



UNIVERSIDAD DE CHILE



FEDERACIÓN DE ESTUDIANTES
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

PROBLEMAS DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUAS EN LA VI REGIÓN,
GENERADOS PRODUCTO DEL TERREMOTO DE 27 DE FEBRERO DE 2010.
EVALUACIÓN DE DAÑOS Y RECOMENDACIONES ANTE SITUACIONES DE
EMERGENCIA

EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO PARA EL CUIDADO DEL AGUA.
FEDERACIÓN DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

2010

Autores:

- Ariel Valdés – Barrera
- Nicolás Inostroza
- Mauricio Cartes
- Paola Muñoz
- Carlos Pérez

Cómo citar:

Valdés-Barrera, A., Inostroza, N., Cartes M., Muñoz, P., y Pérez C. 2010. Problemas de suministro y calidad de aguas en la VI Región, generados producto del terremoto de 27 de febrero de 2010: Evaluación de daños y recomendaciones ante situaciones de emergencia. Equipo multidisciplinario para el cuidado del agua, Federación de Estudiantes de la Universidad de Chile.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS.....	4
3.	EQUIPO DE TRABAJO	4
4.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA SU USO DOMÉSTICO	5
5.	SUMINISTRO DE AGUA EN CASOS DE EMERGENCIA	6
6.	PROBLEMAS EN EL SUMINISTRO Y CALIDAD DEL AGUA CAUSADOS POR EL TERREMOTO EN DIFERENTES COMUNAS DE LA VI REGIÓN.	7
6.1.	COMUNA DE MACHALI.....	7
6.2.	COMUNA DE COLTAUCO.....	7
6.3.	COMUNA DE LAS CABRAS	7
6.4.	COMUNA DE COINCO.....	8
6.5.	COMUNA DE MALLOA.....	8
6.6.	COMUNA DE DOÑIHUE	8
6.7.	COMUNA DE PERALILLO.....	8
6.8.	COMUNA DE SANTA CRUZ	8
7.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOCALIDADES AFECTADAS	8
7.1.	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	9
	<i>Preparación de envases:.....</i>	<i>9</i>
	<i>Toma de muestras:.....</i>	<i>9</i>
	<i>Materiales y equipos:</i>	<i>9</i>
	<i>Metodología:.....</i>	<i>9</i>
7.2.	RESULTADOS ANÁLISIS.....	10
7.3.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	10
	<i>Preparación de envases y almacenamiento:.....</i>	<i>10</i>
	<i>Toma de muestras:.....</i>	<i>11</i>
	<i>Materiales y equipos:</i>	<i>11</i>
	<i>Metodología:.....</i>	<i>11</i>
7.4.	RESULTADOS ANÁLISIS.....	12
8.	CONCLUSIONES	13
8.1.	VISITA DE TERRENO.....	13
8.2.	RESULTADOS ANÁLISIS.....	13
9.	RECOMENDACIONES.....	14
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	14
11.	AGRADECIMIENTOS	15
12.	APÉNDICE 1: FICHAS DE MUESTREO	16
13.	APÉNDICE 2: REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA EVALUACION DE AGUAS EN LA VI REGION... 20	

1. INTRODUCCIÓN

Tras el terremoto acontecido la madrugada del 27 de febrero de 2010 se vieron interrumpidos los servicios básicos como son salud, energía eléctrica y abastecimiento de agua potable. Ante estos eventos surgió la necesidad de evaluar uno de los servicios básicos más importantes, el agua potable, la cual estuvo sujeta a problemas de corte de suministro, provocados por (i) el corte de energía eléctrica, o (ii) volcamiento de los estanques de regulación de caudal. Para ello, un grupo de alumnos de la Universidad de Chile realizó una visita a diferentes comunas de la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, los días 14 y 15 de marzo de 2010, con la finalidad de prestar asistencia a la comunidad en relación a la calidad y suministro de las aguas. Las comunas visitadas fueron Machalí, Coltauco, Las Cabras, Coinco, Malloa, Doñihue, Peralillo y Santa Cruz (Figura 1).

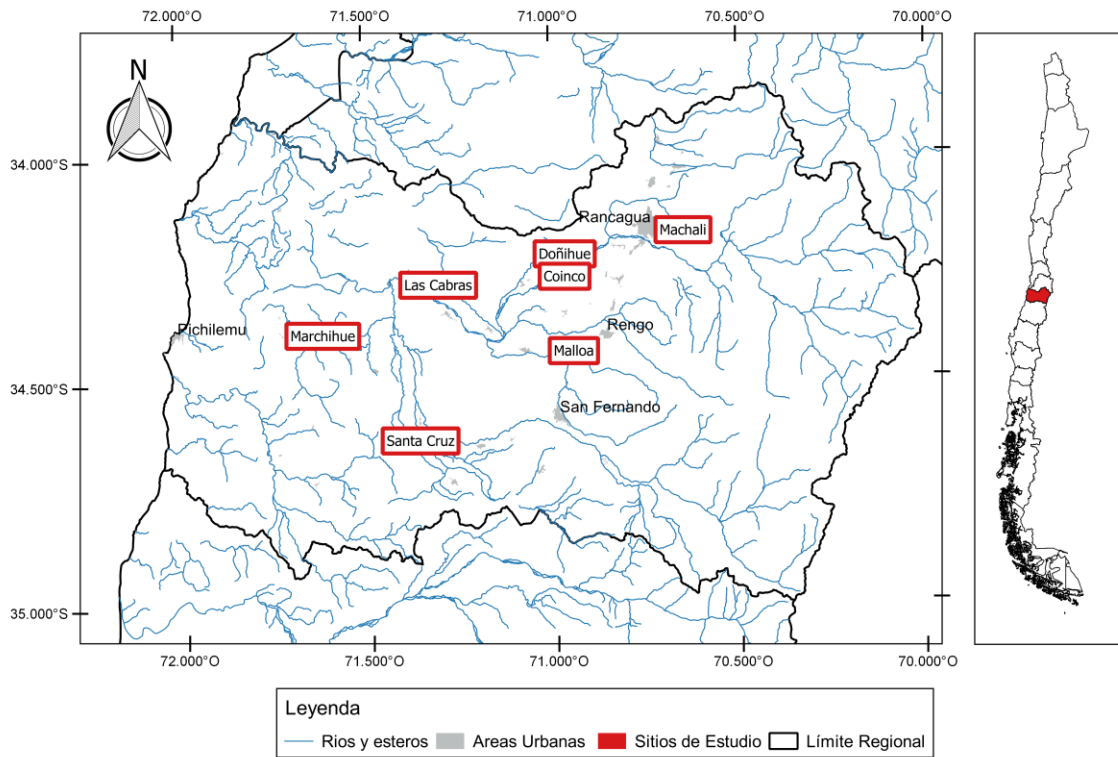


Figura 1. Comunas visitadas en la VI región del Libertador Bernardo O'Higgins (cuadros de color rojo).

Durante la visita a la zona afectada, se realizaron diferentes actividades en torno a la recolección de información respecto de los problemas de agua durante los días inmediatamente posteriores al terremoto. Las actividades incluyeron:

- entrevistas con alcaldes o funcionarios de la municipalidad;
- entrevistas a lugareños;
- visita de asociaciones de Agua Potable Rural (APR);
- inspección de fuentes de agua empleadas durante la emergencia, tales como norias, pozos y vertientes.

Las diferentes actividades aportaron con variada información en torno a los problemas existentes el día 14 y 15 de marzo, los que se centraron en la disponibilidad limitada de agua para los habitantes, sujeta a una calidad desconocida por falta de fiscalización de parte de las autoridades pertinentes (Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS). En algunos casos la variabilidad natural de las fuentes fue alterada en su régimen normal, vale decir, cambio en el volumen normal de agua de vertientes y pozos, las que aún no estaban reestablecidas respecto de su condición habitual.

En términos generales, durante los días post-terremoto la asistencia de bomberos y otros organismos permitieron la distribución del vital elemento mediante camiones aljibes con aguas provenientes de fuentes alternativas. Afortunadamente, en la mayoría de las comunas visitadas, durante la visita realizada se encontró un servicio reestablecido de agua para consumo pese a que su calidad era desconocida. Desafortunadamente, durante la inspección todavía existían localidades apartadas o sin organización APR que no contaban con el suministro y se veían obligadas a consumir agua de vertientes o norias en desuso.

Visto lo anterior, se determinó como tarea principal el muestro de aguas desde el punto de vista microbiológico y físico-químico en aquellas fuentes empleadas producto de esta emergencia (pozos, vertientes y norias), con el objetivo de chequear la calidad para consumo; y mediante los resultados generar recomendaciones enfocadas a la prevención y orientación acerca del consumo del agua de parte de las comunidades y el cuidado de las fuentes ante emergencias futuras.

Durante la campaña del 14 y 15 de marzo de 2010 se recolectaron 7 muestras de agua provenientes de distintas localidades y tipo de fuente (norias, pozos y vertientes).

2. OBJETIVOS

- Realizar catastros *in situ* enfocados a obtener información de la condición de suministro y calidad de agua en distintas comunas de la VI región.
- Obtener muestras de agua para análisis de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos.
- Entregar recomendaciones acerca del empleo de las aguas ante emergencia, así como también acerca del cuidado de las fuentes de agua.

3. EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo estuvo compuesto por las siguientes personas:

- Ariel Valdés B., estudiante de Biología Ambiental, Universidad de Chile.
- Nicolás Inostroza C., Licenciado en Ciencias Ambientales, mención en Química, Universidad de Chile.
- Mauricio Cartes V., Ingeniero Civil Hidráulico, M.Sc., Universidad de Chile.
- Paola Muñoz S., estudiante de Biología Ambiental, Universidad de Chile.
- Carlos Pérez B., estudiante de Química Ambiental, Universidad de Chile.

4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA SU USO DOMÉSTICO

Según la OMS (2003), el agua no debe presentar sabores u olores que pudieran resultar desagradables; una alteración en estas propiedades organolépticas puede señalar cambios en la calidad química, física y microbiológica del agua.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile señala que el agua potable debe cumplir con los requisitos físicos, químicos, bacteriológicos y radioactivos prescritos en la norma NCh 409/1, que aseguran que sea apta para el consumo humano y no ponga en riesgo la salud de la población.

Los valores críticos de los requisitos evaluados en este trabajo se presentan en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Requisitos organolépticos del agua potable.

Parámetros	Límite máximo
Color verdadero	20 unidades de la escala platino – cobalto
Olor	Inodora
Sabor	Insípida
Turbiedad	2,0 UNT
pH	6,5 < pH < 8,5

Valores según Norma Chilena Oficial NCh 409 Of. 2004 INN.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos del agua potable

Parámetros	Límite máximo
Coliformes totales	≤5/100 mL
<i>E. coli</i>	Ausencia total

Valores según Norma Chilena Oficial NCh 409 Of. 2004 INN.

Las propiedades organolépticas son aquellas que se perciben por los sentidos, algunas de ellas son: color, olor y sabor. El mejor modo de controlar los sabores y olores causados por desinfectantes y por los subproductos de desinfección (SPD), tales como el cloro, es mediante un ajuste cuidadoso del proceso de desinfección. En principio, se pueden eliminar con carbón activado.

Entre las técnicas empleadas para eliminar el sulfuro de hidrógeno se encuentran la aireación, el tratamiento con carbón activado granular, la filtración y la oxidación. El amoníaco puede eliminarse mediante la nitrificación biológica. La dureza del agua se puede reducir (ablandamiento) mediante precipitación o mediante intercambio de cationes. Otras sustancias inorgánicas causantes de sabor y olor (por ejemplo, el cloruro y el sulfato) generalmente no se pueden eliminar.

La cloración del agua potable reduce los gustos y olores. El cloro oxida muchas sustancias que se presentan naturalmente, como secreciones de algas malolientes y olores de vegetación en putrefacción, lo que da como resultado agua potable sin olor y sabor.

Respecto a los requisitos microbiológicos el agua potable la OMS señala que el objetivo para todos los sistemas de abastecimiento de agua es que el recuento de *E. coli* por 100 ml de agua sea nulo y este debería ser el objetivo principal incluso en situaciones de emergencia.

5. SUMINISTRO DE AGUA EN CASOS DE EMERGENCIA

Según la OMS (2003), la seguridad del agua de consumo es uno de los problemas de salud pública más importantes en la mayoría de las situaciones de emergencia y catástrofes. El mayor riesgo para la salud derivado del agua en la mayoría de las situaciones de emergencia es la transmisión de agentes patógenos fecales, debido a condiciones inadecuadas de saneamiento, higiene y protección de las fuentes de agua.

También se señala que la calidad del agua de consumo en zonas urbanas pelagra particularmente tras producirse terremotos, aludes de barro y otras catástrofes que producen daños estructurales. Pueden resultar dañadas las instalaciones de tratamiento del agua, ocasionando la distribución de agua no tratada o parcialmente tratada, y pueden romperse tuberías de alcantarillado y de conducción de agua, ocasionando la contaminación del agua de consumo en el sistema de distribución. Además, cuando se agotan las fuentes de abastecimiento normales, la población puede verse forzada a consumir agua de sistemas de abastecimiento no protegidos; al recurrir más personas y animales a un número menor de fuentes de agua, aumenta el riesgo de contaminación.

Bajo estas circunstancias debe controlarse la inocuidad del agua. En las situaciones de emergencia debe desinfectarse el agua de consumo, y debe mantenerse en el sistema una concentración residual suficiente del desinfectante (por ejemplo, de cloro).

Cuando exista preocupación por la calidad del agua de consumo en una situación de emergencia y no pueda abordarse el problema por medio de servicios centrales, deberá evaluarse si es pertinente aplicar tratamientos en los hogares, incluidos, por ejemplo, los siguientes:

- Calentar el agua hasta que hierva vivamente y enfriarla antes de consumirla.
- Añadir una solución de hipoclorito sódico o cálcico, como lejía doméstica, a un balde de agua, mezclar enérgicamente y dejar reposar durante alrededor de 30 minutos antes de consumir el agua. Si el agua está turbia, antes de desinfectarla debe clarificarse, filtrándola, dejando que sedimente, o ambas cosas.
- Agitar vigorosamente volúmenes pequeños de agua en un recipiente limpio y transparente, como una botella de refresco, durante 20 segundos y exponer el recipiente al sol durante al menos 6 horas.
- Aplicar productos para la desinfección del agua, en forma de comprimidos o mediante otras formas de dosificación, con o sin clarificación por floculación o filtración.
- Usar unidades y dispositivos para el tratamiento sobre el terreno del agua en el lugar de consumo.

Los procesos de descontaminación de emergencia pueden no lograr siempre el nivel de desinfección recomendado para condiciones óptimas, particularmente en lo que concierne a agentes patógenos resistentes. No obstante, la aplicación de procedimientos de emergencia puede reducir las concentraciones de agentes patógenos en el agua hasta niveles a los que el riesgo de transmisión de enfermedades por el agua esté, en gran medida, controlado.

6. PROBLEMAS EN EL SUMINISTRO Y CALIDAD DEL AGUA CAUSADOS POR EL TERREMOTO EN DIFERENTES COMUNAS DE LA VI REGIÓN.

Los problemas en el suministro de agua tras el terremoto se produjeron, principalmente, por los cortes de energía eléctrica que permiten a las bombas abastecer a distintas comunidades. En otros casos las bombas se deterioraron producto del movimiento, lo que sólo se solucionaría reponiendo la pieza deteriorada o comprando una nueva bomba.

Respecto a la calidad de las aguas, sólo en casos donde la población está consumiendo agua de pozo o norias, podría existir una calidad no óptima para el consumo. Para determinar la calidad de agua es necesario analizar los parámetros descritos en la NCh 409 [2].

6.1. COMUNA DE MACHALI

La comuna de Machalí se localiza en el extremo central-oeste de la Provincia del Cachapoal, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Limita al norte con la comuna de Codegua y la Región Metropolitana; al Sur con las comunas de Rengo, Requínoa y San Fernando; al este con la República Argentina y al oeste con la comuna de Rancagua.

Consta con una población de 28.628 habitantes (INE 2002), se distribuyen en: zona rural 1.776 personas (6,2%); zona urbana 26.852 (93,8%). De acuerdo al censo 2002 se presenta un crecimiento positivo de 1.71%.

La principal actividad económica la constituye el sector comercial, que ocupa el 47,3%; en segundo lugar, actividades no especificadas con 30,79% y en tercer lugar las actividades de agricultura, silvicultura y pesca, con un 8,5%. Finalmente servicios con 8,9%.

6.2. COMUNA DE COLTAUCO

Pertenece a la Provincia del Cachapoal. Presenta una superficie de 225 km² y una población de 17.121 habitantes (INE 2002), de ella un 34,34% pertenece a la población rural y el 65,66% restante a la población urbana. Su actividad económica es mayoritariamente agrícola y la exportación frutícola.

6.3. COMUNA DE LAS CABRAS

Comuna perteneciente a la Provincia del Cachapoal, donde se encuentra el Lago Rapel. Dentro de sus localidades se encuentra el Manzano, Las Palmas de Cocalán, Santa Inés, Llallauquén, Los Quillalles, Las Balsas, El estero entre otras. Presenta una superficie de 749 km² y una población de 20.242 habitantes (INE 2002).

Zona de actividad turística y agrícola basada en la exportación de la uva, la producción del maíz de grano y siembra de papas.

6.4. COMUNA DE COINCO

Pertenece a la Provincia del Cachapoal. Presenta una superficie de 98 km² y una población de 6.385 habitantes (INE 2002), de ella un 29,75% pertenece a la población rural y el 70,25% restante a la población urbana. Su actividad económica es mayoritariamente agrícola.

6.5. COMUNA DE MALLOA

Pertenece a la provincia del Cachapoal. Se ubica en el límite con la Provincia de Colchagua, distante a 38 km de Santiago de Chile. Limita al norte con Quinta de Tilcoco, al noreste con Rengo, al Sureste con San Fernando y al Suroeste con San Vicente de Tagua Tagua. Presenta una superficie de 113 km². Presenta una población de 15.064 habitantes (INE 2002).

6.6. COMUNA DE DOÑIHUE

Pertenece a la Provincia del Cachapoal. Presenta una superficie de 78 km² y una población de 15.590 habitantes (INE 2002). Sus actividades son agrofrutícolas. Una minoría se dedica a actividades artesanales como mimbre, alfarería, cantería, totora. Se destaca la Chamantería, tradición artesanal de la zona, que se basa en una técnica de tejido.

6.7. COMUNA DE PERALILLO

Pertenece a la provincia del Cachapoal. Limita al norte con Pichidegua, al sur con Pumanque y Santa Cruz, al este con Palmilla y al oeste con Marchihue. Presenta una superficie de 282,61 km². Presenta una población de 9.729 habitantes (INE 2002), donde un 39,54% corresponde a población rural y el 60,46% a la población urbana.

6.8. COMUNA DE SANTA CRUZ

Pertenece a la provincia del Cachapoal. Presenta una superficie de 419,54 km². Presenta una población de 38.387 habitantes (INE 2002), donde un 42,56% corresponde a población rural y el 57,44% a la población urbana. Clima mediterráneo, cálido en verano y frío y muchas precipitaciones en invierno.

En el caso particular de Santa Cruz cedió la estructura que sostiene las copas de agua, por lo que el problema tendrá una solución más tardía.

7. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOCALIDADES AFECTADAS

Entre las comunas visitadas se detectaron 3 con problemas potenciales de suministro y/o calidad de aguas, estas fueron Las Cabras, Doñihue y Santa Cruz. En estas comunas se identificaron aquellas fuentes de agua que pudiesen presentar conflicto en cuanto a calidad para agua potable desde el punto de vista normativo. Para ello se luego se recolectaron muestras de agua para posteriormente realizar análisis de calidad bacteriológico y físico-químico. En la Tabla 3 se indican la procedencia de las aguas y las muestras obtenidas para el análisis respectivo. Para ver más detalles de la recolección de muestras revisar el Apéndice 1 y Apéndice 2.

Tabla 3. Tipo de agua, ubicación muestras y análisis realizado

Procedencia muestra	Nombre	Comuna	Muestras Análisis Bacteriológico	Muestra Análisis Físico-Químico
Agua de noria, casa particular, Las Cabras	Las Cabras	Las Cabras	IA, IB	1
Agua de vertiente entubada, medialuna de El Manzano	El Manzano	Las Cabras	IIA, IIB	2
Agua de vertiente, de cerros, Idalhue, población El Chivato	El Chivato	Doñihue	IIIA, IIIB	3
Agua de noria	Salto de Agua	Santa Cruz	VA, VB	4
Agua superficial, quebrada Yaqui	Queb. Yaqui	Santa Cruz	VIA, VIB	5
Agua de noria	La Soledad I	Santa Cruz	VIIA, VIIB	6
Agua de noria	La Soledad II	Santa Cruz	VIIIA, VIIB	7

7.1. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Preparación de envases:

Se utilizaron envases de vidrio de 250 mL. y se prepararon las cintas con el medio de cultivo en el laboratorio, para posteriormente ser esterilizados. Las botellas utilizadas para verificar la presencia de coliformes, poseían la cinta de papel en el interior, y se encontraban graduadas hasta 100 mL.

Toma de muestras:

Las muestras fueron tomadas el lunes 15 de marzo de 2010 en 7 distintos puntos de la VI Región. Para escoger los puntos de muestreo se evaluó la posibilidad que el agua fuera utilizada para consumo sin tratamiento luego de eventos donde el suministro se viera disminuido.

Materiales y equipos:

- Botellas de vidrio de 250 mL.
- Jarro plástico
- Guantes
- Mascarillas
- Nevera
- Hielo

Metodología:

Para la determinar la presencia de coliformes y, en particular, de *Escherichia coli* se utilizó el método de determinación de la calidad del agua por H_2S .¹ Esta metodología es del tipo cualitativa, es decir, permite identificar la presencia/ausencia de coliformes totales y coliformes fecales en

¹ Según Norma Chilena Oficial NCh.2756 Of.2002: "Calidad del Agua – Determinación de la calidad bacteriológica del agua potable rural mediante el ensayo de H_2S ."

una muestra de agua. El ensayo del hidrógeno sulfurado o sulfuro de hidrógeno (H₂S) es uno de los métodos más sencillos para evaluar la calidad bacteriológica del agua.

Este ensayo consiste en la determinación bacterias productoras de H₂S, cuya detección se asocia a la presencia de contaminación bacteriana de origen intestinal, que incluye las bacterias del grupo coliforme. El método se basa en la capacidad de bacterias entéricas como *Salmonella*, *Arizona*, *Proteus*, *Edwardsiella* y de algunos géneros/especies del grupo coliforme como *Citrobacter*, *Klebsiella*, *E. coli*, de producir H₂S. Usando un medio de cultivo con tiosulfato como fuente de sulfuro y citrato férrico amoniacal como indicador, es posible detectar la presencia de estas bacterias a través de la producción de un precipitado negro de sulfuro ferroso. Todas las bacterias productoras de H₂S dan una reacción positiva.

7.2. RESULTADOS ANÁLISIS

Una vez recolectadas las muestras se procedió a su análisis en laboratorio para la identificación de las diferentes bacterias del grupo coliforme. Los resultados se muestran en la Tabla 4, e indican los análisis efectuados en terreno y en laboratorio. Los ensayos Lauril, EC y Mug indican la presencia de coliformes totales; la Bilis verde brillante indica la presencia de *E. Coli* a través del ensayo de fluorescencia y los ensayos de ácido sulfhídrico (H₂S) dan cuenta de la presencia de bacterias en terreno y posteriormente incubadas en laboratorio. Los resultados positivos (+) indican presencia de microorganismos mientras que los negativos (-) indican su ausencia. En resumen, en la mayoría de las muestras se aprecia la presencia de Coliformes totales y *E. Coli*.

Tabla 4. Resultados muestreo calidad.

Nombre	Muestra	Lauril	Bilis verde brillante	EC	Mug	H ₂ S terreno	H ₂ S Laboratorio
Las Cabras	I A	+	+	+	-	+	+
Las Cabras	I B	+	+	+	-	-	+
El Manzano	II A	+	+	-	-	-	+
El Manzano	II B	+	+	+	+	-	+
El Chivato	III A	+	+	+	-	-	+
El Chivato	III B	+	+	+	-	-	+
Salto de Agua	V A	+	+	+	+	-	+
Salto de Agua	V B	+	+	+	+	-	+
Queb. Yaqui	VI A	+	+	+	+	-	+
Queb. Yaqui	VI B	+	+	+	+	-	+
La Soledad I	VII A	+	+	+	+	-	+
La Soledad I	VII B	+	+	+	+	-	+
La Soledad II	VIII A	+	+	+	+	-	+
La Soledad II	VIII B	+	+	+	-	-	+

Obs.: El análisis fue realizado en el laboratorio de Calidad de Aguas, del Departamento Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

7.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Preparación de envases y almacenamiento:

Se utilizó envases plásticos boca ancha de 1 litro previamente lavados². Las muestras fueron almacenadas en frío (4 °C) para su traslado al laboratorio, donde también se mantuvieron en frío.

Toma de muestras:

Las muestras fueron tomadas el día lunes 15 de marzo de 2010 en 7 distintos puntos de la VI región. Para escoger los puntos de muestreo se evaluó la posibilidad que el agua fuera utilizada para consumo sin tratamiento luego de eventos donde el suministro se viera disminuido.

Materiales y equipos:

Los materiales utilizados fueron:

- Botellas plásticas de 1 litro
- Nevera
- Hielo
- Mascarillas
- Agua destilada
- Filtros, tamaño de poro 0.45 µm.
- Guantes

Los equipos utilizados fueron:

- Sensor de Conductividad Delta OHM HD 9213
- Aparato Buchner de filtración al vacío
- Bomba de vacío

Metodología:

La conductividad es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Se mide introduciendo el conductímetro en la muestra hasta que se estabilice el valor. Se mide en unidades de µS/cm (microsiemens por centímetro) e indica la presencia de sales disueltas en solución.

Las muestras fueron tomadas suponiendo que pudieran existir iones en solución que en concentraciones elevadas produjeran algún efecto adverso en la salud de la población o en otros usos del agua. Así, en terreno se determinó la conductividad utilizando un equipo portátil, por su parte, la dureza del agua fue obtenida en el laboratorio mediante titulación con EDTA (ácido etilendiamino-tetracético) luego de llevar la solución a pH 10 y agregar el indicador negro de eriocromo T, que varía de color púrpura a azul.

La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Se expresa como cantidad equivalente de carbonato cálcico. En función del pH y de la alcalinidad, una dureza del agua por encima de 200 mg/l aproximadamente puede provocar la formación de incrustaciones, sobre todo en las calefacciones. Las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías.

Los análisis de dureza fueron realizados en el Laboratorio de Limnología, calidad de agua. Facultad de Ciencias. Técnico: Vilma Barrera.

² Según STANDARD METHODS for the EXAMINATION of WATER and WASTEWATER

7.4. RESULTADOS ANÁLISIS

Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados muestreo Físicoquímico.

Nombre	N° Muestra	Conductividad (µS/cm)	Dureza (mg/l)	pH*
Las Cabras	1	540,0	380,00	6,75
El Manzano	2	-	210,00	6,7
El Chivato	3	-	100,00	7,05
Salto de Agua	4	179,9	111,00	7,45
Queb. Yaqui	5	91,2	50,00	6,9
La Soledad I	6	163,9	90,00	6,8
La Soledad II	7	122,0	66,25	7,25

* Promedios de pH obtenidos en laboratorio

En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. En orden descendente, para los valores obtenidos, se observa dicha relación en la Tabla 6

Tabla 6. Resultados en orden descendente del muestreo Físicoquímico.

N° Muestra	Conductividad (µS/cm)	Dureza (mg/l)
1	540,0	380,00
4	179,9	111,00
6	163,9	90,00
7	122,0	66,25
5	91,2	50,00

De los valores de dureza encontrados, en las muestras N° 1 y 2 se puede observar un agua dura y moderadamente dura, respectivamente; mientras que en las demás las aguas pueden ser clasificadas como blandas.

El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo de la sensibilidad de las personas, la cual puede llegar en algunos casos a tolerar durezas mayores de 500mg/l. Sin embargo, la "Guía para la calidad de agua potable" de la OMS indica que los niveles en el agua de consumo no son peligrosos para la salud³.

³ Según Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable OMS, 2003: *HARDNESS IN DRINKING-WATER*

8. CONCLUSIONES

8.1. VISITA DE TERRENO

En las comunidades visitadas, el empleo del agua para la bebida está asociado a características propias del vital elemento como son: ser un agua cristalina, sin sabor ni olor. Desafortunadamente, el empleo del cloro no representa una necesidad para la población, lo cual se asocia a la experiencia que poseen los lugareños en torno al agua que históricamente han empleado, desde vertientes y norias, y que no les ha causado problemas de salud.

Durante los días posteriores al terremoto, el origen de las aguas desde fuentes alternativas no generó problemas en la población, asociados a focos de infección del tipo bacteriológico. Se pueden plantear diferentes hipótesis al respecto, en las que las condiciones naturales presentan inmejorables condiciones para la filtración del agua desde los acuíferos y bajas tasas de infiltración desde la superficie a la napa subterránea. Sin embargo, no se puede descartar alguna contaminación por pesticidas o metales, producto de la actividad agropecuaria y minera respectivamente, los cuales generarían problemas si el consumo se prolongara por años.

8.2. RESULTADOS ANÁLISIS

Las muestras recolectadas se pueden clasificar según agua de consumo permanente (Las Cabras – El Chivato – Salto de agua – Quebrada Yaqui), agua de consumo en casos de emergencias (El Manzano – La Soledad II) y aguas de no consumo (La Soledad I). En relación a los análisis microbiológicos, en el agua de consumo permanente se observan resultados positivos para *E. coli* en Salto de agua y Quebrada Yaqui; mientras que para Las Cabras y El Chivato los resultados son negativos.

En los dos casos del agua de consumo en caso de emergencia, los resultados no indican claramente la presencia o ausencia de *E. coli*. En cualquier caso, el análisis de parámetros bacteriológicos sólo puede asociarse a la muestra puntual y no representa una cualidad permanente de las aguas.

Los resultados obtenidos para conductividad y dureza del agua se condicen con la teoría: existe una relación directa entre la conductividad eléctrica y la presencia de sólidos en solución (dureza). Para dureza, la muestra N°1 se puede clasificar como agua dura (sujeta a problemas de incrustaciones de carbonatos de calcio, comúnmente llamado sarro), la muestra N°2 como moderadamente dura y las demás muestras como blandas.

A pesar que los resultados muestran condiciones preocupantes desde el punto de vista bacteriológico, debido a la presencia de microorganismos, la población no ha mostrado algún problema producto de la bebida de aguas de las diferentes fuentes visitadas. Entre las explicaciones posibles, no se descarta la reacción que genera el cuerpo humano frente a situaciones de emergencia, las que se asocian con la mayor generación de anticuerpos producto de la sensación de vulnerabilidad al medio.

9. RECOMENDACIONES

Como recomendación general se tiene que el cuidado de las fuentes y la educación de la población en torno a la calidad de las aguas, deben ser prioridad para las entidades administrativas del país.

Ante la vulnerabilidad que posee el territorio chileno producto de fenómenos naturales con efectos de desastre, se debe procurar que existan fuentes alternativas de agua que sirvan de suministro con adecuada calidad para consumo por períodos breves. Es así como cada administración de agua potable, urbano o rural, debe contar con un conjunto de alternativas, sujeto al territorio que abastezca. Así, en la costa existirá un mayor grado de vulnerabilidad producto de maremotos, comparado con el valle. En las organizaciones de Agua Potable Rural (APR) bastará con el monitoreo de vertientes que pudiesen servir ante emergencias.

La educación de la población en torno al cuidado del agua y su calidad debe ser un tema frecuente, amparado por las entidades sanitarias. La propagación de enfermedades a través del agua en estas situaciones de emergencia es un peligro latente.

En relación a los resultados obtenidos, por tratarse de aguas de consumo permanente, en Salto de Agua y Quebrada Yaque se recomienda hervir el agua 3 minutos y tratarla con dosis controladas de cloro (10 gotas/L), previo al consumo. Mismas recomendaciones para El Manzano y La Soledad II, en caso de ser utilizadas para consumo. En el caso de Las Cabras y El Chivato, a pesar de no presentar resultados positivos para *E. coli*, se recomienda mantener bajo observación analizando parámetros bacteriológicos.

El monitoreo continuo permitirá evaluar con mayor certeza la calidad del agua, soslayando dudas respecto a una contaminación particular o permanente de carácter difuso.

10. BIBLIOGRAFÍA

[1] American Public Health Association (APHA), 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Edition. APHA – Washington DC.

[2] Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Chile, 1984. NORMAS OFICIALES PARA LA CALIDAD DEL AGUA CHILE

[3] Organización Mundial de la Salud (OMS), 2003. *HARDNESS IN DRINKING-WATER*. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/6).

[4] Instituto Nacional de Estadística de Chile (INE), 2002, Censos de población 2002. Disponibles en URL: <http://www.ine.cl/> (Visitado en marzo de 2009).

[5] Instituto Nacional de Normalización (INN). Norma Chilena 409 / 1. Of. 2004. Agua potable - Parte 1: Requisitos. Instituto Nacional de Normalización. Santiago. Chile.

[6] Instituto Nacional de Normalización (INN). Norma Chilena 2756. Of. 2002. "Calidad del Agua – Determinación de la calidad bacteriológica del agua potable rural mediante el ensayo de H₂S. Instituto Nacional de Normalización. Santiago. Chile.

11. AGRADECIMIENTOS

A compañeros que acompañaron el viaje y ofrecieron su tiempo y esfuerzo: Alondra Rojas H., estudiante de Terapia Ocupacional; Sebastián Iñiguez R., estudiante de Medicina; Franco Perona J., estudiante de Biología Ambiental; Erick Alvarado, estudiante de Biotecnología.

A los profesores, que ofrecieron su conocimiento, equipos y tiempo para colaborar con esta iniciativa: María Inés Toral P., Laboratorio de Química Analítica, Facultad de Ciencias de la U. de Chile; Irma Vila P., Laboratorio de Limnología, Facultad de Ciencias de la U. de Chile; Vilma Barrera, Laboratorio de Limnología, Facultad de Ciencias de la U. de Chile; Patricio Jara, Laboratorio de Luminiscencia, Facultad de Ciencias de la U. de Chile; Víctor Cifuentes G., Vicedecano de la Facultad de Ciencia de la U. de Chile; Gabriela Castillo M., Laboratorio de Calidad de Aguas, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile; Viviana Lorca M., Laboratorio de Calidad de Aguas, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile.

12. APÉNDICE 1: FICHAS DE MUESTREO

Fichas de muestreo:

1.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 11:25h

Lugar del muestreo: Comuna de Las Cabras

Observaciones del lugar: Poso de casa particular, el agua se extrae gracias a una bomba.

Nublado _____

Despejado X

Soleado X

Temperatura ambiente estimada: $\pm 18^{\circ}\text{C}$

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: I-A/B

Número o código de la muestra: 1

Tipo de muestra: Agua de pozo

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: a $T^{\circ} < 4^{\circ}\text{C}$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: NO

Aspecto general: La muestra fue tomada directamente de una llave que la extrae de un pozo. No se observó la presencia de sólidos ni alguna alteración especial. Al hervir el agua para consumo presenta unos residuos amarillos. Su uso para consumo es en casos de emergencia.

2.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 13:32h

Lugar del muestreo: Localidad El Manzano, comuna de Las Cabras.

Observaciones del lugar: Agua estancada, su protección contra los animales es de un tubo de PVC y un neumático. Cercano a media luna por ende beben de ella animales de granja. Presencia de varios insectos.

Nublado _____

Despejado X

Soleado X

Temperatura ambiente estimada: $\pm 30^{\circ}\text{C}$

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: II-A/B

Número o código de la muestra: 2

Tipo de muestra: Agua de noria

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: Pequeñas partículas.

Aspecto general: Agua de vertiente sin mantención, ni cuidados. Esta fuente abastece un 70% de la localidad en caso de emergencia. Su distribución es a través de camión cisterna o de bomberos.

3.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 14:58h

Lugar del muestreo: Idahuillo, población el Chivato. Comuna de Doñihue

Observaciones del lugar: Casa particular ubicada en zona rural, agua de vertiente.

Nublado _____

Despejado X

Soleado X

Temperatura ambiente estimada: $\pm 30^{\circ}C$

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: III-A/B

Número o código de la muestra: 3

Tipo de muestra: Agua vertiente

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: Pequeñas partículas de suelo.

Aspecto general: Esta agua abastece el consumo constante de 14 familias en la zona, su presión es muy baja y es por gravedad. No se clora.

4.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 18:15h

Lugar del muestreo: Salto de agua Santa Cruz

Observaciones del lugar: Noria de 7 metros de profundidad

Nublado _____

Despejado X

Soleado X

Temperatura ambiente estimada: $\pm 30^{\circ}C$

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: IV-A/B

Número o código de la muestra: 3

Tipo de muestra: Agua de noria de aproximadamente 14 metros de profundidad

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: No

Aspecto general: Agua no se clora habitualmente y se usa para consumo.

5.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 19:10 h

Lugar del muestreo: Quebrada de Yaqui, comuna de Santa Cruz

Observaciones del lugar: el agua se acumula en una piscina mediante mangueras que vienen de una quebrada.

Nublado _____

Despejado X

Soleado _____

Temperatura ambiente estimada: \pm °C

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: 5

Número o código de la muestra: VI-A/B

Tipo de muestra: Agua de vertiente

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: SI, sólidos en suspensión

Aspecto general: Se aprecia la presencia de microorganismos. La muestra fue tomada directamente desde la quebrada, no en la piscina donde se acumula.

6.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 20:00 h

Lugar del muestreo: Rincón La Soledad, Isla Yaqui, comuna de Santa Cruz

Observaciones del lugar: Agua se encuentra a poca profundidad (50 cm.)

Nublado _____

Despejado X

Soleado _____

Temperatura ambiente estimada: \pm °C

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: 6

Número o código de la muestra: VII-A/B

Tipo de muestra: Agua de noria

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: café

Olor: NO

Presencia de sólidos: SI

Aspecto general: Agua tomada de una noria que no se usa para consumo, se aprecia un color café y material sólido suspendido.

7.- Fecha de muestreo: 15/03/2010

Hora del muestreo: 20:34 h

Lugar del muestreo: Rincón La Soledad, Isla Yaqui, comuna de Santa Cruz

Observaciones del lugar: noria desde donde se saca agua para consumo de 3 familias.

Nublado _____

Despejado X

Soleado _____

Temperatura ambiente estimada: \pm °C

Informaciones de la muestra:

Número o código del envase: 7

Número o código de la muestra: VIII-A/B

Tipo de muestra: Agua de noria

Tipo de muestreo: Puntual

Tipo/tamaño del envase: Plástico, 1 L

Preservante: $T^{\circ} < 4^{\circ}C$

Análisis requerido: Dureza

Características del agua en el sitio de muestreo:

Color: NO

Olor: NO

Presencia de sólidos: NO

Aspecto general: Agua se usa para consumo, no se clora.

13. APÉNDICE 2: REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA EVALUACION DE AGUAS EN LA VI REGION



Figura 2: Entrevista con habitantes y funcionarios de la Municipalidad de Coltauco



Figura 3: Entrevista con funcionarios de la Municipalidad de Santa Cruz



Figura 4. Muestreo de aguas y entrevista con habitantes de Santa Cruz



Figura 5. Copa de agua destruida por efecto del terremoto en la comunidad de El Manzano, comuna de Las Cabras



Figura 6. Muestreo de aguas en la comunidad de El Manzano, comuna de Las Cabras



Figura 7. Muestreo de aguas en la comunidad de Chivato, comuna de Doñihue.