



**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL-DICA-  
MONITOREO DE LA SALUBRIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
INFORME 2015**

Responsables: Cristina Martínez Rendón (*Técnico en Calidad de Agua*), Elsa María Reyes (*Jefe de Investigación y Calidad Ambiental*). Noviembre 2015.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En Guatemala existen diversas normativas sanitarias para la gestión, purificación, servicios de abastecimiento, vigilancia y control de calidad del agua para consumo humano. Entre estas normativas se encuentra el “Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano”, el cual regula la gestión del agua potable y los sistemas de abastecimiento. Este se apoya en los estándares de calidad que debe cumplir el agua para consumo humano, establecidos en la norma COGUANOR NGO 29001. Dicha norma, a su vez, indica los límites máximos aceptables y máximos permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites bacteriológicos, así como los límites del cloro residual en el agua y los métodos de análisis bacteriológico a utilizarse.

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA-, de la AMSCLAE, realiza desde el 2012 un monitoreo de salubridad, en el cual se evalúan parámetros de calidad microbiológica del agua para consumo humano. Durante el 2015 se evaluaron tomas de agua para potabilización en las cabeceras municipales de San Lucas Tolimán, San Pedro La Laguna y Santiago Atitlán, municipios que utilizan única o mayoritariamente el agua del lago para abastecer a sus pobladores. También se evaluaron tomas de agua en los cantones La Cumbre y Paguacal, (aldea Cerro de Oro), y las aldeas Chukmuk y San Antonio Chacayá, pertenecientes a Santiago Atitlán.

Así mismo se monitoreó la calidad del agua de las fuentes de agua (nacimientos, pozos) más importantes que abastecen a las cabeceras municipales y a aldeas de Sololá, Concepción, San José Chacayá, Panajachel, San Andrés Semetabaj, Santa Cruz La Laguna, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Juan La Laguna, San Pedro La Laguna, San Antonio Palopó, Santa Catarina Palopó y Santa Lucía Utatlán. También se muestrearon diversos componentes de las redes de distribución de agua en cada municipio.

## **II. OBJETIVOS**

Determinar la calidad del agua que es utilizada para consumo humano en la cuenca del lago Atitlán.

- Realizar una vigilancia estacional de la calidad microbiológica del agua, en los puntos donde es bombeada para abastecer a las poblaciones, en nacimientos y demás fuentes de agua de las poblaciones.
- Continuar el monitoreo de las tomas de agua a distintas profundidades e incluir otras tomas de agua para uso humano que se encuentren alrededor del lago.
- Realizar un análisis del agua proveniente de las tomas después de su potabilización, para evaluar la eficacia del tratamiento aplicado, mediante el cumplimiento de la norma COGUANOR 29 001.

- Informar a las municipalidades sobre las características del agua proveniente del lago, de los tanques de distribución y de chorros de agua aleatorios que se encuentren dentro de los sistemas de distribución evaluados, así como de la eficacia de la potabilización en los sistemas.
- Fomentar el trabajo en conjunto con el Departamento de Saneamiento Ambiental de la AMSCLAE, mediante el acompañamiento en muestreos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

En el Cuadro 1 se enlistan los sitios de muestreo en los municipios que extraen agua del lago para consumo humano, siendo estos San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Pedro La Laguna. Se recolectaron muestras en los puntos donde se encuentran las bombas, así como en los tanques colectores (de almacenamiento y distribución). Se hicieron dos muestreos durante la época seca (febrero y abril) y dos durante la época lluviosa (junio y septiembre a noviembre) (DICA/Clima, 2015). Las tomas de las aldeas Chukmuk y San Antonio Chacayá fueron identificadas en octubre, por lo que solamente se realizó un muestreo durante noviembre.

Se recolectaron muestras en los nacimientos más importantes que abastecen a las cabeceras municipales y aldeas de los siguientes municipios: Sololá (Col. María Tecún y San Juan Argueta), Concepción, San José Chacayá, Panajachel (Patanatic), San Andrés Semetabaj, Santa Cruz La Laguna, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Juan La Laguna, San Pedro La Laguna, San Antonio Palopó, Santa Catarina Palopó y Santa Lucía Utatlán. También se muestrearon diversos componentes de las redes de distribución de agua en cada municipio; en estos puntos se realizó un solo muestreo (Cuadro 3). El muestreo se realizó durante abril del 2015, como parte de las actividades de recolección de datos para la formulación del Plan Maestro de Agua Potable y Tratamiento de Aguas Residuales en la Cuenca del lago Atitlán, que impulsa la AMSCLAE.

En las tomas de agua ubicadas dentro del lago, se recolectaron muestras superficiales y muestras a las profundidades de los tubos de succión, utilizando botella de van Dorn. Todas las muestras fueron recolectadas en frascos estériles de 250 ml. En los tanques colectores, las muestras fueron recolectadas a una profundidad aproximada de 20 cm; algunas se tomaron directamente de la fuente de agua del tanque (en el momento en que este estaba siendo llenado). El muestreo de los tanques se realizó tomando las precauciones necesarias para evitar una posible contaminación local del agua, tanto al momento de abrir las tapaderas o compuertas, como en la recolección de la muestra.

Se realizó el análisis de cloro residual *in situ* en los sistemas de abastecimiento de la cabecera municipal de Santa Lucía Utatlán, y en Chukumuk y San Antonio Chacayá, ambas aldeas de Santiago Atitlán.

El transporte de las muestras se realizó en cadena de frío a 10°C aproximadamente. Las muestras fueron procesadas dentro de las primeras seis horas luego de su recolección. Se utilizó la técnica de filtración por membrana, empleando el sistema Petrifilm™ como medio para el aislamiento e identificación de coliformes totales y *E. coli*. La normativa COGUANOR NGO 29 001, establece que en el método de filtración por membrana, se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de *Escherichia coli* (bacterias indicadoras de contaminación fecal) en 100 ml de agua para consumo humano. La ausencia de coliformes se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es apta para el consumo humano.

**Cuadro 1.** Sitios de muestreo de tomas de agua en el lago Atitlán: San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Pedro La Laguna, Sololá. (Fuente: DICA-AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Coordenadas		
		X	Y	
SAN PEDRO LA LAGUNA	Toma de agua Xacal	416274	1625186	
	Tanque Chuasak'man	416945	1623860	
	Tanque Xejulyá	416407	1624044	
	Tanque Tzankuchá	416327	1624542	
	Tanque Paxijk'abal	415764	1624543	
	Nacimiento Chiquiak'ay*	413791	1618582	
SAN LUCAS TOLIMÁN	Toma de agua San Chipó	430826	1619191	
	Toma de agua El Relleno	431178	1618487	
	Tanque La Cipresada	431092	1618101	
	Tanque La Puerta	430339	1619144	
Cabecera municipal	Toma de agua Xechivoy	421125	1618138	
	Tanque Pachichaj	ND	ND	
	Taque Central	421505	1618724	
	Tanque Panul	420950	1617947	
Cerro de Oro	Toma de agua cantón La Cumbre	428471	1622024	
	Toma de agua cantón Paguacal	428181	1621823	
	Tanque Paguacal	428924	1621583	
	Escuela San Chalí	ND	ND	
SANTIAGO ATITLÁN	Toma de agua Chukmuk	422104	1621088	
	Tanque sectores 3 y 4	424180	1620074	
	Tanque sectores 1 y 2	424176	1620129	
	Caja rompepresión Chukumuk III	423888	1620407	
	Chukmuk	Entrada a filtro lento	424176	1620073
	Salida de filtro lento	424177	1620085	
	Caja reunidora de caudal	424171	1620095	
	Grifo escuela Chukumuk III	423604	1620829	
	Grifo centro de capacitación Chukumuk I	422841	1620799	
	San Antonio Chacayá	Toma de agua San Antonio Chacayá	418781	1617670
	Grifo domiciliario, distancia media	418578	1617563	
	Grifo Centro de Salud	418287	1617291	

\* El nacimiento Chiquiak'ay, de San Pedro La Laguna, contribuye con un 2.4% al sistema de abastecimiento municipal (Fuente: DSA – AMSCLAE, 2015).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 2 y 3 se detallan los resultados obtenidos en cada uno de los sitios de muestreo. Las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* son reportadas en unidades formadoras de colonias -UFC- por 100 ml de agua filtrada. Los resultados que se obtuvieron para los municipios que extraen el agua para consumo humano directamente del lago Atitlán (Cuadro 2), indican que los puntos donde se encuentran las bombas de extracción tienen una alta incidencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli*, durante todo el año. Usualmente se encuentran mayores concentraciones de estos microorganismos indicadores durante la época lluviosa, debido al ingreso de agua pluvial que arrastra sedimentos y partículas contaminantes hacia el lago (Pachepsky, 2011). En Santiago Atitlán, San Lucas Tolimán y San Pedro La Laguna se encontraron mayores recuentos de *Escherichia coli* durante la época lluviosa; este microorganismo es el indicador más específico utilizado para determinar la ocurrencia de contaminación fecal reciente en el agua.

De los municipios que bombean agua del lago para el consumo de sus habitantes, se reportó en el 2014 (Informe del monitoreo de la salubridad del agua del lago Atitlán para consumo humano, DICA-AMSCLAE, 2014) que San Lucas Tolimán y Santiago Atitlán (cabecera municipal) habían cumplido con los parámetros de calidad microbiológica de agua potable requeridos por la norma COGUANOR 29001. Durante 2015 se verificó que estos municipios continúan aplicando el tratamiento desinfectante a sus aguas, aunque no todas las muestras que se analizaron de estos sistemas no cumplieron con los parámetros microbiológicos de calidad. Se encontró que el sistema de potabilización de la aldea Chukumuk funcionaba de forma óptima al momento de su evaluación.

Se constató que en las aldeas Cerro de Oro (cantones La Cumbre y Paguacal) y San Antonio Chacayá, pertenecientes a Santiago Atitlán, no se aplican tratamientos desinfectantes en las aguas de consumo humano, por lo tanto era de esperarse que hubiera presencia de coliformes totales y *E. coli* en las muestras de agua. En San Pedro La Laguna se verificó que solo algunos de los tanques de distribución reciben tratamiento desinfectante.

Durante abril de 2015 se realizaron muestreos en las fuentes de agua más importantes que abastecen a los municipios de la cuenca del lago Atitlán, como parte de las actividades de recopilación de datos para la formulación del Plan Maestro de Agua Potable y Tratamiento de Aguas Residuales en la Cuenca del lago Atitlán. Se encontró que una minoría de municipios, como Santa Catarina Palopó y San Juan La Laguna, poseen nacimientos captados cuyas aguas están libres de contaminación fecal. Muchos de los nacimientos analizados presentaron altos recuentos de bacterias coliformes y la presencia, en distintos niveles, de *E. coli*.

Por sus características químicas, físicas y microbiológicas, el agua de los cuerpos hídricos naturales no puede ser considerada apta para su consumo humano, sin antes haber sido sometida a un tratamiento potabilizador. La normativa COGUANOR 29001 se aplica al agua que se distribuye a las poblaciones y reglamenta la calidad que esta ha de tener. Debido a que en muchas poblaciones el agua llega de las fuentes a los domicilios sin antes recibir un tratamiento potabilizador, se hace indispensable el monitoreo de la calidad del agua de las fuentes naturales. Se destaca la necesidad de establecer programas de vigilancia continua a las fuentes y sistemas de abastecimiento en general, así como la importancia de la implementación de tratamientos desinfectantes al agua para consumo humano en aquellos sistemas que no los tengan, debido a la deteriorada calidad de las fuentes de agua del departamento de Sololá.



## Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

**Cuadro 2.** Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml), mediante filtración por membrana; sitios de muestreo de tomas de agua en el lago Atitlán. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Época seca				Época lluviosa				Límites Norma COGUANOR 29 001	
		Feb/2015		Abr/2015		Jun/2015		Sep-Nov/2015		CT	EC
		CT*	EC**	CT	EC	CT	EC	CT	EC		
SANTIAGO ATITLÁN	Toma de agua Xechivoy, superficial	8500	0	2400	50	630	70	690	80	-	-
	Toma de agua Xechivoy, 3 m	MNPC <sup>+</sup>	0	1800	70	255	25	650	100	-	-
	Tanque Pachichaj	-	-	384	226	-	-	-	-	1	0
	Taque Central	-	-	2	2	-	-	-	-	1	0
	Tanque Panul	-	-	4	0	-	-	-	-	1	0
	Toma de agua La Cumbre, superficial	MNPC	0	88	0	40	0	3	0	-	-
	Toma de agua La Cumbre, 3m	MNPC	0	370	0	205	0	46	2	-	-
	Toma de agua Paguacal, superficial	MNPC	2	44	4	61	2	114	45	-	-
	Toma de agua Paguacal, 2 m	MNPC	0	290	0	154	2	MNPC	240	-	-
	Tanque Paguacal	-	-	MNPC	276	-	-	-	-	-	-
Escuela San Chalí	-	-	MNPC	0	-	-	-	-	-	-	
Chukumuk	Toma de agua, superficial	-	-	-	-	-	-	75	0	-	-
	Toma de agua, 11 m	-	-	-	-	-	-	80	0	-	-
	Tanque sectores 3 y 4	-	-	-	-	6	0	-	-	1	0
	Tanque sectores 1 y 2	-	-	-	-	0	0	-	-	1	0
	Caja rompedpresión Chukumuk III	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0
	Entrada a filtro lento	-	-	-	-	-	-	120	0	1	0
	Salida de filtro lento	-	-	-	-	-	-	3	0	1	0
	Caja reunidora de caudal	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0
	Grifo escuela Chukumuk III	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0
	Grifo centro de capacitación Chukumuk I	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0

**Cuadro 2.** Continuación. Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml), mediante filtración por membrana; sitios de muestreo de tomas de agua en el lago Atitlán. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Época seca				Época lluviosa				Límites Norma COGUANOR 29 001	
		Feb/2015		Abr/2015		Jun/2015		Sep-Nov/2015		CT	EC
		CT*	EC**	CT	EC	CT	EC	CT	EC		
San Antonio Chacayá	Toma de agua, superficial	-	-	-	-	-	-	60	5	-	-
	Toma de agua, 3.5 m	-	-	-	-	-	-	48	2	-	-
	Grifo domiciliario	-	-	-	-	-	-	110	0	1	0
	Grifo Centro de Salud (agua del sistema)	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0
	Grifo Centro de Salud (filtro)	-	-	-	-	-	-	55	0	1	0
SAN LUCAS TOLIMÁN	Toma de agua San Chipó, superficial	MNPC	0	460	0	55	0	505	20	-	-
	Toma de agua San Chipó, 10 m	960	0	670	10	150	0	MNPC	12	-	-
	Toma de agua El Relleno, superficial	960	0	150	10	114	36	MNPC	26	-	-
	Toma de agua El Relleno, 5 m	MNPC	10	440	0	286	46	MNPC	36	-	-
	Tanque La Cipresada	-	-	4	0	-	-	-	-	1	0
	Tanque La Puerta	-	-	0	0	-	-	-	-	1	0
SAN PEDRO LA LAGUNA	Toma de agua Xacal, superficial	860	0	210	0	120	0	920	60	-	-
	Toma de agua Xacal, 10 m	1080	0	10	0	75	0	610	30	-	-
	Tanque Chuasak'man	-	-	0	0	-	-	-	-	1	0
	Tanque Xejulyá	-	-	64	0	-	-	-	-	1	0
	Tanque Tzankuchá	-	-	60	2	-	-	-	-	1	0
	Tanque Paxijk'abal	-	-	164	0	-	-	-	-	1	0
	Tanque Xesak'am	-	-	0	0	-	-	-	-	1	0
	Nacimiento Chiquiak'ay	-	-	186	0	-	-	-	-	-	-

\*CT: Coliformes totales UFC/100 ml; \*\*EC: *Escherichia coli* UFC/100 ml

\*MNPC: Colonias bacterianas muy numerosas para realizar un recuento



## Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

**Cuadro 3.** Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml) de los sitios de muestreo en nacimientos dentro de la cuenca del lago Atitlán. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Coordenadas		Fecha de muestreo	Análisis microbiológico		
		X	Y		CT*	EC**	
SOLOLÁ	Cabecera municipal	Nacimiento San Isidro	427504	1634070	08.04.15	60	36
		Nacimiento Los Orozco	427278	1634421	08.04.15	20	0
		Pozo Xolbé	426602	1636065	08.04.15	0	0
	Col. María Tecún	Nacimiento Pixabaj	424684	1642008	08.04.15	4	4
		Nacimiento Chirijixim	422427	1638942	08.04.15	10	0
		Nacimiento Chiventur (Barreneché)	422840	1639627	08.04.15	108	2
	Sn. Juan Argueta	Tanque Ciénaga Sector Tiú	ND	ND	08.04.15	42	6
		Nacimiento Panimajá	418512	1640450	08.04.15	0	0
	PANAJACHEL	Patanatic	Tanque San Luis	433060	1632935	10.04.15	0
Tanque Patanatic			432207	1632520	10.04.15	6	4
Cabecera Municipal		Nacimiento Los Méndez	432959	1632575	10.04.15	0	0
		Nacimiento Panatzajá I	433110	1633293	10.04.15	116	70
		Nacimiento Panatzajá II	433039	1633276	10.04.15	0	0
		Nacimiento Las Quebradas	432351	1632208	10.04.15	336	264
		Nacimiento Pamuch I	432453	1631852	10.04.15	32	12
		Nacimiento Pamuch II	432094	1631819	10.04.15	122	34
SN. ANTONIO PALOPÓ	Nacimiento Chirij Aj - Captación 1	434454	1624640	10.04.15	18	6	
	Nacimiento Chirij Aj - Captación 2	434452	1624645	10.04.15	292	52	
	Nacimiento Chirij Aj - Captación 3	434441	1624640	10.04.15	118	0	
	Nacimiento Chu Tzaq'	434084	1624680	10.04.15	0	0	



**Cuadro 3.** Continuación. Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml) de los sitios de muestreo en nacimientos dentro de la cuenca del lago Atitlán. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Coordenadas		Fecha de muestreo	Análisis microbiológico	
		X	Y		CT*	EC**
STA. CATARINA PALOPÓ	Nacimiento Pacamán 1	433750	1626666	10.04.15	2	0
	Nacimiento Pacamán 2 y 3	433780	1626666	10.04.15	0	0
	Nacimiento Pacamán 6, 7 y 9	433703	1626713	10.04.15	6	0
	Nacimiento Pacamán 10	433767	1626401	10.04.15	0	0
	Nacimiento Xepec 1	433159	1627970	10.04.15	6	0
	Nacimiento Xepec 2	433160	1627966	10.04.15	0	0
	Nacimiento Xepec 3	432791	1627813	10.04.15	2	0
SN. MARCOS LA LAGUNA	Nacimiento Pacamán 4	433749	1626039	10.04.15	2	0
	Nacimiento La Catarata	416576	1630620	13.04.15	MNPC*	32
	Nacimiento Papa, caja reunidora de caudal	416254	1630930	13.04.15	41	0
	Nacimiento Xepapa	416513	1630910	13.04.15	5	0
	Nacimiento Los Ratones	416551	1630840	13.04.15	MNPC*	6
SN. ANDRÉS SEMETABAJ	Nacimiento Xejuyú II	417298	1630450	13.04.15	84	5
	Nacimiento Panasajar 1	433518	1634311	13.04.15	38	0
	Nacimiento Panasajar 3	433496	1634284	13.04.15	240	0
SN. JUAN LA LAGUNA	Nacimiento Panasajar 5	433563	1634254	13.04.15	82	0
	Nacimiento Pakuá	413685	1625748	14.04.15	0	0
	Nacimiento Las Cristalinas	414295	1626167	14.04.15	0	0
	Captación Achocol	ND	ND	14.04.15	MNPC*	24



**Cuadro 3.** Continuación. Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml) de los sitios de muestreo en nacimientos dentro de la cuenca del lago Atitlán. (Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015)

Municipio	Fuente	Coordenadas		Fecha de muestreo	Análisis microbiológico		
		X	Y		CT*	EC**	
CONCEPCIÓN	Nacimiento Chuisolis 2	432646	1636321	14.04.15	14	2	
	Nacimiento Chuisolis 1	432196	1636686	14.04.15	MNPC*	432	
	Nacimiento Chuicomez	430000	1634878	14.04.15	288	120	
SN. JOSÉ CHACAYÁ	Nacimiento Cho'ka	420928	1640234	15.04.15	44	2	
	Tanque de almacenamiento Chocol	421163	1633185	15.04.15	14	0	
	Nacimiento Choul Parromero	421798	1633158	15.04.15	10	0	
SANTA CRUZ LA LAGUNA	Jaibalito	Nacimiento Pasuan Jaibal I	422299	1631003	15.04.15	96	2
		Nacimiento Pasuan Jaibal II	ND	ND	15.04.15	18	2
		Nacimiento Pasuan Jaibal III	422339	1630982	15.04.15	10	0
SAN PABLO LA LAGUNA	Nacimiento Chijabaj	415273	1628140	13.04.15	182	2	
	Nacimiento Chijb'atzib'al	416652	1628994	13.04.15	54	0	
	Nacimiento Xesaa'qab'aj	416439	1629305	13.04.15	48	0	
SANTA LUCÍA	Nacimiento Chiumastay	415631	1633770	21.10.15	8	0	
	Nacimiento Intervida	417051	1633052	21.10.15	2	0	
	Tanque de bombeo	415991	1634155	21.10.15	0	0	
UTATLÁN	Tanque de distribución 1	417314	1633722	21.10.15	0	0	
	Tanque de distribución 2	417314	1633722	21.10.15	26	0	
	Chorro domiciliar, casa Calle Nueva	417371	1633626	21.10.15	12	0	
	Chorro domiciliar, Intervida	417082	1633141	21.10.15	0	0	

\*MNPC: Colonias bacterianas muy numerosas para realizar un recuento



## V. CONCLUSIONES

El lago Atitlán está sufriendo un proceso de progresiva degradación en la calidad de sus aguas; esta situación se agrava debido a que existen municipalidades que abastecen total o parcialmente a sus pobladores con agua del lago, tales como Santiago Atitlán, San Lucas Tolimán y San Pedro La Laguna. Los resultados indican que los puntos donde se encuentran las bombas de extracción en estos municipios tienen una alta incidencia de contaminación por bacterias coliformes y *Escherichia coli*, durante todo el año. Se ha constatado que en estos municipios se aplican tratamientos para la potabilización al agua, [siendo el Chukumuk uno de los sistemas que mejor calidad de agua se poseen](#). [El funcionamiento del tratamiento potabilizador de los demás municipios no es continuo en algunos casos](#).

Los resultados del monitoreo de las fuentes de agua de los demás municipios de la cuenca del lago Atitlán, indican que en muy pocos casos, como Santa Catarina Palopó y San Juan La Laguna, poseen nacimientos captados cuyas aguas están libres de contaminación fecal. Muchos de los nacimientos analizados presentaron altos recuentos de bacterias coliformes y la presencia, en distintos niveles, de *E. coli*.

El monitoreo de salubridad de agua para consumo humano no pretende ser un programa de vigilancia de los sistemas de abastecimiento municipal de agua, sino ser un apoyo para el monitoreo establecido por el Ministerio de Salud, a través del Área de Salud departamental. En los informes generados en cada muestreo para las municipalidades, se establecen recomendaciones técnicas encaminadas al mejoramiento de la calidad del agua que es abastecida a las poblaciones.

## VI. RECOMENDACIONES

Las municipalidades son responsables de garantizar el establecimiento, funcionamiento y administración del servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable (debidamente clorada) y sus correspondientes instalaciones, equipos y red de distribución (Decreto 12-2002). Se exhorta a aquellas municipalidades, cuyos servicios de abastecimiento de agua potable aún presentan deficiencias, a buscar estrategias encaminadas al mejoramiento de este servicio.

Debe tomarse en cuenta que una muestra aislada determina la calidad del agua en el momento de su recolección, según se establece en el "Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano", del acuerdo ministerial 523-2013 del Ministerio de Salud. Este manual determina las especificaciones técnicas que se deben aplicar para la vigilancia y el control de calidad del agua para consumo humano en Guatemala. En el manual también se determinan las especificaciones técnicas a tomar en cuenta para la vigilancia y el control de calidad del agua para consumo humano en Guatemala. Se recomienda a las municipalidades que no cuentan con un control de calidad de agua para consumo humano, la implementación de un programa de vigilancia continua en todos los componentes de sus sistemas de abastecimiento de agua.



Es de importancia continuar con el monitoreo de las fuentes de agua de los municipios de la cuenca del lago Atitlán, para seguir generando información acerca de la calidad del agua que consumen los pobladores de la cuenca.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COGUANOR, NGO 29 001. (1999). Norma Guatemalteca Obligatoria: Agua Potable.
2. Congreso de la República de Guatemala. Decreto Número 12-2002. Código Municipal.
3. DICA, AMSCLAE (2015). Informe de Monitoreo de Clima 2015.
4. Edberg, S.C. *et al.* (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88; 106S-116S.
5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Acuerdo Ministerial No. 523-2013. "Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano".
6. Pachepsky, Y. (2011). *E. coli*: Alive and well, probably in a streambed near you. *Agricultural Research*, 59(6); 20.