

Evaluación del efecto de la implementación de un sistema de desinfección en agua séptica en el AA.HH. Venecia.

Evaluation of the effect of the implementation of a disinfection system in septic water in the AA.HH. Venice.

Isabel Esteban Robladillo¹, Nelly Tafur Flores¹, Otilia Hernández Panduro¹, Isabel Ramírez Chumbe¹, Frankie Amilkar Figueroa Muñoz², Jenny Paola Zeña Rubio¹, Paul Kevin Reátegui Ramos¹.

¹ Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Carretera Federico Basadre km 5,5, Callería, Ucayali, Perú.
Email: isabel_esteban@unu.edu.pe

Resumen

La desinfección del agua es un factor de alta importancia para garantizar la salud de la población que la consume, mejorar la calidad del agua obtenida de la fuente contaminada muchas veces por microorganismo patógenos depende en su gran parte de la aplicación del tratamiento de desinfección. El proyecto busca evaluar el efecto de la implementación de un sistema de desinfección en agua séptica en el AA.HH. Venecia. Para ello se implementó un sistema mecánico de dosificación de cloro que funciona a partir del sistema de bombeo que llena el reservorio, así garantizando que se dosifique el cloro solo cuando sea requerido y no exista deficiencia o exceso de este. Como resultado se obtuvo que el nivel de hierro se redujo de 1.8 mg/l Fe a 0.7 mg/l Fe reduciéndose un 38.8%, la presencia de microorganismos como los Coliformes totales y fecales a 0 UFC/100 ml, de igual manera la presencia de *E.coli* a 0 UFC/100 ml, siendo eficaz en un 99.9%. Se concluye que la implementación del un sistema de desinfección tiene un efecto positivo para mejorar la calidad del agua séptica en el AA.HH. Venecia.

Palabras claves: Cloro, microorganismos, calidad y desinfección.

Abstract

The disinfection of water is a factor of high importance to guarantee the health of the population that consumes it, improving the quality of the water obtained from the source contaminated many times by pathogenic microorganisms depends largely on the application of the disinfection treatment. The project seeks to evaluate the effect of the implementation of a septic water disinfection system in the AA.HH. Venice. For this, a mechanical chlorine dosing system was implemented that works from the pumping system that fills the reservoir, thus guaranteeing that chlorine is dosed only when required and there is no deficiency or excess of it. As a result, it was obtained that the iron level was reduced from 1.8 mg / l Fe to 0.7 mg / l Fe, reducing by 38.8%, the presence of microorganisms such as total and fecal coliforms at 0 CFU / 100 ml, in the same way the presence of *E. coli* at 0 CFU / 100 ml, being 99.9% effective. It is concluded that the implementation of a disinfection system has a positive effect to improve the quality of septic water in the AA.HH. Venice.

Keywords: Chlorine, microorganisms, quality and disinfection.

Introducción

Las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de

las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas. El agua es un recurso valioso y escaso, por lo tanto, la población debe utilizarla de forma racional. (Chulluncuy Camacho, 2011)

La desinfección es un proceso clave en cualquier sistema de tratamiento de agua. Por ello, en la producción de agua segura para consumo humano. Al diseñar un sistema de tratamiento de agua, en especial en el área rural, debe tomarse a la desinfección no como un elemento más, sino como un componente vital del sistema. En muchos casos, quien diseña un sistema de provisión de agua en una pequeña comunidad no solo toma a la ligera la desinfección, sino que hasta prioriza la producción de agua (cantidad), ante la seguridad de la misma (calidad). (Solsana & Mendez , 2002)

El agua potable, definida como “adecuada para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”, es libre de microorganismos causantes de enfermedades. Las posibles

consecuencias de la contaminación microbiana para la salud son tales que su control debe ser objetivo primordial y nunca debe comprometerse (OMS, 2011)

En la Región de Ucayali, la Cobertura de agua Potable por Red Publica Urbano durante el año 2017 tiene un valor de (79.30%), comparando con el año 2016 (76.70). Se ha registrado una cobertura de alcantarillado u otras formas de disposición de excretas en el área urbana en el año 2016 de (54.50%) comparando con el año 2017 que fue de (56.1%). (GOREU, 2018)

Las mejoras en el suministro de agua son oportunidades para solucionar problemas de Salud Pública. De ahí la importancia de establecer modelos de evaluación y gestión integral que garanticen su calidad. (Ríos-Tobón y otros,2017)

Metodología

Zona de estudio

El presente estudio engloba al AA.HH. Venecia con 67 familias. Ubicado en el distrito de Yarinacocha. Este sistema de abastecimiento capta agua del subsuelo mediante una bomba sumergible de 1 HP a una profundidad de 70 metros, mediante una línea de impulsión de 2 pulgadas hacia el tanque almacenamiento de 2500 litros de marca Rotoplas. Este tanque esta elevado 7 metros sobre el nivel del suelo, cabe resaltar que el sistema de captación está a 2 metros

de un caño natural contaminado por aguas residuales domésticas y además que la misma zona pertenece a una ex zona pantanosa rellenada.

Población y muestra

La población corresponde al área de estudio del AA.HH. Venecia, que cuenta con 67 familias y/o viviendas abastecidas por agua del sistema de abastecimiento del pueblo.

La muestra se consideró en 4 puntos de alta importancia, en el reservorio, de 0 a 50m de este, de 50 a 200 m y 200 a más o las viviendas más alejadas. Teniendo 16 muestra de agua distribuidas en el asentamiento humano Venecia.

Metodología de desinfección con cloro

Según González Díaz, (2004), el método de desinfección con cloro y sus derivados se deberá implementar en tres pasos sucesivos, cada uno de los cuales variará, en mayor o menor grado, según el producto que se va a utilizar:

Paso 1: Evaluación de la cantidad de cloro a dosificar en la red. Este método consiste en introducir cantidades crecientes de cloro (por ejemplo, entre 1 y 10 mg/l) en muestras del agua a tratar. Al final de 30 minutos se mide, en cada muestra, la concentración de cloro residual.

Paso 2: Preparación de soluciones para productos no gaseosos. Definida la

concentración final (Cf) a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (Vd) en litros que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio sólido:

$$Vd = \% \times P / Cf$$

Donde:

% = Porcentaje de cloro activo en el producto

P = Peso del sólido de hipoclorito de calcio (Kg)

Cf = Concentración esperada en la solución diluida (g/L)

Paso 3: Calibración del dosificador. La calibración del dosificador para aplicar la cantidad óptima de producto depende de tres factores:

- Las características físicas del producto a emplear: gaseoso, líquido o sólido.
- La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en el extremo de la red.
- El caudal de agua a desinfectar.

Para determinar la cantidad de hipoclorito en solución se emplea la misma ecuación utilizada para determinar la cantidad de agua de disolución.

$$M = (D \times Q) / C$$

Donde:

M (L/h) = Cantidad de cloro a dosificar

D (mg/L) = Dosis de cloro

Q (L/h) = Caudal de agua a tratar.

C (mg/L) = Concentración de la solución

Determinación de calidad microbiológica

La calidad microbiológica se basó en el Método 9221 Tubos múltiples de fermentación, B -técnica estándar para Coliformes totales por fermentación, E -

Procedimiento Coliforme Termotolerante (Fecal) y 9221 H- Fraccionamiento *E. coli* de MF Coliforme total usando caldo EC-MUG. (APHA, 2017)

Determinación de cloro libre en el agua

El análisis de cloro se llevó a cabo usando el método 4500 – Cl / Cloro Residual, G- DPD Método colorimétrico. (APHA, 2017)

Tabla 1

Criterios de calidad de las aguas de pozos y nacientes para potabilización en Costa Rica

Características	Calidad físico-química y microbiológica				
	Excelente	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Coliformes Fecales /100 ml	0 (Negativo)	>0 a 2,7	>2,7 a 30	>30 a 750	>750
<i>E.coli</i> /100 ml	0 (Negativo)	>0 a 2,2	2,2 a 29	>29 a 750	>750
Turbiedad (UNT)	<1,0	1 a < 3	3a< 5	5 a < 10	≥10
Conductividad (μs/cm)	<400	400 a <500	500 a <600	600 a <700	≥ 700
Hierro (mg/L)	<0,2	0,2 a < 0,3	0,3 a <0,4	0,4 a <0,5	≥0,5
Valor de pH	6,5-7,5	6,0-8,0 a	5.5 a 8,5	5,0 a 9,0	<5.0 o >9,0

Fuente: Mora y otros (2015)

Resultados

Demanda de cloro para el agua servida por el sistema de abastecimiento del AA.HH. Venecia

Tabla 2

Demanda de cloro para el agua servida por el sistema de abastecimiento del AA.HH. Venecia

Concentración inicial del Cloro	Tiempo(minutos)	
	10	30
1 mg/l	0.8 mg/l	0.3 mg/l
2 mg/l	1.5 mg/l	0.9 mg/l
3 mg/l	1.9 mg/l	1.2 mg/l
4 mg/l	3.6 mg/l	2.9 mg/l

5 mg/l 4.5 mg/l 3.9 mg/l

En la tabla 2, se aprecia como el agua almacenada en el reservorio al ser clorada lista para ser servida o distribuida a la población del AA.HH. Venecia, comienza a reducir la concentración del desinfectante al pasar más tiempo, por seguridad sanitaria este no debe ser menor de 0,5 mg/l pero no mayor a 1.5mg/l recomendado para evitar un sabor no aceptable en el punto organoléptico para la población y evitar la posibilidad de dañar prendas de vestir o similares. Según





el DS. 031-2010-SA, indica que para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg/L. (MINSA, 2010).

El cloro utilizado como desinfectante en el agua se consumirá progresivamente debido a las reacciones químicas que se llevaran a cabo en el agua a desinfectar, que la demanda de cloro es mayor cuando el agua contiene una alta cantidad de componentes orgánicos. Por lo cual se recomienda evaluar

correctamente la demanda de cloro para garantizar que este llegue en concentraciones mínimas adecuadas a las viviendas más alejadas de los reservorios, ya que en transcurso de la distribución se pueden presentar múltiples problemas de contaminación cruzada, desde una mala conexión con fuga, ruptura de la tubería o degaste de la misma por el tiempo.

Evaluación de la calidad del agua en el AA.HH. Venecia

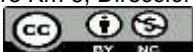


Parámetros	Unidades	LMP	AA.HH. Venecia							
			Reservorio		Vivienda de 0 a 50		Vivienda de 50 a 200		Vivienda de 200 a más	
<i>Parámetros de Campo</i>										
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5	6.9	7.4	6.8	7.5	6.9	7.4	6.8	7.5
Cloro residual	mg/L	>0.5	0	1.4	0	1.1	0	1.2	0	0.8
Temperatura	°C	*	27.9	28.4	27.6	28.3	27.5	28.1	27.6	28.1
Sólidos Totales	mg/L	1000	253	269	230	243	245	249	255	284
Disueltos										
Conductividad Eléctrica	µmho/cm ²	1500	350	367	310	324	340	356	355	405
<i>Parámetros Microbiológicos</i>										
Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0	65	0	85	0	95	2	106	1
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL a 44.5°C	0	0	0	9	0	12	0	2	0
<i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500	880	324	2600	498	2950	650	2950	595
<i>Parámetros Fisicoquímicos</i>										
Olor	---	Aceptable	Putrefacto	Cloro	Putrefacto	Cloro	Putrefacto	Cloro	Putrefacto	Inodoro
Turbiedad	UNT	5	9	4	17	9	21	13	21	12
Cloruros	mg/L Cl ⁻	250	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfatos	mg/L SO ₄	250	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hierro	mg/L Fe	0.3	1.8	0.3	1.6	0.4	1.6	0.5	1.6	0.5
Cobre	mg/L Cu	2	0.05	0	0	0	0	0	0	0
Parámetros que no cumplen el LMP	N°	0	5	0	7	2	7	2	7	2
Estado			No apto	Apto	No apto	No apto	No apto	No apto	No apto	No apto

Tabla 1

Calidad del agua en el AA.HH. Venecia antes de la implementación del sistema

*Los presentes resultados son promedios de 4 repeticiones del tratamiento del agua en diferentes fechas y condiciones.



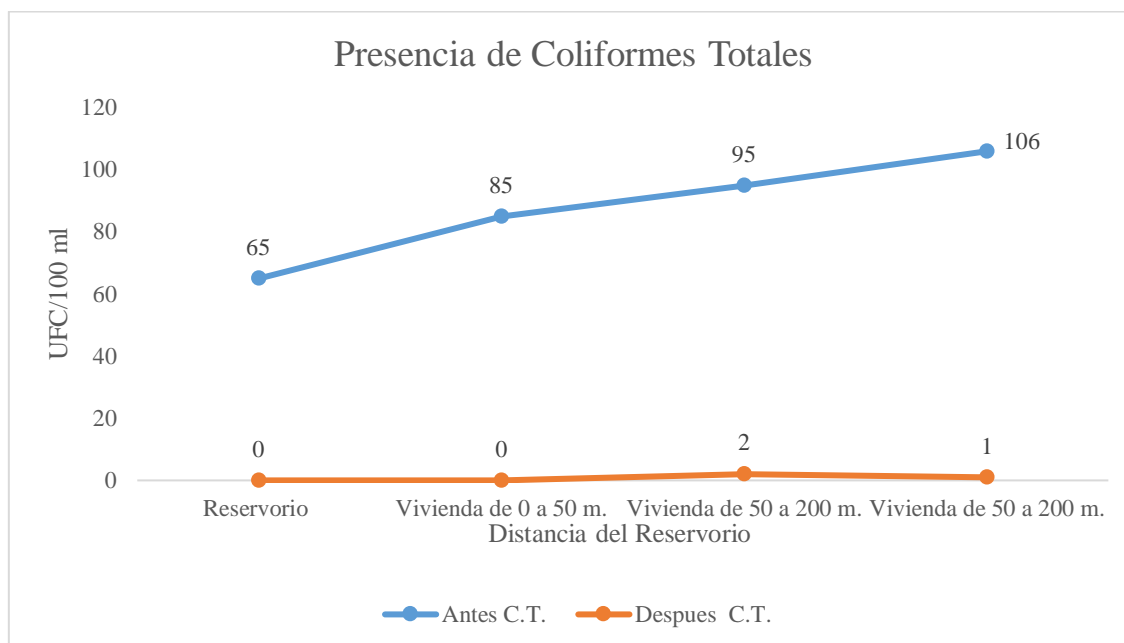


Figura 1: Presencia de Coliformes Totales en el sistema de abastecimiento de agua del AA.HH. Venecia

En la tabla 2, los parámetros microbiológicos de Coliformes totales están sobre el Límite Máximo Permisible para Agua de Consumo Humano del D.S. N° 031-2010-SA., tanto en la fuente de captación como en los diferentes puntos de distribución del agua (viviendas), además la presencia de Coliformes termotolerantes son indicadores directos de contaminación fecal y a sí mismo la presencia de *E.coli* en el 75% de las muestra estudiadas. La implementación del sistema de cloración ayudo a reducir la presencia de microorganismos como los Coliformes totales y fecales a 0 UFC/100 ml, de igual manera la presencia de *E.coli* a 0 UFC/100 ml. En la figura 1 se aprecia como aumenta el número de Coliformes Totales según se va alejando el agua del reservorio, esto debido

a que no solo se puede contaminar el agua en la captación y/o reservorio, si no debido a que el mal estado de las tuberías también pueden ser la fuente contaminante. En su mayoría son bacterias entéricas, provenientes del tracto gastrointestinal de animales y humanos, denominadas bacterias fecales, cuya capacidad de sobrevivir y reproducirse en el agua es restringida dado el estrés fisiológico que presenta el medio acuoso. (Ríos-Tobón y Otros, 2017). Lo que afirma que el sistema de captacion esta siendo contaminado por el agua residual proveniente de la quebrada cercana, como indica Fernández y Fernández,(2007), que las aguas de pozo pueden estar contaminadas por elementos químicos y microorganismos patógenos como los coliformes fecales y *E. Coli*. Éstas últimas son bacterias cuya

presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenas) y están presentes en las heces, causan diarreas, cólicos,

náuseas, cefaleas u otros síntomas, representando un riesgo para la salud de bebés, niños pequeños y personas adultas con sistema inmunológico comprometido.

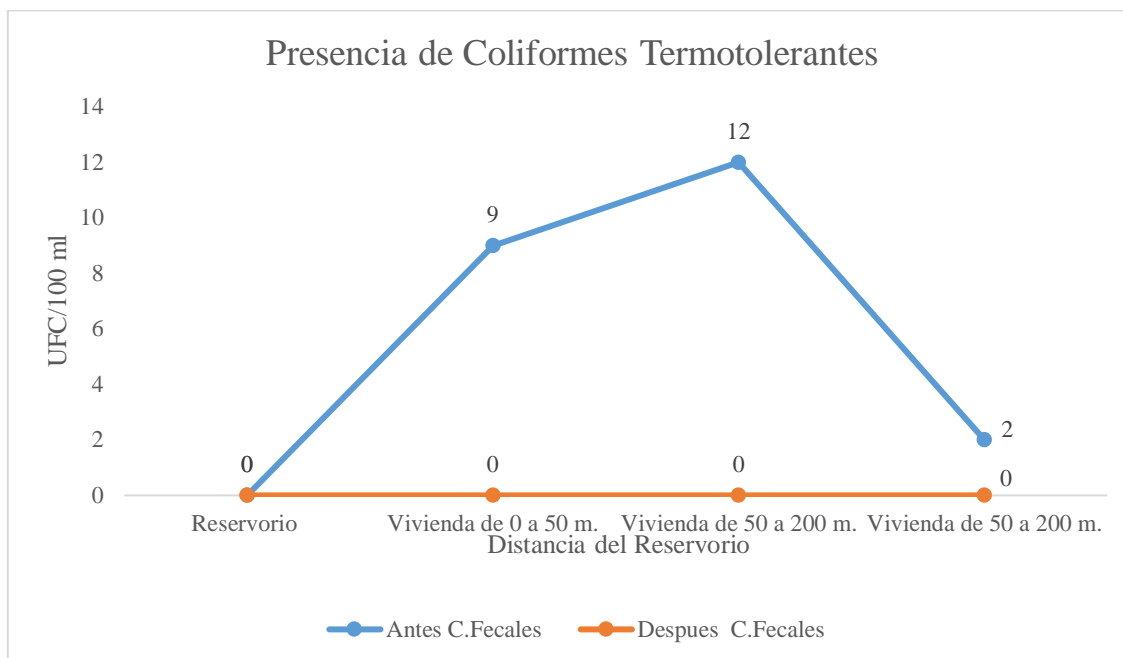


Figura 2: Presencia de Coliformes Termo tolerantes en el sistema de abastecimiento de agua del AA.HH. Venecia

En la figura 2, se aprecia como el uso del desinfectante infirió directamente en la presencia de los coliformes termo tolerantes en el agua, llevándolos a el 99.9% de eliminación de estos. Por lo cual el cumplimiento del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud (2010), que señala que el agua de consumo debe estar exenta de bacterias coliformes como *Escherichia coli*, virus, helmintos, quistes u ooquistes de protozoarios patógenos, y en caso de

bacterias heterotróficas debe tener menos de 500 UFC/ml a 35°C. Para el logro de esta idoneidad, los proveedores de agua deben asegurar un nivel de cloro residual no menor de 0,5 mgL⁻¹ en cualquier punto de la red de distribución. (MINSA, 2010). Obteniendo valores en la zona más alejadas del sistema una concentración de 0.8 mg/l de Cloro libre y como máximo en la fuente una concentración de 1.4 mg/l de Cloro libre.

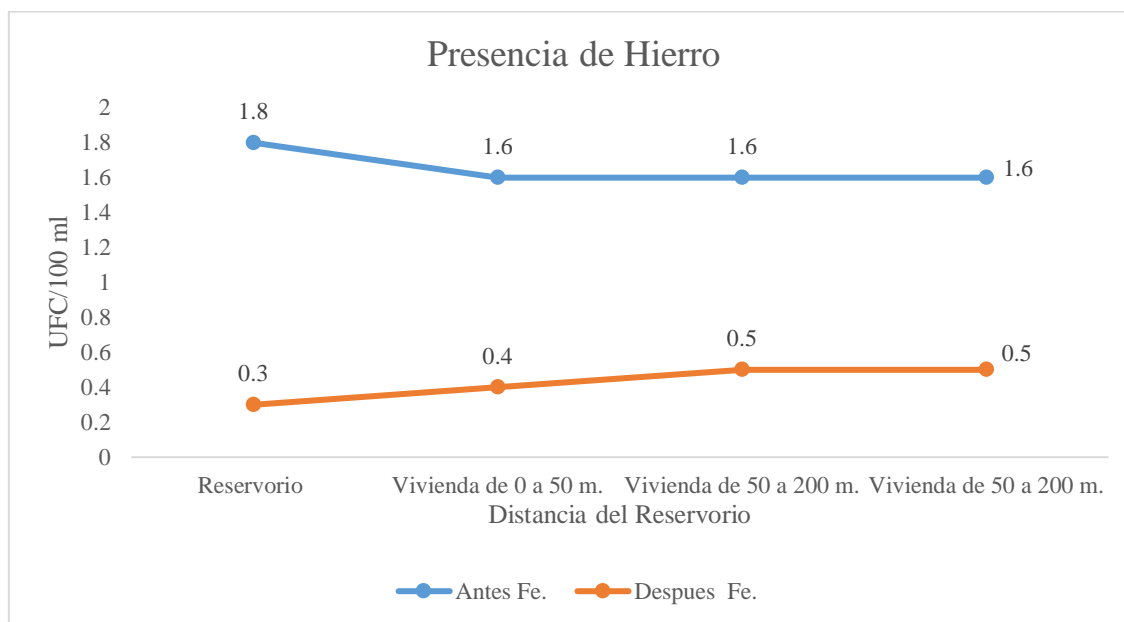


Figura 3: Presencia Hierro en el sistema de abastecimiento de agua del AA.HH. Venecia

En la figura 3, se aprecia la reducción significativa del hierro en el agua servida, en la fuente se redujo de 1.8 mg/l Fe a 0.7 mg/l Fe y respectivamente se obtuvo reducciones mayores al 50% del hierro. Las concentraciones de hierro superan por 3 a 6 veces las cantidades establecidas de 0.3 mg/l de Fe en aguas para consumo humano según del D.S.31-2010- S.A. Así mismo Blanes y Gimenez , (2006), en su estudio muestra que el valor medio de hierro es de 0.44 mg.L-1 en un intervalo comprendido entre 0,02 y 1.62 mg.L-1. El 37.5% de las muestras supera los 0.30 mg.L-1 de hierro total recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Asimismo en la figura 3, se aprecia como las concentraciones de hierro han disminuido considerablemente. Esto debido a los

químicos oxidantes más comunes en el tratamiento de agua son: cloro, dióxido de cloro, permanganato de potasio y ozono. El oxidante químico oxida el hierro (formando una partícula), y mata la bacteria del hierro y alguna otra bacteria causante de enfermedad que pueda estar presente. El hierro ferroso (Fe²⁺) es oxidado a óxido férrico (Fe³⁺), el cual forma fácilmente el complejo insoluble hidróxido de hierro Fe (OH)₃. (National Environmental Services Center, 2010)

En la tabla 3 antes de la implementación del sistema la turbidez en la fuente es de 9 NTU y va aumentando según se aleja de la fuente hasta obtener 21 NTU, en tabla 4 después de la implementación del sistema la turbidez disminuye en gran proporción en la fuente hasta 4 NTU, pero sigue con la tendencia de

aumentar según se aleja de la fuente con 13 NTU.

La turbidez del agua se genera por la presencia de partículas en suspensión. Algunas son de naturaleza inorgánica (arcillas, fangos y óxidos minerales), que provienen de la erosión del suelo, otras son de naturaleza orgánica (bacterias, parásitos, algas, zooplancton, ácidos fúlvicos y coloides húmicos). (Lopez y Mariscal Larrubia, 1999)

Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro. En muchos casos no se logra destruir los patógenos y las bacterias fecales, aglomerados o absorbidos por partículas. (Setter, 1959)

Todos estos riesgos se acentúan cuando la turbidez es superior a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), valor que no debe sobrepasar ninguna muestra. Por lo tanto, la turbidez debe ser baja para que la desinfección sea eficaz. (OMS, 1998)

Según los criterios de calidad de agua de pozos y nacientes para potabilización de Costa Rica, calidad del agua antes del tratamiento es de muy mala calidad físico-química y microbiológica y el agua posterior al tratamiento es de calidad físico-química y microbiológica regular. Evidenciándose una

mejoría en la calidad del agua servida por el sistema de abastecimiento del AA.HH. Venecia.

Conclusiones

- La calidad del agua del sistema de abastecimiento del AA.HH. Venecia no es apta para consumo humano antes y después de la implementación del sistema.
- El sistema de sanitización reduce en 99% la presencia de Coliformes totales, Coliformes fecales y *E. coli* en la fuente de abastecimiento.
- La implementación del sistema de sanitización reduce las concentraciones de hierro en promedio del 60%.

Referencias bibliográficas

- APHA. (2017). *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. (23, Ed.) Washington: AWWA.
- Blanes , P., & Gimenez , M. (2006). Evaluación de los Niveles de Hierro y Arsénico en Aguas Naturales Subterráneas de la Región Centro-Oeste de la Provincia del Chaco - Argentina. *Información Tecnológica*, 3-8.
- Chulluncuy Camacho, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 153-170.
- Craun, F. (1996). Sopesando los riesgos químicos y microbianos de la desinfección del agua potable. En F. Craun, & R. Castro, *La calidad del*

- agua potable en América Latina* (págs. 203-220). Washington DC: OMS.
- Eaton, A., Clesceri, L., & Greenberg, A. (1995). *Standard methods for examination of water and wastewater* (19 ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Esrey, S., Feachem, R., & Hughes, J. (1985). Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children: improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bull World Health Organ*, 62(4), 757-772.
- Fernández Rodríguez, M., & Fernández Urgellés, O. (2007). Evaluación de la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. *Minería y Geología*, 1-10.
- González Díaz, C. (2004). La desinfección y el almacenamiento domiciliario del agua: intervención fundamental de la salud pública. *Unidad de Análisis y Tendencias en Salud*, 1-9.
- GOREU. (Mayo de 2018). Boletín de Indicadores. *Boletín Estadístico*.
- Lopez, J., & Mariscal Larrubia, A. (1999). Coagulación y floculación. Cap. 11. En J. Pérez López, & M. Espigares García, *Estudio sanitario del agua* (págs. 205-224). Granada: Editorial Universidad de Granada.
- MINSA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Aguapara Consumo Humano. Decreto Supremo N° 031-2010-SA*. Lima, Perú: Diario el Peruano .
- Mora Alvarado, D., Mata Solano, A., & Sequeira Barquero, M. (2015). Actualización de los criterios de calidad del agua de pozos y nacientes para potabilización en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 85-98.
- National Environmental Services Center. (2010). *Tecnología en Breve: Retiro del Hierro y Manganese*. Virginia: West Virginia University.
- OMS. (1998). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Ginebra.
- OMS. (14 de Octubre de 2009). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de who: https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2009/childhood_deaths_diarrhoea_20091014/es/
- OMS. (2011). Guidelines for Drinking-water. Geneva, 564. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R., & Gutiérrez-Builes, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
- Setter, L. (1959). Radioactivity of surface waters in the United States. *J.Am. Water Works Assoc*, 53, 704.
- Solsana, F., & Mendez, J. (2002). *Desinfeccion del Agua*. Lima : (OPS/CEPIS).