

# Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en el cantón Colimes de Balzar de la Provincia del Guayas

## Evaluation of the quality of groundwater for human consumption in the canton Colimes de Balzar of the Province of Guayas

Lissette Elizabeth Castro Gordillo <sup>1,\*</sup>, Judith Chalen Medina <sup>1,‡</sup>,  
Gino Flor Chávez <sup>1,†</sup> y Wendy Cadena Gonzalez <sup>1,⊗</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Guayaquil, Ecuador.

liss\_ez@hotmail.com; Judith.chalenm@ug.edu.ec; ginoflorch@ug.edu.ec; wendy.cadenag@ug.edu.ec

**Fecha de recepción:** 31 de mayo de 2018 — **Fecha de aceptación:** 1 de octubre de 2018

**Cómo citar:** Castro Gordillo, L., Chalen Medina, J., Flor Chávez, G., & Cadena González, W. (2018). Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en el cantón Colimes de Balzar de la Provincia del Guayas *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(ICCE), 43-49. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp53-60p>

**Resumen**—El presente trabajo consiste en la comparación y evaluación de las aguas de pozos utilizadas para consumo en el cantón Colimes, se utilizara las normativas INEN 1108, SENAGUA y TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental) con el fin de determinar la calidad del agua en base a sus caracterizaciones Físicas – Químicas que el Municipio realiza a cada pozo, como estipula la norma Ambiental aplicable en este estudio se detallará el comportamiento del pH, sulfato, fosfato, hierro, manganeso, flúor y dureza; parámetros que nos permiten conocer cuantitativamente los minerales y ciertos metales pesados presentes en cada pozo.

Tomando como referencia un promedio del año 2017 donde detallaremos el comportamiento de cada parámetro y se tendrá en cuenta los límites permisibles de cada norma.

**Palabras Clave**—Agua cruda, Agua potable, Agua tratada, Contaminante, Límite deseable, Límite máximo permisible.

**Abstract**— The thesis project consists of the comparison and evaluation of 10 wells near Canton Colimes by INEN 1108 and SENAGUA regulations in order to determine the quality of water that the inhabitants of Canton Colimes are consuming daily for various activities and that are affected for the crops and chemicals used in agriculture. Therefore, the behavior of ph., sulfate, phosphate, iron, manganese, fluoride and hardness will be detailed in detail; parameters that allow us to know that pollution is water due to the minerals present in the area of each well.

We have estimated 3 consecutive years 2014, 2015 and 2017 where we will detail the behavior of each parameter and will take into account the permissible limits of each rule that now these regulations contradict the use and use of each of them when characterizing the water.

**Keywords**—Water raw, drinking water, treated water, contaminant, desirable limit, maximum allowable limit..

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (UNEP, 2009), se proyecta para el 2025 que la población mundial será de 7.200 millones de personas, lo que puede traer como consecuencia problemas ambientales tales como agotamiento y contaminación del recurso agua, aire y suelo, por el manejo incorrecto de los residuos sólidos y líquidos generados por la acción antrópica, todo esto a causa de una escasa planificación de crecimiento poblacional (Troschinetz and Mihelcic, 2009).

En todos los países del mundo la demanda de agua se ha incrementado con mucha rapidez, sobre todo en los últimos 40

años, los niveles de contaminantes en el medio acuático han tenido un aumento causando problemas al introducir sustancias perjudiciales las cuales son vertidas en el mismo. El principal problema al realizar un vertido es que, no sólo afecta al sistema al que se lo realiza, sino que el contaminante pasa a otros espacios de la naturaleza; en efecto la composición del agua es alterada.

La cantidad disponible de agua dulce para consumo humano es muy escasa (3 %) y al mismo tiempo está sujeta a grandes presiones sociales, económicas, políticas y ambientales que pueden afectar su calidad y uso.

Las aguas subterráneas son un recurso importante de la cual se abastece una tercera parte de la población mundial afectada por la contaminación y sobreexplotación actualmente, es por esto que el agua debe cumplir en función a ciertas características físicas, químicas y microbiológicas un valor de rechazo o de aceptación para cumplir con los estándares establecidos

\*Ingeniera Civil

‡Magíster en Ingeniería Ambiental

†Magíster en Ingeniería Vial

⊗Estudiante de Ingeniería Civil

por las normas vigentes INEN 1108: 2014, SENAGUA y TULSMA que cumplen ciertos parámetros permisibles para que sean aptos al consumo humano (Marín, 2008).

La tendencia generalmente ha sido la de captar aguas superficiales, con caudales mejores conocidos y por su facilidad de obtenerla, pero la contaminación se ve afectada directamente y de forma inmediata desde aguas arribas debido al arrastre y a su cauce natural (Torres et al., 2009).

Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación de las aguas subterráneas que sirven de abastecimiento a la población de Colimes para establecer la calidad del agua y brindar soluciones oportunas en caso de que se presenten posibles falencias. La captación de agua para el abastecimiento de las poblaciones es un sistema de obras de Ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable. Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación (Orellana, 2005).

Actualmente son varios los factores que pueden afectar al recurso agua, es por ello que se realizan mediciones periódicas, el agua no es pura, y es considerada como un disolvente en términos químicos; ya que mantiene su estado físico o está presente en mayor cantidad, por lo tanto, al caer sobre la tierra va adquiriendo impurezas aumentando la concentración de agentes en un tiempo determinado que proporcionan las características de las aguas (CONAGUA, 2015).

El agua debe de ser incolora, inodora e insípida pero no siempre se presenta de esa manera; puede ser alterada por la actividad antropológica o por actividades industriales. Así mismo no debe contener elementos nocivos para la salud (SENAGUA, 2016b) (SENAGUA, 016b). Según SENAGUA el agua potable debe cumplir ciertos requisitos como, por ejemplo; estar libre de microorganismos que afecten la salud de los consumidores, debe de tener bajos contenidos de color, olor, sabor y por último sin compuestos corrosivos que deterioren las instalaciones sanitarias para poder servirse al consumo humano (SENAGUA, 016a).

La calidad del agua está asociada con los índices o también llamados parámetros de calidad determinados por una numeración que expresa la composición y caracterización del agua de una manera entendible, de fácil interpretación hacia profesionales, técnicos, y para las personas en general (Espinoza et al., 2014).

La problemática que presentan las aguas subterráneas del Cantón Colimes de Balzar es la concentración de algunos parámetros fisicoquímicos que se encuentran por encima de las normas vigentes de calidad de agua para consumo humano.

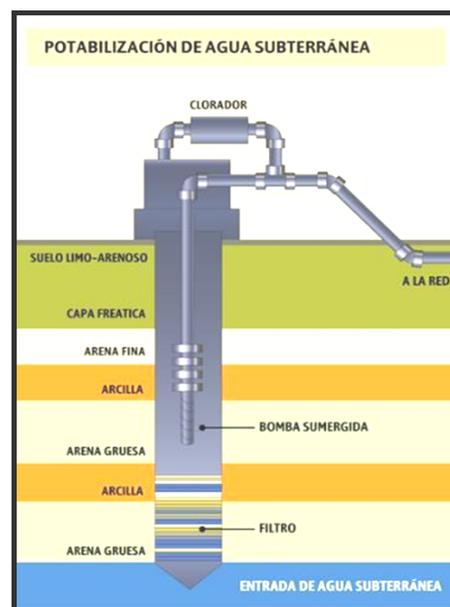
Una mala gestión de los sistemas de abastecimiento de agua potable puede tener consecuencias; enfermedades como diarrea, cólera, disentería, tifoidea, entre otras; las cuales provocan 502.000 muertes por diarrea al año, según lo establecido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) (OMS,

2011). Es por ello que todas las personas deben tener agua suficiente, accesible, segura y aceptable para usos personales y domésticos.

## METODOLOGÍA

En el presente estudio se realizará un análisis basándose en el Estándar métodos para análisis de agua potable y aguas residual y comparación de las aguas subterráneas de Colimes de Balzar conformada por 38 pozos de los cuales analizaremos 10 pozos aleatoriamente, que abastecen a la población mediante las normas vigentes INEN 1108: 2014, Senagua y TULSMA las cuales van a reflejar los límites máximos permisibles de cada parámetro a estudiar.

Se evalúan las características fisicoquímicas del agua extraída de los pozos en el cantón Colimes para determinar su calidad, además se realizó una interpretación de los datos obtenidos en los ensayos ejecutados entre los años 2015 al 2017, brindando información actualizada de las fuentes de captación mediante, comparación de los resultados con las normas: INEN 1108, SENAGUA y TULSMA; para determinar su cumplimiento con los límites máximos permisibles establecidos, posteriormente se recomendarán soluciones viables que mejoren la calidad del agua para consumo.



**Figura 1.** Profundidad y población que abastece cada pozo.

**Fuente:** Municipio de Colimes.

Los pozos a estudiar se denominan profundos ya que se perforan a más de 30 m de profundidad para poder llegar a estratos más profundos con la intención de obtener mejor calidad y cantidad de agua. En la Figura 2 se presenta la profundidad y la población a la que abastece cada uno de ellos.

Los pozos mencionados están ubicados al Norte de Guayaquil, cantón Colimes con una población de 25.167 habitantes. En la Figura 3 se podrá constatar la ubicación de cada pozo.

POZOS	PROFUNDIDAD (m)	HABITANTES
Colimes	42	3.098
Torre 1	70	1.058
Torre 2	55	1.250
La Curia	50	80
La Medero	50	120
Puerto Rico	50	360
Santa Rita	40	240
Jordán	35	260
El Relicario	60	600
Boquerón	30	150

Figura 2. Profundidad y población que abastece cada pozo.

Fuente: población que abastece cada pozo. Fuente: Municipio de Colimes.



Figura 3. Ubicación de los pozos a estudiar Colimes, Torre #1, Torre # 2, La Curia, La medero, Puerto Rico, Santa Rita, Jordán, El Relicario y Boquerón.

Fuente: Castro (2018).

Las muestras tomadas de cada pozo se evaluaron en el Laboratorio de Colimes perteneciente al Municipio del mismo cantón durante tres años consecutivos obteniendo 12 muestras al año por cada parámetro analizado. Se consideraron los siguientes parámetros que son los más representativos en las aguas subterráneas del cantón ya que son los que se encuentran en mayor abundancia de acuerdo a los análisis que se han llevado a cabo. Los parámetros a estudiar son pH, sulfatos, hierro, manganeso, flúor y dureza.

En las Tabla 1, 2, 3 y 4, se pueden observar los límites permisibles de las Normas aplicadas las cuales son: INEN 1108, SENAGUA y TULSMA Anexo 1, donde las muestras analizadas se encuentran dentro de dichas normas.

Según la Norma Tulsma, los sulfatos indican la presencia de sales y en la Figura 4 se puede apreciar que no se ha producido un incremento, así que están aptos para el consumo ya que se encuentran dentro de los límites permisibles.

En la Figura 5, el potencial de hidrógeno indica si el agua

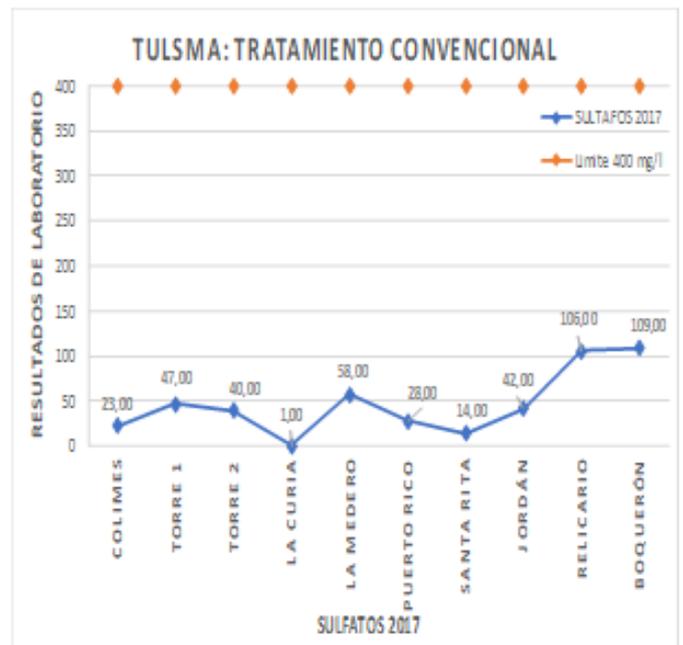


Figura 4. Evaluación Sulfatos 2017..

Fuente: Castro (2018).

subterránea que se está analizando es acida, neutra o alcalina.

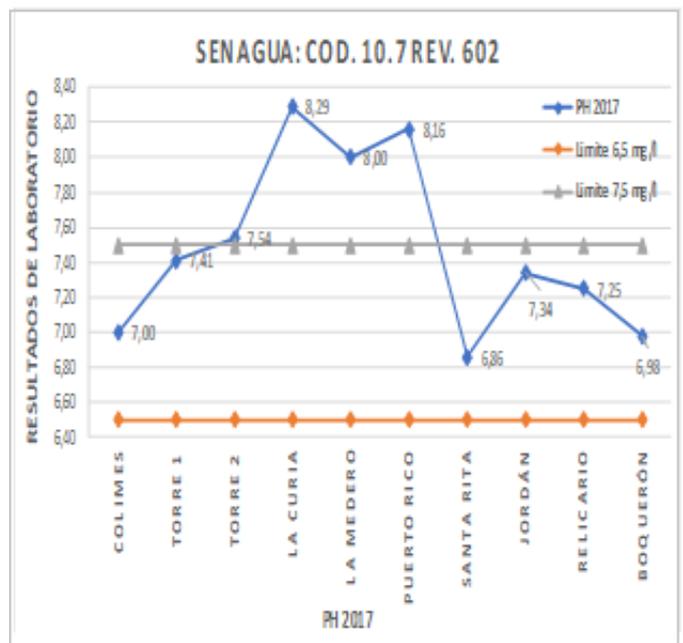


Figura 5. Evaluación PH 2017.

Fuente: Castro (2018).

Los límites permisibles según la Norma INEN 1108 para el flúor son 1,5 mg/l, notándose en la Figura 6 que dichos valores se encuentran dentro del rango antes mencionado.

La dureza es la concentración de calcio y magnesio presente en el agua, cuyo límite permisible es de 300 mg/l, siendo el pozo de la Torre 1 el único que sobrepasa dicho límite. Tal

**Tabla 1.** Resultados obtenidos durante los años 2015, 2016, 2017 del Pozo Colimes.

POZO COLIMES									
Parámetros	Expresado como	Resultados entrada			INEN 1108	SENAGUA		TULSMA Anexo 1	
		2015	2016	2017	Quinta Revisión	Cod. 10.7 Rev. 601	Cod. 10.7 Rev. 602	Tratamiento convencional	Desinfección
Ph	pH	7,00	7,44	7,00	No aplica	No aplica	6,5 - 9,5	No aplica	No aplica
Sulfatos	mg/l	21,00	19,00	23,00	No aplica	No aplica	400	400	250
Fósforos	mg/l	9,00	29,70	33,30	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Hierro	mg/l	0,03	2,30	1,19	No aplica	50	0,8	1	0,3
Manganeso	mg/l	0,04	0,72	0,54	No aplica	5	0,3	0,1	0,1
Fluor	mg/l	0,13	0,52	0,00	1,5	15	0,8	1,5	<1,4
Dureza	mg/l	238,00	272,00	238,00	No aplica	No aplica	300	500	500

Fuente: Castro (2018).

**Tabla 2.** Resultados obtenidos durante los años 2015, 2016, 2017 del Pozo Puerto Rico

POZO PUERTO RICO									
Parámetros	Expresado como	Resultados entrada			INEN 1108	SENAGUA		TULSMA Anexo 1	
		2015	2016	2017	Quinta Revisión	Cod. 10.7 Rev. 601	Cod. 10.7 Rev. 602	Tratamiento convencional	Desinfección
Ph	pH	7,90	8,07	8,16	No aplica	No aplica	6,5 - 9,5	No aplica	No aplica
Sulfatos	mg/l	7,00	10,00	28,00	No aplica	No aplica	400	400	250
Fósforos	mg/l	27,10	36,10	23,00	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Hierro	mg/l	2,51	2,25	1,6	No aplica	50	0,8	1	0,3
Manganeso	mg/l	0,54	0,22	0,16	No aplica	5	0,3	0,1	0,1
Fluor	mg/l	1,77	0,74	0,03	1,5	1,5	0,8	1,5	<1,4
Dureza	mg/l	136,00	136,00	119,00	No aplica	No aplica	300	500	500

Fuente: Castro (2018).

**Tabla 3.** Resultados obtenidos durante los años 2015, 2016, 2017 del Pozo Santa Rita.

POZO SANTA RITA									
Parámetros	Expresado como	Resultados entrada			INEN 1108	SENAGUA		TULSMA Anexo 1	
		2015	2016	2017	Quinta Revisión	Cod. 10.7 Rev. 601	Cod. 10.7 Rev. 602	Tratamiento convencional	Desinfección
Ph	pH	6,81	6,86	6,86	No aplica	No aplica	6,5 - 9,5	No aplica	No aplica
Sulfatos	mg/l	23,00	28,00	14,00	No aplica	No aplica	400	400	250
Fósforos	mg/l	30,8	38,30	30,20	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Hierro	mg/l	0,22	0,17	0,09	No aplica	50	0,8	1	0,3
Manganeso	mg/l	0,04	0,36	0,04	No aplica	5	0,3	0,1	0,1
Fluor	mg/l	1,74	0,69	0,00	1,5	1,5	0,8	1,5	<1,4
Dureza	mg/l	153,00	136,00	153,00	No aplica	No aplica	300	500	500

Fuente: Castro (2018).

**Tabla 4.** Resultados obtenidos durante los años 2015, 2016, 2017 del Pozo El Relicario.

POZO EL RELICARIO									
Parámetros	Expresado como	Resultados entrada			INEN 1108	SENAGUA		TULSMA Anexo 1	
		2015	2016	2017	Quinta Revisión	Cod. 10.7 Rev. 601	Cod. 10.7 Rev. 602	Tratamiento convencional	Desinfección
Ph	pH	7,70	8,08	7,25	No aplica	No aplica	6,5 - 9,5	No aplica	No aplica
Sulfatos	mg/l	22,00	6,00	106,00	No aplica	No aplica	400	400	250
Fósforos	mg/l	39,40	13,70	25,20	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Hierro	mg/l	0,14	0,06	0,25	No aplica	50	0,8	1	0,3
Manganeso	mg/l	0,49	0,06	0,47	No aplica	5	0,3	0,1	0,1
Fluor	mg/l	1,26	0,34	0,00	1,5	1,5	0,8	1,5	<1,4
Dureza	mg/l	120,40	153,00	136,00	No aplica	No aplica	300	500	500

Fuente: Castro (2018).

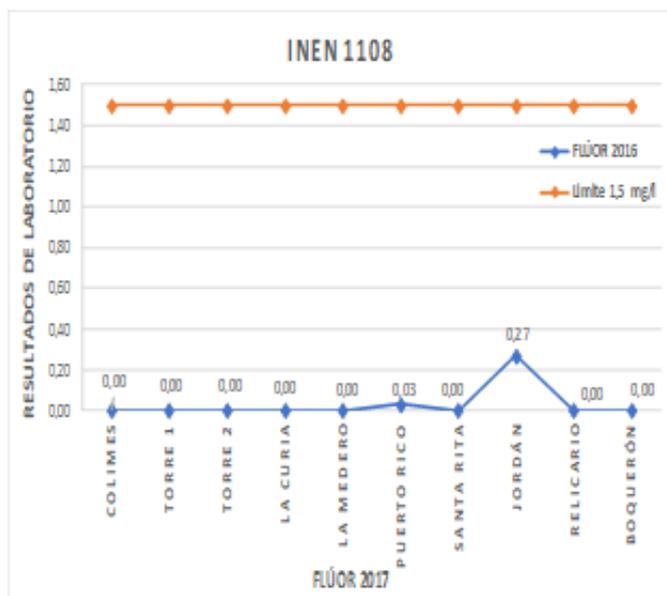
como se parecía en la Figura 7.

El hierro se encuentra con mayor frecuencia que el manganeso causando coloración rojiza sobre cualquier superficie principalmente en las tuberías que conducen el agua. En la Figura 8 se puede observar que las muestras obtenidas se encuentran dentro de los límites permisibles de 50 mg/l.

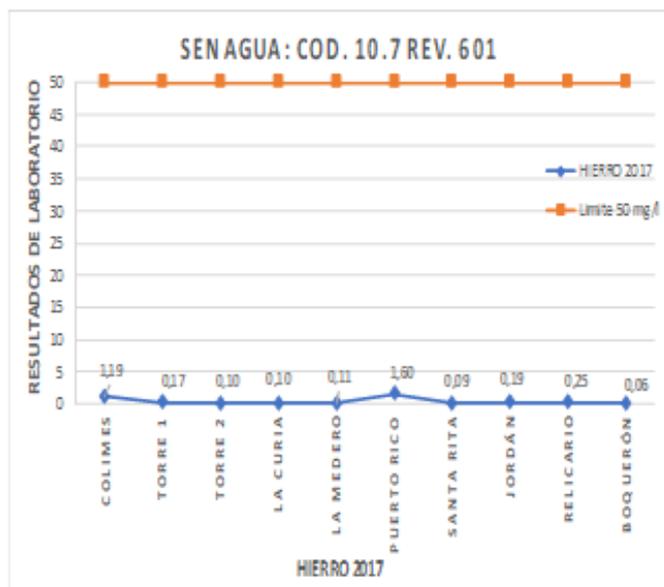
Al igual en la Figura 9 se puede constatar que los valores de manganeso no sobrepasan los valores máximos que exige la SENAGUA para el agua de consumo.

Según la norma SENAGUA, referente a los límites permisibles para el análisis del flúor, el cual es de 1,5 mg/l, ninguna de las muestras obtenidas en los diferentes pozos sobrepasa los límites tal como se muestra en la Figura 10.

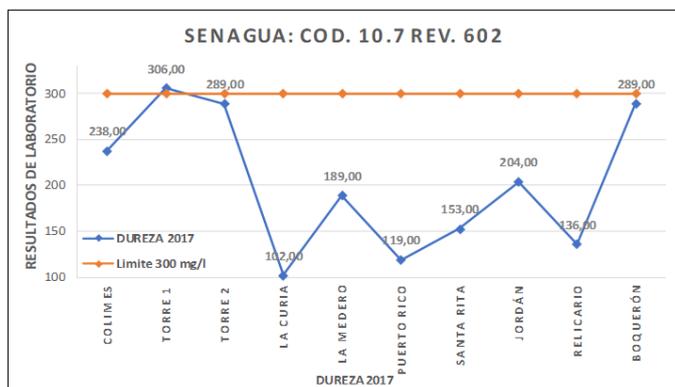
Para el análisis de los sulfatos según la normativa el límite superior es de 400 mg/l. Las muestras obtenidas en los diferentes pozos presentan valores muy inferiores al rango supremo que exige la norma SENAGUA y se nota en la Figura 11.



**Figura 6.** Evaluación FLUOR 2017.  
**Fuente:** Castro (2018).



**Figura 8.** Evaluación Hierro 2017.  
**Fuente:** Castro (2018).



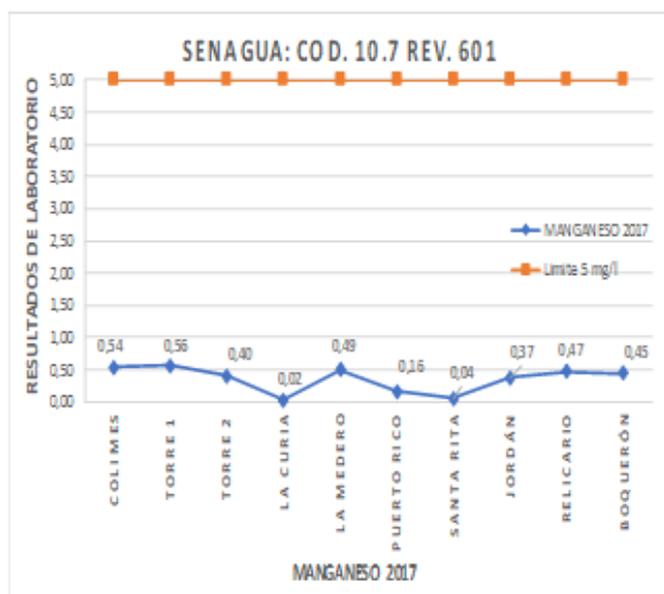
**Figura 7.** Evaluación DUREZA 2017.  
**Fuente:** Castro (2018).

Según la norma TULSMA, referente al contenido de sulfatos, las muestras analizadas tampoco sobrepasan el límite superior según se presenta en la Figura 12 cuyo valor es de 400 mg/l.

**RESULTADOS**

El análisis consiste en monitorear las aguas de pozo para su caracterización y comparar los resultados con las Normas Nacionales como la INEN, SENAGUA y TULSMA aplicables, debido a la utilidad para el abastecimiento de la población del Cantón Colimes.

Empleando la normativa SENAGUA, INEN 1108:2014 revisión quinta, TULSMA Anexo 1 establecen límites máximos para los siguientes parámetros: 400 mg/l sulfatos, 1 mg/l hierro, 0,1 mg/l manganeso, 1,5 mg/l flúor y 500 mg/l dureza para aguas que requieran tratamiento convencional y 250 mg/l



**Figura 9.** Evaluación Manganeso 2017.  
**Fuente:** Castro (2018).

sulfatos, 0,3 mg/l hierro, 0,1 mg/l manganeso, < 1,4 mg/l flúor y 500 mg/l dureza para aguas que solo necesiten desinfección sin establecer límites para el pH y fosfatos.

De los análisis realizados se puede apreciar que ciertos pozos presentan, dureza, hierro, color, turbiedad, manganeso, flúor, sulfatos.

Para disminuir estos parámetros se requieren un tratamiento Físico- Químico en una planta convencional con su debido tiempo de retención para su desinfección y almacenamiento.

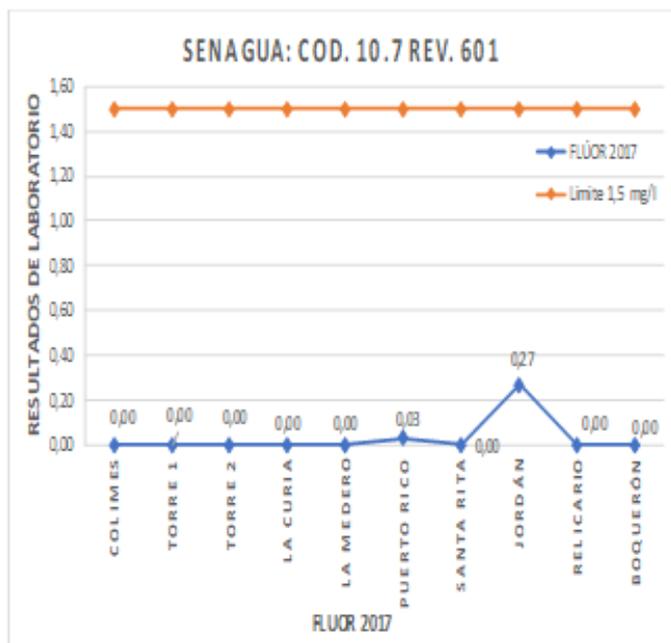


Figura 10. Evaluación Flúor 2017.  
Fuente: Castro (2018).

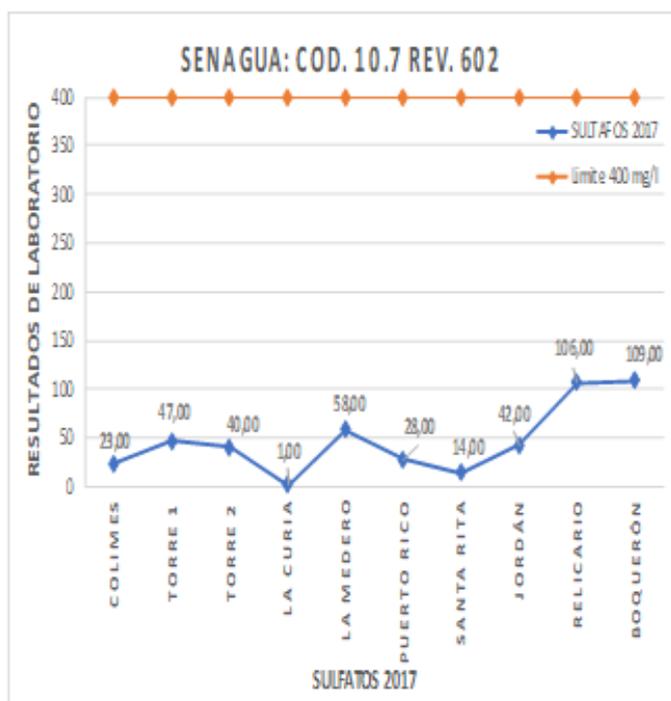


Figura 11. Evaluación Sulfatos 2017.  
Fuente: Castro (2018).

CONCLUSIONES

De acuerdo a la fuente de captación evaluada y a los resultados obtenidos, se puede concluir que la legislación aplicable, Cód. 10.7 Revisión 602 de SENAGUA y TULSMA son las normas de comparación entre los parámetros. En la comparación de los valores obtenidos frente a las norma-

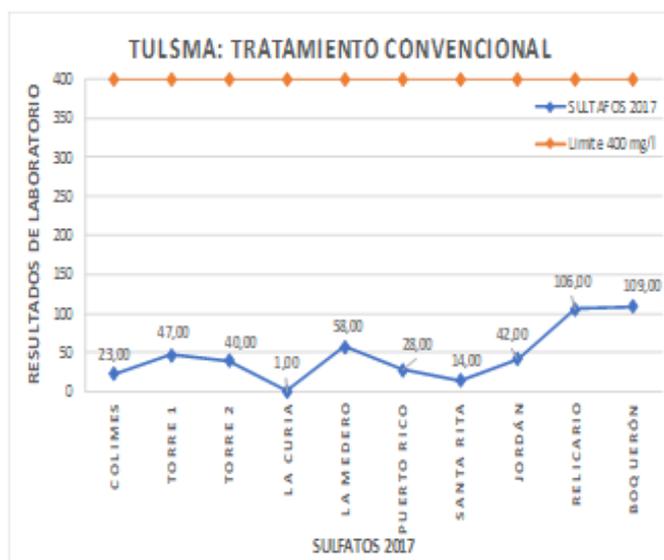


Figura 12. Evaluación Sulfatos 2017.  
Fuente: Castro (2018).

tivas en mención con sus respectivos rangos, se establecieron que al realizar el proceso de cloración en el tratamiento del agua no mejoran los parámetros que están fuera de norma. Debido a la cantidad de pozos construidos en dicho cantón, se deberá considerar la utilización como fuente de captación el agua del Río Daule y construir una planta de tratamiento en función de la demanda de la población de Colimes. Se recomienda que el agua obtenida de los pozos se le aplique un proceso de aireación, filtración y desinfección, dependiendo de la fuente de captación; debido al deterioro de puedan tener la calidad de agua de los pozos. Además de ayudar a eliminar los gases que puedan presentar las aguas subterráneas. En conclusión, el agua de pozo es una fuente de captación utilizada para uso de consumo humano pero requiere un control interno y externo de la calidad del líquido basándose en las Normativas Nacionales y en caso que no existiera se debería aplicar Normativas Internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAGUA (2015). Manual de muestreo, técnicas de medición de parámetros in situ y estrategias de monitoreo.  
 Espinoza, V., Castillo, R., Rovira, D., and Chiriquí, D. (2014). Parámetros físico-químicos y microbiológicos.  
 Marín, R. (2008). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. *España: EMACSA*.  
 OMS (2011). Guidelines for drinking-water quality. *WHO chronicle*, 38(4):104–8.  
 Orellana, J. A. (2005). Abastecimiento de agua potable. *Ingeniería Sanitaria*.  
 SENAGUA (2016a). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.  
 SENAGUA (2016b). Normas para estudio de sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

- Torres, P., Cruz, C. H., and Patino, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 8(15):3.
- Troschinetz, A. M. and Mihelcic, J. R. (2009). Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste management*, 29(2):915–923.