

INTERSEDES

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica



Puerto Limón

Implicaciones del monitoreo periódico de la calidad del agua potable en el
cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica

John Diego Bolaños Alfaro

www.intersedes.ucr.ac.cr

ISSN 2215-2458

Vol. XIV, N°28 (2013)

Consejo Editorial Revista InterSedes

Director de la Revista:

Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste

Consejo Editorial:

M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico. Economía
M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico. Derecho. Filosofía
Dra. Ethel García. Sede de Occidente. Historia.
Dra. Magdalena Vásquez. Sede Occidente. Literatura
M.L. Guillermo González . Sede Atlántico. Filología
M.Ph. Jimmy Washburn. Sede Atlántico. Filosofía. Bioética
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste. Filología
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. Sede Limón. Administración. Turismo
Dra. Ligia Carvajal. Sede Limón. Historia

Editor Técnico: Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste.

Editora: Guadalupe Ajún. Sede Guanacaste

Consejo Científico Internacional

Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.
Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.
Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.
Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.
Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.
Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.
M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc/ SciELO

Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.

Intersedes por intersedes.ucr.ac.cr está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.



Implicaciones del monitoreo periódico de la calidad del agua potable en el cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica

Implications of periodic monitoring of potable water quality in Grecia, Alajuela, Costa Rica

John Diego Bolaños Alfaro ¹

Recibido: 23.05.13

Aprobado: 30.08.13

Resumen:

El monitoreo del agua potable se desarrolla específicamente en el cantón de Grecia, de la Provincia de Alajuela, donde participan 14 Asociaciones de Acueductos Rurales (ASADAS) y la Municipalidad de Grecia, para trabajar con una muestra total de 25 nacientes, 20 tanques de almacenamiento y 25 abonados del servicio de agua potable. Se pretende con ello mejorar la valoración del agua y evidenciar los problemas que dicho recurso representa actualmente; las fortalezas y debilidades en materia del recurso hídrico encontradas en la fase desarrollo de la investigación, pueden ser perfectamente extrapoladas a las situaciones típicas que afronta el país en materia de gestión hídrica y de manera muy específica en muchas ASADAS de la Región de Occidente. Finalmente, el monitoreo periódico de la calidad del agua potable en el cantón de Grecia permite establecer los factores de riesgo ambientales o para la salud humana, que pueden presentar una ASADAS o Municipio, esto facilita el desarrollo oportuno de criterios encausados hacia la prevención o corrección de cualquier no conformidad. Entre los principales problemas encontrados están: la vulnerabilidad de los nacientes en términos de contaminación, defectuosos procesos de cloración y la contaminación con coliformes totales en varios sitios estudiados.

Palabras clave: calidad del agua, el agua potable, los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua; ASADAS.

Abstract:

The drinking water monitoring is developed specifically in the city of Grecia, in the province of Alajuela, involving 14 Rural Water Associations (ASADAS) and the Municipality of Grecia, to work with a total sample of 25 emerging, 20 storage tanks subscribers and 25 water services. The aim is to improve the assessment of water and highlight the problem that currently represents that resource, the strengths and weaknesses in terms of water resources found in the research phase of development may well be extrapolated to typical situations facing the country and very specifically

¹ Costarricense. Docente de la universidad de Costa Rica. Recinto de Tácares, Grecia, Alajuela. Sede de Occidente. Universidad de Costa Rica. Email: john.bolanos@ucr.ac.cr. El autor desea agradecer a todas aquellas personas de la comunidad que de una u otra forma han colaborado con la presente investigación, a los estudiantes de la carrera Laboratorista Químico que participaron activamente durante los muestreos y muy en especial a la Vicerrectoría de Investigación por brindarle al Recinto de Grecia, en particular a la carrera, las opciones de crecimiento en materia investigativa, así como por nutrir integralmente los procesos de Regionalización de la Universidad de Costa Rica en la zona.

in many ASADAS of the Western Region. Finally, regular monitoring of drinking water quality in the canton of Grecia allows for environmental risk factors or to human health, which may have a ASADA or Municipality, to facilitate the timely development of criteria oriented to the prevention or correction any non-conformity. Among the main problems are: the vulnerability of the springs in terms of pollution, defective chlorination processes and contamination with coliform me several study sites.

Key words:

Water quality, drinking water, physicochemical and bacteriological parameters of water; ASADAS.

Introducción

El continuo deterioro que está sufriendo el planeta, más acelerado en las últimas décadas, preocupa a la humanidad por múltiples razones; en razón de ello varios países de toda la Tierra han realizado reuniones internacionales donde el tema de interés tiene es el ambiente y la búsqueda de soluciones a los problemas antropogénicos.

El agua es un pilar de discusión y estudio, debido a que a pesar su conocida cuantía, solo es útil para consumo humano el 0,6% a nivel mundial, (Cormier, 2004); además que en la mayoría de los casos, requiere de tratamiento para considerarla previamente como potable.

Costa Rica, un país privilegiado por el abundante recurso hídrico que contiene, se ve actualmente perjudicado por la evidente y lamentable contaminación de muchas de sus redes hídricas potables, debido al crecimiento desordenado población y a las pocas medidas de contención y mitigación encausadas a reducir este tipo de impacto.

Desde el punto de vista ecológico, la degradación de las aguas tiene un límite a partir del cual el daño es irreversible. Esto depende, entre otros factores, de la capacidad de admisión del vertido por parte del receptor en el sentido de que pueda asimilar las sustancias más o menos nocivas (Fiksel, 1998).

Valorando lo anterior, es de suma importancia entonces realizar un buen manejo del recurso hídrico, la investigación se enfoca en las ASADAS, dado que son las encargadas de velar por el mantenimiento y la preservación del agua.

Sobre la gestión responsable del recurso hídrico

El agua es una de las sustancias más abundantes del planeta; sólo la que se halla contenida en los océanos y mares, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre. A esta enorme masa

líquida se suman además las aguas subterráneas, así como la contenida en el suelo, ríos, lagos y en la propia atmosfera. (MS, ICAA, OPS; 2007)

Según Reyes et al (2003); en el país 37 km³ de agua de lluvia se encargan de recargar los acuíferos, además el agua que se consume en el país, 63% proviene de las nacientes, 23% de pozos, y un 10% de quebradas. Esa cantidad de agua tradicionalmente ha permitido mantener una vida despreocupada respecto a la disponibilidad de agua potable y su uso irracional, es claro que dicho actuar conlleva también una ausencia de planificación en todas las otras actividades relacionadas con el manejo del recurso hídrico.

La sociedades actuales luchan por el bienestar y la calidad de vida de los habitantes y lo hacen combatiendo una doble moral manifiesta al sobreponer ideas egoístas, apoyadas en intereses personales sobre los comunales, lejos de toda la responsabilidad del deterioro que sufre nuestro entorno ambiental y por consiguiente el líquido vital.

En ocasiones este comportamiento humano se genera cuando se tratan temas relacionados con el recurso hídrico y sus repercusiones pueden obedecer a las malas decisiones incluso políticas que se conceptualizan y se materializan.

Se considera que la demanda promedio de agua potable actual de la población costarricense se estima en unos 0,54 km³/año, se deduce que no existe problema en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico (OPS, 2004). No obstante, la verdad que impera es el mal tratamiento de aguas servidas de los hogares e industrias, cuando depositan sus desechos sólidos, químicos tóxicos, materia orgánica y las aguas negras, entre otros, de manera indiscriminada; esto genera precursores responsables del deterioro de los ríos así como de las aguas subterráneas que contienen el preciado líquido vital, al sufrir sus respectivos procesos de recarga, mediante procesos naturales a partir de percolación y la infiltración.

Barrientos (2010) parece añorar la realidad que vivieron generaciones de abuelos al escribir su literatura cundo dice:

“antes del establecimiento de la agricultura y de la excesiva urbanización en la meseta central de Costa Rica, abundaban los bosques y los suelos fértiles. El clima era fresco y agradable a lo largo de todo el año y tenía la fauna propia de un bosque tropical premontano y montano: jilgueros, pavas, jaguares, pumas, saínos, dantas, una gran cantidad de invertebrados y hongos, etc. La mayor parte del territorio permitía la recarga de los acuíferos y los caudales de ríos y manantiales eran relativamente

estables a lo largo del año. Los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos al igual que el ciclo hidrológico y el de nutrientes estaban bien balanceados y gracias a la resiliencia podían funcionar dentro de un rango de alteraciones sin que se afecte la globalidad del sistema.”

Atender el recurso hídrico de manera oportuna y periódica brinda la oportunidad de evitar situaciones evidentes y preocupantes sufridas en el pasado y nos asegura una mejor suerte en materia hídrica al realizar una gestión responsable del recurso, ya que permite, en tiempo real, atender cualquier acontecimiento que pueda ir en detrimento de la calidad del agua potable o que signifique un riesgo hacia la salud de los abonados, sin tener que llegar a extrañar las bondades naturales que significan el ciclo hidrológico del agua.

Materiales y métodos

La calidad del agua se evalúa mediante análisis físico químicos y microbiológicos, se desarrollaron los métodos establecidos en el Standard Methods for The Examination of Water and wastewater, 2012. Dichos procedimientos se deben desarrollar y evaluar bajo niveles de sensibilidad previamente establecidos, para ello se siguen los protocolos establecidos en el Manual de Procedimientos del Proyecto N°540-B1-227, ubicado en el Laboratorio de Química de la Universidad de Costa Rica, Recinto de Grecia.

Según Castro (2000), para que los resultados de las determinaciones de este tipo sean exactos y entendibles, se requiere brindar mucha importancia a la toma de las muestras, preservación de estas, unidades y terminologías usadas, así como al desarrollo de los procedimiento y métodos previamente validados y con una metodología bien estructurada y documentada, todo ello queda establecido en el manual de procedimientos antes citado.

Específicamente la presente investigación realizada desde la Universidad de Costa Rica, inscrita bajo el número 540-B1-227 ante la Vicerrectoría de Investigación, con vigencia de dos años a partir del año 2011, tiene como objetivo la estandarización, validación y aplicación de los métodos fisicoquímicos y bacteriológicos de Nivel I y Nivel II, establecidos en el decreto N°32327-S, titulado Reglamento para la Calidad del Agua Potable, publicado en La Gaceta N°84, de mayo del 2005 y que por sus características responden a información vital en materia de gestión preventiva y correctiva.

En el proyecto de investigación participan la Municipalidad de Grecia y las ASADAS de las siguientes poblaciones San Roque, San Miguel, Carbonal, Barrio Latino, Bodegas, Tacaes, Puente

de Piedra, San Isidro, Calle San José, Santa Gertrudis Sur, Santa Gertrudis Norte, El Cedro, Calle Guayabal, La Arena, Barrio San Vicente y El Cajón.

A cada una de las ASADAS, se les monitorea el agua potable dos veces al año, en período de invierno y en el de verano respectivamente. Se realiza un total de 18 determinaciones físico-químicas y microbiológicas, encausadas hacia la corrección de cualquier no conformidad, según lo estipulado en materia de agua potable, en cada uno de los sitios de muestreo, sean éstos los nacientes, tanques de almacenamiento o red de distribución.

Finalmente una de las metas más importantes es dar a conocer las implicaciones que los resultados obtenidos puedan suponer sobre la salud humana y el ambiente, de manera oportuna y transparente; para ello se desarrollan al menos dos talleres, dos capacitaciones anuales con representantes de cada ASADAS monitoreada y se hace entrega de dos informes a la respectiva ASADA, con el fin de enterar a la brevedad sobre la calidad del agua, aclarando de forma expedita las repercusiones que puede sobrellevar la población abastecida en caso de presentar alguna anomalía o riesgo.

Resultados y discusión

El monitoreo periódico de la calidad del agua potable en el cantón de Grecia permite establecer los factores de riesgo ambientales o para la salud humana, que puede presentar el recurso administrado por Asociación de Acueductos Rural (ASADAS) o la Municipalidad, además facilita el desarrollo oportuno de criterios encausados a la prevención o corrección de las no conformidades que se evidencien en dicho monitoreo.

El agua potable contiene una alta cantidad de minerales y gases disueltos, en su mayoría provenientes del suelo, como resultado del arrastre producido desde las montañas o diferentes fuentes y del aire producto de la condensación como parte de su ciclo natural. Los principales componentes del agua superficial y subterránea son el dióxido de carbono, el oxígeno gaseoso, los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio, también se presentan cantidades representativas de fosfatos provenientes de materia animal y de fertilizantes comunes (Brown, 2004).

Por la versatilidad del agua, se requiere definir los tipos de aguas según su uso; así se considera como agua de consumo humano, aquella que es utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos; asimismo sus parámetros físico químicos y bacteriológicos deben estar dentro del rango establecido en el

Reglamento para la Calidad del Agua Potable arriba mencionado con el fin de asegurar el bienestar del consumidor y la reducción de riesgos para la salud.

También puede clasificarse las aguas en naturales y residuales. Estas últimas procedentes de industrias, de lavaderos, cloacas, entre otros. No es posible establecer un línea marcada entre una u otra clasificación. Sin embargo, deben llamarse aguas potables las que sirven para la alimentación, así como las que tienen una acción terapéutica manifiesta.

Las interacciones aire, suelo, agua generan que la composición físico química del agua varíe, de ahí que se registren muchos compuestos en estado coloidal o disueltos que provienen de las más diversas fuentes; sin embargo, es importante recalcar que esta puede verse también alterada por los efectos que resultan de las actividades del hombre.

El uso del agua es tan amplio, que el problema de su mal uso y su contaminación, es lo que ha venido generando controversia, aun cuando se sabe que no hay vida de ninguna clase sin el agua. (Rodríguez, 2004)

El proyecto de investigación rinde sus frutos al denotar las siguientes ventajas que ha deparado a la fecha el monitoreo periódico del agua potable:

- 1. Cumplimiento de la entrega de informes semestrales que debe presentar la ASADA o Municipio, ante Acueductos y Alcantarillados, así como ante el Ministerio de Salud, según decreto N°32327S*

Cada una de las ASADAS contempladas en el proyecto de investigación N°504-B1-227 de la Universidad de Costa Rica reciben un informe de resultados que contiene datos de la muestra, datos de la ASADA y el informe de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos desarrollados (Ver cuadro 1).

Cuadro 1: Informe de análisis físico químicos realizados sobre la naciente

Parámetro	Resultado	Unidades	Incertidumbre k=2, 95% confianza	Valor recomendado	Valor máximo
Temperatura	21,5	°C	±0,1	18	30
pH	6,37	-----	±0,01	6,5	8,5
Conductividad	115,7	µs/cm	±0,1	400	--
Dureza de Ca	20,54	mg/L	±0,02	<100	100
Dureza Total	32,77	mg/L	±0,02	400	500
Alcalinidad	37,00	mg/L	±0,06	--	--
Sodio	2,58	mg/L	±0,02	25	200
Potasio	1,28	mg/L	±0,02	2,5	10
Turbiedad	0,07	UNT	±0,01	1	5
Salinidad	0,10	mg/L	±0,01	<500	500
Cloro Libre	0,5	mg/L	±0,01	0,2 a 1,0	5
Cloro Res. Total	1,2	mg/L	±0,01	<50	50
TDS	61,1	mg/L	±0,01	<500	1000
E. Coli.	Ausente	-----	-----	Ausente	Ausente
Coliformes totales	Presencia	-----	-----	Ausente	Ausente
Olor	Aceptable	Cualitativo	-----	Aceptable	--
Color Verdadero	Aceptable	Cualitativo	-----	Aceptable	--
Sabor	Aceptable	Cualitativo	-----	Aceptable	--

Fuente: Elaboración propia, agosto 2012.

Con el informe generado, las ASADAS reportan en un plazo menor a quince días después de realizado el muestreo, los resultados ante las Instituciones públicas correspondientes como Acueductos y Alcantarillados o al Ministerio de Salud, reduciendo considerablemente los tiempos administrativos, ello permite desarrollar en caso necesario cualquier acción por parte del estado para asegurar la calidad del agua potable en caso de que esté bajo un proceso de contaminación o incluso prevenir que el mismo suceda, bajo los procesos legales respectivos.

También, le permite a las ASADAS ponerse a derecho con un procedimiento legal, que a la fecha presenta irregularidades respecto al cumplimiento de lo estipulado en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable; debido principalmente al costo económico que representa éste tipo de reporte (análisis físico químico y bacteriológico), ya que se requiere muestrear todos los nacientes, muchos ubicados en zonas de difícil acceso, así como los tanques de almacenamiento que estén en uso y al menos un muestreo representativos de la red de distribución que administra una ASADA en particular.

Lo anterior por cuanto hasta la fecha el desarrollo de los reportes no representa ningún costo para las ASADAS, dado que la UCR asume el costo con miras al desarrollo de procesos investigativos como se verá más adelante.

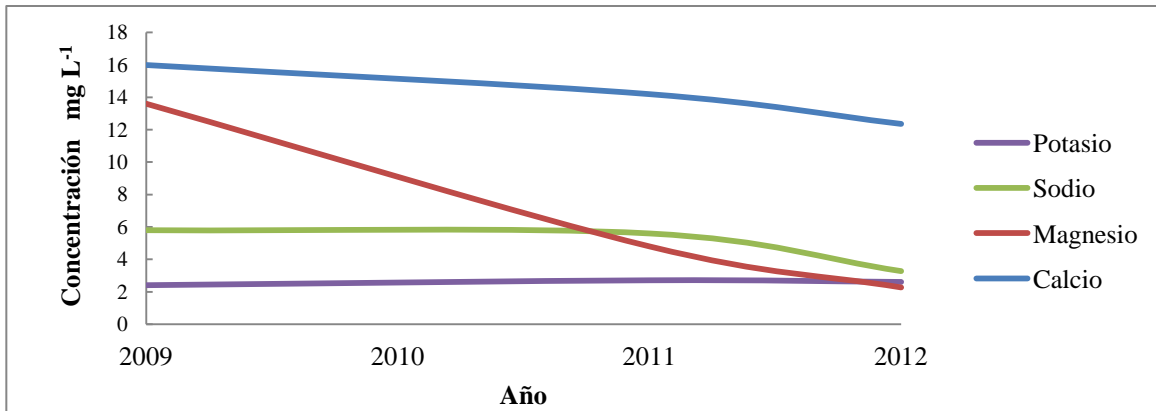
1. Conocer no solo los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del análisis reportado, sino caracterizar cada naciente en cuanto a los valores que normalmente maneja.

Se pretende comparar los datos obtenidos, con respecto a los datos registrados históricamente, para generar información como el de la (gráfica 1) que permiten al ente administrador tener claro si los resultados obedecen a un comportamiento esperado para un acuífero en particular o si se salen del esquema proyectado y debe ser estudiado con detenimiento para establecer las causales específicas.

Para este caso en particular el comportamiento de la naciente no es el esperado, la concentración de cationes normalmente es muy constante, con ligeras variaciones a lo largo del año según sea la estación (seca o lluviosa) en la que se desarrolle el muestreo.

Llegar a concluir que está provocando una reducción en la concentración de calcio, sodio, magnesio y potasio, conllevará otras líneas investigativas, mismas que no se hubiesen generado de no ser gracias al monitoreo periódico de la calidad del agua potable del cantón.

Gráfica 1: Resultados históricos de los cationes de la Naciente Salguero, que abastece una zona considerable del Cantón de Grecia.



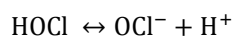
Fuente: Elaboración propia; Combinación de datos de muestreos realizados por la UCR y AyA- Históricos. 2012.

Además, se pueden integrar datos de distintas nacientes con los siguientes propósitos: analizar si provienen de un mismo acuífero, caracterizarlos por zonas geográficas, analizar las implicaciones en la salud de la población abastecida, justificar impactos ambientales producidos por el desarrollo de actividades humanas que aún no tienen claro su impacto a nivel de los nacientes, entre otros.

2. *Generar a partir de resultados analíticos, alertas tempranas de las implicaciones que representan parámetros fuera de los rangos normales*

Si observamos nuevamente el (cuadro 1), se nota que el valor registrado de pH es de 6,37, valor que está por debajo del rango de pH que debe tener el agua potable, es decir, se considera ligeramente ácida.

El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un pH determinado. Por ejemplo, las reacciones del cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor de entre 6,5 y 8. El cloro disuelto en el agua se disocia de acuerdo con las siguientes ecuaciones:



A pH mayores de 4, las especies predominantes son el HOCl (ácido hipocloroso) y OCl⁻ (ion hipoclorito). Más aún, el porcentaje de cloro presente como HOCl depende fuertemente del pH, ya que este es un ácido débil, como lo muestra el cuadro 2, al relacionarlo junto con la temperatura.

Cuadro 2. Relación del pH y la temperatura en la producción de HOCl (%)

Temperatura	pH							
	4	5	6	7	8	9	10	11
10°C	100	100	98	83	32	3	1	1
20°C	100	100	96	75	23	4	1	1

Fuente: (Barrenechea, 2000, pág 175)

La acidez o la alcalinidad del agua afecta la desinfección con cloro, se ha encontrado que el *H. Pylori* es más resistente al cloro residual que *E. Coli*, indicador en Costa Rica para determinar la calidad microbiológica del agua para consumo humano, por lo que la ausencia de unidades formadoras de colonias (UFC) de *E. Coli* en el agua no descarta la presencia de *H. Pylori*. (Ramírez, 2004)

Incluso la *Office of Ground Water and Drinking Water* de Estados Unidos ha incluido la bacteria *H. Pylori* en su lista de contaminantes, debido a la preocupación por el desarrollo de las enfermedades que pueda transmitir a través del agua, ya que se ve favorecida su reproducción en medios ácidos, donde ha demostrado ser más resistente a los procesos de cloración inclusive (Baker, 2002).

3. *Aprender a conocer más y mejor de las implicaciones sobre la salud humana que puede tener el uso inadecuado de los sistemas de cloración (exceso o insuficiente).*

A pesar de no ser necesariamente el medio de desinfección idóneo, es claro que para un país como Costa Rica, es el medio de desinfección más barato y seguro, si está bien desarrollado como sistema de potabilización.

Es claro que una cloración insuficiente convierte la red de agua potable en una bomba de tiempo para producir brotes comunales de muy distinta etiología, el agua destinada al consumo humano no debe contener microorganismos patógenos; para asegurar dicha inocuidad, se verifica

que el agua esté exenta de contaminación fecal, así como el desarrollo de una adecuada desinfección.

Los entes administradores utilizan "microorganismos indicadores", cuyos valores guía se han definido en las recomendaciones de la O.M.S. publicadas en 1994, así como en el decreto N°32327-S, que señalan el deber de estar *ausentes* en UFC/100 mL tanto en *E. Coli* como en coliformes fecales, es decir sus valores deben ser cero.

La realidad del presente estudio, es que el monitoreo periódico ha permitido evidenciar la problemática que una comunidad en particular puede estar sobrellevando: En la figura 1 se aprecia la cantidad considerable de muestras de agua potable contaminadas con coliformes totales (presentan coloración amarilla), pese al riesgo que ello significa, la población abastecida no ha presentado ningún brote; no obstante, es evidente que su sistema de cloración no es el más adecuado y que deben realizarse los ajustes pertinentes para cambiar esa condición del agua.

Figura 1: Análisis bacteriológico de la red de agua potable de una ASADA



Fuente: El autor. Laboratorios del Recinto de Grecia de la UCR, julio de 2012.

Debe recalcar que una sospecha en cuanto a la calidad puede desviar a la población hacia recursos substitutivos contaminados o no controlados; pero sí es recomendable informar al consumidor de la calidad del agua que se le está distribuyendo, así como los beneficios de la desinfección del agua para la salud pública, máxime si se utilizan sistemas como la cloración.

Es frecuente ver casos en donde la cloración se hace con dosis inferiores a lo recomendado, es decir una mala desinfección, la razón obedece a una queja particular o generalizada de los usuarios del servicio, sobre las propiedades organolépticas del agua, por ejemplo ligero sabor u olor

a cloro. Actuar de ésta manera, sin realizar los estudios y consideraciones previas como el valor de pH, el nivel de Coliformes, entre otros, pone en riesgo la salud de la población.

4. *Reconocer a partir del monitoreo periódico, las vulnerabilidades en nacientes, tanques de almacenamiento y red de distribución, así como el impacto que significan las actividades antropogénicas.*

Los entes administradores del recurso hídrico están obligados a velar por la protección de las nacientes, al mismo tiempo deben asegurar un adecuado resguardo y mantenimiento de las nacientes, así como de los tanques de almacenamiento y toda la red de distribución, lo que implica implementar tratamientos complejos encaminados hacia la protección del recurso. Independientemente del origen del agua, se deben instaurar siempre medidas de protección del recurso, en los perímetros de protección para las captaciones subterráneas, así como garantizar la vigilancia de tales perímetros de protección y realizar un seguimiento de la evolución de la calidad del recurso.

En la zona de Grecia son realmente pocas las ASADAS que ofrecen este tipo de resguardo a los nacientes, algunas solamente están captadas, lo que representa un riesgo de salud pública, dado que cualquier persona podría generar en una comunidad daños irreparables, al agregar sustancias tóxicas a la red de distribución, que llega a casas, escuelas, hospitales, comercios entre otros; es decir, actualmente no se limitan las acciones “terroristas” o acciones encaminadas a perjudicar la salud de los abonados (ver figura 2).

Figura 2: Vulnerabilidad del naciente de una ASADA que abastece una comunidad de más de 2000 personas en el cantón de Grecia



Fuente: El autor, julio de 2012.

Los problemas con desechos sólidos son también un tema de discordia para los entes administradores, cuando en realidad se trata de un problema de salud pública que debe ser atendido con prontitud, ya sea ASADA o Municipio quien administre, no se puede permitir ese tipo de accionar en las nacientes, debido al riesgo de contaminación que representan. (ver figura 3)

Figura 3: Desechos sólidos en el naciente de una ASADA que abastece una comunidad de más de 2000 personas en el cantón de Grecia



Fuente: El autor, julio de 2012.

Este monitoreo más integral, considera importante llevar no solo la información precisa del sistema de distribución al ente administrador, también considera capacitar e instruir a las personas relacionadas con el quehacer de la ASADA o Municipio con el fin de que se genere una cultura organizacional más responsable de sus actos, saludable y segura.

5. Capacitación y aprendizaje integral para los entes administradores del recurso hídrico potable.

Aprender reglas simples y poder ejecutarlas de forma expedita, mantener la constancia sobre los estudios de la calidad del agua antes del tratamiento, resultará en una facilidad de desinfección; sin embargo los temas muchas veces son temas desconocidos para las personas que se encargan de los sistemas de desinfección, llamados comúnmente fontaneros en las comunidades rurales en la zona de Grecia, y en el país en general.

El proyecto de investigación 540-B1-227 facilita un acercamiento de la UCR y organiza el desarrollo de estudios en materia hídrica; además, facilita conocer las experiencias o vivencias en problemáticas puntuales que sufren las ASADAS, lo que convierte la experiencia en un insumo valioso, pues las provee de un panorama más claro para afrontar una situación similar e incluso, cómo poder prevenirlas en un futuro.

Los resultados de todos los parámetros estudiados fueron dados a conocer individualmente así como de manera grupal mediante una capacitación semestral, donde se les informó sobre el estado físico químico y bacteriológico de los nacientes, y se ofreció a la vez recomendaciones encausadas hacia la prevención o recuperación ante cualquier anomalía relacionada con la vulnerabilidad o daño que pueda estar sufriendo el recurso hídrico.

No cabe duda que mantener el monitoreo periódico de la calidad del agua potable que tiene en uso la población, permite generar indicadores de factores de riesgo que revelan la vulnerabilidad del ambiente, así como el peligro para la salud de la población abastecida, además se convierte en una herramienta poderosa en materia de prevención y seguimiento sobre la gestión adecuada del recurso hídrico.

Bibliografía

- Baker, K. (2012). Effect of Oxidizing Disinfectants (Chlorine, Monochloramine, and Ozone) on *Helicobacter pylori*. *Appl Environ Microbiol*; 68 (2): págs. 981-984.
- Barrenechea, A; Vargas, L. (2000). Desinfección. *Evaluación de Plantas de Tratamiento de Agua*. Lima: CEPIS págs. 175-215.
- Barrientos, Z. (2010). Problemática de los ciclos biogeoquímicos, hidrológico y de nutrientes en la meseta central de Costa Rica. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. 10, (1): págs. 23-37.
- Brown, T. (2004). Química la Ciencia Central. 9th Edición. Pearson Prentice Hall. México. págs. 1152.
- Bruns, D. (2004). Conceptual Basis of Environmental Monitoring Systems: A Geospatial Perspective. *Environmental Monitoring* by CRC Press LLC. págs. 1-35.
- Cormier, S. (2004). Opportunities and Challenges in Surface Water Quality Monitoring. *Environmental Monitoring* by CRC Press LLC. págs. 217-238.
- Flores, E; Zúñiga, O. (2006). Diagnóstico de las nacientes permanentes del cantón de Grecia. *Sistema Nacional de Áreas de Conservación*, MINAE, Costa Rica. págs.74.
- MS, ICAA, OPS. (2007). Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas. Url. www.bvs.sa.cr/php/situacion/agua.pdf. Consultado el 19 de setiembre de 2012.
- OPS/OMS. (2004). Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas. San José, Costa Rica: Ministerio de Salud, C.R. págs. 40.
- Ramírez, A.; Chinga, E.; Mendoza, D. (2004). Variación de la prevalencia del *H. pylori* y su relación con los niveles de cloro en el agua de la Atarjea, Lima, Perú. Período 1985-2002. *Revista GASTROENTEROL. PERÚ*. 24: págs. 223-229.

Reyes V; Segura O; y Gámez L; (2003). Régimen del Recurso Hídrico: el Caso de Costa Rica. San José, CR. Editado por el Centro Internacional de Política Económica. págs. 50.

Rodríguez, J. (2004). Manual de laboratorio de Procesos Industriales. Grecia, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. págs. 154.

Standard Methods for The Examination of Water and wastewater. (2012). 22th Edition. Washington DC. *American Public Health Associations.*