

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE  
LOS BIODIGESTORES AUTOLIMPIABLES EN LA PROVINCIA DE CELENDIN**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:  
LIANE EMILY GOICOCHEA PÉREZ**

**ASESORA:  
Ing. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2022-**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica

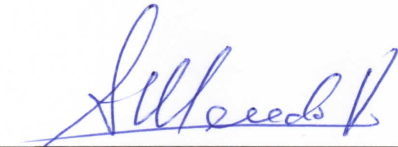


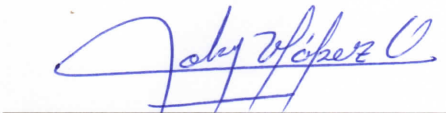
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los seis días del mes de junio del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente **2G - 207** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 046-2022-FCA-UNC, de fecha 28 de febrero del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES AUTOLIMPIABLES EN LA PROVINCIA DE CELENDÍN"**, realizada por la Bachiller **LIANE EMILY GOICOCHEA PÉREZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

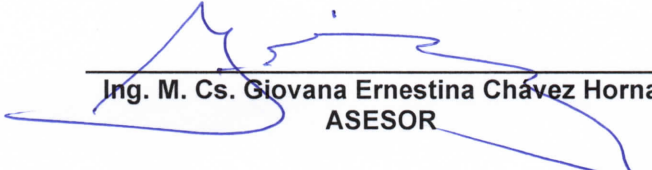
A las dieciséis horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las dieciséis horas y cincuenta y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez**  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**M. Cs. John Víctor López Orbegoso**  
**SECRETARIO**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Alonso Vela Ahumada**  
**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme vida, salud y la bendición para alcanzar mis metas y anhelos a nivel personal como profesional, por darme sabiduría en cada paso que doy y poder superar cada obstáculo que se presenta en el transcurso de mi vida.*

*A mi padre Walter, mi madre Lidia Edita y mi hermano Renzo Yamir, por brindarme su amor, comprensión, confianza, apoyo emocional, económico e incondicional, en todo momento y mucho más en mi formación profesional.*

*A toda mi familia, por confiar en mí, gracias por ser parte de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTO**

*De manera especial agradezco a mis padres, hermano, familiares y personas especiales en mi vida, por ser los principales promotores de mis anhelos, gracias a ellos por cada día confiar en mí, y desear siempre lo mejor para mi vida. Por permitirme la culminación de este trabajo de investigación y hacer realidad una meta trazada.*

*Mi agradecimiento sincero a mi asesora de Tesis, Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna, por su confianza, apoyo desinteresado que brinda a la investigación, por sus acertados consejos, su comprensión y tiempo valioso que me brindo en la realización de esta investigación.*

*Asimismo, agradezco a todas aquellas personas que en algún momento prestaron su apoyo en la realización de esta investigación, a los cuales recordare siempre con gratitud y aprecio.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Ítem	Página
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
CAPÍTULO I.....	10
INTRODUCCIÓN .....	10
1.1. Formulación del problema .....	12
1.2. Objetivos de la investigación .....	12
1.2.1. Objetivo general .....	12
1.2.2. Objetivos específicos.....	12
1.3. Hipótesis de la investigación.....	12
CAPÍTULO II .....	13
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1. Antecedentes de la investigación .....	13
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Digestión anaeróbica .....	14
2.2.2. Parámetros de calidad y operación de digestión anaerobia .....	18
2.2.3. Biodigestor autolimpiable .....	22
2.2.4. Eficiencia de remoción de constituyentes en procesos de tratamiento.....	26
2.2.5. Altitud y su variación de la temperatura en el tratamiento de las aguas residuales...	28
2.3. Definición de termino básicos.....	30
CAPÍTULO III.....	31
MARCO METODOLÓGICO .....	31
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	31
3.2. Materiales .....	33
3.3. Metodología .....	34
3.3.1. Trabajo de campo .....	35

3.3.2.	Trabajo de Gabinete .....	40
CAPÍTULO IV .....		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		41
4.1.	Demanda bioquímica de oxígeno .....	41
4.2.	Coliformes termotolerantes .....	43
4.3.	Potencial de hidrógeno (pH) .....	46
4.4.	Temperatura .....	47
4.5.	Influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables .....	49
CAPÍTULO V .....		54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.....		54
5.1.	Conclusiones .....	54
5.2.	Recomendación .....	55
CAPÍTULO VI.....		56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		56
CAPÍTULO VII .....		62
ANEXOS.....		62
ANEXO 1. Panel fotográfico. ....		62
ANEXO 2. Monitoreos de parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados.....		65
ANEXO 3. Informes de ensayos del laboratorio regional del agua. ....		66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Número de usuarios servidos en función de las capacidades .....	24
Tabla 2. Ubicación de puntos de monitoreo.....	36
Tabla 3. Homogeneidad de puntos de monitoreo.....	36
Tabla 4. Requisitos para toma de muestras de aguas y su manipulación .....	39
Tabla 5. Consideraciones para análisis de muestras de agua residual.....	39
Tabla 6. Concentraciones de Demanda bioquímica de oxígeno (mg <i>O<sub>2</sub>/L</i> ) en el afluente y efluente de los biodigestores BA1 y BA2 y eficiencia de remoción.....	41
Tabla 7. Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTT) en el afluente y efluente de puntos de monitoreo (BA1 y BA2) y eficiencia de remoción.....	44
Tabla 8. Eficiencia de tratamiento de biodigestores autolimpiables ubicados a diferente altitud. ....	49
Tabla 9. Relación entre la variable altitud y eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables. ....	52
Tabla 10. Monitoreo de parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados en los puntos de monitoreo BA1 y BA2 .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Etapas de la digestión anaerobia (Fuente: Tomado de Pavlotasthis y Gómez 1991).....	16
Figura 2. Biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014) .....	23
Figura 3. Esquema de instalación del biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014) .....	23
Figura 4. Componentes del biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014).....	25
Figura 5. Ubicación de la zona de estudio y puntos de monitoreo.....	32
Figura 6. Croquis de distribución de la unidad básica de saneamiento.....	35
Figura 7. Concentraciones de Demanda bioquímica de oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) en el afluente y efluente de los biodigestores BA1 y BA2 y eficiencia de remoción.....	42
Figura 8. Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTT) en el afluente y efluente de puntos de monitoreo (BA1 y BA2) y eficiencia de remoción.....	44
Figura 9. Potencial de hidrógeno de los efluentes de los puntos de monitoreo BA1 y BA2.....	46
Figura 10. Medidas de temperatura de los efluentes de los puntos de monitoreo BA1 y BA2.....	48
Figura 11. Eficiencia de tratamiento de biodigestores autolimpiables ubicados a diferente altitud.	50
Figura 12. Identificación de punto de monitoreo BA1 y BA2 .....	62
Figura 13. Medición de temperatura y pH en el punto de monitoreo BA1(afluente y efluente).....	62
Figura 14. Toma de muestras para DBO en el punto de monitoreo BA1 (afluente y efluente) .....	63
Figura 15. Toma de muestra para CTT en el punto de monitoreo BA1 (afluente y efluente).....	63
Figura 16. Medición de temperatura y pH en el punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente).....	63
Figura 17. Toma de muestra para DBO de punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente).....	64
Figura 18. Toma de muestra para CTT de punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente) .....	64
Figura 19. Verificación de etiquetado y traslado de muestras al laboratorio regional del agua.....	64



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en los caseríos El Porvenir-Distrito de Sucre y el caserío Santa Rosa- Distrito de Celendín- Provincia de Celendín– Cajamarca, con el objetivo de evaluar la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domésticas con biodigestores autolimpiables, en función a la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, asimismo se midieron los parámetros de campo temperatura y pH. Los biodigestores están ubicados a una altitud de 3135 m.s.n.m. en el caserío El Porvenir y a 2645 m.s.n.m. en el caserío Santa Rosa, el muestreo se realizó de manera puntual en el afluente y efluente de los biodigestores, donde se tomaron las muestras periódicamente cada 30 días, durante 04 meses, obteniendo 04 muestras en cada punto de monitoreo, para los respectivos análisis correspondientes. En base a los resultados obtenidos se determinó que el biodigestor ubicado a una altitud de 2645 m.s.n.m., logra un porcentaje de remoción de DBO de 24.52% y un porcentaje de remoción 97.62 % en coliformes termotolerantes, el biodigestor ubicado a 3135 m.s.n.m. logra porcentajes de remoción de 18.77 % de DBO y 35% en coliformes termotolerantes, estos resultados muestran que la altitud influye de manera significativa en la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

**Palabras clave:** Aguas residuales domésticas, biodigestores, eficiencia, altitud, influencia.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the El Porvenir-Sucre District and Santa Rosa-Celendín District- Celendín Province-Cajamarca hamlets, with the aim of evaluating the influence of altitude on the efficiency of domestic wastewater treatment With self-cleaning biodigesters, depending on the removal of the biochemical oxygen demand and thermotolerant coliforms, the field parameters temperature and pH were also measured. The biodigesters are located at an altitude of 3135 m.a.s.l. in the El Porvenir farmhouse and at 2,645 m.a.s.l. In the Santa Rosa farmhouse, the sampling was carried out in a timely manner in the tributary and effluent of the biodigesters, where the samples were taken periodically every 30 days, for 04 months, obtaining 04 samples at each monitoring point, for the respective corresponding analyzes. . Based on the results obtained, it was determined that the biodigester located at an altitude of 2645 m.a.s.l., achieves a BOD removal percentage of 24.52% and a removal percentage 97.62% in thermotolerant coliforms, the biodigester located at 3135 m.s.n.m. achieves removal percentages of 18.77% of BOD and 35% in thermotolerant coliforms, these results show that altitude significantly influences the efficiency of biodigesters in the treatment of domestic wastewater.

**Keywords:** Domestic wastewater, biodigesters, efficiency, altitude, influence.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Todos los países, a excepción de los más desarrollados, gran parte de las aguas residuales, se vierten directamente al medio ambiente, sin ningún tratamiento adecuado y eficiente. Esto repercute de manera negativa en la salud humana, los ecosistemas, la calidad de los recursos de agua dulce y la producción económica (Larios 2015).

En nuestro país muchas veces se implantan acciones y políticas que no necesariamente ayudan a solucionar problemas, porque las condiciones geográficas y climáticas no son iguales en las comunidades, además son varios los factores a tomar en cuenta, como el tipo de afluente, geografía, temperatura, clima, condiciones de vida, entre otras variables (Anchundia et al. 2012). En las zonas rurales por el acceso, la economía y otros indicadores optan por buscar alternativas que reemplacen a los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales, surgiendo alternativas como la instalación de biodigestores autolimpiables, a fin de mejorar las condiciones de vida de las poblaciones rurales. Las instalaciones de unidades básicas de saneamiento con biodigestores, se realizan en lugares donde no sea factible la habilitación de un sistema de alcantarillado ya sea por su lejanía, topografía del terreno o grado de dispersión de la población en el área (Espillico 2014).

La población del caserío El Porvenir, Distrito de Sucre y el caserío de Santa Rosa, Distrito de Celendín pertenecientes a la Provincia de Celendín respectivamente atravesaban una

situación preocupante con respecto al tratamiento de las aguas residuales y excretas, en los años 2015 y 2017, se ejecutaron los proyectos de “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico”, instalando módulos sanitarios básicos con los siguientes componentes: caseta, caja de registro, biodigestor y zanjas de infiltración para el tratamiento de excretas, con la intención de mejorar la calidad de vida de los pobladores de estas comunidades. Sin embargo, no existe investigaciones que demuestren que el proceso de tratamiento en biodigestores autolimpiables son suficientes en cualquier realidad geográfica y climática, las deficiencias están centradas en las recomendaciones que hace el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, que en su norma de edificaciones indica que en zonas donde la temperatura es menor a 15 °C no recomienda la implementación de tratamientos biológicos anaerobios, como es el biodigestor autolimpiable (tanque séptico mejorado - TSM), esta recomendación también la hacen muchos otros autores, y las propias experiencias realizadas que en su mayoría fueron implementadas por debajo de los 2, 500 m.s.n.m. (Tejada 2016).

No teniendo datos concretos sobre eficiencia de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, por los proyectos de saneamiento con UBS con arrastre hidráulico (TSM), resulta importante realizar investigaciones de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables instalados para el tratamiento de excretas en estos caseríos, mediante la obtención de resultados de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes.

## **1.1. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la Provincia de Celendín?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la Provincia de Celendín.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración en el afluente - efluente y el porcentaje de remoción del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de los biodigestores autolimpiables instalados en dos altitudes diferentes en la Provincia de Celendín.
- Determinar la concentración en el afluente - efluente y el porcentaje de remoción del parámetro coliformes termotolerantes de los biodigestores autolimpiables instalados en dos altitudes diferentes en la Provincia de Celendín.
- Medir los parámetros fisicoquímicos de campo (pH y temperatura) en el afluente - efluente de los biodigestores autolimpiables instalados en dos altitudes diferentes en la Provincia de Celendín.

## **1.3. Hipótesis de la investigación**

Los biodigestores autolimpiables instalados a mayor altitud logran una menor eficiencia de tratamiento que los instalados a menor altitud en la provincia de Celendín.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Pérez (2015), estudió la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse - Apurímac, ubicada a 4103 m.s.n.m. Los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción del sistema fueron: Demanda bioquímica de oxígeno 44.6 %, coliformes termotolerantes 30%, sólidos suspendidos totales 65%. Concluyendo que los valores de estos parámetros evaluados, no se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles. Por lo tanto, las aguas tratadas por el biodigestor prefabricado no podrán ser vertidas en cuerpos de agua como ríos, lagos o el mar por su grado de contaminación.

Por otra parte, Mancha (2015), evaluó la eficiencia del funcionamiento del biodigestor autolimpiable en el centro poblado de Sanquira-Yunguyo-Puno”, ubicada a 3826 m.s.n.m. Los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción del sistema fueron: DBO<sub>5</sub> 28.24%, DQO 26.44%, aceite y grasas 62.03%, sólidos totales en suspensión (SST) 57.16%. También determinó la eficiencia de remoción de coliformes totales 47.41% y coliformes fecales 33.60%. Determinando que los valores de DBO y DQO no se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación.

Según Espillico (2014), monitoreó y evaluó el tratamiento de aguas residuales con biodigestores en la comunidad Alto Ayracollana de la provincia de Espinar - Cusco, ubicada a 4304 m.s.n.m. Con los resultados obtenidos del laboratorio, determinó la eficiencia del biodigestor en el tratamiento de excretas con respecto a los parámetros evaluados que fueron: DBO5 21.80%, DQO 23.03%, Aceites y Grasas 51.96%, Sólidos totales en suspensión (SST) 51.39%, Coliformes Totales 47.00% y Coliformes Fecales 32.15%. A su vez realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos en el decreto supremo N° 003-2010-MINAM, deduciendo que el nivel de contaminación es aceptable ya que los contaminantes potenciales no superan los límites máximos permisibles.

Según Nina (2015), estudio la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores en la comunidad de Oquebamba – Espinar – Cusco, ubicado a 3988 m.s.n.m., determina que la eficiencia es alta para la fase primaria, con un 71% de remoción para DBO, 69% DQO, 76% de SST, 64% Coliformes totales, 87% Coliformes Fecales, encontrándose que los valores de los parámetros evaluados superan el rango establecido de los límites máximos permisibles según D.S. N° 003–2010– MINAM.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Digestión anaeróbica**

Almanza (2011), refiere que la digestión anaeróbica comprende un proceso mediante el cual, una gran variedad de desechos orgánicos, en un ambiente sin aire, pueden ser convertidos en un gas combustible rico en metano, llamado "biogás", y un residuo semisólido, rico en nitrógeno, llamado "bioabono" o efluente. Sin embargo, se puede afirmar en líneas generales

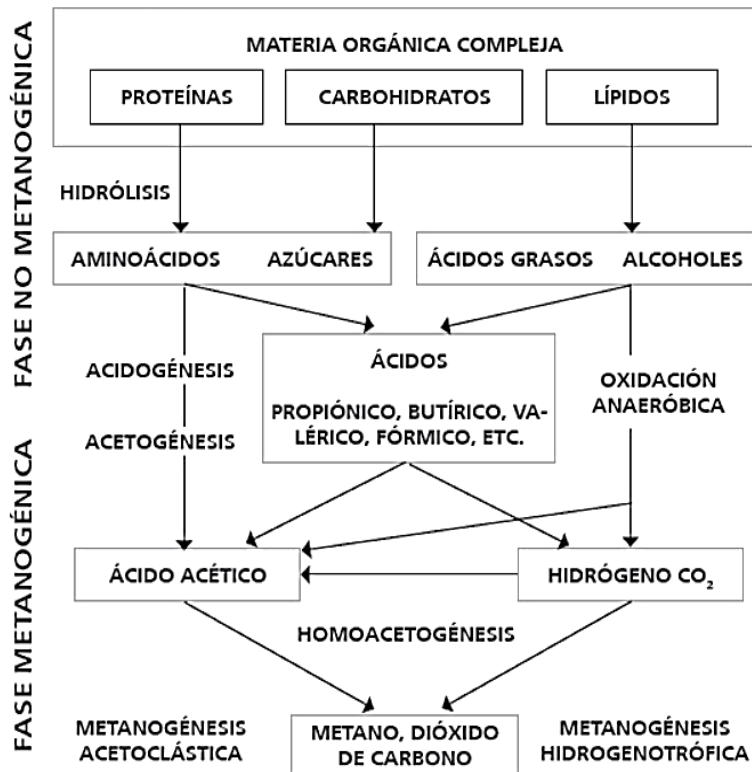
que la digestión anaeróbica se desarrolla en tres etapas durante las cuáles la biomasa se descompone en moléculas más pequeñas para dar biogás como producto final por la acción de diferentes tipos de bacterias.

Las excretas frescas contienen bacterias que continúan digiriéndolo y producen metano, dióxido de carbono y otros gases. Si esta digestión se hace en ausencia de oxígeno, se produce una reacción en cadena de diferentes tipos de bacterias que dan como resultado biogás, que es uno de los productos del biodigestor (Martí 2008).

Salazar (2003), indica también que la digestión anaeróbica consta de un proceso de descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno y que la metodología consiste en introducir el lodo en un tanque cerrado y en el cual liberará gas (principalmente metano), el cual se calienta a través de un intercambio de calor externo.

La digestión anaerobia consiste en un proceso fermentativo en el que la materia orgánica es transformada, en ausencia de oxígeno, por los microorganismos en dos sub productos principales que son; el biogás en su mayor parte compuesto por metano y lodo estabilizado. El proceso de degradación de materia orgánica se realiza mediante reacciones bioquímicas que tienen lugar al interior del reactor en cuatro diferentes etapas (CSIC 2013).





**Figura 1.** Etapas de la digestión anaerobia (Fuente: Tomado de Pavlotasthis y Gómez 1991)

La población bacteriana responsable del proceso está indicada de acuerdo a los números:

1. Bacterias fermentativas
2. Bacterias acetogénicas que producen hidrógeno
3. Bacterias Homoacetogénicas
4. Bacterias Metanogénicas Hidrogenotróficas
5. Bacterias Metanogénicas acetoclástica

A continuación, se detalla cada etapa del proceso de digestión anaerobia.

## **A. Hidrólisis**

Esta primera etapa consiste en la solubilización de la materia orgánica cruda, la cual está formada principalmente por polímeros de hidratos de carbono, proteínas y lípidos, esto ocurre por la acción de exoenzimas secretadas por las bacterias anaeróbicas y facultativas. En esta etapa se obtienen productos orgánicos simples y solubles (Pavlotasthis y Gómez 1991).

Esta es una etapa limitante del proceso, para algunos tipos de sustratos, ya que existen algunos materiales no digeribles o que se digieren demasiado lento. Las especies anaeróbicas presentes en esta etapa se pueden dividir en dos clases: Las que actúan en condiciones óptimas cuando la temperatura del proceso es de 20°C a 35°C, encontrando a las bacteroides y *euobacterium* entre otros. Y las que actúan cuando la temperatura se eleva entre los 50°C y 60°C, encontrando a las bacterias que forman esporas y pertenecen al género *Clostridium* (Luostarinen 2005).

## **B. Acidogénesis**

En esta segunda etapa los productos solubles de la etapa anterior se convierten en ácidos orgánicos volátiles de cadena corta y alcoholes producto de la acción de endoenzimas, algunos de los ácidos grasos más importantes que se forman son: ácido acético, propiónico y butírico. Sólo el ácido acético formado da origen al 70% de la producción de metano. Las bacterias acetilénicas son las encargadas de la degradación de los ácidos grasos de cadena larga (productos de la primera etapa) como los ácidos palmíticos y esteáricos para su posterior transformación a ácido acético (García et al.2015).

### **C. Acetogénesis**

En esta fase, son metabolizados los productos de la fermentación, como alcoholes, ácidos grasos volátiles y compuestos aromáticos, que son convertidos en compuestos más sencillos como: ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono (Lettinga 1994).

### **D. Metanogénesis**

Almanza (2011), indica que en esta etapa los ácidos orgánicos simples producidos en la etapa anterior se convierten en sustrato para la descomposición, estabilización y producción de metano y anhídrido carbónico, por acción de las bacterias metanogénicas. Los organismos que participan en esta fase son los más importantes en el proceso de digestión anaerobia por ser los responsables de la producción de metano y de la eliminación de los productos de las fases anteriores. Estos organismos son anaerobios estrictos.

La producción de metano se realiza a partir de ácido acético, en el caso de los microorganismos metanogénicos acetotróficos (genero *Methanosarcina*, *Methanotrix*) y a partir de la reducción de dióxido de carbono y del ácido fórmico con hidrógeno, en el caso de las bacterias hidrogenófilas (Lettinga 1994).

#### **2.2.2. Parámetros de calidad y operación de digestión anaerobia**

Según CEPIS (1996), existen muchos factores que influyen directamente en la digestión anaerobia los cuales son capaces de modificar la rapidez de las reacciones de descomposición.

## **A. Temperatura**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro. Las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15,6°C como valor representativo. Dependiendo de la situación y la época del año, las temperaturas del efluente pueden situarse por encima o por debajo de las del afluente. El aumento de temperatura puede contribuir al agotamiento del oxígeno disuelto, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura (Espigares y Pérez 1985).

Según Salazar (2003), la temperatura viene a ser uno de los parámetros de mayor influencia en el proceso de digestión anaerobia, esto se debe especialmente a su acción directa sobre la actividad de las bacterias metanogénicas. Para lo cual clasificó los rangos de temperatura en tres grupos:

- Fermentación Psicrófila: 10-20 °C
- Fermentación Mesófila: 20-35°C
- Fermentación Termófila: 40-60°C

Se habían definido tres ambientes anaeróbicos, en función de la temperatura. Un adecuado funcionamiento del biodigestor para cada ambiente, recomienda los siguientes rangos de temperatura: 0 a 20 °C, para el ambiente psicrófilico; 20 a 45 °C, para el ambiente mesofílico;

y 45 a 97 °C, para el ambiente termofílico. Las bacterias que crecen en cada uno de estos ambientes son organismos diferentes (Marín y Correa 2010).

La temperatura es un parámetro de gran importancia en las aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, la temperatura modifica la concentración, saturación de oxígeno disuelto, velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial (Romero 2004).

## **B. Potencial de hidrógeno (pH)**

El intervalo adecuado de pH para que se desarrolle la vida tiene un margen estrecho, en un rango de pH 6 y 9, las aguas residuales con valores menores a 6 y superiores a 9 tienen un tratamiento más complicado mediante agentes biológicos. Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo receptor, el pH de este será alterado; de allí la necesidad de que los efluentes de las plantas de tratamiento deben ser descargados dentro de los límites específicos para descargas a cuerpos receptores (Crites y Tchobanoglous 2000).

Este parámetro determina la inhibición o toxicidad de las bacterias metanogénicas, ocurriendo esta patología cuando es inferior a 6.0. Un adecuado funcionamiento se presentará con un pH en el biodigestor entre 6.5 y 7.5 (Vargas 2006).

Santa (2007), el pH, o potencial hidrógeno influye en gran medida en los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales, particularmente en el anaeróbico, porque las bacterias son afectadas en gran medida por sus fluctuaciones.

### **C. Demanda bioquímica de oxígeno**

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Este parámetro es el más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero 2004).

### **D. Coliformes termotolerantes**

Los coliformes fecales o termotolerantes son bacterias anaeróbicas facultativas, no esporuladas, Gram negativas, que pueden fermentar la lactosa a 44,5 °C, en un período de 24 horas. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa. *E. coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *E. coli*, puede haber microorganismos ambientales (Mora y Mata 2003).

### **2.2.3. Biodigestor autolimpiable**

El biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol. El biodigestor es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales (Anchundia y Ruiz 2012).

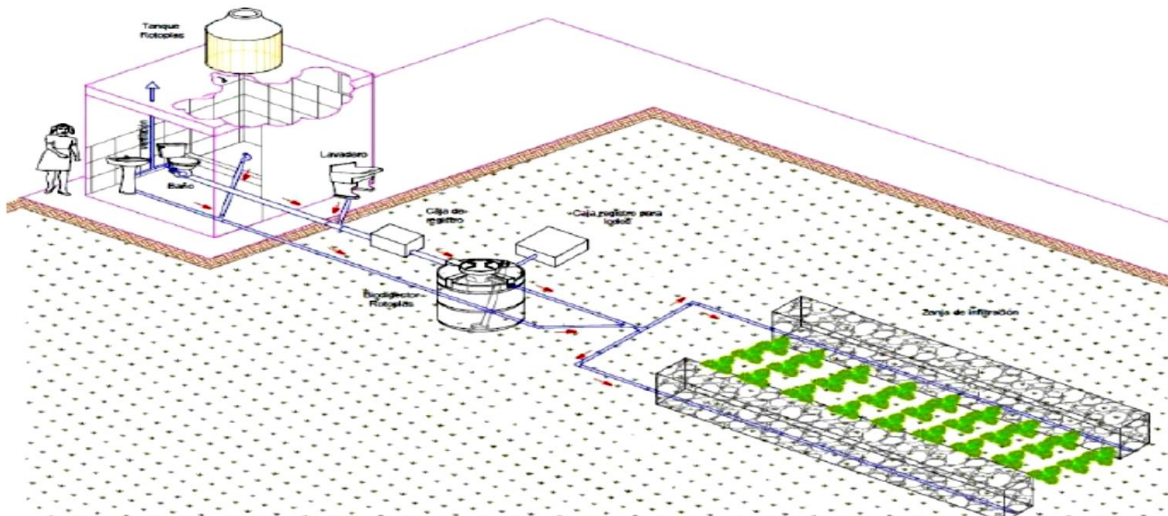
Es un contenedor o reactor herméticamente cerrado e impermeable, dentro del cual se deposita material orgánico a fermentar, estos pueden ser desechos vegetales, excrementos de animales y humanos, con cierta cantidad de agua que permita la fermentación anaerobia, ocasionando la disminución del potencial contaminante de los excrementos, además de producir gas metano y fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio (Pérez 2015).

Anchundia (2012), indica que el biodigestor autolimpiable es un sistema para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica. El agua tratada es infiltrada hacia el terreno aledaño mediante una zanja de infiltración, pozo de adsorción y/o humedal artificial según el tipo de terreno, prueba de permeabilidad.



**Figura 2.** Biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014)

La instalación se realiza en lugares donde no sea factible la habilitación de un sistema de alcantarillado convencional ya sea por su lejanía, topografía del terreno o grado de dispersión de la población en el área. Ejemplos: casas de playa, casas de campo, zonas rurales, subestaciones eléctricas, etc. (Espillico 2014).



**Figura 3.** Esquema de instalación del biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014)



En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes capacidades del biodigestor prefabricado de acuerdo al número de usuarios servidos.

**Tabla 1.** Número de usuarios servidos en función de las capacidades

<b>Capacidad</b>	<b>600 L</b>	<b>1 300 L</b>	<b>3 000 L</b>	<b>7 000 L</b>
<b>Solo inodoro y lavadero de cocina</b>	0.88 m	1.64 m	0.25 m	0.35 m
<b>Desagües totales</b>	1.15 m	1.93 m	0.23 m	0.33 m
<b>Volumen de lodos a evacuar (máx.)</b>	1.46 m	2.75 m	0.25 m	0.40 m

Fuente: Rotoplas 2014.

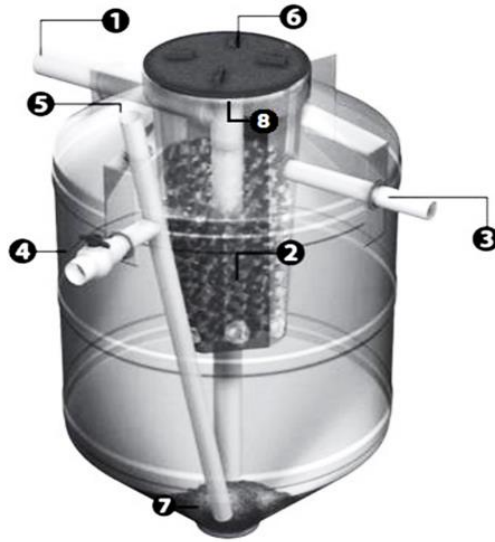
### **2.2.3.1 Características del biodigestor autolimpiable**

El biodigestor autolimpiable está elaborado de polietileno; el cual confina los excrementos de la población humana usuaria. Sin necesidad de medios mecánicos se extrae los lodos, esta estructura permite instalarlo dentro o fuera de las viviendas (Rotoplas 2014).

### **2.2.3.2 Componentes del biodigestor autolimpiable**

A continuación, se pueden observar los componentes del biodigestor:

- 1: Tubería PVC de 4" para entrada de agua.
- 2: Filtro biológico con aros de plástico
- 3: Tubería PVC de 2" para salida de agua tratada.
- 4: Válvula para extracción de lodos.
- 5: Tubería PVC de 2" de acceso para limpieza y/o desobstrucción.
- 6: Tapa click de 18" para cierre hermético.
- 7: Base cónica para acumulación de lodos.



**Figura 4.** Componentes del biodigestor autolimpiable (Fuente: Tomado de Rotoplas 2014)

### 2.2.3.3 Funcionamiento del sistema del biodigestor autolimpiable

El biodigestor autolimpiable funciona de la siguiente manera: Las heces y la orina humana entran al biodigestor autolimpiable por el tubo N°1 hasta el fondo, donde las bacterias empiezan la descomposición (digestión anaerobia). Luego sube y una parte pasa por el filtro N° 2, donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los aros de plástico del filtro (Espillico 2014).

El proceso séptico comienza cuando las aguas negras se introducen al biodigestor por la conexión al desagüe y se dirigen al fondo de lodos. En esta área de lodos se va a formar una colonia de bacterias anaerobias, que van a alimentarse con las excretas. Y las grasas salen a la superficie donde las bacterias las descomponen volviéndose gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo cónico del biodigestor el cual permite reducir las áreas muertas y lo que denominan la auto limpieza, que es la salida de lodos (Pérez 2015).

Luego las aguas tratadas, al pasar por el filtro, realizan nuevamente el proceso séptico con una segunda colonia formada en los aros plásticos (pet). Y finalmente, el agua tratada sale por el tubo N° 3 y al ser descargadas estas aguas hacia el terreno aledaño mediante una zanja de infiltración, pozo de absorción o humedal artificial según el tipo de terreno y zona, culmina el proceso eliminando la presencia de olores y contaminantes. Asimismo, los lodos resultantes de este proceso se limpian cada 12 o 18 meses dejando salir los lodos a través de la válvula para la extracción de lodos (Rotoplas 2014).

#### **2.2.4. Eficiencia de remoción de constituyentes en procesos de tratamiento**

Los biodigestores, sustituye de manera más eficiente, los sistemas tradicionales, como fosas sépticas de concreto y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturarse con sólidos. Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) hasta en un 90% (dependiendo de las condiciones de diseño y operación) (Rotoplas 2014).

La eficiencia de remoción o degradativa, viene a ser la relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. El análisis de la eficiencia del biodigestor se realiza con la comparación de la calidad del agua residual cruda y tratada y verificando el cumplimiento del agua tratada por el biodigestor con los límites

máximos permisibles (LMP) establecidos en la normativa para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales (NORMA OS.090 2006).

La medición de la capacidad degradativa se hace en base a la reducción lograda, luego del proceso de fermentación de las aguas servidas de los parámetros inicialmente medidos en el material de carga (afluente al biodigestor), parte del criterio que al no producirse cambios notables y crecientes (menos de 6 meses), en la comunidad, tales como variación de la población, establecimiento de industrias, cambio en la composición y consumo de alimentos, etc. Las muestras tanto en la entrada como en la salida del sistema de los biodigestores, pueden considerarse como pertenecientes a un mismo proceso degradativo y por lo tanto la eficiencia puede medirse según la siguiente fórmula (Villanueva y Flores 2013).

$$E = \frac{V_{Pe} - V_{Ps}}{V_{Pe}} * 100$$

Donde:

E : Eficiencia degradativa (%)

VPe: Valor de Parámetro de Entrada

VPs: Valor de Parámetro de Salida

Muchos son los factores que afectan las eficiencias de remoción de carga contaminante en este tipo de tratamiento, ya que la anaerobiosis es un proceso complejo sobre cuya naturaleza

constantemente se hacen nuevos descubrimientos y se revalúan teorías. Entre estos factores podemos contar con: el medio de soporte (área superficial, porosidad, altura del lecho), el tiempo de residencia hidráulico (TRH), la configuración de los reactores, la temperatura, pH, nutrientes (Bergamo et al. 2009).

### **2.2.5. Altitud y su variación de la temperatura en el tratamiento de las aguas residuales**

Se denomina como altitud a la distancia vertical que existe entre cualquier punto de la tierra en relación al nivel del mar. Para calcular la altitud, se toma como referencia el nivel del mar, y es por ello que la altitud se expresa en metros seguido del símbolo "msnm" que significa "metros sobre el nivel del mar" (Ucha 2014).

La altitud es relacionada con los pisos térmicos, esto es, la correlación que existe entre la altitud y el factor modificador del clima, sobre todo en la zona intertropical. En virtud, de que, a mayor altitud, la temperatura ambiental disminuye, aproximadamente 1 °C por cada 180 m de altura. En referencia a lo anterior, una altitud elevada es un factor que influye de manera directa en el tratamiento de las aguas residuales dada por cualquier sistema (Derisio 1992).

Generalmente las PTAR existentes en el Perú utilizan la tecnología de lagunas de oxidación y sistemas unitario o unifamiliares (tanque sépticos, biodigestores, entre otros) en las zonas rurales, que es un proceso muy antiguo y poco eficiente, en el caso de las zonas más elevadas del Perú, la poca oxigenación que existe a más de 3,000 metros sobre el nivel del mar, la convierte en una opción poco favorable para poblaciones que se ubican en zonas de gran

altitud, se debe tomar en cuenta que a mayor altitud la eficiencia de los sistemas generalmente disminuye e incrementan los costos (Luostarinen 2005).

La temperatura es un indicador de la altitud, y es una de las variables que más influyen en el proceso tratamiento de aguas residuales, cuya eficacia decrece por debajo de 15 °C ya que la depuración se debe fundamentalmente a la sedimentación, mientras que por encima de 15 °C la biodegradación se incrementa (Ruiz 1999). La temperatura afecta la actividad de los microorganismos, determina la cantidad de energía neta producida e influye en la relación pH-alcalinidad. Los ambientes anaeróbicos en relación con la temperatura pueden subdividirse en tres categorías: psicrófilico (0 °C a 20°C), mesófilico (20 °C a 40°C) y termófilico (45 °C a 65°C). Los cambios de temperatura pueden tolerarse normalmente, pero cuando la temperatura desciende la carga también debe disminuirse de acuerdo con el descenso de la actividad esperada (Inga y Crispin 2015).

La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades bacterianas se sitúa entre los 20 y 35°C los procesos de digestión anaeróbica y de nitrificación se detiene cuando se alcanza a los 50 °C. A temperaturas alrededor de 15°C las bacterias productoras de metano cesan su actividad mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5 °C. (Van Haandel y Lettinga 1994).

Quipuzco (2012), menciona que el diseño de un biodigestor depende directamente de la temperatura ambiente media del lugar donde se va a instalar. La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieran las excretas y cuanto menor sea la temperatura, menor

actividad tendrá estas y por tanto será necesario que las excretas estén más tiempo en el interior del biodigestor; marcando de esta manera la temperatura y el tiempo de retención.

### **2.3. Definición de termino básicos**

**2.3.1 Biodigestor:** Es un reactor herméticamente cerrado e impermeable, dentro del cual se deposita material orgánico a fermentar, estos pueden ser desechos vegetales, excrementos de animales y humanos, con cierta cantidad de agua que permita la fermentación anaerobia, generando la disminución del potencial contaminante de los excrementos, además de producir gas metano y fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio (Pérez 2015).

**2.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Este parámetro es el más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales (Romero 2004).

**2.3.3 Coliformes termotolerantes:** Los coliformes fecales o termotolerantes son bacterias anaeróbicas facultativas, no esporuladas, Gram negativas, que pueden fermentar la lactosa a 44,5 °C, en un período de 24 horas (Salazar 2003).

**2.3.4 Digestión anaerobia:** Es en un proceso fermentativo en el que la materia orgánica es transformada, en ausencia de oxígeno, por los microorganismos en dos sub productos principales que son; el biogás en su mayor parte compuesto por metano y lodo estabilizado (Lettinga 1994).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación**

El presente estudio de investigación se realizó en los caseríos de El Porvenir ubicado a 3130 m.s.n.m, distrito de Sucre y en el caserío de Santa Rosa ubicado a 2640 m.s.n.m, en distrito de Celendín, pertenecientes a la provincia de Celendín y departamento de Cajamarca, Perú. En donde se evaluó la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales por biodigestores autolimpiables como alternativa al saneamiento básico rural.



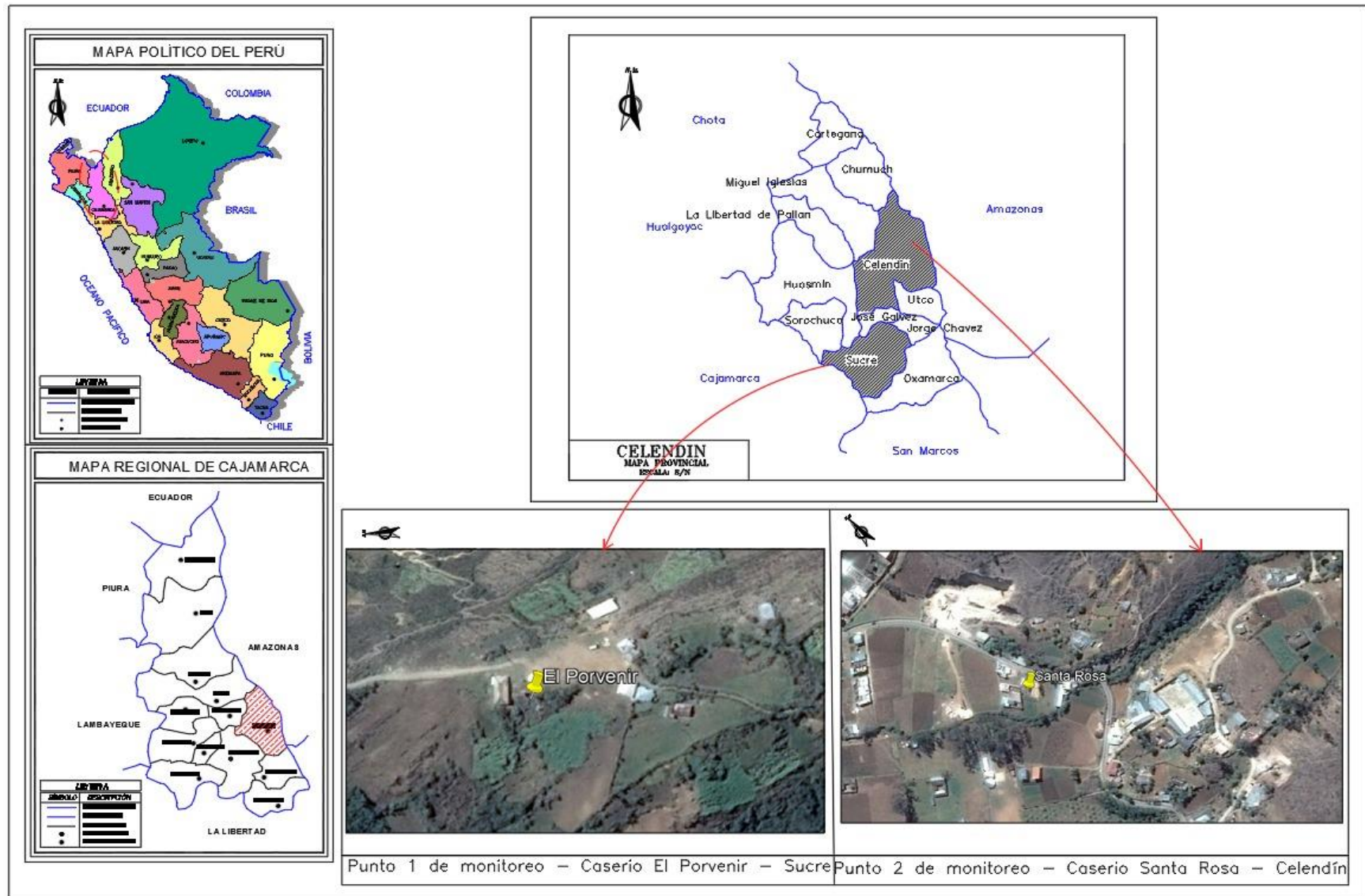


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio y puntos de monitoreo

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material de investigación**

- Biodigestores autolimpiables instalados en el caserío Santa Rosa y caserío el Porvenir
- Agua residual del afluente y efluente.

### **3.2.2. Equipos**

- Cámara fotográfica marca: SONY, modelo: ST56
- GPS: marca Garmin, modelo: GPS Etrex 10
- pH-metro con función de medición de temperatura: marca OAKTON modelo RS  
Instructivo de calibración y uso del pH metro.

### **3.2.3. Materiales de campo**

- Ropa de trabajo cómoda y que brinde protección adecuada
- Documentos de identificación personal (DNI - Carnet Universitario)
- Poncho de agua
- Botas de jebe
- Libreta de campo
- Fichas de registro
- Guantes limpios
- Mascarillas
- Recipientes según requerimiento de análisis

- Etiquetas de identificación
- Formato Cadena de custodia
- Caja térmica
- Ice pack
- Marcador de tinta indeleble
- Lapicero tinto seca
- Tajador
- Borrador
- Toalla de papel absorbente
- Alcohol de 96°

#### **3.2.4. Materiales de gabinete**

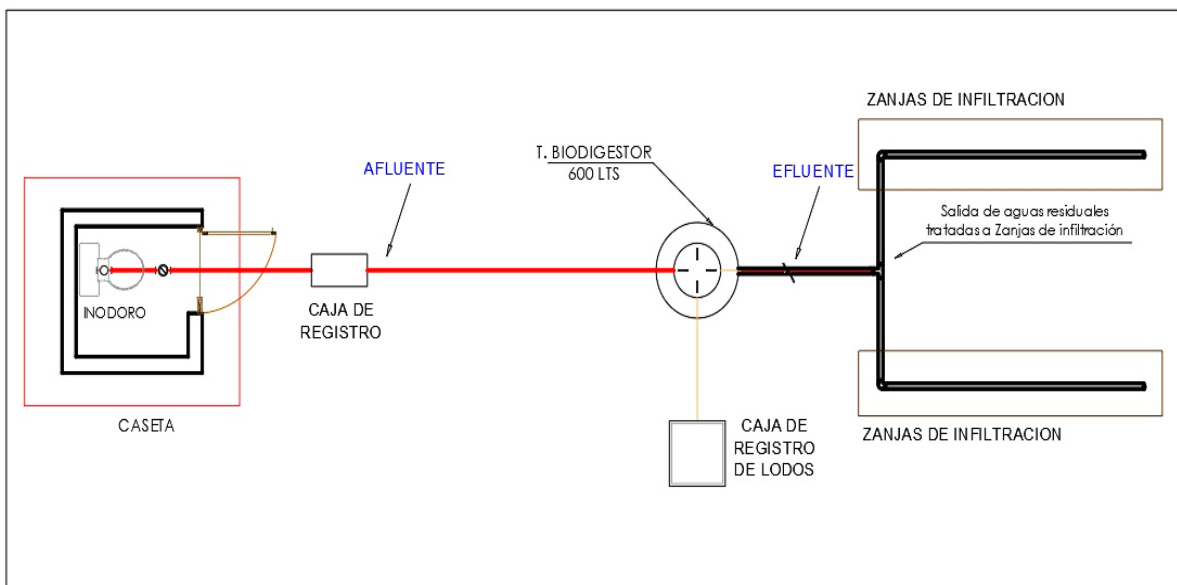
- Laptop
- Impresora multifuncional
- Memoria USB
- Papel Bond A4
- Lapiceros

### **3.3. Metodología**

La presente investigación se realizó en tres etapas de trabajo: trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de gabinete.

### 3.3.1. Trabajo de campo

El trabajo de investigación se llevó a cabo en los caseríos El porvenir y Santa Rosa, donde se ejecutaron los proyectos de “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico” mediante la instalación de biodigestores autolimpiables con una capacidad de 600 litros. Beneficiando a 80 familias del caserío El porvenir y 237 familias en el caserío Santa Rosa, cada familia está compuesta en promedio por 5 habitantes. Las unidades básicas de saneamiento, están constituidas por la caseta, caja de registro, biodigestor y zanjas de infiltración. El biodigestor solo capta las aguas provenientes de los servicios higiénicos (excretas).



**Figura 6.** Croquis de distribución de la unidad básica de saneamiento

#### 3.3.1.1. Identificación de puntos de monitoreo

Se identificó los puntos de monitoreo (dos biodigestores Autolimpiables) ubicados en los caseríos de El porvenir y Santa Rosa respectivamente.

**Tabla 2.** Ubicación de puntos de monitoreo

Caserío	Punto	Muestra	Datum Utm Wgs84-Sona17s			Referencia
			Este	Norte	Altura	
El Porvenir	BA 1	Afluente	817500	9226024	3135	Se encuentra ubicado frente al campo de fútbol del caserío.
		Efluente			m.s.n.m	
Santa Rosa	BA 2	Afluente	817238	9239141	2645	km 00+0.85 de la carretera Celendín – Balsas.
		Efluente			m.s.n.m	

Fueron considerados estos puntos de monitoreo por la similitud en el tiempo de operación, dado que el biodigestor ubicado en el caserío El Porvenir su última limpieza se llevó a cabo en el mes de junio del 2017 y el biodigestor ubicado en el caserío de Santa Rosa fue instalado en el mes de agosto del año 2017. Además, se consideró la homogeneidad de los puntos de monitoreo de acuerdo a las características siguientes:

**Tabla 3.** Homogeneidad de puntos de monitoreo

Vivienda N°	Punto	Caserío	N° de habitantes	Volumen del biodigestor	Origen del afluente
1	BA 1	El Porvenir	5	600 L	Servicios higiénicos (excretas)
2	BA 2	Santa Rosa	5	600 L	Servicios higiénicos (excretas)

Se monitoreó el agua residual cruda (afluente) y en el agua residual tratada (efluente) y en todos los casos las muestras fueron simples para los parámetros considerados: potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y coliformes termotolerantes (CTT).

Para realizar la toma de muestras durante el monitoreo seguimos los lineamientos del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (MVCS 2013).

El objetivo del muestreo fue tomar una muestra representativa del afluente y efluente de los biodigestores autolimpiables instalados en los caseríos de El porvenir y Santa Rosa para analizar los parámetros establecidos.

### **3.3.1.2.Frecuencia de monitoreo**

La frecuencia de toma de muestras en cada punto fue mensual en el periodo de 4 meses (setiembre a diciembre del 2018), en el afluente y efluente del biodigestor autolimpiable.

### **3.3.1.3.Medición de los parámetros de campo**

Los parámetros pH y temperatura se determinaron in situ haciendo uso de un pHmetro marca OAKTON modelo RS. En donde una vez calibrado el equipo, se coló una muestra de afluente y/o efluente en un beaker y se introdujo el electrodo para realizar la lectura. Estos análisis se realizaron en el afluente y efluente del biodigestor autolimpiable una vez por mes (4 meses).

A fin de obtener la confiabilidad de los datos se requirió:

- Las lecturas de los valores se registraron de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Las mediciones fueron registradas en el formato de registro de datos de campo.

- Se limpió los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo, a fin de evitar posibles alteraciones de los resultados, contaminaciones y deterioro de instrumentos.

#### **3.3.1.4.Toma, preservación y envío a laboratorio**

Los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, fueron evaluados en un laboratorio acreditado con la ISO/IEC 17025, laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, para ello se siguió el siguiente procedimiento de toma de muestras:

- Se realizó el etiquetado o rotulación de los frascos antes de la toma de muestras de agua.
- Se hizo uso de guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua residual y luego fueron desechados al término del muestreo en cada punto.
- Luego se registró en el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra información relevante.
- Las muestras de agua residual recolectadas y rotuladas, se colocaron en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (Ice pack), para cumplir con la recomendación de temperatura indicada.
- Se envió las muestras perecibles al laboratorio para su análisis, cumpliendo con el tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación, éstas fueron acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

**Tabla 4.** Requisitos para toma de muestras de aguas y su manipulación

Código	Punto de monitoreo	Parámetro	Material de Frasco	Volumen Requerido	Conservación	Almacenamiento Máximo (Horas)	Frecuencia
BA 1	Afluente	DBO	Plástico	1L	Refrigeración 4°C	6-24	Mensual
	Efluente	CTT	Frasco esterilizado de vidrio	250 ml		24	
BA 2	Afluente	DBO	Plástico	1L	Refrigeración 4°C	6-24	
	Efluente	CTT	Frasco esterilizado de vidrio	250 mL		24	

Fuente: Laboratorio regional del agua, 2018.

### 3.3.1.5. Análisis químico y bacteriológico

Los análisis químicos a evaluar demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, se efectuaron en el Laboratorio Regional del Agua, del Gobierno Regional de Cajamarca acreditado con la ISO/IEC 17025.

**Tabla 5.** Consideraciones para análisis de muestras de agua residual

Muestra tomada de cada punto	Parámetro	Medida	Ensayo -laboratorio
Afluente	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22rd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test
Afluente Efluente	Coliformes termotolerantes (CTT)	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua 2018.



### **3.3.2. Trabajo de Gabinete**

Consistió en realizar el procesamiento de datos para obtener los valores y determinar la eficiencia de tratamiento del biodigestor autolimpiable. Se procesó los resultados obtenidos de los parámetros analizados en campo (temperatura, potencial de hidrógeno) y los resultados en el laboratorio (demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes), asimismo se calculó el % de remoción de demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes, evaluando la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores. Finalmente, los resultados se presentan mediante tablas, gráficos, con sus respectivas interpretaciones, reflejando la ejecución del trabajo de investigación. Asimismo, la comprobación de la hipótesis se realizó mediante la prueba estadística de correlación de Person, dicha correlación muestra la influencia de la altitud en la eficiencia de remoción de constituyentes del biodigestor autolimpiable.

## CAPÍTULO IV

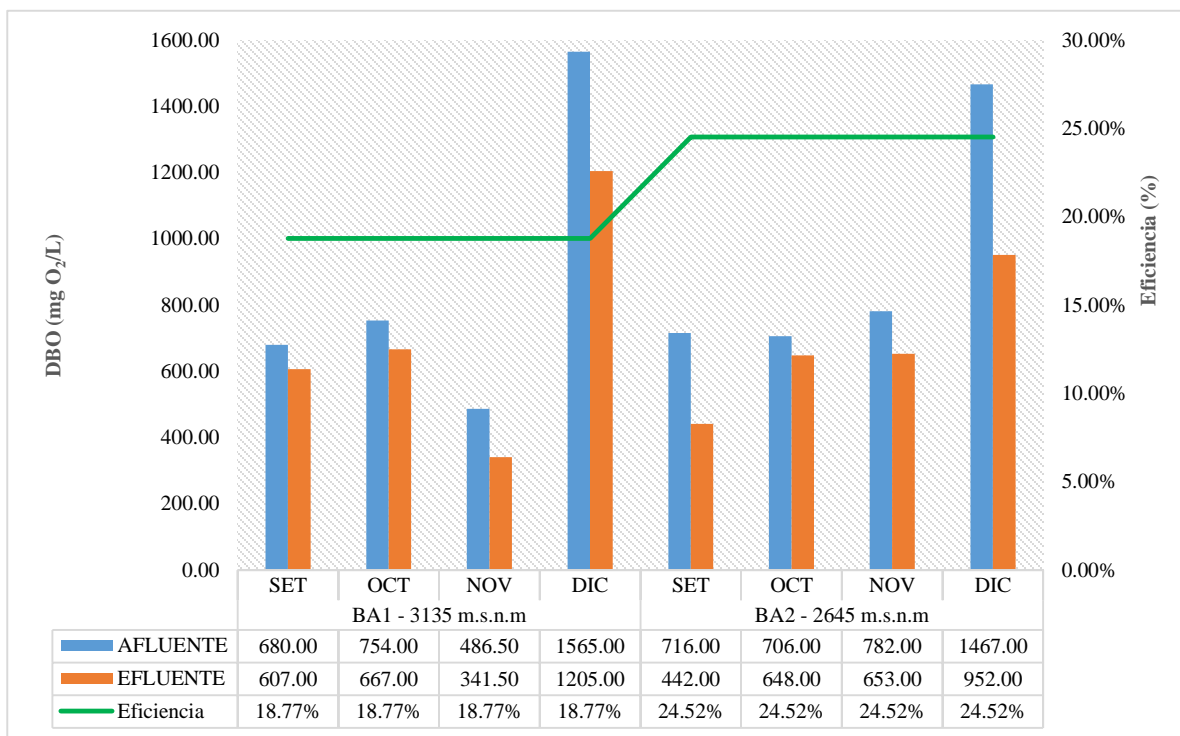
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Demanda bioquímica de oxígeno

La Tabla 6. muestra las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno, promedios y porcentaje de remoción alcanzado en el tratamiento de aguas residuales domésticas en los cuatro monitoreos realizados en cada biodigestor autolimpiable ubicados a diferente altitud.

**Tabla 6.** Concentraciones de Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) en el afluente y efluente de los biodigestores BA1 y BA2 y eficiencia de remoción.

Biodigestor autolimpiable (BA)	Monitoreo N°	DBO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )		Eficiencia de remoción de DBO (%)
		Afluente	Efluente	
BA1 - 3135 m.s.n.m	1	680.00	607.00	10.74%
	2	754.00	667.00	11.54%
	3	486.50	341.50	29.80%
	4	1565.00	1205.00	23.00%
	Promedio	871.38	705.13	<b>18.77%</b>
BA2 - 2645 m.s.n.m	1	716.00	442.00	38.27%
	2	706.00	648.00	8.22%
	3	782.00	653.00	16.50%
	4	1467.00	952.00	35.11%
	Promedio	917.75	673.75	<b>24.52%</b>



**Figura 7.** Concentraciones de Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) en el afluente y efluente de los biodigestores BA1 y BA2 y eficiencia de remoción.

Los biodigestores autolimpiable unifamiliares, logra una disminución de demanda bioquímica de oxígeno, en las aguas residuales domésticas. Los resultados presentados en la Tabla 6, muestran que la demanda bioquímica de oxígeno disminuye en el efluente de ambos biodigestores; sin embargo, se puede apreciar que en el biodigestor ubicado a menor altitud (2645 m.s.n.m), logra mayor disminución de demanda bioquímica de oxígeno; esto puede deberse a que la remoción de demanda bioquímica de oxígeno se lleva a cabo por la absorción de compuestos orgánicos en solución y por oxidación bacteriana, y esta se ve influenciada por la altitud. Se debe tener en cuenta que, el sistema biodigestor autolimpiable es un sistema para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica, y para lograr un eficiente

tratamiento de las aguas residuales domésticas, se tienen que implementar tratamientos secundarios (Sánchez 2011).

La eficiencia de remoción máxima lograda es de 24.52 % en el biodigestor ubicado a 2645 m.s.n.m., acercándose al valor encontrado por el autor Mancha, R (2015), quien en la tesis denominada evaluación de la eficiencia del funcionamiento del biodigestor autolimpiable ubicada a 3826 msnm, determina, 28.24% de remoción de demanda bioquímica de oxígeno en el efluente del biodigestor, encontrando mayor remoción a mayor a altitud.

#### **4.2. Coliformes termotolerantes**

En la Tabla 7. se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados para el parámetro de coliformes termotolerantes en el afluente y efluente de los biodigestores autolimpiables instalados a diferente altitud, asimismo se muestra los promedios y eficiencia de remoción alcanzada en los cuatro monitoreos realizados.

**Tabla 7.** Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTT) en el afluente y efluente de puntos de monitoreo (BA1 y BA2) y eficiencia de remoción.

Biodigestor autolimpiable (BA)	Monitoreo N°	CTT (NMP/100mL)		Eficiencia de remoción de CTT (%)
		Afluente	Efluente	
BA1 - 3135 m.s.n.m	1	$3.5 \times 10^7$	$3.5 \times 10^7$	0.00%
	2	$4.6 \times 10^5$	$2.3 \times 10^5$	50.00%
	3	$3.5 \times 10^7$	$3.5 \times 10^6$	90.00%
	4	$2.4 \times 10^7$	$2.4 \times 10^7$	0.00%
	Promedio	<b><math>2.36 \times 10^7</math></b>	<b><math>1.57 \times 10^7</math></b>	35.00%
BA2 - 2645 m.s.n.m	1	$9.2 \times 10^8$	$9.4 \times 10^6$	98.98%
	2	$3.5 \times 10^8$	$9.2 \times 10^6$	97.37%
	3	$3.5 \times 10^7$	$1.7 \times 10^6$	95.14%
	4	$3.5 \times 10^9$	$3.5 \times 10^7$	99.00%
	Promedio	<b><math>1.20 \times 10^9</math></b>	<b><math>1.38 \times 10^7</math></b>	97.62%



**Figura 8.** Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTT) en el afluente y efluente de puntos de monitoreo (BA1 y BA2) y eficiencia de remoción.

La muestra que se tomó al inicio tiene una alta cantidad de microorganismos, esto se debe por la alta concentración de la carga orgánica que proviene directamente de los servicios higiénicos (excretas). Estos microorganismos contienen un gran grupo de bacterias que viven normalmente en el tracto digestivo de los seres humanos y los animales, por esta razón se encontró una alta cantidad en las aguas residuales muestreadas. Podemos observar que al inicio de la carga existe presencia elevada de coliformes fecales la cual va disminuyendo conforme va dándose el proceso de biodigestión (Scanlan 1991).

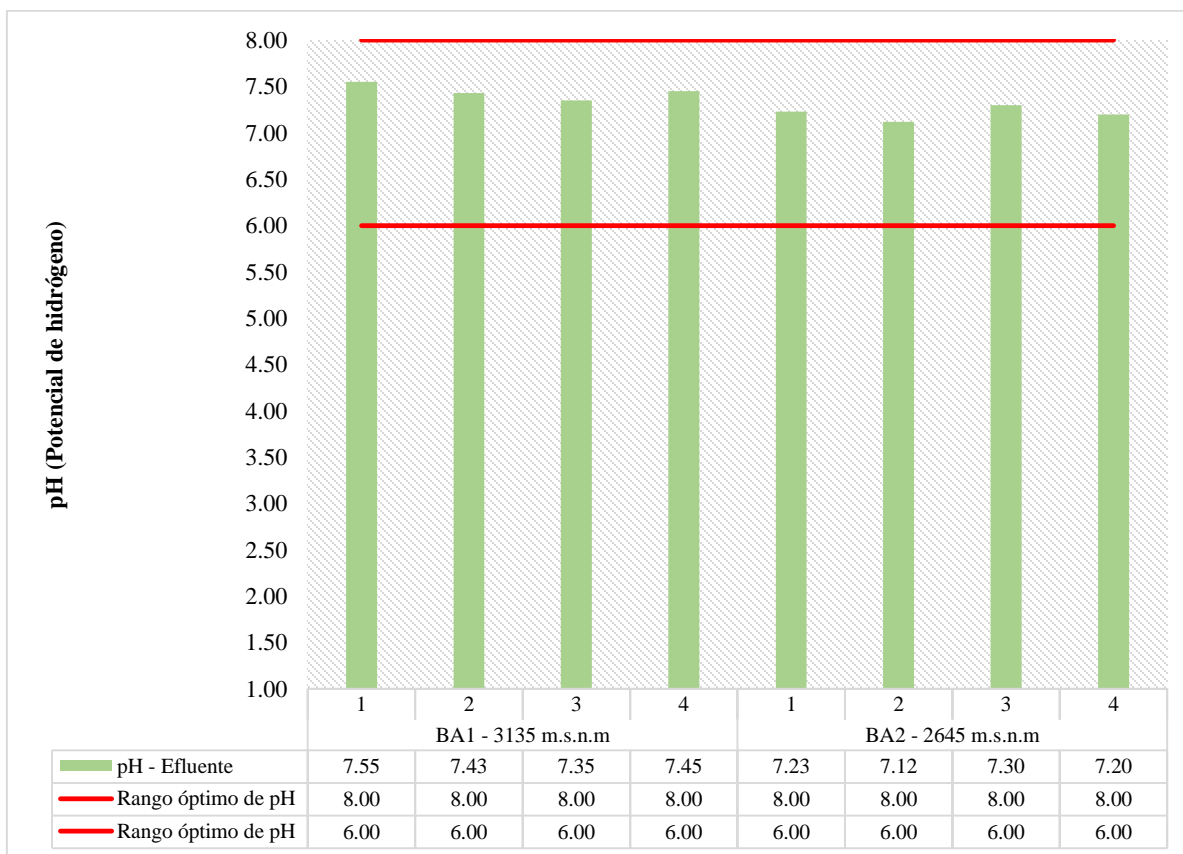
Se logra una remoción de coliformes termotolerantes de 35% en el biodigestor ubicado a 3135 m.s.n.m. y 97.62% en el biodigestor ubicado a 2645 m.s.n.m. logrando un mayor porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes en el biodigestor ubicado a menor altitud. La alta remoción se puede atribuir a los mecanismos de adsorción y filtración del proceso, ya que la biopelícula (formadas por bacterias) tiene una alta capacidad para inmovilizar sólidos suspendidos por estas vías. (Reyes *et al.* 1998). De acuerdo con los estudios de Sanz (2011), la adaptación bacteriana tiene un proceso de crecimiento exponencial, al ocurrir altos consumos de sustrato y, por consiguiente, se presenta una mayor producción de gas metano.

Espillico (2014), monitoreó y evaluó los efluentes de biodigestores ubicados a una altitud de 4304 msnm, determinando porcentajes de remoción de coliformes fecales de 32.15%, estos resultados muestran que a mayor altitud la eficiencia de los biodigestores es menor en la remoción de coliformes termotolerantes. Los microorganismos anaerobios pueden aclimatarse a diferentes condiciones de temperatura de operación, sin embargo, podría afectar

la actividad de biomasa y el rendimiento del digester. El aumento de esta (en un rango determinado) puede mejorar el crecimiento microbiano y su actividad por lo tanto estimula a la tasa de biodegradación, así que a bajas temperaturas la degradación sería lenta (Bergamo *et al.* 2009).

### 4.3. Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 9. se muestra la variación de pH de los biodigestores autolimpiables ubicados en distintas altitudes. Verificando así que el pH se encuentra entre el intervalo de 7 y 8 valores óptimos para el desarrollo de la vida microbiana (Romero 2004).



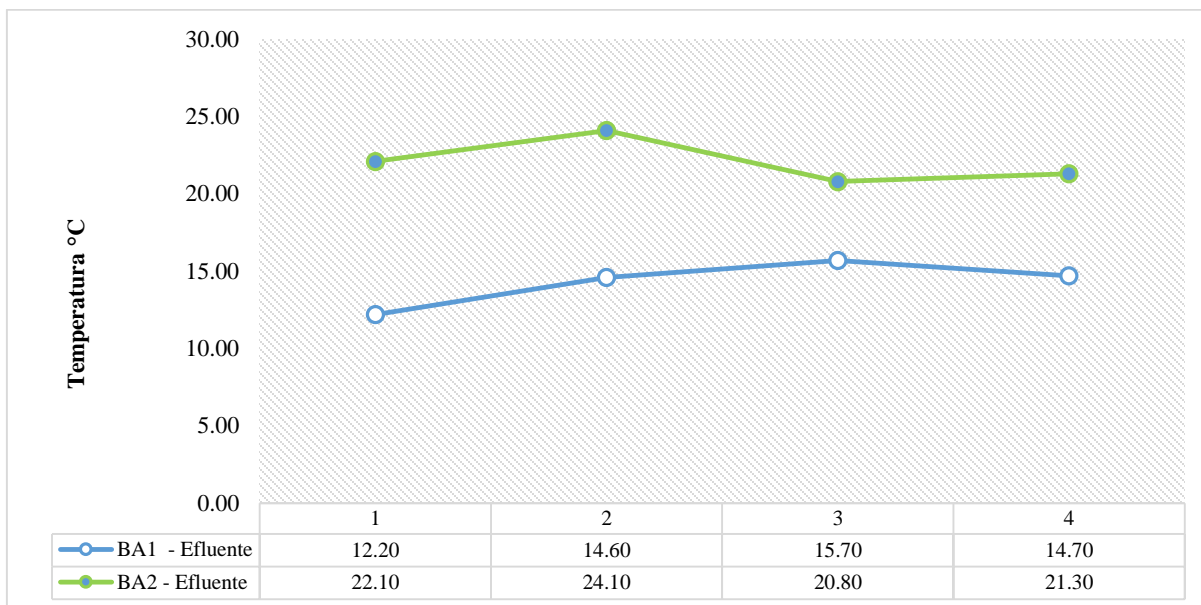
**Figura 9.** Potencial de hidrógeno de los efluentes de los puntos de monitoreo BA1 y BA2

Los pH de los biodigestores monitoreados se encuentran dentro del rango de 6 – 8. Coincidiendo con Osorio et al. (2007), quienes mencionan que para el funcionamiento eficaz del sistema anaerobio el pH, para una buena estabilización de la materia orgánica es necesario tener rango de pH favorable de 6 a 8. Luostarinen (2005), hace referencia que durante la fase fermentativa se produce ácidos grasos, y esto causa la disminución de pH del fluido de digestión. A partir de la descomposición de las proteínas y de la reducción de los nitratos se produce amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), este compuesto tiene un carácter básico que neutraliza los ácidos presentes y es soluble al agua. Cuando el proceso se estabiliza el pH del biodigestor adquiere un valor ligeramente básico a 7-7.2. Investigaciones se han reportado valores de pH hasta 8.5. La cantidad de nitrógeno presente en la alimentación del digestor es decisiva para que se alcancen valores correctos de pH (Werner et al. 1989).

#### **4.4. Temperatura**

En la Figura 10. se muestra los valores alcanzados de temperatura de los efluentes de los biodigestores autolimpiables ubicados en distintas altitudes. Verificando así que la temperatura se encuentra en un rango de 12°C y 24.10°C. Siendo los valores óptimos entre 20°C y 35°C de temperatura para el desarrollo de la digestión anaeróbica y proceso de nitrificación (Van Haandel y Lettinga 1994).





**Figura 10.** Medidas de temperatura de los efluentes de los puntos de monitoreo BA1 y BA2

En el biodigestor ubicado a 3135, en el mes de noviembre logra alcanzar una temperatura de 15.70 °C, por ende, logra la mayor remoción de DBO (29,80%) y CTT (90%), en los otros tres meses monitoreados logra temperaturas menores, así mismo no existe una eficiente remoción de DBO y CTT; por el contrario, el biodigestor ubicado a 2645 m.s.n.m., logra alcanzar temperaturas por sobre los 20°C, que permite a este biodigestor tener mayor eficiencia en la remoción de DBO y CTT durante todos los meses evaluados. Estos resultados determinan que la altitud y la temperatura de operación del biodigestor influye de manera directa en la eficiencia del tratamiento de aguas domésticas por los biodigestores autolimpiables, coincidiendo con Rojas (2002), quienes indican que el factor que más influye en la biodegradación de la materia orgánica es la temperatura.

El aumento de esta (en un rango determinado) puede mejorar el crecimiento microbiano y su actividad por lo tanto estimula a la tasa de biodegradación, así que a bajas temperaturas la

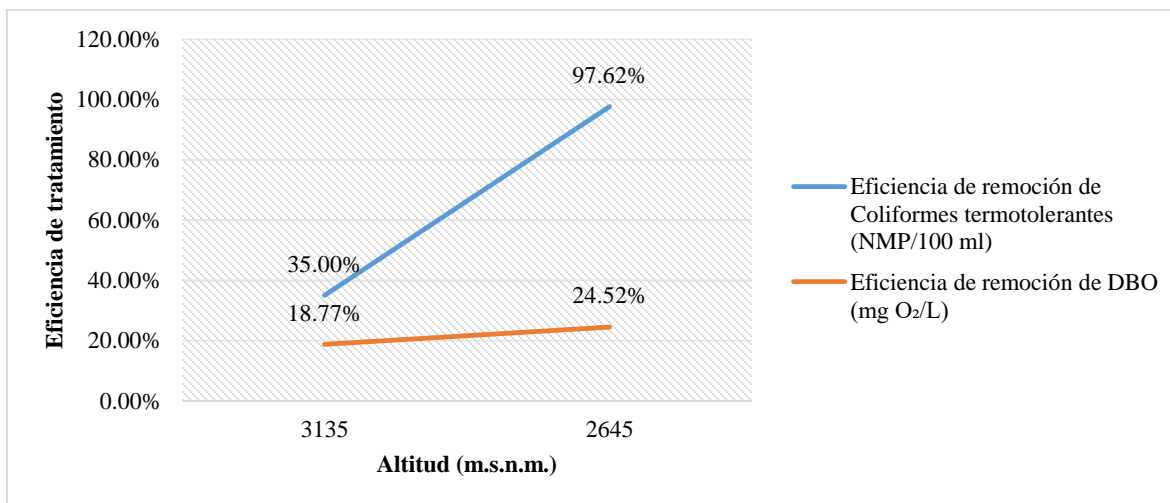
degradación sería lenta (Buitrón y Pérez 2011). Si los microorganismos anaerobios podrían aclimatarse a diferentes condiciones de temperatura de operación, esto podría afectar la actividad de biomasa y el rendimiento del digestor. A su vez es necesario que las excretas estén más tiempo en el interior del biodigestor; marcando de esta manera la temperatura y el tiempo de retención. Tanto que el sistema anaerobio trabaja de manera eficiente con temperaturas mayores de 20°C (Bergamo et al. 2009).

#### **4.5. Influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables**

La influencia de la altitud en la eficiencia del tratamiento de los biodigestores se comprobó mediante la determinación del porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y de coliformes termotolerantes, en los biodigestores a distintas altitudes.

**Tabla 8.** Eficiencia de tratamiento de biodigestores autolimpiables ubicados a diferente altitud.

<b>Biodigestor autolimpiable (BA)</b>	<b>Monitoreo N°</b>	<b>Eficiencia de remoción de DBO (%)</b>	<b>Eficiencia de remoción de CTT (%)</b>
<b>BA1 - 3135 m.s.n.m</b>	1	10.74%	0.00%
	2	11.54%	50.00%
	3	29.80%	90.00%
	4	23.00%	0.00%
<b>Promedio</b>		<b>18.77 %</b>	<b>35.00%</b>
<b>BA1 - 2645 m.s.n.m</b>	1	38.27%	98.98%
	2	8.22%	97.37%
	3	16.50%	95.14%
	4	35.11%	99.00%
<b>Promedio</b>		<b>24.52%</b>	<b>97.62%</b>



**Figura 11.** Eficiencia de tratamiento de biodigestores autolimpiables ubicados a diferente altitud.

La eficiencia de remoción máxima lograda es de 24.52 % en el biodigestor ubicado a 2645 m.s.n.m., respecto del parámetros demanda bioquímica de oxígeno; acercándose al valor encontrado por el autor Mancha, R (2015), quien en la tesis denominada evaluación de la eficiencia del funcionamiento del biodigestor autolimpiable ubicada a 3826 m.s.n.m., determina 28.24% de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el efluente del biodigestor. También logra una remoción máxima de 97.62%, superando al valor encontrado por el autor Nina (2015), quien en la tesis denominada eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores, ubicado a 3988 m.s.n.m., determinó 47.41% de eficiencia remoción de coliformes termotolerantes (CTT).

En tanto la eficiencia de remoción máxima lograda es de 18.77%, en el biodigestor ubicado a 3135 m.s.n.m, respecto del parámetro demanda bioquímica de oxígeno, acercándose al valor encontrado por el autor Espillico (2014), quien en la tesis denominada monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales con biodigestores ubicados a 4304 m.s.n.m,

determina 21.80%, de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el efluente del biodigestor. Y respecto del parámetro coliformes termotolerantes logra 35% de eficiencia de remoción, siendo mayor que el valor encontrado por Pèrez (2015), quien en la tesis denominada eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado, determino 30% de eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes.

Dando lugar a que ambos biodigestores, muestran eficiencia de tratamiento sin embargo dadas las condiciones (pH y temperatura) de operación y altitud de ubicación (m.s.n.m) del biodigestor, este último tiene influencia en el proceso de digestión anaeróbica, dadas las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes; generando mayores valores de eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el biodigestor ubicado a 2645 m.s.n.m. en todo el periodo de estudio por los biodigestores autolimpiables, coincidiendo con Rojas (2002).

### **Comprobación de la hipótesis general**

Para contrastar las hipótesis de la investigación se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson relacionando las variables altitud y eficiencia los biodigestores autolimpiables, contando con un nivel de significancia de 0.05.

## Hipótesis general

Ha: Los biodigestores autolimpiables instalados a mayor altitud logran una menor eficiencia de tratamiento que los instalados a menor altitud en la provincia de Celendín.

H0: Los biodigestores autolimpiables instalados a mayor altitud no logran una menor eficiencia de tratamiento que los instalados a menor altitud en la provincia de Celendín.

## Regla de contraste:

Valor de Sig. > 0.05, se acepta la Ho

Valor de Sig.  $\leq$  0.05, se rechaza la Ho y por tanto se acepta la hipótesis alterna.

Al realizar el análisis estadístico de la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables ubicados en los caseríos El Porvenir y Santa Rosa; en función a los porcentajes de remoción de demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes termotolerantes, se obtuvo el siguiente análisis estadístico.

**Tabla 9.** Relación entre la variable altitud y eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables.

Correlaciones				
		Muestra	Coliformes termotolerantes	Demanda bioquímica de oxígeno
<b>Altitud</b>	Correlación de Pearson	1	-1.000**	1.000**
	Sig. (bilateral)		0.00	0.00
	N	2	2	2

\*\*.

 La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La tabla 9 muestra el análisis estadístico realizado a las dos variables en estudio obteniendo una correlación significativa de  $p = 0.00 < 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, es decir que los biodigestores autolimpiables instalados a mayor altitud logran una menor eficiencia de tratamiento que los instalados a menor altitud. Además, el valor alcanzando  $r = -1$  en la eficiencia de remoción de Coliformes termotolerantes, indica una relación lineal perfecta e inversamente proporcional, es decir que a mayor altitud menor eficiencia de remoción de Coliformes termotolerantes; para la remoción de demanda bioquímica de oxígeno el valor alcanzado de la correlación de Pearson es de  $r = 1$ , indicando una relación lineal directa, es decir que la altitud también influye en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

#### 5.1. Conclusiones

A menor altitud mayor eficiencia de tratamiento en los biodigestores autolimpiables, con respecto a demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes.

La concentración de demanda bioquímica de oxígeno promedio, en el biodigestor autolimpiable ubicado a 3135 m.s.n.m. es 871.38 mg O<sub>2</sub>/L en el afluente y de 705.13 mg O<sub>2</sub>/L en el efluente, alcanzando el 18.77 % de remoción; y en el biodigestor autolimpiable ubicado a 2645 m.s.n.m., es 917.75 mg O<sub>2</sub>/L en el afluente y de 673.75 mg O<sub>2</sub>/L en el efluente, obteniendo el 24.52 % de remoción.

La concentración de coliformes termotolerantes promedio, en el biodigestor autolimpiable ubicado a 3135 m.s.n.m. es de  $2.36 \times 10^7$  NPM/100mL en el afluente y de  $1.57 \times 10^7$  NPM/100mL en el efluente; obteniendo el 35 % de remoción; y en el biodigestor autolimpiable ubicado a 2645 m.s.n.m. es de  $1.20 \times 10^9$  NPM/100mL en el afluente y en el efluente  $1.38 \times 10^7$  NPM/100mL, alcanzando el 97.62 % de remoción.

La temperatura promedio, en el biodigestor autolimpiable ubicado a 3135 m.s.n.m. es 13.8 °C con promedio de 8.6 de pH en el afluente y de 14.3 °C con promedio de 7.5 de pH en el efluente; y en el biodigestor autolimpiable ubicado a 2645 m.s.n.m., es 20.1 °C con promedio de 8.2 de pH en el afluente y de 22.8 °C con promedio de 7.2 de pH en el efluente.

## **5.2. Recomendación**

Investigar sobre el uso de tecnologías de tratamiento secundario, como: humedales artificiales, filtros percoladores; u otro; seguidos al tratamiento de biodigestores autolimpiables; para evitar la contaminación de suelos y aguas en el ambiente circundante.



## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anchundía, GM.; Ruiz, BI. 2012. Implementación de un biodigestor, para la utilización y aprovechamiento de los residuos generados en las actividades productivas del camal municipal de Manta. Universidad Laica Manabí - Ecuador.
- Almanza, F. 2011. Construcción y Evaluación de un biodigestor modelo chino mejorado para zonas andinas. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - Perú.
- APHA; AWWA; WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (en línea). Díaz de Santos, España. 17 ed. Editorial. Consultado 12 ago. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/.../Metodos-normalizados-para-el-analisis-de-aguas-potables-y-residuales>.
- Bergamo, C; Monaco, R; Ratusznei, S; Rodrigues, J; Foresti, E; Zaiat, M. 2009. Efecto de la temperatura en diferentes niveles de carga orgánica en el rendimiento de un biorreactor por lotes de secuencia anaeróbica fluidizado de 150 lechos. Ingeniería química y procesamiento 48 (3): 789- 796.
- Buitrón, G; Pérez, J. 2011. Producción de electricidad en celdas de Combustible Microbianas utilizando agua residual: efecto Distancia entre electrodos. tip.revista especializada en ciencias químico biológicas, 14 (1):5.
- CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). 2013. Reporte anual. España.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 1996. Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales: producción de gas y saneamiento de efluentes. Lima. 77 p. Ilus.

- Derisio, JC. 1992. Introducción al control de la contaminación ambiental. CETESB, Sao Paulo.
- Espigares, M; Pérez, JA. 1985. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. 22p.
- Espillico, ES. 2014. Monitoreo y Evaluación del Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas con Biodigestores en la Comunidad Alto Ayracollana - Provincia De Espinar – Cusco. Tesis Ing. Puno, Perú, UNA. 98p.
- García, O; Pedroza, A; Chávez, J; Trejo, R. 2015. Evaluación de fuentes de material orgánica fecal como inóculo en la producción de metano. Universidad Autónoma Chapingo, México. *tecnol. cienc. Agua* ISSN 6 (2): 2422.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. 2000. Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados tomo I. Santa Fe de Bogota - Colombia: McGraw - Hill.
- Inga, JL; Crispin, RG. 2015. Estudio de la influencia de la temperatura, pH y tiempo de residencia en el tratamiento de aguas residuales municipales del barrio San Antonio-Huancayo, en la disminución de la carga orgánica mediante un reactor UASB a nivel laboratorio. Tesis Ing. Quim. Huancayo, Perú, UNCP.
- Larios, J. 2015. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Vol. 2. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú. 60p (En línea). Consultado 15 de ago. 2018. Disponible en <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- Lettinga, G. (1994). Tratamiento anaeróbico de aguas residuales: una guía práctica para regiones con clima cálido.

- Luostarinen, S. 2005. Tratamiento anaeróbico de aguas residuales en sitio a baja temperatura. (en línea). Universidad de Jyväskylä. Consultado 10 jun. 2019. Disponible en <http://dissertations.jyu.fi/studbiol/951392274X.pdf>
- Mancha, RJ. 2015. Evaluación de la Eficiencia del Funcionamiento del Biodigestor Autolimpiable en el Centro Poblado de Sanquira – Yunguyo. Tesis Ing. Puno, Perú, UNA.
- Marín; Correa. 2010. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Marti, J. 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energia. Bolivia.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010. Decreto Supremo N° 003-2010. Lima, Perú.
- Mora, AD, Mata Solano, AV. 2003. Conceptos básicos de aguas para consumo y disposición de aguas residuales. Costa Rica.
- MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento). 2013. RM N°273. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Lima, Perú.
- Norma OS.090.2006. Plantas de tratamiento de aguas residuales. Lima, Perú.
- Nina Mamani, R. S. 2015. Evaluación de biodigestor de polietileno rotoplástico en el tratamiento de agua residual doméstica y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba - Espina. Universidad Nacional del Altiplano.
- Osorio, J; Ciro, H; Gonzales, H. 2007. Evaluación De Un Sistema de Biodigestión en Serie para Clima Frío. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. 60 (2): 4145-4162.

- Pavlostathis, S.G. y Giraldo-Gómez, E. (1991). Kinetics of anaerobic treatment: a critical review. *Critical reviews in environmental control*. Vol. 21 (5,6), pág. 411-490.
- Pérez, KL. 2015. Eficiencia del Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Mediante un Biodigestor Prefabricado en La Subestación Eléctrica Cotaruse – Apurímac. Tesis Ing. Lima, Perú, UNAM.
- Quipuzco. 2012. Propuesta para la obtención del biogás para los criadores caprinos y porcinos Tesis Universidad de Medellin. Medellin Colombia.
- Reyes, O; Sánchez, E; Cruz, M; Romero, A; Pellón, A. 1998. Reducción de microorganismos indicadores de contaminación en el tratamiento de aguas residuales de una instalación turística. división de estudios sobre contaminación ambiental, Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Facultad de Biología, Universidad de la Habana. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 29 (1).
- Rojas, R. 2002. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Curso Internacional “Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales”. Curso Internacional. Brasil: Cepis.
- Romero R. 2004. Tratamiento de aguas residuales; teoría y principios de diseño. 3 ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa Fe de Bogotá, Colombia.1248p.
- Rotoplas. 2014. Ficha técnica del biodigestor Rotoplas.Mexico.7p
- Rotoplas. 2014. Manual de instalación del biodigestor Rotoplas. Mexico. 4 ed. 9p.
- Ruiz, I; Álvarez, J; Soto, M. 1999. El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica. Universidad de la Coruña. facultad de ciencias.

- Salazar, D. (2003). Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales, enfoque Centro Aamerica. Guatemala.
- Sánchez. 2011. Sistemas alternativos de agua y saneamiento. Colombia.
- Santa, UN. 2007. Implementación del programa nacional de agua y saneamiento rural en la localidad de Pacracallan, departamento de Áncash. Ancash Perú.
- Sanz, J. 2011. Microbiología ambiental (en línea). Taller práctico. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <http://www.cbm.uam.es/imagweb/Memoria.../04bvirologiaymicrobiologia.pdf>
- Scanlan, ChM. 1991. Introducción a la Bacteriología Veterinaria. Editorial Acribia.v Zaragoza. España.
- Tejada, CA. 2016. Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, modelo rotoplas para familias del sector rural. Tesis Ing. Amb. Puno, Perú, UPSC.
- Ucha, F. 2014. Concepto de altitud (en línea). Revista definición ABC. Consultado 15 dic. 2019. Disponible en <https://www.definicionabc.com/geografia/altitud.php>
- Van Haandel, A; Lettinga G. 1994 Tratamiento Anaeróbico de Esgotos. Editora EPGRAF. Campina Grande, Brasil.
- Vargas L. (1992). Los biodigestores, alternativa de tratamiento para residuos pecuarios. Tesis Ing. San. Santiago de Cali, UV.
- Vargas, P. 2006. Introducción a las energías alternativas con experimentos sencillos. La Paz, 8p.
- Villanueva Castañeda, A. A., & Flores Lopez, H. E. (2013). Tratamiento de aguas residuales

domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México.  
Revista de Tecnología y Sociedad, 3(5).

Werner, U; Stöhr, U; Hees, N. 1989. Plantas de biogás en ganadería. Una publicación del  
Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien-GATE, una división de la  
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### ANEXO 1. Panel fotográfico.



**Figura 12.** Identificación de punto de monitoreo BA1 y BA2



**Figura 13.** Medición de temperatura y pH en el punto de monitoreo BA1 (afluente y efluente)



**Figura 14.** Toma de muestras para DBO en el punto de monitoreo BA1 (afluente y efluente)



**Figura 15.** Toma de muestra para CTT en el punto de monitoreo BA1 (afluente y efluente)



**Figura 16.** Medición de temperatura y pH en el punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente)





**Figura 17.** Toma de muestra para DBO de punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente)



**Figura 18.** Toma de muestra para CTT de punto de monitoreo BA2 (afluente y efluente)



**Figura 19.** Verificación de etiquetado y traslado de muestras al laboratorio regional del agua

**ANEXO 2.** Monitoreos de parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados.

**Tabla 10.** Monitoreo de parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados en los puntos de monitoreo BA1 y BA2

Monitoreo N°	Ubicación	Fecha	Id-muestra	Parámetro	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (Unidad de pH)	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	CTT (NMP/100 mL)
1	Caserío EL Porvenir	19/09/2018	BA1	AFLUENTE	3135	11.50	8.72	680.00	35 x 10 <sup>6</sup>
			BA1	EFLUENTE		12.20	7.55	607.00	35 x 10 <sup>6</sup>
	Caserío Santa Rosa	19/09/2018	BA2	AFLUENTE	2645	19.10	8.14	716.00	92 x 10 <sup>7</sup>
			BA2	EFLUENTE		22.10	7.23	442.00	94 x 10 <sup>5</sup>
2	Caserío EL Porvenir	17/10/2018	BA1	AFLUENTE	3135	14.10	8.76	754.00	46 x 10 <sup>4</sup>
			BA1	EFLUENTE		14.60	7.43	667.00	23 x 10 <sup>4</sup>
	Caserío Santa Rosa	17/10/2018	BA2	AFLUENTE	2645	21.20	7.55	706.00	35 x 10 <sup>7</sup>
			BA2	EFLUENTE		24.10	7.12	648.00	92 x 10 <sup>5</sup>
3	Caserío EL Porvenir	19/11/2018	BA1	AFLUENTE	3135	15.20	8.31	486.50	35 x 10 <sup>6</sup>
			BA1	EFLUENTE		15.70	7.35	341.50	35 x 10 <sup>5</sup>
	Caserío Santa Rosa	19/11/2018	BA2	AFLUENTE	2645	20.10	8.60	782.00	35 x 10 <sup>6</sup>
			BA2	EFLUENTE		20.80	7.30	653.00	17 x 10 <sup>5</sup>
4	Caserío EL Porvenir	17/12/2018	BA1	AFLUENTE	3135	14.40	8.48	1565.00	24 x 10 <sup>6</sup>
			BA1	EFLUENTE		14.70	7.45	1205.00	24 x 10 <sup>6</sup>
	Caserío Santa Rosa	17/12/2018	BA2	AFLUENTE	2645	20.10	8.66	1467.00	35 x 10 <sup>8</sup>
			BA2	EFLUENTE		21.30	7.20	952.00	35 x 10 <sup>6</sup>

### ANEXO 3. Informes de ensayos del laboratorio regional del agua.



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 0918537

<b>DATOS DEL CLIENTE/USUARIO</b>			
----------------------------------	--	--	--

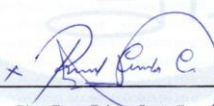
Razon Social/Usuario	LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ		
Dirección	Jr. 28 de Julio N° 248		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	emy_17_3@hotmail.com

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
----------------------------	--	--	--

Fecha y Hora del Muestreo	19.09.18	Hora:	07:40 a 11:18
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	04 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.		
Procedencia de la Muestra:	CELENDIN		

<b>DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO</b>					
---	--	--	--	--	--

N° Contrato	SC - 615	Cadena de Custodia	CC - 537 - 18		
N° Orden de Trabajo	0918537				
Fecha y Hora de Recepción	19.09.18	15:34	Inicio de Ensayo	19.09.18	16:00
Reporte Resultado	26.09.18	10:00			



Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Responsable Técnico (e)  
CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 26 de Setiembre de 2018.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0918537

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			BA1 - Afluente	BA1 - Efluente	BA2 - Afluente	BA2 - Efluente	-	-
Código Laboratorio			0918537-01	0918537-02	0918537-03	0918537-04	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			C. El Porvenir	C. El Porvenir	C. Santa Rosa	C. Santa Rosa	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	680.0	607.0	716.0	442.0	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 <sup>6</sup>	35 x 10 <sup>6</sup>	92 x 10 <sup>7</sup>	94 x 10 <sup>5</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
(\* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 26 de Setiembre de 2018.

Página: 2 de 2



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1018601**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ**  
 Dirección **Jr. 28 de Julio N° 248**  
 Persona de contacto **LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ** Correo electrónico **emy\_17\_3@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo **17.10.18** Hora: **07:20 a 10:45**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **04 Muestra** N° Frascos x muestra **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **CELENDIN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 682** Cadena de Custodia **CC - 601 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **1018601**  
 Fecha y Hora de Recepción **17.10.18** 16:00 Inicio de Ensayo **17.10.18** 16:30  
 Reporte Resultado **24.10.18** 11:45

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
Bigo. Ronald A. Cáceda Cuba  
RESPONSABLE DE LA CALIDAD  
CBP: 4995

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 25 de Octubre de 2018.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1018601

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			BA1 - AFLUENTE	BA1 - EFLUENTE	BA2 - AFLUENTE	BA2 - EFLUENTE	-	-
Código Laboratorio			1018601-01	1018601-02	1018601-03	1018601-04	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			C. El Porvenir	C. El Porvenir	C. Santa Rosa	C. Santa Rosa	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	754.0	667.0	706.0	648.0	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	46 x 10 <sup>4</sup>	23 x 10 <sup>4</sup>	35 x 10 <sup>7</sup>	92 x 10 <sup>5</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

por:   
Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 25 de Octubre de 2018.

Página: 2 de 2



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1118675**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ**  
 Dirección **Jr. 28 de Julio N° 248**  
 Persona de contacto **LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ** Correo electrónico **emy\_17\_3@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo **19.11.18** Hora: **07:12 a 10:49**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **04 Muestra** N° Frascos x muestra **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **CELENDIN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 772** Cadena de Custodia **CC - 675 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **1118675**  
 Fecha y Hora de Recepción **19.11.18 15:52** Inicio de Ensayo **19.11.18 16:20**  
 Reporte Resultado **26.11.18 11:45**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
  
 Rigo, Ronald A. Cáceda Cuba  
 RESPONSABLE DE LA CALIDAD  
 CBP: 4995

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

**Cajamarca, 27 de Noviembre de 2018.**

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1118675

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			BA1 - AFLUENTE	BA1 - EFLUENTE	BA2 - AFLUENTE	BA2 - EFLUENTE	-	-
Código Laboratorio	1118675-01		1118675-01	1118675-02	1118675-03	1118675-04	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción	Doméstica		Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra	C. El Porvenir		C. El Porvenir	C. El Porvenir	C. Santa Rosa	C. Santa Rosa	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	486.5	341.5	782.0	653.0	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	35 x 10 <sup>6</sup>	35 x 10 <sup>5</sup>	35 x 10 <sup>6</sup>	17 x 10 <sup>5</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 27 de Noviembre de 2018.

Página: 2 de 2





**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1218748**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **LIANE EMILY GOICOCHEA PEREZ**  
 Dirección **Jr. 28 de Julio N° 248**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **emy\_17\_3@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **17.12.18** Hora: **07:50 a 11:00**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **04** N° Frascos x muestra **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **CELENDIN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 837** Cadena de Custodia **CC - 748 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **1218748**  
 Fecha y Hora de Recepción **17.12.18 16:36** Inicio de Ensayo **17.12.18 17:00**  
 Reporte Resultado **26.12.18 15:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
  
**Bigo. Juan V. Diaz Saenz**  
 RESPONSABLE  
 C.B.P. 7395

**Cajamarca, 26 de Diciembre de 2018.**



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1218748

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			BA1 - Afluente	BA1 - Efluente	BA2 - Afluente	BA2 - Efluente	-	-
Código Laboratorio			1218748-01	1218748-02	1218748-03	1218748-04	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			C. El Porvenir	C. El Porvenir	C. Santa Rosa	C. Santa Rosa	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	1565	1205	1467	952	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	24 x 10 <sup>6</sup>	24 x 10 <sup>6</sup>	35 x 10 <sup>8</sup>	35 x 10 <sup>6</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 26 de Diciembre de 2018.