

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Evaluación de un tratamiento en el punto de uso para la
remoción de contaminación microbiológica presente en el
agua para consumo humano de la comunidad de Tarvita
– Chuquisaca

Carlos Eduardo Quezada Lambertin¹

Vidfa Carolina Garvizu Auza²

Instituto de Investigaciones Socio Económicas

Centro de Investigación en Agua, Energía y Sostenibilidad

Universidad Católica Boliviana “San Pablo”

Diciembre de 2019

Este trabajo de investigación fue realizado en el marco del convenio institucional entre el Instituto de Investigaciones Socio Económicas de la Universidad Católica Boliviana San Pablo y Hanns Seidel Stiftung.

Documento online: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/index.php/publicaciones-documentos-de-trabajo-iisec-bolivia>

Cita Sugerida: Quezada Lambertin, C. E. & Garvizu Auza, V. C. (2019). Evaluación de un tratamiento en el punto de uso para la remoción de contaminación microbiológica presente en el agua para consumo humano de la comunidad de Tarvita – Chuquisaca (Documento de Trabajo IISEC-UCB No. 9). Retrieved from IISEC-UCB website: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/index.php/publicaciones-documentos-de-trabajo-iisec-bolivia>

¹ Instituto de Investigaciones Socio-económicas & Centro de Investigación en Agua, Energía y Sostenibilidad, Universidad Católica Boliviana “San Pablo”. Contacto: cae qlamb@gmail.com

² Centro de Investigación en Agua, Energía y Sostenibilidad, Universidad Católica Boliviana “San Pablo”. Contacto: vc.garvizu@acad.ucb.edu.bo

Evaluación de un tratamiento en el punto de uso para la remoción de contaminación microbiológica presente en el agua para consumo humano de la comunidad de Tarvita – Chuquisaca

Carlos Eduardo Quezada Lambertin

Vidfa Carolina Garvizu Auza

Instituto de Investigaciones Socio Económicas

Centro de Investigación en Agua, Energía y Sostenibilidad

Universidad Católica Boliviana “San Pablo”

Noviembre de 2019

RESUMEN

El agua que consumen los habitantes de Tarvita contiene contaminación microbiológica y no cuenta con ningún tratamiento, lo que conlleva al contagio de enfermedades diarreicas por parte de los pobladores de la comunidad. En el presente estudio se selecciona, diseña y evalúa *in situ* la eficiencia de remoción de contaminación microbiológica de un tratamiento en el punto de uso (TPU). Para esto, a partir de un diagnóstico de la zona de estudio en relación al agua para consumo y las enfermedades diarreicas, se seleccionó el tratamiento adecuado al contexto de la comunidad, y posteriormente se diseñó y evaluó la eficiencia del mismo a partir de muestras tomadas del tanque de distribución de agua de Tarvita. Los resultados muestran que el TPU puede remover el 100% de *Escherichia coli* en las 13 pruebas realizadas en el mes de febrero de 2019. Esto indica que este tipo de tratamiento puede aportar efectivamente en la reducción de los episodios de enfermedades diarreicas en la población. Se recomienda estudiar la eficiencia del TPU en época seca y evaluar también la remoción de virus. Además, se recomienda también elaborar una estrategia de implementación del filtro a partir de una intervención en salud para asegurar el correcto y sostenido uso del mismo en la comunidad.

Palabras Clave: Contaminación microbiológica, enfermedades diarreicas, tratamiento en el punto de uso, estrategia de implementación.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

ABSTRACT

The drinking water from Tarvita has any treatment and contains microbiological contamination. This situation leads to high rates of diarrhea episodes in the community. In this study, a point of use (POU) water treatment is proposed to remove this contamination. To achieve this purpose, a diagnostic related to drinking water and diarrhea was developed, which leaded to the selection of the accurate treatment for the Tarvita context and subsequently to its design and efficiency evaluation. The results show that the POU treatment can remove 100% of Escherichia coli in the 13 tests carried out in February 2019. This indicates that this type of treatment may contribute effectively to the reduction of diarrheal episodes in the population. Future studies should test the removal efficiency in the dry season and the efficiency of virus removal. Finally, an implementation strategy for the filter should be developed, based on a health intervention, in order to guarantee the correct and sustained use of the filter by the population.

Keywords: Microbiological contamination, diarrhea, point of use water treatment, implementation strategy.

Introducción

En el año 2015 la Organización de Las Naciones Unidas, en una Asamblea General en la que participaron todos los estados miembros incluyendo la sociedad civil y varias instituciones, aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (UN General Assembly, 2015), donde se incluyeron los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible. Entre estos objetivos se encuentra el número 6.1: “Para 2030, lograr un acceso universal y equitativo a agua potable segura y asequible para todos”. En este sentido, en el 2015, el 71% de los habitantes del mundo cuentan acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura (disponible todo el tiempo y libre de contaminación), sin embargo, todavía 844 millones de personas carecen de servicios básicos de agua potable y 159 millones de personas dependen de aguas superficiales (sin ningún tratamiento).

A esto se suma que al menos 2 millones de personas consumen agua contaminada con heces, situación que puede generar la transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, disentería, tifoidea y polio (WHO, 2018). Además, estas enfermedades son más frecuentes y afectan más a personas con deficiencias inmunológicas, a personas de la tercera edad y principalmente a niños menores a 5 años. Los principales organismos causantes de estas enfermedades pertenecen a los grupos de bacterias, virus y protozoos. Gran parte de estas enfermedades son prevenibles, sin embargo, cerca de 1.000 niños mueren cada día a nivel mundial a causa de ellas (ONU, 2015). Además, las enfermedades diarreicas representan la mayor causa de malnutrición en niños menores a 5 años (OMS, 2017). Esta relación se observa en un análisis realizado en comunidades rurales y urbanas pobres de varios países, el cual concluye que el porcentaje de niños con retraso en el crecimiento atribuido a 5 o más episodios de diarrea es de 25% en niños menores a 24 meses (William, et al., 2008).

En Bolivia, según el ministro de Medio Ambiente y Agua, Carlos Ortúñoz, al menos 9.5 millones de habitantes de todo el país cuentan con acceso a agua potable, siendo una cobertura del 86% de la población total (iAgua, 2018). No obstante, aún existen lugares en los que, si bien poseen sistemas de distribución de agua por tubería en los hogares, estos sistemas no cuentan con ningún tipo de tratamiento. Esto conlleva a los habitantes a la exposición al riesgo de contagio enfermedades diarreicas provocadas por la contaminación fecal (microbiológica) presente en el agua, la cual suele ser de origen animal o humano. La mayoría de estos lugares son comunidades rurales alejadas de los centros urbanos, con pocos habitantes y en su mayoría de bajos recursos. Tal es el caso

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

de la comunidad de Tarvita, de la provincia Azurduy, del Departamento de Chuquisaca, la cual posee un sistema de distribución de agua por tubería, proveniente de diversas fuentes, pero no cuenta con ningún tipo de tratamiento. A esto se suma que el agua que consume la comunidad contiene contaminación fecal (Pérez Flores, 2018), lo que impacta directamente en la salud de la población, provocando que muchos de los habitantes se contagien de EDAs³, principalmente niños menores a 5 años.

En países en desarrollo como Bolivia, la implementación de sistemas convencionales de potabilización de agua suele representar un gran reto para el Estado y para las Organizaciones Internacionales participantes de estos proyectos, debido a los altos costos de inversión, operación y mantenimiento, además de la necesidad de contar con personal técnico altamente capacitado para esta labor. Implementar estos proyectos en comunidades alejadas de los centros urbanos y con índices altos de pobreza, como Tarvita, resulta aún más difícil debido al difícil acceso a la población (el tiempo de viaje desde la capital del departamento es de 9 horas), así como la dificultad de poder lograr que estos proyectos sean sostenibles económicamente.

Por esta razón, desde hace varias décadas se vienen estudiando tratamientos descentralizados, de bajo costo que son implementados directamente en los hogares, estos se denominan tratamientos en el punto de uso (TPU) o también llamados tratamientos domésticos de agua. Estos son métodos, procesos o dispositivos que tienen el objetivo de remover la contaminación microbiológica presente en el agua en los hogares o en el lugar de consumo (OMS, 2011). Para tratar aguas contaminadas con patógenos y lograr asegurar la salud de la población respecto a consumo de agua, las tecnologías de TPU deben: reducir los patógenos hasta lograr cumplir con los requisitos de la normativa de cada país, o bien, cumplir con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS); usarse de forma adecuada y consistente por aquellas personas que se encuentran expuestas a esta contaminación; y además deben ser asequibles para las personas que está más expuestas al riesgo de contagio de enfermedades transmitidas por el agua (WHO, 2016). Las tecnologías de TPU también deben estar acompañadas de un manejo y almacenamiento seguro del agua para poder alcanzar los resultados esperados. Cuando se realiza una correcta aplicación de estos aspectos, se puede reducir las enfermedades transmitidas por patógenos en el agua en un 50% (WHO, 2016).

³ Enfermedades Diarreicas Agudas

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Para llevar a cabo la implementación de un TPU, y lograr que este proceso sea exitoso, es necesaria una intervención en la población objetivo, la cual consiste en un conjunto de actividades y estrategias enfocadas en la promoción del uso adecuado y sostenido del tratamiento propuesto y en la mejora de las prácticas de manejo del agua, saneamiento e higiene en la población (Yates, Allen, Leandre Joseph, & Lantagne, 2017; Clasen, et al., 2015). Durante varios años, principalmente en países en desarrollo, se han realizado diversas intervenciones que estudiaron varios tipos TPU para la remoción de contaminación microbiológica. Estas investigaciones no solo se enfocaron en el estudio de la eficiencia de remoción de los patógenos presentes en el agua sino también en la reducción de los episodios de enfermedades transmitidas por estos patógenos. Como parte de estas intervenciones destacan los ensayos aleatorios controlados, los cuales fueron realizados en varios países en desarrollo y según Parker Fiebelkorn, et al. (2012), los que mejores resultados presentaron fueron principalmente de 5 tipos de TPU: Cloración en el punto de uso, desinfección solar, combinación de un floculante – desinfectante, Filtros de Bioarena y Filtros de Cerámica.

En el presente estudio se realiza un diagnóstico de la situación de la comunidad en relación al agua para consumo humano y las EDAs, todo esto a partir de una revisión bibliográfica y principalmente de visitas a la comunidad. Mediante este diagnóstico se definen los factores determinantes en la selección del tratamiento adecuado para el contexto de Tarvita y se procede a la comparación entre diferentes posibles tratamientos que cumplen con estos factores. Posteriormente se define que los tratamientos en el punto de uso son los más adecuados para ser implementados en Tarvita y que el Filtro de Cerámica es el que mejores características presenta entre estos tratamientos. Finalmente se procede al diseño y evaluación in situ de la eficiencia de remoción de un Filtro de Cerámica.

I. Contexto general del área de estudio

El estudio se enfoca en la remoción de la contaminación microbiológica presente en el agua destinada para consumo humano proveniente del tanque de distribución de la comunidad de Tarvita, del Municipio de Tarvita del Departamento de Chuquisaca.

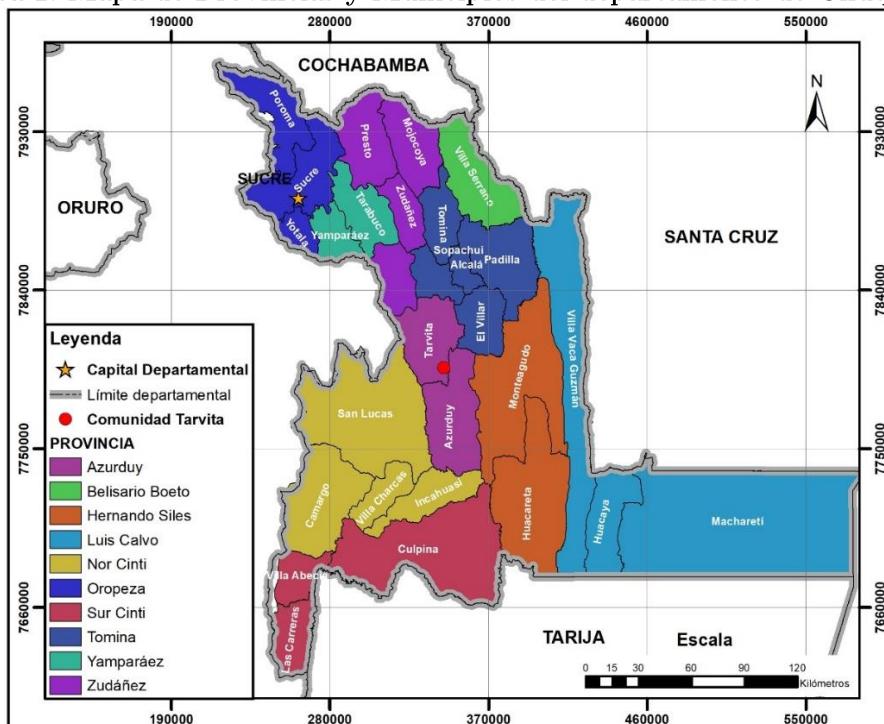
La ubicación de la comunidad en coordenadas UTM es la siguiente (Ver gráfica 1):

- Zona: 20 Sur
- Este: 344458.12

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

- Norte: 7795906.30
- Altitud: 2510 m.s.n.m.

Gráfica 1. Mapa de Provincias y Municipios del departamento de Chuquisaca

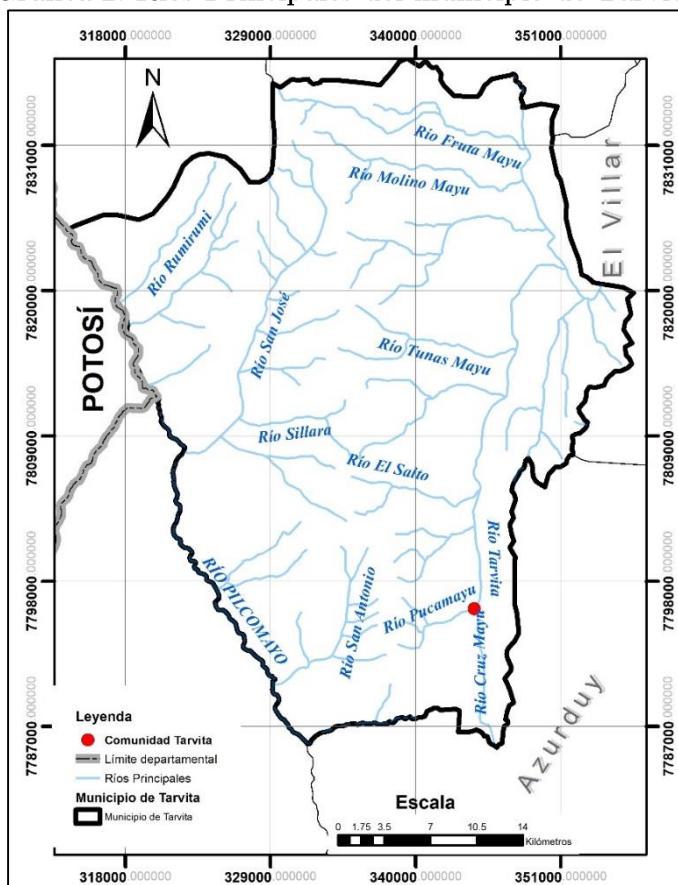


Fuente: Elaboración propia, 2018

Tarvita es la capital del municipio, y el 2012 registró una población de 960 habitantes, 474 hombres y 486 mujeres, con un total 284 viviendas. Del total de habitantes, el 40.5 % es considerado pobre (GAMT, 2016).

Respecto a las actividades económicas desarrolladas por los pobladores, no se tiene información específica sobre la comunidad, sin embargo, en el municipio en general el 67.3% de la población mayor a 10 años se dedica a actividades agrícolas, pecuarias, forestales y pesqueras. En Tarvita, gran parte del agua para riego proviene de ríos Cruz Mayu y Tarvita (ver gráfica 2) y del sistema de distribución de agua para consumo humano.

Gráfica 2. Ríos Principales del municipio de Tarvita

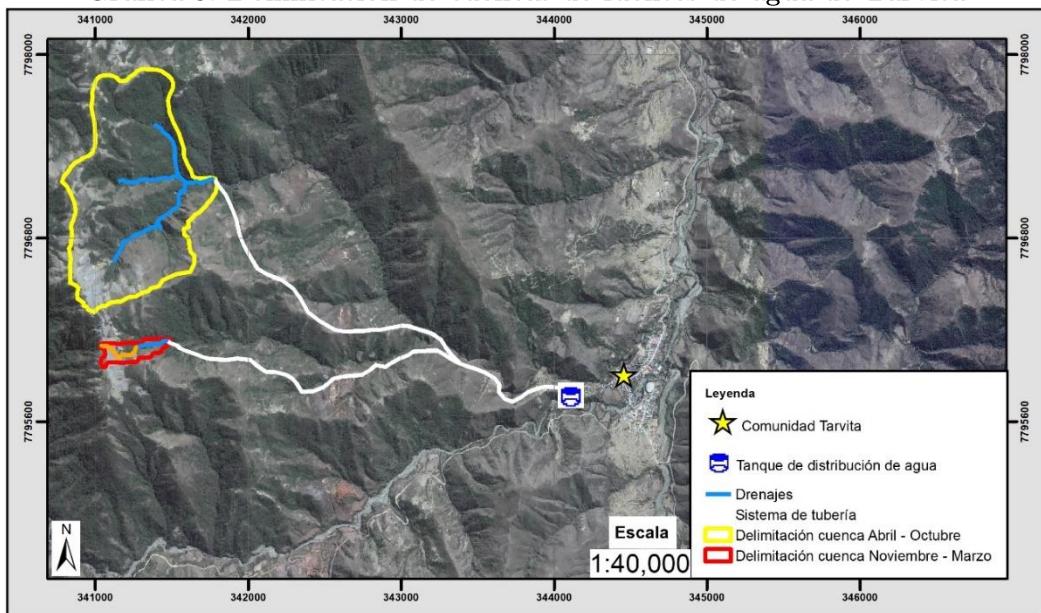


Fuente: Elaboración propia en base a GAMT, 2016.

El sistema de agua por cañería abastece solamente al 70% de las viviendas (197) y las restantes obtienen agua para consumo por otros medios (INE, 2012). Según el Plan Estratégico Municipal en Agua y Saneamiento Básico del Municipio de Tarvita (GAMT, 2015), el 83.4 % de los servicios de agua y saneamiento básico del municipio se consideran inadecuados (GAMT, 2015). Además, según este documento, de las 48 comunidades del municipio, Tarvita es una de las 5 comunidades que presentan una mala calidad de agua para consumo y un sistema de distribución de deficiente.

Si bien, como se muestra en la gráfica 2, la comunidad está asentada cerca de los ríos Cruz Mayu, Puca Mayu y Tarvita, las fuentes de agua que abastecen a este sistema son 2 vertientes diferentes, estas se las muestra en la gráfica 3 y son utilizadas en dos períodos distintos a largo del año. La primera se utiliza entre los meses de noviembre y marzo y la segunda entre abril y octubre.

Gráfica 3. Delimitación de cuencas de fuentes de agua de Tarvita



Fuente: Elaboración propia, 2019

II. Metodología

En esta sección se describe el proceso, los materiales y métodos utilizados para la selección, diseño, evaluación y propuesta de implementación del tratamiento

II.1. Diagnóstico de la situación de la comunidad respecto al consumo de agua potable

El primer paso del presente estudio consistió en el diagnóstico de la zona de estudio respecto al consumo de agua potable. Este se lo obtuvo a partir de visitas a la comunidad; recopilación información relacionada al sistema de distribución de agua y a las EDAs; y entrevistas a autoridades y técnicos del área de agua y saneamiento del GAMT (Gobierno Autónomo Municipal de Tarvita) y personal del centro de salud “Virgen del Rosario”.

II.1.1. Sistema de agua para consumo humano

Como se mencionó previamente, la comunidad de Tarvita se abastece por 2 fuentes de agua utilizadas en diferentes épocas del año, estas dotan de agua a un tanque de distribución a través de tuberías de PVC que tienen una longitud aproximada de 5 km. En la gráfica 3 se muestran las cuencas y captaciones de ambas fuentes de agua, la

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

primera utilizada desde abril a octubre y la segunda utilizada de noviembre a marzo, además del sistema de tubería y el tanque de distribución de agua de la comunidad.

Respecto a la fuente de agua utilizada entre los meses de abril y octubre, el mes de agosto de 2018 se llevó a cabo un análisis del tanque que distribuye agua a la comunidad en el que se midió la concentración de los parámetros *Escherichia coli* y Coliformes Totales para determinar la presencia de contaminación fecal. El resultado del análisis fue⁴:

- 210 NMP para *Escherichia coli*⁵.
- 2400 NMP para Coliformes Totales⁶.

Estos resultados indican que existe una alta contaminación fecal en el tanque respecto al límite máximo permisible por la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable - Requisitos, cuyo valor es 2 NMP⁷. Esto además indica que la población está expuesta al riesgo de contagiarse enfermedades relacionadas a este tipo de contaminación.

Otro estudio llevado a cabo por Pérez Flores (2018), identificó la presencia de los protozoos patógenos *Giardia Lamblia* y *Entamoeba histolytica* en el tanque de distribución de agua. Estos microorganismos son causantes de diarrea, dolores abdominales y en casos severos diarrea con sangre. Además, según la OMS (2006), ofrecen una alta resistencia a la desinfección con cloro, por lo que pueden permanecer por tiempos prolongados en tanques de almacenamiento de agua y en los sistemas de distribución si no existe un mantenimiento y una limpieza adecuada de los mismos, como es el caso del tanque y sistema de distribución de la comunidad de Tarvita (GAMT, 2015).

Respecto a la fuente utilizada entre los meses de noviembre a marzo, como parte de este estudio, el mes de febrero de 2019 se tomó una muestra de agua por día al tanque de distribución, desde el 13 al 26 del mismo mes y se midió la cantidad de UFC⁸ de *Escherichia coli* en 100 ml de muestra. Como promedio de este muestreo se obtuvo un valor de 12 UFC/100 ml, el cual supera el límite máximo permisible por la Norma

⁴ Ver anexo Gráfica 1.

⁵ *Escherichia coli* son bacterias utilizadas como indicador para determinar la eficiencia de los tratamientos para la remoción de patógenos en el agua o bien para caracterizar los diversos cuerpos de agua (OMS, 2006).

⁶ Coliformes Totales son bacterias utilizadas como indicador para determinar la eficiencia de los tratamientos para la remoción de patógenos en el agua (OMS, 2006).

⁷ Número Más Probable

⁸ Unidades Formadoras de Colonias

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Boliviana NB 512 Agua Potable – Requisitos, el cual es de 1 UFC/100 ml. Este resultado indica la presencia de contaminación fecal en el tanque de distribución que se abastece de esta fuente de agua, si bien no es un resultado alto comparando con el valor obtenido para la otra fuente de agua, aún existe riesgo al contagio de enfermedades a causa de patógenos presentes en el agua para consumo.

Además de este problema, el sistema de tubería que transporta el agua desde las captaciones hasta el tanque es deficiente, existen varios puntos que son propensos a romperse a causa de lluvias intensas, esto se muestra en la gráfica 4. Según el presidente del Comité de Agua y Saneamiento de la comunidad, Fausto López, esta situación provoca que, en días en los que la tubería se rompe, la población consuma de agua de otras fuentes menos seguras, como la del río Cruz Mayu, en la cual se determinó una concentración de 240 NMP de *Escherichia coli* y una concentración mayor a 2400 NMP de Coliformes Totales (Pérez Flores, 2018).

Gráfica 4. Punto del sistema tuberías propensos a romperse por derrumbes



Fuente: Quezada, 2019

El sistema de distribución de agua a los hogares no cuenta con ningún tipo de tratamiento de desinfección, debido a que la EPSA⁹ de la comunidad no dispone de los recursos necesarios invertir en un sistema de potabilización, ni para comprar insumos (cloro). Además, no se realiza el mantenimiento ni la limpieza adecuada del tanque y sistema de distribución (GAMT, 2015). Esto provoca que se den las condiciones adecuadas para el desarrollo y crecimiento de patógenos presentes en el agua, ya que como se mencionó anteriormente, se identificó la presencia de los protozoos causantes de enfermedades diarreicas en el tanque cuando este se abastece de agua de la fuente utilizada entre abril y octubre, por lo que estos contaminantes podrían desarrollarse y permanecer en el tanque por largos períodos de tiempo, e incluso seguir habitando los

⁹ Entidad Prestadora de Servicios de Agua y Alcantarillado Sanitario

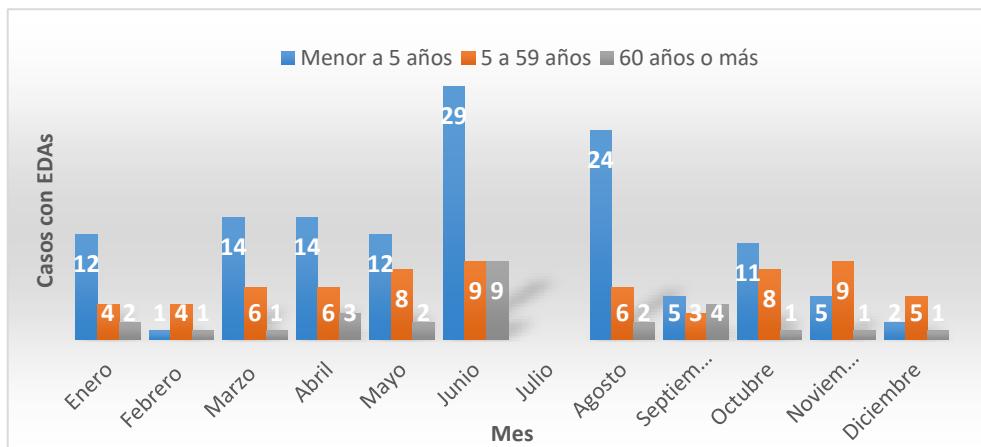
primeros meses del periodo en el que se utiliza la otra fuente de agua, debido a su moderada persistencia en los sistemas de agua y su alta resistencia a la desinfección con cloro (OMS, 2006).

Por todo lo descrito anteriormente, la población de Tarvita está en continuo riesgo al contagio de enfermedades provocadas por la contaminación microbiológica del agua. Sin embargo, la implementación de un sistema de tratamiento centralizado significaría un alto costo de inversión, ya que no solo se necesitaría implementarse un sistema de desinfección, sino que, para asegurar el suministro de agua segura y libre de contaminación fecal, tendría que rediseñarse y cambiar el sistema de tuberías que llevan el agua de las fuentes al tanque e implementar medidas para asegurar que los desastres naturales no afecten la dotación de agua y que población no tenga que abastecerse de otras fuentes más contaminadas.

II.1.2. Situación de la población respecto a enfermedades diarreicas agudas (EDAs)

La contaminación fecal del agua repercute directamente en la salud de la población de Tarvita, generando el contagio de EDAs, donde el grupo más vulnerable es el de niños menores a 5 años. Esta situación se muestra en la gráfica 5, donde los datos fueron obtenidos de los informes del centro de salud “Virgen del Rosario” de la comunidad de Tarvita de la gestión 2018¹⁰.

Gráfica 5. Casos de EDAs tratados en el Centro de Salud de Tarvita en el año 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de gráficas 2 al 11 de anexos

¹⁰ Ver anexo gráficas 2 al 12.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

El centro de salud no cuenta con registros de años anteriores al 2018, sin embargo, la información descrita en la tabla 1 muestra claramente la situación de la comunidad respecto al contagio de EDAs, las cuales, según el director y médico del centro de salud, Ricardo Miranda, son causadas principalmente por el consumo de agua contaminada. En el año 2018 se trataron 230 casos de EDAs en el hospital, y el grupo más afectado fue el de niños menores a 5 años. Además, existe la posibilidad de que algunos casos de episodios diarreicos no hayan sido registrados ni tratados en el hospital. Por otra parte, no se encontraron los registros del mes de julio, por lo que esta información aumentaría el número de casos de EDAs en ese año. Adicionalmente, la tabla muestra que cuando se utilizó la fuente de agua entre los meses de noviembre y marzo, la cantidad de casos tratados en el hospital fue de 74, mientras que en el periodo en el que se utilizó la fuente de agua que abastece a la comunidad entre los meses de abril y octubre, la cantidad de casos tratados fue de 156. Esta diferencia podría deberse a que el agua de la fuente utilizada en los meses de abril y octubre es más contaminada.

II.2. Determinación de factores influyentes en la selección del tipo de tratamiento de adecuado para Tarvita y comparación de los tratamientos que cumplen con estos factores

Luego de conocer las características de la zona de estudio en relación al agua para consumo humano, se determinaron los factores que podrían en la selección de un tratamiento para remover la contaminación del agua que consumen los pobladores de Tarvita. Estos factores se los muestra en la tabla 1 y se realiza además una comparación entre diferentes tratamientos de desinfección para luego seleccionar los que cumplan con la mayoría de estos factores. Cabe resaltar que entre los tipos de tratamiento considerados como posibles opciones, no se incluyen a algunos tipos de tratamiento como los procesos de filtración por membrana (ultrafiltración y nanofiltración) y el proceso de osmosis inversa, debido a que son tecnologías avanzadas y con muy altos costos de operación y mantenimiento, además de un requerimiento de personal altamente capacitado (Leal Ascencio, 2005).

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Tabla 1. Factores que influyen en la selección del tipo de tratamiento de desinfección para la comunidad de Tarvita

Tipo de Tratamiento	Remueve efectivamente <i>Escherichia Coli</i> , <i>Entamoeba histolytica</i> y <i>Giardia lamblia</i>	No es un tratamiento centralizado	Tiene costos de Inversión Bajos	Tiene Costos de mantenimiento bajos	No requiere de capacidad técnica especializada	No requiere de un segundo proceso de desinfección	No requiere de un pre tratamiento
Tratamiento Convencional							
Cloración			x		x	x	
Rayos UV	x			x	x		
Ozono	x						x
Tratamiento en el punto de uso							
Cloración		x	x	x	x	x	
Floculación-Desinfección	x	x	x			x	x
Desinfección Solar	x	x	x	x	x	x	
Filtro de Bioarena	x	x	x	x	x	x	x
Filtro de Cerámica	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia en base a WHO, 2016; Collivignarelli, et al. 2018; USEPA, 1990; OMS, 2006; Leal Ascencio, 2005; EPA, 2011 y Achour & Chabbi, 2014.

II.3. Selección del tratamiento adecuado para Tarvita

A partir de la tabla 2, se definió que los tratamientos que cumplen con por lo menos 6 de los 7 factores determinantes para poder ser implementados en la comunidad de Tarvita son los procesos de Desinfección Solar, Filtro de Bioarena y Filtro de Cerámica, los cuales son tratamientos en el punto de uso. Por este motivo se procede a comparar estos tratamientos para luego seleccionar el que mejores características presenta respecto a los siguientes aspectos:

- Efectividad de remoción de *Escherichia coli* y protozoos.
- Efectividad de reducción de enfermedades diarreicas agudas
- Sostenibilidad del tratamiento

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Desinfección solar: Según la OMS (2011), la Desinfección Solar alcanza una RLD¹¹ máxima de 5 para bacterias y 4 para protozoos, alcanzando los valores de reducción recomendados por esta misma organización, los cuales son de 4 y 4 respectivamente.

Respecto a la efectividad en la reducción de EDAs, du Preez et al. (2011) en una intervención en Kenia con este tipo de TPU, obtuvo una reducción de un 44% para episodios con diarrea con sangre y 30% para diarrea sin sangre en niños menores a 5 años.

Ariff, et al. (2016) realizó una intervención con este TPU y obtuvo una reducción del 52% en los episodios de diarrea en niños menores a 5 años, sin embargo, este estudio menciona otra intervención en Kenia, el año 2016, en el que se obtiene un resultado mucho menor (16%) en la reducción de episodios de diarrea en el mismo grupo de edad.

Rose, et al. (2006), realizó un estudio en el sur de India, en el que determinó que la reducción del riesgo al contagio de EDAs se asocia a la intervención con este tipo de tratamiento en un 40%.

El año 2009 se llevó a cabo una intervención en Bolivia (Mausezahl, et al., 2009). En este estudio no se observa un efecto positivo en la reducción de episodios de EDAs.

Filtro de Bioarena: La OMS (2011), a partir de varios estudios realizados en diferentes países, concluye que este tipo de TPU alcanza una RLD máxima para bacterias y protozoos de 3 y 4 respectivamente, lo que indica que para el caso de la remoción de bacterias presentes en el agua, este tratamiento no es lo suficientemente efectivo para asegurar la salud de las personas, según las recomendaciones de esta organización.

En un estudio en Camboya (World Bank, 2010), se obtuvo una reducción del 47% de los episodios de diarrea asociados a la implementación de este tratamiento en los hogares estudiados.

Stauber, et al. 2012 llevó a cabo otro estudio en Ghana, y evaluaron el impacto de filtros de Bioarena en la salud, obteniendo una reducción del 60% de episodios de diarrea en los hogares que utilizaron este tipo de TPU.

¹¹ Reducción Logarítmica Decimal es igual a: $\log_{10}(\text{Concentración del contaminante antes del tratamiento}) - \log_{10}(\text{Concentración del contaminante después del tratamiento})$

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Filtro de Cerámica: Según la OMS (2011), los valores de RLD máxima de este tipo de tratamiento son de 6 para bacterias y 6 para protozoos, por lo tanto, este tratamiento cumple con las recomendaciones de esta organización en cuanto a la efectividad de remoción de estos parámetros.

Clasen T.F., (2006) estudió entre otros aspectos, la efectividad en la reducción de los episodios de EDAs de diferentes tipos de tratamientos en el punto de uso, y concluyó que, después de una revisión de 6 intervenciones con el Filtro de Cerámica, este logró reducir un 63% este aspecto, superando a todos los demás TPU estudiados (Cloración, Desinfección Solar y Floculación – Desinfección).

Hunter (2009), en un análisis sistemático en el que revisó varias intervenciones con diferentes tipos de TPU, concluyó que el Filtro de Cerámica es el tratamiento con mejores resultados en la reducción de EDAs.

En Bolivia, Clasen, et al. (2004) realizó una intervención en la comunidad de Charinco (Cochabamba), en la que obtuvieron como resultado la reducción del 70% de los episodios de EDAs asociada a la implementación de este filtro.

En otro estudio realizado en Bolivia, en la comunidad Chiñiri (Cochabamba) por Clasen, Brown & Collin (2006), obtuvieron, a través de una intervención con este TPU, la reducción de un 51% de los episodios de EDAs. En relación a la sostenibilidad de estos tratamientos, Hunter (2009) comparó también este aspecto entre diferentes TPU, entre los que se incluyen a intervenciones con Desinfección Solar, Filtros de Bioarena y Filtros de Cerámica y concluyó que este último resulta ser el tratamiento más efectivo en la reducción de EDAs y que mantiene esta efectividad por varios años.

Por lo descrito anteriormente, los tipos de TPU que cumplen con los límites mínimos en relación a la remoción de bacterias y protozoos son la Desinfección Solar y el Filtro de Cerámica. Respecto a la efectividad en la reducción de la incidencia de EDAs, el Filtro de Cerámica resulta ser el que mejores resultados alcanza. Por lo tanto, se considera que la implementación de un Filtro de Cerámica en los hogares de la comunidad de Tarvita puede remover la contaminación fecal presente en el agua para consumo humano, reducir la incidencia de EDAs en la población y mantener esta efectividad a lo largo del tiempo.

II.4. Evaluación de la eficiencia de remoción del Filtro de Cerámica

Después de determinar que el Filtro de Cerámica puede ser un tratamiento adecuado para resolver el problema de contaminación microbiológica y por consiguiente reducir los episodios de EDAs en la comunidad, se procedió la evaluación *in situ* de este tratamiento. Para esto se diseñó un Filtro de Cerámica simple; de bajo costo (185 Bs); de fácil armado, manipulación y mantenimiento y con materiales disponibles en el mercado Boliviano, en base a los prototipos propuestos por Brown (2003); Clasen, et al. (2005) y Franz (2005); esto debido a los buenos resultados respecto a eficiencia de remoción que se obtuvieron en las diferentes intervenciones realizadas por estos autores. Como medio filtrante se escogió el filtro de vela¹² de la marca Stéfani (Cerámicas Stéfani, 2018), la cual tiene un grosor de poro de 1 μm , lo que asegura la remoción de protozoos y bacterias, pero esto no asegura la remoción de virus (Brown, 2003). Para este aspecto la presencia de plata coloidal y carbón activado en la vela filtrante puede aportar en la remoción de este grupo de patógenos. El filtro diseñado y los materiales utilizados se muestran en la gráfica 6.

Gráfica 6. Filtro de Cerámica diseñado para la comunidad de Tarvita



Fuente: Quezada, 2019

Posteriormente se procedió a la medición la eficiencia de remoción del sistema de filtración diseñado. Este proceso se llevó a cabo en la comunidad, en un domicilio particular y se midió la eficiencia del sistema solamente en época de lluvia, por lo tanto

¹² El filtro de vela es un medio poroso rígido cuyo proceso consiste principalmente en la remoción de contaminantes mediante la exclusión por tamaño y la adsorción (procesos físicos).

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

solo se analizó el agua para consumo humano en el tanque de distribución cuando este recibe agua proveniente de la fuente de utilizada entre los meses de noviembre y marzo.

Debido a los altos costos que representa el análisis de muestras de agua en laboratorios certificados, además del tiempo de viaje desde la comunidad hasta el laboratorio más cercano (9 horas), se optó por implementar un laboratorio de bajo costo en un domicilio particular de la comunidad. Para esto se elaboró una incubadora y un sistema de Filtración por Membrana¹³ en base al propuesto por Letzner (2011) en un artículo no publicado. Ambos equipos además del resto de materiales utilizados se muestran en la gráfica 7.

Gráfica 7. Materiales y equipos utilizados para el análisis del agua



Fuente: Quezada, 2019

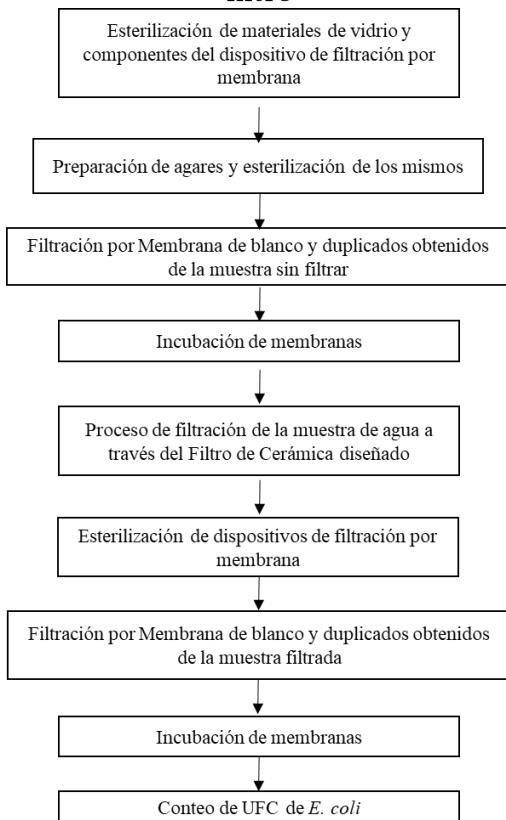
Finalmente se procedió a la toma 14 muestras del tanque de distribución de la comunidad, durante 14 días, del 13 al 26 de febrero de 2018, y se analizó una muestra

¹³ La Filtración por Membrana es una técnica comúnmente utilizada para determinar y cuantificar la concentración de bacterias indicadoras de contaminación microbiológica en el agua (UNEP & WHO, 1996)

por día antes y después de la filtración, midiendo la presencia de *Escherichia coli* en el agua. Para esto se siguió los lineamientos establecidos para el análisis y muestreo de agua de la APHA¹⁴ (APHA, AWWA, & WEF, 1999).

El proceso de medición de la eficiencia de remoción del filtro de cerámica se muestra en la gráfica 8.

Gráfica 8. Diagrama del proceso para la medición de la eficiencia de remoción del filtro



Fuente: Elaboración propia, 2019

III. Resultados

III.1. Concentración inicial de *Escherichia coli* en el Tanque de distribución de agua de la comunidad

Como se menciona previamente, para la medición de la eficiencia de remoción del Filtro de Cerámica diseñado, se toma una muestra por día durante dos semanas del

¹⁴ American Public Health Association

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

tanque de distribución de la comunidad. Siguiendo los lineamientos establecidos por la (APHA, AWWA, & WEF, 1999) se realiza el análisis por duplicado, y se mide también un blanco para asegurar que no exista contaminación externa de las muestras. Se obtiene entonces 14 muestras desde el 13 al 26 de febrero, en las cuales no existe contaminación del blanco excepto en la del día 16 de febrero, por lo tanto no se toma en cuenta esa muestra para el análisis. Los resultados de los duplicados para cada día muestreado se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de la concentración de Escherichia coli en el tanque antes del filtrado

Fecha	Duplicado 1 (UFC/100ml)	Duplicado 2 (UFC/100ml)	Log D1	Log D2
13-Feb	8	10	0.903	1.000
14-Feb	5	3	0.699	0.477
15-Feb	6	3	0.778	0.477
16-Feb	NA	NA	NA	NA
17-Feb	15	17	1.176	1.230
18-Feb	7	9	0.845	0.954
19-Feb	18	16	1.255	1.204
20-Feb	27	24	1.431	1.380
21-Feb	7	12	0.845	1.079
22-Feb	15	12	1.176	1.079
23-Feb	11	8	1.041	0.903
24-Feb	17	19	1.230	1.279
25-Feb	16	18	1.204	1.255
26-Feb	5	9	0.699	0.954

*NA: No Aplica

Fuente: Elaboración propia, 2019

Siguiendo las recomendaciones de la APHA (APHA, AWWA, & WEF, 1999) se obtiene el \log_{10} de cada duplicado y se procede probar la hipótesis nula donde las medias los valores de Duplicado 1 ($M = 1.022$; $SD = 0.240$) y Duplicado 2 ($M = 1.021$; $SD = 0.281$) son iguales. Para esto se realiza la prueba T de Student para dos muestras emparejadas para $\alpha=0.05$. Se obtiene entonces la correlación entre los dos duplicados, siendo $r = 0.813$, lo que sugiere que el tipo de prueba empleada para este análisis es apropiada. Los resultados de la prueba son: $t(12) = 0.019$ y $p > 0.05$, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, indicando que no existe una diferencia significativa entre los valores de los duplicados.

III.2. Eficiencia de remoción de *Escherichia coli* del Filtro de Cerámica

Como se muestra en la gráfica 8, después de iniciar la incubación de las muestras por duplicado y el blanco, se procede a la filtración del resto del agua muestreada para luego analizar la eficiencia de remoción del Filtro de Cerámica diseñado. Se sigue entonces el mismo proceso utilizado para el análisis de la concentración de *Escherichia coli* en el tanque de distribución, realizando mediciones por duplicado y el blanco para cada día muestreado. El resultado para todas las muestras filtradas es de 0 UFC/100 ml, las concentraciones antes y después de la filtración se muestran en la tabla 5.

Tabla 4. Eficiencia de remoción del Filtro de Cerámica

Fecha	Concentración Inicial* (UFC/100ml)	Concentración final (UFC/100ml)
13-Feb	9	0
14-Feb	4	0
15-Feb	5	0
16-Feb	NA	NA
17-Feb	16	0
18-Feb	8	0
19-Feb	17	0
20-Feb	26	0
21-Feb	10	0
22-Feb	14	0
23-Feb	10	0
24-Feb	18	0
25-Feb	17	0
26-Feb	7	0

*Promedio duplicados

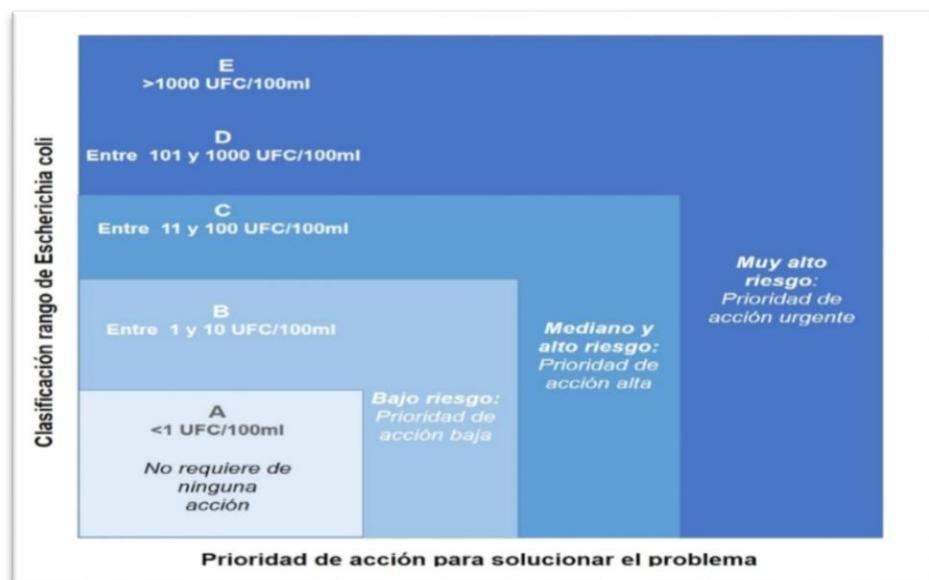
Fuente: Elaboración propia, 2019

Para el tratamiento de los resultados obtenidos, se aplica también la prueba T de Student para dos muestras emparejadas para $\alpha=0.05$. En este caso se espera saber si el proceso de filtración tiene algún efecto en la concentración de *Escherichia coli* en el agua, por lo que se procede a probar la hipótesis nula donde las medias de los valores antes del tratamiento ($M = 12.385$; $SD = 6.265$) y después del tratamiento ($M = 0$; $SD = 0$) son iguales. Se obtiene entonces el valor del estadístico $t=7.127$ con 12 grados de libertad, y el valor de $p = 1.2 \times 10^{-5}$, por lo que se rechaza contundentemente la hipótesis nula, lo que indica que sí existe un efecto significativo por parte del proceso de filtración en el agua contaminada.

III.3. Interpretación de los resultados

El promedio de los valores de la concentración de *Escherichia coli* mostrados en la tabla 3 es de 12 UFC/100 ml. Según la clasificación de riesgo de la OMS respecto a la concentración de *Escherichia coli* en tanques de distribución (ver gráfica 9), en los sistema de tuberías o en el punto de uso (WHO, 2012), el agua que consume la población en este periodo se encuentra en la clasificación “C” por lo que la prioridad de acción para la solución de este problema es alta.

Gráfica 9. Clasificación de riesgo



Fuente: Elaboración propia en base a WHO, 2012

Los resultados presentados en la tabla 4 indican que el Filtro de Cerámica diseñado para Tarvita remueve eficientemente *Escherichia coli* del agua que consume la población. El porcentaje de remoción para todos los casos es de 100%, y traducido en RLD, la remoción alcanza los valores recomendados por la OMS. Además, esto indica que si el filtro puede remover esta bacteria, también puede remover los protozoos *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*, ya que este grupo de patógenos posee un grosor mucho mayor al de las bacterias (Brown, 2003).

Debido a limitaciones económicas para llevar a cabo la investigación se realizaron las pruebas solamente en época de lluvia, cuando la fuente que abastece a la comunidad es menos contaminada que la fuente utilizada entre los meses de abril y octubre, por lo que es necesario medir la eficiencia para esta última fuente, sin embargo, la concentración

de la contaminación fecal no es un factor que influye en la eficiencia de remoción del filtro (Franz, 2005).

IV. Conclusiones y Recomendaciones

En Bolivia todavía existen lugares en los que la población consume agua contaminada sin ningún tipo de tratamiento. Entre los contaminantes presentes en el agua, los más comunes son microrganismos patógenos (bacterias, protozoos y virus), principalmente provenientes de heces fecales de animales o humanos. Esto provoca que los habitantes estén expuestos al contagio de enfermedades provocadas por estos microorganismos. Tal es el caso de la comunidad de Tarvita, en la cual se determinó que el agua que consume la población presenta contaminación microbiológica en concentraciones que ponen en riesgo a la comunidad al contagio de EDAs.

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo seleccionar, diseñar y evaluar un tratamiento que pueda remover eficientemente la contaminación microbiológica presente en el agua que consume la población de Tarvita y consecuentemente reducir la incidencia de EDAs en los pobladores. En este sentido, se identifica que los tratamientos centralizados convencionales no resultan viables para ser implementados en la comunidad debido principalmente a los altos costos de inversión y mantenimiento que estos requieren para poder tratar el agua. A partir de diferentes investigaciones llevadas a cabo en zonas rurales de Bolivia y otros lugares con contextos similares al de Tarvita, se concluye que los tratamientos en el punto de uso son los más adecuados para ser implementados, y que el Filtro de Cerámica resulta el que mejores resultados obtiene en varias intervenciones en relación a la remoción de contaminación fecal, reducción de los episodios de EDAs en la población y sostenibilidad del tratamiento. Es por esta razón que se opta por diseñar y medir la eficiencia un Filtro de Cerámica para remover la contaminación fecal presente en las aguas para consumo humano de Tarvita.

El diseño del filtro fue realizado en base a los prototipos propuestos por Brown (2003); Clasen, et al. (2005) y Franz (2005), obteniendo así un sistema de filtración de bajo costo; de fácil elaboración, operación y mantenimiento; y que requiere de materiales disponibles en el mercado Boliviano. Posteriormente se instaló el Filtro de Cerámica en una residencia privada de la comunidad y se procedió a la evaluación de la eficiencia de remoción del mismo, obteniendo como resultado una remoción del 100% de la concentración de *Escherichia coli*, de las 13 muestras diarias tomadas del tanque de

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

distribución de la comunidad. Esto indica que el tratamiento propuesto es efectivo para remover la contaminación microbiológica presente en el agua que consume la población de Tarvita y por lo tanto puede lograr un aporte importante en la reducción del riesgo al contagio de EDAs por parte de la población.

Debido a las limitaciones presentadas en el desarrollo de la presente investigación, se recomienda medir el desempeño del filtro época seca, en el periodo en el que se utiliza la otra fuente de agua (abril a octubre), principalmente para estudiar el tiempo de saturación del filtro, ya que la concentración de *Escherichia coli* u otro patógeno no es un factor que influye en la eficiencia de remoción. Adicionalmente, se recomienda evaluar el filtro en relación a la remoción de virus, ya que estos microorganismos presentan un grosor menor al del poro de la vela filtrante, sin embargo la presencia de plata coloidal y carbón activado en el filtro puede aportar en la remoción de estos patógenos.

Por último, se recomienda una investigación profunda para la planificación de una intervención para la implementación del filtro, con el objetivo de lograr el correcto y sostenido uso del mismo por parte de la población, y así lograr una mayor reducción del riesgo al contagio de EDAs en la comunidad. Para esto se recomienda que la coordinación general sea liderada por la ONG Cruz Roja Suiza, debido a que esta lleva ya 2 años trabajando en el municipio, tiene como objetivo trabajar 5 años más en esa área, posee amplia experiencia en intervenciones en salud, así como experiencia en capacitaciones para promotores de salud y además tiene como objetivo aportar en la solución del problema de la contaminación fecal de los sistemas de agua del municipio.(Cruz Roja Suiza, 2017).

V. Referencias Bibliográficas

- Achour, S., & Chabbi, F. (2014). Disinfection of Drinking Water-Constraints and Optimization Perspectives in Algeria. *Larhyss*(19), 193-212.
- APHA, AWWA, & WEF. (1999). Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Water Works Association. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Ariff, S., Khan, U., Turab, A., Hussain, I., Habib, A., Mansoor, T., . . . Bhu, Z. A. (2011). Evaluation of Solar Disinfection of water intervention delivered through Lady Health Workers in reduction of diarrheal episodes in under five children. *Int J Pediatr Child Care: Open Access*, 1(1).
- Brown, J. (2003). Evaluation of point-of-use microfiltration for drinking water treatment in rural Bolivia. Department of Geography, University of Cambridge.
- Cerámicas Stéfani. (15 de Septiembre de 2018). Stéfani Purificadores. Obtenido de <http://ceramicastefani.com.bo/empresa.php>
- Clasen, T. F., Alexander, K. T., Sinclair, D., Boisson, S., Peletz, R., Chang, H. H., . . . Cairncross, S. (2015). Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (10).
- Clasen, T. F., Brown, J., & Collin, S. M. (2006). Preventing diarrhoea with household ceramic water filters: Assessment of a pilot project in Bolivia. *International Journal of Environmental Health Research*, 16(3), 231-239.
- Clasen, T., Brown, J., Collin, S., Suntura, O., & Cairncross, S. (2004). Reducing Diarrhea through the use of Household-Based Ceramic Water Filters: A Randomized, Controlled Trial in Rural Bolivia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 651-657.
- Clasen, T., García Parra, G., Boisson, S., & Collin, S. (2005). Household - Based Ceramic Water Filters for the prevention of diarrhea: A randomized, controlled trial of a pilot program in Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 790-795.
- Collivignarelli, M. C., Abbà, A., Benigna, I., Sorlini , S., & Torretta, V. (2018). Overview of the Main Disinfection Processes for Wastewater and DrinkingWater Treatment Plants. *Sustainability*, 10(86). Doi:10.3390

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Cruz Roja Suiza. (2017). Plan Operativo Anual 2018 - Proyecto "Salud Comunitaria – Sistema Municipal de Salud Tarvita". Bolivia.

du Preez, M., Conroy, R. M., Ligondo, S., Hennessy, J., Elmore-Meegan, M., Soita, A., & McGuigan, K. G. (2011). Randomized Intervention Study of Solar Disinfection of Drinking Water in the Prevention of Dysentery in Kenyan Children Aged under 5 Years. *Environmental Science & Technology*, 45, 9315-9323.

EPA. (2011). Water Treatment Manual: Disinfection. Irlanda.

Franz, A. (2005). A Performance Study of Ceramic Candle Filters in Kenya Including Tests for Coliphage Removal. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

GAMT. (2015). Plan Estratégico Municipal en Agua y Saneamiento Básico del Municipio de Tarvita. Tarvita, Bolivia: Gobierno Autónomo Municipal de Tarvita.

GAMT. (2016). Plan Territorial de Desarrollo Integral del Municipio de Tarvita. Gobierno Autónomo Municipal de Tarvita.

Hunter, P. (2009). Household water treatment in developing countries: comparing different intervention types using meta-regression. *Environmental Science & Technology*, 8991-8997.

iAgua. (6 de Agosto de 2018). En Bolivia, 9,5 millones de ciudadanos tienen acceso a agua potable. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <https://www.iagua.es/noticias/mmaya/bolivia-95-millones-ciudadanos-tienen-acceso-agua-potable>

INE. (2012). CENSO. Instituto Nacional de Estadística. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <http://censosbolivia.ine.gob.bo/webine/article/censo-2012-tarvita-registr%C3%B3n-una-poblaci%C3%B3n-empadronada-de-960-habitantes>

Leal Ascencio, M. T. (2005). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. Documento no publicado.

Mausezahl, D., Christen, A., Duran Pacheco , G., Alvarez Tellez, F., Iriarte, M., Zapata, M. E., . . . Colford jr, J. M. (Agosto de 2009). Solar Drinking Water Disinfection (SODIS) to Reduce Childhood Diarrhoea in Rural Bolivia: A Cluster- Randomized, Controlled Trial. *PLoS Medicine*, 6(8).

OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

- OMS. (2011). Evaluación de Métodos para el Tratamiento Doméstico del Agua: metas sanitarias y especificaciones de eficiencia microbiológica. Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2 de Mayo de 2017). OMS: Enfermedades diarreicas. Recuperado el 11 de 09 de 2018, de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
- ONU. (2015). Objetivos del Desarrollo Sostenible. Recuperado el 10 de 09 de 2018, de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Pérez Flores, P. (Diciembre de 2018). Análisis de la Calidad del Agua usando Variables Fisicoquímicas y Biológicas en cuatro ríos del Municipio de Tarvita, Provincia Azurduy del Departamento Chuquisaca. Chimoré, Cochabamba, Bolivia.
- Rose, A., Roy, S., Abraham, V., Holmgren, G., George, K., Balraj, V., . . . Kang, G. (2006). Solar disinfection of water for diarrhoeal prevention in southern India. Archives of disease in childhood, 91(2), 139-141.
- Stauber, C. E., Kominek, B., Liang, K. R., Osman, M. K., & Sobsey, M. D. (2012). Evaluation of the Impact of the Plastic BioSand Filter on Health and Drinking Water Quality in Rural Tamale, Ghana. International Journal of Environmental Research and Public Health, 3806-3823.
- UN General Assembly. (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.
- UNEP, & WHO. (1996). Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater. (J. Bartram, & R. Ballance, Edits.) UNEP/WHO.
- USEPA. (Abril de 1990). Environmental Pollution Control Alternatives: Drinking Water for Small Communities. Obtenido de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30004A3P.txt>
- WHO. (2012). A toolkit for monitoring and evaluating household water treatment and safe storage programmes. Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2016). Results of Round 1 of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies. World Health Organization.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

WHO. (7 de Febrero de 2018). Drinking-water. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

William, C., Buckley, G., Gilman, R. H., Assis, A. M., Guerrant, R. L., Morris, S. S., . . .
. The Childhood Malnutrition and Infection Network. (13 de Mayo de 2008). Multi-
country analysis of the effects of diarrhoea on childhood stunting. International
Journal of Epidemiology, 37, 816–830.

Mausezahl. (2010). Improving household drinking water quality : use of BioSand Filters
(BSFs) in Cambodia. Washington, DC: World Bank. Obtenido de
<http://documents.worldbank.org/curated/en/749541468229471035/Improving-household-drinking-water-quality-use-of-BioSand-Filters-BSFs-in-Cambodia>

Yates, T., Allen, J., Leandre Joseph, M., & Lantagne, D. (2017). WASH interventions
in disease outbreak response. Oxford: Oxfam GB.

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

VI. Anexos

Gráfica 1. Resultado muestra del tanque de agua – agosto 2018

UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA FACULTAD DE TECNOLOGÍA		INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA			
10187					
INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO N°: MIC - 1194 /					
N. de Muestra:	MIC/539-1194	N. Solicitud:	539-2018		
Solicitante:	CARLOS QUEZADA				
Dirección:	Calle Bolívar N° 825	Teléfono:	77121466		
Producto:	AGUA DE VERTIENTE				
Cantidad Aprox.:	1 L.	Envase:	Plástico		
Procedencia del Producto:	Municipio de Tarvita	Marca:	...		
Muestreado por :	Carlos Quezada Fecha y hora Muestreo: 2018-08-09 14:08				
Lugar y punto de muestreo:	Toma de Agua Tarvita				
Fecha y hora Recepción en Laboratorio:	Fecha y Hora de Ensayo:	2018-08-09 14:00	Fecha de Emisión Informe:	2018-08-22	
Condiciones Ambientales de ensayo:	Temperatura °C: 18,0	Humedad relativa %: 58,3			
Observaciones: La muestra fue recibida en laboratorio con parámetros solicitados por el cliente					
RESULTADOS:					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	REFERENCIAS*	PRINCIPIO	NORMA DE ENSAYO
Coliformes totales	NMP /100 ml	<2400	... - 2	Tubos Múltiples	NB 32005
Escherichia coli	NMP /100 ml	210	... - 2	Tubos Múltiples	NB 32005
Nº de Registro de datos: ITA-SGC-FD-D48.10 1108/2018					
NOTA 1.- Los resultados reportados en la tabla se refieren únicamente a la muestra ensayada en laboratorio					
NOTA 2.- Los resultados reportados <1 y <1,0 ¹⁰ 1 g o ml significa sin proliferación en la mínima dilución.					
(*) Ref. Norma Boliviana NB 512, Agua Potable- Requisitos, Junio 2016					
Analista: LDN.					
<p>Luis Suárez M. Olmos RESPONSABLE LABORATORIO INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS UMR D.E.S.T.</p> <p>Ing. Juan Eloy Copacalle Chacón DIRECTOR EJECUTIVO INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS</p>					

Gráfica 2. Casos tratados de EDAs en el mes de enero - 2018

10 PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD																				
ENFERMEDADES	MENOR DE 6 M		6 MESE A MENOR DE 1 AÑO		1 A 4 AÑOS		5 A 9 AÑOS		10 A 14 AÑOS		15 A 19 AÑOS		29 a 39 años		40 a 49 años		50 a 59 años		60 años y mas	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
IRAS	-	1	6	-	12	7	4	-	3	2	7	2	2	1	4	2	10			
Lumbalgia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	10	-	4	-	3	9	13		
Gastritis	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	6	-	3	-	3	3	18		
I.V.U.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	3	-	1	1	2	
Artritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	6	11	
E.D.H.	1	-	1	3	6	1	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	1	-	2	
H.T.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	4	6
Conjuntivitis	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
Colecistitis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfermedad Chagas	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
total	1	1	7	3	19	9	5	-	4	2	-	5	9	45	3	13	2	14	26	66

Bueno |
Dra. Katherine Ieran Davila
MEDICO - CRUJANO
Mat. Prof. T-1291

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Gráfica 3. Casos tratados de EDAs en el mes de febrero - 2018

ENFERMEDADES	MENOR DE 6 M		6 MESE A MENOR DE 1 AÑO		1º A 4 AÑOS		5 A 9 AÑOS		10 A 14 AÑOS		15 A 19 AÑOS		29 a 39 años		40 a 49 años		50 a 59 años		60 años y mas			
			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
Abdomen Agudo												1				2	1				2	
SEPSIS													1									
Válvula Urinaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5	-	3	-	1	3	1		
Hipertensión Arterial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-		3	3			
Aborto	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	2	2	-	-	1	-	1	
Coleitis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	2	-	-	1	-	1		
Disenteria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	1	1	
CNeumonía	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
IRAS/N	1	2	3	2	12	3	3	1	1	1	1	1	1	4	-	2	2	-	1	-	1	
EDA persistente	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Diabetes tipo II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
total	1	2	4	2	12	6	4	2	4	2	1	3	7	10	6	9	3	10	7			



 Dr. María F. Maldonado Segundo
 MEDICO CIRUJANO
 Mat. Prof. T-1291

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Gráfica 4. Casos tratados de EDAs en el mes de marzo - 2018

ENFERMEDADES	MENOR DE 6 M		6 MESE A MENOR DE 1 AÑO		1º A 4 AÑOS		5 A 9 AÑOS		10 A 14 AÑOS		15 A 19 AÑOS		29 a 39 años		40 a 49 años		50 a 59 años		60 años y mas		
			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
IRAS	2	-	11	4	23	26	7	9	3	1	4	2	8	8	21	4	1	2	5	13	
Lumbalgia	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	3	2	1	1	11	8	18		
Gastritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H.T.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	2	2	6	3	6	7	14	
E.I.R.	-	-	6	-	3	5	-	1	-	3	1	-	-	2	-	-	-	-	7	9	
I.V.U.	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
Artritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	2	
Colecistitis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	3	
Conjuntivitis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	1	3	
Chagas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	
total	2	-	17	5	26	32	7	10	3	7	7	6	11	20	12	18	7	32	35	64	



 Dra. Katherine Terán Dávila
 MEDICO CIRUJANO
 Mat. Prof. T-1291

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Gráfica 5. Casos tratados de EDAs en el mes de abril - 2018

Nº	ENFERMEDADES	10 CAUSAS PRINCIPALES DE MORBILIDAD										CENTRO DE SALUD INTEGRAL VIRGEN DEL ROSARIO TARVITA												
		< DE 6 m.		6 m A < 1 AÑO		1 - 4 AÑOS		5 - 9 AÑOS		10 - 14 AÑOS		15 - 19 AÑOS		20 - 39 AÑOS		40 - 49 AÑOS		50 - 59 AÑOS		60 Y MAS		TOTAL		
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
1	Epilepsia	1	-	6	3	10	15	2	3	3	-	1	1	2	3	2	1	-	-	7	10	31	39	
2	Gastritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	15	5	25	
3	EDA	2	-	-	1	7	4	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	13	10	
4	Lumbalgia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	Artritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	6	11	
6	Hipertensión Arterial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3	5	
7	Aborto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	2	6	
8	Diabetes T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	2	3	
9	Nevritonia viral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Vólvulo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	
11																								
TOTAL		3	-	6	4	19	20	2	3	2	7	1	1	3	16	5	5	7	10	22	39	68	105	



 Dr. Líder Pérez Segura
 MÉDICO CIRUJANO
 M.P. P-2852

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Gráfica 6. Casos tratados de EDAs en el mes de mayo - 2018

Nº	ENFERMEDADES	10 CAUSAS PRINCIPALES DE MORBILIDAD										CENTRO DE SALUD INTEGRAL VIRGEN DEL ROSARIO TARVITA												
		< DE 6 m.		6 m A < 1 AÑO		1 - 4 AÑOS		5 - 9 AÑOS		10 - 14 AÑOS		15 - 19 AÑOS		20 - 39 AÑOS		40 - 49 AÑOS		50 - 59 AÑOS		60 Y MAS		TOTAL		
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
1	IRAS	4	1	9	1	15	13	6	2	4	-	6	2	6	2	1	2	1	3	44	34			
2	Gastritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	4	1	6	1	1	3	9	6	
3	Lumbalgia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	1	2	-	2	6	10	9	18		
4	Flujo Vaginal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	9	-	4	-	4	-	-	-	-	-	
5	Hendida Cervical	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	3	1	1	-	1	1	2	-	3	1	12	4	
6	Infección Urticaria	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	2	1	4	12	12	
7	EDAS	1	-	4	-	5	2	2	-	1	-	-	-	-	-	1	2	1	-	1	1	1	6	
8	Enfermedad Dermática	-	1	-	-	4	3	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	3	7	
9	HT-Arterial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	-	2	8	4	9	
10	Artritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	1	2	2	2	3	
11																								
TOTAL																								



 Dra. Mirna Barriga Val. Jor.
 MEDICO
 M.P.-B 655

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Gráfica 7. Casos tratados de EDAs en el mes de junio - 2018

ENFERMEDADES	MENCR DE 6 MESES		6 MESES A MENOR DE 1 AÑO		1 A 4 AÑOS		5 A 9 AÑOS		10 A 14 AÑOS		15 A 19 AÑOS		20 A 39 AÑOS		40 A 49 AÑOS		50 A 59 AÑOS		60 Y MAS		SUB-TOTAL
			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
IRAS	10	10	5	10	44	48	3	2	2	7	3	2	5	2	8	2	2	4	18	25	212
LUMBALGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	28	2	2	15	30	78	
ARTRITIS R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	52	64
EDAS	2	2	4	4	8	9	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0	2	1	4	5	47
GASTRITIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	2	2	4	18
COLECISTITIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	17
CONJUNTIVITIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	4
NEURALGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
IMPETIGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
NEUMONIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	12	12	9	14	92	58	3	3	3	7	5	8	13	18	17	13	9	14	53	121	444

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Gráfica 8. Casos tratados de EDAs en el mes de agosto - 2018

Nº	ENFERMEDADES	< DE 6 m.		6 m A < 1 AÑO		1 - 4 AÑOS		5 - 9 AÑOS		10 - 14 AÑOS		15 - 19 AÑOS		20 - 39 AÑOS		40 - 49 AÑOS		50 - 59 AÑOS		60 Y MAS		TOTAL
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
1	IRAS					12	4	3	2			7	21	17	7	5	8	5	12	15	63	49
2	ER.G.E.																					
3	Lumbalgia																					
4	ITU																					
5	H.I.T.A.																					
6	Cisticitis																					
7	Nevritis																					
8	Conjuntivitis																					
9	Ataraxia																					
10	Diabetes Tipo II																					
11																						
	TOTAL					14	4	3	3	2	5	34	28	13	21	14	18	39	89	119	16	

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

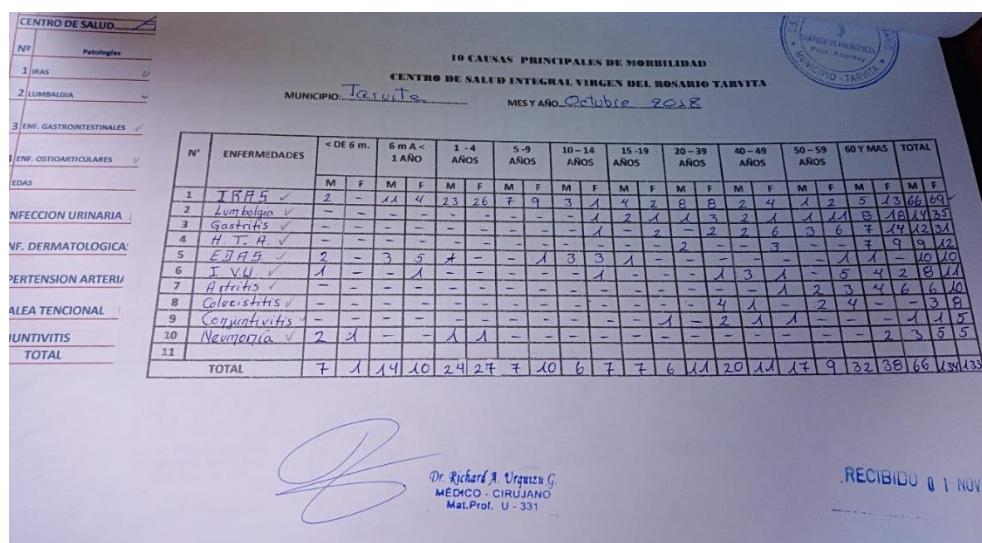
Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Gráfica 9. Casos tratados de EDAs en el mes de septiembre - 2018



Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Gráfica 10. Casos tratados de EDAs en el mes de octubre – 2018



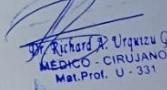
Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Documento de Trabajo IISEC-UCB No.9, diciembre 2019

Gráfica 11. Casos tratados de EDAs en el mes de noviembre – 2018

Nº	ENFERMEDADES	10 CAUSAS PRINCIPALES DE MORBILIDAD																							
		< DE 6 m.		6 m A < 1 AÑO		1 - 4 AÑOS		5 - 9 AÑOS		10 - 14 AÑOS		15 - 19 AÑOS		20 - 39 AÑOS		40 - 49 AÑOS		50 - 59 AÑOS		60 Y MAS		TOTAL			
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
1	Gastritis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	4	6	3	18	9	23	-	-	-	-	-		
2	Lumbalgia	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	2	3	3	5	6	11	13	22	-	-	-		
3	Calesistitis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1	1	6	-	-	-	-	-	-	-		
4	IUU	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	4	-	-	1	2	11	3	20	-	-	-		
5	Chagres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	1	1	1	1	1	1	1	7		
6	IRAS	1	1	4	2	2	9	11	9	3	4	2	3	1	4	9	3	4	3	5	6	12	66	55	
7	EDA	1	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	1	2	2	-	-	1	8	7	-	-	-		
8	Hipertension	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	4	3	4	6	7	11	20	-	-	-	
9	Neurritis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	3	1	1	1	1	5	5	-	-	-	
10	Herrides	-	-	2	-	2	1	1	-	1	3	6	1	6	6	1	3	1	-	3	14	23	-	-	-
11		TOTAL		1	2	5	4	32	13	10	4	4	8	9	9	16	13	9	12	26	17	29	24	71	30203





Richard P. Urquiza G.
MÉDICO - CIRUJANO
Mat.Prol. U 331

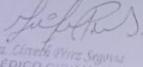
Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”

Repostería de Anita

Gráfica 12. Casos tratados de EDAs en el mes de diciembre – 2018

Nº	ENFERMEDADES	10 CAUSAS PRINCIPALES DE MORBILIDAD																							
		< DE 6 m.		6 m A < 1 AÑO		1 - 4 AÑOS		5 - 9 AÑOS		10 - 14 AÑOS		15 - 19 AÑOS		20 - 39 AÑOS		40 - 49 AÑOS		50 - 59 AÑOS		60 Y MAS		TOTAL			
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
1	TRÁNSITO ANÓRQUICO ✓	-	1	-	-	3	5	2	5	1	2	1	3	8	10	1	6	-	2	3	8	19	42		
2	ERGEOV. ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	4	-	3	8	7	9	17	-		
3	ITU. ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	8	-	2	1	1	1	4	4	16	-		
4	BESTARIO ✓	2	2	1	2	4	4	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	1	-	17	9		
5	H.I.T.A. ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	3	4	8		
6	AETRITIS ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	2	3	2	8	-		
7	GASTROENTERITIS ✓	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	2	1	-	4	4		
8	DIABETES MELLITUS ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	3	-	4	1	7	-		
9	GASTRITO. ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	1	1	1	1	1	7		
10	LUMBALGIA. ✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	2	5	5	17	2	19	-		
11		TOTAL		2	3	1	2	9	9	2	5	1	2	2	6	13	27	1	17	5	21	26	45	62	339





Del Céspedes Pérez Segura
MÉDICO CIRUJANO
M.P. P-2852

Fuente: Registros del centro de salud “Virgen del Rosario”