

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE MEZCLAS DE  
AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LÁCTEA Y RESIDUOS ORGÁNICOS PARA  
LA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA ÓPTIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE  
BIOGÁS**

**AUTORA:**

**ERIKA ELIZABETH TIPÁN CAIZALUISA**

**TUTORA:**

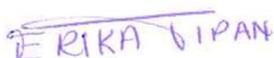
**XIMENA DEL ROCÍO BORJA VELA**

**Quito, marzo del 2020**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Erika Elizabeth Tipán Caizaluisa, con documento de identificación N° 1722758560, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy la autora del trabajo de titulación intitulado: “EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE MEZCLAS DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LÁCTEA Y RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA ÓPTIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

ERIKA TIPAN

.....  
Erika Elizabeth Tipán Caizaluisa

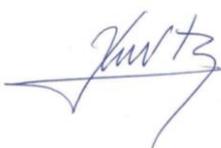
172275856-0

Marzo, 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORIA DE LA DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, “EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE MEZCLAS DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LÁCTEA Y RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA ÓPTIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS” realizado por Erika Elizabeth Tipán Caizaluisa, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2020



.....  
Ximena del Rocío Borja Vela

171122358-4

## **DEDICATORIA**

A mis padres Piedad Caizaluisa, mi ejemplo de lucha mi pilar y Raúl Tipán, por el amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Paúl y Kleber Tipán, por su ejemplo, cariño y estar siempre pendientes de mí; juntos en las buenas, en las malas y peores situaciones que se han presentado en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por la vida y la gran bendición de culminar esta meta junto a mis padres.

A la Ing. Ximena Borja, tutora del proyecto por todo su tiempo, paciencia e impartir sus conocimientos en el proceso del presente trabajo experimental.

A las autoridades pertinentes por la autorización para llevar a cabo la investigación en el Mercado Mayorista de Quito y Ganadería San Luis.

A todas las personas que han cuidado de mí y las amistades verdaderas que Dios ha puesto en mi camino y me han brindado su apoyo en este proceso.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
3.1. Biogás .....	5
3.2. Agua Residual de la Industria Láctea .....	6
3.2.1. Propiedades del Agua Residual .....	6
3.2.1.1. Propiedades Químicas.....	6
3.2.1.2. Propiedades Físicas.....	8
3.2.1.3. Propiedades Microbiológicas. ....	8
3.3. Residuos Sólidos.....	8
3.3.1. Propiedades de los Residuos Sólidos.....	10
3.3.1.1. Propiedades Físicas .....	10
3.3.1.2. Propiedades Químicas.. ....	11
3.4. Relación Carbono – Nitrógeno (C/N).....	11
3.5. Estiércol .....	12
3.5.1. Estiércol bovino .....	12
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
4.1. Diseño .....	13

4.2.	Determinación de muestras .....	14
4.3.	Métodos.....	16
4.4.	Cálculos:.....	20
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>
6.1.	Conclusiones .....	32
6.2.	Recomendaciones .....	33
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Etapas de de producción de metano y dióxido de carbono.....	5
Figura 2.1 Método de cuarteo, CEPIS 2000.....	16

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Promedio de residuos en toneladas al día del Mercado Mayorista .....	10
<b>Tabla 2</b>	Parámetros de análisis de los residuos.....	13
<b>Tabla 3</b>	Valor de K según nivel de confianza.....	15
<b>Tabla 4</b>	Métodos de análisis .....	18
<b>Tabla 5</b>	Composición excreta .....	22
<b>Tabla 6</b>	Resultados de análisis físico-químicos .....	24
<b>Tabla 7</b>	Datos para relación C/N de la mezcla .....	27
<b>Tabla 8</b>	Mezcla óptima para producir biogás .....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b> .....	41
<b>Anexo B</b> .....	45
<b>Anexo C</b> .....	46
<b>Anexo D</b> .....	55
<b>Anexo E</b> .....	56

## RESUMEN

En el presente trabajo experimental se ha evaluado una serie de parámetros físico-químicos, como DQO, DBO<sub>5</sub>, nitrógeno, carbono, sólidos, oxígeno disuelto, entre otros, de residuos sólidos orgánicos biodegradables provenientes del Mercado Mayorista de Quito que genera aproximadamente 22,14 toneladas de residuos al día y agua residual de la industria láctea procedente de la Ganadería San Luis, ubicada en la parroquia El Chaupi en el cantón Mejía, con un caudal estimado del efluente de 3200 litros de agua residual al día. El sistema de muestreo de los residuos se determinó estadísticamente con la relación para una población conocida y con un nivel de confianza del 95%, para obtener datos representativos. Los análisis se realizaron con métodos estandarizados para cada residuo, y así conocer la composición de los mismos con el propósito de obtener una mezcla idónea de estos para generar biogás; se consideró también la necesidad de un inóculo (estiércol de vaca) para la mezcla.

Con los resultados de los análisis físicos y químicos se estableció un sistema de ecuaciones algebraicas, para determinar la relación carbono: nitrógeno igual a 30 (valor apto para un proceso bioquímico), además se utilizó el análisis de contenido de humedad; los cálculos realizados están en base a la masa de carga (2 kg) que un biodigestor podría tratar y una cantidad determinada de residuos sólidos.

Los resultados de la investigación indican que se puede aprovechar los residuos sólidos orgánicos y agua residual, como materia prima en un nuevo proceso productivo.

**Palabras clave:** residuos sólidos orgánicos, agua residual, parámetros físicos, parámetros químicos, biogás.

## ABSTRAC

In this experimental work, a number of physical-chemical parameters have been evaluated, such as COD, DBO5, nitrogen, carbon, solids, dissolved oxygen and others, from biodegradable organic solid waste from the "Mercado Mayorista" of Quito that it generates approximately 22.14 t of waste per day and waste water from the dairy industry of the "San Luis" Livestock, located in "El Chaupi" in the canton of Mejía, with an estimated effluent flow of 3200 liters of waste water per day. The waste sampling system was statistically determined with the relationship for a known population and with a 95% confidence level, to obtain representative data. The analyses were carried out with standardized methods for each residue, and thus know the composition of them in order to obtain an ideal mixture of these to generate biogas, it was also considered the need for an inoculum (cow manure) for the mixture.

With the results of the physical and chemical analyses a system of algebraic equations was established to determine the carbon ratio: nitrogen equal to 30 (value suitable for a biochemical process), in addition the analysis of moisture content was used; the calculations performed are based on the mass of load (2 kg) that a biodigestor could treat and a certain amount of solid waste.

The results of the research indicate that organic solid waste and waste water can be used as raw material in a new production process.

**Keywords:** organic chemical waste, wastewater, physical parameters, chemical parameters, biogas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental va en aumento a casusa del crecimiento industrial y urbano, problemática a nivel mundial que enfrenta la sociedad y el ambiente, por la incorrecta gestión de residuos sólidos, agua residual y gases.

Los residuos sólidos, son un problema de contaminación que enfrentan las ciudades por un manejo inadecuado de estos, son causantes de enfermedades y problemas de salud pública (SECRETARIA DEL AMBIENTE, 2020). El consumo y el crecimiento poblacional genera elevadas cargas de residuos sólidos, tanto que la estadística de información ambiental indica que cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día (INEC, 2017). La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2018) señala que el 53.2% corresponde a residuos orgánicos.

Un ente importante en la generación de residuos sólidos orgánicos biodegradables es el Mercado Mayorista de Quito, con un aproximado de 22 toneladas al día, que son dirigidos al Relleno Sanitario de Quito.

Al agua residual, Metcalf & Eddy (2003), la define como sobrantes líquidos o aguas que contienen residuos que proceden de la industria, zonas residenciales, instituciones públicas y comerciales.

El agua residual era evacuada fácilmente tiempo atrás, sin pensar en las afecciones al lugar de vertido. Es probable que el sistema de riego fue el principal método de evacuación de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2003). En la actualidad los efluentes deben ser tratados para cumplir los límites permisibles de ciertos parámetros bajo la normativa vigente para su posterior descarga; existen diversos procedimientos para el tratamiento de aguas residuales, procesos que implican un costo.

La industria láctea genera de 2 a 3 litros de agua residual por kilogramo de producto (Tirado, Gallo, Acevedo, & Mouthon, 2016). Los efluentes de la Ganadería San Luis son alrededor de 3000 litros al día, dato proporcionado por la misma industria.

Tanto los residuos sólidos orgánicos biodegradables como el agua residual de la industria láctea están constituidos por materia orgánica biodegradable, sólidos, nutrientes, patógenos, entre otros.

Los parámetros físico-químicos de los residuos analizados fueron: pH, sólidos, humedad, cenizas, peso específico, surfactantes, oxígeno disuelto, DQO, DBO<sub>5</sub>, fósforo, nitrógeno, carbono, los cuales se determinaron bajo métodos estándar para cada tipo de residuo.

Los análisis se realizaron con el propósito de evaluar sus propiedades y determinar si se pueden aprovechar sin previo tratamiento los efluentes que genera la industria láctea y los residuos sólidos orgánicos biodegradables del mercado. El fin es reutilizar estos residuos sólidos y líquidos, para un nuevo proceso productivo como la generación de biogás, mediante un proceso biológico con las condiciones que este requiera; los microorganismos en este proceso degradan y estabilizan la materia orgánica para producir biogás (Salamanca, 2009).

El biogás es un biocombustible que puede ser utilizado como combustible para vehículos, producción de calor o vapor, la producción de energía eléctrica a partir de una fuente de energía limpia.

Según Severiche & Acevedo (2013), los residuos sólidos urbanos pueden ser una fuente de energía alternativa, que genere un ingreso a la actualmente deficitaria gestión de los residuos sólidos urbanos. Por consiguiente, una alternativa para el aprovechamiento de estas aguas residuales y los residuos sólidos biodegradables, es la producción de biogás, que puede ser utilizado como un combustible para la producción de electricidad, además de los usos ya mencionados es una fuente de energía renovable, que permite un manejo sostenible.

**H1:** Mediante la evaluación de parámetros físico-químicos de los residuos se determina que son aptos para una mezcla adecuada para la producción de biogás.

**H0:** Mediante la evaluación de parámetros físico-químicos de los residuos se determina que no son aptos para una mezcla adecuada para la producción de biogás.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar parámetros físicos y químicos en agua residual láctea y residuos orgánicos biodegradables para establecer una mezcla óptima para la obtención de biogás.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Establecer un sistema de muestreo para los dos tipos de residuos para conseguir datos representativos.
- Seleccionar métodos estandarizados para realizar la determinación de los parámetros de interés en los residuos.
- Establecer la cantidad de residuos que se requieren para obtener una mezcla óptima para la producción de biogás.

### 3. MARCO TEÓRICO

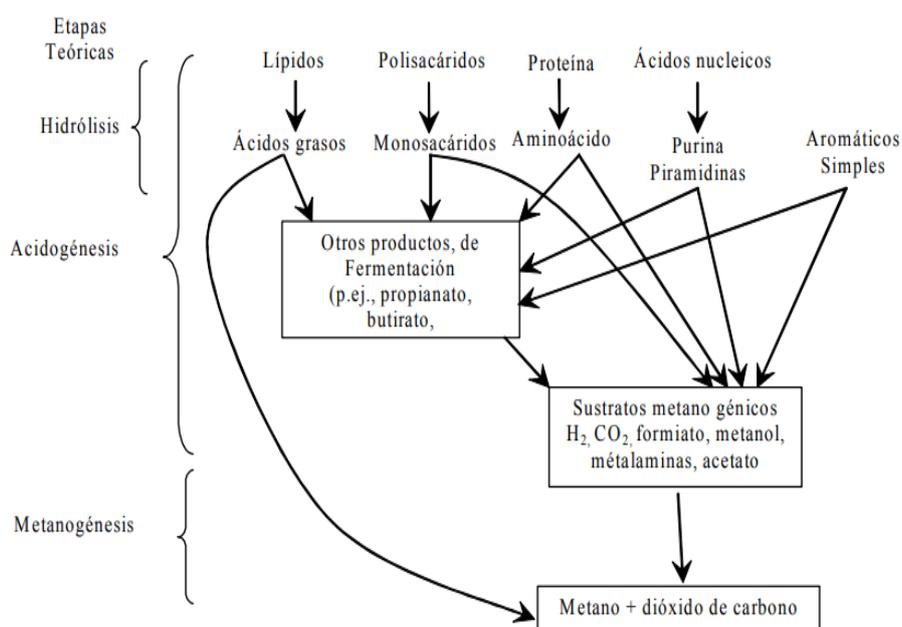
#### 3.1. Biogás

El biogás es una mezcla de gases, resultado de la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno (Rohstoffe, 2010). Este gas combustible es más liviano que el aire con una densidad de  $0.81\text{Kg/m}^3$  (Vernero, 2011), está compuesto por varios gases tales como: metano  $\text{CH}_4$  (50%-70%), dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  (30%-50%), ácido sulfhídrico  $\text{H}_2\text{S}$  (0.1%-1%) y nitrógeno  $\text{N}_2$  (0.5%-3%); la pureza y calidad del biogás depende de la cantidad de metano que contenga, mientras mayor sea el porcentaje de este, aumenta su poder calórico y es más puro (López, 2011).

Artificialmente se puede generar biogás en biodigestores, proceso en el cual la materia orgánica contenida por ejemplo en los residuos se degradan por acción de bacterias metanogénicas mediante procesos bioquímicos (López, 2011).

**Figura 1.1**

*Etapas y rutas que llevan a la producción de metano y dióxido de carbono en la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los RSU.*



*Nota: Tomado de Holland, Anaerobic Bacteria, 1987, p 184*

### 3.2. Agua Residual de la Industria Láctea

La industria láctea presenta una contaminación principalmente de carácter orgánico, es decir, valores de DBO y DQO elevados, así como también altas concentraciones de grasas, nitrógeno y fósforo (Arango & Garcés, 2007).

#### 3.2.1. Propiedades del Agua Residual

Es importante realizar un análisis de propiedades físico-químicas y microbiológica para conocer la composición propia del agua residual de la industria láctea.

**3.2.1.1. Propiedades Químicas.** A continuación, se describen los parámetros químicos de interés que se abordaron:

- cálculo y medida de carbono orgánico: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, demanda teórica de oxígeno.
- materia orgánica: agentes tensoactivos
- materia inorgánica: fósforo, nitrógeno, pH
- gas: oxígeno disuelto, presente en el agua residual de la industria láctea.

Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días ( $DBO_5$ ): cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas a 5 días. (Romero J. A., 2018).

Demanda teórica de oxígeno (DTO): medida de la materia oxidable de una muestra de agua residual; la materia orgánica generalmente está compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (carbohidratos, proteínas, aceites, grasas y productos de la descomposición). Se puede calcular el DTO si se conoce la materia orgánica con su respectiva fórmula química (Metcalf & Eddy, 2003).

Demanda química de oxígeno (DQO): determina el oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte (dicromato de potasio) en un medio ácido y a temperaturas altas (Romero J. A., 2018).

Agentes tensoactivos o surfactantes (sustancias activas al azul de metileno, SAAM): “Los surfactantes están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua y responsables de la aparición de espuma en la superficie de cuerpos receptores de los vertidos de agua residual” (Metcalf & Eddy, 2003). Estos agentes químicos entran en las aguas residuales por descarga de residuos acuosos del lavado u otras operaciones de limpieza (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Fósforo: esencial para el desarrollo de microorganismos, se lo encuentra en aguas residuales y naturales (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Entre las formas más comunes que se presenta el fósforo están: ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos; “el fósforo orgánico es un constituyente importante en aguas residuales industriales y en lodos de aguas residuales” (Romero J. A., 2018).

Nitrógeno: nutriente fundamental para el crecimiento de protistas y plantas. En aguas residuales se lo encuentra como nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. El nitrógeno Kjeldahl (NTK) es el resultado del nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal (Romero J. A., 2018).

pH: es un parámetro de calidad en aguas naturales e industriales, el intervalo de concentraciones en la determinación del ión hidrógeno “es estrecho y crítico para la proliferación y desarrollo de vida biológica y al ser este inadecuado presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos” (Metcalf & Eddy, 2003).; se detalla como el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración del ion hidrógeno (Romero J. , 2016). “Los microorganismos anaerobios necesitan un pH en torno a la neutralidad para su correcto desarrollo, pero admiten cierta oscilación” (Clark & Speece, 1989).

Oxígeno disuelto (OD): “el oxígeno disuelto está ligado a las actividades biológicas que se desarrollan en el agua, la solubilidad en el agua depende de la salinidad, temperatura y

presión atmosférica” (Seoánez, 2012) . La cantidad de oxígeno que posee el agua se expresa en mg/L O<sub>2</sub> (Romero J. A., 2018).

#### **3.2.1.2. Propiedades Físicas.**

Sólidos totales (ST): materia que se obtiene como residuo después de la evaporación del agua a una temperatura de 103° y 105°C (Metcalf & Eddy, 1995). Los ST incluyen materia disuelta y no disuelta (Carpio, 2007).

Sólidos fijos: son los residuos de sólidos totales, suspendidos o disueltos que se obtienen luego de la ignición a un determinado tiempo y temperatura (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Los residuos sobrantes después de la ignición representan la parte inorgánica, misma que no es exacta por pérdidas de descomposición o volatilización de algunas sales minerales (Argandoña & Macías, 2013)

Sólidos volátiles: representan la pérdida de peso por ignición (APHA-AWWA-WPCF, 1992). “Sólidos que se relacionan con la cantidad de materia orgánica de la muestra, potencial sustrato para el crecimiento de microorganismos” (MICROLAB INDUSTRIAL S.A., 2002).

#### **3.2.1.3. Propiedades Microbiológicas.**

Coliformes: son bacterias Gram Negativas en forma de bacilos que fermentan la lactosa de 35 a 37°C de temperatura, que producen ácido y CO<sub>2</sub> en un tiempo de 24 a 48 horas (Noguera, 2007). El grupo de coliformes totales incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Estos organismos coliformes se utilizan como un indicador de contaminación, (Romero (2016). Este grupo es amplio y característico de materia fecal, “mientras mayor sea el número de coliformes en agua, mayor la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente” (Cutipa, 2015).

### **3.3. Residuos Sólidos**

La Ley 10/1998, de Residuos, define como residuo a “cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse”.

Residuos urbanos o municipales son aquellos generados en domicilios, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no están en la clasificación de peligrosos (Castañón, 2010).

Los Residuos orgánicos resultan de la materia viva ya sea vegetal o animal, y están constituidos principalmente por residuos de alimentos. Su principal componente es el carbono (Aguilar, 2009).

Los residuos orgánicos biodegradables, tienen la propiedad de desintegrarse o degradarse rápido transformándose en otra materia orgánica (Consortio Provincial Residuos Sólidos Urbanos, 2019).

El Mercado Mayorista de Quito tiene un total de 1401 locales comerciales, mismos que a diario generan gran cantidad de residuos sólidos que son dirigidos al Relleno Sanitario de Quito. En el DMQ se conoce la caracterización de residuos generados al día gracias a la información disponible en las Estaciones de Transferencia Norte y Sur; mismas que se detalla a continuación: rechazo 14.5%, papel y cartón 12%, vidrio 2%, plásticos 15.5%, orgánicos 53.2%, chatarra 1.8%, tetrapack 1% (EMGIRS, 2013).

El Mercado cuenta con 3 cajas compactadoras, cada una de ellas con una capacidad de 12 toneladas. La recolección se realiza 4 veces al día: 2 en la mañana y 2 en la tarde. En la **Tabla 1** se puede observar datos proporcionados por el Área de Desechos Sólidos del Mercado Mayorista.

En la caracterización de los residuos sólidos biodegradables se encontraron diferentes vegetales, su composición se describe en el **Anexo B**.

**Tabla 1***Promedio de residuos en toneladas al día del Mercado Mayorista, año 2019*

<b>mes</b>	<b>días</b>	<b>total compactado al mes (Ton)</b>	<b>Promedio (Ton/día)</b>
Enero	31	687,570	22,180
Febrero	28	658,230	23,508
Marzo	31	700,830	22,607
Abril	30	738,060	24,602
Mayo	31	768,030	24,775
Junio	30	680,190	22,673
Julio	31	655,640	21,150
Agosto	31	483,712	15,604
<b>Promedio</b>			<b>22,137</b>

Nota; Fuente: Mercado Mayorista de Quito MMQ-EP, 2019. Elaborado por: Tipán Erika

### **3.3.1. Propiedades de los Residuos Sólidos**

#### **3.3.1.1. Propiedades Físicas**

Peso específico: es la relación entre el peso de un determinado material por unidad de volumen ( $\text{kg/m}^3$ ), valor que dependerá del lugar donde se realice el análisis, este puede ser bolsa de basura, contenedor, camión de recogida (Colmer & Gallardo , 2009). Los residuos sólidos orgánicos sin compactación se encuentran entre 202 y 700  $\text{kg/m}^3$ , (Gestión de RSU, 2012)

Humedad: “es el contenido de agua que posee un residuo” (Coral, 2015)., valor que depende de diversos factores como la composición de los residuos, condiciones ambientales y climáticas (Colmer & Gallardo , 2009). Los RSU presentan entre un 25 y 60% de humedad, y el valor típico de materia orgánica es de 70% así lo indica el Manual para la gestión de Residuos Urbanos (Coral, 2015).

Cenizas: son residuos sólidos muy finos procedentes de la combustión, es decir, es el peso del rechazo luego de la incineración en un crisol (Colmer & Gallardo , 2009). La porción inorgánica no combustible y la materia orgánica no combustible son los componentes de la ceniza (Cano, 2016).

pH: al tratarse de residuos sólidos, es necesario realizar una disolución para facilitar la movilidad de los iones hidrógeno, H<sup>+</sup> y medir la concentración presente; expresada en una relación logarítmica (Seoánez, 2012).

**3.3.1.2. Propiedades Químicas.** La materia orgánica para la carga se divide en nitrógeno y carbono. “El nitrógeno utilizado para la formación celular, mientras que el carbono es utilizado como fuente de energía” (Salamanca, 2009).

#### **3.4. Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)**

Con el análisis de los componentes de los residuos sólidos y líquidos se consigue la relación C/N idóneas para procesos de conversión biológica en el proceso de generación de biogás (Colmer & Gallardo , 2009).

“El biodigestor es considerado como un cultivo de flora bacteriana que se alimenta de residuos orgánicos. El carbono se encuentran en forma de carbohidratos y el nitrógeno como proteínas, amoníaco, entre otras, alimento esencial para microorganismos anaerobios” (Salamanca, 2009). En este proceso de digestión anaerobia los microorganismos necesitan una relación C/N = 30:1, es decir, 30 veces más carbono que nitrógeno (Soria & Ferrera, 2001).

También es importante conocer la concentración de fósforo, ya que forma parte de los nutrientes requeridos para el crecimiento de los microorganismos. Moncayo (2008) indica la relación óptima de nutrientes para el crecimiento de microorganismos, C/N/P=125:5:1, C/N= 20:1 hasta 30:1 y N/P= 5:1. Cuando la relación es demasiado baja, se presenta pérdidas de nitrógeno asimilable y los microorganismos dejan de operar hasta que se detiene el biodigestor;

o por el contrario muy alta, inhibiendo el crecimiento por la falta de nitrógeno (Salamanca, 2009).

### **3.5. Estiércol**

Son “deyecciones sólidas de animales” (Sierra & Rojas, 2010). “La composición química de cualquier estiércol depende de la dieta” (García, 2000).

#### ***3.5.1. Estiércol bovino***

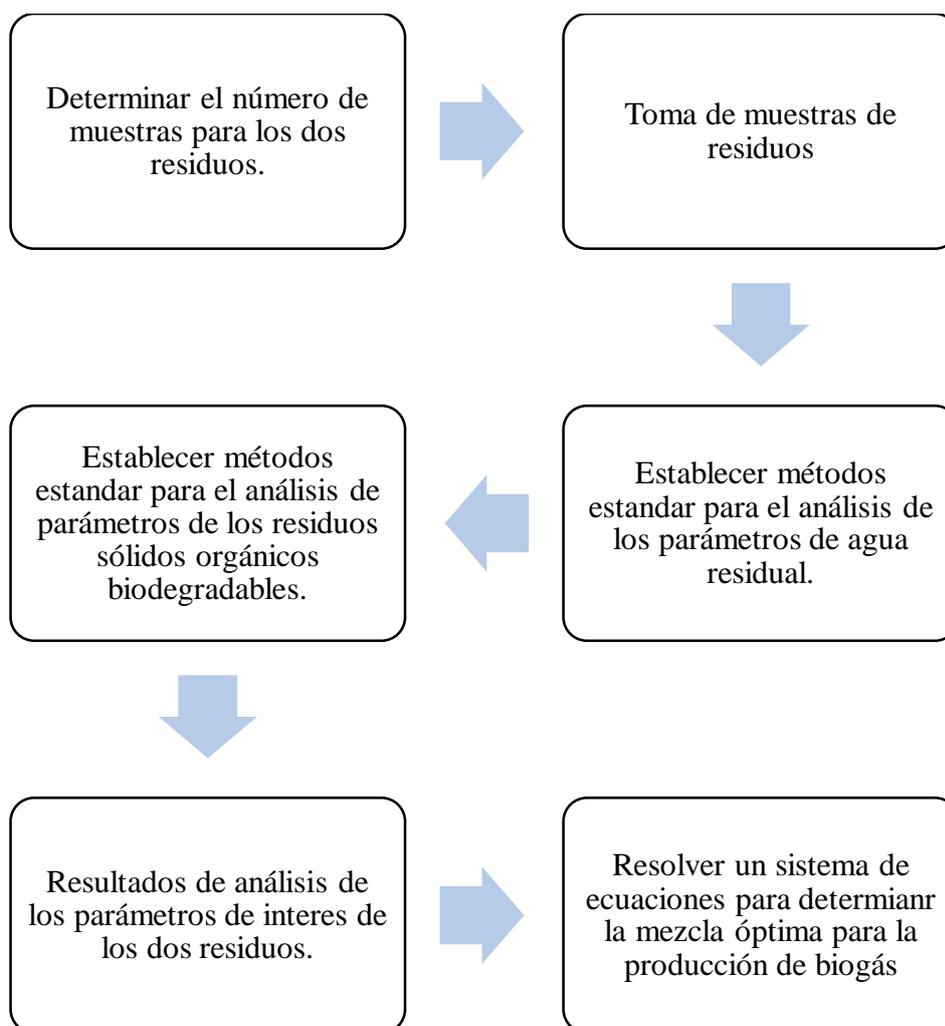
Es una mezcla del excremento y cama del ganado, (Jarauta, 2005). “Es un fertilizante orgánico por excelencia debido a su alto contenido de nitrógeno y materia orgánica” (Tortosa, 2014)

Los agricultores históricamente han utilizado este estiércol como abono para la tierra y fertilizar cultivos. (Pazmiño, 2012)

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### Diagrama1.

*Diagrama de proceso para determinar la mezcla óptima*



Nota: Elaborado por Tipán Erika, 2020.

### 4.1. Diseño

Para el posible uso de los residuos como materia prima, se analizaron diferentes parámetros, mismos que en la **Tabla2** se detallan.

**Tabla 2***Parámetros de análisis de los residuos*

<b>Agua residual</b>	<b>Residuos sólidos</b>
pH	pH
Sólidos totales	Peso específico
Sólidos fijos	Humedad
Sólidos volátiles	Cenizas
Oxígeno disuelto	Carbono
DQO	Nitrógeno total
DBO <sub>5</sub>	
Fósforo total	
Surfactantes	
Nitrógeno total	
Coliformes totales	

---

Tipán Erika, 2019

#### **4.2.Determinación de muestras**

De acuerdo a la Norma INEN 2226 (2013) “Agua. Calidad del agua. Diseño de los programas de muestreo”, se determina el número de muestras, valor que será empleado para los dos tipos de residuos a analizar.

#### **Cálculo para determinar el tamaño de la muestra**

Para el cálculo de una población finita se aplica la Ecuación 1

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}} \quad (1)$$

Donde;

N = tamaño de la población (190 vacas)

z = nivel de confianza 95%, valor que se encuentra en la Tabla 3

p y q = probabilidad, valor estándar 50 %

e = error de la muestra 10%

Se aplicó la ecuación estadística de poblaciones finitas, en la que el tamaño de la muestra es la cantidad de 190 vacas que ingresan al ordeño, el nivel de confianza escogido del 95% para obtener muestras representativas, los valores de p y q son estándar, es decir 50% respectivamente y finalmente el error de la muestra a aceptar un 10%.

**Tabla 3**

*Valor de K según nivel de confianza*

Nivel de confianza (%)	99	98	95	90	80	68	50
K	2.58	2.33	1.96	1.64	1.28	1.00	0.67

Fuente: Norma INEN 2226:2013

$$n = \frac{190}{1 + \frac{0.1^2(189 - 1)}{1.96^2(0.5)(0.5)}}$$

$$n = 64.04 \text{ muestras}$$

En base a la Norma INEN 2176 (2013) “AGUA, CALIDAD DEL AGUA, MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO”, se determinó el tipo de muestra y programa de muestreo para el estudio del agua residual. Se tomaron muestras compuestas. Este tipo de muestreo proporciona datos de composición promedio.

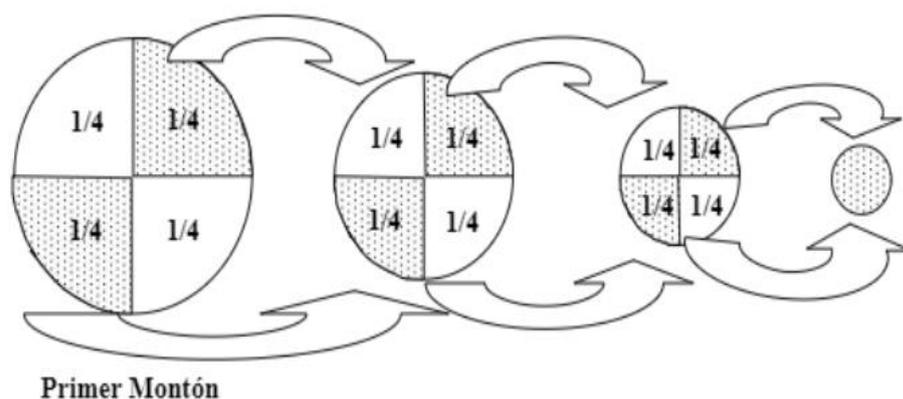
Esta fase de campo se realizó en la etapa de ordeño de la Ganadería San Luis, de acuerdo a su proceso productivo se determinaron la toma de tres muestras al día en el siguiente horario: 06:h00, 06:h30 y 07:h00 de la mañana.

Las muestras de los residuos orgánicos biodegradables se realizaron mediante cuarteo, es decir, se divide la muestra en cuatro partes y se recoge dos opuestas para formar una nueva muestra. La acción se la repite hasta obtener una muestra de un kilogramo o menos, así lo indica el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2000).

En el Mercado Mayorista los residuos sólidos orgánicos son depositados de forma continua en cajas compactadoras, por tanto, no se podía realizar la fase de muestreo en estas cajas. Por lo que el muestreo fue realizado en un camión sin compactación que recolectaba los residuos sólidos orgánicos biodegradables los días miércoles, de esta manera se logró una adecuada homogenización de los residuos; se recolectó cuatro muestras por día (miércoles), en el siguiente horario: 09:h30, 10:h00, 10:h30 y 11:h00 de la mañana.

**Figura 1.1**

*Método de cuarteo*



Nota: CEPIS, 2000.

### 4.3. Métodos

Los métodos están basados de acuerdo a la norma “Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales” (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Para la determinación de humedad y cenizas de los residuos sólidos, se siguió lo establecido por Leslie Cano (2016) en su trabajo de investigación: “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA”.

En la **Tabla 4** se puntualiza el método utilizado para el análisis de los diferentes parámetros físicos y químicos del agua residual de la industria láctea y de los residuos sólidos orgánicos.

**Tabla 4***Métodos de análisis*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>MATERIALES</b>
pH	Método electrométrico	pH metro	vaso de precipitación
Sólidos totales	2540 B. Sólidos Totales secados a 103-105°C APHA, AWWA, WPCF	Horno de secado Balanza analítica	crisoles deseCADOR
Sólidos fijos y volátiles	2540 E. Sólidos fijos y volátiles incinerados a 550°C APHA, AWWA, WPCF	Horno mufla Balanza analítica	deseCADOR crisoles
Oxígeno disuelto	Método electrométrico	Medidor de oxígeno	vaso de precipitación
DBO <sub>5</sub>	MAM-38/APHA 5210 B MODIFICADO	Bomba de vacío	
DQO	Método colorimétrico (5220 D) APHA, AWWA, WPCF MAM-23/MERCK 112,28,29,132 MODIFICADO	Espectrofotómetro digestor	tubos de digestión pipeta
Nitratos	Método colorimétrico	Espectrofotómetro	tubos de digestión pipeta
Nitrógeno total	MAM-45/ METODO RAPIDO MERCK MODIFICADO		

Ortofosfato	Método colorimétrico	Espectrofotómetro digestor	tubos de digestión pipeta
Fósforo total	MAM—15, MAM-17/APHA 4500-P B y/o C y E MODIFICADO		
Surfactantes	MAM-74/APHA 5540C MODIFICADO		
Coliformes totales	MMI-11/SM 9221-B MODIFICADO		
Peso específico	NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985		probeta de 100mL Piceta
Cenizas		Horno mufla Balanza analítica	Crisoles
Humedad		Horno de secado Balanza analítica	deseCADador crisoles
Carbono Orgánico Total	Método de WALKLEY/CALCULO		
Nitrógeno Total Kjeldahl	KJELDAHL		

**Fuente:** APHA, AWWA, WPCF, 1992

**Elaborado por:** Tipán Erika

#### 4.4. Cálculos:

Para determinar sólidos en el agua residual:

$$\frac{mg \text{ sólidos totales}}{L} = \frac{(A - B) \times 1000}{volumen de muestra (mL)} \quad (2)$$

Donde:

A= peso de residuo seco + placa (mg)

B= peso de la placa (mg)

$$\frac{mg \text{ sólidos volátiles}}{L} = \frac{(A - B) \times 1000}{volumen de muestra (mL)} \quad (3)$$

$$\frac{mg \text{ sólidos fijos}}{L} = \frac{(B - C) \times 1000}{volumen de muestra (mL)} \quad (4)$$

Donde:

A= peso del residuo + crisol antes de la ignición (mg)

B= peso residuos + placa después de la ignición (mg)

C= peso de placa (mg)

Cálculo en fracción de C y N en residuos sólidos:

$$\%(m/m)C = 48.3 \text{ (valor resultado de análisis)}$$

$$X_{C-RS} = 0.483$$

Mediante factores de conversión se calculó la cantidad de nitrógeno en porcentaje y posterior fracción en de los residuos sólidos, a partir del resultado del análisis que fue de

$$26761.5 \frac{mg N}{kg_{residuo}}$$

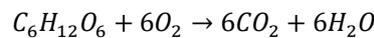
$$26761.5 \frac{mg N}{kg_{residuo}} \times \frac{1 kg N}{10^6 mg N} = 0.02676 \frac{kg N}{kg_{residuo}} \times 100$$

$$\%(m/m)N = 2.676$$

$$X_{N-RS} = 0.027$$

Cálculo de C en el agua residual:

De acuerdo con la DOT se considera que la materia orgánica es glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), y el carbono que contiene la glucosa (esto debido a que el agua de lavado del equipo que contiene la leche es evacuado a los potreros, como se puede observar en la *Figura 9.*) se oxidará a  $CO_2$ , y se relaciona con la  $DBO_5$ :



$$C_6H_{12}O_6 = 180g$$

$$6O_2 = 192g$$

Por cálculos estequiométricos se procede de la siguiente manera:

$$DBO_5 = 6190 \frac{mg O_2}{L_{AR}}; \text{ dato resultado de análisis}$$

$$6190 \frac{mg O_2}{L_{AR}} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{180g C_6H_{12}O_6}{192g O_2} \times \frac{6 \times 12 g C}{180g C_6H_{12}O_6} = 2.321 \frac{g C}{L_{AR}}$$

$$2.321 \frac{g C}{L_{AR}} \times \frac{1000mg}{1g} = 2321.25 \frac{mg C}{L_{AR}}$$

Cálculo en fracción de C y N de agua residual

Los datos de los que se parte para el cálculo de carbono y nitrógeno son resultado de los análisis:  $2321.25 \frac{mg\ C}{L_{AR}}$  y  $574 \frac{mg\ N}{L_{AR}}$

$$2321.25 \frac{mg\ C}{L_{AR}} \times \frac{L_{AR}}{0.972kg_{AR}} \times \frac{1kg\ C}{10^6mg\ C} = 0.0023 \frac{kg\ C}{kg_{AR}} \times 100$$

$$\%(m/m)C = 0.239$$

$$X_{C-AR} = 0.0023$$

$$574 \frac{mg\ N}{L_{AR}} \times \frac{L_{AR}}{0.972kg_{AR}} \times \frac{1kg\ N}{10^6mg\ N} = 0.00059 \frac{kg\ N}{kg_{AR}} \times 100$$

$$\%(m/m)N = 0.059$$

$$X_{N-AR} = 0.00059$$

En la **Tabla 5** se detalla los parámetros necesarios para determinar la cantidad de carbono y nitrógeno de la excreta mediante datos bibliográficos.

**Tabla 5**

*Composición excreta*

		estiércol vaca
%humedad		86
(%ST)	%sólidos totales	14
(%ST)	%carbono (%C)(del	30,6
(%ST)	%nitrógeno (%N)(del	1,7

Fuente: Flores Juan, 2010

Elaborado por: Tipán Erika

$$\frac{30.6\ kg\ C}{100\ kg_{ST}} \times \frac{14\ kg_{ST}}{100\ kg_{excreta}} = 0.0428 \frac{kg\ C}{kg_{excreta}} \times 100$$

$$\%(m/m)C = 4.28$$

$$X_{C-excreta} = 0.0428$$

$$\frac{1.7 \text{ kg N}}{100 \text{ kg}_{ST}} \times \frac{14 \text{ kg}_{ST}}{100 \text{ kg}_{excreta}} = 0.00238 \frac{\text{kg N}}{\text{kg}_{excreta}} \times 100$$

$$\%(m/m)N = 0.238$$

$$X_{N-excreta} = 0.00238$$

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los residuos sólidos orgánicos y agua residual se realizó desde el 30 de septiembre del 2019 hasta el 17 de diciembre del 2019, en este tiempo se distribuyó 20 días para la toma de muestras para cada residuo; y sus resultados promedio se detallan a continuación:

**Tabla 6**

*Resultados de análisis físico-químicos*

Parámetro	Agua Residual promedio	Residuos Sólidos promedio
pH	7,88	5,34
Sólidos totales (mg/L)	6311.58	
Sólidos fijos (mg/L)	2087.37	
Sólidos volátiles (mg/L)	4224.21	
Humedad (%)		87,52
Cenizas (%)		14,08
Peso específico (g/mL)		0.288
Surfactantes (mg/L)	<0,014	
OD (mg/L)	6,46	
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	10020	
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	6190	
Fósforo total (mg/L)	233,45	
Ortofosfato (mg/L)	1,72	
Nitrógeno total (mg/L)	574	
Nitratos (mg/L)	32,07	
Carbono Orgánico total (% m/m)	0,239	48,3
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/Kg)		26761,5
Coliformes totales (NMP/100mL)	7,9*10 <sup>6</sup>	

Fuente: Tipán Erika, 2020

Los coliformes totales están presente con 7,9\*10<sup>6</sup> NMP/100mL, son microorganismos que indican contaminación, se encuentran en el suelo, agua dulce, o vertidos de aguas

industriales como es el caso, y son bacterias importantes por la capacidad de fermentar lactosa (Seoáñez, 2012).

“El pH en un rango de 5.5 a 7.5, es adecuado para un proceso de biodigestión” (Botero & Preston, 1987). El pH es importante para los microorganismos metanogénicos, pues para su digestión el pH idóneo es de 6.5 a 8.5 (Guevara, 1996). Mientras Javier Pérez (2010) señala que el valor del pH debe mantenerse entre 5.2 hasta 7.5. El pH de agua residual y residuos sólidos es de 7.88 y 5.34 respectivamente, es decir, está dentro de los rangos establecidos para el proceso de digestión bacteriana.

Los sólidos totales con un promedio de 6311.58 mg/L, representan la cantidad de materia orgánica sin humedad, Sanzhéz (2003).

El promedio de los sólidos fijos y volátiles fue de 2087.37 y 4224.21 mg/L respectivamente, los sólidos volátiles es la porción de sólidos que se pueden transformar a biogás (Pazmiño, 2012).

El porcentaje promedio de humedad en los residuos sólidos orgánicos biodegradable fue de 87.52%, que es 17.52% más de lo señalado en materia orgánica por Coral (2015)., en el contenido de agua influyen factores como estación del año, lugar geográfico o los mismos residuos orgánicos.

El promedio de cenizas fue de 14.08% respecto a la materia seca, este corresponde al material inorgánico presente en los residuos sólidos orgánicos biodegradables luego de la incineración (Marquéz, 2014).

El valor promedio del peso específico de los residuos orgánicos fue de 0.29 mg/mL ( $290\text{kg/m}^3$ ), valor que se encuentra dentro del rango  $202\text{-}700\text{ kg/m}^3$  establecido para restos vegetales (Gestión de RSU, 2012).

Las sustancias activas al azul de metileno (SAAM), presente en el agua residual láctea tuvo una concentración de  $<0,014\text{ mg/L}$ , cantidad muy pequeña comparado a lo que señala

Sofía Maldonado (2008) para aguas residuales, indica que la concentración de surfactantes está entre 1 y 20 mg/L. Por lo tanto, no habrá inconveniente en la disolución de oxígeno en el agua, que requieren los microorganismos para su desarrollo (Maldonado, 2008), a la vez que se ratifica que en esta Industria utilizan detergentes biodegradables para la limpieza del área de ordeño, de acuerdo con información proporcionada por la Ganadería San Luis.

El valor promedio del oxígeno disuelto (OD) es de 6.46 mg/L, Romero (2016) recomienda concentraciones mayores a 4 mg/L para evitar perjuicios sobre la biota acuática, y así satisfacer la demanda de la masa microbial que requiere oxígeno disuelto para la estabilización de la materia orgánica en el agua residual (MOPT, s.f.). Además, que el oxígeno disuelto está ligado a la concentración de surfactantes en este caso para el agua residual de la industria láctea no presenta inconvenientes porque la concentración es muy baja, pero de lo contrario “los surfactantes disminuyen la solubilidad del oxígeno en el agua, dificultando la renovación del OD por formaciones de películas superficiales” (Romero J. , 2016; Maldonado, 2008).

Una DQO de 10020 mg/L, indica la alta concentración de materia orgánica presente en el agua residual, (MOPT, s.f.).

Al relacionar el valor de  $DBO_5$  con la DQO:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{6190 \text{ mg/L}}{10020 \text{ mg/L}} = 0.62$$

Relación que indica el tipo de agua residual, al ser el cociente  $DBO_5/DQO > 0.6$ , el efluente es de carácter orgánico biodegradable (Calidad del Agua, s.f.)

El valor promedio del fósforo total fue de 233,45 mg/L, nutriente que requieren los microorganismos para su crecimiento. Por tanto, es viable el crecimiento y desarrollo de microorganismos (Romero J. A., 2018).

En el agua residual el nitrógeno se encuentra en forma de amonio, nitratos, compuestos orgánicos o proteínas (Nieto, 2010). El nitrógeno total comprende: nitrógeno orgánico, amoniaco, nitritos y nitratos (Romero J. , 2016). El agua residual tuvo un valor promedio de 574 mg/L de nitrógeno, característica del agua residual fresca por el alto contenido de nitrógeno orgánico que incluye aminoácidos, aminos, polipéptidos y otros compuestos orgánicos del nitrógeno (Rodríguez, 2007) , mientras que el valor del nitrato fue de 32.07 mg/L. Por otra parte, el promedio del nitrógeno total Kjeldahl en residuos orgánicos fue de 26761.5 mg/kg. Al ser el nitrógeno bioestimulante y encontrarse en altas concentraciones genera crecimiento biológico (Salamanca, 2009).

El promedio de carbono orgánico total en residuos sólidos fue de 48.3 % m/m, cantidad apropiada para la producción biogás (López, 2011). Y un 0.24% m/m en el agua residual.

En la **Tabla 7** se presentan los resultados de los contenidos porcentuales de carbono y nitrógeno de los residuos estudiados, luego se determinó la relación C/N de la mezcla, para llevar a cabo el proceso bioquímico de producción de biogás.

**Tabla 7**

*Datos para relación C/N de la mezcla*

	Residuos sólidos		Agua residual		Estiércol	
	% m/ m	X <sub>R</sub> s	% m /m	X <sub>AR</sub>	% m /m	X <sub>excre</sub> ta
C	48,3	83	0,23	0,002	4,28	0,042
N	2,67	1,0	0,02	0,000	0,23	0,002
	6	27	9	59	8	38

Elaborado por: Tipán Erika

Según los análisis físico-químicos del agua residual de la industria láctea y residuos sólidos biodegradables, se obtuvieron valores de concentración elevados de carbono y nitrógeno para los residuos sólidos lo que significa que el mayor aporte nutricional tiene los residuos sólidos, con una relación C/N=18.05; no obstante, el agua residual también presentó una contribución de nitrógeno y carbono, pero en menor cantidad, su relación fue C/N=4.04 y

la relación N/P= 2.5 que indica la presencia de fósforo en el agua residual, nutriente limitante también requerido por los microorganismos. Por lo tanto, se parte de esta información para los cálculos respectivos para la obtención de la mezcla.

Además se consideró, la generación de residuos sólidos a nivel mundial; como lo indica el Banco Mundial (2018) la generación de residuos pasará de 2 010 millones de toneladas a 3 400 millones de toneladas en los próximos años. Si no se toman las acciones pertinentes “la generación mundial de residuos aumentará en un 70% para el año 2050” (Silpa, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018). La mala gestión de los residuos sólidos ocasionan problemas como la emisión de gases (Banco Mundial, 2018).

En Ecuador, específicamente en la provincia de Pichincha, cantón Quito; ingresaron al Relleno Sanitario 2 100 toneladas de residuos sólidos urbano al día (EMGIRS-EP, 2018). Cierta cantidad de restos orgánicos biodegradables que se generan a diario se originan en el Mercado Mayorista de Quito, aproximadamente 22,14 t/día, de acuerdo a los datos proporcionados por el Área de Desechos Sólidos del Mercado Mayorista, situación que es un problema desde la recolección hasta la disposición final de estos, tomando en cuenta la carga diaria que van con dirección al Inga, Relleno Sanitario de Quito y la movilización que implica costos de transporte. Las Estaciones de Transferencia (ET), es un lugar de recepción previo, en el que acondicionan los residuos para el traslado al relleno sanitario. La ET Norte tiene un costo de 28,12 USD/t y la ET Sur un costo de 31,25 USD/t (EMGIRS-EP, 2019).

Se tomó como base de cálculo 1 kg de residuos sólidos orgánicos biodegradables, debido a la generación de estos a diario a más de la concentración de carbono y nitrógeno que presentan y que es mayor que la que proporciona el agua residual.

La primera ecuación se planteó con la relación C/N =30, y la fracción en masa de cada residuo a conformar la mezcla.

$$\frac{C}{N} = 30$$

$$\frac{C_{X_C-RS}a + C_{X_C-AR}b + C_{X_C-excreta}c}{N_{X_N-RS}a + N_{X_N-AR}b + N_{X_N-excreta}c} = 30$$

$$\frac{0.483a + 0.0023b + 0.0428c}{0.0267a + 0.00059b + 0.00238c} = 30$$

$$\frac{0.483(1) + 0.0023b + 0.0428c}{0.0267(1) + 0.00059b + 0.00238c} = 30$$

$$18.0899 + 3.898b + 17.983c = 30$$

Donde:

$a$ = kg de residuos sólidos

$b$ = kg de agua residual

$c$ = kg de estiércol

La segunda ecuación se elaboró en base a la necesidad de humedad de la mezcla para la obtención de biogás, Germán López (2011), señala que la humedad con la que trabajó fu de 79,39% en una investigación de RSU para producir biogás. Mientras que Alonso Martínez y Olías (2013) indica que el valor idóneo es de 55% para el aprovechamiento de los residuos con fin energético. Por consiguiente, el valor que se toma de humedad es del 70% para la mezcla.

$$H_M = H_{RS} + H_{AR} + H_{excreta}$$

Donde:

$H_M$  humedad de la mezcla

$H_{RS}$  humedad de residuos sólidos

$H_{AR}$  humedad de agua residual

$H_{excreta}$  humedad de excremento de vaca

$$0.7M = 0.875a + 0.993b + 0.86c$$

Donde:

$M$  masa en kilogramos de la mezcla ( $a+b+c$ )

$a$  kilogramos de residuos sólidos

$b$  kilogramos de agua residual

$c$  kilogramos de estiércol de vaca

La masa de carga del biodigestor a escala piloto se considerará de 2kg, por tanto, en base a ese valor se reemplaza en la ecuación.

$$0.7M = 0.875a + 0.993b + 0.86c$$

$$0.7(2) = 0.875a + 0.993b + 0.86c$$

$$1.4 = 0.875a + 0.993b + 0.86c$$

Si,  $a = 1 \text{ kg}_{RS}$

$$1.4 = 0.875(1) + 0.993b + 0.86c$$

$$1.4 = 0.875 + 0.993b + 0.86c$$

El sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} 0.875 + 0.993b + 0.86c = 1.4 \\ 18.0899 + 3.898b + 17.983c = 30 \end{cases}$$

$$b = 0.5287 - 0.866c$$

Resolución de ecuaciones:

$$18.0899 + 3.898b + 17.983c = 30$$

$$18.0899 + 3.898(0.5287 - 0.866c) + 17.983c = 30$$

$$2.06087 - 3.3759c + 17.983c = 9.848$$

$$14.607c = 7.787$$

$$c = 0.53 \text{ kg}_{\text{excreta}}$$

$$b = 0.5287 - 0.866(0.533)$$

$$b = 0.07 \text{ kg}_{AR}$$

**Tabla 8**

*Mezcla óptima para producir biogás*

kg residuos sólidos	kg de agua residual	kg de estiércol
<b>1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,53</b>

Elaborado por: Tipán Erika

Como se puede observar en la Tabla 8 no se necesita una gran cantidad de agua residual de la industria láctea, esto debido a la cantidad de agua que contienen los residuos orgánicos, 87.6% de humedad. Por otro lado, en el cálculo se incluyó el estiércol, porque este contiene microorganismos necesarios para el proceso de producción de biogás.

Cabe recalcar que los valores que se obtuvieron están en base a una masa de carga de 2kg, valor tomado como ejemplo; pero los datos resultantes bien pueden servir para otras cargas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Los valores promedios de los parámetros físicos y químicos de los residuos analizados fueron: surfactantes  $<0,014\text{mg/L}$ , nitrógeno total  $574\text{mg/L}$ , fósforo total con  $233.45\text{mg/L}$  y  $0.239\%$  (m/m) de carbono para el agua residual, mientras que en los residuos sólidos fue de  $26761,5\text{ mg}$  de nitrógeno/kg y  $48,3\%$ (m/m) de carbono para residuos sólidos, elementos necesarios para los microorganismos para su crecimiento y desarrollo. La DQO y DBO5  $10020\text{mg O}_2/\text{L}$  y  $6190\text{mg O}_2/\text{L}$  respectivamente. Otro parámetro es el pH del agua residual  $7,88$  y  $5.34$  para los residuos sólidos que están dentro el rango ideal para la digestión. Con respecto al contenido de sólidos totales, fijos y volátiles se obtuvo:  $6311,37\text{ mg/L}$ ,  $2087.37\text{ mg/L}$  y  $3632,36\text{ mg/L}$  correspondientemente. Finalmente, el contenido de humedad  $87,52\%$  y cenizas  $14,08\%$  en los residuos sólidos. Por tanto, con los resultados de los análisis de cada parámetro de los residuos se afirma que son viables para realizar una mezcla para la producción de biogás.
- El sistema de muestreo fue el mismo para el agua residual láctea y residuos sólidos orgánicos biodegradables. Se determinó basándose en la Norma INEN 2226, para una población finita con un nivel de confianza del  $95\%$ , obteniendo así muestras representativas que sirvieron para los análisis realizados.
- La determinación de los diferentes parámetros analizados, se realizó por Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA-AWWA-WPCF). Y el “Método sencillo del análisis de residuos sólidos” establecido por CEPIS. En la Tabla 6 se reportan los resultados de los parámetros de interés.
- La cantidad de residuos óptima se constituyó en base al contenido carbono: nitrógeno de la mezcla ( $C/N=30$ ) de agua residual, residuos sólidos, más el inóculo

(estiércol de vaca) y la humedad de cada uno de estos; lo que arrojó los siguientes resultados: 50% de residuos sólidos orgánicos biodegradables, 3.5% de agua residual de la industria láctea y 26.5% de estiércol de vaca.

## **6.2. Recomendaciones**

- Realizar un estudio de factibilidad y viabilidad del proceso de producción de biogás, desde el transporte de la materia prima hasta la producción de biogás.
- Considerar un estudio con otro tipo de inóculo (excremento de (gallina, cerdo, caballo) para la mezcla, ya que el estiércol tiene diferente composición de carbono y nitrógeno en función de su origen, por tanto, cambiarán los porcentajes de residuos en la mezcla.
- Establecer acciones entre el Mercado Mayorista con instituciones educativas, para el aprovechamiento de residuos sólidos para realizar compost, debido a las concentraciones principalmente de carbono, nitrógeno y humedad que presentan los residuos sólidos orgánicos biodegradables, es viable este proceso.
- Realizar un análisis de la mezcla de residuos sólidos del Mercado Mayorista conjuntamente con efluentes que se generen en el mismo lugar para producir biogás.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos . (2016). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos* . Obtenido de EPA: <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-o>

Aguilar, M. (2009). *Reciclamiento de la basura*. Trillas.

APHA-AWWA-WPCF. (1992). *MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES*. Madrid: Díaz de Santos, S.A.

Arango, A., & Garcés, L. (2007). Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. 8.

Argandoña, L., & Macías, R. (2013). “*DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS, SEDIMENTADOS Y VOLÁTILES, EN EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN SITUADAS EN LA PARROQUIA COLÓN, CANTÓN PORTOVIEJO, PROVINCIA DE MANABÍ, DURANTE EL PERÍODO DE MARZO A SEPTIEMBRE 2013*”. Portoviejo: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

Banco Mundial. (20 de septiembre de 2018). *Banco Mundial* . Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Botero, R., & Preston, T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizantes a partir de excretas. Cali, Colombia.

Calidad del Agua. (s.f.). Obtenido de [http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/main.html](http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/main.html)

- Cano, L. (2016). “*CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA*”. Universidad Internacional SEK.
- Cano, L. (25 de julio de 2016). “*CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA DE LIMONCOCHA*”. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Carpio, T. (14 de junio de 2007). *IDEAM*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales:  
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>
- Castañón, M. (2010). *TODO RESIDUOS*. Madrid: Wolters Kluwer España S.A.
- CEPIS. (2000). *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. Obtenido de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente:  
<http://www.bvsde.paho.org/cdrom-repi86/fulltexts/eswww/fulltext/repind62/guianex2.html>
- Clark, R., & Speece, R. (1989). The pH tolerance of anaerobic digestion. *Advance water pollution research*. Int. Conf. 5<sup>a</sup>.
- Colmer, F., & Gallardo, A. (2009). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos*. México: Universidad Politécnica de Valencia.
- Consortio Provincial Residuos Sólidos Urbanos. (2019). *ORSU*. Obtenido de <http://www.consorciosumalaga.com/5936/residuos-organicos>
- Coral, K. (2015). *RESIDUOS SÓLIDOS Y RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS*. *Catedra de tratamiento de residuos*. Quito, Ecuador: Universidad Internacional SEK.

- Cutipa, E. (2015). *DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA RESIDUAL*.  
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Diego Tirado, L. G. (2016). Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea.  
*Producción más Limpia*, 184.
- EMGIRS. (2013). *EMGIRS*. Obtenido de EMGIRS:  
<https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zenkit/visitas-al-relleno-sanitario-2>
- EMGIRS-EP. (2018). Obtenido de <http://emgirs.gob.ec/phocadownload/informe-rendicion-cuentas/2018/rendicion-de-cuentas-2018.pdf>
- EMGIRS-EP. (2018). *EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. Obtenido de EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS:  
<https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zenkit/visitas-al-relleno-sanitario-2>
- EMGIRS-EP. (7 de julio de 2019). *Quito Informa*. Obtenido de <http://www.quitoinforma.gob.ec/2019/08/07/en-sesion-de-concejo-se-conocio-situacion-de-la-emgirs-ep/>
- García, A. (2000). Calidad alimentaria de la mezcla de cerdo y esquilmos agrícolas deshidratada al sol para bovinos de engorde. México: Universidad de Colima.
- Gestión de RSU. (2012). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los RSU.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/d8cc/838ef4a2f508cbfbde4ac9ffeacf3bf2fe87.pdf>.
- Guevara, A. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores*. lima: CEPIS.
- INEC. (2017). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica->

de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2013). Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.2226.2000/page/n1>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>.

Jarauta, L. (31 de enero de 2005). Digestión Anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos. El Casco, Perú.

López, G. (2011). *Producción de biogás a partir de RSU*. Bogotá: Rocca S.A.

López, G. (2011). *Producción de biogás a partir de RSU*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Maldonado, S. (abril de 2008). ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DE DETERGENTES ANIÓNICOS TIPO SULFATO CON CARBÓN ACTIVADO. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/964/1/CD-1428.pdf>

Marquéz, M. (2014). “REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN DE ALIMENTOS: TERMINOLOGÍA, DEFINICIONES Y EXPLICACIONES”. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.

Metcalf, & Eddy. (1995). *Wastewater Engineering*. USA: McGraw-Hill.

Metcalf, & Eddy. (2003). *WATER REUSE ISSUES, TECHNOLOGIES, AND APPLICATIONS*. New York: McGraw Hill.

- MICROLAB INDUSTRIAL S.A. (2002). *Microlab Industrial*. Obtenido de <http://www.microlabindustrial.com/parametros/propiedades-agregadas/579/solidos-totales-volatiles>
- Moncayo, G. (2008). Dimensionamiento, Diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás. Aqualimpia Beratende Ingenieure.
- MOPT. (s.f.). *Aguas Residuales*. Obtenido de [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas\\_residuales\\_MOPT.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas_residuales_MOPT.pdf)
- Nieto, I. (2010). APOYO AL CONTROL DE PROCESOS Y LABORATORIO EN LA EDAR DE TORREVIEJA. Universidad de Alicante.
- Noguera, J. B. (2007). *Ingeniería Ambiental*. Bogotá: Uninorte.
- Pazmiño, A. (17 de diciembre de 2012). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN DIGESTOR ANAEROBIO DE FLUJO CONTINUO PARA EL TRATAMIENTO DE ESTIÉRCOL BOVINO DE LA FINCA "RANCHO SANTA ESTHER" DEL SECTOR "LA DELICIA" PARROQUIA TULCÁN, CANTÓN TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI, ECUADOR. Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Pérez, J. (marzo de 2010). ESTUDIO Y DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA APLICACION EN PEQUEÑOS GANADEROS Y LECHEROS. Chile: Universidad de Chile.
- Rodríguez, C. (16 de abril de 2007). *NITROGENO TOTAL EN AGUA POR EL METODO SEMI-MICRO KJELDAHL-ELECTRODO DE AMONIACO*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Nitr%C3%B3geno+Total+en+agu>

a+M%C3%A9todo+Kjeldahl+Electrodo+de+Amoniaco.pdf/6eac7192-9d88-41cf-b4f0-7b5332467901

Rohstoffe, F. N. (2010). *biogasportal.info*. Obtenido de <https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/1/e/leitfadenbiogas-es-2013.pdf>

Romero, J. (2016). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero, J. A. (2018). *AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Salamanca, A. (2009). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Sanzhéz, S. (junio de 2003). *ENERGIAS RENOVABLES-Conceptos y Aplicaciones*. Quito: WWF-Fundación Natura.

SECRETARIA DEL AMBIENTE. (2020). Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/residuos-solidos>

Seoánez, M. (2012). *Manual de Aguas Residuales Industriales*. Madrid: McGRAW-HILL.

Severiche, C., & Acevedo, R. (2013). *Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación*. [file:///C:/Users/Erika%20Tipan/Downloads/Dialnet-BiogasAPartirDeResiduosOrganicosYSuApuestaComoComb-5038455%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Erika%20Tipan/Downloads/Dialnet-BiogasAPartirDeResiduosOrganicosYSuApuestaComoComb-5038455%20(1).pdf).

Sierra, C., & Rojas, C. (2010). La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos. Chile: Centro Nacional de Investigación La Platina.

Silpa, K., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (20 de septiembre de 2018). *World Bank Group*. Obtenido de World Bank Group: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Soria, M., & Ferrera, R. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de la excreta de cerdo. Montecillo: Terra.

Thermal, S. (s.f.). Obtenido de <https://www.sigmathermal.com/es/aplicaciones/calentamiento-y-enfriamiento-de-reactores-encamisados/>

Tirado, D., Gallo, L., Acevedo, D., & Mouthon, J. (2016). Biotratamiento de aguas residuales en la industria láctea. *Producción más limpia*, 184.

Tortosa, G. (22 de agosto de 2014). *Compostando Ciencia*. Obtenido de <http://www.compostandociencia.com/2014/08/uso-estiercol-como-fertilizante/>

Vernero, M. (2011). *MANUAL DEL BIOGÁS*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

## 8. ANEXOS

### *Anexo A*

#### **Registro fotográfico**



*Figura 1.* Punto de muestreo de residuos sólidos



*Figura 2.* Residuos sólidos en el agitador



**Figura 3.** Vasos de precipitación con residuos sólidos



**Figura 4.** Cenizas



**Figura 5.** Punto de muestreo de agua residual



**Figura 6.** Muestras de agua residual



**Figura 7.** Agua residual lista para la ignición en la mufla



**Figura 8.** Crisoles en el desecador luego de la ignición



**Figura 9.** Evacuación (riego) del agua de lavado de equipo contenedor de leche hacia los potreros

## Anexo B

### Composición de vegetales

Vegetal	Composición química de la parte comestible (100g)										Otros componentes (mg)							
	Agua		Proteínas		Grasas		Carbohidratos		Fibra		Cenizas		Fósforo		Calcio		Hierro	
	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas
acelera- <i>Beta vulgaris</i> var. <i>Cicla</i>	94,50	90,00	0,80	2,40	0,10	0,20	2,10	4,30	0,90	1,00	1,60	2,10	14,00	52,00	31,00	112,00	0,80	2,90
apio- <i>Apium graveolens</i> var. <i>dules</i> L.	92,80		0,70		0,10		4,30		0,90		1,20		33,00		70,00		0,60	
cilantro- <i>Coriandrum sativum</i> L.	83,00		4,20		0,40		8,00		2,20		2,20		135,00		260,00		7,40	
lechuga- <i>Lactuca sativa</i> L.	95,10		1,10		0,20		1,90		1,00		0,70		42,00		44,00		1,00	
remolacha- <i>Beta vulgaris</i> L.	87,20		1,40		-		9,60		0,80		1,00		28,0		18,0		1,0	
tomate- <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	94,30		0,90		0,10		3,30		0,80		0,60		19,0		7,0		0,70	
zanahoria- <i>Daucus carota</i> L. var.	88,90		0,70		0,10		8,40		1,10		0,80		28,00		33,00		0,60	
brócoli- <i>Brassica oleracea</i> L.	88,90		4,00		0,30		3,70		1,90		1,20		137,00		106,00		1,10	
col- <i>Brassica oleracea</i> L. var.	86,70		4,20		0,50		5,00		1,30		2,30		52,00		456,00		1,50	
coliflor- <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>Bombas</i> L.	91,00		2,10		0,20		5,20		-		-		36,00		25,00		1,10	
pepino cohombro- <i>Cucumis sativus</i> L.	96,70		0,50		0,10		1,80		0,50		0,40		30,00		7,00		0,30	
ajo- <i>Allium sativum</i> L.	64,20		4,70		0,10		28,20		0,70		1,50		135,00		40,00		1,30	
cebolla de bulbo- <i>Allium cepa</i> L.	88,90		1,40		0,10		6,90		1,20		0,50		31,00		35,00		0,50	
cebolla de rama- <i>Allium fistulosum</i> L.	91,60	90,30	1,20	1,60	5,30	0,20	-	-	1,30	1,70	0,50	0,80	31,00	40,00	27,00	64,00	0,40	0,70
espartero- <i>Asparagus officinalis</i> L.	94,00		1,80		0,20		3,30		-		0,70		-		-		-	
traho- <i>Brassica napus</i> L.	92,60		0,70		-		5,00		0,98		0,80		29,00		41,00		0,50	
rábano- <i>Raphanus sativus</i> L.	94,70		0,80		0,10		3,00		0,70		0,70		24,00		3,20		0,80	
pimentón- <i>Capsicum annuum</i> var. <i>Müller</i>	93,70		0,90		0,10		4,90		1,00		0,40		24,90		-		0,60	
ail- <i>Capiscum frutescens</i> L.	81,10		2,20		1,60		9,90		4,20		1,00		65,00		29,00		1,00	
pernil- <i>Petroselinum sativum Hoffmann</i>	85,00		3,40		0,60		7,10		2,10		1,80		58,00		237,00		3,90	

Fuente: Enciclopedia Agropecuaria Terranova, Manual práctico de técnicas de compostaje -INIAP

Elaborado por: Tipán Erika

## Anexo C

### Informes de resultados de análisis del Laboratorio de Ensayos



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50087  
ORDEN DE TRABAJO No. 62704

SOLICITADO POR:	TIPAN CAIZALUISA ERIKA		
DIRECCION DEL CLIENTE:	ALOAG		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	AGUA RESIDUAL		
FECHA DE RECEPCIÓN:	21/11/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 21/11/2019 AL 02/12/2019		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	2/12/2019		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	MUY TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	800 ml
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

#### RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
* DBOS	mgO <sub>2</sub> /L	6190	MAM-38 / APHA 5210 B MODIFICADO	-
* DQO	mgO <sub>2</sub> /L	10020	MAM-23A / MERCK 112,28,29,132 MODIFICADO	-



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



1 / 1

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15.18, 21.31, 33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50045  
ORDEN DE TRABAJO No. 62130

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON				
MUESTRA DE:	RESIDUOS SOLIDOS				
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA 1 MERCADO MAYORISTA				
FECHA DE RECEPCIÓN:	2/9/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 25/11/19				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:				26/11/2019	
RDP					
CARACTERISTICA:	CARACTERISTICO	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO:	500 g
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CARBONO ORGANICO TOTAL	%	46,6	METODO DE WALKLEY/CALCULO	-
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	mg/Kg	22658	KJELDAHL	-



  
B.F. ALICIA CEP  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



31/1

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50046  
ORDEN DE TRABAJO No. 62130

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON				
MUESTRA DE:	RESIDUOS SOLIDOS				
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA 2 MERCADO MAYORISTA				
FECHA DE RECEPCIÓN:	2/9/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 25/11/19				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/11/2019				
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERISTICA:	CARACTERISTICO	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO:	500 g
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CARBONO ORGANICO TOTAL	%	50,0	METODO DE WALKLEY/CALCULO	-
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	mg/Kg	30865	KJELDAHL	-



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



4111

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50029  
ORDEN DE TRABAJO No. 62129

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON				
MUESTRA DE:	AGUA				
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA AGUA 2 HACIENDA SAN LUIS				
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/09/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 15/11/2019				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	18/11/2019				
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERISTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				
RESULTADOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %	
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/L	<0,014	MAM-74 / APHA 5540 C MODIFICADO		



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002. LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



2/11

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50028  
ORDEN DE TRABAJO No. 62129

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON				
MUESTRA DE:	AGUA				
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA AGUA 1 HACIENDA SAN LUIS				
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/09/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 15/11/2019				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	18/11/2019				
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERISTICA:	MUY TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/L	<0,014	MAM-74 / APHA 5540 C MODIFICADO	-



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002. LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. MI 39009  
 ORDEN DE TRABAJO No. 62634

SOLICITADO POR:	TIPAN CAIZALUISA ERIKA
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	ALOAG
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCIÓN:	AGUA RESIDUAL
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	----
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	15/11/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	09H36
FECHA DE ANÁLISIS:	18/11/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	20/11/2019
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	800ml
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
INDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	7.9X10 <sup>6</sup>	MMI-11/SM 9221-B MODIFICADO

DATOS ADICIONALES:  
 NMP/100ml: Número más probable de coliformes por 100 mililitro



Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE<sup>®</sup>



  
 B.F. MAGALY CHASI – MSc.  
 JEFE DE AREA DE MICROBIOLOGIA



RMI-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50044  
ORDEN DE TRABAJO No. 62130

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA AGUA 3 HACIENDA SAN LUIS		
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/09/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 19/11/2019		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/11/2019		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	MUY TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
* FOSFORO TOTAL	mg/L	259,3	MAM-15, MAM-17 / APHA 4500-P Cy/o Cy E MODIFICADO	-
* NITROGENO TOTAL	mg/L	692	MAM-45 / METODO RAPIDO MERCK MODIFICADO	-



B.F. ALICIA CEPEDA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

2111

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
 INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50043  
 ORDEN DE TRABAJO No. 62130

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA AGUA 1 HACIENDA SAN LUIS		
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/09/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 19/11/2019		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/11/2019		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	MUY TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
* FOSFORO TOTAL	mg/L	207,6	MAM-15, MAM-17 / APHA 4500-P C y/o C y E MODIFICADO	-
* NITROGENO TOTAL	mg/L	456	MAM-45 / METODO RAPIDO MERCK MODIFICADO	-



*[Handwritten Signature]*  
 B.F. ALICIA CEPA  
 JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



11/1

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
 Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50030  
ORDEN DE TRABAJO No. 62129

SOLICITADO POR:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				
DIRECCION DEL CLIENTE:	AV. 12 DE OCTUBRE Y WILSON				
MUESTRA DE:	AGUA				
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA AGUA 3 HACIENDA SAN LUIS				
FECHA DE RECEPCIÓN:	02/09/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	11H28		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 13/11/2019 AL 15/11/2019				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:					18/11/2019
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERISTICA:	MUY TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/L	<0,014	MAM-74 / APHA 5540 C MODIFICADO	



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPAL  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



3111

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec

*Anexo D*

**Tabla de datos de agua residual la industria láctea**

Fecha	Nº Muestra	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	% O2	% sat ratio	Fósforo (mg/L) UCE	Fósforo (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L) UCE	Nitrógeno (mg/L)	Surfactantes(mg/L)	Coliformes totales NMP/100mL	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos fijos(mg/L)	Sólidos volátiles (mg/L)
17-oct-19	A1	7,96	7,31	16,7	83,7		0,87		overrrange			670	130	540
21-oct-19	A2	7,12	6,77	16	77,7		0,93		2,9			1520	720	800
23-oct-19	A3	6,78	5,62	13	65,2		0,31		11,0			4650	1360	3290
25-oct-19	A4	8,73	6,49	15	73,8		0,64		overrrange			3540	1310	2230
30-oct-19	A5	8,65	4,03	9,2	46,1		0,94		26,1			3580	1260	2320
5-nov-19	A6	8,68	4,38	10	50,2		0,5		25,2			3740	950	2790
7-nov-19	A7	8,59	5,32	12,4	62,2		9,3		19			10510	3440	7070
8-nov-19	A8	8,29	4,84	11,1	55,7		overrange		37			15860	6280	9580
11-nov-19	A9	8,38	5,03	11,6	58		0,29		22			16390	5940	10450
12-nov-19	A10	7,11	8,6	43,1	9,22	207,6	overrange	456	74	<0,014		14020	5040	8980
	A11	7,51	4,82	11,1	55,3		underrange		86			7810	1810	6000
15-nov-19	A12	7,12	3,77	8,6	43,2	259,3	overrange	692	59	<0,014	7,9*10 <sup>6</sup>	4820	2030	2790
	A13	7,37	3,69	8,5	42,3		overrange		15,2			5140	2330	2810
18-nov-19	A14	8,12	11,07	25,7	128,1		overrange		15,5			6270	2540	3730
19-nov-19	A15	7,78	10,17	23,6	119,1		overrange		24			5040	2200	2840
21-nov-19	A16	8,55	6,53	11,4	57,4									
11-dic-19	A17	7,54	7,04	66,35	80,7							1110	420	690
13-dic-19	A18	8,12	5,66	13,05	64,55							1140	450	690
16-dic-19	A19	7,24	7,46	8,5	42,75							1270	430	840
17-dic-19	A20	7,95	10,62	24,65	123,6							12840	1020	11820
<b>Promedio</b>		<b>7,88</b>	<b>6,46</b>	<b>17,98</b>	<b>66,94</b>	<b>233,45</b>	<b>1,72</b>	<b>574</b>	<b>32,07</b>	<b>&lt;0,014</b>	<b>7,9*10<sup>6</sup></b>	<b>6311,58</b>	<b>2087,37</b>	<b>4224,21</b>

Elaborado por: Tipán Erika, 2020.

*Anexo E*

**Tabla de datos de residuos sólidos orgánicos biodegradables**

Fecha	Nº Muestra	pH	Peso específico (g/mL)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Carbono orgánico total (%) UCE	Nitógeno total Kjeldahl (mg/Kg) UCE
16-oct-19	R1	6,40	0,224	82,969	13,485		
16-oct-19	R2	5,86	0,269	87,078	13,983		
16-oct-19	R3	4,71	0,442	87,272	4,333		
16-oct-19	R4	6,00	0,143	85,402	16,218		
23-oct-19	R5	5,90	0,174	87,687	17,126		
23-oct-19	R6	5,60	0,277	87,791	20,385		
23-oct-19	R7	5,63	0,404	89,131	21,686		
23-oct-19	R8	5,01	0,290	85,131	9,698		
30-oct-19	R9	5,87	0,222	85,134	6,099		
30-oct-19	R10	4,35	0,280	85,399	3,670		
30-oct-19	R11	5,48	0,260	88,706	23,775	46,6	22658
30-oct-19	R12	5,85	0,189	87,167	14,496		
6-nov-19	R13	5,06	0,308	88,475	16,589		
6-nov-19	R14	4,36	0,364	87,628	15,169		
6-nov-19	R15	4,76	0,543	89,072	11,770	50,0	30865
13-nov-19	R16	5,17	0,260	90,621	11,920		
13-nov-19	R17	5,92	0,190	90,890	12,140		
13-nov-19	R18	5,35	0,300	91,946	14,422		
27-nov-19	R19	5,10	0,296	88,406	20,922		
27-nov-19	R20	4,33	0,320	84,513	13,641		
<b>Promedio</b>		<b>5,34</b>	<b>0,29</b>	<b>87,52</b>	<b>14,08</b>	<b>48,3</b>	<b>26761,5</b>

Elaborado por: Tipán Erika, 2020.