



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE DESECHOS
GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA Y EN EL
CAMAL DE RIOBAMBA USANDO UN CONSORCIO
MICROBIANO COMO ACELERADOR.**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: INVESTIGATIVO

Presentado para obtener el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: MARÍA ALEJANDRA CRUZ TORRES

DIRECTORA: DRA. JANNETH JARA S.

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

© 2018, María Alejandra Cruz Torres

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CERTIFICACIÓN:

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE DESECHOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA Y EN EL CAMAL DE RIOBAMBA USANDO UN CONSORCIO MICROBIANO COMO ACELERADOR.”**, de responsabilidad de la señorita egresada María Alejandra Cruz Torres, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Janneth Jara S.

DIRECTORA DE TRABAJO -----
DE TITULACIÓN

Dra. Janneth Gallegos N.

MIEMBRO DEL TRABAJO -----
DE TITULACIÓN

Yo, María Alejandra Cruz Torres, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MARÍA ALEJANDRA CRUZ TORRES

C.I. 060393671-7

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, las personas más importantes de mi vida, gracias por sus cuidados, enseñanzas, paciencia y la motivación que me han brindado día a día en los momentos más complicados, cada logro es dedicado a ellos. A mis hermanas scout, mis mejores amigas, al amor de mi vida y a todas las personas que han llenado de alegría mi vida, me han apoyado en todo momento, sin su amistad y cariño seria alguien muy diferente.

María Alejandra

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por mi formación profesional y guía a nivel académico.

Al personal de CAMAL de GADM Riobamba por brindar el apoyo y apertura a toda la información necesaria e instalaciones de la empresa durante el proceso y desarrollo del trabajo de investigación.

Al personal de EP EMMPA Riobamba por brindar la información necesaria y la apertura a las instalaciones de la empresa.

Mi eterno agradecimiento a la Dra. Janneth Jara S. quien me ha sabido brindar su apoyo, guía y ayuda en todo el proceso de trabajo de investigación.

A la Dra. Janneth Gallegos N. por impartirme sus conocimientos y colaboración durante el desarrollo del tema de investigación.

María Alejandra

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación	5
1.2 Antecedentes de la investigación	6
1.3 Bases teóricas	7
CAPÍTULO II	
2 MARCO METODOLÓGICO EXPERIMENTAL	28
2.1 Metodología.....	28
2.2 Técnica de recolección de datos.....	32
CAPÍTULO III	
3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
3.1 Análisis organoléptico	41
3.2 Rendimiento del biol.....	42
3.3 Temperatura interna de biodigestor	42
3.4 Potencial de hidrógeno	44
3.5 Conductividad eléctrica.....	45
3.6 Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	46
3.7 Análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	48
3.8 Características cuantitativas.....	51
3.9 Características microbiológicas.....	66
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Clasificación de desechos sólidos	10
Tabla 2-1:	Composición química del estiércol	16
Tabla 3-1:	Grupo de bacterias de acuerdo con la temperatura de crecimiento	20
Tabla 4-1:	Caracterización de un abono foliar (biol) elaborado a partir de estiércol bovino	25
Tabla 1-2:	Datos informativos del lugar de experimentación	29
Tabla 2-2:	Composición de la mezcla usada como testigo o blanco	30
Tabla 3-2:	Cálculo de muestra de desechos sólidos orgánicos	37
Tabla 4-2:	Cálculos de ingredientes totales necesarios para los ensayos a escala de laboratorio	38
Tabla 1-3:	Análisis organoléptico del biol	41
Tabla 2-3:	Rendimiento de los bioles obtenidos	42
Tabla 5-3:	ADEVA de la variable CE al final del biol	45
Tabla 6-3:	ADEVA de la variable DBO ₅ al final del biol	47
Tabla 7-3:	ADEVA de la variable DQO del biol	49
Tabla 8-3:	Principales características químicas del biol	51
Tabla 9-3:	Principales características cuantitativas del biol	51
Tabla 10-3:	ADEVA de la variable NT al final del biol	52
Tabla 11-3:	ADEVA de la variable P ₂ O ₅ al final del biol	54
Tabla 12-3:	ADEVA de la variable K ₂ O al final del biol	56
Tabla 13-3:	ADEVA de la variable CaO al final del biol	58
Tabla 14-3:	ADEVA de la variable MgO al final del biol	60
Tabla 15-3:	ADEVA de la variable Fe al final del biol	62
Tabla 16-3:	ADEVA de la variable materia orgánica (MO)	64
Tabla 17-3:	Conteo de UFC/mL en placa Petri	66
Tabla 18-3:	Análisis microbiológico al inicio y fin del proceso de obtención del biol	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Perfil térmico de los bioles	43
Gráfico 2-3: Evolución del Potencial de hidrógeno (pH)	44
Gráfico 3-3: Conductividad eléctrica del biol	46
Gráfico 4-3: Demanda Bioquímica de Oxígeno en el biol	48
Gráfico 5-3: Demanda Química de Oxígeno del biol	50
Gráfico 6-3: Contenido de Nitrógeno Total (NT)	53
Gráfico 7-3: Contenido de Fósforo Total ($P_2 O_5$)	55
Gráfico 8-3: Contenido de Potasio ($K_2 O$)	57
Gráfico 9-3: Contenido de Calcio (CaO)	59
Gráfico 10-3: Contenido de Magnesio(MgO)	61
Gráfico 11-3: Contenido de Hierro (Fe)	63
Gráfico 12-3: Contenido de Materia Orgánica (MO)	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Elaboración de biol	14
Figura 1-2: Vista satelital de las ubicaciones de EP EMMPA Riobamba y Camal GADM de la ciudad de Riobamba	33

ABREVIATURAS

GADM: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

EP EMMPA: Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas

Kg: Kilogramos

g: gramos

°C: Grados centígrados

C/N: Relación Carbono /Nitrógeno

N: Nitrógeno

P: Fósforo

K: Potasio

Mg: Magnesio

Fe: Hierro

mL: Mililitros

L: Litros

DCA: Diseño completo al azar

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

BAL: Bacterias ácido-lácticas

UHT: Ultra pasteurizado

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

M: Molar

MRS: Man Rogosa y Sharpe

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue producir biol a escala de laboratorio, a partir de desechos generados en la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas (EP EMMPA) y en el Camal de Riobamba usando un consorcio microbiano como acelerador. Para el efecto, a tres mezclas de materia orgánica del mismo tipo se adicionaron un consorcio de Bacterias ácido-lácticas (BAL), leche pura y suero de leche, preparando las fórmulas (T1, T2, T3) respectivamente, las cuales se sometieron a una fase de descomposición anaerobia, con monitoreo de pH y temperatura y se evaluó su efecto frente al testigo T0, según algunos de los cambios fisicoquímicos y microbiológicos, así como la duración del proceso y el rendimiento obtenido. Los resultados se analizaron estadísticamente bajo un diseño de bloques completamente al azar, con análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba de Duncan. Bajo las condiciones de estudio el tratamiento T3 se identificó como el mejor, con diferencias significativas ($p > 0,01$) y superiores en relación a T0, T1 y T2 en la mayoría de pruebas aplicadas a los efluentes de los biodigestores (0,2579 % P_2O_5 ; 0,3440 % K_2O ; 1,1978 % MgO , 0,0187 % Fe ; 3,30 % MO), e inferiores en 0,1965 % CaO ; 19 300 mg/L DBO; 46 400 mg/L DQO), sin presentar diferencias en NT (0,26%) y CE (2 740 $\mu S/cm$). Los coliformes totales y fecales estuvieron ausentes, el pH osciló en el rango de la neutralidad y la temperatura fue mesofílica. Para T3 se logró un rendimiento del 67.5 % en un bioproceso que duró 36 días. Un biol que guarde el equilibrio de la materia carbonada y nitrogenada y sea controlado en sus características funcionales garantiza su uso en cultivos de alimentos.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL>, <BIOL>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <CONSORCIO BACTERIANO>

SUMMARY

The objective of this study was to produce biol on a laboratory scale, from wastes generated in the Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas (EP EMMPA) and in Camal Municipal of Riobamba using a microbial consortium as an accelerator. For this purpose, a consortium of Lactic Acid Bacteria (LAB), pure milk and whey, were added to three organic matter mixtures of the same type, respectively, preparing the formulas (T1, T2, T3) respectively, which were subjected to a phase of anaerobic decomposition, with monitoring of PH and temperature and its effect against the T0 control was evaluated, according to some of the physicochemical and microbiological changes, as well as the duration of the process and the obtained yield. The results were analyzed statistically under a completely randomized block design, with analysis of variance and separation of means by the Duncan test. Under the study conditions, the T3 treatment was identified as the best, with significant differences ($p > 0, 01$) and higher in relation to T0, T1 and T2 in most tests applied to the effluents of the biodigesters (0.2579). % P₂O₅, 0.3440% K₂O, 1.1978% MgO, 0.0187% Fe, 3.30% MO), and lower by 0.1965% CaO; 19 300 mg / L BOD; 46 400 mg / L DQO), without differences in TN (0.26%) and CE (2740 ps / cm). Total and fecal coliforms were absent, the pH oscillated in the range of neutrality and the temperature was mesophilic. For T3 a yield of 67.5% was achieved in a bioprocess that lasted 36 days. A biol that keeps the balance of the carbon and nitrogen matter and is controlled in its functional characteristics guarantees its use in food crops.

Key Words: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>. <ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY>, <BIOL>, <ORGANIC WASTE>, <BACTERIAL CONSORTIUM>

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

La población a nivel mundial se encuentra expuesta a una gran cantidad de residuos orgánicos contaminantes producidos diariamente por empresas públicas y privadas, llegando a ser perjudiciales al medio ambiente y a afectar a la salud y al bienestar de los seres humanos y otros organismos. Es por ello que, en la actualidad, el reciclaje de todo tipo de residuos se ha convertido en una necesidad.

Los residuos orgánicos generados en los mercados y camales son biodegradables. Por esta razón, cuando no se gestionan de forma rápida, provocan la presencia de lixiviados que atraen vectores como moscas, ratas y perros, generando malos olores y la rápida degradación del entorno. La producción de abonos, enmiendas y fertilizantes orgánicos es una alternativa válida para el reciclaje de estos residuos, debido a la presencia de nutrientes y a la facilidad con que los microorganismos la degradan. En muchos países de América Latina, el biol, un abono líquido, es una opción aceptable para tratar residuos orgánicos, ayudando a mitigar la contaminación mediante una tecnología sencilla y amigable con el medio ambiente.

El Biol, consiste como una fuente de fitoreguladores que se consiguen mediante la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos animales y vegetales, aparece como un desecho líquido sobrenadante resultantes de la fermentación metanogénica (FUNDACIÓN HABITAD, 2005).

El biol se prepara mediante diferentes técnicas, usando varios tipos de residuos orgánicos aprovechables dentro de la zona urbana y rural, como son los residuos de mercados, residuos de cultivos vegetales, residuos pecuarios, los que pueden ser utilizados como fuentes de energía. Según Pontón, (2010), el usar residuos sólidos orgánicos, ya sea de mercados o del camal, ha sido de gran valor ya que brinda datos esenciales de cuanta materia orgánica se degrada reduciendo hasta un 30% la contaminación.

El aprovechamiento de desechos orgánicos ayuda a la disminución de la contaminación, además considera la forma de mejorar el proceso de elaboración de biol con el uso de microorganismos seleccionados, en donde se llegue a sintetizar compuestos orgánicos y

posteriormente se logre la obtención de masas microbianas que constituyen una gran fuente alimenticia de alto valor proteico (Guerra, et al., 2013).

Las empresas gubernamentales, con el apoyo de las universidades, buscan dar soluciones viables para una gestión correcta de residuos sólidos orgánicos empleando, en la mayoría de los casos, tratamientos biológicos. Sin embargo, se tiene poca información en referencia a la degradación de desechos orgánicos producidos bajo la utilización de fuentes microbianas para optimizar el proceso de degradación de la materia prima.

Formulación del problema

Problema general

¿Es posible optimizar el proceso de obtención de biol a partir de un consorcio bacteriano (Aislamiento y purificación de Bacterias ácido-lácticas BAL) con la utilización de desechos sólidos orgánicos generados en el EP EMMPA y Camal de Riobamba?

Problemas específicos

1. ¿De qué manera se aislarán y purificarán las BAL a nivel de laboratorio para el proceso de obtención de biol?
2. ¿El biol obtenido a partir de un consorcio bacteriano (Aislamiento y purificación de BAL) difiere en macro y micronutrientes en comparación con bioles elaborados con consorcios bacterianos a base de leche y de suero de leche?
3. ¿El volumen de biol obtenido partir de un consorcio bacteriano (Aislamiento y purificación de BAL) difiere de bioles elaborados con consorcios bacterianos a base de leche y de suero de leche?

Justificación teórica

En la EP EMMPA se genera una cantidad de 40,32 toneladas de residuos sólidos a la semana, siendo el 95,59% residuos sólidos orgánicos (Jiménez, 2015). Por otro lado, el Camal del GADM Riobamba genera 0,371 toneladas a la semana de estiércol mezclado con orines de animales faenados (Castro y Vinuesa, 2012). Al utilizar los residuos orgánicos producidos en estas empresas en la formulación de bioles se reduce la cantidad de materia orgánica que terminan en la celda emergente del relleno sanitario de Porlón de la ciudad de Riobamba, disminuyendo la presencia de lixiviados y aumentando la vida útil de la celda. A su vez, se obtendría biol, un abono orgánico que disminuiría la dependencia de abonos químicos, cuyo abuso ha provocado daños irreparables a los suelos. (Higa, 2005)

Justificación práctica

Los factores técnicos, económicos y ambientales están forzando a emplear abonos que permitan controlar el tipo y calidad de nutrientes que ingresan al suelo. Una alternativa es el empleo de bioabonos obtenidos a partir de residuos orgánicos, usando recipientes adaptados, económicos y de fácil manejo. En el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias y en el Centro de Acopio de residuos sólidos de la ESPOCH, se obtuvo un abono orgánico líquido (biol) mediante una mezcla de desechos vegetales y animales, generados en la EP EMMPA y el Camal de GADM Riobamba respectivamente. Para determinar la influencia que ejercen los microorganismos sobre los residuos, en uno de los tratamientos se utilizó un consorcio microbiano aislado del suero de leche y se comparó con dos tratamientos diferentes y un blanco (tratamiento sin adición de microorganismos).

OBJETIVOS

Para el desarrollo del trabajo de titulación se han propuesto los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Obtener biol a partir de desechos generados en el mercado mayorista y en el camal de Riobamba usando un consorcio microbiano como acelerador.

Objetivos específicos

- Aislar y purificar Bacterias Ácido-Lácticas (BAL) a partir de suero de leche para el proceso de obtención de biol.
- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del biol obtenido con un consorcio de BAL, leche pura y suero de leche
- Determinar el volumen de biol obtenido a partir del consorcio de BAL, leche pura y suero de leche

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación

La biotecnología ambiental es una tecnología aplicada que tiene como principal objetivo dar un tratamiento adecuado a los residuos generados de diferentes fuentes ya sean urbanas o rurales sin causar impacto al medio ambiente, buscando alternativas sostenibles a través del tiempo, con una perspectiva amplia e interpretativa, en la cual se hace un abordaje multidimensional, identificando de esta manera todas aquellas necesidades y problemáticas que aquejan e imposibilitan un buen desarrollo, por lo que ameritan una pronta intervención, que busca la integración de acciones y la solución frente a dicho problema.

La constitución de la República del Ecuador, sección segunda, Ambiente sano, artículo 14 indica: *“Se reconoce el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas, biodiversidad y a la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.”*(Asamblea Constituyente, 2008)

Por esta razón, el presente trabajo de investigación se ha centrado en el tratamiento de residuos orgánicos que terminan en el vertedero, provocando impactos negativos al ambiente. Con estos residuos, por medio de tratamientos biotecnológicos, se ha obtenido un fertilizante orgánico líquido, conocido como biol poniendo en práctica varios postulados citados en el buen vivir, sumak kawsay.

El uso de biofertilizantes hoy en día se ha convertido en una de las alternativas más recomendadas para mejorar la fertilidad de los suelos a partir de insumos disponibles, que además de contribuir al incremento de los rendimientos en los cultivos no contamina el medio (Garcés, et al., 2017), siendo además, una opción económica para productores agrícolas.

En la actualidad, una de las opciones para mitigar los problemas de contaminación es la reutilización de materia orgánica convirtiéndola en abonos orgánicos tratados mediante

procesos de fermentación, los mismos que hacen referencia a la descomposición de la materia orgánica, por efecto de los microorganismos que operan en condiciones ambientales favorables, como humedad, temperatura y acidez liberando las enzimas hasta la obtención de los productos idóneos en la agricultura (Mamani, et al., 2010).

1.2 Antecedentes de la investigación

Se han realizado varias investigaciones referentes al tema de producción y obtención de fertilizantes líquidos a partir de distintos tipos de desechos orgánicos, no sólo en la ESPOCH (Checa, 2015), (Taipicaña, 2015), (Pontón, 2010) sino en otras universidades e instituciones (Peralta, et al., 2016), (Ushñahua, et al., 2011); en estas investigaciones se han obtenido abonos orgánicos estables, de interés agronómico, beneficioso para los suelos y la economía de los agricultores y con un valor agregado que involucra la disminución de la utilización de productos químicos, desarrollando una agricultura amigable con el medio ambiente. Además, se aprovechan los diferentes residuos orgánicos (cosecha, estiércol de animales, residuos de mercado, agrícolas, agroindustriales, etc.) mitigando problemas ambientales y de salud al evitar su acumulación y descomposición no controlada.

Varias investigaciones realizadas a nivel internacional han llegado a ser proyectos viables para comunidades agrícolas como la del Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES, 2014) que brinda orientación técnica y da una mejor explicación de cómo viabilizar la producción y uso de abonos orgánicos como el biol, compost y humus, sus ventajas, los materiales utilizados, y recomendaciones sobre la correspondiente utilización.

Es preciso indicar que los residuos sólidos generados en los mercados municipales y afines, por lo general se manejan y disponen mezclados con el resto de los residuos municipales, aumentando con ello el problema de contaminación ambiental, a pesar de que aquellos son una fuente potencial rica en materia orgánica (Buenrostro, et al., 2000).

Se considera que además del uso de desechos sólidos para la elaboración de un fertilizante orgánico, se puede acelerar el proceso con la adición de microorganismos. Varias investigadores como Gordon (2011) dan a conocer la importancia de minimizar la contaminación ambiental del subproducto de las industrias lácteas y queseras artesanales, usando estos residuos como abono orgánico, al igual que Peralta, et al, (2016) quienes presentan una investigación referida a la obtención y identificación de abono orgánico líquido

a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno del establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. Higa (2005) usa combinaciones de microorganismos beneficiosos de origen natural, en aspectos alimenticios como las bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias fototróficas. Todas estas investigaciones han contribuido al conocimiento del uso de microorganismos eficientes para acelerar los procesos fermentativos.

1.3 Bases teóricas

1.3.1 Contaminación ambiental

El Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) la define como “La presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes o la combinación de ellos, en concentraciones tales y con un tiempo de permanencia tal, que causen en estas condiciones negativas para la vida humana, la salud y el bienestar del hombre, la flora, la fauna, los ecosistemas o que produzcan en el hábitat de los seres vivos, el aire, el agua, los suelos, los paisajes o los recursos naturales en general, un deterioro”.

1.3.1.1 Tipos de contaminación

Contaminación de suelo

Se describe como contaminación de suelo a una porción de terreno, en donde sus cualidades originales fueron cambiadas por la acción del hombre, formando variaciones en parámetros físicos, químicos en concentraciones que alteren la composición original del suelo (Ruda et al., 2004).

Contaminación de agua

Se considera que existe contaminación del agua cuando llega a cambiar los elementos químicos y físicos causando daño en una forma negativa a la población como animales, plantas o personas. Gran parte de la contaminación del agua se da por la mala disposición de residuos sólidos en vertederos de basura, ya que el agua puede transportar cualquier tipo de contaminante o lixiviado produciendo efectos negativos en aguas superficiales o subterráneas (Rosado, 2005).

Los elementos naturales presentes en niveles inaceptables pueden contaminar el agua. Básicamente, los contaminantes son cuatro tipos asociados con la contaminación del agua: contaminantes inorgánicos, contaminantes orgánicos, contaminantes biológicos, contaminantes radiológicos (Ankumah, et al., 2005).

Contaminación del aire

Para el aire existen demasiados contaminantes dañinos que va perjudicando con el tiempo a la atmósfera. Los contaminantes que causan mayor deterioro son una variedad de gases, vapores y partículas, la mayoría son producto de la combustión vehicular en zonas urbanas, emisiones de chimeneas de industrias e inclusive en botaderos de basura a cielo abierto donde se da el mayor deterioro y degradación de materia orgánica, todo esto afecta en gran porcentaje a la atmósfera. Cuando las sustancias contaminantes sobrepasan las concentraciones permitidas en el aire pueden llegar a causar daños, dependiendo de la concentración y de la exposición a la que se encuentren la población (Manahan, 2006).

1.3.2 Desechos sólidos

Dentro de la Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos se define residuo sólido “Todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de

establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros”

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial (globalización), y a los hábitos de consumo de los individuos (Jaramillo y Zapata, 2008).

Tabla 1.1 Clasificación de desechos sólidos

Clasificación	Tipos de desechos
Según su origen	Doméstico, comercial, institucional, construcción y demolición, servicios municipales, zonas de plantas de tratamiento, industriales y agrícolas.
Según su grado de descomposición	Biodegradables: Los microorganismos descomponedores de la naturaleza los transforman en micro nutrientes, como los residuos orgánicos, el papel y el cartón. Están formados por recursos naturales renovables.
	No biodegradables: Los microorganismos descomponedores de la naturaleza no los pueden transformar en micro nutrientes porque están formados de recursos naturales no renovables que se formaron hace millones de años como los plásticos (derivados del petróleo), latas y chatarras (derivados de metales) y vidrio.
Según su uso y disposición final	Desechos reciclables: Operación de separar, clasificar selectivamente a los desechos sólidos para utilizarlos convenientemente. El término reciclaje se refiere cuando los desechos sólidos clasificados sufren una transformación para luego volver a utilizarse.
	Desechos orgánicos: Pueden ser transformados en abono orgánico por el proceso de compostaje o lombricultura como los residuos de alimentos, estiércol de animales, residuos de jardinería.
	Desechos: Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales, restos, residuos o basuras no peligrosas, originados por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que pueden ser sólidos o semisólidos, putrescibles o no putrescibles

Fuente: Libro VI Anexo 6

Realizado por: Cruz, 2018

Según el Ministerio del Ambiente (2015) “En el Ecuador se generan alrededor de 11 341 toneladas diarias de residuo, es decir, un aproximado de 4'139.512 Tm/año, de los cuales 61,4% son orgánicos, papel + cartón 9.4%, plástico 11%, vidrio 2.6%, chatarra 2.2%, y otros 13.3%”

Residuos sólidos orgánicos EP–EMMPA Riobamba

Según la clasificación y cuantificación realizada por Jiménez (2015) los residuos sólidos generados en el mercado Mayorista de Riobamba, se dividieron en 6 grupos: residuos orgánicos, plástico, papel, cartón, madera y otros; mediante la cuantificación el 95,59 % de los residuos generados en el mercado corresponden a residuos de tipo orgánico, siendo los días viernes y sábado los de mayor generación, debido a la comercialización de productos provenientes de diversos sectores del país, produciéndose alrededor de 40,32 toneladas de residuos sólidos orgánicos a la semana.

Residuos sólidos orgánicos Camal Municipal Riobamba

Las principales fuentes de residuos sólidos en los mataderos (camales) se generan a nivel de los corrales, con cantidades importantes de estiércol mezclados con orines, puesto que estimaciones indican que un bovino (450-653 Kg) genera entre 38 a 53 kg/ día de estiércol (Castro y Vinuesa, 2012). Se faenan en promedio 2 080 bovinos, animales que producen excretas enviadas directamente al alcantarillado sin recibir un tratamiento adecuado que evite una mínima contaminación.

Los primeros meses del año 2018, el camal de GADM Riobamba faenó un promedio de 400 bovinos por semana, los cuales generaron entre 460 a 530 kg/ semana de desechos sólidos entre líquidos y sólidos.

Dentro de la institución, las excretas bovinas se usan como abono orgánico natural. Los encargados de los corrales de los animales limpian dos días a la semana (martes y sábados). Cada semana estos residuos son apilados en la institución y son secados a temperatura ambiente. La sangre procedente del faenamiento del ganado es usada para la elaboración de harina de sangre.

1.3.2.1 *Gestión integral de desechos sólidos (GIDS)*

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia, transporte, procesamiento y evacuación de los residuos sólidos, de forma que armonice con los mejores principios de la salud pública, de la economía y de consideraciones ambientales (Tchobanoglous, 2002).

Es el término aplicado a todas las actividades asociadas con la gestión de los residuos dentro de la sociedad con la finalidad minimizar e intervenir antes y después de manera eficiente la cantidad de desechos que son enviados a disposición final, tratando de reducir los impactos ambientales y disminuyendo los daños que produce cuando existe una acumulación excesiva de desechos, además de contribuir a la protección ambiental y al crecimiento económico sea de la población o empresa (Gonzales y Almeida 2007). Según estos autores, las actividades asociadas a la gestión de los residuos sólidos desde la etapa de generación hasta la de evacuación final se agrupan en seis elementos funcionales, siendo las más sobresalientes la separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos, actividades mediante las cuales se recuperan los materiales separados en el origen, procesos de transformación empleados para reducir el volumen y el peso de los residuos que van a evacuarse y para recuperar productos de conversión y energía.

Se contempla las siguientes etapas jerárquicamente definidas: reducción en el origen; aprovechamiento y valorización; tratamiento y transformación; disposición final controlada.

- Reducción en el origen

Es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. (Jaramillo y Zapata, 2008)

- Aprovechamiento y valorización

El aprovechamiento de residuos sólidos se interpreta como una transformación de la materia prima, siendo un residuo que se lo vuelve a valorar para obtener un producto o subproducto que sea beneficiosos para la sociedad, siempre que sea económicamente viable, realizable y ambientalmente beneficioso, pudiendo ser a través de abonos orgánicos tanto por sus propiedades físicas, químicas y biológicas favorables para suelos y sus cultivos. (Jaramillo y Zapata, 2008).

- Tratamiento y transformación

La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos (Jaramillo y Zapata, 2008).

Las transformaciones biológicas son:

Compostaje aerobio. La digestión aerobia o compostaje aerobio es el proceso biológico utilizado para convertir la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en un material húmico estable conocido como compost que incluye tres pasos fundamentales: el pre procesamiento de los RSU, la descomposición aerobia (microorganismos aerobios facultativos y obligados) de la fracción orgánica de los RSU y la preparación y comercialización del producto, formando una materia orgánica estable liberándose calor y gases como CO_2 (g), H_2O (g), NH_3 (g), SO_4 (g) (Tchobanoglous, 2002).

Digestión anaerobia. La digestión anaerobia de sólidos en alta concentración sucede cuando se fermentan los residuos orgánicos en concentraciones de sólidos del 22 % o más. Es una tecnología relativamente nueva que ofrece tres ventajas: bajos requisitos de agua, tasa más alta de gas por unidad de volumen del tamaño del reactor y menos esfuerzos para deshidratar y evacuar los fangos digeridos. Es importante prevenir la toxicidad del amoníaco en el sistema por un ajuste correcto de la relación de C/N al momento de depositar el material orgánico a fermentar, pues el amoníaco puede afectar a las bacterias metanogénicas, lo que tiene un efecto adverso sobre la estabilidad del sistema y la producción de metano (Tchobanoglous, 2002).

El proceso de descomposición para la formación de metano a partir de materia orgánica (material biodegradable) involucra un grupo de microorganismos perteneciente a las bacterias metanogénica y es un complejo proceso biológico y químico (Ameneiros, 2006).

La última etapa de la gestión integral de desechos sólidos es la disposición final controlada, donde los desechos terminan en vertederos de basura, puesto que no tienen ningún uso adicional, siendo estos la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en las actividades de recuperación de materiales y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía (Jaramillo y Zapata, 2008).

1.3.3 Biol

El biol es un biofertilizante que se obtiene por degradación anaeróbica de residuos orgánicos vegetales y animales (estiércol, residuos de cosecha). El proceso es una fermentación metanogénica donde se recupera el líquido sobrenadante. Un biol contiene nutrientes de alto valor nutritivo y fitoreguladores tales como, nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos, que estimulan el crecimiento y la producción en las plantas (Mendoza, 2012).

1.3.3.1 Elaboración de biol

La elaboración de biol (ver Figura 1.1) comprende un proceso de fermentación anaerobia mediante un biodigestor en la cual interviene una fase sólida biosol y una fase líquida biol, resultante del fango sedimentado. Aproximadamente el 90% corresponde al biol y el 10 % restante al biosol (Aparcana y Jansen, 2008).

Los porcentajes varían dependiendo del material utilizado para fermentar, las condiciones de fermentación y el método de separación. Se lo puede preparar con algunas plantas que son repelentes y con minerales para tratar carencias nutricionales, mejorando el desarrollo de las plantas actuando sobre las raíces, follaje y floración de la planta. (Aparcana y Jansen, 2008).

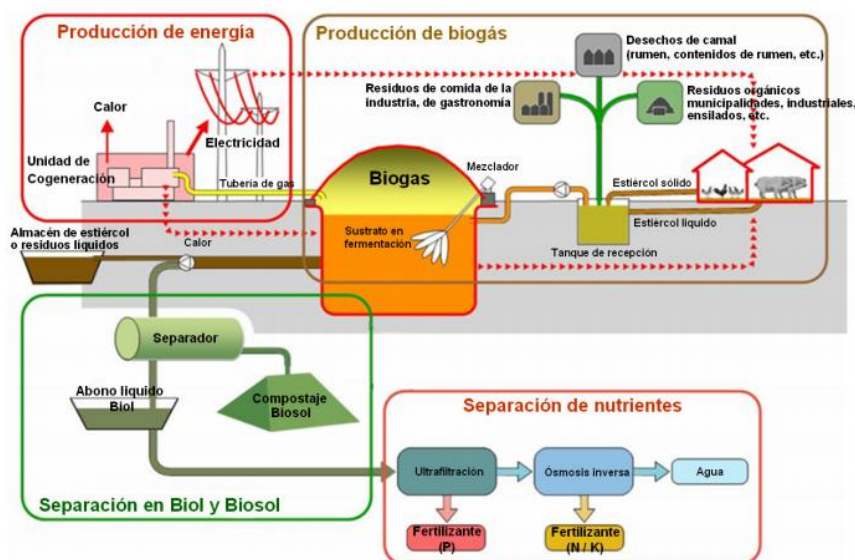


Figura 1-1: Elaboración de biol

Fuente: (Aparcana y Jansen, 2008)

1.3.3.2 Equipo para la elaboración de biol, Biodigestor

El biol se elabora en un biodigestor, que está formado por tanques que varían de tamaños con una técnica para capturar los gases que son producidos mediante el proceso de fermentación anaerobio, controlando la presión, evitando la mezcla con el aire atmosférico (Motato, et al, 2008).

Planta balón o biodigestor tubular: La planta de balón se compone de un conducto tubular de material plástico (polietileno, PVC, plastilona, entre otros, y una combinación de éstos) completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta (Pedraza, et al., 2002).

La parte inferior de la planta, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás. Este tipo de planta se recomienda para aquellos sitios donde predominan las temperaturas altas y constantes (Vargas 1992; Pedraza, et al., 2002).

No existen recetas exactas para la preparación del biol, el insumo básico es el estiércol y las cantidades a usar varían entre 25% a 50% del volumen a preparar. En lo referente a los materiales, pueden ser bidones o botellas plásticas con tapa hermética, manguera transparente para la salida de los gases, termómetro y agitador. De acuerdo a la disponibilidad, los insumos para elaborar el biol se pueden depositar en envases de distintos tamaños, en función de las necesidades de cada familia (FONCODES ,2014).

1.3.3.3 Ingredientes para la elaboración de biol

Para la producción de biol se puede utilizar varios insumos principalmente sólidos y líquidos, siendo los componentes sólidos el estiércol de bovino, porcino, cuy, gallinaza, alfalfa, ortiga o plantas con características biocidas, humus y malezas, etc. y los líquidos el agua, leche, melaza, purín etc. (Cordero, 2010).

- Estiércol

El uso de estiércoles apoya a este manifiesto ya que aporta todos los elementos esenciales que requieren los cultivos (SAGARPA, 2000).

Otras funciones del estiércol son: i) elevar la capacidad de intercambio catiónico del suelo evitando que los nutrientes se pierdan por lixiviación, ii) la solubilización de nutrientes de otras fuentes, mediante la formación de ácido carbónico (H_2CO_3) generado por la liberación de bióxido de carbono (CO_2) durante su descomposición (SAGARPA, 2000).

El contenido total de nutrientes en los estiércoles es muy variable y depende de la especie que lo produce, la edad del animal, su eficiencia digestiva, el tipo de alimentación que recibe y el manejo al que ha sido sometido el estiércol desde su recolección, maduración y almacenamiento, además se descomponen de acuerdo con una tasa de mineralización. (SAGARPA, 2000)

Según la SEPAR (2004), la variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o secado) y de cómo se le haya manejado.

Tabla 2-1: Composición química del estiércol

Especie animal	F	Materia seca	N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO%	MO %
Vacunos	S	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13
Vacunos	F	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04
Ovinos	F	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15
Ovinos	F	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34
Equinos	S	24	1,55	0,35	1,5	0,45	0,24
Equinos	S	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12
Porcinos	S	18	0,6	0,61	0,26	0,09	0,1
Camélidos	F	37	3,6	1,12	1,2	s.i.	s.i.
Cuyes	S	14	0,6	0,03	0,18	0,18	0,18

(f) Fresco, (s) seco, (s.i) sin información

Fuente: (Pantoja, 2014:)

- Leche o suero de leche

La principal función de este líquido al igual que la melaza es estimular la mezcla producida en el biol, por el aporte de varios ingredientes como son las vitaminas, grasas, proteínas y aminoácidos que ayudarán a la reproducción de los microorganismos, permitiendo que obtengan las condiciones propicias para su proliferación durante el período de fermentación del biol (Restrepo, 2001).

- Melaza

El ingrediente proporciona la energía suficiente para que se active el metabolismo microbiano, permitiendo que el proceso de fermentación evolucione y los microorganismos puedan completar el trabajo de descomposición de la materia, convirtiéndolo en nutrientes asimilables para la planta. La melaza suministra minerales como calcio, fósforo, magnesio y micronutrientes como boro, zinc y hierro (Restrepo, et al., 2014).

- Bacterias ácido-lácticas

Las bacterias ácido lácticas, constituyen un grupo de bacterias caracterizado por la producción de ácido láctico como consecuencia de su metabolismo homofermentativo (producción de ácido láctico a partir de la glucosa) o heterofermentativo (producción de ácido láctico, dióxido de carbono y etanol o ácido acético). Algunos géneros importantes en la degradación de materia orgánica son *Aerococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* y *Weisella* (Wilhelm y Wood ,2014).

Las bacterias ácido-lácticas son Gram positivas, microaerófilos o anaerobias facultativas, catalasa y oxidasa negativas, de forma bacilar como los *Lactobacillus* mientras que la mayoría de los demás géneros son de forma cocácea. El género *Weisella* incluye tanto cocos como bacilos. Las BAL son muy exigentes en cuanto a la necesidad de factores de crecimiento esenciales para su reproducción, tales como purinas, pirimidinas, vitaminas y algunos aminoácidos, es decir son de crecimiento fastidioso, sin embargo, la mayoría de BAL no requieren hierro. Los requerimientos dependen básicamente de las cepas. Además, las

condiciones de crecimiento: pH, temperatura y agua disponible varían de acuerdo con su diversidad genética; incluso pueden crecer en ambientes adversos y dependiendo del sustrato y del medio donde se encuentren pueden sobrevivir largos periodos de tiempo (Endo y Dicks, 2014).

La mayoría de las BAL son mesófilas con temperaturas máximas de crecimiento cercanas a los 50° C. Algunas especies como *L. delbruekii* puede llegar a crecer por encima de los 55°C. En este grupo también existen muchas especies psicrófilas capaces de crecer a temperaturas de refrigeración. En general, las BAL crecen bien a un pH inicial de 6 ó 7, pero muchas especies de *Lactobacillus* y *Oenococcus* son acidófilas. Algunos *Pediococcus*, *Enterococcus* y *Tetragenococcus* también pueden crecer a pH alcalino (Wilhelm y Wood, 2014).

De otro lado, las bacterias ácido-lácticas pueden suprimir muchos microorganismos, incluyendo las especies patogénicas y de alteración. Este efecto se atribuye a la producción de ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por ciertas bacterias y levaduras como parte de su metabolismo. Los ácidos orgánicos (láctico y acético) mientras ayudan a la descomposición de la materia orgánica, incluso tan recalcitrante como la lignina y la celulosa, llevan a cabo la reducción del pH e incremento en producción de peróxido de hidrógeno. Otros metabolitos de BAL con actividad antimicrobiana son el etanol, diacetilo, acetaldehído, acetoína, dióxido de carbón, reuterina reuteri, nisina y otras bacteriocinas (Jagoda, et al., 2010; Ponce, et al., 2008)

- Levadura

Las levaduras son los microorganismos más importantes desde el punto de vista industrial, porque muchas de las especies pueden convertir los azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono. Participan en la producción de vino, alcohol industrial, glicerol y vinagre. Las células de levadura de cerveza se utilizan también en la industria de la panificación, como alimento animal y humano, por su alto contenido de proteínas (Hernández, 2003).

Las levaduras al ser microorganismos sintetizadores de compuestos antimicrobianos y necesarios para el crecimiento de las plantas, a partir de aminoácidos y azúcares producidos por bacterias fototróficas y materia orgánica. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como las bacterias ácido-lácticas y los actinomicetos que se encuentran en la materia orgánica en descomposición (Higa, 2006; APNAN, 2008)

- Agua

Su función es homogeneizar todos los elementos dentro del biodigestor ayudando a reproducir las reacciones químicas de la fermentación anaerobia, ofreciendo condiciones necesarias para impulsar la reproducción de los microorganismos. Las bacterias y levaduras en la fermentación se desenvuelven mejor en un medio líquido, transformando fácilmente enzimas, vitaminas y péptidos en promotores de crecimiento, transfiriéndose a las plantas (Restrepo, et al., 2014)

- Cenizas

Aportan elementos minerales a los biofermentos. Suelen tener un aporte importante en potasio, calcio y silicio y la presencia de numerosos oligoelementos (Bizzozero, 2006).

- Suplemento Aditivo

Uno de los suplementos a utilizar en la obtención del biol son los microorganismos eficientes, éstos consisten en una mezcla de microorganismos benéficos, entre ellos las bacterias fototróficas, Bacterias ácido-lácticas y hongos de fermentación. Las bacterias al tener contacto con la materia orgánica llegan a formar elementos que son beneficiosos para la degradación y fermentación dentro del biodigestor (Higa, 2005).

Consortio bacteriano: El consorcio bacteriano tiene la función de contribuir con microorganismos beneficiosos, ayudando a la fermentación anaeróbica que ocurre dentro del biodigestor. Los microorganismos que actúan mayormente como consorcio son inóculos de levaduras, bacterias lácticas, hongos que llegan a metabolizar las sustancias dentro del biodigestor para brindar elementos nutritivos para las plantas y los suelos (Restrepo, 2001).

Bacterias ácido-lácticas: Este tipo de bacterias son encargadas de formar ácido láctico a partir de azúcares y carbohidratos sintetizados por las Levaduras y las Bacterias Fototróficas. Además de formar ácido láctico, estas bacterias llegan a suprimir microorganismos patógenos, también ayudan a la descomposición de materia orgánica (Higa, 2005).

El ácido láctico es un potente esterilizador, al combatir microorganismos perjudiciales como el *Fusarium sp*, ayuda a acelerar la descomposición de la materia orgánica, facilitando la fermentación de materiales como celulosa. (Ramirez 2006).

Las bacterias ácido-lácticas además de ser Gram – positivas, poseen una pared celular gruesa, son inmóviles y no esporuladas, se pueden clasificar en bacilos (*Lactobacillus*) y cocos (*Streptococcus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc*).

1.3.3.4 Factores que interviene en elaboración de biol

Los factores o variables que controlan el proceso pueden clasificarse en tres grupos: físicos, químicos y biológicos.

- Variables físicas

Temperatura: La temperatura es un factor ambiental que evoluciona en función al incremento de la actividad microbiana dentro del biodigestor, que comienza a elevarse después de mezclar todos los ingredientes del biol. Su temperatura óptima puede variar en un rango de 35 a 55°C, este factor se debe controlar ya que a esta temperatura se eliminan patógenos y parásitos además de favorecer la reproducción de los microorganismos, acelerando la degradación del material de carga y disminuyendo el tiempo de producción. Se debe considerar que a mayores temperaturas puede ocurrir la muerte de microorganismos fundamentales. (Verdezoto, 2014)

Según Hilbert (2006), existen tres rangos de temperatura de acuerdo con el tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Grupo de bacterias de acuerdo con la temperatura de crecimiento

Bacterias	Rango de temperaturas	Sensibilidad*
Psicrofílicas	menos de 20°C	2°C/hora
Mesofílicas	entre 20 y 40°C	1°C/hora
Termofílicas	más de 40°C	0.5°C/hora

Fuente: Hilbert (2006)

*Por cada unidad de tiempo (h), la temperatura del biol aumenta el valor especificado.

Las variaciones bruscas de temperatura en el digestor pueden provocar la desestabilización del proceso por ello se recomienda un sistema adecuado de agitación y el control de la temperatura (Martí, 2006). Al mismo tiempo se deberá tener en cuenta que al no generar calor el proceso, la temperatura deberá ser lograda y mantenida mediante energía exterior (Hilbert, 2006)

Agitación: Durante el proceso de fermentación es necesario homogeneizar el contenido del biodigestor previniendo formación de costras en la superficie del biodigestor, además de que se produzca la fermentación solo en ciertos sitios. (Checa, 2015).

Conductividad eléctrica (CE): La conductividad eléctrica no proporciona información específica sobre las clases de sales presentes, pero es un excelente indicador de la presencia de sales solubles que existe en los procesos de descomposición. (Masaguer y Benito, 2008).

- Variables Químicas

Potencial de Hidrógeno (pH): Aunque autores, como Buenrostro, et al. (2000) afirman que la digestión anaeróbica DA es más eficiente a valores de pH cercanos a la neutralidad, diferentes estudios sobre la influencia del pH, indican que no se puede generalizar, debido a aspectos, como las características fisicoquímicas del sustrato, que pueden aportar capacidad buffer (Dinamarca et al. 2003) y a que cada grupo microbiano implicado en la degradación anaerobia tiene un rango de pH óptimo específico (Angelidaki, et al., 2003). Angelidaki et al. (2009) afirman que la DA, se puede dar en un pH entre 5,5 y 6,5 unidades, mientras que, según Acosta y Abreu (2005), a pH entre 8,2 a 8,4 unidades el proceso ocurre satisfactoriamente.

Los diferentes grupos bacterianos en el proceso de digestión anaeróbica presentan unos niveles de actividad óptimos en torno a los valores fermentativos de 7,2 – 7,4; acetogénicos 7,0 – 7,2 y metanogénicos 6,5 – 7,5, tomando en cuenta que para que el proceso se desarrolle con satisfacción el pH no debe subir de 8 ni bajar de 6. (Bote, 2013)

Relación carbono nitrógeno (C/N): La relación C/N proviene de la materia orgánica, los microorganismos llegan a utilizar estos elementos en determinadas proporciones medidas por la cantidad que contienen las excretas animales y humanas. Estas excretas son ricas en

nitrógeno con relación C/N 25:1, dando mayor velocidad de biodegradación durante la fermentación. Los residuos agrícolas al ser ricos en carbono poseen una relación C/N 30:1 formando una biodegradación más lenta. (Verdezoto, 2014)

El coeficiente C/N nunca debe exceder 35, siendo 30 lo óptimo. Si el coeficiente C/N es muy alto, el nitrógeno se consume rápidamente y se reducirá la velocidad de reacción. Por otro lado, si el coeficiente C/N es muy bajo, el nitrógeno se libera y acumula en forma de amoníaco lo cual es tóxico bajo ciertas condiciones (Centre for Energy Studies, Institute of Engineering, 2001).

Inhibidores: El proceso de digestión anaerobia es inhibido por presencia de sustancias tóxicas en el proceso ocasionando la falla de un biodigestor. Estas sustancias pueden ser subproductos de la actividad metabólica de los microorganismos (Martí, 2006).

1.3.4 Proceso de elaboración de biol

La revisión bibliográfica, indica que existen varias formulaciones para la elaboración de biol, considerando que son propuestas aceptadas en condiciones que ya han sido previamente probadas sobre todo a nivel de laboratorio y de comunidades rurales.

La formulación que se toma en consideración para este trabajo de investigación se basa en una mezcla de 25 litros de agua no clorada, 20 Kg de estiércol fresco de vaca, 1 Kg de azúcar morena, 200 g de levadura (acelerante), 1Kg de ceniza de leña. 1 L de leche de vaca o 2 L de suero de leche, ½ Kg de cáscara de huevo molido (como fuente de Ca y P), 2 Kg de hojas picadas de leguminosas (como fuente de N).

1.3.5 Fundamentos de la fermentación anaeróbica

Varnero (2011) menciona que la digestión anaeróbica es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Investigaciones bioquímicas y microbiológicas han podido dividir el

proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases: hidrólisis, etapa fermentativa o acidogénica, etapa acetogénica, etapa metanogénica.

La hidrólisis es el paso primordial para la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos. Por tanto, el proceso de hidrólisis proporciona sustratos orgánicos para la digestión anaeróbica. La hidrólisis de estas moléculas complejas es llevada a cabo por la acción de enzimas extracelulares formadas por microorganismos hidrolíticos. Además, la hidrólisis depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), de la dimensión de partículas, del pH, de la concentración de NH_4^+ y de la concentración de los productos de la hidrólisis. (Varnero, 2011).

Los microorganismos de muchos géneros son los responsables de la hidrólisis. Entre estos destacan: *Bacteroides*, *Lactobacillus*, *Propionobacterium*, *Sphingomonas*, *Sporobacterium*, *Megasphaera*, *Bifidobacterium* (Varnero, 2011).

- Fase acidogénica o fermentativa.

En la fase acidogénica, las moléculas orgánicas solubles se transforman en compuestos que son utilizados por bacterias metanogénicas como H_2 , ácido acético y fórmico, y en compuestos orgánicos más reducidos como ácido láctico y etanol para que puedan ser oxidados por las bacterias acetogénicas del siguiente proceso. El grupo de bacterias que son formadas en esta fase produce nutrientes y condiciones para el grupo de bacterias de la siguiente fase, además de descartar trazas de oxígeno disuelto (Varnero, 2011).

La mayoría de los microorganismos acidogénicos también participan de la hidrólisis. Los géneros *Clostridium*, *Paenibacillus* y *Ruminococcus* están presentes en todas las fases del proceso de fermentación, pero son dominantes en la fase acidogénica. El grupo *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* representa el segundo grupo más grande de microorganismos durante las dos primeras fases de la descomposición. Sin embargo, en la fase metanogénica representan menos del 5% del total de microorganismos. Esto indica que estos grupos son los principales responsables de la degradación de compuestos monoméricos (Varnero, 2011).

- Fase acetogénica

Las bacterias acetogénicas crecen heterotróficamente en presencia de azúcares o compuestos monocarbonados (como mezcla H_2/CO_2). Estas bacterias degradan los ácidos orgánicos, alcoholes, ácidos grasos, y compuestos aromáticos produciendo ácido acético y liberando H_2 y CO_2 que sirven como sustrato para las bacterias metanogénicas.

El resultado neto del metabolismo homoacetogénico permite mantener bajas presiones parciales del hidrógeno y, por tanto, permite la actividad de las bacterias acidogénicas y acetogénicas. Los principales microorganismos homoacetogénicos que han sido aislados son *Acetobacterium woodii* o *Clostridium aceticum*. A esta altura del proceso, la mayoría de las bacterias anaeróbicas han extraído todo el alimento de la biomasa y, como resultado de su metabolismo, eliminan sus propios productos de desecho de sus células. (Varnero, 2011).

- Fase metanogénica

En esta etapa, un amplio grupo de bacterias anaeróbicas estrictas actúan sobre los productos resultantes de las etapas anteriores. Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización (Varnero, 2011).

Los microorganismos metanogénicos concluyen el proceso de digestión anaeróbica por la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con el uso de dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2/CO_2 , formato, metanol y varias metilaminas. Estos organismos metanogénicos se catalogan dentro del dominio *Archaea* y tienen características usuales que los diferencian del resto de procariotas. Se pueden establecer dos grandes grupos de microorganismos, en función del sustrato principal que metabolizan: hidrogenotróficos, que consumen H_2/CO_2 y fórmico y acetoclásticos, que consumen acetato, metanol y algunas aminas (Varnero, 2011).

1.3.6 Composición química del biol

Con las proporciones correctas de los materiales utilizados, la composición del biol puede contener 93% de agua y 7% de materia seca, de la cual un 4,5% es materia orgánica y 2,5% es materia inorgánica. El biol también contiene fósforo, potasio, zinc, hierro, manganeso y cobre, el último de los cuales se ha convertido en un factor limitante en muchos suelos (ver Tabla 5-1). El biol puede utilizarse para desarrollar suelos fértiles para cultivos. El biol contiene nutrientes de plantas disponibles inmediatamente y contiene más nutrientes y micronutrientes que el estiércol de granja y que el estiércol en compostaje. Los efectos de la aplicación del biol se comparan con la aplicación de fertilizantes químicos. Como tal, el biol puede ser una seria alternativa a los fertilizantes químicos (Warnars y Oppenoorth, 2014).

De acuerdo con Aparcana y Jansen, (2008), se debe considerar el tipo de materia orgánica a utilizar y las condiciones del biodigestor, ya que la cantidad que posee de nutrientes llega a intervenir en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 4-1: Caracterización de un abono foliar (biol) elaborado a partir de estiércol bovino

Características	Valores
pH	6.75
Conductividad Eléctrica (dS/m)	189
Densidad (g/mL)	1.0115
Materia Orgánica (%)	2.24
Nitrógeno total (%)	0.08
Fósforo P ₂ O ₅	s.i
Azufre S (%)	0.37
Potasio K ₂ O (%)	0.58
Calcio (%)	0.08
Magnesio (%)	0.05
Sodio (%)	0.18
Hierro (ppm)	90.46
Manganeso (ppm)	19.91
Zinc (ppm)	5.83
Cobre (ppm)	11.27

s.i.= sin información

Fuente: (García, 2014), ECO-AGRO

1.3.7 Ventajas del uso de biol en la agricultura

Se han identificado algunas ventajas importantes del uso de biol como biofertilizante, como lo explica Chicaiza, (2012):

- Acelera el crecimiento y desarrollo de la planta.
- Mejora la producción y la productividad de las cosechas.
- Aumenta la resistencia a plagas y enfermedades (mejora la actividad de los microorganismos benéficos del suelo y ocasiona un mejor desarrollo de raíces), en hojas y en los frutos.
- Aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros).
- Es un producto ecológico, compatible con el medio ambiente, no contamina el suelo y es económico.
- Acelera la floración. En trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.
- Conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica, lo cual permite aprovechar totalmente los nutrientes.
- El N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable.

1.3.8 Calidad del biol

La comprobación de la calidad del biol se realiza paralelamente a las mediciones de la temperatura y el pH, para lo cual se debe agitar la mezcla por un tiempo mínimo de 5 minutos. La mezcla líquida del biodigestor debe presentar un olor característico a fermentación que sea agradable al olfato, como una sensación de dulce y no debe percibirse un olor a putrefacción, con un color amarillento. En la superficie del biodigestor se llega a presentar una nata espumosa blanquecina. Se debe tomar en cuenta que, un olor a putrefacción y un cambio de color a verdoso o violeta comprueba que la fermentación está contaminada (Beltrán, 2014).

El producto final del biol se puede usar como un fertilizante líquido, se tiene varias formas de aplicación, cada una de las formas debe incluir agua ya que si no se lo disuelve puede llegar a producir reacciones contraproducentes por la concentración de los componentes (Jimenez, 2004).

El biol puede ser preparado como mezcla para agua de riego en cultivos que provienen de suelos desgastados. La dosificación biol - agua debe tener una relación de 1/100. “La

aplicación foliar podría llegar hasta un máximo de dilución del 75%, y un mínimo del 25% hay que tomar en cuenta que para las aplicaciones foliares se debe utilizar un adherente, y como variante se puede utilizar leche o suero de leche (1 litro en cada 200 litros de solución)” (Jimenez, 2004).

Warnars y Oppenoorth, (2014) expresan que durante la digestión los nutrientes se transforman de estados orgánicos a estados disueltos, haciendo que sean más útiles para el consumo por las plantas demostrándose en términos generales que la aplicación del biol sea entre 10 y 20 t/ha para lograr un incremento significativo en el rendimiento. La cantidad adecuada puede depender del cultivo y del suelo (arena, arcilla, limo).

Warnars y Oppenoorth, (2014) indican que, con la alfalfa, la aplicación es de una vez cada 7, 14, 21 o 28 días. El biol se puede aplicar: (1) como fertilizante foliar, pulverizado sobre los cultivos; (2) de forma líquida (diluido) en las raíces o; (3) de forma seca o como compostaje (combinado con técnicas de riego para que los cultivos tengan suficiente agua). Con respecto a la labranza, es importante notar que la incorporación de biol porcino aumenta el valor de N y favorece un más alto valor fertilizante de N/P.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO EXPERIMENTAL

2.1 Metodología

2.1.1 Tipo y diseño de investigación

Por el tipo de investigación: Aplicada ya que tiene como finalidad principal obtener, analizar y evaluar el biol obtenido a partir de desechos vegetales y animales provenientes de instituciones públicas como EP EMMPA y Camal GADM Riobamba; para un mejor aprovechamiento de los residuos generados en estas instituciones.

Por la temporalidad: Transversal, al considerarse que la investigación se ha centralizado en el análisis de cuál de las variables ácido lácticas (leche pura, suero de leche, aislamientos de BAL) es más eficiente para acelerar la obtención del biol en un periodo específico de tiempo considerando cada una de las etapas de digestión anaeróbica en el biodigestor.

Por el tipo de enfoque: Cuantitativa y cualitativa al describir, experimentar y analizar cuál de las variables ácido-lácticas (leche pura, suero de leche, aislamientos de BAL) puede aportar un hecho real medible en el tipo de nutrientes que posee cada muestra (Macro y Micronutrientes).

Por el diseño de la Investigación: Experimental ya que la investigación se realiza para evaluar si el uso de un consorcio microbiano BAL provenientes del suero de leche pueden ser usadas como fuente de aceleramiento en el proceso de obtención de biol y mejoramiento de macro y micronutrientes de este, teniendo condiciones iguales de control para describir si se cumplen los objetivos planteados.

2.1.2 Localización de la experimentación

La investigación se llevó a cabo en dos lugares; las pruebas de laboratorio se efectuaron en las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias y el experimento en el Centro de acopio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Datos informativos del lugar de experimentación.

Se llevó a cabo el proceso de fermentación de los biodigestores para la obtención de biol durante los meses de diciembre 2017- enero 2018, conociendo la temperatura ambiental y humedad relativa del lugar de adecuación del experimento (Ver Tabla 1-2)

Tabla 1-2: Datos informativos del lugar de experimentación

Datos	Mes	Rango
Temperatura	Diciembre	25,6 °C
	Enero	20,5 °C
Humedad relativa	Diciembre	72.70%
	Enero	93,6 %
Latitud		-1.6552291
Longitud		-78.677735
Altura		2812 msnm

Fuente: Estación meteorológica ESPOCH

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018.

2.1.3 Diseño experimental

Se empleó un DCA (Diseño Completo al Azar) ya que las condiciones en las que se realizó dentro del laboratorio de Biotecnología y dentro del centro de acopio son homogéneas, tanto para el aislamiento de BAL como para la preparación del biol; con el uso de 3 procedimientos o tratamientos con 3 réplicas cada uno y 1 tratamiento testigo o blanco, siendo los tratamientos los siguientes:

- Tratamiento testigo o blanco: Estiércol + levadura + azúcar morena + ceniza + levadura en polvo + cáscara de huevo molida.

Tabla 2-2: Composición de la mezcla usada como testigo o blanco

Materiales	Cantidad
Estiércol	2 400 g
Leguminosa	240 g
Azúcar	120 g
Ceniza	120 g
Levadura	24 g
Cáscara de huevo molida	60 g
Agua	3 000 mL

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018.

- Tratamiento 1: Mezcla base del testigo + consorcio BAL
- Tratamiento 2: Mezcla base del testigo + leche pura
- Tratamiento 3: Mezcla base del testigo + suero de leche

2.1.4 Unidad de análisis

2.1.4.1 Cantidad de residuos orgánicos, g.

2.1.4.2 Características fisicoquímicas del Biol.

- Olor
- Color
- pH
- Temperatura, °C
- Conductividad eléctrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Tiempo en días
- DBO, mg/L
- DQO, mg/L

2.1.4.3 Características microbiológicas

- Coliformes totales, UFC/mL
- Coliformes termotolerantes (fecales), UFC/mL

2.1.4.4 Características cuantitativas del Biol.

- Materia orgánica, %
- Nitrógeno total, %
- Fósforo total, %
- Calcio, %
- Magnesio, %
- Hierro, %

2.1.5 Población de estudio.

La población de estudio correspondió a 10 unidades experimentales constituidas por biodigestores artesanales de 6 litros utilizados para la obtención de Biol a partir del empleo de la materia orgánica proveniente de los residuos del camal del GADM Riobamba, y EMMPA Riobamba.

2.1.6 Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra se da a partir de tres tratamientos (leche pura, suero de leche y 6 aislados de BAL) y sus 3 réplicas respectivas, con un tratamiento testigo o blanco, donde se evalúa la interacción de los tratamientos con los microorganismos que intervienen en la fermentación, además de verificar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los tratamientos que intervienen en la fermentación del biodigestor.

2.1.7 Selección de muestra

Se tomó como muestra 1000 mL de cada tratamiento (leche pura, suero de leche, consorcio de BAL) y testigo o blanco.

2.1.7.1 Material biológico

El material biológico se obtuvo a partir del aislamiento y purificación de colonias de BAL provenientes de una muestra de suero de leche, obteniendo un consorcio de 6 BAL puras, las cuales se caracterizaron previamente por su morfología macroscópica y microscópica (mediante

reacción de Gram) y los ensayos de catalasa, oxidasa y movilidad. La materia prima para el aislamiento de BAL fue obtenida de una hacienda lechera, ubicada en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2.2 Técnica de recolección de datos

2.2.1 Fase de laboratorio

- Proceso de recolección de materia prima de origen vegetal y animal.
- Aislamiento, purificación y caracterización de BAL a partir de suero de leche.
- *Screening* de la capacidad acidificante de BAL
- Recuento de viables en aislamientos de BAL, leche pura y suero de leche
- Determinación de coliformes totales y fecales en los bioles
- Ensayo de antagonismo entre cepas BAL
- Cálculos para formulación de mezcla previo a la obtención de biol a escala de laboratorio.
- Construcción de biodigestores de tipo artesanal.
- Obtención de biol a escala de laboratorio.
- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del proceso de obtención de biol.
- Valoración de DBO₅ y DQO de muestras finales.

2.2.2 Tratamiento estadístico de datos.

Se aplicó un arreglo monofactorial, donde el factor A representa el tipo de consorcio bacteriano a utilizarse con tres repeticiones cada uno, donde se obtuvo en total tres tratamientos con sus respectivas réplicas y el testigo; el número de unidades experimentales ($t+1 \times r = 10$).

Para el análisis funcional se calculó el coeficiente de variación (CV), prueba de Duncan al 0.05 y 0.01.

2.2.3 Mecanismos

2.2.3.1 Proceso de recolección de materia prima de origen vegetal y animal.

Las materias primas de origen animal y vegetal se obtuvieron de las empresas públicas EP EMMPA y del camal del GADM Riobamba, respectivamente.

Cada una de las empresas mencionadas presta servicios a la ciudad de Riobamba dentro del campo de alimentación. Las empresas se encuentran contiguas y están ubicadas en las calles Av. Leopoldo Freire y Av. Edelberto Bonilla Oleas (ver Figura 1-2).



Figura 1-2: Vista satelital de las ubicaciones de EP EMMPA Riobamba y Camal GADM de la ciudad de Riobamba

Fuente: Google earth .2017

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

La toma de muestra de origen animal se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple, se recogieron como muestra 24 kilogramos de estiércol bovino dentro de los corrales de la institución.

La toma de muestra de origen vegetal se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple tomando como muestra 4 kilogramos de plantas leguminosas seleccionando las hojas de habas, frejol, arveja y alfalfa dentro de basureros y puesto de venta ubicados en las instalaciones.

2.2.3.2 *Aislamiento purificación y caracterización BAL a partir de suero de leche.*

- Se usó una muestra fresca de suero de leche conservada a 4°C hasta el momento del ensayo.
- Se preparó un homogeneizado con 10 mL de suero de leche y 90 mL de agua de peptona al 0.1%.
- Se prepararon de 6 diluciones consecutivas de orden 10 en tubos conteniendo 9 mL de agua de peptona al 0.1% (diluyente estéril). El homogeneizado corresponde a la dilución 10^{-1}
- De cada una de las diluciones (10^{-2}) hasta (10^{-7}) se inóculo 1 mL en placas con agar MRS mediante la técnica de vertido en placa, se mezcló el inóculo con el agar con movimientos de la placa suaves, rotatorios en 20 segundos.
- Después de la solidificación de la placa se agregó 5 mL de agar MRS como capa sellante.
- Las placas Petri se sellaron con parafilm, se etiquetaron e incubaron a $35\pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas.
- Después de la incubación se verificó el crecimiento del cultivo. Se seleccionaron algunas colonias por placa, examinando la morfología macroscópica y características de las colonias en el agar.
- Las colonias con morfología típica de BAL (colonias de borde enteras, regulares, convexas o planas, suaves de 0.1 o forma lenticular) 0.5 mm de diámetro se sometieron a tinción de GRAM
- Las bacterias Gram (+) fueron seleccionadas para la purificación posterior mediante siembra en estría.
- Para la purificación de los cultivos aislados fue necesario hacer 3 transferencias sucesivas de cada colonia seleccionada previamente en agar MRS
- Los aislados (cultivos) puros de BAL fueron examinados con las pruebas de la catalasa y oxidasa.
- Al terminar con el estudio se seleccionan 6 cepas provenientes del suero de leche que se caracterizan como BAL de acuerdo con las respuestas a su morfología microscópica en agar MRS, tinción Gram y pruebas de catalasa y oxidasa.

2.2.3.3 *Screening de la capacidad acidificante de BAL*

- Las 6 cepas de BAL purificadas y obtenidas a partir del suero de leche se inocularon en 10 mL de caldo MRS y se incubaron a 35°C por 24 horas.
- Dentro de una cámara de aislamiento previamente desinfectada con alcohol potable, se agregó 200 mL de leche semi descremada UHT medidos con una probeta estéril a cada uno de seis enlarmeyers estériles.
- Cada enlarmeyer se inoculó con 500 µL de un cultivo BAL en caldo MRS y se incubó a 35 ±1°C durante 48 horas
- Se midió el pH antes y después de la incubación.

2.2.3.4 *Recuento de viables en aislamientos de BAL, leche pura y suero de leche*

- Se realizó la enumeración de viables en cada muestra a utilizar para la obtención de biol, un composite de 6 aislamientos de BAL, leche pura y suero de leche.
- Se prepararon 3 erlenmeyers, cada uno con 90 mL de agua peptona esterilizada por cada muestra para dilución 1: 10 (10^{-1})
- Las diluciones deben ser preparadas en tubos de ensayo de 16x100 mm, conteniendo un volumen de 9 mL de agua peptona previamente esterilizada, añadiendo 1 mL de cada muestra de dilución 1: 10 (10^{-1}) y sucesivamente hasta (10^{-8})
- Al terminar con las diluciones, se continuó con la siembra del cultivo en 18 mL de medio sólido, agar MRS acidificado y previamente plaqueado. Se esterilizó previamente un asa de Drigraskly y puntas estériles para 100 µL.
- Se adiciono una alícuota del cultivo con micropipeta de 100 µL, abriendo la placa y colocando la muestra en el centro de la placa, desechando la punta de micropipeta usada.
- Con el asa de Drigraskly desinfectada en alcohol al 70% esterilizada por la llama del mechero y enfriada, se extendió el inóculo por toda la placa, en diferentes direcciones hasta que este se absorba en el agar.
- Al terminar las siembras de todas las diluciones, las placas fueron selladas, etiquetadas e incubadas a 35±1 °C por 48 horas
- Después de la incubación se anotó en número de colonias desarrolladas en cada placa Petri y se calculó el número de UFC/ mL de muestra analizada.

2.2.3.5 *Determinación de coliformes totales y fecales en los bioles*

- Se preparó una prueba para coliformes totales y fecales en las muestras de ensayo (leche pura, suero de leche, y consorcio bacteriano de BAL) empleando la técnica del número más probable (NMP) en caldo lauril sulfato Triptosa (LTB) repartiendo 10 mL en cada tubo de ensayo de 18x120 mL con tubos Durham.
- Se prepararon diluciones sucesivas de orden 10 de las muestras de leche pura, suero de leche y consorcio bacteriano de BAL.
- Cada 3 tubos de caldo Lauril sulfato se rotuló como serie 1, serie 2, serie 3.
- Cada tubo de la primera serie se inoculó con 1 mL de la dilución 10^{-1} de la muestra
- Cada tubo de la segunda serie se inoculó con 1 mL de la dilución 10^{-2} de la muestra
- Cada tubo de la tercera serie se inoculó con 1 mL de la dilución 10^{-3} de la muestra
- Los tubos inoculados se incubaron a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 horas para determinar coliformes totales.
- Se espera que los tubos presuntivamente positivos para coliformes totales presenten turbidez, acidificación del medio y presencia de gas en el tubo Durham al cabo del período de incubación.

2.2.3.6 *Ensayo de Antagonismo entre cepas BAL.*

- Para la prueba de antagonismo se preparó una suspensión bacteriana ajustada a la absorbancia del estándar 0.5 McFarland
- El estándar 0.5 McFarland se preparó mezclando Cloruro de Bario (BaCl_2) de 0,5mL y ácido sulfúrico (H_2SO_4) con 9,5 mL.
- La suspensión bacteriana de cada una de las 6 cepas puras de BAL se preparó mezclando el material microbiano con solución salina al 0.9% para comparación visual de la turbidez de esta suspensión con el estándar 0.5 McFarland
- Se prepararon placas de agar MRS de 4 mL de alto.
- En cada placa de agar se inoculó en sentido horizontal una asada de 1 cepa de BAL, trazando 1 línea sobre el agar, seguidamente se adicionó 10 mL de agar MRS como capa sellante.
- Las 5 cepas restantes se inocularon sobre la superficie de la placa MRS inoculada con una cepa y sellada con 1 capa de agar. En este caso se inoculó una asada por cepa haciendo 5 trazos individuales en ángulo de 90° al trazo inicial, o sea los trazos fueron en sentido vertical

- El proceso se repitió con cada una de las cepas purificadas de BAL. Haciéndose el ensayo por triplicado.
- Los cultivos se incubaron a $35 \pm 1^\circ \text{C}$ por 48 horas
- Después la incubación se examinó el crecimiento de las cepas inoculadas verticalmente, respecto a la cepa inoculada horizontalmente (patrón).
- La ausencia de crecimiento de un aislamiento respecto al patrón será señal de antagonismo del patrón frente al aislado.

2.2.3.7 *Cálculos para la formulación de mezcla previo a la obtención de biol a escala de laboratorio.*

- Para los cálculos se tomó en cuenta el volumen efectivo de trabajo del biodigestor a utilizar de 6L.
- Se formularon los cálculos a partir de la receta en el proceso de elaboración de biol, con el uso de 25 L de agua no potable, realizando una regla de 3 simple.
- Se estimó los cálculos a escala de laboratorio en cantidad de 3000 mL de agua no potable presentados en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Cálculo de muestra de desechos sólidos orgánicos

Ingrediente	Cantidad citada	Cálculo	Cantidad de muestra
Estiércol	20.000 g	$\frac{3L \times 20.000g}{25L} = 2400 g$	2.400 g
Leguminosa	2.000 g	$\frac{3L \times 2.000g}{25L} = 240 g$	240g

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

Tabla 4-2: Cálculos de ingredientes totales necesarios para los ensayos a escala de laboratorio

Ingredientes	Cantidad citada	Cálculo	Cantidad de muestra
Azúcar	1000 g	$\frac{3L \times 1.000g}{25L} = 120 \text{ g}$	120 g
Levadura	200 g	$\frac{3L \times 200g}{25L} = 24 \text{ g}$	24 g
Ceniza	1000 g	$\frac{3L \times 1.000g}{25L} = 120 \text{ g}$	120 g
Cascara de huevo molido	500g	$\frac{3L \times 500g}{25L} = 60 \text{ g}$	60 g
Leche pura	1 L	$\frac{3L \times 1 L}{25L} = 0.12 \text{ L}$	120 mL
Suero de leche	1 L	$\frac{3L \times 1 L}{25L} = 0.12 \text{ L}$	120 mL
Consortio bacteriano	1 L	$\frac{3L \times 1 L}{25L} = 0.12 \text{ L}$	120 mL

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

2.2.3.8 Construcción de los biodigestores de tipo artesanal

- Se adaptaron botellones vacíos de 6 L de agua purificada, mediante un corte en la parte superior cerca de la tapa, instalando una manguera de 10 mm de diámetro para la salida de gases que se forman por la fermentación anaerobia.
- Se adicionó una botella plástica al otro extremo de la manguera para la recolección de gases generados en el biodigestor durante el proceso fermentativo
- Se realizó un sellado hermético entre las conexiones de los extremos de la manguera para evitar la salida de gases a la atmósfera.

2.2.3.9 Obtención de biol a escala de laboratorio

- Se recolectó la materia prima para todas las réplicas a emplear en base a los cálculos hechos a escala de laboratorio para la obtención de biol.

- Todos los ingredientes sólidos se pesaron mediante una balanza analítica para posteriormente homogenizar toda la mezcla en un envase estéril como se indica en Tabla 3-2.
- Las mezclas de cada tratamiento se depositaron en los respectivos biodigestores tipo artesanal.
- Se incorporaron la leche pura, el suero de leche y el consorcio de BAL según la formulación de cada tratamiento y sus réplicas, en cantidades basadas en los cálculos iniciales, (ver Tabla 3-2).
- En el caso del consorcio de BAL, se adicionó 20 mL de cada una de las seis cepas aisladas y purificadas de BAL provenientes del suero de leche hasta completar un volumen final de 120mL.
- Se incorporó gradualmente un volumen de agua en cada tratamiento de acuerdo a los cálculos iniciales como se muestra en la Tabla 3-2.
- Se verificó el sellado hermético de los biodigestores tipo artesanal.
- Se adaptó el espacio de experimentación a una temperatura óptima entre 30 a 35 °C mediante focos de 100 watts, con encendido intermitente (se instaló 1 foco por cada 3 biodigestores).
- El proceso de fermentación anaeróbica fue monitoreado con evaluación de pH y Temperatura cada 48 horas hasta su finalización al cabo de 36 días.
- Se evaluaron las características organolépticas (olor, color y aspecto) de los productos obtenidos al culminar el proceso de experimentación

2.2.3.10 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del proceso de obtención de biol.

- Para los análisis iniciales se tomaron asépticamente muestras de 250 g de la mezcla testigo o blanco.
- Los análisis se realizaron en los laboratorios acreditados Agrocalidad
- Los parámetros analizados fueron: Nitrógeno Total, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Materia Orgánica.
- Al terminar el proceso fermentativo, de cada tratamiento se separaron a través de un tamiz fino, la parte sólida (biosol) de la parte líquida (biol)
- Las muestras de bioles se almacenaron en un espacio oscuro y a temperatura ambiente entre 12 y 13°C.
- Las muestras finales de los tratamientos T1, T2, T3 y T0 o blanco con sus réplicas se analizaron en los laboratorios especializados (Agrocalidad).
- Los parámetros analizados fueron: Nitrógeno Total, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Materia Orgánica.

- Adicionalmente, en los bioles y sus réplicas se examinaron los niveles de coliformes totales y fecales.

2.2.3.11 Valoración de DBO₅ y DQO de muestras finales.

- En bioles preparados se determinaron las DBO₅ y DQO.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis organoléptico

Usando el olfato y la vista se examinaron los bioles obtenidos en cada uno de los tratamientos y sus respectivas réplicas como se aprecia en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Análisis organoléptico del biol

Tratamiento	Color	Olor	Aspecto
T0 (Blanco)	Verde oscuro	Putrefacción	Grumoso
T1 (Aislamiento de BAL)	Café claro	Herbáceo	Lodoso
T2 (Leche pura)	Café claro	Herbáceo	Lodoso
T3 (Suero de leche)	Café oscuro	Herbáceo	Lodoso

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El olor, color y aspecto de los bioles, obtenidos mediante los tratamientos T1, T2, T3 coinciden con lo esperado para los productos de una fermentación metanogénica efectuada en condiciones adecuadas según lo descrito en el epígrafe 1.3.8

En contraste, el testigo en el tiempo estimado de 36 días de duración de este proceso biotecnológico alcanza el estado de putrefacción verificable por el típico olor de la mezcla. debido a gases que se desprenden en la descomposición o por aminos, amonio diaminas, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos y sulfuros orgánicos (Metcalf y Eddy 2003). Sin embargo, el proceso fermentativo de la obtención del biol en T1, T2 y T3 ha eliminado estos compuestos dando como resultado productos de olor herbáceo.

3.2 Rendimiento del biol

El rendimiento de biol se lo verifica al momento de finalizar el proceso de degradación de la materia orgánica, dividiendo el volumen final, sin considerar la cantidad de biosol producido para el volumen inicial junto con el total de la materia prima e insumos (6 000 mL).

Para calcular el rendimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{rendimiento} = \frac{\text{volumen final}}{\text{volumen inicial}} \times 100$$

En la tabla 2-3 se puede apreciar que el tratamiento testigo T0 es el que presenta más bajo rendimiento. Los tratamientos con consorcios bacterianos (BAL, leche pura y suero de leche) presentan un rendimiento más alto, de lo que se deduce la función importante que desempeñan los microorganismos en la preparación del biol.

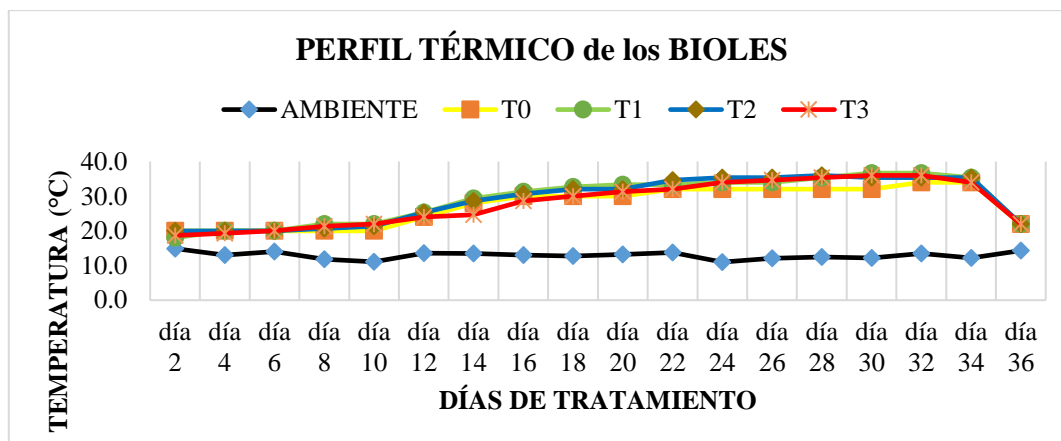
Tabla 2-3: Rendimiento de los bioles obtenidos

Tratamiento	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Rendimiento (%)
T0	6 000	3 740	62,33%
T1	6 000	3 950	65,83%
T2	6 000	3 980	66,33%
T3	6 000	4 050	67,50%

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

3.3 Temperatura interna de biodigestor

A lo largo del proceso (36 días) y en todos los tratamientos se midió la temperatura cada dos días (Anexo 1). En la Gráfica 1-3 se indica el perfil térmico de los bioles.



Gráfica 1-3: Perfil térmico de los bioles

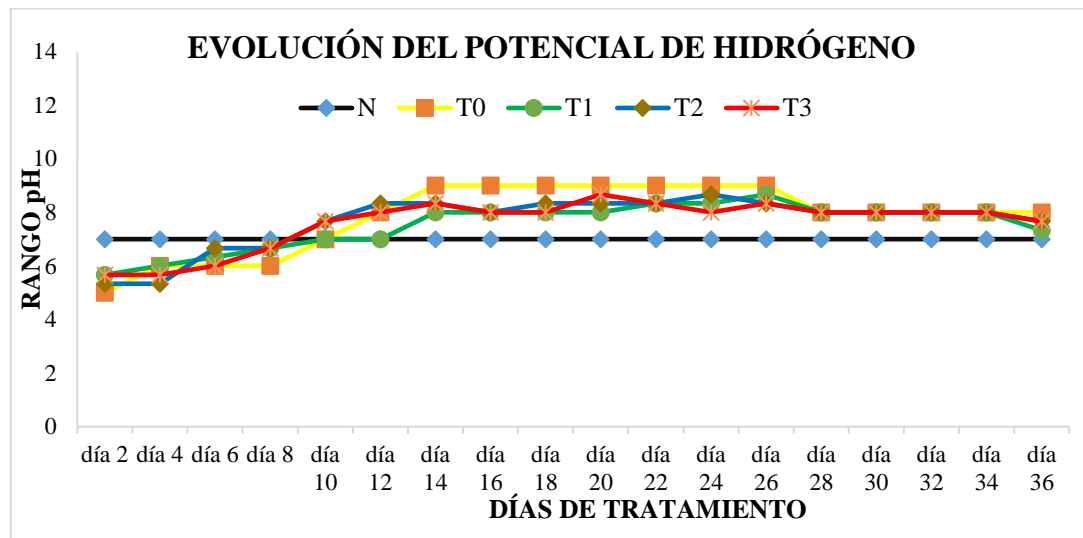
Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

En la gráfica 1-3 se observa que todos los tratamientos empezaron a una temperatura promedio de 14°C. A partir de las 24 horas de iniciado el proceso, la temperatura aumentó llegando a valores promedio de 20°C al 4 día de estudio. Los tratamientos T1 y T2 presentaron temperaturas superiores alcanzando valores promedio de 32,2 °C, mientras que el T3 y T0 presentaron temperaturas inferiores manteniéndose parcialmente constantes a partir del día 12 y día 16 respectivamente, hasta el día 30 en que alcanzaron una temperatura promedio de 31,5°C. Para el día 34 la temperatura en todos los tratamientos decreció (22°C); el día 36 el experimento se dio por terminado. Por tanto, las temperaturas alcanzadas estuvieron en el rango mesófilo. Si bien el proceso puede darse a temperaturas mesófilas, Verdezoto, (2014) indica que la temperatura óptima puede variar en un rango de 35 a 55° C, para la eliminación de patógenos y parásitos.

No se presentaron variaciones bruscas de temperatura por lo que se deduce que existió una estabilización del proceso. Al respecto Martí, (2016), recomienda una adecuada agitación y control de la temperatura en el caso de presentarse desestabilización.

3.4 Potencial de hidrógeno

El pH se controló cada 2 días (Anexo 2).



Gráfica 2-3: Evolución del Potencial de hidrógeno (pH)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

En la gráfica 2-3 se observa que al inicio del proceso fermentativo anaeróbico los tratamientos T0, T1, T2 y T3 mostraron un pH ácido con valores promedio entre 5 y 6; a partir del día 6 los tratamientos alcanzaron valores neutros (pH 7), excepto T0 que mantiene pH ácido (6). A partir del día 12 el potencial de hidrógeno se torna con valores irregulares hasta el día 26 que todos los tratamientos tienden a estabilizarse en valores alcalinos (pH 8), hasta el día 34 que van adquiriendo neutralidad hasta finalizar el proceso de fermentación.

Los valores de pH obtenidos en los diferentes tratamientos se encuentran en concordancia a los estudios realizados por Acosta y Abreu (2005), en donde el pH se mantuvo entre 8,2 a 8,4 unidades para que el proceso ocurra de forma satisfactoria. Esta afirmación coincide con el estudio de Bote, (2013).

Cabe indicar que el pH influye directamente en los procesos biológicos debido a los diferentes fenómenos que ocurren en el interior de los biodigestores, como es el crecimiento bacteriano, en este caso principalmente de bacterias metanogénicas ya que éste es óptimo en pH neutros por la capacidad buffer que poseen; como todas las proteínas, las proteínas microbianas son muy termoestables en su punto isoeléctrico que normalmente es próximo a 7. Lo anterior ratifica la degradación de la materia orgánica y por ende la obtención de biol.

3.5 Conductividad eléctrica

Se consideraron los resultados reportados por un laboratorio particular (Saqmic) donde se efectuaron los análisis.

Tabla 5-3: ADEVA de la variable CE al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	54 750	5	10 950	9,19		
TRATAMIENTO	51 900	3	17 300	14,52	4,76	9,78
BLOQUE	2 850	2	1 425	1,2	5,14	10,92
Error	7 150	6	1 191,67			
Total	61 900	11				
Coeficiente de variación				1,23 %		

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 5-3 se muestra que según el análisis de varianza existe alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 14,52 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se dedujo que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influye estadísticamente en la conductividad eléctrica del biol. Por lo tanto, se acepta que el empleo de los distintos tipos de consorcios (BAL, microbiota de la leche y microbiota del suero) puede ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

Al ser $F_{cal} = 1,2 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se deduce que las diferencias entre las medias de las réplicas dentro de cada tratamiento no son significativas.

La variabilidad de la conductividad eléctrica de los tratamientos es 1,23% evidenciando una mínima dispersión de los datos y ratificando que la información es confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos es altamente significativa lo que demuestra que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según indica Duncan para tratamientos existe tres rangos de significación, donde el tratamiento T1 (2 910 $\mu\text{S}/\text{cm}$), T2 (2 740 $\mu\text{S}/\text{cm}$) pertenece a un rango “a” proporcionando valores altamente salinos, el T2 (2 740 $\mu\text{S}/\text{cm}$), T3 (2 770 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ocupan un rango “b” y confieren al biol un nivel modernamente salino y en un rango “c” se encuentra el T3 (2 770 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y T0 (2 840 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que presenta un nivel de salinidad más bajo

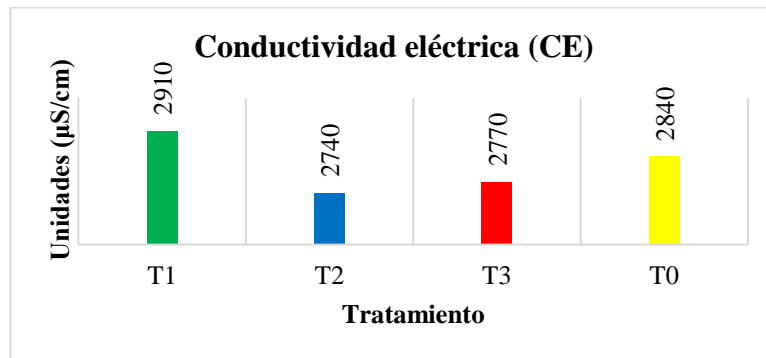


Gráfico 3-2: Conductividad eléctrica del biol

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018 3-3

El gráfico 3-3 indica las medias para la variable conductividad eléctrica de todos los tratamientos evaluados. Se puede apreciar claramente la variación que los tratamientos presentan; así el T1 a base de aislamiento de BAL como consorcio bacteriano posee mayor cantidad de sales en relación con los tratamientos a base de leche, suero de leche y testigo, dando importancia al hecho que tienen mayor cantidad de electrolitos para su capacidad de intercambio energético en la planta. Sin embargo, de acuerdo con lo manifestado por Masaguer y Benito, (2008) la CE no proporciona información específica sobre las sales presentes en las muestras.

3.6 Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Esta prueba permitió conocer la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en la muestra, expresado en miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza acorde se consumen los desechos orgánicos por acción de las bacterias en el agua.

Tabla 6-3: ADEVA de la variable DBO₅ al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	317 262 500	5	63 452 500	656,41		
TRATAMIENTO	317 122 500	3	105 707 500	1093,53	4,76	9,78
BLOQUE	140 000	2	70 000	0,72	5,14	10,92
Error	580 000	6	966 66,67			
Total	317 842 500	11				
Coeficiente de variación		1,19 %				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado.

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 6-3 se muestra que según el análisis de varianza existe alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 1093,53 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se deduce que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influye estadísticamente en la DBO₅ del biol. Por lo tanto, se acepta que el empleo de cualquiera de las 3 opciones (consorcio BAL, leche pura o suero de leche) pueden ser utilizadas para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,72 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se indica que las diferencias entre las medias no son significativas

La variabilidad de la DBO₅ de los tratamientos es 1,19% evidenciando una mínima dispersión de los datos y ratificando que la información es confiable.

La relación del testigo vs los otros tratamientos fue significativa lo que demuestra que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según muestra Duncan para tratamientos existe cuatro rangos de significación, donde el tratamiento T3 (19 300 mg/L) pertenece a un rango "a" lo que indica que una DBO₅ baja requiere una menor cantidad de oxígeno que los otros tratamientos para descomponer la materia orgánica que se encuentra en biol, o sea este valor estaría asociado a una menor cantidad de materia orgánica. el T1 (24 800mg/L), ocupa un rango "b", en un rango "c" se encuentra el T0 (26 300mg/L), y en el rango "d" se encuentra T2 (33 700mg/L) mismo que requiere mayor cantidad de oxígeno para degradar una mayor cantidad de materia orgánica.

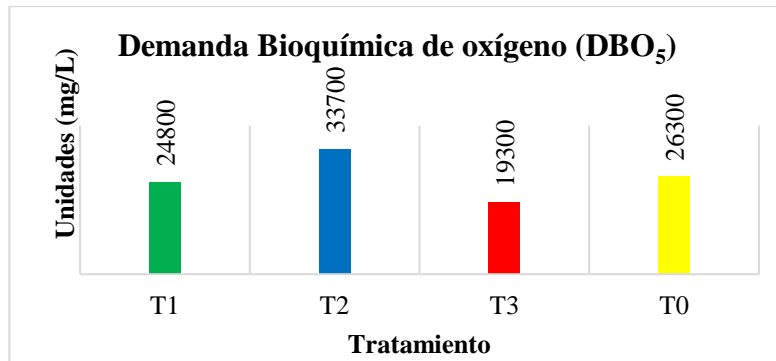


Gráfico 4-3: Demanda Bioquímica de Oxígeno en el biol

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 4-3 indica las medias para la variable DBO_5 de todos los tratamientos evaluados, se pudo apreciar claramente la variación de los tratamientos, es así como el T2 a base de aislamiento de BAL como consorcio bacteriano requiere mayor cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica y el T3 (suero de leche) la menor cantidad.

Un análisis global de los valores de DBO_5 y de materia orgánica en los 3 tipos diferentes de biol reveló coherencia en las formulaciones en base al consorcio de BAL y de leche pura, esto es, a mayor cantidad de materia orgánica, mayor DBO_5 , sin embargo en el caso del suero de leche un valor de DBO_5 más bajo correspondió a un valor más bajo de materia orgánica (ver Tabla 8-3) lo cual podría explicarse porque en el caso del biol con microbiota del suero de leche la asimilación microbiana de la materia orgánica podría estar limitada por las sales inorgánicas, sustancias inhibitoras y hasta densidad de heterótrofos (Wesley y Zmuda 2007).

3.7 Análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Esta prueba permitió conocer la cantidad de sustancias disueltas o en suspensión presentes en un biol y que son susceptibles de ser oxidadas por medios químicos, el valor se expresa en miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua.

Tabla 7-3: ADEVA de la variable DQO del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	1 797 537 500	5	359 507 500	528,04		
TRATAMIENTO	1 796 242 500	3	598 747 500	879,43	4,76	9,78
BLOQUE	1 295 000	2	647 500	0,95	5,14	10,92
Error	4 085 000	6	680 833,33			
Total	1 801 622 500	11				
Coeficiente de variación		1,26 %				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 8-3 se muestra que según el análisis de varianza existe alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 879,43 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, lo que se deduce que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influye estadísticamente en la DQO del Biol. Por lo tanto, se acepta que el empleo de distintos tipos de consorcio puede afectar en la cantidad de oxígeno que presenta el biol en la culminación del proceso con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,95 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se indica que las diferencias entre las medias no son significativas.

La variabilidad de la DQO de los tratamientos fue 1,26% evidenciando una mínima dispersión de los datos y ratificando que la información es confiable. La relación del testigo vs otros tratamientos fue altamente significativa lo que demostró que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según muestra Duncan para los tratamientos existieron tres rangos de significación, donde el tratamiento T3 (46 400 mg/L) pertenece a un rango "a", el T0 (67 800 mg/L), T1 (68 100mg/L), ocupa un rango "b" y confieren al biol un nivel moderadamente alto en la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas, en un rango "c" se encontró el T2 (80 400mg/L) que presentó un nivel de menor degradación de materia orgánica por el proceso anaeróbico, por consiguiente mayor demanda química de oxígeno.

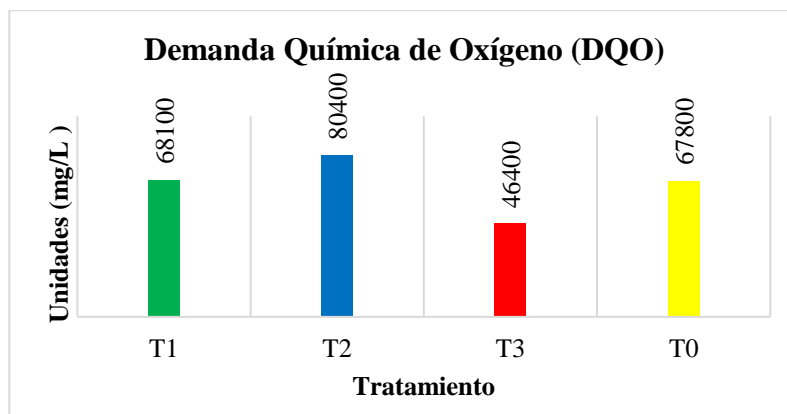


Gráfico 5-3: DQO del biol

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 5-3 indicó las medias para la variable DQO de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar claramente la variación que los tratamientos presentaron, es así como el T3 a base de suero de leche como ingrediente de consorcio bacteriano presentó mayor cantidad de degradación anaeróbica y menor DQO, en comparación de los tratamientos a base de aislamientos de BAL, leche pura, y testigo, dando importancia al hecho que tiene mayor fermentación dentro del biodigestor.

En general, los valores de DQO fueron más elevados que los determinados para la DBO₅, esto se explica porque en el método de la DQO se oxida también la materia orgánica no biodegradable, cabe aclarar que algunos compuestos orgánicos medidos por la DQO pueden no ser metabolizados por los microorganismos (Wesley y Zmuda, 2007).

Además, es oportuno indicar que la DQO, aunque pretende calcular la concentración de materia orgánica, sufre interrupciones por la aparición de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc.), que también se reflejan en la medida (Area, 2010)

En este estudio la relación DQO/DBO₅ en los 3 bioles varió entre 2,7 para T1, 2,4 para T2 y T3 y 2,6 para T0 sugiriendo que al término de 36 días de fermentación hay material biodegradable en cada efluente de la fermentación.

Tabla 8-3: Principales características químicas del biol

Tratamiento	DQO	DBO ₅	CONDUCTIVIDAD	MO
	mg/L	mg/L	μS/cm	%
T0	67 800 b	26 300 c	2 840 c	2,87 b
T1	68 100 b	24 800 b	2 910 a	2,67 a
T2	80 400 c	33 700 d	2 740 ab	3,57 d
T3	46 400 a	19 300 a	2 770 bc	3,30 c

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

3.8 Características cuantitativas

Se analizaron las variables: Nitrógeno total NT, Fósforo P₂O₅, Potasio K₂O, Calcio CaO, Magnesio MgO, Hierro Fe y Materia orgánica MO.

Tabla 9-3: Principales características cuantitativas del biol

Tratamiento	NT	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe
	%	%	%	%	%	%
T0	0,30 a	0,1451 c	0,3520 b	1,3938 b	0,1919 a	0,0159 b
T1	0,28 a	0,1259 a	0,3485 b	1,3342 a b	0,1945 b	0,0124 a
T2	0,31 a	0,1284 b	0,3072 a	1,6035 c	0,2174 d	0,0121 a
T3	0,26 a	0,2579 d	0,3440 b	1,1978 a	0,1965 c	0,0187 c

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

3.8.1 Nitrógeno total (NT)

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados reportados por el laboratorio de (Agrocalidad) siendo los siguientes.

Tabla 10-3: ADEVA de la variable NT al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F. V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,0046	5	0,0009			
TRATAMIENTO	0,0046	3	0,002	1,73	4,76	9,78
BLOQUE	0,0001	2	0,00003	0,04	5,14	10,92
Error	0,01	6	0,0009			
Total	0,01	11				
Coeficiente de variación		10,37 %				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 10-3 se muestra que según el análisis de varianza existe baja significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 1,73 < F_{tab} (0,01) = 9,78$, lo que se dedujo que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento no influye estadísticamente en el porcentaje de Nitrógeno Total del biol. Por lo tanto, no se acepta que el empleo de distintos tipos de consorcio puede ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,04 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados indica que las diferencias entre las medias no son significativas. La variabilidad del NT de los tratamientos fue 10,37% evidenciando una moderada dispersión de los datos y ratificando que la información es confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos no presenta significancia lo que muestra que el testigo T0 no es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a demostrar mediante pruebas dicho manifiesto, a través de la separación de medias (Duncan), ratificando lo registrando en el ADEVA.

Según muestra Duncan para tratamientos y bloques las medias de los tratamientos T0 (0,3 %), T1 (0,28 %), T2 (0,31 %) y T3 (0,26 %) poseen letra común de rango “a” lo que indica que no son significativos ($p > 0,01$).

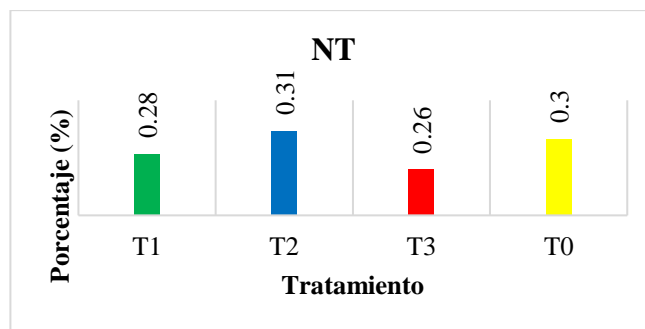


Gráfico 6-3: Contenido de Nitrógeno total (NT)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 6-3 indica las medias para la variable NT de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar que no existió una variación significativa entre los tratamientos, es así como el uso de consorcio bacteriano (aislamiento BAL, leche pura, suero de leche, testigo) dentro de los tratamientos, no es un condicionante para la presencia de NT en el biol

El porcentaje promedio de NT de los tratamientos empleados fue de 0,29 %, siendo mayor a lo reportado por (Checa, 2015) quien presentó como resultado valores de 0,09 %, 0,094 % y 0,07 % en el proceso de obtención de biol con desechos de frutas, leguminosas, respectivamente; de igual forma a lo que manifiesta (Taipicaña, 2015) del biol obtenido en mezcla de rumen y orines de ganado bovino (50/50) una cantidad de NT 0,177 %; al de (Pontón, 2010) quien obtuvo biol mediante residuos sólidos orgánicos generados en el casco urbano del cantón Joya de los Tsáchilas un valor de 0,10% de NT.

Por otro lado, el NT determinado fue inferior a lo reportado por Peralta, (2016) quien obtuvo en la investigación índices altos de nutrientes (1,876 %) en el biol a base de excretas porcinas, 1,064 % en biol basado en alfalfa y 0,42% en el biol obtenido a partir de la utilización de melaza, consorcio bacteriano (B-lac) y excretas tratadas; y al ser estos valores superiores a los de la presente investigación podría asociarse a las metodologías para la obtención de biol que empleó el investigador.

3.8.2 Fósforo total (P₂O₅)

Este parámetro se determinó en los laboratorios de Agrocalidad.

Tabla 11-3: ADEVA de la variable P₂O₅ al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,0357	5	0,0071	244 655,366		
TRATAMIENTO	0,0357	3	0,0119	407 758,886	4,76	9,78
BLOQUE	0,00000001	2	0,000000003	0,0857	5,14	10,92
Error	0,00000017	6	0,00000003			
Total	0,0357	11				
Coeficiente de variación		0,1039%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

En la tabla 11-3 se muestra que según el análisis de varianza existe alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 407\,758,886 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se concluyó que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influye estadísticamente en el porcentaje de Fósforo Total del Biol. Por lo tanto, se acepta el empleo de distintos tipos de consorcio que pueden ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,0857 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ los bloques empleados no presentan diferencias entre las medias. La variabilidad de P₂O₅ dentro los tratamientos es 0,1039% evidenciando una baja dispersión de los datos y corroborando que la información es confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos fue significativa, lo que demuestra que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a la separación de medias (Duncan), ratificando lo registrado en el ADEVA.

Según la prueba de Duncan, entre tratamientos existen cuatro rangos de significación, donde el tratamiento T1 (0,1259 %), pertenece a un rango “a” proporcionando valores menores de nutrientes, T2 (0,1284 %), pertenece a un rango “b”, otorgando al biol un nivel moderado de nutrientes en el biol, mientras que T0 (0,1451 %), pertenecen a un rango “c”, presentando un

nivel alto de nutrientes y en un rango “d” se encuentra T3 (0,2579 %) otorgando un nivel alto de nutrientes para el biol.

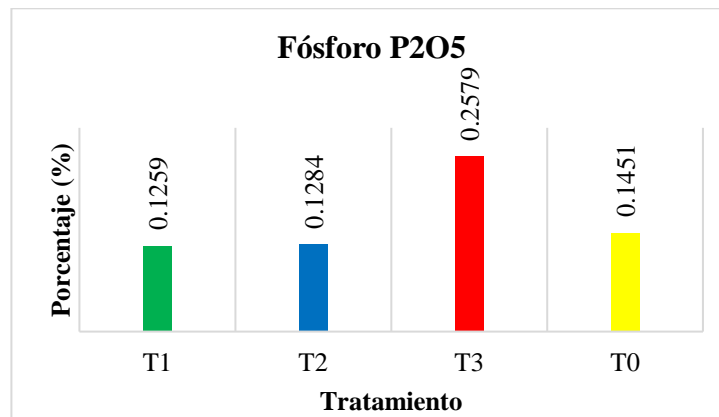


Gráfico 7-3: Contenido de Fósforo total ($P_2 O_5$)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 7-3 indica las medias para la variable de P_2O_5 de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar en forma clara la variación que presentaron los tratamientos; así el T3 a base de suero de leche como consorcio bacteriano posee mayor porcentaje de nutrientes con relación a los tratamientos a base de aislamiento de BAL, leche pura y testigo, dando importancia al hecho de mayor nivel de este nutriente para la planta.

Los valores de fósforo de T3 (0,2579 %), fue mayor al reportado en otras investigaciones, así Taipicaña, (2015) registró valores de 0,229% en el biol obtenido en base de mezcla de ruminasa y orines (50/50); Pontón, (2010) reportó (0,130 %) en el biol a base de los residuos sólidos orgánicos; Además, Peralta, (2016) registró bajos índices de nutrientes (0,071%) en biol a base de excretas porcinas, (0,053 %) en biol en base de alfalfa y consorcio bacteriano. Sólo el biol a partir de la utilización de melaza, consorcio bacteriano (B-lac) y excretas tratadas, presentaron valores superiores (0,744 %) a los de la presente investigación.

3.8.3 Potasio (K_2O)

Este parámetro se determinó en los laboratorios de Agrocalidad.

Tabla 12-3: ADEVA de la variable K_2O al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,0039	5	0,00079	10,79		
TRATAMIENTO	0,0039	3	0,00130	17,68	4,76	9,78
BLOQUE	0,00007	2	0,00003	0,46	5,14	10,92
Error	0,000440	6	0,00007			
Total	0,0044	11				
Coeficiente de variación		2,52%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 12-3 se muestra que según el análisis de varianza existe alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 17,68 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se dedujo que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influyó estadísticamente en el porcentaje de Potasio dentro del Biol. Por lo tanto, se aceptó que el empleo de distintos tipos de consorcio puede ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,46 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se dedujo que las diferencias entre las medias no son significativas. La variabilidad del porcentaje de K_2O de los tratamientos es 2,52% evidenciando una baja dispersión de los datos y ratificando que la información fue confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos fue altamente significativa lo que muestra que el testigo T0 fue diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según muestra Duncan para los tratamientos existieron dos rangos de significación, donde el tratamiento, T2 (0,3072 %) pertenecen a un rango "a" proporcionando valor moderadamente bajo de K_2O dentro del biodigestor, y los tratamientos T0 (0,3520 %), T1(0,3485 %) y T3 (0,3440%) pertenecen a un rango "b" lo que demuestra que poseen valores superiores a T2.

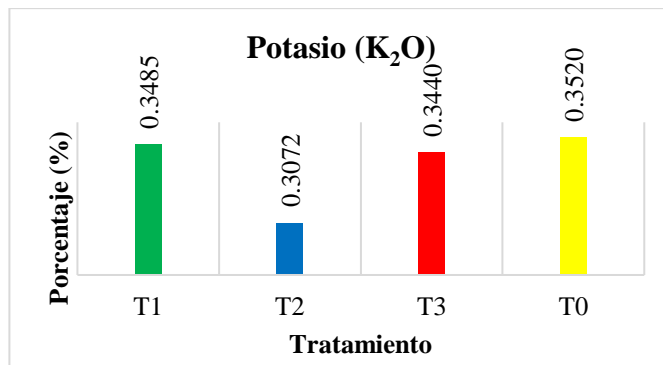


Gráfico 8-3: Contenido de Potasio (K_2O)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 8-3 indica las medias para la variable K_2O de todos los tratamientos evaluados, donde se puede apreciar una mínima variación estadística entre los tratamientos T1, T3 y T0, es así como el T0 sin el uso de un consorcio bacteriano posee una cantidad de nutriente en relación con los tratamientos en base a aislamiento de BAL, suero de leche y leche pura, dando constancia que el tratamiento T2 tiene mejor porcentaje de nutriente.

El mayor porcentaje de nutriente obtenido para K_2O fue T0 (0,3520%), siendo menor que en otras investigaciones: (Taipicaña, 2015) registró un valor de 8,174% en el biol obtenido en base de mezcla de ruminasa y orines; Pontón, (2010) reportó 3,141% en el biol obtenido a base de los residuos sólidos orgánicos. Peralta, (2016) registró valores de (1,94%) en biol a base de excretas porcinas, (1,14%) en biol en base de alfalfa y consorcio bacteriano y (17,20%) en biol a partir de melaza, consorcio bacteriano (B-lac) y excretas tratadas, siendo este superior a los demás tratamientos.

3.8.4 Calcio (CaO)

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados reportados por el laboratorio Agrocalidad donde se efectuaron los correspondientes análisis.

Tabla 13-3: ADEVA de la variable CaO al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,2604	5	0,0521	19,2923		
TRATAMIENTO	0,2562	3	0,0854	31,6354	4,76	9,78
BLOQUE	0,0042	2	0,0021	0,7778	5,14	10,92
Error	0,0162	6	0,0027			
Total	0,2766	11				
Coeficiente de variación		3,76%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado **Realizado por:** Alejandra Cruz,2018

En la tabla 13-3 se muestra que según el análisis de varianza existió alta significancia para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 31,63 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se deduce que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento si influye estadísticamente en el porcentaje de Calcio formado en el biol. Por lo tanto, se acepta que los distintos tipos de consorcio pueden ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 0,7778 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se indica que las diferencias entre las medias no son significativas. La variabilidad de CaO de los tratamientos fue 3.76% evidenciando una baja dispersión de los datos y ratificando que la información es confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos es altamente significativa lo que muestra que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió demostrar mediante pruebas dicho manifiesto a través de la separación de medias (Duncan), ratificando lo registrando en el ADEVA.

Según muestra Duncan para tratamientos existen tres rangos de significación, donde el tratamiento T3 (1,1978 %), T1(1,3342 %), pertenecen a un rango “a” proporcionando valores bajos de CaO, T0 (1,3938 %), T1(1,3342 %), pertenece a un rango “b” moderadamente bajo de CaO y T2(1,6035 %), posee un rango “c” proporcionando un valor alto de CaO dentro del biodigestor.

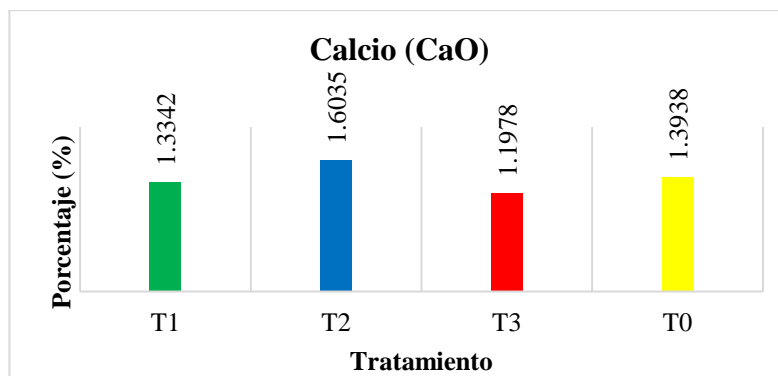


Gráfico 9-3: Contenido de Calcio (CaO)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 9-3 indicó las medias para la variable CaO de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar la variabilidad que se presentó en los tratamientos, así el T2 (leche pura como consorcio bacteriano) posee una cantidad de nutriente mayor en relación con los tratamientos a base de aislamiento de BAL, suero de leche y testigo.

El mayor porcentaje para CaO fue para el T2 (1,6035%), siendo menor que en otras investigaciones; así Checa, (2015) registró valores de (3,71%) en el biol de frutas, (4,91%) en el biol de leguminosas y (3,89 %) en el biol de la mezcla 50/50 (leguminosa/fruta); Taipicaña, (2015) registró un valor de 1,866 % en el biol obtenido en base de mezcla de ruminasa y orines. Sin embargo, Peralta (2016) también determinó bajos índices de nutrientes en el biol a base de excretas porcinas (0,104 %), en el biol en base de alfalfa y consorcio bacteriano (0,75%).

3.8.5 Magnesio (MgO)

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados reportados por el laboratorio Agrocalidad donde se efectuaron los análisis

Tabla 14-3: ADEVA de la variable MgO al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,0012	5	0,0002	370,3628		
TRATAMIENTO	0,0012	3	0,00040	616,2713	4,76	9,78
BLOQUE	2,00E-06	2	1,00E-06	1,5	5,14	10,2
Error	0,000004	6	0,00000067			
Total	0,0012	11				
Coeficiente de variación		0,4081%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 14-3 se muestra que según el análisis de varianza existió alta significancia para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 616,2713 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se dedujo que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influyó estadísticamente en el porcentaje de Magnesio del biol. Por lo tanto, se acepta que el empleo de distintos tipos de consorcio puede ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error

En virtud de que $F_{cal} = 1,5 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se indicó que las diferencias entre las medias no fueron significativas. La variabilidad de MgO de los tratamientos fue de 0,4081% evidenciando una baja dispersión de los datos y ratificando que la información fue confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos fue moderadamente significativa lo que muestra que el testigo T0 fue diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según Duncan para los tratamientos existieron cuatro rangos de significación, donde el tratamiento T0 (0,1919 %) pertenece a un rango "a", T1(0,1945 %), pertenece a un rango "b", T3(0,1965%) pertenecen a un rango "c" y en el rango "d" se encuentra el rango T2 (0,2174%) proporcionando un valor alto de MgO dentro del biodigestor.

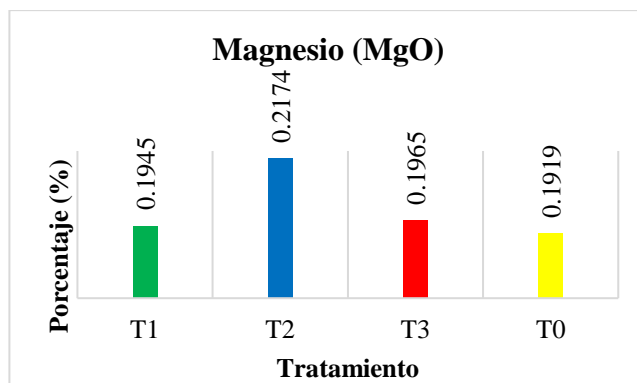


Gráfico 10-3: Contenido de Magnesio (MgO)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 10-3 indica las medias para la variable MgO de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar que existió una variación significativa entre los tratamientos, es así como el uso de leche pura como consorcio bacteriano dentro de los tratamientos, presentó una mayor cantidad del nutriente en mención en relación con los tratamientos T3, T1 y T0.

El mayor porcentaje obtenido en la investigación fue para T2 (0,2174%), siendo menor que en otras investigaciones, así Taipicaña, (2015) registró un valor de 0,554 % en el biol obtenido en base de mezcla de ruminasa y orines; Pontón, (2010) reportó (0,361%) en el biol obtenido a base de los residuos sólidos orgánicos. Peralta, (2016) también manifestó índices bajos de nutrientes (0,0276%) en el biol a base de excretas porcinas, (0,348%) en biol en base de alfalfa y consorcio bacteriano y (1,74%) en el biol a partir de la utilización de melaza, consorcio bacteriano (B-lac) y excretas tratadas, siendo este último superior a los resultados de la presente investigación.

3.8.6 Hierro (Fe)

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados reportados por el laboratorio particular (Agrocalidad) donde se efectuaron los análisis.

Tabla 15-3: ADEVA de la variable Fe al final del biol

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	0,000092	5	0,000018	44,11		
TRATAMIENTO	0,000088	3	0,000029	70,72	4,76	9,78
BLOQUE	0,000004	2	0,000002	4,2	5,14	10,92
Error	0,000003	6	0,000000			
Total	0,000094	11				
Coeficiente de variación		4,37%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz,2018

En la tabla 15-3 se muestra que según el análisis de varianza de Fe es estadísticamente alta para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 70,72 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, interpretándose que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influyó estadísticamente en el porcentaje de Hierro del biol. Por lo tanto, se aceptó el empleo de distintos tipos de consorcio para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error.

En virtud de que $F_{cal} = 4,2 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se dedujo que las diferencias entre las medias no son significativas. La variabilidad de Fe de los tratamientos fue 4,37% evidenciando una baja dispersión de los datos y ratificando que la información fue confiable. La relación del testigo vs otros tratamientos fue significativa. El testigo T0 fue diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

En los tratamientos existieron tres rangos de significación, donde los tratamientos T1 (0,0124 %), T2 (0,0121 %), pertenecen a un rango "a" proporcionando valores moderadamente bajos de Fe, en el rango "b" pertenece T0 (0,0159 %), que confiere al biol un nivel moderadamente alto de nutrientes y T3 (0,0187%) pertenece al rango "c" confiriendo un valor alto del nutriente Fe a comparación de los demás rangos.

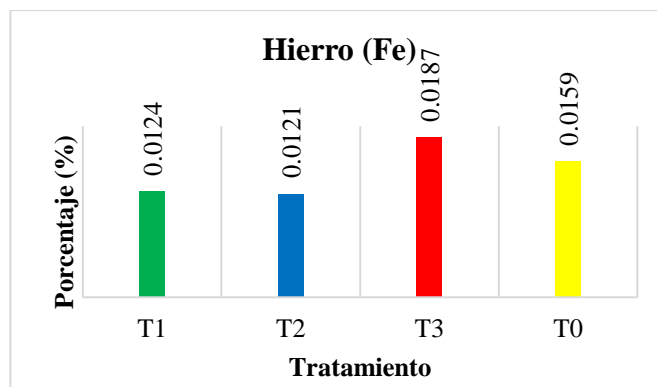


Gráfico 11-3: Análisis de Hierro (Fe)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 11-3 indica las medias para la variable (Fe) de todos los tratamientos evaluados, donde se aprecia que existió una variación significativa entre los tratamientos, así el uso de suero de leche como consorcio bacteriano T3, presentó una cantidad de nutriente mayor en relación con los tratamientos T0, T1 y T2.

El mayor porcentaje de hierro fue para T3 (0,0187%), siendo menor que en otras investigaciones, así Taipicaña, (2015) registró un valor de 0,69 % en el biol obtenido en base de mezcla de ruminasa y orines; Pontón, (2010) reportó (0,077 %) en el biol a base de los residuos sólidos orgánicos. Sin embargo, Peralta (2016) determinó bajos índices de este nutriente (0,0046%) en el biol a base de excretas porcinas, (0,005 %), en el biol en base de alfalfa con consorcio bacteriano.

Para el desarrollo del proceso de digestión anaeróbica se requiere una serie de nutrientes minerales, siendo los esenciales Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro (Cendales 2011), los cuales se encuentran presentes en los sustratos orgánicos biodegradables en cantidades superiores a las necesarias para cumplir los requerimientos de las poblaciones microbianas en dependencia de los microorganismos presentes y del tipo de sustrato que se degrade.

Cabe señalar que según Varnero, (2011) al igual que en todas las operaciones bioquímicas se requieren macronutrientes como el NT en el proceso anaeróbico para la síntesis de nueva biomasa, sin embargo, una de las ventajas de este tipo de digestión frente al proceso aeróbico es su baja necesidad de nutrientes provenientes de los bajos índices de producción de biomasa

que presentan los microorganismos anaeróbicos. En promedio en la presente investigación se requiere entre 0,29 g de nitrógeno por cada 100 g de biomasa anaeróbica producida.

De igual forma se menciona que el nitrógeno es un elemento de importancia en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos (Corrales et al., 2015) siendo una molécula ideal para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos anaeróbicos del biodigestor., ya que estos reducen el NT hasta una forma utilizable (fijación biológica del nitrógeno), el fósforo también es un elemento de suma importancia dentro de la degradación anaeróbica ya que las bacterias que intervienen en el proceso se ven condicionadas por la presencia de este elemento lo que posibilita un adecuado desarrollo.

En la codigestión anaeróbica de residuos orgánicos biodegradables (residuos del EM EMMPA y Camal Municipal Riobamba), se permitió el desarrollo eficiente del proceso debido al comportamiento sinérgico de los co-sustratos utilizados, los cuales compensan las falencias que cada uno presenta al realizar el proceso por separado, Al respecto, Cendales, (2011) menciona que algunos nutrientes son usados sólo como precursores de macromoléculas celulares, otros sólo como fuente de energía sin ser incorporados directamente al material celular y otros cumplen las dos funciones al mismo tiempo, razones por las cuales se atribuye variabilidad en los resultados en los tratamientos T0, T1, T2 y T3 en la presente investigación. Aunque son requeridos en cantidades muy pequeñas, los micronutrientes son importantes para la nutrición de la bacteria.

3.8.7 *Materia orgánica (MO)*

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados reportados por el laboratorio Agrocalidad donde se efectuaron los análisis

Tabla 16-3: ADEVA de la variable Materia orgánica (MO)

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	Fc	Ftab (0,05)	Ftab (0,01)
Modelo.	1,52	5	0,3	45,48		
TRATAMIENTO	1,5	3	0,5	74,8	4,76	9,78
BLOQUE	0,02	2	0,01	1,5	5,14	10,92
Error	0,04	6	0,01			
Total	1,56	11				
coeficiente de variación		2,63%				

SC= suma de cuadrados, gl= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Fc= Fisher calculado, Ftab= Fisher tabulado

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

En la tabla 16-3 se muestra que según el análisis de varianza existió una alta significancia estadística para los tratamientos debido a que $F_{cal} = 74,8 > F_{tab} (0,01) = 9,78$, por lo que se dedujo que el consorcio bacteriano empleado en cada tratamiento influyó estadísticamente en el porcentaje de materia orgánica presente en el biol. Por lo tanto, se acepta que el empleo de distintos tipos de consorcio puede ser utilizados para la elaboración de biol con más del 99% de certeza y menos 1% de error

En virtud de que $F_{cal} = 1,5 < F_{tab} (0,01) = 10,92$ en los bloques empleados se indica que las diferencias entre las medias son significativas. La variabilidad de MO de los tratamientos fue 2,63% evidenciando una baja dispersión de los datos y ratificando que la información fue confiable.

La relación del testigo vs otros tratamientos fue significativa lo que mostró que el testigo T0 es diferente estadísticamente a T1, T2 y T3, por lo que se procedió a realizar las pruebas correspondientes.

Según muestra Duncan, para los tratamientos existieron cuatro rangos de significancia, donde el tratamiento, T1(2,67 %), pertenecen a un rango “a” proporcionando un valor bajo de MO, T0 (2,87 %) pertenece a un rango “b” proporcionando un valor medio de MO, T3(3,30%) pertenece a un rango “c” dando un valor moderadamente alto de MO al biol y para el rango “d” está el tratamiento T2 (3,57 %), que confiere un valor alto de MO en el biol.

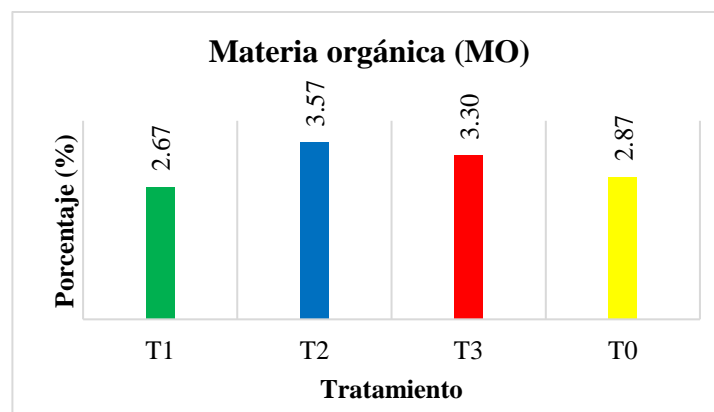


Gráfico 12-3: Análisis de Materia Orgánica (MO)

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

El gráfico 12-3 indica las medias para la variable MO de todos los tratamientos evaluados, donde se pudo apreciar que existió una variación significativa entre tratamientos, así el tratamiento con leche pura presentó una cantidad de nutriente mayor en relación con los tratamientos a base de aislamiento de BAL, suero de leche y testigo, dando importancia al hecho que los demás tratamientos poseen un menor porcentaje de nutrientes de MO.

Los porcentajes obtenidos del tratamiento T2 (3,57%) y T3 (3,30%) fueron mayores con mínima diferencia, siendo mayores que en otras investigaciones, así Pontón, (2010) reportó 1,83% en el biol a base de residuos sólidos orgánicos; Peralta (2016) también manifestó índices de nutrientes altos y bajos (6,5- 3,3%) en biol a partir de la utilización de melaza, consorcio bacteriano (B-lac) y excretas tratadas, siendo este último superior a los resultados de la presente investigación.

Es oportuno mencionar que la presencia de materia orgánica en conjunto con otros factores físicos es fundamental para el metabolismo de las bacterias del sistema anaeróbico.

3.9 Características microbiológicas

3.9.1 Recuento de viables en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en muestras lácticas

El resultado de conteo de UFC en las muestras líquidas de consorcios bacterianos para la obtención del biol se presenta en la tabla 17-3.

Tabla 17-3: Conteo de UFC/mL en placa Petri

Muestra	Unidades UFC/mL
Aislamiento BAL	88×10^8
Leche pura	24×10^7
Suero de leche	30×10^5

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

Para los tres tipos de muestras de consorcio bacteriano (aislamiento de BAL, leche pura, suero de leche) se obtuvieron células presentes en la muestra (viables) en diferentes cantidades de UFC/mL, verificando que el aislamiento de BAL presentó un nivel mayor de bacterias con 88×10^8 UFC/mL.

3.9.2 Prueba de antagonismo entre cepas BAL

El resultado que se obtuvo en la prueba de antagonismo entre cepas BAL verifican que cada una de las 6 cepas bacterianas seleccionadas fueron compatibles, al no existir un halo de inhibición de crecimiento entre las cepas. Al comprobar la capacidad de cepas para crecer en cultivo MRS (Man Rogosa y Sharpe) sin problemas de inhibición, se procedió a continuar con el cálculo de cantidad del medio a utilizar en la obtención de biol.

3.9.3 Coliformes totales y termotolerantes (fecales) en muestras de biol

La determinación de estos parámetros ayudó a verificar la presencia de microorganismos indicadores de calidad e inocuidad en los bioles elaborados. La Organización Mundial de la Salud, menciona que el líquido utilizado como riego debe contener coliformes totales en un nivel menor a 1 000 NMP/100 mL. Los resultados se muestran en la tabla 18-3.

Tabla 18-3: Análisis microbiológico al inicio y fin del proceso de obtención del biol

Muestra	Parámetros	
	Coliformes totales (UFC/mL)	Coliformes fecales (UFC/mL)
Muestra inicial	410 000	240 000
T0 final	20 000	10 000
T1 final	Ausencia	Ausencia
T2 final	Ausencia	Ausencia
T3 final	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Alejandra Cruz, 2018

Los resultados indicaron altos contenidos de coliformes totales y fecales en la muestra inicial.

Al finalizar el proceso de obtención del biol, los resultados demostraron que en las fermentaciones con los consorcios bacterianos T1 (aislamiento de BAL), T2 (leche pura), y T3 (suero de leche) hubo ausencia tanto de coliformes totales como de coliformes fecales. La ausencia de estos grupos bacterianos indica que el biofertilizante es bacteriológicamente seguro (Wagner, 2001), y no representa un riesgo sanitario para su empleo en el cultivo de plantas alimenticias. En el T0 final (testigo) se encontró menos cantidad de coliformes totales de 4,16% que, en la muestra inicial, detectándose los porcentajes una reducción del 95,13%

de coliformes totales y del 95,83% de coliformes fecales. Asimismo, Wagner (2001) explica que la cantidad de coliformes fecales en el agua es directamente proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. En la muestra inicial, los coliformes totales proceden en general de la materia orgánica y los coliformes fecales provienen mayoritariamente de las excretas de vaca empleadas como fuente de microorganismos responsables del proceso anaeróbico.

En este caso el control de coliformes no se atribuye a la producción de ácidos por BAL procedentes de los componentes de los bioles puesto que el pH inicialmente ácido, no alcanzó un valor de 4,4 que elimina poblaciones entéricas, sino que al contrario evolucionó hacia la alcalinidad y neutralidad promoviendo la neutralización de los ácidos orgánicos.

Es decir, el antagonismo tipo amensalismo que se esperaba desarrollen los lactobacilos para eliminar los coliformes (Atlas y Barta 2003), pudo no ser efectivo, por ende, el control de coliformes podría atribuirse a efectos del metabolismo conjunto de BAL, *S. cerevisiae* y de la microbiota de las excretas de vaca empleadas en la formulación de los bioles.

Los coliformes también pudieron ser limitados e inhibidos en su crecimiento por la desestabilización de los mecanismos de transporte a través de la membrana, por bloqueo de receptores o cambios en el equilibrio iónico.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el trabajo de titulación sobre la obtención de biol a partir de desechos generados en el mercado mayorista y en el camal de Riobamba usando un consorcio microbiano como acelerador, se presentan las siguientes conclusiones:

- A partir de suero de leche procedente de una quesera artesanal, se aislaron y purificaron 6 cepas que por sus características morfológicas macroscópicas y microscópicas, pruebas metabólicas básicas y el ensayo de antagonismo se consideraron pertenecientes al grupo de BAL e idóneas para preparar un composite como ingrediente del biol del T1.
- El proceso de digestión anaeróbico de los residuos procedentes del EM EMMPA y Camal Municipal Riobamba se realizó de manera satisfactoria, pH fue estable y dentro de la neutralidad, reduciendo las posibilidades de inhibición del proceso por acidificación del medio. La temperatura se mantuvo dentro de un rango mesofílico. El Tratamiento T3 (Suero de leche como consorcio bacteriano), fue significativamente superior ($p > 0,01$) a T0, T1 y T2 en los contenidos de P₂, K, Mg, Fe, y MO pero significativamente inferior en Ca, DBO₅, DQO. Sin embargo, no fue diferente en N, CE. Los ensayos microbiológicos aseguran ausencia de patógenos.
- Se demostró que el tipo de consorcio microbiano influye significativamente en la calidad nutricional del biol.
- Los volúmenes de cada uno de los componentes que se adicionaron a los biorreactores se calcularon en función de los parámetros nutricionales que aportan a la codigestión anaeróbica de residuos orgánicos biodegradables (residuos del EM EMMPA y Camal Municipal Riobamba), siendo el tratamiento T3 el que presentó un mayor rendimiento (67,50 %).
- La adición de consorcios microbianos a la materia orgánica es fundamental para la obtención de un biol de la calidad nutricional esperada. Además, asegura la ausencia de coliformes fecales y totales evidenciando el efecto metabólico conjunto de la microbiota que interviene y evoluciona durante todo el proceso y beneficia al producto al suprimir a los indicadores de calidad higiénico-sanitaria y a potenciales patógenos
- Un biol elaborado con una adecuada relación de la materia orgánica carbonada y nitrogenada y controlado en sus características funcionales garantiza su uso seguro en la

fertilización de cultivos alimentarios, y promueve el mejoramiento, mantenimiento, innovación y expansión de esta tecnología de bajo coste.

RECOMENDACIONES.

- Se sugiere aplicar el biol a partir de la codigestión anaeróbica de residuos orgánicos biodegradables (residuos del EP EMMPA y Camal Municipal Riobamba) con un consorcio bacteriano basado en el suero de leche, realizado en esta investigación, en la producción agrícola para valorar el efecto en el desarrollo de diferentes cultivos.
- Se recomienda fomentar la organización con los productores del EM EMMPA y Camal Municipal Riobamba para crear un sistema de recolección adecuada de los desperdicios que proceden de estas entidades con la finalidad de utilizarlos en la elaboración de biol a gran escala y contribuir a la sustentabilidad económica del sector.
- Según revisión bibliográfica y experimentación se conoce que la calidad nutricional del biol se puede enriquecer con la adición de ciertos componentes en el proceso de elaboración, por lo tanto, se recomienda adicionar sustratos ricos en sales minerales y con mayor capacidad de degradación.
- Realizar investigaciones sobre el efecto del uso del biosol obtenido como una alternativa de material enriquecedor de los biodigestores con la finalidad de contribuir con el equilibrio ambiental del sector y profundizar sobre el efecto de los microorganismos que intervienen como aditivos en la elaboración de biol.

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria.

Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria, pp. 80. REPUBLICA DEL ECUADOR, 2015.

AMENEIROS J. M.; AWOSOLU M. O. El Diseño de Digestores: sus recursos frente a la Gestión de Desechos. [en línea] [2 de Junio 2006] 27 Diapositivas [Consulta: 20 diciembre 2017]

ANGELIDAKI, I.; ELLEGAARD, L.; AHRING, B.K. *Applications of the anaerobic digestion process*. Heiderberg 2003 En Biomethanation II Adv. Biochem. Eng./Biotechn. 1-33. [en línea] [Consulta: 15 enero 2018]

ANGELIDAKI, IRIN, et al., Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: Una propuesta para ensayos batch. *Ciencia y tecnología del agua*, 2009, vol 59, no 5, p. 927-934

ANKUMAH, et al., 2005. Nitrate contamination in private wells in rural Alabama, United States. *Alabama. Science of the total environment*, 2005, vol 346, no 1-3, págs. 112-120. Vol. 346. [en línea] [Consulta: 20 enero 2018] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896970400779X>

APARCANA, S. y JANSEN, A., Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso" Fermentación Anaeróbica" para Producción de Biogás. German Prof EC GmbH, Lima, Perú, BM-4-00-1108, 2008, vol. 1239.

AREA, María C., et al. Tratamientos aplicables para la reducción de la DQO recalcitrantede efluentes de pulpados quimimecánicos y semiquímicos (revisión). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 2010, no 13, p. 0-0. [en línea] [Consulta: 22 febrero 2018] Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185175872010000100001&script=sci_arttext&tln g=pt

ASAMBLEA CONSTITUYENTE, 2008. Constitución Del Ecuador. , vol. Capitulo I, no. Seccion Segunda Ambiente sano, pp. 24.

BUENROSTRO, O., CRAM, S., BERNACHE, G. y BOCCO, G., 2000. La digestión anaerobia como alternativa de tratamiento a los residuos sólidos generales en los mercdos municipales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2000 vol. 16, no 1, pp. 19-

26. [en línea] [Consulta: 15 febrero 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/370/37016103/>

CASTRO, M. y VINUEZA, M., Manual para el Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos Generados en el Camal Municipal de Riobamba. Trabajo de Investigación, ESPOCH, Riobamba, 2012, Tesis de Licenciatura, pp. 19, 45. [en línea] [Consulta: 16 septiembre 2017]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1294>

CHECA, M., Obtención de biol a partir de desechos orgánicos generados por la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba. 2015, Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, pp. 45. [en línea] [Consulta 19 octubre 2017]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4871>

CORDERO, I., Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de Raph Anus Sativus L para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura. 2010. Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, pp. 107. [en línea] [Consulta: 22 febrero 2018] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1505>

ENDO, AKIHITO Y DICKS, LEON M.T. Physiology of the LAB in Lactic Acid Bacteria, Biodiversity an Taxonomy. Wilhelm H. Holzapfel and Brian J.B.Wood. First ed. Willey Blackwell, 2014, pp 606

FONCODES, 2014. Producción y uso de abonos orgánicos : biol , compost y humus. Producción y uso de abonos orgánicos : biol , compost y humus, pp. 9-20. [en línea] [Consulta: 15 octubre 2017] Disponible en: <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/126.pdf>

GARCÉS, L., GONZÁLEZ, A. y ALVARADO, S., Elaboración Artesanal y Caracterización De Bioles a Base de Estiércol Bovino y Gallinaza en diferentes tiempos de fermentación. vol. 1. [en línea] [Consulta: 15 febrero 2018] Disponible en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/bioles-estiercol-bovino.html>

GONZALES, L. y ALMEIDA, M., Gestión integral de residuos sólidos. Monografía, Universidad de Matanzas, 2007 pp. 25. [en línea] [Consulta: 15 febrero 2018]. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://monografias.umcc.cu/monos/2007/quimec/m07276.pdf>

GUERRA, Á.V., CASTRO, L.M.M. y TOVAR, Á.L., Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental /Utilization of whey as a source of nutritional energy. Revista de Investigación Agraria y

Ambiental, 2013 vol. 4, no. 2, pp. 55-66. [en línea] [Consulta: 15 febrero 2018], Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/fdb350edc64064d4f8f921cb05360b0d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1746337>

HIGA, R., 2005. Una solución a todos los problemas ambientales generados por la materia orgánica en el agua, el aire y el suelo. EM Japan Technology Argentina S.A.,

JAGODA SUSKOVIC, et al., Antimicrobial Activity of Lactic Acid Bacteria. The Most Important Property of Probiotic and Starter Lactic Acid Bacteria. Food Technology & Biotechnology, 2010, vol. 48, no 3 Food Technol Biotechnol. 2010; pp 296–307. [Consulta: 22 febrero 2018]

JARAMILLO, G. y ZAPATA, L., Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Universidad de Antioquia. Tesis de Licenciatura, 2008, pp. 30-45. [en línea] [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en <http://tesis.udea.edu.co/handle/10495/45>

JIMÉNEZ, S., Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba, 2015. Trabajo de Investigación, Tesis de Licenciatura, ESPOCH, pp. 140. [en línea] [Consulta: 28 diciembre 2017]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4867>

MAMANI, et al., 2010. El Biol. 2010. S.l.: s.n.

METCALF., Y EDDY. 2003. Wastewater engineering Treatment y reuse. Fourth Edition. Editoria Mc Graw Hill. Boston, Massashuttes. 1819pp [Consulta: 19 septiembre 2017]

MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015. Informe De Gestión Mae-Pngids 2010-2013 Progra,a Nacional De Gestión Integral De Desechos Sólidos. The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference, vol. 1, pp. 1-7. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.

PANTOJA, R. Evaluación de diferentes dosis de abonos orgánicos de origen animal en el comportamiento agronómico, del cultivo de brócoli en la zona de Huaca, Provincia del Carchi. 2014. Tesis de Licenciatura. Babahoyo: UTB, pp. 1-70. [en línea] [Consulta: 10 noviembre 2017]. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/691>

PARRA, A., 2010. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. , vol. 8, no. 1, pp. 93-105. ISSN 1909-9959. DOI 1692-3561. [Consulta: 12 noviembre 2017]

PERALTA, et al., Obtención Y Caracterización De Abono Orgánico Líquido a Través Del

Tratamiento De Excretas Del Ganado Vacuno De Un Establo Lechero Usando Un Consorcio Microbiano Ácido Láctico. *Ecología aplicada*, 2016 vol. 15, no. 1, pp. 1-10pp. [en línea] [Consulta: 22 febrero 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162016000100001&script=sci_arttext

PONCE A. G, et al. Preliminary characterization of bacteriocin like substances from lactic acid bacteria isolated from organic leafy vegetables. *Food Science and Technology*. 2008, vol 41, no 3, pp 432–441. [en línea] [Consulta: 15 enero 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807001363>

PONTÓN, R., Diseño De Un Sistema Para La Obtención De Biol Mediante Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Cantón Joya De Los Sachas. 2011. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, pp. 36. [en línea] [Consulta: 19 noviembre 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/681>

RAMIREZ, M., Tecnología de los microorganismos (EM), aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible. *Ingeniería e Investigación*, 2006, vol. 26, no 2, p. 52-67. [en línea] [Consulta: 12 diciembre 2017]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-56092006000200007

SAGARPA, Utilización de estiércoles. *Sistemas de Agronegocios Agrícolas*. 2000 Trinidad, Antonio. pp1-8. [en línea] [Consulta: 22 noviembre 2017]. Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Utilizacion de estiércoles.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Utilizacion%20de%20esti%C3%A9rcoles.pdf)

TAIPICAHUA, D., Obtención de biol a partir de desechos orgánicos generados por el ganado bovino del camal municipal del cantón Latacunga. 2015. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [en línea] [Consulta: 27 noviembre 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4869>

USHÑAHUA, et al., 2011. Evaluación De La Calidad De Biogas Y Biol a Partir De Dos Mezclas De Estiercol De Vaca En Biodigestores Tubulares De Pvc. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, vol. 14, no. 27, pp. 2-9. ISSN 1682-3087.

VARNERO, M.T., 2011. Manual de biogas. Proyecto CHU/00/G32, ISSN 08628408.

VERDEZOTO, D., Diseño de un Biodigestor Anaerobio para la producción de biogas a partir de las excretas de ganado vacuno, en la finca los laureles en la comunidad flor del Manduro.

2014. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pp. 161.

WAGNER, R., 2001. Escherichia coli. , vol. 29, no. 16, pp. 3394-3403. DOI 10.1016/B978-0-12-374984-0.00489-7.

WARNARS, L. y OPPENOORTH, H., 2014. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. S.l.: s.n. ISBN 978-90-70435-10-3.

WESLEY, O. PIPES AND JAMES T. ZMUDA 2007. Assessing the efficiency of wastewater treatment in CapIII of Environmental Microbiology. Christon J. Hurst et al. Third edition. ASM press. Washigton USA pp 337-341

WILHELM, H. HOLZAPFEL Y BRIAN J.B. WOOD, 2014. Introduction to the LAB in Lactic Acid Bacteria, Biodiversity an Taxonomy. Wilhelm H. Holzapfel and Brian J.B.Wood. First ed. Willey Blackwell pp 606

ANEXOS

Anexo A: Control de temperatura en el proceso de obtención de biol.

BOTELLON	AMBIENTE	T0	T1	T2	T3
24/12/2017	14.9	20	18	20	18.7
26/12/2017	13.0	20	20	20	19.3
28/12/2017	14.0	20	20	20	20
30/12/2017	11.8	20	22	20.7	21.3
01/01/2018	11.1	20	22	21.3	22
03/01/2018	13.6	24	25.3	25.3	24
05/01/2018	13.5	28	29.3	28.7	24.7
07/01/2018	13.0	30	31.3	30.7	28.7
09/01/2018	12.7	30	32.7	32	30
11/01/2018	13.2	30	33.3	32	31.3
13/01/2018	13.8	32	33.3	34.7	32
15/01/2018	11.0	32	34	35.3	34
17/01/2018	12.1	32	34	35.3	34.7
19/01/2018	12.5	32	35.3	36	35.3
21/01/2018	12.2	32	36.7	35.3	36
23/01/2018	13.5	34	36.7	35.3	36
25/01/2018	12.2	34	35.3	35.3	34
27/01/2018	14.3	22	22	22	22

ANEXO B: Control de pH en el proceso de obtención de biol

Fecha	N	T0	T1	T2	T3
24/12/2017	7	5	6	5	6
26/12/2017	7	6	6	5	6
28/12/2017	7	6	6	7	6
30/12/2017	7	6	7	7	7
01/01/2018	7	7	7	8	8
03/01/2018	7	8	7	8	8
05/01/2018	7	9	8	8	8
07/01/2018	7	9	8	8	8
09/01/2018	7	9	8	8	8
11/01/2018	7	9	8	8	9
13/01/2018	7	9	8	8	8
15/01/2018	7	9	8	9	8
17/01/2018	7	9	9	8	8
19/01/2018	7	8	8	8	8
21/01/2018	7	8	8	8	8
23/01/2018	7	8	8	8	8
25/01/2018	7	8	8	8	8
27/01/2018	7	8	7	8	8

Realizado por: Alejandra Cruz,2018.

Anexo C: Análisis de bioles.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS	Rev. 4
		Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0098
 Fecha emisión informe: 26-02-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: ALEJANDRA CRUZ

Dirección: Primera Constituyente 1614 y Almagro

Teléfono: 0983274338

Correo Electrónico: m.alejo.1391@gmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-0405

N° Factura/Documento: 12193

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Chimborazo	Coordenadas: X: --- Y: --- Altitud: ---
Cantón: Riobamba	
Parroquia: Lizarzaburo	
Muestreado por: Alejandra Cruz	
Fecha de muestreo: 28/01/2018	Fecha de inicio de análisis: 05/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 01/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 26/02/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180093	BLANCO	NT	PEE/F/14	%	0.30	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.1451	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	0.3520	---
		² CaO	PEE/F/11	%	1.3938	---
		² MgO	PEE/F/11	%	0.1919	---
		Fe	PEE/F/12	%	0.0159	---
		MO	PEE/F/10	%	2.87	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, CaO = Calcio, MgO = Magnesio, Fe = Hierro, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.

Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---


AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
 LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio de Calidad de Fertilizantes

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

PGT/F/09-FO01

Rev. 4

INFORME DE ANÁLISIS

Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0100
Fecha emisión informe: 26-02-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: ALEJANDRA CRUZ

Dirección: Primera Constituyente 1614 y Almagro

Teléfono: 0983274338

Correo Electrónico: m.alejo.1391@gmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-0405

N° Factura/Documento: 12193

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Chimborazo	X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Lizarzaburo	Altitud: ---
Muestreado por: Alejandra Cruz	
Fecha de muestreo: 28/01/2018	Fecha de inicio de análisis: 05/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 01/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 26/02/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180095	CBR 2	NT	PEE/F/14	%	0.28	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.1259	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	0.3485	---
		² CaO	PEE/F/11	%	1.3342	---
		² MgO	PEE/F/11	%	0.1945	---
		Fe	PEE/F/12	%	0.0124	---
		MO	PEE/F/10	%	2.67	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, CaO = Calcio, MgO = Magnesio, Fe = Hierro, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.

Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---



Ing. Melissa Rea

Responsable Técnica Laboratorio
de Calidad de Fertilizantes

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

**LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

PGT/F/09-FO01

Rev. 4

INFORME DE ANÁLISIS

Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0101
Fecha emisión informe: 26-02-2018**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: ALEJANDRA CRUZ

Dirección: Primera Constituyente 1614 y Almagro

Teléfono: 0983274338

Correo Electrónico: m.alejo.1391@gmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-0405

N° Factura/Documento: 12193

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Chimborazo	Coordenadas: X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Lizarzaburo	Altitud: ---
Muestreado por: Alejandra Cruz	
Fecha de muestreo: 28/01/2018	Fecha de inicio de análisis: 05/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 01/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 26/02/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180096	LPR 2	NT	PEE/F/14	%	0.31	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.1284	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	0.3072	---
		² CaO	PEE/F/11	%	1.6035	---
		² MgO	PEE/F/11	%	0.2174	---
		Fe	PEE/F/12	%	0.0121	---
		MO	PEE/F/10	%	3.57	---

²: Resultado obtenido por cálculoNT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, CaO = Calcio, MgO = Magnesio, Fe = Hierro, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.

Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---

Ing. Melissa Rea
Responsable Técnica Laboratorio
de Calidad de Fertilizantes

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

PGT/F/09-FO01

Rev. 4

INFORME DE ANÁLISIS

Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0099
Fecha emisión informe: 26-02-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: ALEJANDRA CRUZ

Dirección: Primera Constituyente 1614 y Almagro

Teléfono: 0983274338

Correo Electrónico: m.alejo.1391@gmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-0405

N° Factura/Documento: 12193

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante líquido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado	
Lote: ---	Tipo de envase: botella plástica	
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ---
Cantón: Riobamba		Y: ---
Parroquia: Lizarzaburo		Altitud: ---
Muestreado por: Alejandra Cruz		
Fecha de muestreo: 28/01/2018	Fecha de inicio de análisis: 05/02/2018	
Fecha de recepción de la muestra: 01/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 26/02/2018	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180094	SLR 1	NT	PEE/F/14	%	0.26	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.2579	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	0.3440	---
		² CaO	PEE/F/11	%	1.1978	---
		² MgO	PEE/F/11	%	0.1965	---
		Fe	PEE/F/12	%	0.0187	---
		MO	PEE/F/10	%	3.30	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, CaO = Calcio, MgO = Magnesio, Fe = Hierro, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.

Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---

Ing. Melissa Rea
Responsable Técnica Laboratorio
de Calidad de Fertilizantes

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

CÓDIGO: 030-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz
TIPO DE MUESTRA: Biol blanco
FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de enero del 2018
DIRECCION : Primera Constituyente y Almagro

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	2910
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	67800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	26300

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. SAQMIC
El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contactanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

CÓDIGO: 029-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz
TIPO DE MUESTRA: Biol CBR2
FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de enero del 2018
DIRECCION : Primera Constituyente y Almagro

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	2740
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	68100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	24800

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. SAQMIC

El resultado de análisis afecta solo la muestra
analizada

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contáctanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz
TIPO DE MUESTRA: Biol LPR2
FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de enero del 2018
DIRECCION : Primera Constituyente y Almagro

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	2770
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	80400
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	33700

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Atentamente



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. SAQMIC

El resultado de análisis afecta solo la muestra
analizada

SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

CÓDIGO: 032-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz
TIPO DE MUESTRA: Biol SLR1
FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de enero del 2018
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B	2840
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	46400
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	19300

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. SAQMIC

El resultado de análisis afecta solo la muestra
analizada

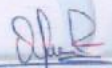
Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contactanos: 0998580374 - 032 942 322
Robamba - Ecuador



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

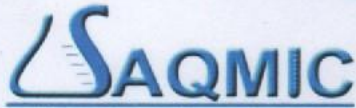
CÓDIGO: 028-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz		TELEFONO:	
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro			
TIPO DE MUESTRA: Abono orgánico MI			
FECHA DE RECEPCIÓN: 30 de enero del 2018			
FECHA DE MUESTREO: 30 de enero del 2018			
EXAMEN MICROBIOLÓGICO			
PARAMETRO	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/g	Siembra en placa	410000
Coliformes fecales	UFC/g	Siembra en palca	240000
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ENTREGA : 06 de febrero del 2018			
RESPONSABLE:			
			
Dra. Gina Álvarez R.			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO: 055-18

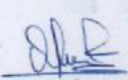
CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz			
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Biol Blanco			
FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de febrero del 2018			
FECHA DE MUESTREO: 20 de febrero del 2018			
EXAMEN MICROBIOLÓGICO			
PARAMETRO	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/ml	Siembra en placa	20000
Coliformes fecales	UFC/ml	Siembra en placa	10000
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ENTREGA: 22 de febrero del 2018			
RESPONSABLE:			
 Dra. Gina Álvarez R.			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO: 052-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz			
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Biol CBR2			
FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de febrero del 2018			
FECHA DE MUESTREO: 20 de febrero del 2018			
EXAMEN MICROBIOLÓGICO			
PARAMETRO	UNIDADES	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ENTREGA : 22 de febrero del 2018			
RESPONSABLE:			
			
Dra. Gina Álvarez R.			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contactanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO: 054-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz			
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Biol LPR2			
FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de febrero del 2018			
FECHA DE MUESTREO: 20 de febrero del 2018			
EXAMEN MICROBIOLÓGICO			
PARAMETRO	UNIDADES	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ENTREGA : 22 de febrero del 2018			
RESPONSABLE:			
<p>Servicio:  los Químicos y Microbiológicos Aguas y Alimentos</p> <p>Dra. Gina Álvarez R.</p>			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO: 053-18

CLIENTE: Srta. Alejandra Cruz			
DIRECCIÓN: Primera Constituyente y Almagro		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Biol SLR1			
FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de febrero del 2018			
FECHA DE MUESTREO: 20 de febrero del 2018			
EXAMEN MICROBIOLÓGICO			
PARAMETRO	UNIDADES	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ENTREGA : 22 de febrero del 2018			
RESPONSABLE:			
			
			
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contactanos: 0998580374 - 032 942 322
Riobamba - Ecuador

