

Potabilización y abastecimiento de agua en el desierto De Patagonia (Argentina)

Marcos GIAI

Servicio de Laboratorio Central. Hospital Militar Campo de Mayo (1659). Buenos Aires. Argentina. Correo-e: marcosgiai@hotmail.com

RESUMEN

Objetivos: Adecuar los procesos de potabilización y almacenamiento de agua en el desierto De Patagonia, controlar la calidad del agua potabilizada, evaluar los costos de potabilización y ensayar técnicas analíticas in situ (Laboratorio Móvil).

Material y Métodos: Se analizaron los resultados obtenidos sobre muestras de agua potabilizada en Pampa de los Guanacos, Provincia de Chubut, Argentina, durante el mes de octubre de 2002. Para tal ocasión se empleó un Equipo Potabilizador Portátil Stellar AB3 y técnicas analíticas

Resultados: Sobre el total de muestras de agua potabilizadas, (n: 45), se obtuvo que el 93% de las muestras fue bacteriológicamente apta para consumo humano. El valor promedio de pH del agua potabilizada fue de $7,30 \pm 0,28$, el valor promedio de Cloro Residual fue de $0,58 \pm 0,6$ ppm. Se evidenció crecimiento bacteriano en el sobrenadante del filtro de arena a partir del octavo día consecutivo de filtrado. Se evidenció la presencia de crecimiento bacteriano en agua potabilizada almacenada a partir del décimo día de almacenamiento.

Conclusiones: Los resultados mostrados indican la eficacia del proceso de potabilización empleado y que por las condiciones ambientales particulares resulta poco conveniente el almacenamiento de agua por lapsos mayores de diez días debiéndose realizar el recambio de unidades filtrantes, semanalmente o al alcanzar los 100.000 litros de filtrado. Se concluye que este proceso sigue siendo el más económico para encarar en este tipo de operaciones militares y a su vez muestra la factibilidad de realizar análisis bacteriológicos *in situ*.

Palabras Claves: Calidad de agua, planta potabilizadora, Patagonia Argentina, análisis químico, análisis bacteriológico.

INTRODUCCIÓN

El agua es fuente de vida y de bien, símbolo de fecundidad y de pureza, es también portadora de temores, riesgos y peligros y es motivo de codicia y de conflictos. Tal como decía Antoine de Saint-Exupéry en su libro *Terre des Hommes*: “Agua, no tienes gusto, ni color, ni aroma; no se te puede definir, se te prueba sin conocerte. No eres necesaria para la vida: eres la vida (...) Eres la riqueza mas grande que hay en el mundo y la mas delicada, tú tan pura en las entrañas de la tierra”.

Sus múltiples funciones, tan necesarias las unas como las otras, la convierten en un recurso vital, cuyo

uso y gestión el hombre siempre ha tratado de reglamentar. Pero contrariamente al derecho aplicable en tiempo de paz, como evidencian los usos y costumbres de las sociedades mas antiguas o incluso los instrumentos jurídicos internos e internacionales de los tiempos modernos, en el derecho de los conflictos armados sobre el agua – expresa y tardíamente – solo versan algunas disposiciones. [1]

Durante el transcurso de numerosos hechos de la historia militar moderna, uno de los más grandes problemas a solucionar por los ejércitos, es el abastecimiento de agua potable. En un conflicto, la destrucción del sistema de abastecimiento de agua puede ocasionar más víctimas que los propios

combates. Las organizaciones de asistencia humanitaria como el Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR) deben enfrentarse a menudo con la falta de agua potable, tanto en las ciudades cuyas infraestructuras han sido destruidas como en los campamentos de refugiados o personas desplazadas.

El ambiente geográfico del desierto De Patagonia condiciona en demasía la obtención de agua y por ende el proceso de potabilización, almacenamiento y distribución de la misma. El proceso de abastecimiento de agua en campaña en el desierto de Patagonia requiere de una serie de procedimientos y la constante intervención de personal técnico entrenado, a fin de dar una solución satisfactoria a tan importante problema. Es sobre el arma de Ingenieros a quien le recaen las tareas de reconocimiento, obtención, tratamiento y almacenamiento del agua en campaña.

La salud del combatiente es una condición elemental para el cumplimiento de la misión, por lo enunciado, el agua es el elemento primordial de la vida humana y la buena salud del soldado. Está estipulado para un hombre un consumo diario de 5 litros de agua potable para bebida, a lo que se deberían adicionar también unos 20 litros para la higiene diaria personal, es decir, prever un consumo diario de veinticinco 25 litros por hombre.

Dentro de los medios mas factibles, eficientes y económicos para la potabilización de agua en campaña en el desierto de Patagonia, es la combinación de filtrado y cloración para garantizar la adecuada calidad del agua potable.

El planeamiento de cualquier actividad en el terreno, requiere de un adecuado reconocimiento de la zona donde se extraerá el agua para consumo, implicando ello la movilización de un escalón técnico adelantado para satisfacer este requerimiento, identificando la posible fuente de extracción de agua principal y aquellas secundarias en caso de movilización de las instalaciones militares desplegadas, las vías de acceso al lugar de almacenamiento y haciendo particular hincapié en la topografía del terreno. El desierto de Patagonia central de Chubut, es una zona de relieves variados, con extensas mesetas bajas, anchos valles y montañas no muy elevadas. El suelo es pétreo arenoso, lo que confiere una alta permeabilidad del agua, siendo de tipo basáltico hacia la zona cordillerana.

El clima es frío, seco, con abundantes nevadas invernales, heladas permanentes en todo el año, la precipitación acumulada anual oscila entre los 150 – 300 milímetros y la temperatura media anual oscila entre los 8 – 10 °C, llegándose a registrar temperaturas mínimas extremas de hasta –25 °C en invierno. Es permanente el viento de los sectores O y SO, durante los meses de primavera, verano y otoño.

Los ríos son escasos en la zona desértica, la mayoría se encuentran hacia la cordillera, siendo muy caudalosos en primavera, producto de los deshielos y llegándose a congelar en el invierno, los ríos de esta

zona confluyen en una zona de valles, donde desembocan en los grandes lagos (Munster – Colhue Huapi) en la zona de Sarmiento, Chubut. Existen además en esta zona abundantes espejos de aguas surgentes o cartesianas, denominadas *menucos*, los que fueron empleados en esta ocasión para obtener el agua.

El presente trabajo se realizó en una zona denominada Pampa de los Guanacos, provincia del Chubut, ubicada a 45°00'S – 68°30'O. En el mismo se evaluó la eficiencia del proceso de potabilización de agua en condiciones climáticas adversas, como el desierto de Patagonia, analizar las características del agua almacenada para consumo humano, controlar la calidad del agua potabilizada, el nivel de cloración adecuado, evaluar los costos de potabilización y ensayar técnicas analíticas in situ (Laboratorio Móvil).



FIGURA 1. Ubicación geográfica. Chubut. Argentina

MATERIAL Y METODOS

Descripción general del sistema de potabilización

1. *Fuente de agua*: se obtuvo el agua de espejos surgentes, denominados *menucos* (fig. 2), los que predominan en la zona montañosa del desierto de Patagonia.

2. *Unidad Potabilizadora*: Equipo Portátil STELLAR® AB3, que está compuesto por una unidad filtrante (macro-microfiltrado), una unidad clorinadora, sistema de mangueras y piletas inflables de 10.000 litros de capacidad. Es un equipo liviano, 100% móvil en remolques AR 0,5 ton.

Tiene capacidad para producir de 3000 a 5000 litros por hora, dependiendo de la turbidez del agua tratada.

La Unidad Filtrante es de naturaleza mineral, empleando tierra de diatomeas (perlita expandida) que se obtiene de Malargüe, provincia de Mendoza, Argentina. En caso de tener que filtrar aguas muy turbias se recolecta previamente el agua cruda macrofiltrada en una pileta para ser tratada con

floculantes como el hidróxido de aluminio, que elimina restos orgánicos y la posible presencia de sales de arsénico [9] y clarificantes como el sulfato de cobre, de ser necesario, dejándose reposar los mismos hasta la completa sedimentación, posterior a ello se procede a realizar el microfiltrado a presión con esta Unidad Filtrante.



FIGURA 2. Los menucos. Chubut. Argentina.



FIGURA 3. Unidad potabilizadora en el terreno de Patagonia.

El agua microfiltrada es almacenada en otra pileta para su posterior cloración con la Unidad Clorinadora, que emplea un proceso basado en la electrólisis del cloruro de sodio sólido, en que se realizan descargas eléctricas de alto amperaje en un compartimiento reactor que contiene la sal, que se disocia iónicamente, liberando cloro gaseoso que se transforma en anión hipoclorito, difundiendo el mismo hacia el agua tratada. En esta oportunidad se inyectó cloro líquido con una bomba dosificadora. La cloración es monitoreada mediante el dosaje de cloro residual por el método colorimétrico de la o-tolidina al 0,2%, dosable espectrofotométricamente a 405 nm o a simple vista empleando el comparador Lovilond® provisto en los elementos del arma de Ingenieros.

El agua que ha completado el proceso y es química y bacteriológicamente apta, puede comenzar

a ser distribuida en carros aguateros o en camiones cisternas.

Controles de laboratorio

Se realizaron controles físicos, químicos y bacteriológicos del agua potabilizada en Pampa de los Guanacos, para la determinación de los mismos se emplearon:

pH: pHmetro portátil HANNA® HI-8915 con electrodo BNC-Gel combinado HI-1230B.

Cloro Residual: técnica espectrofotométrica a 405 nm con solución de o-tolidina al 0,2%. Espectrofotómetro METROLAB® 1600. También se realizó in situ la determinación colorimétrica visual con un comparador LOVILOND®.



FIGURA 4. Control de cloración en el terreno.

Recuento de bacterias aerobias totales: se emplea para las bacterias aerobias y coliformes (*Escherichia coli* – *Pseudomonas aeruginosa*), el medio comercial CLDE-BRITANIA®, usado habitualmente en urocultivos. Es un medio deficiente en electrolitos. En el medio de cultivo, la peptona, el extracto de carne y la tripteína aportan los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano. La lactosa es el hidrato de carbono fermentable, la L-cistina es el agente reductor, el azul de bromotimol es el indicador de pH y el agar es el agente solidificante. La diferenciación de los microorganismos se basa en la utilización que éstos puedan hacer de la lactosa; las cepas que la fermentan, acidifican el medio que vira del verde al amarillo, mientras que los que no lo hacen, dan colonias incoloras que viran el medio al color azul. La restricción de electrolitos en el medio impide el desarrollo invasor de especies de *Proteus*, por tal motivo, es un medio ideal para el recuento de colonias. El crecimiento bacteriano para el recuento de aerobios totales se expreso en unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/mL).

Las muestras de agua fueron tomadas por duplicado en cada lugar de muestreo en recipiente plástico estéril y refrigerado, las muestras se remitieron al laboratorio dentro de las 24 horas de tomada la muestra. Se procesaron blancos cada diez

muestras. Se tomaron muestras en los piletones de almacenamiento (n: 45), en las cisternas (n: 8), en el sobrenadante de los filtros (n: 7), y en la fuente de agua *menuco* (n: 2).

El valor de cloro residual se midió en terreno por comparación visual con el comparador LOVILOND® y espectrofotométrica a 405 nm. El valor de ambas determinaciones fue promediado.

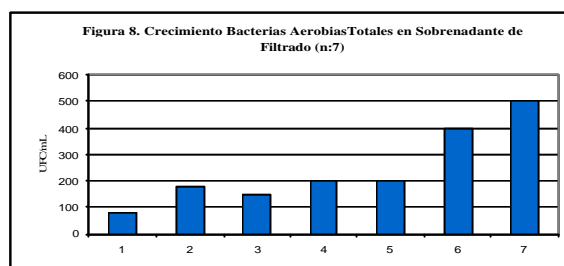
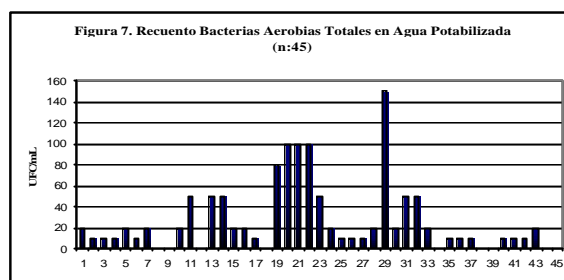
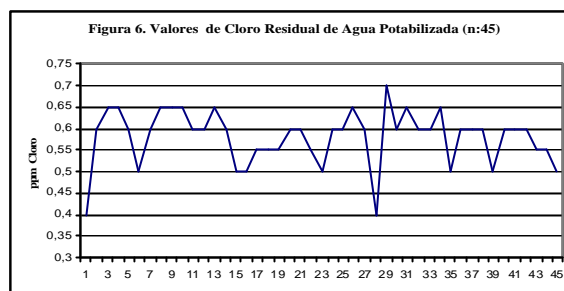
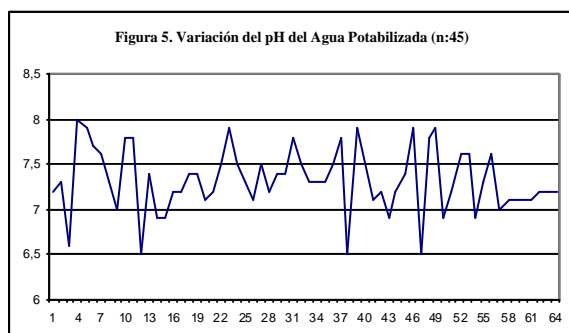
Es importante señalar que se realizaron cultivos de muestras de agua potabilizada en las instalaciones de la Sección Sanidad del Batallón de Ingenieros 9, dichos valores no fueron incluidos en el presente trabajo, con el fin de evidenciar posibles contaminaciones de las muestras por el medio ambiente adverso. Es de destacar que solo se observó contaminación en bajo porcentaje de muestras (1/10) y que adecuando los medios disponibles, bien se podría montar un laboratorio móvil en el terreno de Patagonia durante las operaciones militares.

RESULTADOS

Sobre el total de muestras de agua potabilizadas (n: 45), se obtuvo que el 93 % de las muestras fue bacteriológicamente apta para consumo humano, el 96 % de las muestras fue químicamente aptas para consumo humano.

Análisis	Valor promedio	Valor de referencia
pH	7,30 ± 0,27	6,50 – 8,50
Cloro Residual (ppm)	0,58 ± 0,06	> 0,50 ppm.
Recuento de aerobios totales (cultivos positivos)	4 (9%)	(+): > 100 UFC/mL

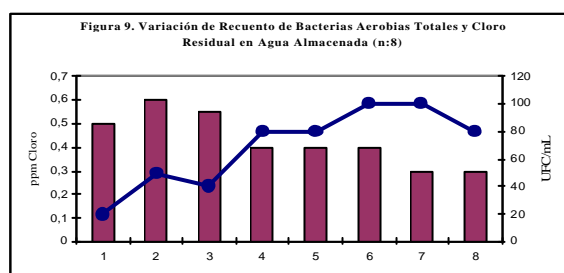
El valor promedio de pH del agua potabilizada fue de 7,30 ± 0,28 y no mostró grandes variaciones durante los días en que fueron ensayados, y el valor promedio de cloro residual fue de 0,58 ± 0,6 ppm y se mantuvo casi siempre por encima de los niveles recomendados por el Código Alimentario Argentino.



Se evidenció crecimiento bacteriano en solo 4 muestras ensayadas (9 %) en donde dicho crecimiento fue mayor a 100 UFC/mL.

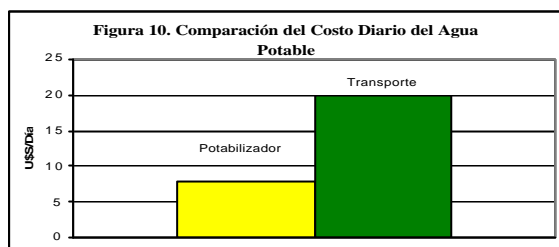
En muestras correspondientes al sobrenadante del filtro de diatomeas, se observó que a partir del octavo día consecutivo de filtrado hubo mayor crecimiento bacteriano y consecuentemente se debieron renovar los mismos.

En agua potabilizada almacenada, se observó crecimiento bacteriano superior a 100 UFC/mL a partir del décimo día de almacenamiento.



También se realizó una comparación de los costos económicos de potabilizar agua in situ versus el transporte automotor de la misma desde una fuente

confiable (agua potable de la localidad de Sarmiento, Chubut), para un mismo volumen de agua. El costo de potabilización incluye el combustible de la unidad potabilizadora, el medio filtrante (tierra de diatomeas) y el clorógeno (hipoclorito de sodio). El costo de transporte incluye el de combustible de camiones. Se expresó en dólares americanos por día (US\$/día).



CONCLUSIONES

Los resultados mostrados indican de la eficacia del proceso de potabilización empleado, al obtener un elevado porcentaje de aptitud (mayor al 94 %), según lo establecido por el Código Alimentario Argentino. Se concluye también que por las condiciones ambientales particulares no es conveniente el almacenamiento de agua por lapsos mayores de diez días y que el recambio de las arenas filtrantes (tierra de diatomeas) se debe efectuar semanalmente o al alcanzar los 100.000 litros de filtrado. Se desprende del presente trabajo que este proceso sigue siendo el más económico para encarar en este tipo de operaciones militares y a su vez muestra la factibilidad de realizar análisis bacteriológicos in situ, si se adecuan los medios disponibles para garantizar un ambiente estéril en el laboratorio de agua de campaña.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente al Coronel Ricardo Navia, al Teniente Coronel Justo Treviranus y a todo

el personal del Batallón de Ingenieros 9 desplegado en esa oportunidad en Pampa de los Guanacos por la gentil colaboración para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ameer Zemmali. "Protección del agua en periodo de conflicto armado". *Revista Internacional de la Cruz Roja* No 131: 600-615 (Sept-Oct 1995)
2. CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO, Ed. 1994. Buenos Aires, Argentina.
3. Greenberg AE y cols. *American Public Health Association APHA (1998): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition* Washington DC. 45: 957-969.
4. Gaii, M. "Potabilización de Agua en el Desierto Patagónico". Póster - XXXV Reunión Anual de la Sociedad Argentina de Sanidad de las Fuerzas Armadas, Mar del Plata, Argentina (2004).
5. OMS - 1998. "Guía para la calidad del agua potable". 2da Edición. Volumen 1 y 3. Ginebra.
6. Geldreich y cols. 1978. "Inference to coliform detection in potable water supplies. In evaluation of the microbiology standards for drinking water". EPA-570/9/78-OOC. US Environmental Agency, Washington DC, p.13.
7. Alarcon MA y cols. "Presence and viability of Giardia and Cryptosporidium on drinking water and wastewater in the high basin of Bogotá river". *Biomedica* 2005. Sep, 25 (3):353-65.
8. ISO 5667-16 (UNE-EN ISO), 1998, "Water Quality, Sampling", Part 16: *Guidance on Biotesting of Samples*.
9. Luján, Juan Carlos. "Un hidrogel de hidróxido de aluminio para eliminar el arsénico del agua". *Rev Panam Salud Publica*, mayo 2001, vol.9, no.5, p.302-305. ISSN 1020-4989.
10. Gaii, M. "Calidad química y bacteriológica de agua potabilizada en Gonaives (Haití) en el marco de UN-MINUSTAH". *Hig. Sanid. Ambient.* 6: 207-212 (2006).