

**MONITOREO DE LA SALUBRIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
INFORME 2016**

Responsables: Cristina Martínez Rendón, Técnico en Calidad de Agua; Elsa María Reyes, Jefe de Investigación y Calidad Ambiental. Noviembre 2016.

**I. INTRODUCCIÓN**

En Guatemala existen diversas normativas sanitarias para la gestión, construcción, potabilización, servicio 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 2012 un monitoreo en el que se evalúan parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en los municipios de la cuenca del lago Atitlán. Durante el 2016 se evaluaron los sistemas de agua 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.

Se monitoreó también la calidad del agua de las fuentes de agua (nacimientos, pozos) más importantes que abastecen a las cabeceras municipales de San Juan La Laguna y Panajachel.

Los resultados obtenidos en este monitoreo han demostrado los esfuerzos de las municipalidades por asegurar un abastecimiento seguro de agua potable a sus pobladores, y los retos que aún enfrentan otras para lograrlo.

**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 cooperación 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: San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Pedro La Laguna. Se recolectaron muestras en los puntos de bombeo en el lago, así como en distintos puntos de las redes de abastecimiento (filtros, tanques de almacenamiento, cloración y distribución, grifos domiciliarios, etc.). Se hizo un muestreo durante la época seca (marzo) y dos durante la época lluviosa (julio y septiembre).

**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, 2016)

Municipio	Fuente	Coordenadas	
		X	Y
Cabecera municipal	Toma de agua Xechivoy	421125	1618138
	Tanque Pachichaj	421549	1618160
	Taque Central	421519	1618160
	Tanque Panul	421526	1618170
SANTIAGO ATITLÁN	Toma de agua cantón La Cumbre	428471	1622024
	Toma de agua cantón Paguacal	428181	1621823
	Tanque de distribución	428187	1621822
Chuk Muk	Toma de agua Chuk Muk	422104	1621088
	Entrada a filtro lento	424176	1620073
	Salida de filtro lento	424177	1620085
	Caja reunidora de caudal-cloración	424171	1620095
San Antonio Chacayá	Toma de agua San Antonio Chacayá	418781	1617670
	Tanque de distribución	418118	1617744
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
SAN PEDRO LA LAGUNA	Toma de agua Xacal	416274	1625186
	Tanque Chuasak'man	416945	1623860
	Tanque Xejulyá	416407	1624044
	Tanque Tzankuchá	416327	1624542
	Tanque de cloración	416335	1624508
	Tanque Apecán	416030	1624544
	Tanque San Marcos	415761	1624542

(Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016).

Se recolectaron muestras en los nacimientos más importantes que abastecen a las cabeceras municipales de San Juan La laguna y Panajachel. También se muestrearon diversos componentes de las redes de distribución de agua en cada municipio. En estos puntos se realizó un solo muestreo.

En los puntos de bombeo en el lago se recolectaron muestras superficialmente y a las profundidades de los tubos de succión, utilizando muestreadores tipo van Dorn. Las muestras se recolectaron en frascos estériles de 250 ml. En los tanques se recolectaron a una profundidad aproximada de 10 cm; algunas se tomaron directamente de la fuente de agua del tanque (en el momento en que se estaba llenado). El muestreo de los tanques se realizó tomando las precauciones necesarias para evitar la entrada de contaminantes, 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 todos los sistemas de abastecimiento evaluados.

El transporte de las muestras se realizó en cadena de frío a 10°C aproximadamente y 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 las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*. La normativa COGUANOR NTG 29 001 establece que los valores de verificación de la calidad microbiológica del agua tratada para consumo directo, deben ser la ausencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal (límite máximo permisible: microorganismos no detectables). La ausencia de bacterias coliformes y *E. coli* se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es apta para el consumo humano.

Las muestras para análisis microbiológico 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 *Escherichia coli*, las cuales son bacterias indicadoras de contaminación fecal.

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos a las muestras: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, color y dureza. En los sistemas de agua que aplican cloración para la desinfección del agua se realizó la determinación de cloro residual *in situ*. En los puntos de bombeo se realizó la medición de los parámetros *in situ*, obteniendo complementariamente las mediciones de oxígeno total y disuelto, temperatura y salinidad del agua.

Con la información obtenida se generaron informes a las municipalidades, en los cuales se analizaron los resultados y se formularon recomendaciones técnicas en cuanto a requerimientos de mantenimiento y/o mejoramiento de los sistemas, a partir de los resultados de calidad de agua obtenidos y las inspecciones realizadas en campo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 2 y 3 se detallan los resultados microbiológicos 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.

Solamente se presentan los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras; se discuten los resultados fisicoquímicos transcendentales, principalmente en el caso del cloro residual.

**Cuadro 2.** Resultados de coliformes totales\* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*\*\* (UFC/100 ml), mediante filtración por membrana; municipios que consumen agua del lago Atitlán. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2016)

Municipio	Fuente	Época seca		Época lluviosa				Límites Norma COGUANOR 29 001		
		Mar/2016		Jul/2016		Sep/2016		CT	EC	
		CT*	EC**	CT	EC	CT	EC			
SANTIAGO ATITLÁN	Toma de agua Xechivoy, superficial	800	30	20	0	585	220	-	-	
	Toma de agua Xechivoy, 3 m	990	30	0	0	355	215	-	-	
	Cabecera municipal	Tanque Pachichaj	8	0	512	110	1	0	0	0
	Taque Central	1	0	375	115	0	0	0	0	
	Tanque Panul	68	0	495	125	61	1	0	0	
	Grifo parque Xechivoy	MNPC	0	215	70	50	1	0	0	
	Cerro de Oro	Toma de agua La Cumbre, superficial	35	0	62	4	4	1	-	-
		Toma de agua La Cumbre, 3m	20	2	-	-	26	4	-	-
		Tanque de distribución La Cumbre	36	24	40	4	-	-	0	0
		Grifo domiciliario La Cumbre	10	4	19	3	18	0	0	0
	Chuk Muk	Toma de agua, superficial	115	0	0	0	0	0	-	-
		Toma de agua, 11 m	10	0	10	0	2	2	-	-
		Entrada a filtro lento	110	0	0	0	92	0	0	0
		Salida de filtro lento	-	-	42	2	MNPC	MNPC	0	0
		Caja reunidora de caudal-cloración	-	-	0	0	0	0	0	0
		Grifo Escuela Chuk Muk	0	0	0	0	0	0	0	0
		Grifo Centro de Capa. Chuk Muk	0	0	0	0	0	0	0	0
		San Antonio Chacayá	Toma de agua, superficial	290	0	15	0	-	-	-
	Toma de agua, 3 m		140	10	2	2	69	63	-	-
	Tanque de distribución		-	-	75	25	48	4	0	0
Grifo domiciliario	75		5	70	0	24	0	0	0	
SAN LUCAS TOLIMÁN	Toma de agua San Chipó, superficial	140	40	14	4	70	5	-	-	
	Toma de agua San Chipó, 9 m	40	10	22	2	70	10	-	-	
	Toma de agua El Relleno, superficial	MNPC	25	MNPC	MNPC	340	140	-	-	
	Toma de agua El Relleno,	MNPC	25	68	26	300	162	-	-	
	Tanque La Cipresada	1	0	0	0	78	22	0	0	
	Tanque La Puerta	14	4	2	0	85	7	0	0	
	Grifo Oficina Municipal de Ambiente	0	0	0	0	102	0	0	0	
	Grifo Colegio Bethel	12	0	1	0	1	0	0	0	
Grifo Centro de Salud	6	0	0	0	67	6	0	0		
SAN PEDRO LA LAGUNA	Toma de agua Xacal, superficial	70	20	0	0	1125	960	-	-	
	Toma de agua Xacal, 1 m	70	10	0	0	-	-	-	-	
	Tanque Chuasak'man	7	0	6	0	13	1	0	0	
	Tanque Xejulyá	-	-	0	0	53	39	0	0	
	Tanque de cloración	2	0	2	0	4	3	0	0	
	Tanque Apecán	-	-	0	0	4	1	0	0	
	Tanque San Marcos	-	-	7	4	25	16	0	0	
	Grifo domiciliario	-	-	20	0	0	0	0	0	

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

(Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016)

**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, 2016)

Municipio	Fuente	Coordenadas		Fecha de muestreo	Análisis microbiológico	
		X	Y		CT*	EC**
SN. JUAN LA LAGUNA	Nacimiento Las Cristalinas	414295	1626167	23.02.16	80	0
	Tanque de dist. Las Cristalinas	414960	1625822	23.02.16	MNPC	2
	Grifo domiciliario	ND	ND	23.02.16	36	0
	Nacimiento Kambal	412867	1637025	23.02.16	9	0
	Nacimiento Chocol	413774	1625770	23.02.16	1640	20
	Nacimiento Pakuá	413712	1625640	23.02.16	MNPC	96
	Tanque Pakuá	415918	1624328	23.02.16	168	6
	Grifo Parque Central	415222	1625087	23.02.16	MNPC	28
PANAJACHEL	Nacimiento Los Cantares	431475	1631273	10.10.16	1460	0
	Captación Concepción	430343	1634619	10.10.16	22	0
	Nacimiento Pamuch 1B	432346	1631560	10.10.16	0	0
	Nacimiento Pamuch 1A	432306	1631578	10.10.16	1	0
	Nacimiento Pamuch 2A	432398	1631846	10.10.16	8	0
	Nacimiento Pamuch 1 C	432173	1631713	10.10.16	MNPC	156
	Nacimiento Las Quebradas	432396	1632181	10.10.16	22	0
	Nacimiento Pamuch 2B	432410	1631836	10.10.16	1	0
	Nacimiento Panimaché	433945	1634315	11.10.16	834	128
	Nacimiento Los Méndez A	432958	1632577	11.10.16	10	10
	Nacimiento Los Méndez B	432957	1632581	11.10.16	2	0
	Nacimiento Pazotz A	432575	1634304	12.10.16	6	0
	Nacimiento Pazotz B	432574	1634276	12.10.16	18	0
	Nacimiento Pazotz C	432486	1634269	12.10.16	0	0
	Entrada tanques de distribución	430982	1631367	12.10.16	17	1
	Nacimiento Panasajar 1A	433645	1633297	13.10.16	0	0
	Nacimiento Panasajar 1B	433541	1633336	13.10.16	0	0
	Nacimiento Panasajar 2A	433104	1633295	13.10.16	0	0
Nacimiento Panasajar 2B	433049	1633286	13.10.16	2	1	
Tanques de distribución	430982	1631367	13.10.16	4	1	

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

(Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016)

### Santiago Atitlán

En los puntos de bombeo evaluados se detectaron microorganismos indicadores de contaminación fecal en distintos niveles. El punto que menor recuentos presentó en todos los muestreos fue Chuk Muk, seguido por el de La Cumbre, Cerro de Oro. Como en años anteriores, se constató que el sistema de desinfección de agua de la cabecera municipal no funciona constantemente. Por el contrario, el sistema de abastecimiento de Chuk Muk funciona óptimamente, tanto los sistemas de filtración lenta como el de desinfección por cloro-gas.

Página 5 de 10

Calle del Frutal 01-79, Zona 2, Panajachel, Sololá, Guatemala, C.A. - PBX 502 – 79616464

[www.amsclae.gob.gt](http://www.amsclae.gob.gt)

San Antonio Chacayá aún no cuenta tratamiento del agua para consumo de la población, pero se hacen progresos en el proyecto dirigido por Ingenieros del Mundo que llevará agua de nacimientos y sistemas de potabilización a la aldea. De igual forma, la aldea La Cumbre está iniciando con el proceso de mejoramiento de sus líneas de abastecimiento y otros componentes del sistema, para asegurar la disponibilidad y calidad del agua para la población. (*Anexo I, Figs. 1-7*).

#### *San Lucas Tolimán*

Los resultados de los análisis microbiológicos indican que el agua bobeada en las tomas San Chipó y El Relleno presentaba una calidad deficiente para ser consumida sin tratamiento previo.

En los tanques de distribución La Puerta y La Cipresada se analizó la concentración de cloro residual y se determinó que en ambos se realiza la desinfección del agua. El análisis microbiológico de las muestras de los tanques indica que la desinfección es eficiente pero no constante; en el muestreo de septiembre se encontraron altos recuentos de microorganismos debido a que el sistema de cloración de uno de los tanques estaba temporalmente fuera de funcionamiento.

El análisis microbiológico de las muestras recolectadas en grifos domiciliarios indica que, en la mayoría de los casos, el agua que llega a los usuarios es apta para consumo humano, a excepción del muestreo realizado durante septiembre. Los resultados de las determinaciones *in situ* de cloro residual, para ambos meses, indican que los niveles de este parámetro en algunos puntos alejados de los tanques son bajos. La norma COGUANOR 29 001 establece una concentración mínima de 0.5 mg/l de cloro residual en la última casa de los sistemas.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos indican que las muestras de agua analizadas son aptas para consumo humano según los parámetros analizados, exceptuando el potencial de hidrógeno (pH), debido a que el agua del lago Atitlán es levemente alcalina.

Se ha corroborado que el Departamento de Agua Municipal de la Municipalidad realiza eficazmente un trabajo de vigilancia y control para asegurar que el suministro de agua cumpla con los parámetros de calidad. (*Anexo I, Figs. 10 y 11*).

#### *San Pedro La Laguna*

Se recolectaron muestras en el punto de bombeo del lago (Xakal) durante los tres muestreos realizados en el año. Según información proporcionada por el personal de la municipalidad, desde 2015 no se bombea agua del lago, sino se utiliza la proveniente de pozos y nacimientos. Los resultados para el punto de bombeo Xakal evidencian la presencia de coliformes totales y de *Escherichia coli*.

En la actualidad, el sistema es abastecido por los pozos Pakucha' y Pasaq'man, y el nacimiento Chiquiak'ay, todos ubicados en el municipio. Otra fuente importante de agua es un nacimiento ubicado en San Marcos La Laguna, cuyas aguas son captadas y transportadas hasta San Pedro. Todas estas fuentes de agua siguen siendo insuficientes para asegurar un abastecimiento continuo de agua; cada sector del municipio recibe agua dos o tres días a la semana durante algunas horas. Esto en algún momento podría obligar a la municipalidad a continuar con el bombeo del agua desde el lago.

Los resultados del análisis microbiológico de las muestras recolectadas en todos los tanques demuestran la presencia de bacterias coliformes en distintos niveles. Durante el segundo muestreo de la época lluviosa se encontraron los mayores recuentos de microorganismos. En los muestreos realizados durante el año en curso, el sistema de desinfección no se ha encontrado en funcionamiento, hecho que se confirmó en campo con mediciones de cloro residual. Se conoce que actualmente la municipalidad realiza esfuerzos para mejorar el funcionamiento del sistema de desinfección del agua del sistema de San Pedro. (*Anexo I, Figs. 8 y 9*).

#### *San Juan La Laguna*

Los resultados de los análisis microbiológicos indican que las muestras de los nacimientos presentaron recuentos de coliformes totales, y algunos de *Escherichia coli*, siendo las más contaminadas las provenientes de Chocoy y Pakuá. La calidad del agua de los nacimientos indica que su manejo no es apropiado y que se encuentran vulnerables a sufrir contaminación de origen fecal.

Se recolectaron muestras en los tanques de distribución Pakuá y Las Cristalinas, y en grifos domiciliarios abastecidos por ambos tanques. Los resultados de los análisis microbiológicos indican que las muestras provenientes de ambos tanques presentaron recuentos de coliformes totales y *E. coli*; también las muestras provenientes de los grifos presentaron recuentos de coliformes totales, y uno de ellos de *E. coli*. Se constató que el agua de los tanques no estaba siendo sometida a ningún tratamiento desinfectante.

#### *Panajachel*

Los resultados de los análisis microbiológicos indican que solamente cinco de las 21 muestras analizadas, todas correspondientes a nacimientos, cumplen con los parámetros de calidad microbiológica (normativa COGUANOR 29 001). De las que incumplen las normativas, los nacimientos Los Cantares, Pamuch 1C y Panimaché presentan recuentos muy elevados de microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos indican que las muestras de agua analizadas son aptas para consumo humano según los parámetros analizados, exceptuando las muestras provenientes de Pamuch 1C, Panimaché, entrada de los tanques de distribución y dentro de los tanques de distribución, debido a que la coloración del agua supera el límite máximo permisible. Se analizó la concentración de cloro residual *in situ* en los tanques de distribución, encontrando un nivel casi indetectable de este parámetro.

En el informe entregado a la municipalidad de Panajachel, se hicieron recomendaciones para el mejoramiento del sistema y la calidad del agua captada en los nacimientos Los Cantares, Pamuch 1C, Las Quebradas y Panimaché, y en la captación los Méndez B, entre ellas: mejoramiento del sistema de desinfección del agua, colocación o cambio de candados viejos de las tapaderas y contratación de más personal para los trabajos de fontanería, debido a que actualmente el personal es insuficiente para la cantidad de trabajo. (*Anexo I, Figs. 12 y 13*).

## **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 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 Chuk Muk 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 San Juan La Laguna y Panajachel indican que

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 considerarse 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, que es de utilidad para las municipalidades para el mejoramiento de este servicio.

## **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 (2016). Informe de Monitoreo de Clima 2016.
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); 20-21

## ANEXO I

### Santiago Atitlán



*Chuk Muk*

Fig. 1 Filtro lento

Fig. 2 Medición de cloro residual,  
Escuela Rural Chuk Muk



*Santiago Atitlán*

Fig. 3 Punto de bombeo Xechivoy

Fig. 4 Tanque de distribución Panul



*San Antonio Chacayá*

Fig. 5 Punto de bombeo Fig. 6 Tanque de distribución



*Cerro de Oro, La Cumbre*

Fig. 7 Punto de bombeo

San Pedro La Laguna



Fig. 8 Tanque de distribución Xejuya'



Fig. 9 Tanque de distribución Pakua'

San Lucas Tolimán



Fig. 10 Tanque de distribución La  
Cipresada

Fig. 11 Medición de cloro residual

Panajachel



Fig. 12 Medición de caudal en entrada a  
tanques de distribución

Fig. 13 Nacimiento captado Patzoz