si
	14/08/2009	6	16	0	Ausencia	No
	17/05/2010	394	16	0	Presencia	No
Puesto Sanitario (Canilla interna)	16/03/2007	25	9,2	0	Presencia	No
	12/06/2008	191	2,2	0	Ausencia	Si
	28/01/2009	4	9,2	0	Ausencia	No
	14/08/2009	28	16	0	Ausencia	No
	17/05/2010	1	16	16	Ausencia	No
	27/02/2014	61	16	5,1	Ausencia	No
Escuela N° 25 (Canilla interna)	16/03/2007	37	5,1	0	Presencia	No
	30/05/2008	500	16	16	Presencia	No
	12/06/2008	54	16	16	Presencia	No
	29/01/2009	341	16	2,2	Presencia	No
	14/12/2009	11	5,1	0	Ausencia	No
	22/06/2011	8	5,1	0	Ausencia	No
	05/06/2014	17	9,2	2,2	Presencia	No
Escuela N° 25 (Canilla exterior)	04/08/2006	7	5,1	5,1	Ausencia	No
	28/01/2009	8	2,2	0	Ausencia	Si
	05/06/2014	2	2,2	0	Presencia	No
Camping Los Maitenes	06/12/2006	1	2,2	0	Ausencia	Si
	21/01/2011	91	16	0	Ausencia	No
Gendarmería (Canilla interna)	19/06/2008	61	16	16	Ausencia	No
	21/01/2011	102	5,1	0	Ausencia	No
Gendarmería (Canilla exterior)	21/01/2011	203	16	0	Presencia	No
Intendencia (Canilla exterior)	06/12/2006	2	2,2	0	Ausencia	Si
Canilla interna vivienda Brugo	19/06/2008	0	9,2	5,1	Presencia	No
Canilla interna vivienda Baeza	19/06/2008	5	16	16	Presencia	No
Centro de Informes	22/05/2014	6	5,4	5,4	Ausencia	No
Valores recomendados CAA		500	3	0	Ausencia	

Si bien la clorinación del sistema se mantuvo en funcionamiento permanentemente, los resultados no manifiestan la existencia de un proceso de desinfección.

Teniendo en cuenta la estación estival, donde la villa recibe una gran afluencia de visitantes, se encontró que la mitad de los análisis (17/34) han sido realizados entre noviembre y marzo. En ellos no se observa una variabilidad estacional marcada en los parámetros microbiológicos. Sin embargo, se detectó que los mayores valores de bacterias aeróbicas mesófilas se produjeron fundamentalmente en verano, aunque se mantiene dentro del límite recomendado de las 500 unidades formadoras de colonias (UFC/ml).

Se considera que la contaminación microbiológica se origina fundamentalmente en los depósitos y en la red de distribución, debido a su mal estado así como también a las posibles filtraciones durante el recorrido del agua por las cañerías deterioradas o aplastadas por el tránsito vehicular.

Con respecto a la calidad físico-química, la Tabla 2 presenta los resultados de la muestra proveniente del tanque de distribución tomada el 5/6/2014. Todos los valores se encontraron dentro de lo recomendado por el CAA. Se observó que la calidad físico-química es acorde al agua proveniente de deshielo en la región, que se caracteriza por su baja salinidad, tenores bajos de sólidos totales disueltos e iones mayoritarios y la ausencia de parámetros vinculados a focos contaminantes (Jones, 2015). Los resultados físico-químicos permiten corroborar que la calidad del agua se ve principalmente afectada en sus aspectos microbiológicos.

Tabla 2. Análisis de parámetros físico-químicos.

Parámetro	Valor Hallado	Valor límite (C.A.A)
Cloro libre residual	0 mg/l	Máximo 0,5 mg/l
PH	7,4	6,5-8,5
Turbiedad	0,45 NTU	Máximo 3 NTU
Sólidos Disueltos Totales	34,4 mg/l	1500 mg/l
Alcalinidad en Carbonato	0 mg/l CaCO ₃	No establecido
Alcalinidad en Bicarbonato	22 mg/l CaCO ₃	No establecido
Alcalinidad Total	22 mg/l CaCO ₃	Máximo 400 mg/l
Dureza	30 mg/l CaCO ₃	Máximo 400 mg/l

Cloruro	3 mg/l en CL^-	Máximo 350 mg/l
Sulfato	8 mg/l en $SO_4^{=}$	Máximo 400 mg/l
Hierro	0,03 mg/l en Fe	Máximo 0,30 mg/l
Amonio	0,01 mg/l en NH_3	Máximo 0,20 mg/l
Nitrito	0,002 mg/l en NO_2	Máximo 0,10 mg/l
Nitrato	5,6 mg/l en NO_3	Máximo 45 mg/l
Fluoruro	0,03 mg/l en F^-	Máximo 1,7 mg/l
Conductividad	73 uS/cm	No establecido.

Evaluación integral de la gestión actual del agua en Villa Futalaufquen

Se pudo evaluar que la gestión del agua en la Villa posee fortalezas y debilidades. En cuanto a las fortalezas, el hecho de no encontrar fuentes de contaminación en la alta y media cuenca del arroyo Cascada brinda un panorama alentador en pos de asegurar la buena calidad de la fuente de agua. En ese sentido, se debe prestar especial atención a la presencia de animales en el lugar, para proteger la calidad del recurso para consumo humano.

Sin embargo, la situación de que la mayoría de los análisis de agua realizados muestren la no potabilidad del agua indica que los problemas se encuentran en los reservorios, en la distribución y en el tratamiento del agua. Considerando que el agua no requiere ningún tipo de tratamiento especial, es fundamental adecuar la clorinación, lo cual no requiere una gran inversión, para garantizar los parámetros microbiológicos de seguridad del agua de consumo.

Como debilidades, es clave la no identificación de la problemática del agua como una prioridad de gestión para el área protegida. Además, se manifiesta la falta de realización sistemática de análisis microbiológicos y controles en el contenido de cloro residual en la red de agua, la existencia de problemas en el proceso de clorinación y la falta de capacitación del personal que trabaja en el tema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a las recorridas en la cuenca superior del arroyo Cascada se determinó que no existen fuentes de contaminación de magnitud que pudiesen alterar el recurso

hídrico. Se concluye que la calidad de agua del sistema de provisión de Villa Futalaufquen se encuentra afectada por contaminación microbiológica. La principal causa se atribuye al mal estado y falta de mantenimiento de todos los componentes de la red, tanto en la captación, distribución y almacenamiento, así como la falta de control del sistema de tratamiento.

Se pone de manifiesto la importancia de manejar el recurso hídrico en el sector de estudio teniendo en consideración los aspectos de la gestión integrada de los recursos hídricos. Esto implica acciones como la prevención de la contaminación del agua desde la fuente y la mejora y mantenimiento de las infraestructuras. Además, es relevante la organización de un programa de control de calidad del agua acompañado por la difusión de la información a los consumidores, tanto habitantes como visitantes. Asimismo, se requiere el compromiso y participación de los actores involucrados en el uso y manejo del agua, tanto desde la prevención, mantenimiento del sistema de provisión y el consumo, como en la generación, tratamiento y disposición de efluentes. Estos aspectos son fundamentales para la preservación de la calidad del agua y su aptitud para consumo humano, teniendo impacto directo en la salud y la calidad de vida de quienes consumen el recurso.

Como principal recomendación, es prioridad proteger la zona de cabecera de cuenca. Si bien la fuente de agua se encuentra dentro de un área protegida, se deben continuar las recorridas periódicas con el fin de relevar posibles fuentes contaminantes del recurso.

En cuanto a las medidas estructurales, en la captación se requiere mantener la circulación del agua evitando obstrucciones y taponamientos. Se recomienda reemplazar el sistema de almacenamiento actual por tanques de materiales que faciliten la limpieza y evitar la acumulación de sedimentos en su interior. En la red de distribución se requiere el recambio de la cañería principal y mantenimiento de las secundarias. Para la clorinación se recomienda la utilización de mecanismos automáticos que funcionan de acuerdo al volumen del agua circulante o de acuerdo a determinado período de tiempo. Se vuelve necesario conocer el volumen de agua utilizada por día y los consumos en momentos de alta demanda por visitantes. Asimismo, es importante que el personal encargado del mantenimiento y operación de la red de agua se capacite en pos de conocer los mecanismos de prevención de la contaminación del recurso y del proceso de desinfección.

BIBLIOGRAFÍA

- Código Alimentario Argentino (2012). *Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada*. Ley 18.284. 1969 y actualizado en 2012. Argentina.
- De Sousa, C., Colmenares, M.C., Correia, A. (2008). *Contaminación Bacteriológica en los Sistemas de Distribución de Agua Potable: Revisión de las Estrategias de Control*. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, Vol. XLVIII, N° 1. Venezuela.
- De Los Rios, P. y Soto, D. (2009). *Estudios limnológicos en lagos y lagunas del Parque Nacional Torres del Paine*. Anales del Instituto Patagonia de Chile. N° 37: 63-73. Chile.
- Diario Rio Negro. *Pueden cerrar playa del Lácar por contaminación*. Edición del 13 de Enero de 2007. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/diario/2007/01/13/20071r13s10.php> Fecha de consulta: noviembre 2014.
- Diario Rio Negro. *Alta contaminación de los arroyos de San Martín*. Edición del 28 de Enero de 2007. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/diario/2007/01/28/20071m28f04.php> Fecha de consulta: noviembre 2014.
- Diario El Cordillerano. *Preocupa el derrame de efluentes cloacales al Lago Nahuel Huapi*. Edición del 28 de Abril de 2014. Disponible en: <http://www.elcordillerano.com.ar/noticias/2014/04/28/10704-preocupa-el-vertido-de-efluentes-cloacales-al-lago-nahuel-huapi> Fecha de consulta: noviembre de 2014.
- Diaz, M., Reynolds, C., Pedrozo, F., Temporetti, P. (2007). *Chemical composition and the nitrogen-regulated tropics state in Patagonian lakes*. Revista Limnológica N° 37: 17–27. Jena, Alemania.
- Jones, J. I. (2015). *Evaluación de la provisión de agua potable en Villa Futalaufquen, Chubut. Iniciativas para su adecuada gestión*. Tesis de Licenciatura en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Kutschker, A., Hechem, V., Codesal, P., Rafael, M., López, S., Silva, V. (2015). *Diversidad de plantas exóticas en áreas sometidas a distintos disturbios en el Parque Nacional Los Alerces, Chubut (Argentina)*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, Vol. 50 (1): 47-59. Córdoba, Argentina.

- Lösch, L., Merino, L. (2004). *Resistencia antimicrobiana en cepas de Pseudomonas aeruginosa aisladas de fuentes de agua de la provincia del Chaco (Argentina). Informe preliminar*. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004, Chaco Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/3-Medicina/M-014.pdf>
Fecha de consulta: noviembre de 2014.
- Martin, G., Martin C., Uribelarrea, D. (1997). *Plan Preliminar de Manejo Parque Nacional Los Alerces*. Administración de Parques Nacionales, P.N. Los Alerces.
- Ministerio de Turismo de la Nación. *Anuario Estadístico de Turismo 2013/2014*. Disponible en: <http://www.turismo.gov.ar/estadisticas> Fecha de consulta: noviembre de 2014.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (1993). *Guías para la calidad del agua potable*. Segunda Edición. Suiza.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2004). *Safe Piped Water*. Inglaterra.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2006). *Guías para la calidad de Aguas*. Tercera Edición. Suiza.
- Pedrozo, F., Temporetti, P., Diaz, M., Chillrud, S. (1993). *Chemical composition and nutrient limitation in rivers and lakes in northern patagonian Andes (39.5° - 42°S; 71°W) (Rep. Argentina)*. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, Vol. 25: 207-214. Stuttgart, Alemania.
- Scapini, M. y Orfila, D. (1982). *Características químicas de las aguas superficiales del Chubut*. Informe Dirección de Protección Ambiental del Chubut. Argentina.
- Tato Vázquez, P. (2012). *Censo pobladores Parque Nacional Los Alerces*. Administración de Parques Nacionales. Argentina.
- Temporetti, P. (2006). *Efecto a largo plazo de los incendios forestales en la calidad del agua de dos arroyos en la Subregión andino patagónica, Argentina*. Revista Ecología Austral, N° 16: 154-166. Argentina.
- Victorica Almeida, J. (2006). *Formación de biopelículas y su impacto en los sistemas de distribución de agua*. Instituto de Ingeniería. U.N.A.M. México.