

Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú

Temporary distribution of acute diarrheal diseases, its relationship with temperature and residual chlorine in drinking water in the city of Puno, Peru

Ferro Mayhua Felix Pompeyo¹, Ferró Gonzales Polan Franbalt^{2*} y Ferró Gonzáles Ana Lucia¹

¹Facultad de Ingenierías de la Universidad Privada San Carlos, Puno – Perú

²Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú

*Autor para correspondencia: polanf@unap.edu.pe

Ferro Mayhua, Felix Pompeyo : <https://orcid.org/0000-0003-2986-2774>

Ferró Gonzales, Polan Franbalt : <https://orcid.org/0000-0003-4766-4982>

Ferró Gonzáles, Ana Lucia : <https://orcid.org/0000-0001-7751-2782>

REPORTE DE CASO

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido: 17/04/2018

Artículo aceptado: 30/12/2018

En línea: 26/02/2019

PALABRA CLAVE:

Agua potable,
Cloro residual,
Enfermedades Diarreicas Agudas
(EDAs)

CASE REPORT

ARTICLE INFORMATION

Article received: 17/04/2018

Article accepted: 30/12/2018

On line: 26/02/2019

KEYWORD:

Drinking water,
residual chlorine,
acute diarrheal diseases

RESUMEN

El consumo de agua potable es vital para el vivir diario de los seres humanos, y consecuentemente una inadecuada calidad del mismo conlleva a la transmisión de enfermedades. En ese sentido, el objetivo de la presente investigación fue analizar la distribución temporal de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) y su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable, en la ciudad de Puno, Perú. La investigación es de tipo descriptiva y explicativa, con un tipo de diseño de investigación no experimental y longitudinal. Se utilizó los datos obtenidos de la Red de Salud de la región de salud Puno y de la Empresa Municipal de Saneamiento, EMSA Puno. Se logró identificar que el cloro residual en el sistema de distribución de agua está por encima de 0.5 mg/l. La correlación cruzada realizada nos señala que las variaciones históricas de las EDAs están asociadas a la temperatura. Por consiguiente, las EDAs no son causadas directamente por el agua distribuida por la empresa proveedora de servicio de agua potable, debiendo existir otros factores en su casuística endémica.

ABSTRACT

The consumption of drinking water is vital for the daily living of human beings, and consequently an inadequate quality of it leads to the transmission of diseases. In this sense, the objective of the present investigation was to analyze the temporal distribution of Acute Diarrheal Diseases (ADDs) and their relationship with the temperature and residual chlorine of drinking water, in the city of Puno, Peru. The research is descriptive and explanatory, with a non-experimental and longitudinal research design type. It was used the data obtained from the Health Network from the Puno's health region and the Municipal Sanitation Company, EMSA Puno. It was possible to identify that the residual chlorine in the water distribution system is above 0.5 mg/l. The cross correlation made shows that the historical variations of the ADDs are associated with temperature. Therefore, the ADDs are not directly caused by the water distributed by the company supplying drinking water, and there must be other factors in its endemic casuistry.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades asociadas con el agua siguen siendo una causa principal de morbilidad y mortalidad en los países en vías de desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 2011). El adecuado abastecimiento de agua potable para beber y lavar los alimentos es crítico para reducir la transmisión de enfermedades originadas principalmente por virus, tales como: enterovirus (poliomielitis, faringitis febril, infecciones asintomáticas, pericarditis y erupciones cutáneas) virus de la hepatitis (hepatitis A, B, C, D, E, F, G), rotavirus (diarrea acuosa y vómito especialmente en niños), calicivirus (gastroenteritis) entre otros (Rios-Tobón, Agudelo-Cadavid, & Gutiérrez-Builes, 2017), en caso de no contar con un adecuado abastecimiento, las personas pueden estar expuestas a consumir alimentos contaminados y a estar en contacto con agua contaminada al momento de bañarse o al ejercer otras actividades (Shrestha et al., 2017).

El agua potable también puede ser contaminada después de la colecta, durante el transporte o al ser almacenada en el hogar (Mintz, Reiff, & Tauxe, 1995; Cairncross, et al., 2010) y de esa forma afectar la salud de los consumidores. El 88% de las enfermedades gastrointestinales se atribuyen al suministro de agua insegura, saneamiento deficiente y poca higiene (Organización Mundial de la Salud, 2015).

Dependiendo del tipo de acceso que exista en la comunidad, los usuarios podrían estar expuestos a enfermedades diferentes relacionadas al agua (Cabezas Sanchez, 2018). La clasificación propuesta por Cairncross y Valdmanis (2006), simplifica la relación entre el abastecimiento de agua y la salud en los países en vías de desarrollo: (a) enfermedades transmitidas por el consumo de agua (causadas por ingerir patógenos en agua potable), (b) enfermedades vinculadas a la escasez de agua (debidas a la falta de acceso al agua para la higiene), (c) enfermedades basadas en el agua (transmitidas por invertebrados acuáticos) y (d) enfermedades relacionadas con

vectores (transmitidas por insectos vectores que viven en el agua o pican cerca del agua).

Una de estas enfermedades transmitidas por el agua es la diarrea (Keusch et al., 2006); que se presenta en todo el mundo, causando un 4% de muertes y un 5% de morbilidad, comúnmente causada por infecciones gastrointestinales, con muertes alrededor de 2 millones de personas anualmente a nivel mundial, afectando principalmente a niños (Organización Mundial de la Salud, 2010; 2015; USAID & UNICEF, 2005).

La diarrea es un síndrome clínico acompañada de expulsiones frecuentes de heces laxas o acuosas y a menudo vómitos, fiebre, deshidratación y desequilibrio de electrolitos. Es una manifestación de infección por diversos patógenos bacterianos, víricos y parásitos intestinales (Chin, 2000). La Organización Mundial de la Salud (2006, 2015) considera que la mayoría de las diarreas se puede transmitir por agua contaminada y es más común cuando hay escasez de agua limpia para beber, cocinar y la higiene. Igualmente, el agua puede contaminar alimentos durante el riego, también a los pescados y mariscos; representando una importante carga de salud en muchas regiones del mundo, como una de las principales causas de muerte en los países de bajos ingresos con escaso acceso a agua potable, saneamiento y atención médica (GBD Diarrhoeal Diseases Collaborators, 2017)

Las EDAs son la tercera causa de muerte en el Perú, principalmente en niños de zonas rurales y en los barrios peri-urbanos de Lima, cuyas condiciones de hacinamiento, falta de servicios agua y desagüe, y falta de alimentación saludable, son factores predisponentes (Robles, 2007; De la Cruz et al., 2005). Las EDAs, en la mayoría de casos, en su diagnóstico no son plenamente identificadas. Sin embargo, Cairncross, et al. (2010) sostienen que la falta de evidencias concluyentes de los efectos de la falta de agua, higiene y saneamiento en la presencia de diarrea, en los países en vías de desarrollo, no

es excusa para una inacción; presentes y evidentes en la actualidad. En un estudio realizado en Gaza, Palestina, se encontró una fuerte correlación entre las enfermedades diarreicas con la contaminación de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable (Abu Amr & Yassin, 2008). Por otro lado, Purohit, Kelkar y Simha (1998), señalaron que la diarrea por rotavirus es estacional, sin embargo, es inversamente proporcional a la temperatura, presentándose los picos más altos en los meses fríos.

De la Cruz et al. (2005) en un estudio realizado en asentamientos humanos en la ciudad de Lima, Perú; mencionaron que no utilizar agua desinfectada con cloro, es un factor de riesgo que influye en la aparición de EDAs. El Ministerio de Salud del Perú (2001) menciona que el perfil microbiológico de las diarreas está representado por los virus (*Rotavirus*), parásitos (*Giardia lamblia*) y bacterias (*Shigella* y *E. coli*), en las direcciones de salud de Cajamarca, Lambayeque Loreto y Lima Este. Por consiguiente, son los coliformes fecales los causantes de las enfermedades diarreicas agudas. Por otro lado, en la ciudad de Lethbridge, Canadá, la inclusión de la desinfección del agua por medio de ultravioleta redujo sustancialmente las concentraciones de coliformes fecales (Hyland et al., 2003). Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, muchos de los episodios de morbilidad por diarrea, que ponen en riesgo la vida en la mayoría de los casos, no son notificados a los servicios de salud (Cairncross et al., 2010). Son particularmente más vulnerables a los efectos de la contaminación fecal, los pequeños sistemas de agua potable y que no desinfectan el agua antes de su distribución, presentando un riesgo de brotes de enfermedades transmitidas por el agua (Cretikos et al., 2010).

La desinfección del agua en la planta de tratamiento es la barrera final contra la contaminación microbiana en el agua potable; siendo uno de los desinfectantes más comunes: el cloro (Propato & Uber, 2004; Organización Mundial de la Salud, 2017). Por ello, la Organización Mundial de la Salud (2006, 2017),

recomienda la cloración, para el tratamiento del agua, con la finalidad principal de realizar la desinfección microbiana.

En el monitoreo de la calidad del agua, la determinación de cloro residual en terreno, es uno de los parámetros que se mide frecuentemente, a fin de valorar la inocuidad microbiana y determinación de la calidad del agua en el sistema de distribución (Lee, Lu, & Kung, 2004). El cloro se adiciona al agua potable para reducir o eliminar los microorganismos que son responsables de causar enfermedades transmitidas por el agua, por lo que deberá contener en todo momento (Farooq, Hashmi, Qazi, Qaiser, & Rasheed, 2008), en todos los puntos del sistema de distribución de agua potable (Munavalli & Mohan Kumar, 2005); ya que ello garantiza la destrucción de cualquier agente que pueda introducirse posteriormente (Oliviere, Snead, Krusé, & Kawata, 1986; Cruz Roja Ecuatoriana, 2006).

En Rawalpindi, Pakistán, se reportó cloro residual en un rango de 0.86 a 1.7 mg/l; además señalaron que una concentración de cloro residual de 0.2 a 0.5 mg/l disponible por el consumidor final, asegura la ausencia de coliformes totales en el sistema de distribución de agua (Farooq, Hashmi, Qazi, Qaiser, & Rasheed, 2008). Oliviere, Snead, Krusé y Kawata (1986) señalaron que una concentración de cloro residual libre inicial de 0.9 mg/l tiene una efectiva acción en la inactivación de microorganismos; de igual modo Munavalli & Mohan Kumar (2005) encontraron una constante de 0.75 mg/l de cloro residual en el sistema de agua potable de Bangalore en India; asimismo Galal-Gorchev (1996) señaló que los sistemas de distribución son vulnerables a la contaminación microbiana y que una concentración aproximadamente entre 0.2 a 0.3 mg/l de cloro residual serviría como centinela al ingreso de contaminación y prevenir el crecimiento de bacterias y otros organismos.

A falta de un desinfectante residual en la red de distribución, los microorganismos pueden recuperar

sus niveles altos, por ello la Organización Mundial de la Salud (2006) recomienda una concentración mayor o igual a 0.5 mg/l de cloro residual, coincidiendo con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano del Ministerio de Salud del Perú (2010), señala un valor no menor de 0.5 mg/l, al igual que la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (1997); igualmente la norma de EE.UU especifica un nivel mínimo de 2 mg/l de cloro residual siendo el de mayor exigencia; estos rangos son necesarios para proteger el deterioro de la calidad de agua (Farooq et al. 2008) y prevenir el crecimiento de biomembranas en la superficie interna de las tuberías de distribución del agua (Kitazawa, 2006; Farooq, Hashmi, Qazi, Qaiser & Rasheed, 2008).

El cloro es muy inestable y ávido a la oxidación, por lo que su concentración se pierde rápidamente por la temperatura, luz y material del tanque de almacenamiento (Organización Panamericana de la Salud, 2005); el decaimiento del cloro es afectado por, la temperatura y por las biomembranas que se desarrollan en la superficie interna de la tubería, ésta última por aumentar la demanda de cloro o proteger la superficie a la penetración del cloro (Hallam et al., 2002; Al-Jasser, 2007); además puede descomponerse ante la exposición de la luz (Cruz Roja Ecuatoriana, 2006); también el cloro puede vaporizarse a temperatura normal (CEPIS, 1988). De igual modo Roeske, Muller y Gunzburg (2004) sostienen que el cloro efectivo disminuye, la que se acelera por la exposición a la luz y el calor.

Powell, Hallam, West, Forster y Simms (2000) en un estudio realizado en la Región Severn Trent en el Reino Unido, encontraron que el decrecimiento constante de cloro tiene una relación significativa con su concentración, la temperatura y la materia orgánica en el agua de consumo humano. Por otro lado, es importante señalar que la temperatura y la concentración inicial de cloro tienen una influencia significativa en la descomposición del cloro (Huua, Westa, Barkerb, & Forstera, 1999). Adicionalmente

Oliviere, Snead, Krusé y Kawata (1986) señalaron que la inactivación de microorganismos (destruye patógenos en un 99.94%) depende del desinfectante residual, tiempo de contacto y temperatura.

La temperatura y por ende el cambio climático, afectan la disponibilidad del agua, su calidad, su acceso y las posibilidades de transmisión de enfermedades, lo que representa una amenaza para las poblaciones humanas (Semenza & Menne, 2009). Los sistemas de distribución de agua potable y el tratamiento del agua, son particularmente susceptibles a condiciones meteorológicas extremas, lo que representa una vulnerabilidad importante para el suministro de agua potable. Muchas enfermedades infecciosas, incluidas las diarreas por shigellosis, fiebre tifoidea y el cólera, están influenciadas por el clima, jugando un rol importante en el proceso de transmisión y puede influenciar en la distribución espacial y estacional, así como en la variación interanual y tendencias a largo plazo (Kelly-Hope et al., 2008).

En los últimos años ha crecido la preocupación de los consumidores por la calidad del agua potable, debido principalmente, a que existe una mayor concienciación respecto a la contaminación ambiental y los episodios de epidemias de enfermedades transmitidas por el consumo de agua (Anadu & Harding, 2000). Como es evidente, existe igual preocupación en la población de la ciudad altiplánica de Puno, Perú, respecto a la calidad del agua que consume; considerando que la continuidad del servicio es de solo dos horas al día en promedio (Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Puno, 2009). Por consiguiente, es sumamente importante conocer cuál ha sido la tendencia de las enfermedades diarreicas agudas y la temperatura ambiental, del mismo modo cual ha sido la tendencia de la concentración de cloro residual en el agua de consumo humano distribuida por la empresa prestadora del servicio de agua potable; para una población de 130.073 habitantes (Municipalidad Provincial de Puno, 2009), que involucra únicamente a la ciudad de Puno.

A todo lo anterior se pueden aplicar modelos de series de tiempo específicos para ayudar a la planificación de la gestión de riesgos a través de una gama de tipos de datos de vigilancia de salud pública (Setty, Enault, Loret, & Puigdomenech Serra, 2018). Por ello, se realizó esta investigación con el objetivo analizar la distribución temporal de la Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) notificadas y su relación con la temperatura ambiental y la concentración de cloro residual del agua potable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó el análisis del enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación descriptiva y explicativa; con el tipo de diseño de investigación no experimental, longitudinal por realizar el análisis a través de una serie de tiempo.

Se empleó la información del número de casos notificados por mes de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs), desde enero del 2005 a octubre del 2010. La información se obtuvo de la Oficina de Estadística de la Red de Salud de Puno perteneciente a la región de Salud Puno del Ministerio de Salud del Perú, que incluye únicamente los establecimientos de salud ubicados en la ciudad de Puno.

La información mensual sobre la concentración de cloro residual de la red de distribución del agua potable de la ciudad de Puno de enero del 2005 a octubre del 2010, fue facilitada por el laboratorio de control de calidad de agua, de la Empresa Municipal de Agua y Saneamiento (EMSAPUNO) Puno, encargada de administrar el sistema de agua potable.

La información de los promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas de la ciudad, fueron obtenidas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), estación PUNO; de enero del 2005 a octubre del 2010.

Para identificar y estimar los efectos de la estacionalidad del cloro residual y de la temperatura ambiental sobre el nivel de incidencia de EDAs, primero se transformaron los datos mediante el cálculo de las medias móviles de longitud 3, que es la media aritmética de los p valores anteriores, el valor considerado y los q valores posteriores de las observaciones de la serie; a fin de detectar y eliminar la tendencia, dispersión o variabilidad motivada por factores coyunturales:

A fin de analizar la estacionalidad de la serie se ha utilizado el análisis de series de tiempo, para lo cual se han realizado los cálculos de las funciones de auto correlación simple y parcial. En el primer caso, si existe correlación los valores separados entre sí por intervalos iguales al periodo estacional deben estar correlacionados de alguna forma; es decir, que el coeficiente de auto correlación para un retardo igual al periodo estacional debe ser significativamente diferente de cero. En el caso de la auto correlación parcial, la correlación entre parejas de valores separados la misma distancia, pero eliminando el efecto debido a la correlación producida por retardos anteriores (Molinero, 2004).

Se ha usado el modelo auto regresivo integrado de medias móviles (ARIMA). Igualmente se ha realizado el cálculo de la correlación cruzada para las EDAs y temperatura máxima, a fin de determinar la fortaleza y la dirección de la relación entre ambas (Castaño & Martinez, 2008). Todos los cálculos se realizaron por medio del programa Statistica 6.0

RESULTADOS

El comportamiento de la concentración del cloro residual del agua potable de la ciudad de Puno, distribuida por la empresa que administra el sistema de agua potable se aprecia un incremento inicial, para luego estacionalizarse, el cual se mantiene posterior a la transformación de datos (Figura 1).

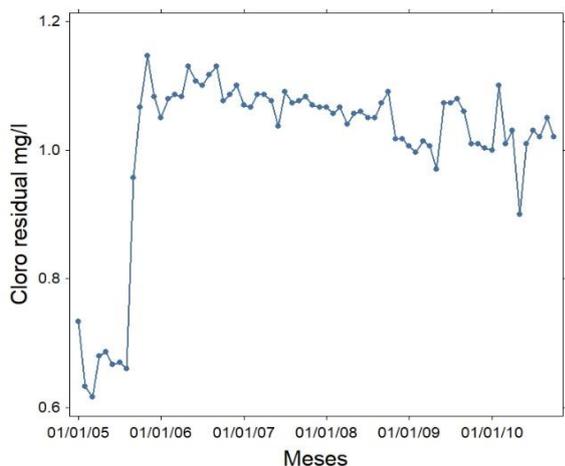


Figura 1. Cloro residual en la red de distribución del sistema de agua potable de Puno, enero 2005 a octubre 2010.

La temperatura máxima y mínima de la ciudad de Puno, desde enero del 2005 a octubre del 2010, tienen una variabilidad estacional, el cual se mantiene al suavizar los datos (Figura 2).

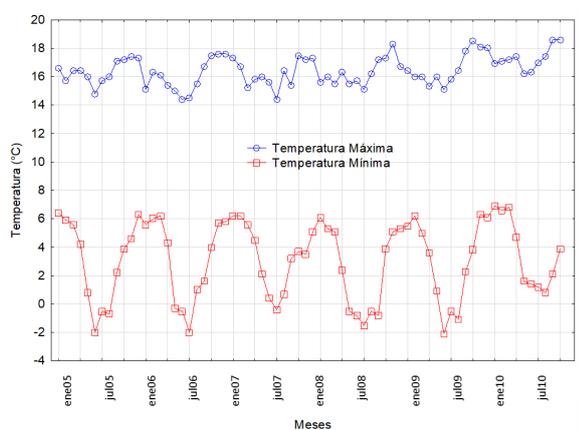


Figura 2. Temperaturas máximas y mínima, enero del 2005 a octubre del 2010.

Con respecto a las EDAs notificadas en la ciudad de Puno, se aprecia una estacionalidad con gran variabilidad. En el mes de diciembre se presentan la mayoría de los casos, seguido del mes de setiembre y marzo (Figura 3).

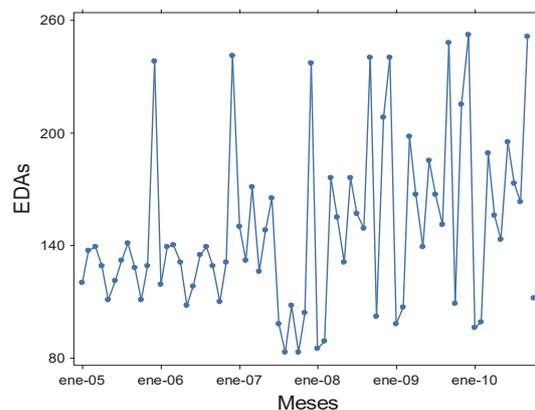


Figura 3. EDAs notificadas de la ciudad de Puno, enero 2005 a octubre del 2010.

Las EDAs muestran estacionalidad, por lo que se calculan las autocorrelaciones simple y parcial (Figura 4 y 5), observándose que en ambas existe correlación, siendo la más alta en el retardo 12, seguido de los retardos 9 y 3, correspondientes a los meses de diciembre, setiembre y marzo respectivamente.

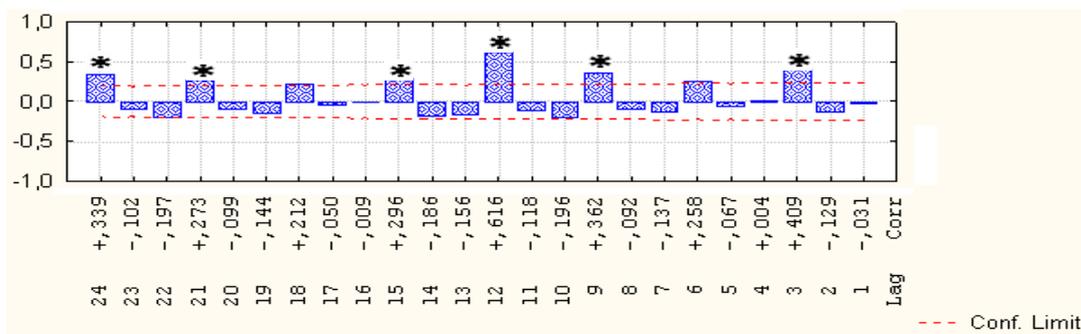


Figura 4. Función de auto correlación simple de la serie de tiempo de casos de EDAs notificados en Puno, enero del 2005 a octubre del 2010.

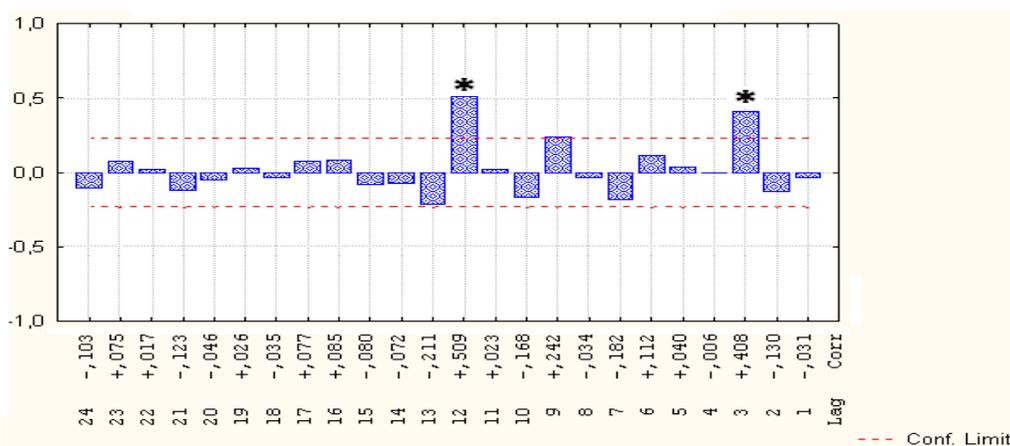


Figura 5. Función de auto correlación parcial de la serie de tiempo de casos de EDAs notificados en Puno, enero del 2005 a octubre del 2010.

De los casos de EDAs notificados y la temperatura máxima de la ciudad de Puno, se identificó una correlación, por lo que se calculó la correlación cruzada entre ambas, y cuyos resultados se muestran en la (Tabla 1), demostrando con ello una relación directa entre la temperatura y las EDA's.

Tabla 1. Correlación cruzada de casos de EDAs y temperatura máxima

Lag (meses)	Correlación R
0	0.3208*
1	0.2575*
2	0.1613*
3	0.0512
4	0.0511
5	-0.063
6	-0.061
7	0.0590
8	-0.032
9	0.0007
10	0.0558
11	0.0167
12	0.0633

*P<0.05

DISCUSIÓN

Los resultados de las series de tiempo de la concentración del cloro residual, en el agua distribuida por la administración del sistema de agua

potable de la ciudad de Puno, en un primer momento se incrementa de 0.5 mg/l hasta mantenerse en niveles superiores de 1 mg/l, concentración acorde a lo establecido por la normatividad del país y coincidente con otros hallazgos y recomendaciones (Ministerio de Salud, 2010; Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 1997; Farooq, Hashmi, Qazi, Qaiser & Rasheed, 2008; Cruz Roja ecuatoriana 2006; Organización Mundial de la Salud, 2006; Kitazawa, 2006; Oliviere, Snead, Krusé, & Kawata, 1986; Munavalli & Mohan Kumar, 2005). Sin embargo, es importante resaltar que este hallazgo está por encima del valor recomendado por Galal-Gorchev (1996).

Este hallazgo nos permite señalar que el agua distribuida estaría garantizando la destrucción de microorganismos en la red de distribución de agua potable. Sin embargo, es importante señalar que la fuente de información es la base de datos de la empresa proveedora del servicio quienes deben garantizar la calidad del agua suministrada y es el Ministerio de Salud quien debería realizar la vigilancia de la misma, a través de la Dirección General de Salud Ambiental y en este caso específico la Dirección Regional de Salud de Puno cuya acción no se realizó.

Con los resultados obtenidos de la temperatura máxima y las EDAs, podemos señalar que existe una correlación positiva entre ambas, similar a lo

encontrado por Huang et al. (2008), Singh et al. (2001) y Kelly-Hope et al. (2008), quienes encontraron una correlación positiva entre diarreas y temperatura

El índice estacional señala un aumento de casos de EDAs ligeramente en los meses de diciembre y septiembre principalmente, coincidiendo con la temperatura máxima. En la correlación cruzada, nos señala que las variaciones históricas de las EDAs están asociadas a la temperatura, resultados que coinciden con Carlton, Woster, DeWitt, Goldstein y Levy (2016), Mendez, Tejeda y Salvador (2010) y Ghazani, FitzGerald, Hu, Toloo y Xu (2018). Por consiguiente, el mismo mes que se incrementa la temperatura existe un incremento de la EDAs; ya que, la incidencia de algunas enfermedades gastrointestinales son estacionales y regionales, por lo que sus hallazgos no pueden generalizarse a todo el año (Hlaing, Mongkolchati, & Rattanapan, 2016). Sin embargo, es necesario señalar que posiblemente muchos de los casos de EDAs estén siendo subnotificados, ya que por diversos motivos la población subnotifica diarreas (Cairncross et al. 2010).

Según los resultados obtenidos en la investigación; el agua distribuida por la empresa proveedora del servicio, cumple con los estándares para cloro residual. Este resultado nos lleva a determinar que las EDAs que se presentan endémicamente en la ciudad de Puno, no serían causadas por el agua distribuida en sí. Sin embargo, con el antecedente de la poca continuidad del servicio de agua potable (aproximadamente 2 horas al día), existe la posibilidad de contaminación durante el transporte y almacenamiento intradomiciliario (Mintz et al., 1995; Cairncross et al., 2010), evento que creemos podría haber sucedido durante el tiempo investigado, basado en lo descrito además por Lee, Lu y Kung (2004), Huaa, Westa, Barkerb & Forstera (1999), Hallam, West, Forster, Powell, & Spencer (2002) y Powell, Hallam, West, Forster & Simms (2000). Por lo que, se requiere con urgencia fortalecer la educación sanitaria y la implementación de políticas centradas en la gestión del agua para controlar la

propagación de enfermedades transmitidas por el agua (Hlaing, Mongkolchati, & Rattanapan, 2016), además de implementar mejoras en los sistemas de agua (Gáldos, et al., 2017).

CONCLUSIONES

Los usuarios del sistema de agua potable al no poseer agua continua las 24 horas, se ven en la necesidad de almacenar en depósitos y/o tanques en el interior de sus domicilios; el cual sino tiene las condiciones mínimas y adecuadas dan lugar a sucesos de re contaminación del agua, acentuándose más por el decaimiento del cloro inicial, luz, la acción de la temperatura y material del tanque de almacenamiento. Entonces a las pocas horas de almacenamiento ya no hay cloro que garantice la inocuidad del agua, además, debido a la posible falta de higienización de estos depósitos de almacenamiento intradomiciliarios permitirían acumular materia orgánica y dar lugar el desarrollo de microorganismos, los cuales con temperaturas adecuadas, y decaimiento de la concentración de cloro, propicia la presencia de EDAs en la población, a esto hay que añadir la poca contribución del servicio intermitente, debiendo mejorarse las condiciones de higiene en los hogares y las conexiones domiciliarias del suministro de agua.

Las EDAs tienen relación con la temperatura máxima, sin embargo, no son causadas directamente por el agua distribuida por la empresa proveedora de servicio de agua potable, debiendo existir otros factores en su casuística endémica, como el almacenamiento intradomiciliario y otros, que en el futuro habría que investigar.

RECONOCIMIENTOS

- Al personal que labora en la Empresa proveedora del servicio de agua potable de la ciudad de Puno, EMSAPUNO, por permitir el acceso a la información.
- Al personal de la Oficina de Estadística de la Red de Salud Puno de la Región de Salud Puno del

Ministerio de Salud del Perú.

- Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía, SENAMHI, por haber facilitado los datos de temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Amr, S., & Yassin, M. (2008). Microbial contamination of the drinking water distribution system and its impact on human health in Khan Yunis Governorate, Gaza Strip: Seven years of monitoring (2000-2006). *Public health*, 122(11), 1275-1283. doi:10.1016/j.puhe.2008.02.009
- Al-Jasser, A. (2007). Chlorine decay in drinking-water transmission and distribution systems: Pipe service age effect. *Water Research*, 41(2), 387-396. doi:10.1016/j.watres.2006.08.032
- Anadu, E., & Harding, A. (2000). Risk perception and bottled water use. *Journal American Water Works Association*, 92(11), 82-92. Obtenido de <https://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/14274.aspx>
- Boithias, L., Choisy, M., Souliyaseng, N., Jourden, M., Quet, F., Buisson, Y., . . . Ribolzi, O. (2016). Hydrological Regime and Water Shortage as Drivers of the Seasonal Incidence of Diarrheal Diseases in a Tropical Montane Environment. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(12), e0005195. doi:10.1371/journal.pntd.0005195
- Cabezas Sanchez, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 309-316. doi:10.17843/rpmesp.2018.352.3761
- Cairncross, S., & Valdmanis, V. (2006). Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion. En D. Jamison, *Disease Control Priorities in Developing Countries*. (págs. 771-791). New York: Oxford University Press and The World Bank.
- Cairncross, S., Hunt, C., Boisson, S., Bostoen, K., Curtis, V., Fung, I., & Schmidt, W.-P. (2010). Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. *International Journal of Epidemiology*, 39, 1193-1205. doi:10.1093/ije/dyq035
- Carlton, E., Woster, A. P., DeWitt, P., Goldstein, R., & Levy, K. (2016). A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *International Journal of Epidemiology*, 117-130. doi:10.1093/ije/dyv296
- Castaño, E., & Martinez, J. (2008). Uso de la función de correlación cruzada en la identificación de modelos ARMA. *Revista Colombiana de Estadística*, 31(2), 293-310. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89912222010>
- CEPIS. (1988). *Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: Tecnología de pequeños sistemas de agua en países en desarrollo*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) de la OPS/OMS. Obtenido de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/201-88SI-6153.pdf>
- Chin, J. (2000). *Control of Communicable Diseases Manual* (17 ed.). Estados Unidos: American Public Health Association.
- Cretikos, M., Byleveld, P., Durrheim, D., Porgneaux, P., Merritt, T., & Leask, S. (2010). Supply system factors associated with microbiological drinking water safety in regional New South Wales, Australia, 2001-2007. *Journal of Water and Health*, 8(2), 257-268. doi:10.2166/wh.2009.203
- Cruz Roja Ecuatoriana. (2006). *Manual comunitario para el mejoramiento de la calidad y acceso a agua segura*. Programa Salud Comunitaria. Proyecto Ayuda Humanitaria Frontera Norte. Publiasesores.
- De la Cruz, M., Herrera, M., Párraga, K., Rengifo, C., Rojas, F., Sanchez, J., . . . Lituma, D. (2005). Prácticas de higiene y su relación con la prevalencia de enfermedad diarreica aguda. *Revista de Facultad de Medicina Humana*, 5(1), 19-26. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/rfmh_urp/v05_n1/a05.htm

- Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Puno. (2009). *Plan Maestro Optimizado 2008-2037*. Puno.
- Farooq, S., Hashmi, I., Qazi, I., Qaiser, S., & Rasheed, S. (2008). Monitoring of Coliforms and chlorine residual in water distribution network of Rawalpindi, Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140(1-3), 339-347. doi:10.1007/s10661-007-9872-2
- Galal-Gorchev. (1996). Desinfección del agua potable y subproductos de interés para la salud. En G. Craun, & R. Castro, *La calidad del agua potable en America Latina: Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de subproductos de la desinfección química* (págs. 89-100). Washington.
- Gáldos Balzategui, A., Carmona de la Torre, J., Sánchez Pérez, H., Morales López, J., Torres Dosal, A., & Gómez Urbina, S. (2017). Evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico por consumo de agua en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Tecnología y ciencias del agua*, VIII(I), 133-153. doi:10.24850/j-tyca-2017-01-10
- GBD Diarrhoeal Diseases Collaborators. (2017). Estimates of global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoeal diseases: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet Infectious Diseases*, 17(9), 909-948. doi:10.1016/S1473-3099(17)30276-1
- Ghazani, M., FitzGerald, G., Hu, W., & Toloo, G. (2018). Temperature variability and gastrointestinal infestions: A review of impacts and future perspectives. *International journal of environmental research and public health* (15), 766. doi:10.3390/ijerph15040766
- Hallam, N. B., West, J. R., Forster, C., Powell, J. C., & Spencer, I. (2002). The decay of chlorine associated with the pipe wall in water distribution systems. *Water Research*, 3479-3488. doi:10.1016/S0043-1354(02)00056-8
- Hlaing, Z. N., Mongkolchati, A., & Rattanapan, C. (2016). A Household Level Analysis of Water Sanitation Associated with Gastrointestinal Disease in an Urban Slum Setting of South Okkalapa Township, Myanmar. *EnvironmentAsia*, 9(2), 91-100. doi:10.14456/ea.2016.12
- Huaa, F., Westa, J., Barkerb, R., & Forstera, C. (1999). Modelling of chlorine decay in municipal water supplies. *Water Research*, 33(12), 2735-2746. doi:10.1016/S0043-1354(98)00519-3
- Huang, D., Guan, P., Guo, J., Wang, P., & Zhou, B. (2008). Investigating the effects of climate variations on bacillary dysentery incidence in northeast China using ridge regression and hierarchical cluster analysis. *BMC Infectious Diseases*, 8:130. doi:10.1186/1471-2334-8-130
- Hyland, R., Byrne, J., Selinger, B., Graham, T., Thomas, J., Townshend, I., & Gannon, V. (2003). Spatial and Temporal distribution of fecal indicator bacteria within the Oldman River Basin of Southern Alberta, Canadá. *Water Quality Research Jour*, 38(1), 15-32. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/242591785_Spatial_and_Temporal_Distribution_of_Fecal_Indicator_Bacteria_within_the_Oldman_River_Basin_of_Southern_Alberta_Canada
- Kelly-Hope, L., Alonso, W., Thiem, V., Canh, D., Anh, D., Lee, H., & Miller, M. (2008). Temporal Trends and Climatic Factors Associated with Bacterial Enteric Diseases in Vietnam, 1991-2001. *Environmental Health Perspectives*, 7(12), 7-12. doi:10.1289%2Fehp.9658
- Keusch, G., Fontaine, O., Bhargava, A., Boschi-Pinto, C., Bhutta, Z., Gotuzzo, E., . . . Laxminarayan, R. (2006). Diarrheal Diseases. En D. Jamison, *Disease Control Priorities Project in Developing Countries* (págs. 371-387). New York: Oxford University Press and The World Bank.
- Kitazawa, H. (2006). Keeping residual chlorine and decreasing unpleasant odor caused by disinfection of tap water. *Water Science and Technology: Water Supply*, 6(2), 193-199. doi:10.2166/ws.2006.069

- Lee, L., Lu, C., & Kung, S. (2004). Spatial Diversity of Chlorine Residual in a Drinking Water Distribution System. *Journal of Environmental Engineering*, 130(11), 1263-1268. doi:10.1061/(ASCE)0733-9372(2004)130:11(1263)
- Méndez Pérez, I. R., Tejada Martínez, A., & Salvador Ramírez, I. (2010). Relación estadística entre la temperatura ambiente y las enfermedades diarreicas en Coatzacoalcos, Veracruz (Mexico). *Investigaciones Geográficas* (73), 119-128. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112010000300009&lng=es&tlng=es
- Ministerio de Salud. (2010). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*. Dirección General de Salud Ambiental.
- Ministerio de Salud del Perú. (2001). *Estudio de etiología de la diarrea en las direcciones de salud Cajamarca, Lambayeque, Loreto y Lima Este*. Dirección General de Salud de las personas. Informe Técnico Vigía.
- Mintz, E., Reiff, F., & Tauxe, R. (1995). Safe water treatment and storage in the home: A practical new strategy to prevent waterborne disease. *JAMA*, 273(12), 948-953. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7884954>
- Molinero, L. (2004). *Análisis de series temporales*. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial.
- Munavalli, G., & Mohan Kumar, M. (2005). Water quality parameter estimation in a distribution system under dynamic state. *Water research*, 39(18), 4287-4298. doi:10.1016/j.watres.2005.07.043
- Municipalidad Provincial de Puno. (2009). *Plan de Desarrollo Provincial concertado al 2021*. Puno.
- Oliviere, V., Snead, M., Krusé, C., & Kawata, K. (1986). Stability and effectiveness of Chlorine disinfectants in water distribution systems. *Environmental Health Perspective*, 69, 15-29. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1474301/>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del Agua Potable*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Water and sanitation related diseases fact sheets*.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Estadísticas Sanitarias Mundiales*. Obtenido de https://www.who.int/whosis/whostat/ES_WHS2011_Full.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *World health statistics 2015*. Luxemburgo: Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guidelines for drinking-water quality*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero*. En colaboración con la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS.
- Powell, J., Hallam, N., West, J., Forster, C., & Simms, J. (2000). Factors which control bulk chlorine decay rates. *Water Research*, 34(1), 117-126. doi:10.1016/S0043-1354(99)00097-4
- Propato, M., & Uber, J. (2004). Vulnerability of Water Distribution Systems to Pathogen Intrusion: How Effective is a Disinfectant Residual? *Environmental Science & Technology*, 38(13), 3713-3722. doi:10.1021/es035271z
- Purohit, S., Kelkar, S., & Simha, V. (1998). Times Series Analysis of Patients with Rotavirus Diarrhoea in Pune, India. *Journal of Diarrhoeal Diseases Research*, 16(2), 74-83. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9805412>
- Rios-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35, 236-247. doi:10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Robles, C. (2007). *Guía de promoción y prevención de enfermedades diarreicas en la atención*

- farmacéutica. Lima: PROESCUELA.
- Roeske, W., Muller, C., & Gunzburg. (2004). Desinfección de agua potable con cloro y dióxido de cloro, Un bosquejo de diferentes métodos. *Revista de Agua Latinoamericana*.
- Semenza, J., & Menne, B. (2009). Climate change and infectious diseases in Europe. *The Lancet Infectious Diseases*, 9(6), 365-375. doi:10.1016/S1473-3099(09)70104-5
- Setty, K. E., Enault, J., Loret, J.-F., & Puigdomenech Serra, C. (2018). Time series study of weather, water quality, and acute gastroenteritis at Water Safety Plan implementation sites in France and Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(4), 714-726. doi:10.1016/j.ijheh.2018.04.001
- Shrestha, A., Sharma, S., Gerold, J., Erismann, S., Sagar, S., Koju, R., . . . Cissé, G. (2017). Water Quality, Sanitation, and Hygiene Conditions in Schools and Households in Dolakha and Ramechhap Districts, Nepal: Results from A Cross-Sectional Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph14010089
- Singh, R., Hales, S., Wet, N., Raj, R., Hearnden, M., & Weinstein, P. (2001). The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. *Environmental Health Perspectives*, 109(2), 155-159. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240636/>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (1997). *Guía sobre el control de calidad del agua potable*.
- USAID, & UNICEF. (2005). *Lineamiento para el tratamiento de la diarrea para trabajadores de salud en posta medicas. Proyecto MOST*. Arlington.
- Wolf, J., Hunter, P. R., Freeman, M. C., Cumming, O., Clasen, T., Bartram, J., . . . Prüs-Ustün, A. (2018). Impact of drinking water, sanitation and handwashing with soap on childhood diarrhoeal disease: updated meta-analysis and meta-regression. *Tropical Medicine and International Health*, 23(5), 508-525. doi:10.1111/tmi.13051