



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“GENERACIÓN DE BIOGÁS Y BIOL CON MEZCLA DEL SUERO
SALADO DE QUESERÍAS Y ESTIÉRCOL DE CUY EN CANTA - PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniera Ambiental

Presentado por:
Yildiz Thais Jordán Bouchon (0000-0001-9957-0385)

Asesor:
Luis Abraham Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú
2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 9 de julio de 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva
Miembro: Dr. Julio Victor Ocaña Vidal
Miembro: Mg. Fernando Martín Mejía Vargas

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "GENERACIÓN DE BIOGÁS Y BIOL CON MEZCLA DEL SUERO SALADO DE QUESERÍAS Y ESTIÉRCOL DE CUY EN CANTA - PERÚ"

Presentada por el bachiller:

- Yildiz Thais Jordán Bouchon

Para optar el Título Profesional de ingeniero(a) ambiental.

Asesorada por: Ing. Luis Abraham Gomero Osorio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del(a) estudiante de la carrera de ingeniería ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

Tesisista: Yildiz Thais Jordán Bouchon		Nota (en letras): Dieciseis	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva
Presidente del Jurado



Ing. Luis Abraham Gomero Osorio
Asesor



Dr. Julio Victor Ocaña Vidal
Miembro del jurado



Mg. Fernando Martín Mejía Vargas
Miembro del jurado

Dedicatoria

A Dios, por haberme dado la vida, buena salud y permitirme alcanzar mis objetivos; A mis padres, Marilú Bouchon y Juan Carlos Jordán, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la indudable motivación brindada; A mis abuelos, Renee Corrales, Moisés Bouchon, Oscar Jordán y Flora Parra, por haberme encaminado y apoyado en mi formación personal y profesional; A todos los miembros de las familias Jordán y Bouchon, por su apoyo y motivación incondicional.

Agradecimientos

Al Ing. Luis Gomero, por compartir sus conocimientos en el tema y haber estado dispuesto a la asesoría de esta tesis.

A la Universidad Científica del Sur, por haberme brindado la formación académica.

Al Laboratorio de Ingeniería Ambiental – UCSUR, por la facilidad en los equipos de laboratorio para la realización de la investigación.

A los trabajadores y practicantes del Fundo Agroecológico HECOSAN: Jorge Silva, Wilner Chirinos y Yesenia Vargas, por su indudable ayuda en la ejecución y toma de parámetros de esta tesis; así también por su disposición incondicional.

A Msc. Fátima Medina, por su asesoramiento en la parte estadística de la presente investigación.

A mis amigos y familiares que siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

Índice General

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Biol.....	6
2.1.1 Definición.....	6
2.1.2 Composición.....	6
2.1.3 Características y usos	8
2.2 Biogás.....	9
2.2.1 Definición.....	9
2.2.2 Composición.....	9
2.2.3 Características y usos	11
2.3 Suero de quesería.....	13
2.3.1 Definición.....	13
2.3.2 Tipos.....	13
2.3.3 Características y usos	15
2.3.4 Proceso de generación del suero salado.....	17
2.3.5 Problemas ambientales causado por el suero de quesería.....	20
a. Problemas ambientales al suelo	20
b. Problemas ambientales al agua.....	21
c. Problemas ambientales al ecosistema.....	22
2.4 Estiércol de cuy.....	23

2.4.1	Definición.....	23
2.4.2	Características y usos	24
2.4.3	Problemas ambientales causado por el estiércol de cuy	25
a.	Problemas ambientales al suelo	25
b.	Problemas ambientales al agua.....	25
c.	Problemas ambientales al aire.....	26
d.	Problemas ambientales al ecosistema.....	26
2.5	Definición de términos.....	27
2.5.1	Digestión anaerobia.....	27
a.	Definición	27
b.	Etapas de la digestión anaerobia.....	28
2.5.2	Parámetros importantes para el proceso de digestión anaerobia.....	29
a.	Naturaleza y composición bioquímica de materia prima.....	29
b.	Temperatura	30
c.	Tiempo de retención hidráulica (TRH)	31
d.	Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)	32
e.	pH	33
f.	Agitación	33
2.5.3	Requerimientos nutricionales de las plantas	34
a.	Nitrógeno (N)	34
b.	Fósforo (P).....	35

c. Potasio (K)	36
d. Calcio (Ca)	37
e. Magnesio (Mg)	37
2.5.4 Bioensayos de fitotoxicidad	38
a. Bioensayos de Germinación	39
2.5.5 Marco Legal para la gestión de residuos	39
III. OBJETIVOS/ HIPÓTESIS	42
3.1 Objetivos	42
3.1.1 Objetivo general	42
3.1.2 Objetivos específicos.....	42
3.2 Hipótesis	42
IV. METODOLOGÍA	43
4.1 Tipo de investigación	43
4.2 Muestra	43
4.3 Muestreo	43
4.4 Materiales.....	43
4.5 Zona de estudio	44
4.6 Recolección de biomasa	44
4.7 Tratamientos	46
4.8 Análisis físico-químicos y microbiológicos	48
4.8.1 Análisis microbiológico	48

4.8.2	Análisis de porcentaje de grasa.....	49
4.8.3	Análisis de relación C/N.....	50
4.8.4	Análisis de materia orgánica líquida (biol)	50
4.9	Medición de parámetros durante la fermentación	50
4.9.1	Temperatura, pH	51
4.9.2	Conductividad eléctrica (C.E)	51
4.9.3	Volumen de gas.....	52
4.10	Ensayos de fitotoxicidad	52
4.11	Análisis estadístico	57
4.12	Criterios de calidad tomados para el biol	57
V.	RESULTADOS	59
5.1	Análisis físico-químico y microbiológicos	59
5.1.1	Resultados de análisis de relación C/N según tratamientos.....	59
5.1.2	Resultados del análisis de porcentaje de grasa	60
5.1.3	Resultados de análisis de coliformes fecales	60
5.1.4	Resultados de análisis orgánico líquido (biol).....	62
a.	Nitrógeno	65
b.	Fósforo.....	67
c.	Potasio.....	70
d.	Calcio.....	73
e.	Magnesio	75

f. Sodio.....	78
5.2 Parámetros de evaluación en campo.....	81
5.2.1 Resultados de la medición de pH.....	81
5.2.2 Resultados de la medición de temperatura	82
5.2.3 Resultados de medición de C.E	84
5.2.4 Resultados de la producción de biogás.....	86
5.3 Análisis de fitotoxicidad.....	87
5.3.1 Evaluación de pH y C.E según diluciones logarítmicas.....	87
5.3.2 Índice de germinación.....	89
VI. DISCUSIÓN.....	93
6.1 Variación de pH.....	93
6.2 Variación de temperatura.....	95
6.3 Reducción de coliformes fecales.....	96
6.4 Producción de biogás.....	97
6.5 Índice de germinación	100
6.6 Macronutrientes	102
6.6.1 Nitrógeno.....	103
6.6.2 Fósforo	106
6.6.3 Potasio.....	107
6.6.4 Ca, Mg, Na	108
VII. CONCLUSIONES.....	110

VIII.RECOMENDACIONES.....	112
IX. REFERENCIAS	113
X. ABREVIATURAS	127
XI. APÉNDICE	129

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema del Proceso de Elaboración de Queso</i>	18
Figura 2 <i>Muestras de Estiércol de Cuy y Suero de Quesería Usado en la Investigación</i> 46	
Figura 3 <i>Distribución de Biodigestores en Fundo Agroecológico HECOSAN</i>	47
Figura 4 <i>Preparación de Diluciones y Medición de pH y C.E en Diluciones</i>	54
Figura 5 <i>Distribución de 10 Semillas en Placa de Petri</i>	55
Figura 6 <i>Comportamiento de pH y C.E de los Bioles Generados Según Tratamientos</i> 65	
Figura 7 <i>Contenido de N Según Tratamientos</i>	66
Figura 8 <i>Contenido de P Según Tratamientos</i>	69
Figura 9 <i>Contenido de K Según Tratamientos</i>	72
Figura 10 <i>Contenido de Ca Según Tratamientos</i>	74
Figura 11 <i>Contenido de Mg Según Tratamientos</i>	77
Figura 12 <i>Contenido de Na Según Tratamientos</i>	80
Figura 13 <i>Comportamiento del pH Según Tratamientos</i>	82
Figura 14 <i>Comportamiento de la Temperatura semanal según Tratamientos</i>	84
Figura 15 <i>Comportamiento de la C.E Semanal Según Tratamientos</i>	86
Figura 16 <i>Comportamiento del Volumen de Biogás Acumulado Durante 8 Semanas</i> 87	
Figura 17 <i>Índice de Germinación Según Diluciones Logarítmicas</i>	91

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Composición Química del Biogás</i>	10
Tabla 2 <i>Características Generales de Composición de 1m³ Biogás</i>	12
Tabla 3 <i>Composición del Suero Dulce y Suero Ácido</i>	15
Tabla 4 <i>Composición Química del Estiércol de Cuy Fresco</i>	23
Tabla 5 <i>Tiempo de Retención Hidráulica según Rangos de Temperatura</i>	32
Tabla 6 <i>Valores de C.E de Suero Salado y Suero No Salado</i>	45
Tabla 7 <i>Valores de C.E y pH de las Muestras de Estiércol de Cuy y el Agua Usada para las Mezclas</i>	45
Tabla 8 <i>Tratamientos para la Investigación</i>	48
Tabla 9 <i>Cuadro de Diluciones Logarítmicas Usadas en el Ensayo de Fitotoxicidad</i>	53
Tabla 10 <i>Relación C/N según tratamientos</i>	59
Tabla 11 <i>Porcentaje de Grasa en el Suero de Leche Usado en la Investigación</i>	60
Tabla 12 <i>Valores de Coliformes Fecales al Inicio y al Final de la Fermentación</i>	61
Tabla 13 <i>Comparación de Valores Límites de Coliformes Fecales según ECA de Agua para Riego de Vegetales (Clase III)</i>	61
Tabla 14 <i>Composición Química de los Bioles</i>	62
Tabla 15 <i>Prueba Estadística T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según pH</i>	63
Tabla 16 <i>Prueba Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según C.E</i>	64
Tabla 17 <i>Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de N</i>	66

Tabla 18 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de N y pH</i>	67
Tabla 19 <i>Prueba Estadística Post-hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según el Contenido de P</i>	68
Tabla 20 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de P y pH</i>	70
Tabla 21 <i>Prueba Estadística Post - hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según el Contenido de K</i>	71
Tabla 22 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de K y pH</i>	72
Tabla 23 <i>Prueba Estadística Post - hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según el Contenido de Ca</i>	73
Tabla 24 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de Ca y pH</i>	75
Tabla 25 <i>Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de Mg</i>	76
Tabla 26 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de Mg y pH</i>	78
Tabla 27 <i>Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de Na</i>	79
Tabla 28 <i>Correlación de Pearson entre el Contenido de Na y C.E</i>	80
Tabla 29 <i>Promedio Semanal del pH Según los Cinco Tratamientos</i>	81
Tabla 30 <i>Promedio Semanal de la Temperatura Según Tratamientos</i>	83
Tabla 31 <i>Promedio Semanal de la C.E (ms/cm) Según Tratamientos</i>	85
Tabla 32 <i>Mediciones de pH y C.E Según Diluciones Logarítmicas</i>	88
Tabla 33 <i>% IG Según Diluciones Logarítmicas</i>	90

Tabla 34 <i>Comparación de la Composición de Nutrientes de los Bioles Generados con Otros Bioles</i>	102
--	-----

Índice de Apéndices

Apéndice A. Materiales utilizados en la investigación	129
Apéndice B. Construcción del biodigestor	131
Apéndice C. Construcción del gasómetro artesanal	134
Apéndice D. Cuadros estadísticos	136
Apéndice E. Informes de análisis	147
Apéndice F. Registro fotográfico	171

RESUMEN

La cuenca del río Chillón es conocida por su actividad ganadera (vacuno) y alta producción de quesos. Esta producción genera suero salado, que son eliminados al río, impactando el ecosistema. En este contexto, la presente investigación busca solucionar esta problemática dando valor a dos fuentes orgánicas (suero salado y estiércol de cuy) para producir biogás y biol, contribuyendo con la generación de electricidad a partir de fuentes orgánicas en las zonas rurales y beneficios en su agricultura. Se realizaron cinco tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) con diferentes porcentajes de suero salado y estiércol de cuy. El tiempo de retención (días) para las evaluaciones fueron: 61 para biogás y 164 para biol. Para el biogás, se evaluó: pH, temperatura y conductividad eléctrica. Los resultados muestran mayor producción de biogás en T2 (21 041 ml). En el caso del biol, los análisis de coliformes fecales cumplieron con el D.S. N° 004-2017-MINAM (< 10 NMP/ml) y los análisis de macronutrientes fueron elevados en T4 y T5. El ensayo de fitotoxicidad con semillas de alfalfa, indicaron valores altos de IG a diluciones de 1%, 0.1% y 0.01% en los cinco tratamientos; no obstante, T3 y T5 mostraron altos valores, incluso al 10%. Se concluye que, la mayor producción de biogás se presentó en T2, asimismo se evidenció valores altos de IG y macronutrientes en T4, así como ausencia de coliformes; lo cual lo convierte en buen abono que podría ser utilizado en las zonas rurales, para el cultivo de alfalfa.

Palabras claves: biogás, cuy, estiércol, suero de queso.

ABSTRACT

The Chillón River basin is known for its livestock activity (beef cattle) and high cheese production. This production generates acid cheese whey which are eliminated to the river, altering the ecosystem. In this context, this research seeks to solve this environmental problem by giving value to two organic sources (acid cheese whey and guinea pig manure) to produce biogas and fertilizer, contributing to the generation of electricity from organic sources in rural areas and benefits in their agriculture. Five treatments were performed (T1, T2, T3, T4, T5) with different percentages of acid cheese whey and guinea pig manure. The retention time (days) for evaluations were: 61 for biogas, and 164 for fertilizer. For biogas, it was evaluated: pH, temperature and electrical conductivity. The results show higher biogas production in T2 (21 041 ml). In accordance with the fertilizer, fecal coliform analysis complied with the D.S. N° 004-2017-MINAM (< 10 NMP/ml) and macronutrient analysis were elevated in T4 and T5. The phytotoxicity assay using alfalfa seeds indicated high GI values at dilutions of 1%, 0.1% and 0.01% in the five treatments however, T3 and T5 showed high values, including 10%. It is concluded that the increased biogas production was presented in T2, also high GI and macronutrient values were also evident in T4, as well as the absence of coliforms, which makes it a good fertilizer that could be used in the rural areas for alfalfa crop.

Key words: biogas, guinea pig, manure, cheese whey.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria láctea genera gran número de productos, los cuales hacen que el consumo de lácteos cada vez incremente más. El queso, es un producto de la industria láctea de enorme demanda internacionalmente. Su producción mundial alcanza aproximadamente 20 millones de toneladas (Aramburu, 2016). No obstante, su producción origina un residuo conocido como suero o lactosuero, que es un subproducto generado en la producción de queso, y generalmente es vertido a cuerpos hídricos como ríos, lagunas u otros; generando grandes impactos ambientales a nivel mundial (Juliano et al., 2017).

Para que se pueda obtener el queso, se cuenta con 4 procesos en general: coagulación, desuerado, prensado y maduración; siendo el desuerado, el proceso en el cual el suero es separado de la leche; y cuando este es vertido en cuerpos hídricos produce alrededor de 35 kg. de demanda biológica de oxígeno (DBO) y alrededor de 68 kg. de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 1000 litros de lactosuero (Yáñez Avalos y Montalvo Lozada, 2013).

Por otro lado, al producir 10 kg. de queso se genera 90 kg. de suero (Araujo Guerra et al., 2013); donde sólo una porción de ella es aprovechada de manera correcta; mientras que, aproximadamente el 47% de los 115 millones de toneladas generado a nivel mundial, son vertidas directamente al medio ambiente sin tratamiento previo (Guerrero-Rodríguez et al., 2012).

Mundialmente, en el año 2017 la producción de queso fue estimada en 20 015 000 tn, calculándose una producción de lactosuero de alrededor de 180 135 000 tn (Gómez Soto y Sánchez Toro, 2019).

Latinoamérica no es una de las regiones que genera lactosuero a gran escala; no obstante, en el año 2016 Colombia produjo 827 596 tn de lactosuero (Gómez Soto y Sánchez Toro, 2019). En el 2018, Argentina generó un total aproximado de 3 937 millones de litros de suero/año, equivalente a 10 millones de litros/día; y de los cuales el 45 % se destinó para la producción de lactosa, derivados y elaboración de suero en polvo. Sin embargo, el 55% restante estuvo destinado para la alimentación animal o fue vertido al ambiente. (Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019, p.48).

Tomando los datos de producción nacional de queso, llevado a cabo por el INEI y MINAGRI, Castañeda Arrascue (2019) calculó la producción de lactosuero en el Perú tomando en cuenta la proporción queso:lactosuero de 1:9. De este modo, nuestro país en el 2008 generó 156 672 tn de lactosuero. Posteriormente, la cantidad anual de lactosuero generada experimentó variabilidad con incrementos y decrecimientos en su producción. En el 2017 y 2018, se tuvo una producción de 176 759 tn y 187 218 tn de lactosuero respectivamente, las cuales fueron menores respecto al año 2016 (202 742 tn).

Por otro lado, se conoce como estiércol a los excrementos de animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen (Gomez Huanca, 2018, p.28). Asimismo, es considerado un recurso

valioso, conteniendo gran parte de los elementos esenciales tanto en macroelementos y microelementos; los cuales son de suma importancia para el crecimiento de las plantas (FAO, 2013, p. 76). Sin embargo, cuando este no es correctamente gestionado, produce problemas ambientales a nivel del suelo, agua, aire y ecosistema; afectando la biodiversidad en cada una de ellas (FAO, 2013). Dentro de los estiércoles, el de cuy (*Cavia porcellus*) tiene una buena proporción de nitrógeno, fósforo y potasio en su composición, que lo convierten en un óptimo abono natural (Servicios Educativos Promoción y Apoyo Rural, SEPAR, 2013). Además, es uno de los estiércoles que genera mayor producción de gas, junto al de vacuno y de cerdo (Tapia Tapia, 2016).

En los últimos años, el tema de recursos energéticos renovables ha tomado importancia; los cuales se caracterizan por generar menores impactos ambientales que las energías provenientes de combustibles fósiles. Estos recursos comprenden diferentes fuentes de energía como: eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, biomasa y centrales hidráulicas (Vásquez Cordano et al., 2017). En cuanto al biogás, este se encuentra dentro de la energía proveniente de la biomasa (o también conocida como bioenergía), la cual es obtenida por medio de los compuestos orgánicos al pasar por procesos naturales (termoquímicos y bioquímicos) (Schmerler, Velarde, Rodríguez y Ben, 2019, p.27).

En Latinoamérica, Brasil es uno de los países líderes en bioenergía alcanzando en el 2017 la mayor capacidad instalada a nivel mundial (14.583

MW); de las cuales el 98.3 % provino de biomasa sólida, 1.7% de biogás y el 0.03% de biocombustible (Cámara de Comercio de Cali, 2018, p. 4).

4

El Perú, en el 2018, la producción de energía eléctrica estuvo liderada por la energía hidráulica y el gas natural con 55.2% y 37.2% respectivamente; mientras que la energía proveniente de la biomasa sólo presentó el 0.3% (Schmerler et al., 2019, p. 102). No obstante, Vásquez Cordano et al. (2017, p. 102) menciona que el Perú puede instalar centrales eléctricas de biomasa convencionales y centrales de biogás con una capacidad de 177 MW y 5151 MW respectivamente.

Cabe mencionar que uno de los más grandes problemas sociales que atraviesa el Perú, es el acceso de energía eléctrica en las zonas rurales. En el 2013, sólo el 69.91% de la población rural podían acceder al servicio de electricidad; sin embargo, este porcentaje se incrementó en los años posteriores alcanzando en el 2017 un 83.68%. Sin embargo, este valor registrado, sitúa al Perú en el puesto 23 de América Latina de acuerdo al porcentaje de población rural con acceso a electricidad; y el cual sólo supera a Bolivia, Honduras, Nicaragua y Haití (Schmerler et al., 2019, p.45).

Por todo lo mencionado anteriormente, el presente proyecto busca solucionar la problemática ambiental, ocasionada por el suero salado de queserías en el río Chillón, mediante la valoración económica de dos fuentes orgánicas: el suero salado y el estiércol de cuy. En este sentido, se requiere aprovechar los componentes del suero y del estiércol de cuy, para la producción

de biogás y abono. De esta forma, se puede minimizar el posible impacto ambiental ocasionado por el suero salado en la cuenca del Río Chillón. Además, el proyecto presenta una solución a la problemática que enfrenta muchas zonas rurales del Perú respecto al acceso de electricidad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Biol

2.1.1 *Definición*

El uso de biomasa para la generación de biogás mediante biodigestores, genera un fertilizante o también conocido como biol, el cual brinda buen crecimiento y desarrollo a las plantas.

Según el Ministerio del Ambiente (2015), es un producto líquido resultante de la digestión anaerobia de los residuos orgánicos. Es empleado como fertilizante, dado que nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (presentes en el estiércol fresco), se mineralizan durante la digestión anaerobia, haciéndolos disponibles para las plantas.

Asimismo, el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (2014, p. 17) y el Fondo de Cooperación para el desarrollo social (FONCODES, 2014, p. 9) indican que este producto es considerado fitoestimulante y abono foliar orgánico (elaborado a partir de estiércol fresco y otros ingredientes), obtenido de la descomposición, en ausencia de oxígeno, de los residuos orgánicos (dispuestos en recipientes herméticamente cerrados) por medio de una filtración o decantación.

2.1.2 *Composición*

El biol es rico en nutrientes; sin embargo, no todos los bioles tienen las mismas características. La Organización de las Naciones Unidas para el

Desarrollo Industrial (ONUUDI, 2017, p. 74) mencionan que la composición y calidad del biol se encuentran ligadas a los sustratos utilizados en la digestión, ya sea estiércoles u otros residuos orgánicos.

No obstante, Warnars y Oppenoorth (2014) mencionan que esta composición depende de diversos factores, entre los cuales se encuentran: “el tipo de estiércol (animal, humano u otro tipo de residuo orgánico), el agua, las razas y las edades de los animales, el tipo de alimento y la programación de la alimentación” (p.13).

De acuerdo a los componentes principales presentes en el biol, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2015, p. 12) indican que principalmente son: nitrógeno (10%), fósforo (4%) y potasio (3%). Con respecto al nitrógeno, FAO (2011) señala que una parte significativa de la materia orgánica es mineralizada, a lo largo del proceso anaeróbico, dando lugar a un incremento en el contenido de nitrógeno amoniacal, y una reducción del nitrógeno orgánico (p.16). Lo cual indica una mejor absorción del nutriente en los cultivos.

Sin embargo, según Alvarado Garay (2018) y Aparcana Robles y Jansen (2008), el biol no solo está compuesto por nutrientes, sino también de hormonas vegetales de crecimiento tales como adeninas, purinas, auxinas, giberelinas y citoquininas, los cuales promueven actividades fisiológicas y el desarrollo de las plantas.

Además, presenta una carga patógena baja, debido a estar expuesto a un ambiente anaeróbico y valores de pH muy bajos (M. Varnero, 2016).

8

2.1.3 *Características y usos*

El biol tiene diferentes funciones, las cuales aportan beneficios a las plantas. Según FONCODES (2014, p.10), el biol contribuye a mantener el vigor de las plantas, tolerar eventos extremos del clima, estimular el crecimiento de las plantas y ayuda a la protección contra las plagas y enfermedades.

El Ministerio del Ambiente (2015) sostiene que el biol contiene una buena cantidad de reguladores de crecimiento, elementos minerales y nitrógeno; así también estimula el desarrollo de las plantas en las etapas de: enraizamiento, crecimiento de hojas, la floración, el vigor y poder germinativo de las semillas. Asimismo, la producción de los cultivos incrementa desde el 30% hasta el 50% (p. 11).

Debido a lo expuesto, el biol es usado en diferentes sistemas, tal es el caso de la producción orgánica. Garro Alfaro (2016) mencionan que, son una opción para este sistema de producción, debido a sus cantidades elevadas en vitaminas, ácidos húmicos y fúlvicos y elementos nutritivos, los cuales promueven el equilibrio nutricional del suelo (químico y biológico) brindándole energía y nutrientes, así como un aumento de la vida microbiana, lo cual da lugar a mejoras en la fertilidad del suelo y la estimulación del desarrollo de las raíces (p. 23).

Igualmente, Casals y Guzmán (2019, p.55) sostienen que, el contenido de hummus en el suelo incrementa, lo cual permite una mejora en la estructura y textura del suelo.

2.2 **Biogás**

2.2.1 ***Definición***

Los combustibles fósiles son aquellos que nos proporcionan energía; sin embargo, en la actualidad existen otras fuentes por los cuales se pueden generar energía, como es el biogás.

Carrasco Allendes (2015) señala que en la digestión anaeróbica de la biomasa se genera productos, siendo el biogás el producto principal de este proceso y el cual está conformado por un conjunto de gases (p. 11). Además, se encuentra compuesto primordialmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), donde las proporciones obedecen al tipo de residuo usado y el funcionamiento del proceso (FAO, 2011).

Por otro lado, Warnars y Oppenoorth (2014, p. 12) indican que la llama generada no es tóxica y no produce humo.

2.2.2 ***Composición***

Según FAO (2019, p. 23), el sustrato orgánico, la tecnología utilizada y la temperatura del proceso son factores importantes en la composición química del biogás. Además, como bien señala el autor, gases como metano, dióxido de

carbono, sulfuro de hidrógeno, hidrógeno, nitrógeno gaseoso, oxígeno y agua; se encuentran dentro de los componentes principales del biogás (FAO, 2019, p. 23). Estos componentes se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición Química del Biogás

Componente	Definición
CH ₄	Se encuentra entre una concentración de 45% y 70% molar; siendo el 45% la concentración considerada como biogás inflamable.
CO ₂	Se encuentra entre una concentración de 25% y 45% molar; asimismo, debido a su proporción se considera el segundo gas con mayor importancia.
H ₂ S	Es considerado un gas tóxico tanto para humanos como para animales. Además, es altamente corrosivo, por lo que cuando el H ₂ S no es eliminado del biogás, la vida útil de los equipos empleados son afectados. La proporción de este gas en una muestra cruda de biogás varía entre 5 000 y 50 000 partes por millón (ppm).
H ₂	Generalmente, se encuentra en una concentración menor a 5000 ppm.
N ₂	Cuando el biogás es obtenido de rellenos sanitarios, la concentración de este gas puede encontrarse a 25% molar como valor máximo; mientras que en biodigestores, su concentración no excede el 5% molar.
O ₂	La concentración de O ₂ en el biogás se encuentra a 5% molar como valor máximo.

H ₂ O	Normalmente se encuentra vapores de agua en el biogás, sobre todo frente a procesos termofílicos.	11
------------------	---	----

Nota: Adaptado de “Guía Teórico – Práctica sobre el biogás y los biodigestores”, por FAO, 2019 (<http://www.fao.org/3/ca5082es/ca5082es.pdf>). CC BY-NC-SA.

2.2.3 *Características y usos*

En la actualidad, debido a las características que presenta, es utilizado en diferentes actividades.

Conforme con Martí-Herrero et al. (2016), “el biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, para calefacción, iluminación o para alimentar un motor que genere electricidad” (p. 11). Además, según Warnars y Oppenoorth (2014, p.12), el usar biogás como combustible trae consigo diferentes beneficios tales como, el reemplazo de materias como leña, carbón y kerosene; así también brinda trabajo, reduce el uso tradicional de combustibles para cocina y aumenta el uso de combustibles limpios.

Asimismo, Redagrícola (2017) comenta que las fuentes de biomasa para generación de biogás son múltiples; entre las que se encuentran los estiércoles, purines, restos de actividad agrícola o industrial, entre otros.

Referido a las ventajas medioambientales del biogás, Bontempo et al. (2016) mencionan que esta tecnología evita las emisiones incontroladas de GEI, provenientes de la acumulación de residuos orgánicos. Asimismo, según

Arhoun (2017, p. 8), el biogás reduce estas emisiones, mostrando una alternativa para sustituir los combustibles fósiles.

Según Barrena, Gamarra, Milla, Fellenberg, & Ordinola (2017, p.61), el empleo de biogás como combustible para cocinas, lámparas o motores, permite reducir en 25 veces el poder del metano como GEI.

Por otro lado, Juliano et al. (2017, p. 37) menciona que, al contar con un contenido de metano de 65% y dióxido de carbono de 35%, se obtiene un valor energético de aproximadamente 6.5 y 7.0 kWh, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Características Generales de Composición de 1m³ Biogás

Característica	Contenido
Composición	Metano (CH ₄) 55-70% Dióxido de carbono (CO ₂) 30-45% Trazas de otros gases (H ₂ O, SH ₂ , N ₂)
Contenido energético	6.5 – 7 kW.h.
Poder calorífico	5500 – 6000 Kcal.
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 l de gasoil/m ³ 0.3 kg de carbón /m ³ 0.6 m ³ de gas natural/m ³
Densidad normal	1.2 kg. m ³
Olor	Típico sulfhídrico (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)

Nota: Adaptado de Valorización del lactosuero (p. 38), por Juliano et al., 2017, Ediciones INTI.

2.3 Suero de quesería

13

2.3.1 *Definición*

Es el subproducto proveniente de la elaboración de quesos, está compuesto por gran cantidad de nutrientes, como potasio, calcio, fósforo, sodio y magnesio; haciéndolo rico a nivel nutricional (Juliano et al., 2017).

Los autores Guereca et al. (2014) definen a esta materia como el líquido que resulta del proceso de coagulación de la leche, una vez que la grasa y la caseína hayan sido separadas.

Fernández Rodríguez et al. (2016, p. 58) indican que el suero de quesería o también conocido como lactosuero, está conformado por grandes cantidades de materia orgánica. De igual manera, los mismos autores indican que, “este subproducto supone aproximadamente un 85 – 95% del volumen total de la leche empleada y en él se estima una retención del 55% de los nutrientes” (Fernández Rodríguez et al., 2016, p. 48). Además, según Juliano et al. (2017), el suero presenta proteínas, azúcares, vitaminas, sales minerales, entre otros compuestos.

2.3.2 *Tipos*

Se conoce dos tipos de suero, los cuales se presentan en diferente etapa de la elaboración de quesos.

Según Guereca et al. (2014) la composición del suero depende tanto de la leche que es usada en el proceso, como el tipo de queso que se desea elaborar. De igual manera, los autores señalan que, el sistema de coagulación es un factor importante; por lo que, si se realiza por coagulación al cuajo, se produce un suero dulce que casi no contiene calcio, presentando un valor de pH de 6.6. Por otra parte, si se realiza por acidificación, se produce un suero ácido con valores de pH entre 4.3 y 4.7 (Guereca et al., 2014). Además, contienen ciertas diferencias, las cuales son señaladas en la Tabla 3.

Es importante mencionar que, el suero salado de quesería también es conocido como lactosuero ácido o suero ácido; el cual presenta un contenido de lactosa menor que el de los sueros dulces y, por consiguiente, el contenido de ácido láctico es alto. Esto sucede, debido a que, una parte de la lactosa es transformada en ácido láctico durante la fermentación bacteriana (Palatnik, 2019, p. 17).

Asimismo, Gutierrez y Bastidas (2016, p. 186) indican que el contenido de minerales, la acidez y la composición de la fracción protéica, son diferencias principales entre estos dos tipos de suero.

Tabla 3

Composición del Suero Dulce y Suero Ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63.0 – 70.0	63.0 – 70.0
Lactosa	46.0 – 52.0	44.0 – 46.0
Proteínas	6.0 – 10.0	6.0 – 8.0
Grasa	0.5 – 7.0	0.4 – 6.0
Calcio	0.4 – 0.6	1.2 – 1.6
Fosfatos	1.0 – 3.0	2.0 – 4.5
Lactatos	2.0	6.4
Cloruros	1.1	1.1
pH	5.6 – 6.1	4.3 – 4.7

Nota: Adaptado de “Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea” (p. 20), por M. González, 2012, Mundo Pecuario, 8(1).

2.3.3 **Características y usos**

El suero es un subproducto proveniente de la leche, por lo que su composición nutricional es alta, dándole un gran valor para el uso de biogás.

Según Juliano et al. (2017) el suero es un “líquido fluido, de color verdoso amarillento, turbio” (p. 15). Tiene una baja concentración de sólidos suspendidos y un porcentaje de sólidos totales entre 3 y 7 % (González et al., 2016).

Además, de acuerdo a su composición, Guereca et al. (2014) y Juliano et al. (2017), indican que es una materia que contiene elevadas cantidades de vitaminas del complejo B y vitamina C. Así también, los autores señalan que, con respecto al contenido de nutrientes, la lactosa se encuentra en mayor proporción (45 – 50 g/l); mientras que las proteínas solubles (6 – 8 g/l), lípidos (4-5 g/l) y sales minerales (4 - 6 g/l) se encuentran en menor cantidad.

De acuerdo a las proteínas en el suero, Guereca et al. (2014) señalan la presencia de la lactoalbúmina y la lactoglobulina. Y referido a los aminoácidos, Gómez & Sánchez (2019, p. 136) señalan que, la leucina (9.5%) y lisina (9%) se encuentran en cantidades altas.

Por todo ello, el suero es un gran material para ser utilizado en diferentes industrias. Es así como los autores Molero-Méndez, Castro-Albornoz, & Briñez-Zambrano (2017, p. 150) mencionan que, no se le debería llamar subproducto debido a que tanto su calidad energética como nutricional es alta. Además, sus componentes le dan un gran valor para el uso de biogás.

En el caso del valor energético, González et al. (2016, p. 37) sostienen que debido a su composición, el suero es utilizado para la producción de biogás. También, señalan que el biogás proveniente del lactosuero tiene un porcentaje de metano que varía entre el 60 y 80%. Adicionalmente, según Fernández Rodríguez et al. (2016, p. 50), el uso del lactosuero en procesos de codigestión, es una alternativa para reducir las posibles dificultades relacionadas con el bajo contenido de alcalinidad o nutrientes presentes en el suero.

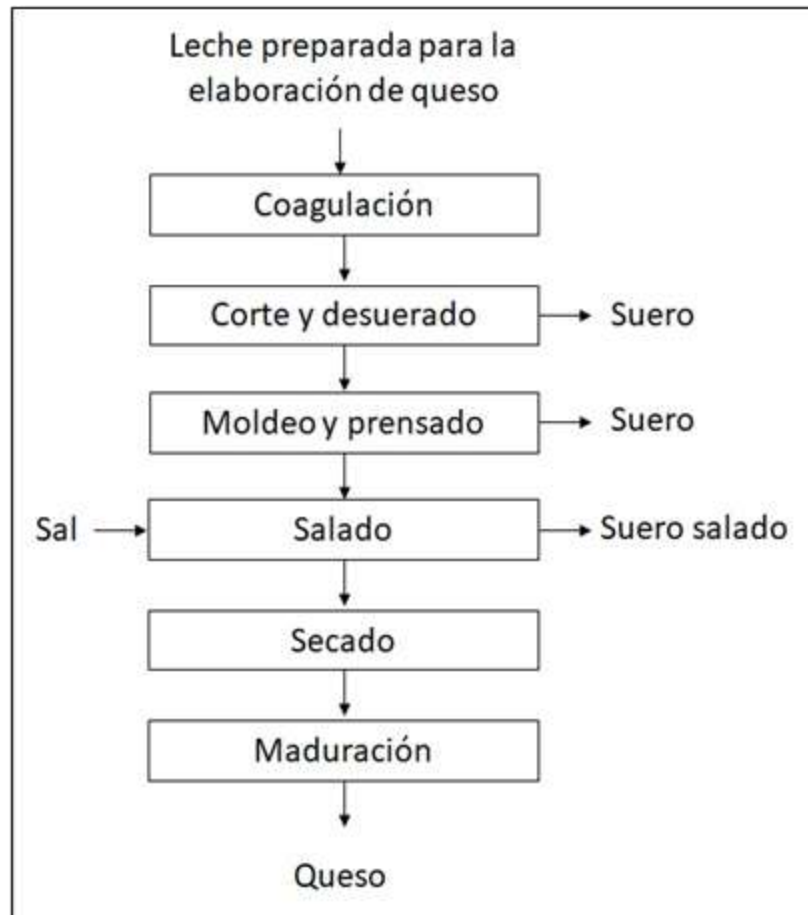
Por otro lado, referido a temas agrícolas, Fernández Rodríguez et al. (2016, p. 50) señalan que, en vista que el contenido de agua y nutrientes son altos, este puede ser utilizado como fertilizante. No obstante, esta debe ser controlada ya que su contenido de sales, sólidos y grasas puede ocasionar daños en la estructura físico-química del suelo (Fernández Rodríguez et al., 2016, p. 50).

2.3.4 *Proceso de generación del suero salado*

En su publicación Prevención de la contaminación en la Industria láctea, el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL, 2002) señala el proceso de elaboración de queso (Figura 1), donde menciona que “antes de comenzar con las operaciones de fabricación de queso, la leche debe ser tratada y preparada para acondicionar sus características físicas, químicas y biológicas al producto final que se quiere obtener” (p. 60).

Figura 1

Esquema del Proceso de Elaboración de Queso



Nota: Adaptado de Prevención de la contaminación en la Industria láctea (p. 67), por Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), 2002.

Los procesos efectuados en la elaboración de quesos son coagulación, corte, desuerado, moldeo, prensado, salado, secado y maduración.

De acuerdo a la coagulación, “es un proceso enzimático influenciado por la acidez de la leche y la temperatura” (PRODUCE et al., 2016). Asimismo,

CAR/PL (2002, p. 61), indica que este proceso requiere de fermentos y/o enzimas, los cuales favorecen a la alteración de la caseína y su precipitación, dando como resultado la formación de la cuajada.

Con respecto al corte, PRODUCE et al. (2016) indican que este proceso busca la transformación de la masa de la cuajada en granos de un tamaño determinado, teniendo como objetivo la liberación del suero; mientras que en el desuerado se da la eliminación de este. Adicionalmente, como se observa en la Figura 1, es en este proceso donde se genera el suero, el cual es el principal aspecto medioambiental generado por la elaboración de quesos.

Con respecto al moldeo, CAR/PL señala que en este proceso, los trozos de cuajada son vertidos en moldes, los cuales deben de contener la medida y peso adecuado para el queso que se desea elaborar (CAR/PL, 2002, p. 64). De acuerdo al prensado, como lo señala el mismo autor, este proceso busca la eliminación del suero intergranular de la cuajada; brindándole una forma definida al queso. Adicionalmente, a través de la Figura 1, se indica que en el prensado también se produce suero; sin embargo, la cantidad generada es menor que en el desuerado (CAR/PL, 2002).

En el salado, Palatnik (2019) señala que la adición de sal tiene como finalidad brindarle sabor al queso; conjuntamente con alargar la vida útil del mismo, ya que de esta manera se frena el crecimiento microbiano. Adicionalmente, permite la conservación del mismo (CAR/PL, 2002). Sin embargo, el contenido de sal influye en la consistencia del queso. CAR/PL

(2002), a través de la Figura 1, indica las entradas y salidas del proceso, donde se emplea sal para la generación del suero salado, el cual es liberado con una elevada conductividad eléctrica.

20

Después de que la operación de salado haya culminado, el queso puede ser expuesto a una corriente de aire, con la finalidad de que la superficie pueda ser secada (CR/PL,2002). Finalmente, el proceso de maduración, es el periodo de cambios ocasionados por bacterias, hongos y enzimas para alcanzar las características del tipo de queso; siendo los procesos físicos, microbiológicos y enzimáticos los que aportan estas características (PRODUCE et al., 2016 y CR/PL, 2002)

2.3.5 Problemas ambientales causado por el suero de quesería

Los problemas ambientales causados por el suero de quesería afectan al suelo, agua y ecosistema; los cuales serán detallados a continuación.

a. Problemas ambientales al suelo

El suero de quesería en el suelo tiene un efecto adverso hacia el ecosistema presente en él. Cuando el suero es asperjado directamente en los campos cultivados (previa dilución), después de periodos prolongados de vertimientos, el elevado contenido de sal presente en el suero tiende a salinizar los suelos, por lo que el rendimiento agrícola disminuye; tal como lo indican Pais Chanfrau et al. (2017, p.469). Además, Barrena et al. (2017, p. 61) mencionan

que el lactosuero sin tratar, distribuído en el suelo, puede descompensar el equilibrio de nutrientes.

21

Es importante mencionar que, a causa del alto valor de materia orgánica que posee, la gestión adecuada de esta materia es de suma importancia. En caso contrario, al ser vertido directamente a los medios acuáticos o al suelo, se calificaría como un contaminante (Fernández Rodríguez et al., 2016, p. 48).

b. Problemas ambientales al agua

Debido a los nutrientes presente en el suero, cuando este llega al agua, generan cargas contaminantes, las cuales afectan a la vida acuática. Según González et al. (2016, p. 26), la cantidad de lactosuero producida en la elaboración de queso es, aproximadamente nueve veces el volumen de la leche que fue utilizada, presentando un DQO alrededor de 60.000 mg/L y el cual lo hace un producto con una carga orgánica alta.

De acuerdo a ello, Juliano et al. (2017, p.13) indica que mil litros de lactosuero vertidos en el agua generan cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO).

Es así como, González et al. (2016, p. 12) sostienen que la producción de quesos es una fuente de contaminación importante, debido a la generación del suero, su contenido de lactosa y proteína, los cuales originan un incremento alto de la contaminación de las aguas residuales. De igual modo, Arias Chicaiza (2019, p. 10) indica que tanto el contenido de lactosa como el de grasa, son los responsables de los altos valores de DBO y DQO.

c. Problemas ambientales al ecosistema

22

El impacto ambiental generado por el suero afecta a los recursos de suelo, agua y aire. De esta manera, los ecosistemas también son afectados; al igual que las especies que habitan en ella.

En este sentido, según Gómez & Sánchez (2019, p. 131), el lactosuero tratado de manera incorrecta, reduce en gran magnitud la concentración de oxígeno en los afluentes donde este es vertido. Al respecto, Brito et al. (2015, p. 258) sostienen que, una vez arrojado al ambiente, las proteínas y la lactosa contenidas en él, convierten al suero en un contaminante. Con respecto a ello, los autores indican que esto es dado por la carga de materia orgánica, la cual “permite la reproducción de microorganismos, produciendo cambios significativos en la DBO del agua contaminada, ya que en valores altos de la DBO ,que varía entre 30000 a 50000 mg/L, va a alterar significativamente los procesos biológicos del agua” (Brito et al., 2015, p. 259).

También, Parra Huertas (2015, p. 150) agrega que el suero directamente dispuesto en los cuerpos de agua, causa impermeabilización, eutrofización, toxicidad y otras condiciones negativas en los ambientes receptores.

De esta manera, el suero hace un impacto frente al ecosistema, dañando a plantas, animales, microorganismos, procesos biológicos, entre otros.

2.4 Estiércol de cuy

23

2.4.1 *Definición*

Según Montes (2015, p. 7), el estiércol de cuy es un subproducto del proceso de producción de cuyes, el cual contiene nitrógeno, fósforo y potasio en cantidades apreciables.

La Tabla 4 muestra la composición química del estiércol de cuy; según los macronutrientes.

Tabla 4

Composición Química del Estiércol de Cuy Fresco

Características	%
Materia seca	14
N	0.60
P ₂ O ₅	0.03
K ₂ O	0.18
CaO	0.55
MgO	0.18
SO ₄	0.10

Nota: Adaptado de Tapia y Fries (2007), citado por Gómez, 2018.

2.4.2 *Características y usos*

24

Según FONCODES, UGOE, & PERÚ, 2014 (p. 8), el estiércol de cuy puede ser utilizado para la preparación de compost, humus de lombriz o biol; de esta manera al ser aplicado al suelo, aportan contenido orgánico y micronutrientes, además de permitir una mayor retención de agua, mejorando la producción de los cultivos.

SEPAR (2013, p.27) indica que, según las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el estiércol de cuy cuenta con varios beneficios respecto a su utilización como abono natural, entre los cuales se encuentra el buen desarrollo de las plantas, debido a su alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Una ventaja adicional es la baja humedad que posee, haciendo que sea un sustrato durable y lo cual facilita su manejo para acciones relacionadas al abonamiento. Por consiguiente, puede ser usado para la producción de compost, biogás, etc.

De acuerdo a valores energéticos, los estiércoles que generan elevadas cantidades de biogás son el de vaca, cerdo y cuy, tal como lo señala Tapia Tapia (2016, p.24); asimismo menciona que, se debe tener en cuenta el uso del estiércol fresco como materia prima en la producción de biogás, ya que contiene bacterias activas.

2.4.3 *Problemas ambientales causado por el estiércol de cuy*

25

A continuación, se explica los problemas ambientales que trae consigo el estiércol de cuy, ya sea en el suelo, agua, aire o ecosistema.

a. Problemas ambientales al suelo

Según Karlsson et al. (2014, p. 53) ,la dispersión de los residuos no tratados en los suelos, deberían ser en forma de biofertilizantes, ya que cuando el residuo pasa por un tratamiento anaeróbico, una gran parte del nitrógeno orgánico pasa a nitrógeno amoniacal el cual es absorbido por las plantas más fácilmente. De esta manera, los residuos obtenidos en la digestión (biofertilizante) reduce el riesgo de lixiviación del nitrógeno en tierra agrícola.

b. Problemas ambientales al agua

Los residuos ganaderos, como lo son los excrementos de los animales, genera una carga contaminante en el recurso hídrico.

Según FAO (2013), la acumulación de los desechos orgánicos sin tratamiento alguno, son básicamente el motivo de los problemas hacia el medio ambiente, generando eutrofización en las aguas superficiales y la cual da lugar a la contaminación de ellas y amenaza hacia los ecosistemas acuáticos, así también como la calidad de agua potable proveniente de las corrientes (p.76).

c. Problemas ambientales al aire

26

La actividad agropecuaria genera emisiones de GEI por medio de diferentes procesos, entre los cuales destacan la fermentación entérica, el manejo de residuos pecuarios y la gestión de los suelos agrícolas (EPA, 2014).

Karlsson et al. mencionan que los residuos ganaderos generan un riesgo con las emisiones de GEI. Esto en vista de que los desechos comprenden una cantidad significativa de materia orgánica durante el almacenamiento, y los cuales pueden degradarse en metano (Karlsson et al., 2014).

Según Barrena et al. (2017, p. 16), los sistemas agropecuarios emiten significativamente CH_4 , CO_2 y N_2O , los cuales provocan el calentamiento de la superficie terrestre y destruyen la capa de ozono en la estratósfera. Además, los mismos autores indican que “el metano proveniente del suelo de los sistemas pecuarios se puede generar por la fermentación anaeróbica de la materia orgánica, deposición de excrementos en las pasturas, tratamientos anaeróbicos de los residuos animales y quema de biomasa” (Barrena et al., 2017, p. 16).

d. Problemas ambientales al ecosistema

Según Nogués, García, & Rezeau (2010 p. 109), la introducción de grandes cantidades de materia orgánica puede sobrepasar los límites del ecosistema en su capacidad de degradarlo, conduciendo a la modificación de las condiciones de vida necesarias para la proliferación natural de la vida en dicho medio.

Asimismo, el Ministerio del Ambiente (2014, p. 65), sostiene que el desarrollar actividades tanto agropecuarias como agroindustriales generan un conjunto variado de presiones hacia los recursos naturales y el ambiente.

2.5 Definición de términos

2.5.1 *Digestión anaerobia*

a. Definición

Según Solera del Río et al. (2014), la digestión anaerobia (también llamada biometanización) es un proceso biológico anaeróbico, donde la materia orgánica compleja se descompone gracias a la acción de varios grupos de microorganismos (bacterias y arqueas), dando como productos finales un biogás y un digerido. Además, el Ministerio del Ambiente (2015, p. 7) indica que dentro de este proceso ocurren diferentes etapas, donde en cada una de ellas participan poblaciones de bacterias diferentes, los cuales están presentes en el estiércol fresco de cualquier animal.

De acuerdo a ello, Martí-Herrero et al. (2016, p. 13) comentan que las diversas poblaciones de bacterias presentes en los estiércoles, conducen el proceso biológico de la digestión anaerobia, y por ese motivo es más fácil trabajar con estos residuos.

Además, Arhoun (2017, p. 13) indica que este proceso biológico es muy eficiente para el tratamiento del estiércol, descargas de la industria agro-alimentaria, etc.

Con este proceso es posible la conversión de residuos a productos utilizables, disminuyendo de esta manera los residuos existentes en el sistema. Además, contribuye a la eliminación de patógenos en la materia orgánica.

Referente a la conversión de residuos, Mantilla et al. (2017) mencionan que este proceso permite que residuos como los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se conviertan en subproductos útiles como el biogás.

Referente a la eliminación de patógenos en la materia orgánica, Arhoun (2017, p. 26) señala que, dado que las reacciones suceden a altas temperaturas, la eliminación de patógenos es propio de la digestión anaerobia, y en caso de presentar temperaturas mesófilas, el periodo prolongado de tiempo de retención son generalmente suficiente para la inactivación de ellas.

Referente al valor energético, Chiva Vicent, Berlanga Clavijo, Martínez Cuenca, & Climent Agustina (2018) indican que este proceso elimina parte de la materia orgánica para la conversión a biogás.

b. Etapas de la digestión anaerobia

En su publicación “Biogás de residuos agropecuarios en la región de Los Ríos”, el Instituto de Desarrollo Agropecuario y el Gobierno Regional de Los Ríos, señalan cuatro etapas para este proceso: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (2016, p. 19).

En la primera etapa del proceso, las moléculas con mayor complejidad (proteínas, hidratos de carbono, lípidos) son descompuestas. Seguidamente, en la acidogénesis, a partir de la descomposición dada en la hidrólisis se originan compuestos solubles tales como: aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga; los cuales pueden ser descompuestos por las bacterias acidogénicas. En la acetogénesis, se producen ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno y dióxido de carbono; debido a la actividad de las bacterias acidogénicas. Asimismo, a partir de los ácidos grasos de cadena corta, se obtiene ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono debido a la acción de bacterias acetogénicas. Finalmente, en la metanogénesis se obtiene el metano a través de las moléculas de hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético. (Instituto de Desarrollo Agropecuario & Gobierno Regional de Los Ríos, 2016, p. 19).

2.5.2 *Parámetros importantes para el proceso de digestión anaerobia*

Seguidamente, se presenta los parámetros para el proceso de digestión anaeróbica:

a. Naturaleza y composición bioquímica de materia prima

Reyes (2017, p. 69) comenta que cada sustrato utilizado en el proceso cuenta con naturaleza y composición química diferente; lo cual influye en la población bacteriana de cada etapa del proceso. Asimismo, el autor señala que, ante la presencia de un tóxico en las etapas, el crecimiento de las poblaciones

bacterianas puede ser afectadas. Del mismo modo, FAO (2011) señala que estas dos características propias de la materia a utilizar, también influyen en la calidad y cantidad de biogás generado (p. 35).

30

Referido al estiércol como carga del digestor, el Ministerio del Ambiente (2015, p. 38) comentan que la dieta y el tipo de digestión (monogástrica o poligástrica) de los animales, establecen el potencial de producción de biogás; señalando que cada tipo de estiércol tiene un potencial de producción diferente.

b. Temperatura

Según FAO (2011, p. 38), la velocidad de reacción de los procesos biológicos se encuentra sujeta a la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados. Estos dependen de la temperatura, por lo que, al aumentarla, la velocidad de crecimiento también aumenta, permitiendo la aceleración del proceso y lo cual genera grandes cantidades de biogás. Del mismo modo lo detalla Tapia Tapia (2016, p. 9), indicando que en vista de que la actividad biológica depende de la temperatura, la producción de biogás se muestra ligada a este factor; asimismo sostiene que la degradación anaeróbica ocurre entre 3° C y 70°C.

Martí, Pino, & Víquez (2017, p. 25) sostienen que se registran tres rangos de temperaturas, a los que trabajan las bacterias: psicrófilico (de 10 °C a 20 °C – 25 °C), mesófilico (de 20 °C - 25 °C a 35 °C – 40 °C) y termófilico (de 35 °C - 40 °C a 70 °C - 75 °C); expresando que a mayor temperatura, el tiempo de trabajo de las bacterias es menor.

Sin embargo, según FAO (2019), debido a la existencia de diferentes grupos de microorganismos en los distintos rangos de temperatura; operar a temperaturas altas no es de suma importancia; sino asegurar que esta sea estable en el interior del digestor. En caso este parámetro varíe, las poblaciones de microorganismos se verán afectadas, no pudiendo colonizar el medio de forma constante, alterando la producción de biogás (producción de biogás no constante) (p. 9).

c. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

La velocidad de degradación está ligada a la temperatura en gran parte; en tanto que al tener una temperatura mayor, el tiempo de retención será menor, tal como lo menciona FAO (2011, p. 39).

Martí et al. (2017, p. 45) definen a este parámetro como, el periodo de tiempo en el cual las bacterias trabajan un sustrato en el interior del biodigestor o el tiempo de estancia que pasa un sustrato desde que es cargado hasta que es descargado.

Generalmente se trabaja con valores de TRH entre 20 y 55 días. (Mantilla et al., 2017, p. 20). Sin embargo, FAO (2019, p. 10) detalla que para producir un volumen determinado de biogás contando con un rango psicrófilico, se necesita TRH mayores que al contar con rangos mesófilicos o termófilicos; mostrando que los valores de TRH varían según el rango de temperatura. Esto último se expresa en la Tabla 5.

Tabla 5

Tiempo de Retención Hidráulica según Rangos de Temperatura

Rango de temperatura	TRH
Psicrofílico	De 50 a 120 días
Mesofílico	De 25 a 50 días
Termofílico	De 15 a 25 días

Nota: Reproducido de “Guía Teórico – Práctica sobre el biogás y los biodigestores”, por FAO, 2019 (<http://www.fao.org/3/ca5082es/ca5082es.pdf>).

CC BY-NC-SA

d. Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)

Según FAO (2019), la proporción entre los elementos carbono y nitrógeno existente en un sustrato orgánico, es expresada a través del parámetro relación C/N. Estos elementos son fundamentales en procesos biológicos, así como para la vida, de tal manera que el carbono se encuentra relacionado con la energía, mientras que el nitrógeno, con el crecimiento celular (p. 11).

Tapia Tapia (2016,p. 11) indica que se encuentra como aceptable una relación de 25 – 30; en otras palabras, entre 25 – 30 partes de carbono y una parte de nitrógeno. Además, Karlsson et al. (2014, p. 18) señala que es de suma importancia que la relación C/N no esté muy baja y que la proporción de nitrógeno sea inferior a la del carbono.

e. pH

33

Según FAO, “el pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una determinada solución” (FAO, 2019, p. 8). Además, el mismo autor indica que se encuentra relacionado con la “actividad de iones hidrógeno y los procesos de generación y degradación de ácidos orgánicos dentro del biodigestor” (FAO, 2019, p. 8). Así también FAO (2011, p. 45) señala que este parámetro es empleado para la evaluación del sistema.

Además, existen diferentes grupos bacterianos en cada etapa de la digestión anaerobia; sin embargo, los niveles de actividad óptimos que presentan se encuentran cercanos a la neutralidad. Tal es así que, para la etapa de acidogénesis, el valor óptimo se encuentra entre 5.5 y 6.5; mientras que, para la metanogénesis, entre 7.8 y 8.2 (FAO ,2011, p. 45).

f. Agitación

FAO (2019, p.11), señala que las metodologías de agitación óptimas para cada proceso, se encuentran relacionadas con la cantidad de materia seca de una mezcla; estableciendo que mientras mayor sea el contenido de materia seca en el digestor, los cuidados serán mayores respecto a los sistemas de mezcla y agitación.

Adicionalmente, FAO señala que con este proceso se busca remover los metabolitos originados en la etapa de metanogénesis. También, la agitación permite ocupar todo espacio sin actividad biológica, creando una densidad

bacteriana homogénea en todo el espacio (FAO, 2011, p. 50). Sin embargo, Arhoun (2017, p. 19) y Fernández García (2016, p.18) indican que la agitación de manera excesiva puede producir una reducción en la producción de biogás; ya que los agregados de bacterias podrían ser destruidos.

2.5.3 *Requerimientos nutricionales de las plantas*

Los macronutrientes o elementos mayores son nutrientes usados en gran proporción por las plantas, como: N, P, K, Ca, Mg y S; y los cuales no son encontrados en el suelo en cantidades adecuadas, por lo que deben ser complementadas mediante fertilización (especialmente N, P y K) (Toledo, 2016, p. 75).

A continuación, se muestra los macronutrientes:

a. Nitrógeno (N)

Según Toledo (2016, p. 78) y Bonadeo et al. (2017, p. 245), el N es componente de la clorofila, de todas las proteínas (incluyendo las enzimas) y otros compuestos; además de ser un elemento móvil dentro de la planta. También, interviene en la formación de la estructura de la planta, composición de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, y en el crecimiento y producción de la planta (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018, p. 8).

Referido a la absorción del N en las plantas, el Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 8) indica que es dada en forma inorgánica como amonio (NH_4^+), y mayormente en forma de nitrato (NO_3^-). De acuerdo a ello, Álvarez & Rimski-Korsokov (2016, p. 70) mencionan que estos dos compuestos representan sólo

el 2% del N total del suelo, mientras que el resto del N se encuentra dentro de la materia orgánica humificada y debe mineralizarse para pasar a estar en forma inorgánica y disponible para los cultivos.

Es importante recalcar que, debido al requerimiento importante de N por las plantas y la limitada habilidad de los suelos para suministrar N, este nutriente es considerado como el más limitante (sobre una base global) respecto a la producción de cultivos (Bonadeo et al., 2017, p.245).

b. Fósforo (P)

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p.8), este nutriente es de suma importancia en procesos como: formación del sistema radicular y diferenciación de yemas y brotes. De la misma forma, es parte de la molécula de ATP (trifosfato de adenosina), la cual es la encargada de proporcionar energía a la planta y empleada en varios procesos bioquímicos. Igualmente, Bonadeo et al. (2017, p. 267) señala que, el P es constituyente de vitaminas, enzimas y fosfolípidos.

Referido a la absorción del P en las plantas, Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 8) indica que se da como fosfato monovalente (H_2PO_4^-) o como fosfato divalente (HPO_4^{2-}).

Adicionalmente, Grupo SACSA (2019) menciona que el P es uno de los tres nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, señalando que al presentar la cantidad adecuada, esta crecerá vigorosamente y su maduración

será antes que las plantas que no lo tienen. Por el contrario, las plantas que no presentan la cantidad adecuada, mostrarán un crecimiento raquítico, ausencia de frutos o flores, hojas más verdes o presencia de color violeta; ya que el proceso de fotosíntesis se encontraría dañado.

c. Potasio (K)

Es considerado uno de los nutrientes esenciales, el cual cumple dos acciones principales en las plantas, según Bonadeo et al. (2017, p. 306), la primera es la de ser un elemento insustituible en los procesos metabólicos; que implican la síntesis de las proteínas y la traslocación de productos de la fotosíntesis. Y la segunda acción, es la de ejercer la presión osmótica que mantiene la turgencia celular vegetal.

Referente a la absorción de K en las plantas, Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 8) indica que se da como catión potasio (K^+).

Referente a las cantidades de K en la planta, Bonadeo et al. mencionan que es de suma importancia que el vegetal tenga suficientes cantidades de K, ya que de esta manera logra adaptarse al estrés “causado por factores bióticos y abióticos (sequías, salinidad, enfermedades o plagas, heladas)” (Bonadeo et al., 2017, p. 306).

d. Calcio (Ca)

37

Según Pérez Leal (2017, p. 10), el Ca es necesario como cofactor para algunas enzimas involucradas en la hidrólisis del ATP y de los fosfolípidos; así también forma parte de la pared celular vegetal. Igualmente, Bonadeo et al. sostienen que este elemento estimula la actividad microbiana, colabora con la activación de varios sistemas de enzimas, entre otros. Adicionalmente, el autor señala que, las bacterias fijadoras de N requieren este elemento en grandes cantidades. (Bonadeo et al., 2017, p. 300).

Referente a la absorción de Ca en las plantas, Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p. 8) indica que se da como catión calcio (Ca^{++}). Y es absorbido como tal por las raíces (Bonadeo et al., 2017).

Referente a las cantidades de Ca en la planta, Inostroza et al. (2017, p.41) mencionan que es necesaria una cierta cantidad de Ca para el desarrollo normal del sistema radicular.

e. Magnesio (Mg)

Bonadeo et al. (2017, p. 303) señalan la participación activa del Mg en la fotosíntesis, considerando su presencia en la molécula clorofila como átomo central. Sin embargo, no es el único proceso en el que se encuentra presente; interviniendo en procesos como: metabolismo del P, activación de varios sistemas enzimáticos en las plantas y en la respiración.

Referente a la absorción del Mg en la planta, Ministerio de Agricultura y Riego (2018, p.8) indica que se da en forma de catión magnesio (Mg^{++}).

38

Referente a las cantidades de Mg en la planta, Bonadeo et al. (2017, p. 302) indican que la cantidad requerida es, por lo general, mucho menor que la de Ca o K. Sin embargo, los requerimientos dependen de las especies y variedades de las plantas; indicando que las pasturas, maíz, papa, algodón, cítricos, tabaco, remolacha azucarera, son las más exigentes a un adecuado suministro de Mg.

2.5.4 *Bioensayos de fitotoxicidad*

De acuerdo con Sobrero & Ronco, “es una prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición) en el que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento” (Sobrero & Ronco, 2004, p. 55).

También, los autores mencionan que, tanto la germinación como los primeros días de desarrollo de la plántula, son etapas muy sensibles frente a factores externos adversos. Por lo cual, cuando en estas etapas existe una sustancia tóxica, la vida de la planta es afectada, así como su desarrollo.

Al respecto, Huerta Muñoz, Cruz Hernández, Aguirre Álvarez, Caballero Mata, & Pérez Hidalgo (2015, p. 180) indican que una de las metodologías más

utilizadas para la detección de toxinas de manera indirecta, son los bioensayos de fitotoxicidad usando semillas sensibles a fitotoxinas.

a. Bioensayos de Germinación

Los autores Binda, Butti, & Torti (2018, p. 55) señalan que, el bioensayo de germinación usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una prueba de toxicidad aguda, la cual tiene como objetivo la evaluación de la presencia de sustancias fitotóxicas en residuos orgánicos o compost. Al respecto, se calcula un índice de Germinación (IG) en base a la cantidad de semillas germinadas y a la longitud de la radícula.

Sin embargo, debido a que no existe un consenso respecto a especies sensibles para utilizar en bioensayos, la metodología ha sido probada usando diferentes especies indicadoras, tal como lo mencionan los autores Varnero, Rojas, & Orellana (2007).

2.5.5 Marco Legal para la gestión de residuos

En el ámbito internacional, el Reglamento N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo del 21 de octubre de 2009, establece normas sanitarias para los subproductos de animales y productos derivados que no son destinados al consumo humano. Entre sus artículos, es importante destacar el artículo N° 13, que hace referencia a aquellas materias como estiércol, tubo digestivo y su contenido, leche, productos a base de leche, calostro, huevos y ovoproductos,

puedan ser compostados o transformados en biogás para su eliminación o uso del material.

En el Perú, la Ley N° 28611, denominada como Ley General del Ambiente, establece normas para la gestión ambiental en el país. El artículo N° 9 de dicha norma, garantiza la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales a largo plazo, mediante la prevención, protección y recuperación del medio ambiente, que permita la conservación y la sostenibilidad de los recursos naturales.

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.S. N° 014 – 2017 - MINAM) establece lineamientos para la gestión y el manejo de los residuos sólidos. En su artículo N° 67 hace mención al potencial energético de los residuos destinados para el aprovechamiento; los cuales pasan por operaciones de valorización energética como: coprocesamiento, coincineración, generación de energía en base a procesos de biodegradación, biochar, entre otros. En este sentido, el MINAM y los sectores competentes vienen promoviendo tecnologías disponibles para estas operaciones, garantizando la eficiencia del proceso, así como la protección del medio ambiente.

Referente a la materia fecal que se genera en las actividades agropecuarias, a partir del 2006, se tiene el reglamento D.S. N° 044-2006-AG sobre productos orgánicos. El reglamento indica (Art. N° 23), que las excretas de los animales deben completar los ciclos o procesos de descomposición, para así evitar focos infecciosos.

Además, el reglamento D.S. N° 016-2012-AG establece el tratamiento de los residuos orgánicos (Art. N° 24). Indicando que estos residuos generados en las actividades agrarias, deben recibir un tratamiento para mejorar la gestión del proceso de valorización de los productos.

III. OBJETIVOS/ HIPÓTESIS

42

3.1 Objetivos

3.1.1 *Objetivo general*

Evaluar la producción de gas y calidad de biol a partir de la mezcla del suero salado y estiércol de cuy.

3.1.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar el mejor rendimiento para la producción de biogás a partir de la mezcla del suero salado y estiércol de cuy.
- Determinar el índice de germinación de la especie *Medicago sativa* por efecto de la aplicación de los bioles producidos por la mezcla del suero salado y estiércol de cuy.
- Determinar la calidad de los bioles.
- Determinar el comportamiento de los parámetros: pH, temperatura y conductividad eléctrica, durante el proceso de fermentación.

3.2 Hipótesis

- Ho: No se puede producir gas y abono de buena calidad a partir de la mezcla del suero salado y estiércol de cuy
- Ha: Sí se puede producir gas y abono de buena calidad a partir de la mezcla del suero salado y estiércol de cuy.

IV. METODOLOGÍA

43

4.1 Tipo de investigación

Según Baena (2014), al manipular una variable experimental no comprobada usando condiciones controladas, se presenta una investigación experimental, la cual tiene como finalidad explicar el porqué de una situación. En ese sentido, la presente investigación es de tipo experimental, ya que se manipuló las variables en condiciones altamente controladas. Además, se realizaron muestras aleatorias las cuales fueron representativas.

4.2 Muestra

En la presente investigación se utilizó el suero proveniente de leche de vaca del ganado de las familias Flores Villanueva, Villanueva León y Villasante Román, la cual fue recolectada de una cantidad de 50 vacas. Por otro lado, se utilizó el estiércol proveniente de cuy del fundo Agroecológico HECOSAN, situado en el Centro Poblado de Macas.

4.3 Muestreo

La presente investigación consta con un tipo de muestreo no probabilístico – Aleatorio simple.

4.4 Materiales

Se utilizaron distintos materiales para la construcción del biodigestor, así como para la salida del biol y biogás. Estos se encuentran detallados en el

Apéndice A, el cual también muestra los materiales utilizados en la elaboración del gasómetro artesanal y el ensayo de fitotoxicidad.

4.5 **Zona de estudio**

Esta investigación se llevó a cabo en el Centro Poblado de Macas ($11^{\circ} 41'00.6''S$ $76^{\circ}55'15.8''O$), situado en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, en la región de Lima, la cual se encuentra a 696 m.s.n.m.

4.6 **Recolección de biomasa**

El suero de leche fue recolectado de la ciudad de Huaros, Canta, Lima ($11^{\circ} 24'24''S$ $76^{\circ}34'32''O$), en un periodo de 5 días. Para el transporte del suero, se utilizó baldes de plástico de 20 litros, los cuales fueron llevados al Fundo Agroecológico HECOSAN, situado en el Centro Poblado de Macas – Distrito Santa Rosa de Quives.

Debido a la baja cantidad de generación de suero salado, se adquirió suero no salado (suero dulce) para luego agregarle sal. De esta manera, se recolectó 680 litros de suero no salado, al cual se le añadió sal para llegar a una concentración aproximada de sales del suero salado.

Se midió la conductividad eléctrica (C.E) tanto en suero salado como no salado, obteniendo valores de 18.77 mS/cm y 12.27 mS/cm respectivamente, tal como se presenta en la Tabla 6. Es necesario resaltar que la muestra de suero salado es el que fue usado para las mezclas.

Tabla 6

Valores de C.E de Suero Salado y Suero No Salado

Suero salado (ms/cm)	Suero No Salado (ms/cm)
18.77	12.27

Por otro lado, el estiércol de cuy fue recolectado del Fundo Agroecológico HECOSAN. Se obtuvo 150 litros de estiércol de cuy, los cuales fueron necesarios para la investigación. Además, se midió el pH del estiércol y el agua usada para la mezcla (Tabla 7).

Tabla 7

Valores de C.E y pH de las Muestras de Estiércol de Cuy y el Agua Usada para las Mezclas

Parámetro	Agua usada para la mezcla	Estiércol de cuy
C.E (ms/cm)	0.5	-
pH	7.6	8.8

Seguidamente, se separó la paja existente del estiércol de cuy y se procedió a medir el volumen correspondiente con baldes de 10, 8 y 2 litros para los distintos tratamientos.

Figura 2

Muestras de Estiércol de Cuy y Suero de Quesería Usado en la Investigación

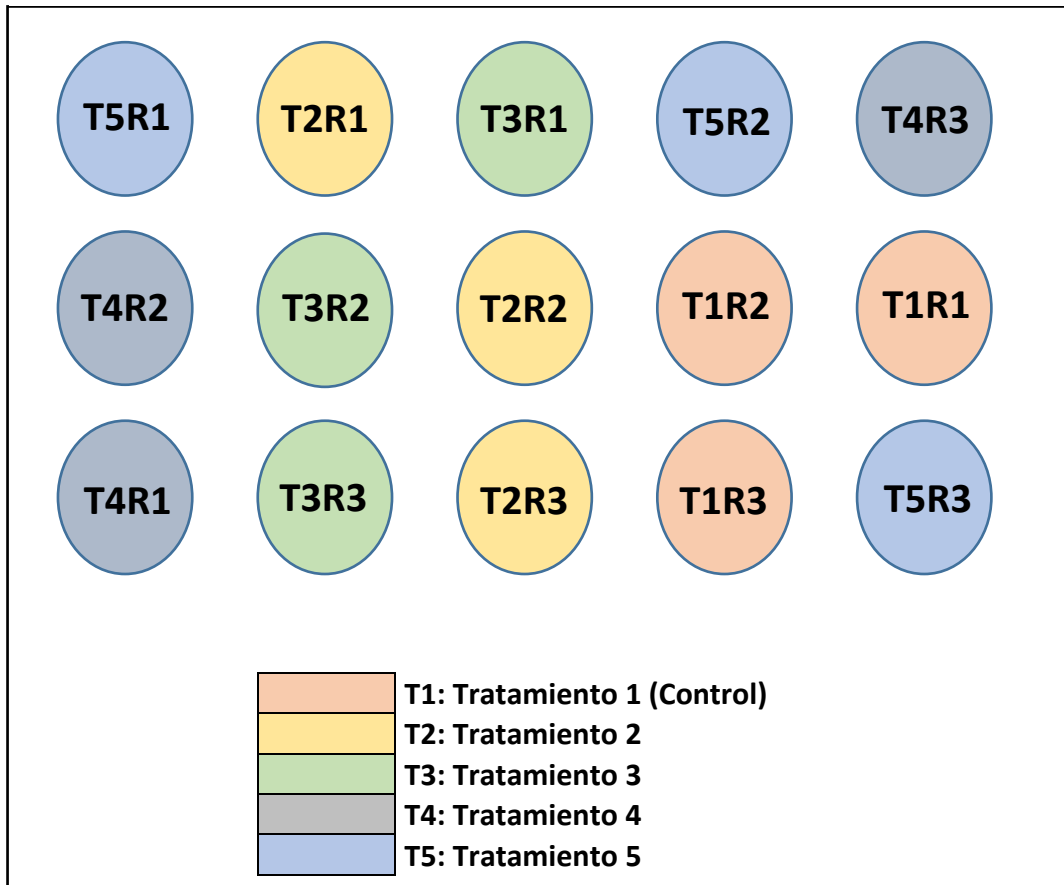


4.7 Tratamientos

Se realizaron 4 tratamientos y un control (T1) con 3 repeticiones cada uno, teniendo en total 15 biodigestores los cuales fueron distribuidos aleatoriamente como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Distribución de Biodigestores en Fundo Agroecológico HECOSAN



En los tratamientos se varió la cantidad de mezcla dependiente al estiércol de cuy y suero salado (Tabla 8); sin embargo, la cantidad de agua utilizada fue la misma proporción en todos los tratamientos (50 litros). Esto debido a que al presentar una mezcla muy diluída, la materia orgánica podría digerirse en cantidades muy bajas, y la producción de biogás podría verse afectada, tal como lo señalan los autores Olaya & González (2009, p. 7). También sustentan que, al usar sustratos como: excreta humana, orines, estiércol y desechos de agricultura en el proceso, se debe contar con una razón de biomasa/agua entre 1:1 y 1:2

Tabla 8

Tratamientos para la Investigación

T1	T2	T3	T4	T5
50 % Suero salado + 50% agua	45 % Suero salado + 50 % agua + 5% estiércol de cuy	40% Suero salado + 50% agua + 10% estiércol de cuy	35 % Suero salado + 50 % agua + 15% estiércol de cuy	30% suero salado + 50% agua + 20% estiércol de cuy
50 litros de suero 50 litros de agua	45 litros de suero salado 50 litros de agua 5 litros de estiércol de cuy	40 litros de suero salado 50 litros de agua 10 litros de estiércol de cuy	35 litros de suero salado 50 de litros de agua 15 litros de estiércol de cuy	30 litros de suero salado 50 litros de agua 20 litros de estiércol de cuy

Nota: Todos los tratamientos contaron con la misma cantidad de agua.

4.8 **Análisis físico-químicos y microbiológicos**

4.8.1 ***Análisis microbiológico***

Se realizó un análisis de coliformes fecales en el laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Marino Tabusso de la Universidad Nacional Agraria

La Molina a una repetición por cada tratamiento. Ello se realizó puesto que se tratan de muestras iniciales (Cañote, 2012).

49

Se tomó 250 ml de muestra por cada tratamiento el día que fue realizada la mezcla, con el objetivo de saber la cantidad de coliformes fecales existentes antes del proceso de fermentación. Del mismo modo, se realizó el mismo análisis después de 164 días de fermentación, con el objetivo de saber el efecto de la fermentación en la cantidad de coliformes fecales.

El tiempo de retención para el biol fue mayor al de la producción de biogás y a la medición de parámetros semanales (pH, temperatura, C.E) debido a la presencia de una emergencia sanitaria por la pandemia del COVID - 19, que afectó la operatividad de los laboratorios de análisis.

4.8.2 **Análisis de porcentaje de grasa**

Se realizó un análisis de porcentaje de grasa en el laboratorio SGS ubicado en la Av. Elmer Faucett 3348 – Callao. Este análisis fue realizado debido a que los procesos de biodigestión pueden verse afectados ante la presencia de grasa, tal como lo explican Sage, Daufin, & Gesan-Guiziu (2008, p. 4062).

Se tomó 600 ml de muestra de suero de leche el día que fue realizada la mezcla, lo cual permitió saber el porcentaje de grasa existente en el suero usado en la investigación.

4.8.3 **Análisis de relación C/N**

50

Se realizó un análisis de relación C/N en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Agraria La Molina.

Se tomó 300 ml de muestra a una repetición por cada tratamiento el día que fue realizada la mezcla, con el objetivo de saber la relación C/N en la que se encuentra cada tratamiento.

4.8.4 **Análisis de materia orgánica líquida (biol)**

Una vez concluida la fermentación, se realizó un análisis de materia orgánica líquida a los bioles generados. Esta fue realizada en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Agraria La Molina a todas las muestras y sus repeticiones.

El análisis midió los siguientes parámetros: pH, C.E, sólidos totales, materia orgánica en solución, Nitrógeno (mg/L), Fósforo (mg/L), Potasio (mg/L), Calcio (mg/L), Magnesio (mg/L) y Sodio (mg/L).

Se tomó 1 L de muestra después de los 164 días de fermentación, con el objetivo de conocer la calidad del biol de acuerdo a los nutrientes presentes.

4.9 **Medición de parámetros durante la fermentación**

Se consideró los siguientes parámetros a medir:

4.9.1 *Temperatura, pH*

51

Para medir el pH y la temperatura se utilizó el potenciómetro del Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur (UCSUR) marca Hanna HI 98127.

En las tres primeras semanas de la investigación, estos parámetros fueron medidos tres veces por semana; las semanas siguientes, dos veces por semana, usando el equipo mencionado. Se comenzó a medir el pH el día que se realizó la mezcla; sin embargo, la temperatura se comenzó a medir después de los 8 días ya que, la finalidad de la medición de este parámetro fue saber la temperatura en el proceso de digestión anaerobia, una vez que los digestores se encontraban en operación.

4.9.2 *Conductividad eléctrica (C.E)*

Para medir la C.E, se usó el conductímetro del Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur (UCSUR) marca Hanna HI 8633.

En las tres primeras semanas de la investigación, se midió tres veces por semana; las semanas siguientes, dos veces por semana usando el equipo mencionado. Se comenzó a medir el día que se realizó la mezcla, mostrando la medición al empezar la investigación.

4.9.3 ***Volumen de gas***

52

Para medir el volumen de gas se usó el Principio de Arquímedes, el cual consiste en el desplazamiento del gas concentrado en los flotadores, el cual desplaza el mismo volumen de agua a un recipiente con un volumen conocido.

Se usó el gasómetro artesanal elaborado (Apéndice 3), el cual permitió medir el volumen de gas acumulado en los flotadores. Se midió una vez por semana, y se comenzó a medir tres semanas después realizada la mezcla. Para la medición, se abrían las válvulas y después de 3 días se realizaba la medición. Después de ella, se cerraban las válvulas hasta la siguiente semana. Esto se realizó debido a que, en las primeras semanas, se notó fugas de gas por lo que se procedió a hacerlo de esa manera.

4.10 **Ensayos de fitotoxicidad**

Se usó semillas de alfalfa (*Medicago sativa*) variedad San Pedro, obtenidas de la empresa Agronegocios “Santa Blanca”, las cuales contaron con un poder germinativo de 95 %. Este ensayo fue realizado con el fin de evaluar el índice de fitotoxicidad de los bioles en las semillas de alfalfa. Asimismo, el ensayo se llevó a cabo utilizando la metodología de Sobrero y Ronco (2004).

Se realizaron diluciones logarítmicas, ya que de esta manera se permite establecer el intervalo de concentración conveniente para una muestra cuya toxicidad se desconoce, tal como lo mencionan Sobrero y Ronco (2004) . De esta manera, los autores mencionados sugieren una prueba exploratoria

utilizando las siguientes diluciones: 100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01% y un control, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Cuadro de Diluciones Logarítmicas Usadas en el Ensayo de Fitotoxicidad

Código	Dilución
Control	100% Agua destilada
100%	Biol Puro 100/100
10%	Dilución 10/100
1%	Dilución 1/100
0.1%	Dilución 0.1/100
0.01%	Dilución 0.01/100

Además, es necesario señalar que se tomaron las condiciones recomendadas por Sobrero y Ronco (2004) para un ensayo de fitotoxicidad. Sin embargo, dado que se presentó una emergencia sanitaria por la pandemia del COVID – 19, el ensayo de fitotoxicidad no se pudo realizar en un laboratorio. Al respecto, se trató de adecuar los parámetros mencionados por los autores Sobrero y Ronco.

De manera que, se utilizaron 780 semillas de alfalfa distribuidas en 78 placas de Petri, colocando 10 semillas en cada una. Se colocó papel absorbente, las cuales fueron embebidas con 4 ml de muestra de cada tratamiento según la dilución, teniendo 3 réplicas por dosis. Además, se midió el pH y C.E de cada dilución (Figura 4).

Figura 4

Preparación de Diluciones y Medición de pH y C.E en Diluciones



Nota: La Figura muestra la preparación de las diluciones, donde en: a) Preparación de pruebas logarítmicas; b) Muestras diluídas al 100%, 10%, 1%, 0.1% y 0.01%; c) Medición de pH a cada dilución; d) Medición de C.E a cada dilución.

Se empleó una pinza para la distribución de las semillas en cada placa (Figura 5), de tal modo que el espacio sea suficiente para el desarrollo de la plántula. Las placas fueron colocadas dentro de bolsas de plásticos, manteniéndolas dentro de una caja de cartón y en oscuridad por 120 horas.

Figura 5

Distribución de 10 Semillas en Placa de Petri



Al término del ensayo, se procedió a contar las semillas germinadas en cada dilución, distribuidas en las placas. Se consideró como criterio de germinación la aparición visible de la radícula.

Luego de ello, con la ayuda de un papel milimetrado y una regla, se realizó la medición de la radícula e hipocotilo de cada semilla germinada. Es importante mencionar que para la medición de la radícula se consideró la elongación desde el nudo hasta el ápice radicular.

De acuerdo a lo mencionado por Varnero, Rojas, & Orellana (2007) , se midieron los siguientes parámetros: Porcentaje de germinación relativo (PGR), Crecimiento de radícula relativo (CRR) e Índice de germinación (IG). Para ello, se utilizó las siguientes fórmulas mencionadas por los autores:

$$PGR = \frac{\text{No de semillas germinadas en el extracto}}{\text{No de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

56

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en el extracto}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

Teniendo en cuenta que las semillas germinadas y la elongación de radícula en agua destilada (control) fueron consideradas como testigo.

Para evaluar la fitotoxicidad se establecieron criterios de interpretación, los cuales fueron tomados según Zucconi, Pera, Forte, & M. de Bertoldi (1981) y se detallan a continuación:

- Valores de $IG \geq 80\%$, indican ausencia de sustancias fitotóxicas o baja concentración de ellas.
- Valores de $IG \leq 50\%$, indican que hay una elevada presencia de sustancias fitotóxicas.
- Valores que se encuentran entre el siguiente rango: $50\% < IG < 80\%$, indican presencia moderada de sustancias fitotóxicas.

Asimismo, Varnero et al. (2007) sostienen que, dado que el IG integra el PGR y PCR, es calificado como un indicador completo para describir el potencial fitotóxico de un material orgánico.

4.11 Análisis estadístico

57

El trabajo fue de carácter experimental y se realizó un “Diseño Completo al azar”, con 5 tratamientos y 3 repeticiones cada una.

El programa estadístico utilizado fue el programa SPSS 25, donde para los parámetros medidos durante la fermentación (pH, C.E y temperatura) y contenido de nutrientes, se realizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para aquellos que pasaron la prueba de normalidad. Mientras que para los parámetros que no cumplieron con la normalidad, se realizó la prueba de Kruskal - Wallis. Además, se usó la correlación de Pearson para los nutrientes presentes en los bioles, de acuerdo a los valores de pH (N, P, K, Mg y Ca) y C.E (Na)

De acuerdo con el análisis del volumen de gas generado, se usó el análisis de curvas de frecuencia acumulado, señalando la producción de biogás de acuerdo al tiempo y los tratamientos.

Con respecto al índice de germinación, se realizó el diseño por bloques aleatorizados, indicando las diferencias de acuerdo a los tratamientos y diluciones.

4.12 Criterios de calidad tomados para el biol

En el Perú no se cuenta con una normativa nacional referente a la calidad de biofertilizantes líquidos; por lo que se procedió a tomar lo expuesto por Soto

y Meléndez (2004, p. 95), los cuales indican que entre los parámetros más comunes para determinar la calidad de abono como fuente de nutrimentos, se encuentra el análisis foliar o de digestión total (determinación del contenido total de nutrientes existentes en el biol) y prueba de fitotoxicidad. Así también, mencionan la importancia de la inocuidad de los abonos orgánicos, ya que puede traer consigo daños a la salud humana, para lo cual detallan las pruebas de microorganismos patógenos y de contenido de metales pesados.

De acuerdo a los nutrientes presentes en los bioles, se tomó lo establecido por Suarez Segura (2009), el cual sugiere rangos mínimos para bioles con la finalidad de potenciar y mejorar la eficiencia en la producción y fines agrícolas:

- Nitrógeno: > 700 mg/l
- Fósforo: > 170 mg/l
- Potasio: > 1 300 mg/l
- Calcio: > 1 800 mg/l

En este sentido, se evaluó la calidad del biol según la composición de nutrientes sugerida por Suarez Segura (2009), carga microbiana patógena usando los límites expuestos en el D.S. N° 004-2017-MINAM y efectos fitotóxicos del biol según los criterios de interpretación de Zucconi et al. (1981). Asimismo, el análisis de metales pesados en la práctica debería ser realizado; sin embargo, para la presente investigación no se consideró.

V. RESULTADOS

59

5.1 Análisis físico-químico y microbiológicos

5.1.1 *Resultados de análisis de relación C/N según tratamientos*

En la Tabla 10 se muestra los resultados del análisis de relación C/N según los tratamientos, el cual fue elaborado en el Laboratorio LASPAF.

Tabla 10

Relación C/N según tratamientos

Tratamientos	Relación Carbono/Nitrógeno
T1	15.72
T2	18.59
T3	18.71
T4	15.78
T5	16.07

La relación C/N se encuentra en el rango estimado por López Dávila, Jiménez, Romero, & Dewulf (2012, p. 276), donde mencionan que la relación debe oscilar entre 15-30:1 en la composición del sustrato a degradar, para alcanzar una eficiencia metabólica en el proceso de la digestión anaerobia. En la Tabla 10, se puede observar que, T2, T3 y T5 presentan los valores más altos de relación C/N a comparación de los demás tratamientos. Mientras que, T1 y T4 son los que presentan los menores valores de este parámetro.

5.1.2 Resultados del análisis de porcentaje de grasa

Del resultado presente en la Tabla 11, se obtuvo 0.57% de grasa, el cual puede ser considerado alto al compararlo con el estudio de Zambrano (0.45%). Asimismo, Guerrero-Haber, Ramírez-Perú, & Puente-Vidal (2011, p. 96), al realizar comparaciones de porcentaje de grasa de diferentes autores, obtuvieron valores entre 0.20% a 0.32%. Por lo que el valor obtenido en la presenta investigación, podría reflejar cierta optimización del proceso de producción.

Tabla 11

Porcentaje de Grasa en el Suero de Leche Usado en la Investigación

Ensayo	% de grasa	Método
Grasa (%)	0.57	NTP 202.126:1998 (revisada el 2014). LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Leche cruda. Grasa en la leche. Método Roese-Gottlieb

5.1.3 Resultados de análisis de coliformes fecales

Los resultados del análisis de coliformes fecales presentes al inicio y al final de la fermentación se muestra en la Tabla 12, donde se indica que T2, T3 y T4 presentaron la mayor cantidad de coliformes fecales al inicio de la fermentación (> 1100 NMP/ml); sin embargo después de la fermentación, el valor fue reducido a < 3, el cual indica ausencia de microorganismos. El T1 y T5 presentaron 4 NMP/ml y 40 NMP/ml respectivamente al inicio de la fermentación, los cuales después fueron reducidos.

Tabla 12

Valores de Coliformes Fecales al Inicio y al Final de la Fermentación

Tratamientos	Inicio (NMP/ml)	Final (NMP/ml)
T1	4	< 3 Ausente
T2	> 1100	< 3 Ausente
T3	> 1100	< 3 Ausente
T4	> 1100	< 3 Ausente
T5	40	4.3

Los resultados obtenidos al final de la fermentación fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental de Agua (ECA) Clase III (D.S. N° 004-2017-MINAM), presentado en la Tabla 13, el cual indica que todos los tratamientos cumplen con la normativa. Además, a pesar que el T5 fue superior a los demás tratamientos, este también cumplió con los límites dados por la normativa.

Tabla 13

Comparación de Valores Límites de Coliformes Fecales según ECA de Agua para Riego de Vegetales (Clase III)

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	ECA de Agua
Coliformes fecales (NMP/ml)	< 3 (Ausente)	< 3 (Ausente)	< 3 (Ausente)	< 3 (Ausente)	4.3	10

5.1.4 Resultados de análisis orgánico líquido (biol)

Se analizaron los resultados de los parámetros químicos, realizando un promedio de las repeticiones, los cuales son mostrados en la Tabla 14. Además, se muestra la metodología utilizada para cada parámetro.

Tabla 14

Composición Química de los Bioles

Parámetro	Metodología utilizada	T1	T2	T3	T4	T5
pH	Potenciometría. Determinación en pasta saturada.	3.00	4.33	4.81	5.59	7.31
C.E (dS/m)	Medición indirecta del contenido de sales solubles en el extracto acuoso obtenido de la pasta saturada.	12.80	15.17	17.10	18.00	19.37
Sólidos totales (g/L)	Diferencia de peso, gravimetría	17.24	12.28	14.79	16.12	17.16
Materia orgánica en solución (g/L)	Determinación del carbono orgánico por el método de Walkey y Black o del Dicromato de Potasio	9.88	3.44	4.73	5.91	6.02
N (mg/L)	Método de Kjeldahl	641.20	545.07	632.80	713.07	714.93
P (mg/L)	Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato	172.31	232.43	277.51	299.08	114.81
K (mg/L)	Espectrofotometría de absorción atómica	613.75	938.08	1410.00	1607.50	2155.83
Ca (mg/L)	Espectrofotometría de absorción atómica	261.25	443.33	579.17	595.83	505.83
Mg (mg/L)	Espectrofotometría de absorción atómica	50.15	93.83	148.25	196.50	250.75

Parámetro	Metodología utilizada	T1	T2	T3	T4	T5
Na (mg/L)	Espectrofotometría de absorción atómico	2212.50	1691.67	1658.33	1441.67	1283.33

En la Tabla 14, se observa que los valores de pH varían de 3 a 7.31, presentando valores de acidez en T1, T2, T3 y T4; mientras que T5, presenta valores dentro de la alcalinidad.

Además, se realizaron pruebas estadísticas con respecto al pH y C.E obtenidos en los bioles, donde se presentó diferencias en los dos parámetros. De acuerdo al pH (Tabla 15), tanto T1 como T5 fueron significativamente diferentes con todos los tratamientos, mientras que T2, T3 y T4 no presentaron diferencias.

Tabla 15

Prueba Estadística T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según pH

Tratamiento	N	Promedio de pH	p
T1	3	3.00	a
T2	3	4.33	b
T3	3	4.81	b
T4	3	5.59	b
T5	3	7.31	c

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

De acuerdo a la C.E, la Tabla 16 muestra ausencia de diferencias en T2, T3 y T4; sin embargo, T1 y T5 son estadísticamente diferentes.

Tabla 16

Prueba Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según C.E

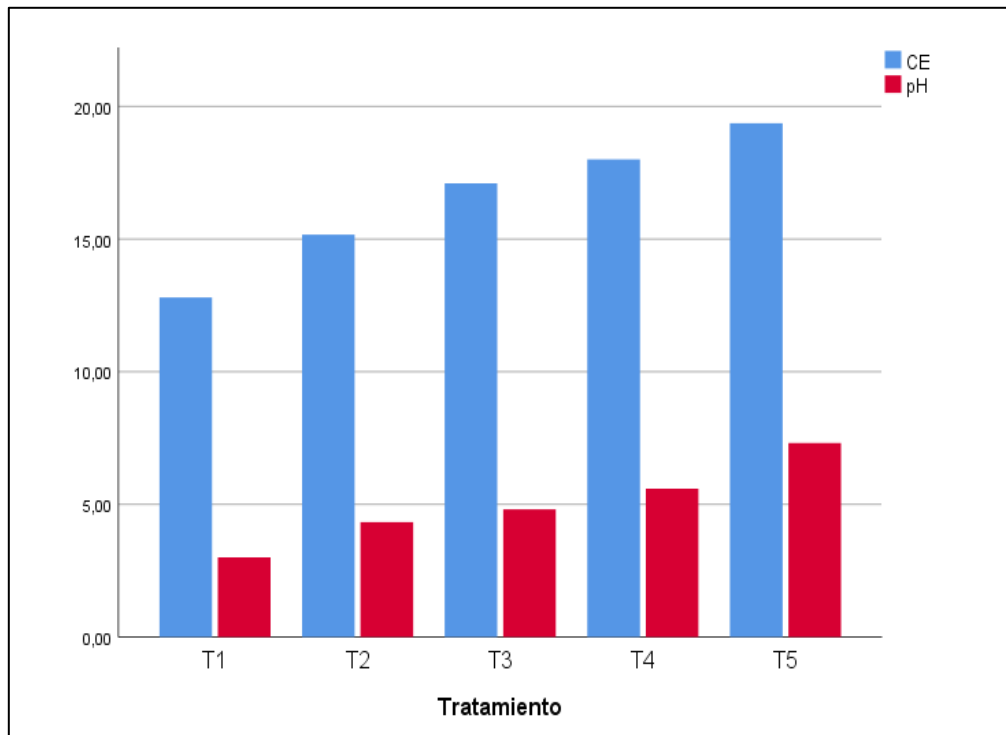
Tratamiento	N	Promedio de C.E (dS/m)	p
T1	3	12.80	a
T2	3	15.17	ab
T3	3	17.10	ab
T4	3	18.00	ab
T5	3	19.37	b

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

En la Figura 6, se muestra el comportamiento de pH y C.E, según los tratamientos, en el cual se observa incrementos notables en tratamientos con mayores proporciones de estiércol de cuy.

Figura 6

Comportamiento de pH y C.E de los Bioles Generados Según Tratamientos



Con respecto a los nutrientes, a continuación, se muestra el análisis de cada uno de ellos según los resultados obtenidos:

a. Nitrógeno

Se realizó la prueba estadística Kruskal - Wallis, el cual mostró la ausencia de diferencias en el contenido de N, de acuerdo a los tratamientos ($p = 0.054$). En la Tabla 17 y Figura 7 se observa el promedio de los tratamientos según el contenido de N existente, donde se muestra que el T2 (545.07 mg/L) es aquel que contiene el menor valor del macronutriente, mientras que los tratamientos T4 (713.07 mg/L) y T5 (714.93 mg/L) presentan los valores más altos.

Tabla 17

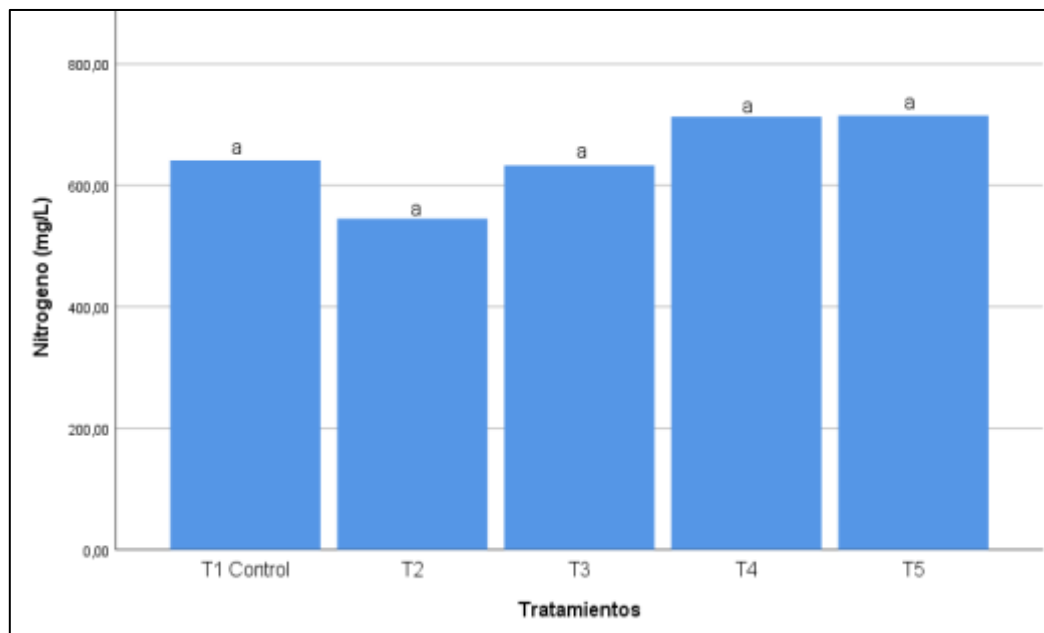
Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de N

Tratamiento	N	Promedio del contenido de N (mg/L)	p
T1	3	641.20	a
T2	3	545.07	a
T3	3	632.80	a
T4	3	713.07	a
T5	3	714.93	a

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

Figura 7

Contenido de N Según Tratamientos



Nota: Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Tomando los valores sugeridos por Suarez, donde la cantidad de N presente en un biol debe ser mayor a 700 mg/L, los tratamientos que cumplen con ello son T4 y T5. Por el contrario, los tratamientos T1, T2, T3 presentan valores menores a lo indicado por el autor.

Adicionalmente, se realizó la prueba de Pearson (Tabla 18), la cual indicó existencia de correlación entre el contenido de N y los valores de pH presentes en los tratamientos ($p = 0.038$); no obstante, el valor indicó una escasa correlación.

Tabla 18

Correlación de Pearson entre el Contenido de N y pH

	Nitrógeno		
	r	p	N
pH	0.540	0.038	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

b. Fósforo

La prueba estadística ANOVA de un factor indica que existen diferencias estadísticas en el contenido de P, de acuerdo a los tratamientos ($f = 20.710$, $p < 0.05$). En la Tabla 19 y Figura 8 se puede apreciar que, de acuerdo con la prueba post - hoc de T3 de Dunnet, se identificó que los tratamientos T1 (172.31 mg/L),

T2 (232.43 mg/L) y T3 (277.51 mg/L) son estadísticamente diferentes. Por otro lado, T4 y T5 no muestran diferencias con T1, T2 y T3.

Tabla 19

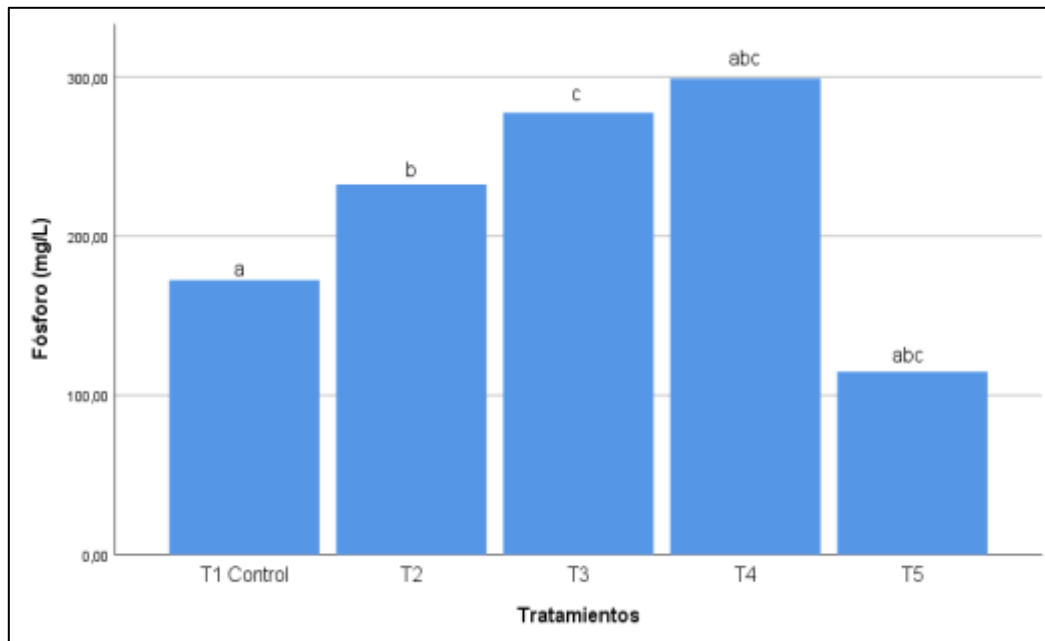
Prueba Estadística Post-hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según el Contenido de P

Tratamiento	N	Promedio del contenido de P (mg/L)	p
T1	3	172.31	a
T2	3	232.43	b
T3	3	277.51	c
T4	3	299.08	abc
T5	3	114.81	abc

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

Figura 8

Contenido de P Según Tratamientos



Nota: Letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos, y letras iguales; igualdad estadística.

Atendiendo a las consideraciones de Suarez, el T5 es el único tratamiento que no cumple con lo establecido, el cual indica que la presencia de este nutriente debe ser mayor a 170 mg/L.

Por otro lado, la prueba de correlación de Pearson indicó ausencia de correlación entre el contenido de P y el pH ($p = 0.361$), como se puede apreciar en la Tabla 20.

Tabla 20

Correlación de Pearson entre el Contenido de P y pH

	Fósforo		
	R	p	N
pH	-0.254	0.361	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

c. Potasio

Los resultados, según la prueba ANOVA, indicaron que hay diferencias significativas en el contenido de K, de acuerdo a los tratamientos ($f = 54,995$; $p = 0.00$). Se usó la prueba T3 de Dunnet para observar las diferencias entre los tratamientos. La Tabla 21 indica que el T1 es significativamente diferente con todos los tratamientos, así también el T2 con los tratamientos T1, T3 y T5, más no con T4. Además, la tabla muestra que los tratamientos T3, T4 y T5 no son significativamente diferentes.

Tabla 21

Prueba Estadística Post - hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco

Tratamientos según el Contenido de K

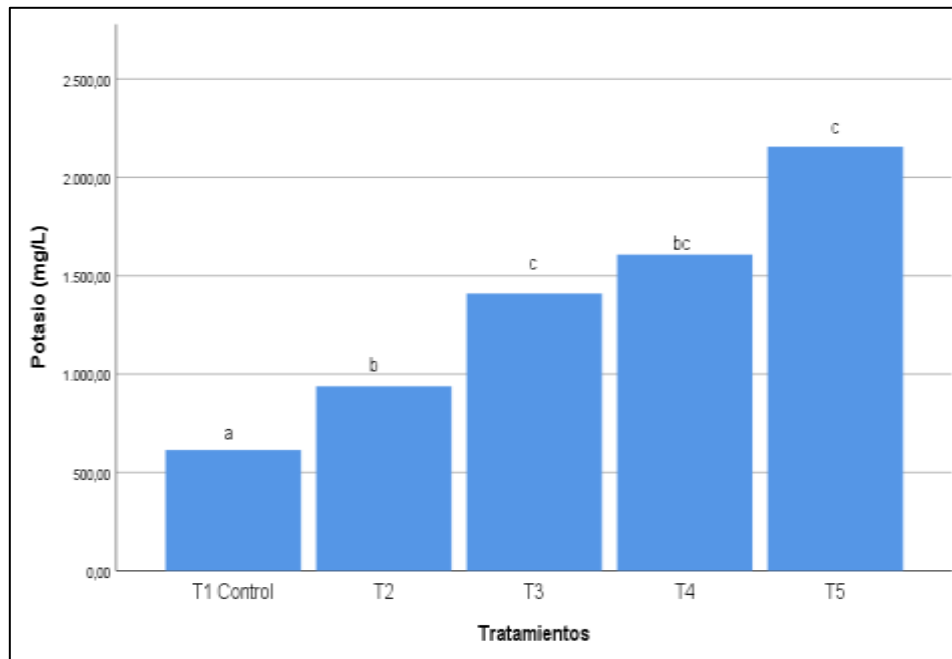
Tratamiento	N	Promedio del contenido de K (mg/L)	p
T1	3	613.75	a
T2	3	938.08	b
T3	3	1410.0	c
T4	3	1607.50	bc
T5	3	2155.83	c

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

Adicionalmente, en la Figura 9 se puede observar que, a mayor cantidad de estiércol de cuy presente en los tratamientos, el contenido de K incrementa. Por tanto, se realizó la correlación de Pearson (Tabla 22), la cual indicó que hay una muy buena correlación entre el nutriente y los valores de pH presentes en los diferentes tratamientos ($r = 0.970$, $p = 0.00$); por lo que se podría inferir que, a mayor valor de pH, el contenido de K es mayor.

Figura 9

Contenido de K Según Tratamientos



Nota: Letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos, y letras iguales; igualdad estadística

Tabla 22

Correlación de Pearson entre el Contenido de K y pH

	Potasio		
	r	p	N
pH	0.970	0.00	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

Por otro lado, los tratamientos que sobrepasan los 1300 mg/L son T4 y T5, los cuales estarían dentro del rango establecido por Suarez según el contenido de K que debe tener un biol.

d. Calcio

La prueba de ANOVA mostró diferencias entre los tratamientos para el contenido de Ca ($f = 29.493$; $p = 0.00$). Al realizar la prueba T3 de Dunnet (Tabla 23), se obtuvo que el T1 es significativamente diferente con el T2, T3 y T4; sin embargo tiene resultados similares que el T5. Del mismo modo, el T2 es diferente con T1 y T4. Por otro lado, T2 y T3 no muestran diferencias entre ellos; además el T5 no muestra diferencias con ninguno de los tratamientos.

Tabla 23

Prueba Estadística Post - hoc de T3 de Dunnet al Comparar los Cinco Tratamientos según el Contenido de Ca

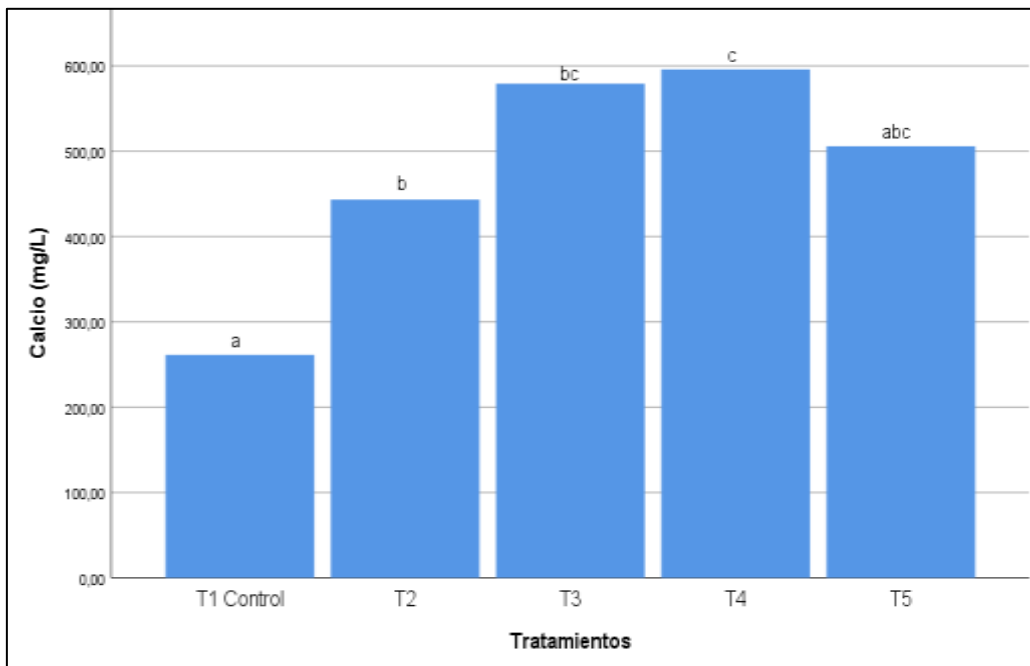
Tratamiento	N	Promedio del contenido de Ca (mg/L)	p
T1	3	261.25	a
T2	3	443.33	b
T3	3	579.17	bc
T4	3	595.83	c
T5	3	505.83	abc

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas)

En la Figura 10 se observa que los mayores contenidos de Ca se encuentran en el T3 y T4; mientras que el T1 indica una concentración baja de este nutriente.

Figura 10

Contenido de Ca Según Tratamientos



Nota: Letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos, y letras iguales; igualdad estadística

La prueba de Pearson presentada en la Tabla 24, indicó correlación entre el contenido de K y el pH ($p = 0.011$); indicando un valor de correlación de 0.632, y el cual indica una buena correlación entre los dos factores.

Tabla 24

Correlación de Pearson entre el Contenido de Ca y pH

	Calcio		
	r	p	N
pH	0.632	0.011	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

Es importante recalcar que, todos los tratamientos indicaron valores menores de 1800 mg/L, los cuales no cumplen con lo sugerido por Suarez respecto al contenido de Ca en un biol.

e. Magnesio

La prueba de Kruskal - Wallis, mostrado en la Tabla 24, indicó que existen diferencias en el contenido de Mg ($p = 0.010$), obteniendo que el T1 es significativamente diferente con el T5.

Tabla 25

Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de Mg

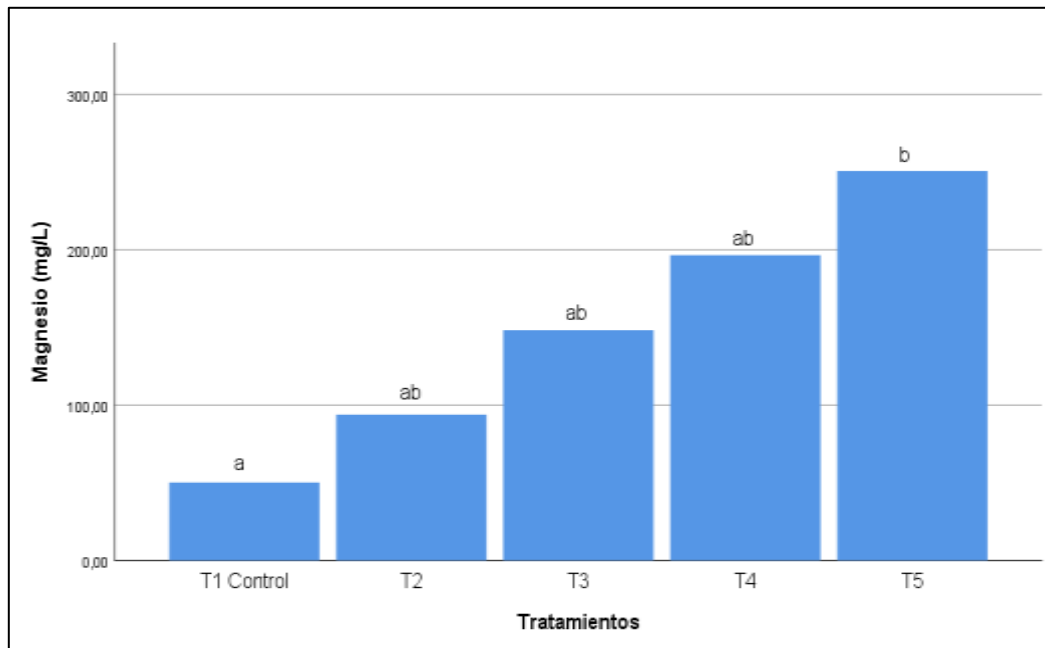
Tratamiento	N	Promedio del contenido de Mg (mg/L)	p
T1	3	50.15	a
T2	3	93.83	ab
T3	3	148.25	ab
T4	3	196.50	ab
T5	3	250.75	b

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

En la Figura 11, se observa que hay un incremento en el contenido de Mg de acuerdo a la cantidad de estiércol agregada por tratamiento. De este modo, el mayor contenido es observada en el T5, por el contrario, el T1 muestra el contenido más bajo.

Figura 11

Contenido de Mg Según Tratamientos



Nota: Letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos, y letras iguales; igualdad estadística

Se realizó la prueba de Pearson (Tabla 26), la cual mostró correlación entre el pH y el contenido de Mg. Además, el valor de la correlación de Pearson ($r = 0.969$) indicó una muy buena correlación entre estos dos factores.

Tabla 26

Correlación de Pearson entre el Contenido de Mg y pH

	Magnesio		
	r	p	N
pH	0.969	0.00	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

f. Sodio

La prueba de Kruskal - Wallis (Tabla 27) indicó diferencias entre los tratamientos de acuerdo al contenido de Na ($p = 0.014$), indicando que los tratamientos T1 y T5 son significativamente diferentes.

Tabla 27

Prueba Estadística Kruskal - Wallis al Comparar los Cinco Tratamientos Según el Contenido de Na

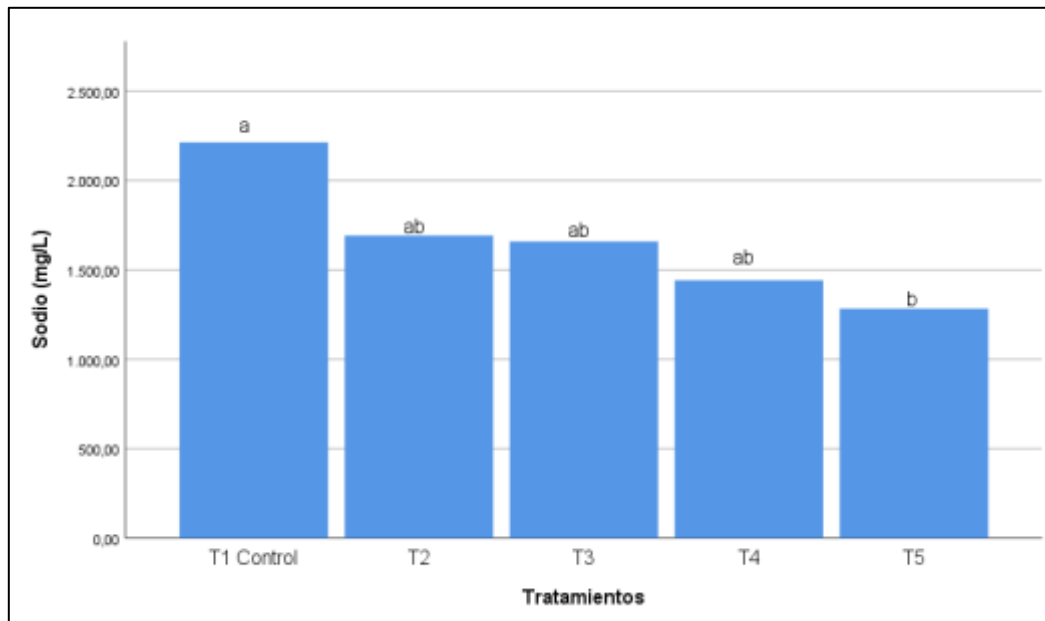
Tratamiento	N	Promedio del contenido de Na (mg/L)	p
T1	3	2212.50	a
T2	3	1691.67	ab
T3	3	1658.33	ab
T4	3	1441.67	ab
T5	3	1283.33	b

Nota: N: Número de repeticiones en el tratamiento. p: nivel de significancia (letras indican igualdad o ausencia de diferencias significativas).

La Figura 12 muestra que el contenido de Na incrementa según la cantidad de suero salado presente en el tratamiento; de acuerdo a ello se procedió a realizar la prueba de correlación de Pearson entre el contenido de Na y la C.E, según los tratamientos. Esta prueba se muestra en la Tabla 28, donde se obtuvo un nivel de significancia (p) de 0.00, indicando correlación entre estos dos factores. Además, el valor de correlación de Pearson indica una muy buena correlación.

Figura 12

Contenido de Na Según Tratamientos



Nota: Letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos, y letras iguales; igualdad estadística

Tabla 28

Correlación de Pearson entre el Contenido de Na y C.E

	Sodio		
	r	p	N
C.E	-0.908	0.00	15

Nota: r: correlación de Pearson, p: Nivel de significancia al 95%, N: Cantidad de muestras

5.2 Parámetros de evaluación en campo

81

5.2.1 *Resultados de la medición de pH*

La variación de pH según el tiempo (semanas) se muestra en la Tabla 29. El periodo de monitoreo fue de 61 días, en donde se puede observar que el día en que se realizó la mezcla (Lectura 1), los valores iban desde 4.6 hasta 6.8, siendo el más cercano a la neutralidad el T5. En todo el proceso, el T5 mostró los valores de pH más altos, llegando hasta un valor de 6.0 en la semana 8, seguidamente del T4 y T3 llegando a valores de 5.3 y 5.0 respectivamente. Finalmente, T2 y T1 se ubicaron en el último lugar con valores de 4.4 y 3.5 respectivamente.

Tabla 29

Promedio Semanal del pH Según los Cinco Tratamientos

	T1	T2	T3	T4	T5
Lectura 1	4.6	5.3	5.9	6.3	6.8
Semana 1	3.3	3.3	3.6	4.0	5.2
Semana 2	3.3	3.5	3.9	5.0	5.3
Semana 3	3.4	3.7	4.6	5.1	5.5
Semana 4	3.4	3.9	5.1	5.2	5.5
Semana 5	3.5	3.8	4.9	5.2	5.6
Semana 6	3.4	3.9	4.9	5.2	5.7
Semana 7	3.5	4.1	5.0	5.2	5.8
Semana 8	3.5	4.4	5.0	5.3	6.0

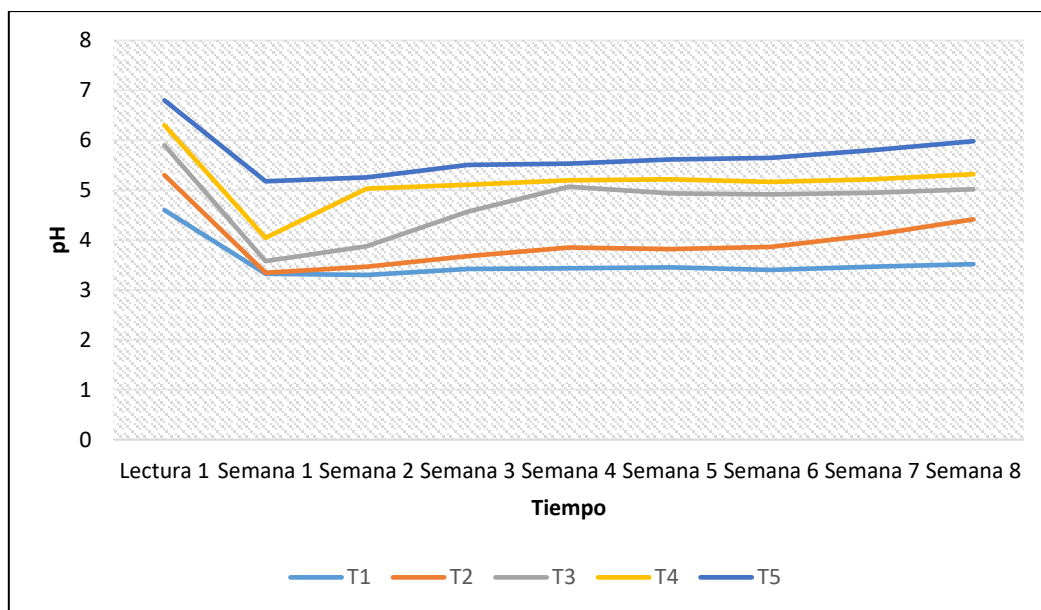
Adicionalmente, los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas entre los tratamientos T1-T4 ($p = 0.002$), T1-T5 ($p = 0.00$) y T2-T5

($p = 0.001$). La Figura 13 muestra el comportamiento del pH durante las 8 semanas, donde se aprecia que a los 8 días empezada la fermentación, los valores de pH presentan una disminución drástica en los cinco tratamientos. Sin embargo, en las semanas posteriores, los valores incrementan.

Hay que resaltar que, en las 8 semanas de medición, ninguno de los tratamientos obtuvo valores correspondientes a la neutralidad ($pH = 7$).

Figura 13

Comportamiento del pH Según Tratamientos



5.2.2 Resultados de la medición de temperatura

La temperatura en el interior de los digestores, fueron medidas en grados Celsius ($^{\circ}C$) y se midió entre el rango de horas de 2:00 pm a 4:30 pm, al igual que los parámetros de C.E y pH.

Los valores promedios semanales de los cinco tratamientos con sus repeticiones se muestran en la Tabla 30. La prueba estadística ANOVA indicó que no hubo diferencias significativas en la temperatura.

Tabla 30

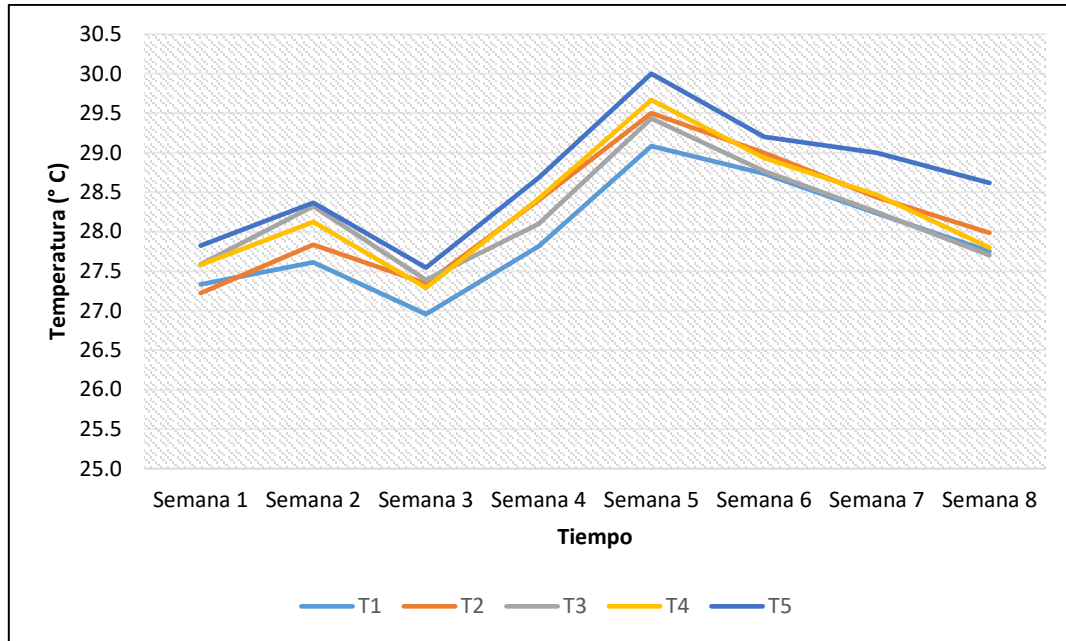
Promedio Semanal de la Temperatura Según Tratamientos

	T1	T2	T3	T4	T5
Semana 1	27.3	27.2	27.6	27.6	27.8
Semana 2	27.6	27.8	28.3	28.1	28.4
Semana 3	27.0	27.3	27.4	27.3	27.5
Semana 4	27.8	28.4	28.1	28.4	28.7
Semana 5	29.1	29.5	29.4	29.7	30.0
Semana 6	28.7	29.0	28.8	28.9	29.2
Semana 7	28.2	28.4	28.3	28.5	29.0
Semana 8	27.8	28.0	27.7	27.8	28.6

La Figura 14 muestra el comportamiento de la temperatura según el tiempo. Se observa que los cinco tratamientos presentaron temperaturas muy semejantes, obteniendo valores correspondientes a un rango mesófilo. Por otro lado, se aprecia una elevación de temperatura en la semana 6, la cual en las semanas siguientes el valor desciende.

Figura 14

Comportamiento de la Temperatura semanal según Tratamientos



5.2.3 Resultados de medición de C.E

La Tabla 31 muestra los promedios semanales de la C.E (ms/cm) en los cinco tratamientos durante 8 semanas, donde se observa que, el día en que se realizó la mezcla, los valores fueron de 10.4 ms/cm, 11.2 ms/cm, 12.3 ms/cm, 12.3 ms/cm y 12.4 ms/cm para el T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente; mostrando valores mayores en los tratamientos con mayor cantidad de estiércol de cuy. En las semanas posteriores, los valores incrementaron en todos los tratamientos.

Tabla 31

Promedio Semanal de la C.E (ms/cm) Según Tratamientos

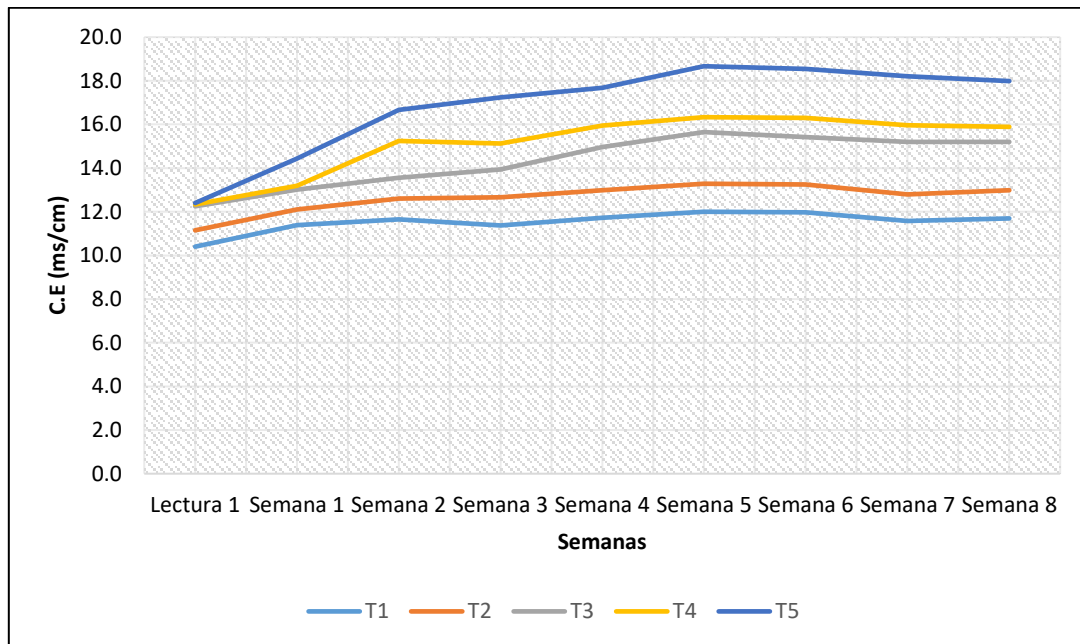
	T1	T2	T3	T4	T5
Lectura 1	10.4	11.2	12.3	12.3	12.4
Semana 1	11.4	12.1	13.0	13.2	14.4
Semana 2	11.6	12.6	13.6	15.2	16.7
Semana 3	11.4	12.7	13.9	15.1	17.2
Semana 4	11.7	13.0	15.0	16.0	17.7
Semana 5	12.0	13.3	15.7	16.3	18.7
Semana 6	12.0	13.3	15.4	16.3	18.6
Semana 7	11.6	12.8	15.2	16.0	18.2
Semana 8	11.7	13.0	15.2	15.9	18.0

Los análisis estadísticos indicaron diferencias entre los tratamientos. Según la prueba de Kruskal - Wallis, las diferencias se encontraron en los tratamientos: T1 - T3 ($p = 0.021$), T1 - T4 ($p = 0.001$), T1 - T5 ($p = 0.00$) y T2 - T5 ($p = 0.002$).

La Figura 15 muestra el comportamiento de la C.E durante la fermentación, el cual señala que los valores del T5 fueron los más altos con respecto a los demás tratamientos, alcanzando un valor de 18.0 ms/cm en la semana 8. Además, este tratamiento evidenció altos valores en todo el proceso de fermentación. Por el contrario, T1, T2 y T3 mostraron los valores más bajos de C.E en todo el proceso, alcanzando valores de 11.7 ms/cm, 13.0 ms/cm y 15.2 ms/cm en la semana 8.

Figura 15

Comportamiento de la C.E Semanal Según Tratamientos



5.2.4 Resultados de la producción de biogás

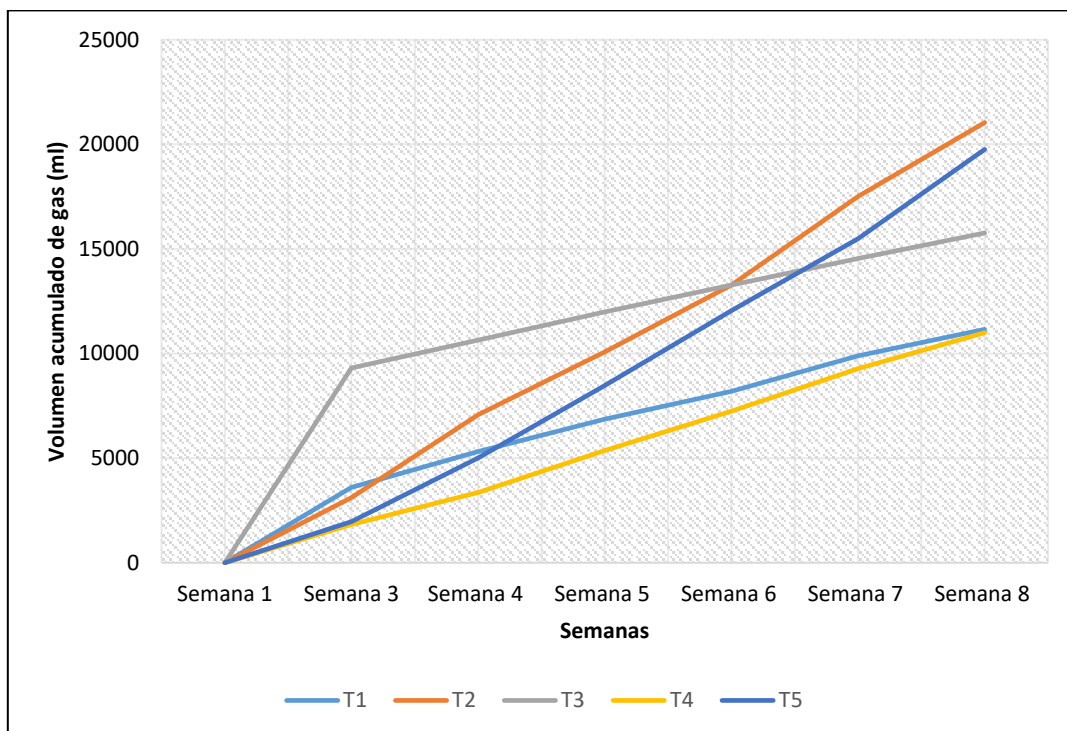
La Figura 16 muestra el comportamiento de la producción de biogás promedio acumulada, según los tratamientos y el tiempo. Se observa que, T2 y T5 obtuvieron los valores más altos, de acuerdo a la producción de biogás. En el caso del T3, se observa un incremento en las primeras tres semanas; no obstante el biogás desciende en las semanas posteriores. Por el contrario, T1 y T4 presentaron los valores mas bajos.

Por lo tanto, se puede expresar que la producción de biogás estuvo sujeta de la siguiente manera: $T4 < T1 < T3 < T5 < T2$; obteniendo valores de 10996.7 ml, 11156.7 ml, 15763.3 ml, 19758.3 ml y 21041.7 ml respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar que el T5 mostró fallas en las conexiones del

digestor, perjudicando la medición del volumen de biogás; por lo que la producción de biogás generada podría ser mayor a la registrada.

Figura 16

Comportamiento del Volumen de Biogás Acumulado Durante 8 Semanas



5.3 Análisis de fitotoxicidad

5.3.1 *Evaluación de pH y C.E según diluciones logarítmicas*

Se estudiaron los efectos fitotóxicos de los bioles obtenidos en cada tratamiento, realizando un ensayo de toxicidad usando semillas de alfalfa. Se trabajó con diluciones al 100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01% y un control, para las cuales se usó agua destilada.

Se tomaron mediciones de pH y C.E de cada dilución y sus repeticiones.

Los promedios de estas características son mostrados en la Tabla 32.

Tabla 32

Mediciones de pH y C.E Según Diluciones Logarítmicas

Tratamiento	Diluciones	pH	C.E (ms/cm)
Control	100%	7.5	0.0
	100%	3.3	8.6
T1	10%	3.6	1.1
	1%	3.7	0.1
	0.1%	3.9	0.0
	0.01%	4.2	0.0
	100%	4.7	10.9
T2	10%	4.9	1.2
	1%	5.2	0.1
	0.1%	5.7	0.0
	0.01%	6.0	0.0
	100%	5.1	13.0
T3	10%	5.1	1.6
	1%	5.4	0.1
	0.1%	5.7	0.0
	0.01%	5.8	0.0
	100%	5.8	14.1
T4	10%	6.0	1.4
	1%	6.3	0.2
	0.1%	6.4	0.0
	0.01%	6.5	0.0
	100%	7.4	15.0
T5	10%	7.5	1.6
	1%	7.7	0.2
	0.1%	8.0	0.0
	0.01%	8.1	0.0

De acuerdo con la Tabla 32, se muestra que los valores de pH aumentan según el tratamiento. De tal manera que el T4 y T5, presentan los valores más altos de pH y C.E; por el contrario, los tratamientos T1, T2 y T3 presentan los

valores más bajos. Además, se puede apreciar que mientras se va incrementando la dilución, el pH aumenta y el C.E decrece.

89

Conviene señalar que los valores de C.E mostrados como 0.0, no quiere decir que no existe un valor de C.E para la dilución, sino que estos son valores mínimos.

5.3.2 *Índice de germinación*

Dado que para la determinación del % IG, se requiere los valores de % PGR y % CRR, se sacó los promedios de las semillas germinadas y longitud de radícula, presentados en las diluciones de acuerdo a los cinco tratamientos. Estos valores se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33

% IG Según Diluciones Logarítmicas

Tratamiento	Dilución	Semillas Germinadas	% PGR	Longitud de Radícula (mm)	% CRR	% IG
Control	100%	9.67	100.00	19.34	100.00	100.0
	100 %	0.33	3.45	1.67	8.62	0.3
	10 %	9.00	93.10	15.38	79.53	74.0
	1 %	9.67	100.00	16.16	83.57	83.6
	0.1 %	9.67	100.00	18.34	94.87	94.9
	0.01 %	10.00	103.45	20.80	107.57	111.3
T1	100 %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
	10 %	9.67	100.00	12.25	63.36	63.4
	1 %	9.33	96.55	16.44	85.00	82.1
	0.1 %	8.33	86.21	19.86	102.72	88.5
	0.01 %	9.33	96.55	21.34	110.36	106.6
	T2	100 %	0.33	3.45	1.67	8.62
10 %		10.00	103.45	17.27	89.29	92.4
1 %		10.00	103.45	20.07	103.77	107.4
0.1 %		9.67	100.00	21.24	109.86	109.9
0.01 %		9.33	96.55	18.33	94.81	91.5
T3		100 %	2.67	27.59	2.38	12.31
	10 %	9.00	93.10	14.96	77.38	72.0
	1 %	9.67	100.00	19.86	102.72	102.7
	0.1 %	9.67	100.00	20.31	105.04	105.0
	0.01 %	10.00	103.45	20.97	108.43	112.2
	T4	100 %	0.00	0.00	0.00	0.00
10 %		10.00	103.45	19.57	101.19	104.7
1 %		9.33	96.55	20.17	104.31	100.7
0.1 %		9.33	96.55	25.80	133.42	128.8
0.01 %		9.33	96.55	25.51	131.95	127.4
T5		100 %	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 %	10.00	103.45	19.57	101.19	104.7
	1 %	9.33	96.55	20.17	104.31	100.7
	0.1 %	9.33	96.55	25.80	133.42	128.8
	0.01 %	9.33	96.55	25.51	131.95	127.4

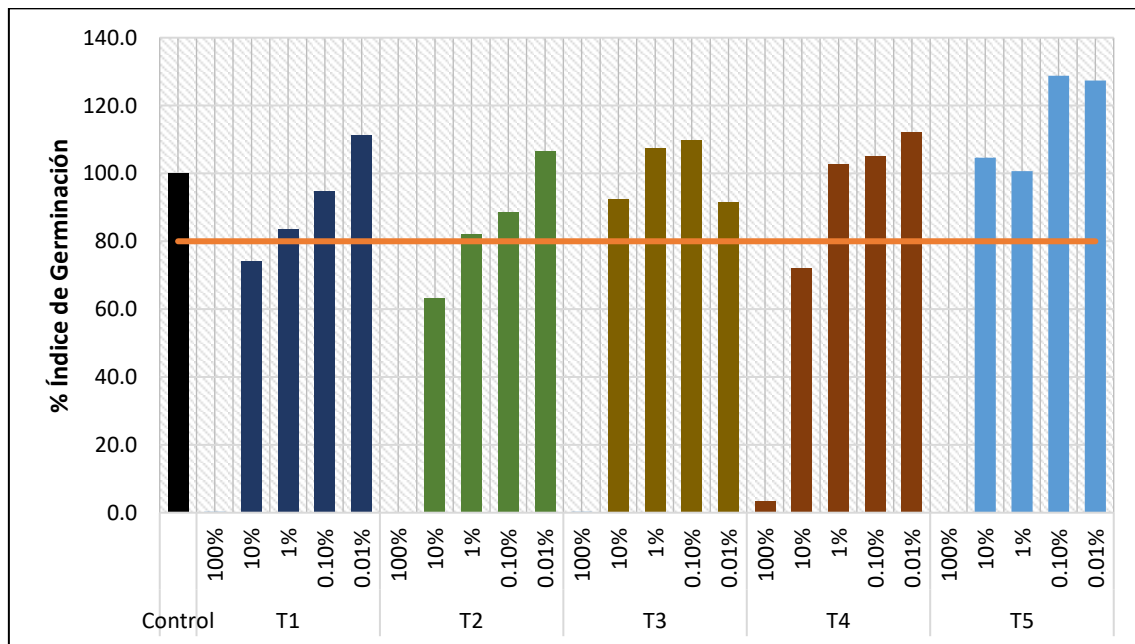
Los resultados muestran un incremento en el % IG al aumentar la dilución, en los cinco tratamientos. Además, se realizó el análisis estadístico univariante por bloques de acuerdo a los tratamientos y diluciones (Tabla D13), el cual muestra una significancia de 0.018 para el factor tratamiento, evidenciando diferencias estadísticas. Con respecto a las diluciones, se presentó una

significancia de 0.00, lo cual también muestra diferencias. Por consiguiente, los valores de % IG mostraron diferencias según los tratamientos y las diluciones.

En la Figura 17 se muestra los valores de % IG en cuanto a los tratamientos y sus diluciones respectivas. Los cinco tratamientos mostraron valores superiores a 80 a diluciones de 1%, 0.1% y 0.01%. Asimismo, en T3 y T5 se observaron valores altos, incluso a una dilución al 10%. De acuerdo a ello, Zucconi et al. (1981) mencionan que el presentar estos valores de IG, indican baja concentración o ausencia de sustancias fitotóxicas en los abonos.

Figura 17

Índice de Germinación Según Diluciones Logarítmicas



Finalmente, las diluciones que mostraron valores mayores al 100%, podrían mostrar características de fitonutriente o fitoestimulante (Iglesias et al., 2008).

VI. DISCUSIÓN

93

6.1 Variación de pH

De acuerdo con el comportamiento del pH, se observó una disminución drástica en los primeros 8 días de fermentación. Al respecto, Paucar & Quispe (2015, p. 74), indican que esta disminución es un proceso propio de la digestión anaerobia, más específico de la etapa de acidogénesis, en el cual la producción de ácidos grasos volátiles produce la acidificación del medio. Sin embargo, después de esta etapa, los valores de pH ascienden, como se observó en las semanas posteriores.

Por otro lado, en las 8 semanas de fermentación, se obtuvieron valores de pH correspondientes a la acidez, lo cual discrepa con los valores detallados por Lorenzo Acosta & Obaya Abreu (2005, p. 40) el cual sostiene que el valor óptimo de pH para la digestión anaerobia es 7.

Sin embargo, Hernandez (2015) menciona que el lactosuero presente en la digestión anaerobia tiene una tendencia a la acidificación, y esto es debido a la generación de ácidos volátiles en las etapas tempranas del proceso a una tasa mayor que la que puede ser consumida por las bacterias metanogénicas, ocasionando una acumulación de ácidos volátiles.

Expuesto lo anterior, el comportamiento del T1 (el cual sólo contiene suero salado y agua) muestra valores mínimos de pH. A lo largo de la investigación, este valor fue disminuyendo aún más, obteniendo un valor mínimo de 3.2 y máximo de 4.6. Zambrano & Meza (2020, p. 83), en pruebas de laboratorio,

indicaron valores de pH mínimos en muestras con sólo suero de 5.3 y máximo de 7.70; sin embargo, se tuvo una regulación del pH entre 5.0 - 6.5 cada 12 horas por una semana, obteniendo un valor promedio de 6.85 en las semanas posteriores en todas las muestras; no obstante no se especificó el tipo de suero usado. A diferencia de Parra Huertas (2010), que sí especifica el uso de suero ácido en pruebas de laboratorio mostrando valores de pH de 5.6 - 5.7, los cuales después fueron ajustados a 7 usando bicarbonato de sodio puro. Por lo tanto, se puede decir que, en la presente investigación, al no haber regulación alguna del pH, los valores del T1 son propios del suero.

Es necesario mencionar que la codigestión es una alternativa para evitar problemas con la acidez, siendo las excretas de los animales un buen sustrato para el caso del suero tal como lo indican Hernandez (2015) & Fernández Rodríguez et al. (2016). Es así como, los tratamientos con presencia de estiércol mostraron un pH mayor al T1.

Además, según Mier (2009) la presencia de *Lactobacillus* en condiciones anaerobias producen abundantes cantidades de ácido láctico, lo que hace que el valor de pH disminuya. Atendiendo a esa posición, se observa que los tratamientos con mayor cantidad de suero tienden a la acidez. De esto se deduce que el sustrato suero, debido a la presencia de bacterias *Lactobacillus*, afecta los valores de pH en los tratamientos, llevándolos a un medio ácido.

Ahora bien, Tapia Tapia (2016) indica que cuando se presenta valores de pH menores a 5, esto puede llevar a la inhibición del crecimiento de las bacterias

metanogénicas. De este modo, los valores de pH en los tratamientos podrían haber afectado la etapa metanogénica.

6.2 Variación de temperatura

De acuerdo con FAO (2011), un digestor puede funcionar a cualquier temperatura, sin embargo el tiempo de retención varía, ya que son factores que se encuentran relacionados. De tal modo que, en cuanto mayor sea la temperatura, el tiempo necesario para la estabilización del lodo disminuye.

El rango de temperatura presentado en los tratamientos se desarrolló en un rango mesofílico con un TRH de 61 días. Este valor es apoyado por FAO (2011), el cual indica que para el rango mesofílico óptimo (25-35 °C) se debe contar un TRH entre 30 a 60 días.

La temperatura en los cinco tratamientos estuvo entre los 27 °C y 30 °C, presentando 27 °C en la segunda semana y llegando a una temperatura máxima en la sexta semana. Conforme con FAO (2019), la temperatura dentro de un digestor depende de muchas variables, entre ellas se encuentra la región y el clima donde está instalado. A partir de ello, se puede decir que la temperatura se debe a la temporada de verano (enero- marzo) y el clima presente en la localidad de Macas.

6.3 Reducción de coliformes fecales

96

Los resultados obtenidos señalaron la reducción de coliformes fecales en todos los tratamientos en un TRH de 164 días; los cuales coincidieron con lo registrado por Zambrano (2016, p. 90), donde al usar suero de quesería y estiércol vacuno se generó una eliminación total de *Escheria coli* contando con un TRH de 60 días. Del mismo modo, Buchelli (2014), presentando un TRH de 30 días, obtuvo la reducción total para coliformes fecales usando suero de quesería, bagazo de cebada y estiércol vacuno. Esta situación puede ser explicada por el poder bactericida de las bacterias ácido lácticas (BAL) (Mata Anguiano, 1999).

Conforme con Ramírez, Rosas, Velázquez, Ulloa, & Arce (2011), las BAL son usadas para la elaboración de productos fermentados, como es el caso del queso (usándose para la sinéresis del lactosuero). Además, Buchelli (2014) indica que estas bacterias inhiben el crecimiento de otros organismos, destruyendo bacterias indeseables o patógenas. De acuerdo a ello, según De Vuyst & Leroy (2007), su espectro antibacteriano también incluye bacterias Gram-negativas (como *E.coli* y *Salmonella*); sin embargo, esta actividad es mostrada solo cuando la integridad de su membrana externa ha sido comprometida, tales como después de choque osmótico, por tratamiento de pH bajo, presencia de un detergente o agente quelante, o después de un tratamiento a alta presión.

Expuesto lo anterior, se puede inferir que, la presencia de las BAL en T1, T2, T3 y T4 tuvieron una actividad antibacteriana para coliformes fecales, debido a que se presentó un medio de pH muy bajo; además según Mata Anguiano (1999) la flora Gram - negativa puede llegar a desaparecer por el descenso del pH y por el predominio de flora láctica. En ese sentido, los tratamientos con mayor cantidad de suero lácteo alcanzaron la eliminación total de coliformes fecales; mientras que el T5, el cual contuvo la menor cantidad de suero y el mayor valor de pH comparado con los demás tratamientos, no presentó la eliminación total de ello.

No obstante, al comparar los cinco tratamientos con los valores límites del Estándar Nacional de calidad ambiental para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), se evidenció valores menores a 10 NMP/ml en todos los tratamientos por lo que, se podría concluir que los bioles cumplen con la normativa nacional para el parámetro coliformes fecales, evidenciando la inocuidad de ellos.

6.4 Producción de biogás

De acuerdo a los tratamientos que generaron mayores producciones de biogás, estos fueron vistos en aquellos con proporciones altas de suero, a excepción del T5.

Asimismo, los resultados obtenidos se asemejan a los presentados por Barrena et al. (2017), los cuales obtuvieron mayores producciones de biogás al usar mayor proporción de suero lácteo, al combinarlo con estiércol bovino y chips

de totora. Además, los investigadores no hallaron diferencias significativas en los niveles de estiércol y chips de totora con respecto a la producción de biogás, mientras que, el factor suero sí presentó diferencias significativas; por lo que señalan que la producción de biogás se encuentra estrechamente ligada a los niveles de lactosuero. Del mismo modo, los autores Blandón, Zelaya, Arranz, & Zamora (2014), en pruebas de laboratorio, compararon la producción de biogás usando estiércol de ganado bovino y dos disolventes distintos: agua y suero lácteo dulce, encontrando valores de biogás de 30.099 ml y 14.99 ml para la mezcla de suero lácteo/estiércol y agua/estiércol respectivamente en un periodo de 20 días. A lo que concluyen que la mezcla de suero y estiércol bovino genera una mayor producción de biogás.

Al respecto, Hernandez (2015) indica que el suero es un buen insumo para la producción de biogás por presentar entre 3% - 7% de sólidos totales, el cual se encuentra dentro del límite requerido para un adecuado proceso de biodigestión. Así también, los sólidos volátiles presentes en el suero representan entre el 80% - 95% de los sólidos totales y son los que se degradan para formar biogás. Asimismo, el suero contiene componentes como la lactosa y proteínas, lo cual lo vuelve un sustrato con alta biodegradabilidad. Atendiendo a estas consideraciones, se podría deducir que al aumentar la proporción de lactosuero, la producción de biogás es mayor. Razón por la que puede ser explicada la mayor producción de biogás obtenida en la investigación, la cual estuvo presente en el T2.

De igual forma, Briseño (2017) indica que, al usar sustratos ricos en carbono, la producción de biogás es mayor que al usar sustratos nitrogenados. Esto se encuentra relacionado con la relación C/N presente en los tratamientos, donde Quinchía-Jaramillo et al. (2013) explican que, niveles óptimos de C/N (17:1) aportan nutrientes suficientes para los microorganismos, permitiendo un incremento en la producción de biogás. Para lo cual, ello podría explicar la cantidad registrada de biogás en el T5; ya que cuenta con un valor cercano al óptimo (16.07:1).

Por otro lado, el T1 presentó un promedio acumulado de 11156,7 ml (11.16 L) de biogás, el cual lo posicionó en el cuarto tratamiento con mayor producción de biogás, superando al T4. Estos valores no concuerdan con el estudio realizado por Zambrano (2016), en el cual midió la producción de biogás de cinco tratamientos usando diferentes proporciones de suero lácteo y estiércol vacuno (suero de quesería, estiércol/suero 1:3, estiércol/suero 1:5, estiércol/suero 1:7 y estiércol/agua 1:3). Los valores de producción de biogás reportados, indicaron que el tratamiento constituido por suero de quesería generó 5650 ml en 15 días y el cual solo superó al tratamiento estiércol/agua 1:3 (370 ml); más no a los tratamientos con estiércol vacuno y suero.

Adicionalmente, el autor hizo una comparación de producción de biogás entre los tratamientos de suero de quesería y estiércol/suero 1:7 con un TRH de 60 días, donde se concluye que después de los 6 días, la producción de biogás es constante en los dos tratamientos, generando en total 5735 ml y el cual fue inferior al estiércol/suero 1:7. Respecto a ello, los resultados de la presente

investigación mostraron discrepancias de acuerdo a la producción de biogás, ya que a pesar que el T1 no presentó estiércol, la producción de biogás fue mayor que el T4. Esto podría deberse al modo de carga o la variación de temperatura tal como lo explica Zambrano (2016).

100

6.5 Índice de germinación

En principio, según Acosta, Paolini, & Benítez (2004), las plantas bajo condiciones adversas, exhiben con frecuencia estrés, motivo por el cual resulta útil la evaluación de toxicidad.

En la presente investigación se obtuvo valores de IG superiores al 80% en las diluciones 1%, 0.1% y 0.01% en los cinco tratamientos. Estos resultados fueron semejantes a lo reportado por Medina V., Quipuzco U., & Juscamaita M. (2015), donde usando biol a partir de estiércol bovino en semillas de lechuga, obtuvieron 115.95%, 100.77% y 106.44% para las diluciones 1%, 0.1% y 0.01% respectivamente; indicando un mejor desarrollo de la plántula a estas concentraciones. Mientras que Román (2012), al usar estiércol de cuy recurriendo a un proceso de fermentación homoláctica, obtuvo 54%, 98.9% y 99.5% para las diluciones 1%, 0.1% y 0.01% respectivamente, mostrando un nivel de fitotoxicidad moderado a una dilución al 1%.

Por otro lado, los resultados indicaron un nivel alto de fitotoxicidad ($IG \leq 50\%$) a una dilución al 100% en todos los tratamientos. Esta situación podría ser explicada por Varnero et al. (2007), los cuales mencionan que el abono no habría

culminado la etapa de madurez. Al respecto, se genera una influencia negativa en los valores de IG.

101

De acuerdo al C.E, Maas (1990) señala al cultivo de alfalfa como moderadamente sensible, soportando valores entre 2 y 7.9 ds/m. Atendiendo a ello, a una dilución al 100% se obtuvieron valores que sobrepasaron los valores detallados por Maas (1990) en todos los tratamientos. Asimismo, conforme con Cornacchione (2019), las altas concentraciones de sales disueltas reducen el potencial osmótico y la capacidad de absorber agua; conllevando a un crecimiento más lento de la planta; del mismo modo los iones al ingresar a la corriente de transpiración pueden inducir a desequilibrios nutricionales y toxicidad.

Expuesto lo anterior, los bioles puros (al 100%) de los cinco tratamientos no pueden ser utilizados sin una dilución previa, ya que presentan altas concentraciones de sales.

Finalmente, los resultados indicarían que los cinco tratamientos a las diluciones al 1%, 0.1% y 0.01% tendrían una influencia positiva con respecto a la germinación de semillas y crecimiento radicular; es decir que podrían tener buenos resultados al ser usados como abonos orgánicos para el cultivo de alfalfa. Sin embargo, es importante notar que el T3 y T5, no solo podría ser utilizado a estas diluciones, sino también al 10%, ya que los valores de IG fueron superiores al 80%, incluso a esta dilución.

6.6 **Macronutrientes**

La Tabla 34 presenta la composición de los bioles con respecto a N, P, K, Ca, Mg y Na obtenido en los tratamientos, comparados con otros bioles a base de estiércol de cuy (Biol Casa Blanca) y estiércol de gallina (Biol La Calera); así como otros que pasaron por un proceso de codigestión (Biol Gallinaza + Rastrojo de maíz, Biol de estiércol ovino + Ramas de árbol de Neem).

Tabla 34

Comparación de la Composición de Nutrientes de los Bioles Generados con Otros Bioles

Bioles	pH	C.E (dS/m)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	K total (mg/L)	Ca total (mg/L)	Mg total (mg/L)	Na total (mg/L)
Biol Casa Blanca (Cuyinaza)	8.2	15.3	980	121	6760	220.4	53.4	542
Biol La Calera (Gallinaza)	7.2	21.3	1700	3800	5200	3500	1200	-
Biol Gallinaza + Rastrojo de maíz	5.08	-	1813	164.76	2500	2534	460	392
Biol de estiércol ovino + Ramas de árbol del Neem	5.27	-	-	189.16	2450	800	-	49

Bioles	pH	C.E (dS/m)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	K total (mg/L)	Ca total (mg/L)	Mg total (mg/L)	Na total (mg/L)
T1	3.00	12.8	641.20	172.31	613.75	261.3	50.2	2212.5
T2	4.33	15.2	545.07	232.43	938.08	443.3	93.8	1691.7
T3	4.81	17.1	632.80	277.51	1410	579.2	148.3	1658.3
T4	5.59	18.0	713.07	299.08	1607.50	595.8	196.5	1441.7
T5	7.31	19.4	714.93	114.81	2155.83	505.8	250.8	1283.3

*Nota: Los datos de los bioles fueron proporcionados por diferentes autores, los cuales se presentan a continuación: Biol Casa Blanca: A base de estiércol de cuy (Medina, 2013, como se citó en Quiñones, 2016); Biol La Calera: A base de gallinaza (Carhuancho, 2012); Biol Gallinaza + Rastrojo de maíz: Biol realizado con estiércol de gallina de piso y rastrojo de maíz (Carhuancho, 2012); Biol de estiércol ovino + Ramas de árbol de Neem: Biol realizado con estiércol ovino (50%) y ramas de árbol del Neem (*Azadirachta indica*) (50%) (Pérez et al., 2017)*

6.6.1 **Nitrógeno**

A pesar de no existir diferencia estadística en el contenido de N de acuerdo a los tratamientos, los resultados indicaron un mayor contenido de N en

los tratamientos T4 (713.07 mg/L) y T5 (714.93 mg/L), los cuales estuvieron conformados con altas cantidades de estiércol de cuy y bajas cantidades de suero salado. Estos resultados difieren con lo registrado por Manrique (2018), el cual mostró un incremento en el contenido de este nutriente cuando la cantidad de suero se encontraba en mayor cantidad; no obstante, el autor realizó una mezcla entre suero, estiércol de vaca, alfalfa, levadura y agua; en donde sólo varió las cantidades de suero y agua según los tratamientos, más no el estiércol, como se realizó en la presente investigación.

Es importante agregar que, la composición de los bioles depende del tipo de residuos que entran en el biodigestor (Aparcana Robles & Jansen, 2008). Como se mencionó, los tratamientos T4 y T5 están compuestos por cantidades altas de estiércol de cuy; para lo cual Aliaga, Moncayo, Rico, & Caycedo (2009) indican que este estiércol (al ser comparado con los estiércoles provenientes de cerdo, vaca, gallina y oveja) es el más rico en N, seguido del estiércol de gallina (gallinaza). De la misma forma, de León González & Etchevers (1999) indican que para el mejoramiento de los aportes de N se requiere materiales orgánicos de buena calidad como lo son los estiércoles de animales. Asimismo, al ser expuesto el estiércol ante un proceso de digestión anaerobia, el contenido de amonio (NH_4^+) es mayor en el biol resultante que en el estiércol crudo, debido a las condiciones anaeróbicas (favoreciendo la producción de amoniaco (NH_3)). (Natural Resources Conservation Service, 2007).

Expuesto lo anterior, se puede decir que la cantidad de N de los bioles estuvo relacionada con la cantidad de estiércol de cuy presente en los

biodigestores. En otras palabras, el contenido de N incrementó al presentar una mayor cantidad de estiércol en el tratamiento.

105

Por otro lado, el T1 indicó una concentración de 641.20 mg/L, posicionándolo en el tercer tratamiento con mayor contenido de N. De acuerdo a ello, Mantovani, Carrera, Landgraf, & Miranda (2015) encontraron que el contenido acumulado de N aumenta ante la presencia de suero ácido de leche en plantas de maíz (parte aérea), a lo que junto con otros autores indican que el suero ácido de leche es fuente importante de N para las plantas. De esta manera, los resultados obtenidos concuerdan con ello; presentando un buen contenido del nutriente para el T1. Esto debido a su alta calidad nutritiva con presencia de proteínas y lactosa (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2010).

Por otro lado, la Tabla 33 muestra que, al comparar los tratamientos con los bioles de otros autores, los valores de N de la investigación fueron inferiores a los demás bioles realizados en otros estudios; incluso al biol Casa blanca. Esto podría ser explicado por Román (2012), el cual indica que la variación en la caracterización físico-química del biol corresponde a diversos factores como la alimentación suministrada a los cuyes, zona geográfica en donde se ubican las granjas, raza de los cuyes, entre otros.

Es importante recalcar que, pese a que los cinco tratamientos evidenciaron valores inferiores a otros autores, los tratamientos T4 y T5 indicaron valores superiores a 700 mg/L, el cual se encuentra dentro del rango establecido por Suarez.

6.6.2 Fósforo

106

Se mostró un incremento en el contenido de P en T1, T2, T3 y T4; mostrando valores bajos para los tratamientos con menor cantidad de estiércol de cuy. Según de León González & Etchevers (1999), las excretas de animales aportan N, P, Ca y Mn; asimismo Natural Resources Conservation Service (2007), indica que la digestión anaerobia tiene poco efecto en el P y, por consiguiente, todo el P presente en el estiércol seguirá estando presente en el lodo del digestor. Por lo que se puede inferir que el contenido de P en estos cuatro tratamientos estuvo relacionado con la cantidad de estiércol agregada. Sin embargo, el T5 no coincidió con lo mencionado.

De acuerdo a ello, Havlin, Beaton, Tisdale, & Nelson (1999) sostienen que a valores de pH superiores a 7 la disponibilidad del P disminuye, a causa de la presencia de iones de Ca, Mg y carbonatos; causando la precipitación del P. Asimismo, indica que a estos niveles de pH la actividad de Ca y la formación de iones difosfato aumentan, obteniendo la precipitación de fosfato dicálcico, el cual es relativamente insoluble, y de otros fosfatos cálcicos básicos. De lo mencionado, se podría explicar la baja disponibilidad de P en el T5, mostrando un valor de pH equivalente a 7.3; sin embargo, pudo haber ocurrido otras reacciones que demuestren el bajo contenido de P en el tratamiento.

Por otro lado, la Tabla 33 muestra que el biol Casa blanca tuvo valores inferiores de P al compararlos con T1, T2, T3 y T4; más no con el T5. Sin embargo, el biol La Calera muestra un valor muy elevado de P (3800 mg/L), lo cual fue superior a los cinco tratamientos. Esto puede ser explicado por lo

mencionado por Cutipa (2007), el cual indica que el estiércol de gallina es muy rico en fósforo, mientras que el estiércol de cuy cuenta con valores bajos al ser comparado con otros estiércoles. Adicionalmente, T2, T3 y T4 fueron superiores a los bioles Casa blanca y a los que pasaron por un proceso de codigestión.

6.6.3 *Potasio*

Los resultados mostraron mayor contenido de K en el T5 (2155,83 mg/L); sin embargo, se presentó una tendencia respecto al contenido como la siguiente (de creciente a decreciente): $T5 > T4 > T3 > T2 > T1$, en donde el incremento de K coincide con la presencia de estiércol en los digestores; indicando que, en los tratamientos con mayor contenido de estiércol de cuy, el contenido de K fue mayor. Lo mismo evidenciaron, Quipuzco, Baldeón, & Tang (2012), donde al usar 3.5 kg y 3 kg de estiércol de ganado vacuno se obtuvo 2930.8 mg/L y 2692.4 mg/L respectivamente; mostrando un mayor contenido del nutriente cuando el estiércol se encontraba en mayor cantidad.

Adicionalmente, Cutipa (2007) indica que el estiércol de cuy fresco es uno de los estiércoles con mayor contenido de K, después del de gallina. En consecuencia, al utilizar estiércol fresco, el contenido de K en los tratamientos estuvo claramente evidenciada por la cantidad de estiércol de cuy presente, mostrando un incremento cuando este era mayor.

Por otro parte, la Tabla 33 muestra valores elevados de K en bioles a base de estiércoles; mientras que en bioles generados por codigestión el contenido decrece. De esta manera, todos los tratamientos fueron inferiores a los cuatro

bioles en comparación; sin embargo, el T5 mostró un valor cercano a los bioles generados por codigestión.

6.6.4 *Ca, Mg, Na*

En el caso del Ca, se encontró que el tratamiento con mayor contenido del nutriente fue el T4 (595.8 mg/L); de esta manera evidenció que este tratamiento fue superior al T5 (505.8 mg/L); a pesar que el contenido de estiércol era mayor en este último. Los resultados difirieron con lo obtenido por Garavito (2018), donde al utilizar una mayor cantidad de estiércol de vaca en biodigestores tipo Batch, el contenido de Ca incrementaba. Sin embargo, Pérez et al. (2017), realizaron diferentes tratamientos con estiércol vacuno, cunícula y ovino; donde varió la concentración de estiércol, junto a ramas de árbol del Neem y Raquis de hojas de plátano, obteniendo que, en no todos los tratamientos con altas cantidades de estiércol, el Ca incrementaba.

En el caso del Mg, el T5 indicó un mayor contenido del nutriente (250 mg/L), coincidiendo con lo obtenido por Pachas (2020), al mezclar residuos vitivinícolas y estiércol vacuno, mostrando altas concentraciones del nutriente al usar cantidades mayores de estiércol en los tratamientos (595 mg/L), y el cual fue superior al T5 de la presente investigación.

En relación a ello, FAO (2011) señala que los estiércoles presentan C, N, P, K, Ca y Mg; razón por la cual se podría concluir que el contenido de Mg presente en los bioles estuvo ligado con la cantidad de estiércol de cuy existente

en los tratamientos; siendo el T5 el tratamiento conformado con mayor proporción de estiércol.

109

En el caso del Na, los valores obtenidos fueron muy elevados en todos los tratamientos; los cuales se le atribuye a la sal contenida en el suero salado. Y el cual podría traer consigo efectos adversos al ser usado sin una dilución previa.

Adicionalmente, se comparó el contenido de Ca, Mg y Na con otros bioles (Tabla 33); donde para el caso del Ca, los cinco tratamientos realizados en la investigación fueron superiores al biol Casa Blanca, pero inferiores a los otros tres bioles en comparación. En el contenido de Mg, se observó que al comparar los tratamientos con el biol Casa Blanca, sólo el T1 fue inferior a ello; mientras que los tratamientos T2, T3, T4 y T5 indicaron valores superiores. Sin embargo, los cinco tratamientos fueron inferiores al ser comparados con el biol La Calera y el que fue realizado por biol gallinaza + rastrojo de maíz; mostrando un valor muy elevado de Mg en el biol La Calera. En el contenido de Na, se muestra valores elevados y superiores a los cuatros bioles en comparación; los cuales son debido a la sal presente del suero salado de quesería.

VII. CONCLUSIONES

110

Los tratamientos con presencia de suero salado y estiércol de cuy indicaron valores mayores de pH que el T1, indicando que el pH ácido del suero salado se incrementó de acuerdo a la adición del estiércol de cuy.

La mayor producción de biogás se registró en T2, por lo que se concluye que el mejor rendimiento para la producción de biogás usando suero salado de quesería y estiércol de cuy es: 45% suero salado + 50% agua + 5 % estiércol de cuy.

Los cinco tratamientos cumplieron con los límites establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM; indicando inocuidad en los bioles generados para el parámetro coliformes fecales.

Con respecto al contenido de macronutrientes de los bioles, el T5 obtuvo la mayor cantidad de N (714.93 mg/L), K (2155.83 mg/L) y Mg (250 mg/L). Sin embargo, el mayor contenido de P (299.08 mg/L) y Ca (595.83 mg/L) se obtuvo en el T4. Asimismo, se concluye que, a mayor cantidad de estiércol de cuy presentado en el tratamiento, los valores de K, Ca y Mg incrementan. De igual manera, a mayor cantidad de suero salado de quesería, el Na incrementa.

Según los rangos mínimos de macronutrientes en bioles, el T4 cumplió con lo establecido para el contenido de N (> 700 mg/L), P (> 170 mg/L) y K (> 170 mg/L). De acuerdo al contenido de Ca, los cinco tratamientos presentaron

valores inferiores a 1800 mg/L, por lo que no cumplieron con el rango mínimo para este nutriente.

111

El bioensayo de fitotoxicidad con semillas de alfalfa indicó que los bioles puros (dilución al 100%) no pueden ser usados sin dilución previa, ya que afectan a la germinación de semillas y el crecimiento radicular de la planta. No obstante, a concentraciones menores estas características disminuyen, obteniendo IG superiores al 80% a diluciones de 1%, 0.1% y 0.01% en los cinco tratamientos; lo cual indica bajo grado de fitotoxicidad, a estas diluciones, para el cultivo alfalfa. Asimismo, el T3 y T5 también presentaron estas características a diluciones al 10%.

Finalmente, los resultados indican que el mejor tratamiento de biol, fue evidenciado en el T4; mostrando ausencia de coliformes fecales, bajo grado de fitotoxicidad (a diluciones 1%, 0.1% y 0.01%) y buen contenido de nutrientes.

VIII. RECOMENDACIONES

112

Luego de los resultados conseguidos en la presente investigación se recomienda:

- Complementar la investigación para determinar calidad de biogás usando aparatos aptos para la medición de CH_4 , CO_2 , H_2S ; los cuales permitirían el conocimiento de la concentración de estas moléculas en base a la mezcla de suero salado y estiércol de cuy.
- Realizar un análisis de metales pesados a las muestras de biol para obtener mejores resultados sobre la calidad de biol.
- Utilizar el biol generado para realizar ensayos de fitotoxicidad con otras especies de plantas.
- Realizar estudios variando la concentración de sales agregada al suero de quesería, o en su defecto usar el suero salado de quesería.
- Realizar una valoración económica del biol generado, el cual permitirá conocer su aplicabilidad en el campo.

IX. REFERENCIAS

113

- Acosta, Y., Paolini, J., & Benítez, E. (2004, June). Índice de humificación y prueba de fitotoxicidad en residuos orgánicos de uso agrícola potencial. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 21.
- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E., & Caycedo, A. (2009). *Producción de cuyes*. Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Alvarado Garay, S. I. (2018). *Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol de ganado vacuno* [Práctica pre profesional - Universidad Nacional Agraria de la Selva].
https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PPP-FINALISIMO-CORREGIDO.pdf
- Álvarez, C., & Rimski-Korsokov, H. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (1era ed.). Editorial Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Aparcana Robles, S., & Jansen, A. (2008). *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentación Anaeróbica para Producción de Biogás*.
<https://doi.org/10.3109/08830185.2014.902452>
https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf
http://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India_globalisation%2C_society_and_inequalities%28I
- Aramburu, O. (2016). *Análisis del consumidor del queso Idiazabal, preferencias frente a diferentes variedades de quesos y su actitud hacia nuevos productos lácteos (Aplicación en el yogur de oveja)* [Tesis de Maestría, Universidad Pública de Navarra]. Repositorio Institucional - Universidad Pública de Navarra
- Araujo Guerra, Á. V., Monsalve Castro, L. M., & Quintero Tovar, A. L. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental y Ambiental*, 4(2), 55–66.

Arhoun, B. (2017). *Digestión y codigestión anaerobia de residuos agrícolas, ganaderos y lodos de depuradora*. Tesis de doctorado, Universidad de Málaga.

114

Arias Chicaiza, J. F. (2019). *Potencial energético del biogás de la co-digestión del suero lácteo y el estiércol bovino* [Tesis de grado, Universidad de Las Americas]. Repositorio Institucional - Universidad de Las Americas

Baena, G. (2014). *Metodología De La Investigación*. Grupo Editorial Patria.
<https://editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>

Barrena, M., Gamarra, O., Milla, M., Fellenberg, T., & Ordinola, C. (2017). Optimización de la producción de biogas a escala de laboratorio a partir de estiércol de bovino, lactosuero y totora (*Scirpus californicus*). *INDES Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable*, 3(2), 60–66. <https://doi.org/10.25127/indes.201502.007>

Binda, V. F., Butti, M., & Torti, M. J. (2018). Índice de germinación no indicador de madurez en compost. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 10(37), 54–57.

Blandón, S. L., Zelaya, D. S., Arranz, J. C., & Zamora, J. A. (2014). Evaluación de la producción de biogás a partir de suero lácteo a escala de laboratorio. *El Higo, Revista de Ciencia y Tecnología*, 4, 29–35. <http://ribuni.uni.edu.ni/763/1/162-274-1-PB.pdf>

Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R., José, M., & Gorrioz, G. (2017). *Sistema suelo-planta*. UniRío Editora.
www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/

Bontempo, G., Maciejczyk, M., Wagner, L., Findeisen, C., Fischer, M., & Hofmann, F. (2016). *Directrices para el uso seguro de la tecnología del biogás*. Facberband Biogas e.V.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/269185/Guia_Seguridad_Biogas_GIZ.pdf

Briseño, L. (2017). *Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semi-sólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía* (Vol. 22). Tesis de maestría, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

- Brito, H., Antonio, S., Arteaga, M., Evelyn, R., Villalón, P., & Adriana, R. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26), 257–268.
- Buchelli, H. A. (2014). *Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina
- Cámara de Comercio de Cali. (2018). *Informes Económicos: El poder de la bioenergía* (Informe 99). <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/2018/04/Informe-N99-1-EC-El-poder-de-la-Bioenergia.pdf>
- Cañote, V. (2012). *Determinación y comparación de la producción de biogás de mezclas de estiércol de vacuno y porcino*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Carhuancho, F. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8048>
- Carrasco Allendes, J. L. (2015). *Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para autobastecimiento energético: una estrategia para diferentes contextos* [Tesis de grado - Universidad de Chile]. Repositorio Institucional - Universidad de Chile
- Casals Pérez, E., & Guzmán China, J. M. (2019). Evaluación de la factibilidad de las mezclas de residuos orgánicos para la producción de biogás. *Revista Cubana de Ingeniería*, 10(3), 53–62.
- Castañeda Arrascue, L. M. (2019). *Potencial de Producción de biogas mediante co-digestión anaerobia de lactosuero residual y excretas bovinas en Perú* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Trujillo
- Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (2002). *Prevención de la contaminación en la Industria láctea*.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:R01TNNXdZl8J:www.cprac.org/docs/lac_es.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe

116

- Chiva Vicent, S., Berlanga Clavijo, J. G., Martínez Cuenca, R., & Climent Agustina, J. (2018). *Depuración de aguas residuales: digestión anaerobia*. Publicaciones de la Universitat Jaume I. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6035/UJI.FACSA.2018.2>
- Cornacchione, M. V. (2019). Avances sobre la tolerancia a la salinidad en alfalfa (*Medicago sativa* L.) y sus implicancias para el ambiente semiárido salino bajo riego: Desarrollo de un nuevo cultivar mediante mejoramiento genético convencional. *I Jornada de Producción de Bovinos Para Carne*, 23–29.
- Cutipa, Z. (2007). *Efecto de excreta de lombriz y biol vs fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (Solanum tuberosum spp andigena)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano
- de León González, F., & Etchevers, J. (1999). Materia orgánica en el suelo y disponibilidad de nitrógeno. *Congreso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo*, 1–19.
- De Vuyst, L., & Leroy, F. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: Production, purification, and food applications. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 13, 194–199. <https://doi.org/10.1159/000104752>
- D.S No 044-2006-AG [MINAGRI]. Por la cual se establecen los reglamentos sobre productos orgánicos. 14 de julio de 2006
- D.S No 016-2012-AG [MINAGRI]. Por la cual se establecen los tratamientos de residuos orgánicos. 14 de noviembre de 2012
- EPA. (2014). Inventory of U.S. Greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2012. In *Federal Register* (Vol. 79, Issue 36). <https://doi.org/EPA 430-R-14-003>
- Evaluación de codornaza y gallinaza de granjas avícolas para la producción de biogás y abono mediante digestión anaerobia*. (n.d.).
- FAO. (2011). *Manual del Biogás*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>

- FAO. (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera*. <http://www.fao.org/3/a-i3288s.pdf>
- FAO. (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos No12*.
http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-07-10.pdf
- Fernández García, L. (2016). *Selección y dimensionado de un sistema de generación de biogás mediante digestión anaerobia de purines codigeridos con glicerina* [Monografía, Universidad de Cádiz]. Repositorio Institucional - Universidad de Cádiz
- Fernández Rodríguez, C., Martínez Torres, E. J., Morán Palao, A., & Gómez Barrios, X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. Revisión bibliográfica. *Revista Investigación, Optimización y Nuevos Procesos En Ingeniería*, 29(1), 47–62.
<https://doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004>
- FONCODES, UGOE, & PACC PERÚ. (2014). *Crianza de cuyes: Proyecto “Mi Chacra Emprendedora-Haku Wiñay.”*
- Fondo de Cooperación para el desarrollo social. (2014). *Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus*.
- Garavito, O. (2018). *Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno* [Tesis de grado, Universidad Científica del Sur].
Repositorio Institucional - Universidad Científica del Sur
- Garro Alfaro, J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. INTA.
- Gomez Huanca, A. M. (2018). *Solución nutritiva de biol a base de estiércol de cuy (Cavia porcellus L.) ovino (Ovis aries) y vacuno (Bos taurus) en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en Puno* [Título de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano
- Gómez Soto, J. A., & Sánchez Toro, Ó. J. (2019). Producción de galactooligosacáridos:

alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 129–158. <https://doi.org/10.14482/inde.37.1.637>

118

- González, A., Ramírez, J., Jaramillo, D., López, S., Rodríguez, C., Vélez, E., Araque, G., Echevarría, N., Atehortúa, N., & Tobón, O. (2016). *Manual de producción y consumo sostenible Gestión del recurso hídrico Sector lácteo*. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:90aJYKVC-F0J:https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%25C3%25B3n%2520ambiental/Producci%25C3%25B3n%2520y%2520Consumo%2520Sostenible/Manuales_GIRH/Lacteos.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Grupo SACSA. (2016). *Importancia del fósforo por las plantas*. <http://www.gruposacsa.com.mx/importancia-del-fosforo-por-las-plantas/>
- Guereca, L., Cenzano del Castillo, E., & Madrid, A. (2014). *Queserías Nuevo Manual Técnico* (AMV).
- Guerrero-Haber, J. R., Ramírez-Perú, A. L., & Puente-Vidal, W. (2011). Caracterización del suero de queso blanco del Combinado Lácteo Santiago. *Tecnología Química*, 31(3), 93–100. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2011.3>.
- Guerrero-Rodríguez, W., Castilla-Hernández, P., Cárdenas-Medina, K., Gómez-Aldapa, C., & Castro-Rosas, J. (2012). Degradación anaerobia de dos tipos de lactosuero en reactores UASB. *Tecnología Química*.
- Gutierrez, E., & Bastidas, M. (2016). Reducción óptima de la carga orgánica del lactosuero dulce mediante el crecimiento de *Kluyveromyces Marxianus* (KM). *AFINIDAD*, 185–190.
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., & Nelson, W. (1999). *Soil fertility and fertilizer. An introduction to nutrient management* (6th ed.). Prentice Hall.
- Hernandez. (2015). *Producción de biogás con suero de queso*. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=2W2gBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=produccion de biogas%2BLACTOSUERO&ots=49R-_pZf34&sig=Y3QJFKCQhHFHq0d0Y4BST8_4pNU&redir_esc=y&fbclid=IwAR2nwB5nePX4KFRL7ZOyvFgFzDpFr6Q7Wz7v_VgB04ljhtAppl_LxaKe5Lo#v=onepage&q=pro](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=2W2gBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=produccion+de+biogas%2BLACTOSUERO&ots=49R-_pZf34&sig=Y3QJFKCQhHFHq0d0Y4BST8_4pNU&redir_esc=y&fbclid=IwAR2nwB5nePX4KFRL7ZOyvFgFzDpFr6Q7Wz7v_VgB04ljhtAppl_LxaKe5Lo#v=onepage&q=pro)

Huerta Muñoz, E., Cruz Hernández, J., Aguirre Álvarez, L., Caballero Mata, R., & Pérez Hidalgo, L. (2015). Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 179–185.

Iglesias, E., Barral, M., & Marhuenda, F. (2008). *Indicadores de la madurez y estabilidad del compost*. Ediciones Mundi-Prensa.

INFOAGRO. (2019). *Uso eficiente del potasio en agricultura: Absorción y adecuación de su aplicación*.

https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_potasio_agricultura_absorcion_y_adequacion_su_aplicacion.asp

Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E., & Larraín, P. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile* (Boletín 11). INIA.

<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/10 Manual Papa.pdf>

Instituto de Desarrollo Agropecuario, & Gobierno Regional de Los Ríos. (2016). *Biogás de residuos agropecuarios en la región de los ríos*.

<https://www.goredelosrios.cl/wp-content/uploads/2018/01/Libro-Biogas-PRDSAP-Región-de-Los-Ríos.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015). *Manual de abono orgánico sólido (compost) y líquido bioinsumo para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos*. IICA.

<http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3936e.pdf>

Juliano, P., Castells, M. L., González, M., Mattos, C., Juliano, P., Mellinger, C., Sepulveda, J. U., Jorcín, S., Krolow, A. C., Di Risio, J., & López, T. (2017). *Valorización del lactosuero* (1a ed.).

<https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/lactosuero.pdf>

Karlsson, T., Konrad, O., Lumi, M., Schmeier, N. P., Marder, M., Elis, C., Fernandes Koch, F., & Gelson Pedroso, A. (2014). *Manual básico de biogás*. UNIVATES.

https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/71/pdf_71.pdf

Ley General del Ambiente. Por la cual se establece normas para la gestión ambiental en Perú. No 28611

120

Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Por la cual se establece los lineamientos para gestión y manejo de los residuos sólidos en Perú. No 1278

López Dávila, E., Jiménez, J., Romero, O., & Dewulf, J. (2012). Aplicación de la tecnología de digestión anaerobia para tratar residuos sólidos agroindustriales utilizando inóculo de estiércol porcino, en condiciones mesofílicas. *Tecnología Química*, 32(3), 274–281.

Lorenzo Acosta, Y., & Obaya Abreu, M. C. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *Instituto Cubano de Investigación de Los Derivados de La Caña de Azúcar*, XXXIX(1), 35–48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>

Maas, E. (1990). Crop salt tolerance. *En Tanki K.K Agricultural Salinity Assessment and Management*, 262–304.

Manrique, M. (2018). *Aplicación de biol a partir de lactosuero para mejorar el crecimiento de espinacas (Spinacea oleraces l.) en Villa Asís R.S.L-2018* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad César Vallejo

Mantilla, G., Sandoval, L., Ramírez, E., Gasca, S., Navarro, J., Hernández, N., García, J., Esquivel, A., & Calderón, C. (2017). *Energía limpia del agua sucia : aprovechamiento de lodos residuales* (1st ed.). Asociación Mexicana de Empresas de Agua y Saneamiento de México.

Mantovani, J. R., Carrera, M., Landgraf, P. R. C., & Miranda, J. M. (2015). Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 324–329. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p324-329>

Martí Herrero, J., Pino Donoso, M., Gallo Mendoza, L., Pedraza, G. X., Rodríguez Jiménez, L., & Viquez Arias, J. (2016). *Oportunidades para el desarrollo de un sector sostenible de biodigestores de pequeña y mediana escala en LAC*. Redbiolac. www.redbiolac.org

- Mata Anguiano, C. (1999). *Empleo de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos* [Tesis de doctorado, Universidad de Cordoba]. Repositorio Institucional - Universidad de Cordoba
- Medina V., A., Quipuzco U., L., & Juscamaita M., J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos*, 76(1), 116–124.
<https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- Mier, M. (2009). *Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero* [Tesis de maestría, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional - Universidad de Córdoba
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca. (2014). *Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2010). *Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible* (1era ed.). MAG.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas*. AGRO RURAL.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Informe Nacional del Estado del ambiente 2012 - 2013* (1st ed.). Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-nacional-estado-ambiente-2012-2013>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador. Un aporte a la mitigación y adaptación al cambio climático*.
https://www.researchgate.net/publication/336923423_Introduccion_de_Biodigestores_en_Sistemas_Agropecuarios_en_el_Ecuador
- Molero-Méndez, M., Castro-Albornoz, G., & Briñez-Zambrano, W. (2017). Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 27(3), 149–153.

- Montes, T. (2015). *Asistencia Técnica dirigida en Crianza tecnificada de cuyes*. Agrobanco. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Natural Resources Conservation Service. (2007). *Manure Chemistry- Nitrogen, Phosphorus, & Carbon: Manure Management Information Sheet (Informe 7)*. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_043440.pdf
- Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). *Energías renovables Energía de la biomasa (volumen II)*. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Olaya, Y., & González, L. (2009). *Fundamentos para el diseño de Biodigestores*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial. (2017). *Biogas en el sector lechero en Chile* (1st ed.). <http://www.minenergia.cl/biogaslechero/>
- Pachas, V. L. (2020). *Aprovechamiento de residuos vitivinícolas mediante biodigestión anaerobia con estiércol vacuno para producir abono líquido en San Antonio - Cañete* [Tesis de grado, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Institucional - Universidad Científica del Sur
- Pais Chanfrau, J. M., Núñez Pérez, J., Lara Fiallos, M. V., Rivera Intriago, L. M., Trujillo Toledo, L. E., & Cuaran Guerrero, M. J. (2017). Valorización del suero de leche: Una visión desde la biotecnología. *Revista Bionatura*, 2(4), 468–476. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.11>
- Palatnik, D. R. (2019). *Desarrollo de quesos funcionales y aprovechamiento de proteínas de lactosuero* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio - Universidad Nacional de La Plata
- Pantoja, R. (2014). *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* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.stainkud.us.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1>

038/nrmicro2577%0Ahttp://

123

Parra Huertas, R. A. (2010). Digestión Anaerobia De Lactosuero: Efecto De Altas Cargas Puntuales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 63(1), 5385–5394.

Parra Huertas, R. A. (2015). Digestión anaeróbica : mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *Producción + Limpia*, 10(2), 142–159.

Paucar, L., & Quispe, M. (2015). *Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiércol de codorniz de la granja V.A Velebit S.A.C ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica* [Tesis de grado, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina

Pérez Leal, F. (2017). *Fisiología vegetal*. <https://doi.org/10.1177/0309133309346882>

Pérez, M., Peña, E., Lago, S., Batista, Y., & Hechevarría, A. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. *Revista Digital - Ojeando La Agenda*, 1–11. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>

PRODUCE, ITP, & CEDEPAS. (2016). *Manual de producción de derivados lácteos* (1era ed.). CEDEPAS.

Quinchía-Jaramillo, Y. A., Pérez-Serna, J., Doria Herrera, G. M., & Sánchez Acosta, Y. (2013). Parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café. *Agricolae & Habitat*, 53(9), 1689–1699.

Quiñones, H. R. (2016). *Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2219/F04-Q855-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quipuzco, L., Baldeón, W., & Tang, O. (2012). Evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 14(27).

<https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i27.690>

124

- Ramírez, J. C., Rosas, P., Velázquez, M. Y., Ulloa, J. A., & Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, 7, 1–15. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/436>
- Redagícola. (2017). *Lo básico para entender el biogás*.
<https://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>
- Reglamento No 1069/2009 [Parlamento Europeo y del Consejo]. Por la cual se establece las normas sanitarias aplicables a los subproductos de animales y productos derivados no destinados al consumo humano. 21 de octubre de 2009
- Reyes Aguilera, E. A. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 24, 60–81. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i24.5552>
- Román, C. (2012). *Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Agraria La Molina
- Sage, M., Daufin, G., & Gesan-Guiziu, G. (2008). Effect of prehydrolysis of milk fat on its conversion to biogas. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 4062–4074.
<https://doi.org/10.3168/jds.2007-0931>
- Schmerler Vainstein, D., Velarde Sacio, J. C., Rodríguez González, A. R., & Solís Sosa, B. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Osinergmin.
- Secretaria de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2019). *Recuperación y valorización de lactosuero en PYMES de la cuenca láctea argentina , a través de la asociación público-privada*.
https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/sfs_valorizacion_lactosueo.pdf
- Servicios Educativos Promoción y Apoyo Rural. (2013). *PROCUY WANKA Una experiencia de desarrollo sostenible en el valle del Mantaro*. GOYOC Editores.

www.separ.org.pe

125

Sobrero, M. C., & Ronco, A. (2004). *Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga Lactuca sativa L.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Solera del Río, R., Álvarez, C. J., Aymerich, E., Bedmar, E., Carballa, M., Castrillón, L., Flotats, X., Font, X., López, M. J., Marañón, E., Prenafeta, F., Tortosa, G., & Vicent, T. (2014). *Aspectos biológicos de la digestión anaerobica II.2 (De Residuo a Recurso)*. Mundi-Pren.

Soto, G., & Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 72, 91–97.

Suarez Segura, D. M. (2009). *Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1721/>

Tapia Tapia, V. (2016). *Instalación y uso de biogás. Ganadería Puneña, generando energía limpia “biogás” para calefacción y cocina familiar (1era ed.)*. Balcari Editores SAC. <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2016/11/Manual-de-Biodigestores-Final.pdf>

Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos*. IICA.

Varnero, M. (2016). *Alternativa a la quema de rastrojos mediante inoculantes provenientes de biodigestores*. Centro AGRIMED.

Varnero, M. T., Rojas, C., & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 7(1), 28–37. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>

Vásquez Cordano, A. L., Tamayo Pacheco, J. F., & Salvador Jácome, J. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú*. Osinergmin.

Warnars, L., & Oppenoorth, H. (2014). *Estudio sobre el biol, sus usos y resultados*. HIVOS people unlimited.

Yáñez Avalos, D. O., & Montalvo Lozada, M. A. (2013). *Alimentación con suero de quesería más balanceado en las fases de crecimiento y finalización, para mejorar los parámetros productivos en cerdos* [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional - Universidad Central de Ecuador

126

Zambrano, M. (2016). *Rendimiento de biogás a partir de mezclas entre estiércol de vacuno y suero de quesería mediante digestión anaeróbica*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zambrano, M., & Meza, V. (2020). Estabilización de suero de quesería mediante digestión anaeróbica y determinación de su rendimiento en biogás. *Agroindustrial Science*, 2(1), 79–88.

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., & M. de Bertoldi. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22(2), 54–57.

X. ABREVIATURAS

127

Abreviatura	Significado
ATP	Trifosfato de adenosina
ANOVA	Análisis de varianza
BAL	Bacterias ácido lácticas
°C	Grados centígrados
C/N	Carbono/Nitrógeno
C.E	Conductividad eléctrica
cm	centímetro
CRR	Crecimiento de radícula relativo
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
D.S	Decreto Supremo
dS	deciSiemens
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
GEI	Gases de efecto invernadero
IG	Índice de germinación
L	Litro
mL	Mililitros
mg	Milígramo
mm	Milímetros
mS	miliSiemens
MW	Megavatio
NMP	Número más probable

PGR	Porcentaje de germinación relativo
pH	Potencial hidrógeno
ppm	Partes por millón
PVC	Policloruro de vinilo
TRH	Tiempo de retención hidráulica
tn	Tonelada

XI. APÉNDICE

129

Apéndice A. Materiales utilizados en la investigación

Parte	Material	Cantidad	Unidad
Biodigestor	Taladro	1	unidad
	Cierra de copa	1	juego
	Lija para taladro	1	juego
	Lápiz	1	unidad
	Cilindros de 120 L	15	unidad
	Formador de empaquetadura N° 2	6	unidad
	Cinta teflón 1"	6	unidad
	Cinta de teflón 1/2"	5	unidad
	Pabilo	2	unidad
	Silicona negra de alta resistencia para autos	5	unidad
	Silicona negra de alta resistencia para vidrios	3	unidad
Salida de biogás	Niple especial 1/2"	15	unidad
	Empaquetadura	15	unidad
	Tuerca	15	unidad
	Contratuerca	15	unidad
	Adaptador de 1/2 a 1/4 de pulgada	15	unidad
	Válvula de paso de 1/2 pulgada	15	unidad
	Flotadores 61 cm	15	unidad
	Manguera de 1/4" (metro y medio)	15	unidad
rocker	15	unidad	
Salida de biol	Niple especial de 1 1/4"	15	unidad
	Tuerca de bronce 1 1/4"	15	unidad
	Contratuerca de bronce 1 1/4"	15	unidad
	Empaquetadura	30	unidad
	Lija	1	unidad
	Válvula de paso de 1 1/4"	15	unidad
Cinta de teflón 1"	6	unidad	

Parte	Material	Cantidad	Unidad
Gasómetro	Inflador	1	unidad
	Envase de 10 litros	1	unidad
	Manguera de correr nivel	1 1/2	metro
	Sicaflex para sanitario	1	unidad
	Abrazadera	2	unidad
	Manguera para desagüe de lavadora	1 1/2	metro
	Teflón de 1/2"	1	unidad
Bioensayo de fitotoxicidad	Libreta	1	unidad
	Pinza	1	unidad
	Papel milimetrado	1	hoja
	Placas Petri de 9 cm de diámetro	78	unidad
	Semillas de alfalfa	1	bolsa de 1 kg
	Agua destilada	8	botella de 1 L
	Vasos descartables	4	paquete (100 unidades)
	Jeringa	3	unidad
	Bolsas de plástico	1	paquete (100 unidades)
	Papel absorbente	1	rollo
	Regla	1	unidad
Caja de cartón	1	unidad	

Apéndice B. Construcción del biodigestor

131

Se construyeron 15 biodigestores de tipo semicontinuo, utilizándose 15 cilindros de PVC de 120 litros de capacidad.

A cada cilindro se le realizó 3 agujeros, los cuales sirvieron para la salida de biol, biogás y la mezcla homogénea en el interior del digestor (agitador). Se siguió el modelo de biodigestor planteado por Castillo (Castillo, 2012, como se citó en Paucar & Quispe, 2015).

Se realizó un agujero de 1 ¼ pulgada a 26 centímetros de la base, el cual fue usado para la salida del biol generado. Para ello se utilizó un taladro y cierra de copa de 1 ¼ pulgada. En esta perforación se colocaron niples especiales de 1 ¼ pulgada, los cuales fueron fijados con tuerca, contratuerca y empaquetadura. Junto a ello, se enroscó una válvula de paso de 1 ¼ pulgada, el cual permitió la recolección del biol generado dentro del digestor.

Se pegaron los accesorios con silicona, y se colocó dos capas de silicona negra, debido a que cuando se realizó la prueba, algunos de ellos presentaron fugas de líquido. Después de probarlos con líquido en su interior, se mostró que la silicona negra de alta resistencia para vidrios no era el pegamento adecuado. Se cambió de pegamento por silicona negra de alta resistencia para autos; sin embargo, la fuga de líquido aún estaba presente. Debido a ello, se desarmó el modelo con el fin de reforzar el espacio entre el niple y el agujero del cilindro. Se colocó pabilo en la zona de contacto entre cilindro y niple, encima se usó formador de

empaquetadura N° 2 y sobre ella se usó teflón de 1", en la cual se contó con 5 vueltas para una mejor presión entre el niple y el bidón. Seguidamente se colocó la tuerca en la zona reforzada, se usó silicona y vaselina para pegar la empaquetadura a la tuerca y el mismo proceso se usó para la adhesión del niple al cilindro. La válvula fue colocada usando formador de empaquetadura N° 2 y teflón de 1".

Para la salida de biogás, se realizó un agujero de ½ pulgada en la tapa del cilindro. Se colocó el niple especial de ½ pulgada, el cual fue unido con la válvula de paso de ½ pulgada. Junto a la válvula se colocó un adaptador de ½ a ¼ de pulgada, el cual fue unido a una manguera de ¼". Y a ella fue conectada a un adaptador de ½ a ¼ por ambos lados, terminando en una válvula para la entrada y salida de biogás. Junto a ella, se unió un flotador de 61 cm, el cual permitió la recolección de biogás. Además, todos los accesorios mencionados fueron unidos con formador de empaquetadura N° 2 y teflón de ½"; en el cual se usó el procedimiento de dar 5 vueltas a cada accesorio para evitar fugas de gas.

Se realizó el orificio para el agitador; sin embargo, debido al volumen de la carga y a experiencias con el mismo volumen se decidió tapar el orificio usando un roker, ya que para un volumen bajo, la agitación se puede realizar manualmente.

Figura B1

Modelo de biodigestor construido para la investigación



Apéndice C. Construcción del gasómetro artesanal

134

Se elaboró un gasómetro artesanal, el cual permitió conocer el volumen de gas generado por la mezcla de suero salado de quesería y estiércol de cuy.

Se utilizó un inflador de marca INTEX, el cual contaba con dos entradas, las cuales tenía la función de inflar y desinflar respectivamente. La entrada para desinflar fue conectada a un inflador lo cual permitió la absorción del gas encontrado en el flotador. Por otro lado, a la entrada restante se le agregó una manguera de desagüe para lavadora, la cual fue conectada con un balde de 10 L. Estas dos uniones fueron aseguradas con abrazaderas. En la Figura 20 se muestra el gasómetro elaborado.

Para esta metodología se tomó como referencia a Castillo (2012), donde se utilizó el teorema de Arquímedes, teniendo como propósito la absorción del gas concentrado en los flotadores para luego por presiones este sea desplazado por el agua.

Figura C1

Gasómetro artesanal elaborado para medición del volumen de gas



Apéndice D. Cuadros estadísticos

Tabla D1

Análisis de Varianza (ANOVA) de Temperatura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.111	4	0.528	0.950	0.447
Dentro de grupos	19.448	35	0.556		
Total	21.559	39			

Nota: Se usó un Nivel de significación de 0.05

Tabla D2

Análisis de Varianza (ANOVA) de Fósforo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	69153.913	4	17288.478	20.710	0.000
Dentro de grupos	8347.797	10	834.780		
Total	77501.710	14			

Nota: Se usó un Nivel de significación de 0.05

Tabla D3

Análisis de Varianza (ANOVA) de Potasio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4292669.025	4	1073167.256	54.935	0.000
Dentro de grupos	195353.833	10	19535.383		
Total	4488022.858	14			

Nota: Se usó un Nivel de significación de 0.05

Tabla D4

Análisis de Varianza (ANOVA) de Calcio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	219216.667	4	54804.167	29.493	0.000
Dentro de grupos	18582.292	10	1858.229		
Total	237798.958	14			

Nota: Se usó un Nivel de significación de 0.05

Tabla D5

Prueba Kruskal – Wallis para pH

	pH
H de Kruskal-Wallis	31.975
GI	4
Sig. asintótica	.000

Nota: Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05

Muestra 1- Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. Ajust.
T1 - T2	-8.056	6.180	-1.303	0.192	1.000
T1 - T3	-16.222	6.180	-2.625	0.009	0.087
T1 - T4	-23.056	6.180	-3.730	0.000	0.002
T1 - T5	-31.556	6.180	-5.106	0.000	0.000
T2 - T3	-8.167	6.180	-1.321	0.186	1.000
T2 - T4	-15.000	6.180	-2.427	0.015	0.152
T2 - T5	-23.500	6.180	-3.802	0.000	0.001
T3 - T4	-6.833	6.180	-1.106	0.269	1.000
T3 - T5	-15.333	6.180	-2.481	0.013	0.131
T4 - T5	-8.500	6.180	-1.375	0.169	1.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. El nivel de significación es 0.05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Tabla D6

Prueba Kruskal – Wallis para C.E

	C.E
H de Kruskal-Wallis	31.353
gl	4
Sig. asintótica	0.000

Nota: Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05

Muestra 1- Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. Ajust.
T1 - T2	-8.625	5.841	-1.477	0.140	1.000
T1 - T3	-18.000	5.841	-3.082	0.002	0.021
T1 - T4	-22.875	5.841	-3.916	0.000	0.001
T1 - T5	-30.500	5.841	-5.222	0.000	0.000
T2 - T3	-9.375	5.841	-1.605	0.108	1.000
T2 - T4	-14.250	5.841	-2.440	0.015	0.147
T2 - T5	-21.875	5.841	-3.745	0.000	0.002
T3 - T4	-4.875	5.841	-.835	0.404	1.000
T3 - T5	-12.500	5.841	-2.140	0.032	0.324
T4 - T5	-7.625	5.841	-1.305	0.192	1.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Tabla D7

Prueba Kruskal – Wallis para Nitrógeno

	Nitrógeno
H de Kruskal-Wallis	9.317
GI	4
Sig. asintótica	0.054

Nota: Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05

Tabla D8

Prueba Kruskal – Wallis para Magnesio

	Magnesio
H de Kruskal-Wallis	13.233
GI	4
Sig. asintótica	.010

Nota: Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05.

Muestra 1- Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. Ajust.
T1 - T2	-3.000	3.651	-.822	0.411	1.000
T1 - T3	-6.000	3.651	-1.643	0.100	1.000
T1 - T4	-9.333	3.651	-2.556	0.011	0.106
T1 - T5	-11.667	3.651	-3.195	0.001	0.014
T2 - T3	-3.000	3.651	-.822	0.411	1.000
T2 - T4	-6.333	3.651	-1.734	0.083	0.828
T2 - T5	-8.667	3.651	-2.373	0.018	0.176
T3 - T4	-3.333	3.651	-.913	0.361	1.000
T3 - T5	-5.667	3.651	-1.552	0.121	1.000
T4 - T5	-2.333	3.651	-.639	0.523	1.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Tabla D9

Prueba Kruskal – Wallis para Sodio

Sodio	
H de Kruskal-Wallis	12.576
gl	4
Sig. asintótica	0.014

Nota: Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05

Muestra 1- Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. Ajust.
T5 - T4	2.833	3.642	0.778	0.437	1.000
T5 - T3	6.833	3.642	1.876	0.061	0.606
T5 - T2	7.667	3.642	2.105	0.035	0.353
T5 - T1	11.833	3.642	3.249	0.001	0.012
T4 - T3	4.000	3.642	1.098	0.272	1.000
T4 - T2	4.833	3.642	1.327	0.184	1.000
T4 - T1	9.000	3.642	2.471	0.013	0.135
T3 - T2	.833	3.642	.229	0.819	1.000
T3 - T1	5.000	3.642	1.373	0.170	1.000
T2 - T1	4.167	3.642	1.144	0.253	1.000

Nota: Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. El nivel de significación es 0.05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

Tabla D10

Pruebas post – hoc para Fósforo

Prueba post-hoc T3 de Dunnet			
Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T1 - T2	-60.11667	7.00622	0.007
T1 - T3	-105.20667	5.34776	0.001
T1 – T4	-126.76667	18.11749	0.057
T1 – T5	57.49667	32.35485	0.641
T2 – T1	60.11667	7.00622	0.007
T2 – T3	-45.09000	6.05876	0.024
T2 – T4	-66.65000	18.33994	0.208
T2 – T5	117.61333	32.47993	0.232
T3 – T1	105.20667	5.34776	0.001
T3 – T2	45.09000	6.05876	0.024
T3 – T4	-21.56000	17.77259	0.858
T3 – T5	162.70333	32.16298	0.132
T4 – T1	126.76667	18.11749	0.057
T4 – T2	66.65000	18.33994	0.208
T4 – T3	21.56000	17.77259	0.858
T4 – T5	184.26333	36.52537	0.069
T5 – T1	-57.49667	32.35485	0.641
T5 – T2	-117.61333	32.47993	0.232
T5 – T3	-162.70333	32.16298	0.132
T5 – T4	-184.26333	36.52537	0.069

Nota: La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Tabla D11

Prueba post – hoc para Potasio

Prueba post-hoc T3 de Dunnet			
Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T1 - T2	-324,33333	21.98358	0.009
T1 - T3	-796,25000	55.40100	0.017
T1 – T4	-993,75000	89.55038	0.029
T1 – T5	-1542,08333	145.30559	0.033
T2 – T1	324,33333	21.98358	0.009
T2 – T3	-471,91667	58.89120	0.031
T2 – T4	-669.41667	91.75061	0.055
T2 – T5	-1217,75000	146.67180	0.048
T3 – T1	796,25000	55.40100	0.017
T3 – T2	471,91667	58.89120	0.031
T3 – T4	-197.50000	104.90075	0.571
T3 – T5	-745.83333	155.23727	0.106
T4 – T1	993,75000	89.55038	0.029
T4 – T2	669.41667	91.75061	0.055
T4 – T3	197.50000	104.90075	0.571
T4 – T5	-548.33333	170.43653	0.203
T5 – T1	1542,08333	145.30559	0.033
T5 – T2	1217,75000	146.67180	0.048
T5 – T3	745.83333	155.23727	0.106
T5 – T4	548.33333	170.43653	0.203

Nota: La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Tabla D12

Prueba Post – hoc para Calcio

Prueba post-hoc T3 de Dunnet			
Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
T1 - T2	-182,08333	19.23448	0.041
T1 - T3	-317,91667	25.35512	0.024
T1 – T4	-334,58333	7.44190	0.002
T1 – T5	-244.58333	45.05976	0.119
T2 – T1	182,08333	19.23448	0.041
T2 – T3	-135.83333	31.80889	0.083
T2 – T4	-152,50000	20.59868	0.038
T2 – T5	-62.50000	48.98271	0.839
T3 – T1	317,91667	25.35512	0.024
T3 – T2	135.83333	31.80889	0.083
T3 – T4	-16.66667	26.40497	0.993
T3 – T5	73.33333	51.69354	0.781
T4 – T1	334,58333	7.44190	0.002
T4 – T2	152,50000	20.59868	0.038
T4 – T3	16.66667	26.40497	0.993
T4 – T5	90.00000	45.65876	0.572
T5 – T1	244.58333	45.05976	0.119
T5 – T2	62.50000	48.98271	0.839
T5 – T3	-73.33333	51.69354	0.781
T5 – T4	-90.00000	45.65876	0.572

Nota: La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Tabla D13

Diseño de bloques aleatorizados – Prueba de efectos inter-sujetos para el factor Índice de germinación


Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	42274.947	9	4697.216	45.968	0.000
Corregido					
Tratamiento	1672.750	4	418.187	4.093	0.000
Dilución	40158.718	4	10039.679	98.251	0.018
Error	1634.938	16	102.184		0.000
Total	207616.870	26			
Total corregido	43909.885	25			

Nota: Nivel de significación 0.05.


Apéndice E. Informes de análisis

Figura E1

Informe de análisis de relación Carbono/Nitrógeno



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : YILDIZ JORDAN BOUCHON

PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ MACAS/ C.P. DE MACAS

REFERENCIA : H.R. 71658

BOLETA : 3988

FECHA : 04/02/2020

Nº LAB	CLAVES	Relación C/N
111	Tratamiento 1	15.72
112	Tratamiento 2	18.59
113	Tratamiento 3	18.71
114	Tratamiento 4	15.78
115	Tratamiento 5	16.07




Ina. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Figura E2

Informe de análisis de porcentaje de grasa



INFORME DE ENSAYO
CO2000555 Rev. 0


Página 1 de 1

Análisis solicitado por:	YILDIZ THAIS JORDÁN BOUCHON Jr. Trujillo 448. 3B de la Av. Perú. SAN MARTIN DE PORRES - LIMA.		
Solicitud de Ensayo:	221844-1	Cantidad Muestras:	1
Producto descrito como:	PRODUCTOS LÁCTEOS	Fecha de Recepción:	27/01/2020
Procedencia:	MUESTRA RECIBIDA	Fecha de Ensayo:	28/01/2020
Observaciones Recep.:	EN ENVASE PLÁSTICO	Fecha de Emisión:	01/02/2020

Ensayo	Método		
Grasa	NTP 202.126.1998 (revisada el 2014) LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Leche cruda. Grasa en la leche. Método Rose-Gottlieb		

Resultados			
Identificación de la muestra	SUERO DE LECHE		
Ensayo	L.D.	L.C.	
Grasa (%)	-	0.01	0.57

L.D. = Límite de Detección
L.C. = Límite de Cuantificación



Luduvina E. Reyes Rosales
CQP 889
Coordinador de Laboratorio

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.peru-ES/Terra-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su adhesión o su uso no constituye un delito contra la fe pública y se reserva por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015.

Figura E3

Informe de coliformes fecales



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 2001040 - LMT

SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : **MATERIA ORGANICA**
2001040) T1

PROCEDENCIA : Macas - Canta
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2020 - 01 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 01 - 27
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 01 - 27
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 02 - 05

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 2001040
Enumeración de coliformes fecales (NMPig)	4

Métodos:
International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Triad, 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.
Validez del documento:
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 05 de febrero de 2020





DRA. DORIS ZUNIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Aparato Postal 456 - Lima 12 - PERÚ

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO Nº 2001041 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : MATERIA ORGANICA 2001041) T2		
PROCEDENCIA	: Macas - Canta	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico.	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 01 - 25	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 01 - 27	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 01 - 27	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 02 - 05	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2001041	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	> 11 x 10 ²	
Métodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 05 de febrero de 2020		
		
DRA. DORIS ZUNIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"		
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Aparato Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO Nº 2001042 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO MUESTRA : MATERIA ORGANICA 2001042) T3		
PROCEDENCIA : Macas - Canta TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico. CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox. ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado FECHA DE MUESTREO : 2020 - 01 - 25 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 01 - 27 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 01 - 27 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 02 - 05		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2001042	
*Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	> 11 x 10 ²	
Métodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part 5, (Trad. 1998) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 05 de febrero de 2020		
 DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lm@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lm@lamolina.edu.pe Anafanado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO Nº 2001043 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO MUESTRA : MATERIA ORGANICA 2001043) T4		
PROCEDENCIA : Macas - Canta TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico. CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox. ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado FECHA DE MUESTREO : 2020 - 01 - 25 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 01 - 27 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 01 - 27 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 02 - 05		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2001043	
Enumeración de coliformes fecales (NMP) ₁₅	11 x 10 ³	
Métodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohíbese la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 05 de febrero de 2020		
 DRA. DORIS ZUÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 2001044 - LMT

SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : MATERIA ORGANICA
2001044) T5

PROCEDENCIA : Macas - Canta
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2020 - 01 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 01 - 27
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 01 - 27
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 02 - 05

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 2001044
*Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	40

Métodos:
*International Commission on Microbiological Specifications for Foods: 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1986) Reimp. 2000, Editorial Acribia.

Observaciones:
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.
Validez del documento:
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 05 de febrero de 2020




DRA. DORIS ZUÑIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lm@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lm@lamolina.edu.pe
Avenida Postal 456 - Lima 12 - PERU

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007171 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2007171) T1R1		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007171	
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Métodos: 1International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acniba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
(511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO Nº 2007172 - LMT		
SOLICITANTE	: YILDIZ JORDÁN BOUCHON	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: BIOL 2007172) T1R2	
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007172	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Metodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Remp. 2000. Editorial Acmbia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO" (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO Nº 2007174 - LMT		
SOLICITANTE	: YILDIZ JORDÁN BOUCHON	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: BIOL 2007174) T2R1	
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007174	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Métodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274					
INFORME DE ENSAYO N° 2007175 - LMT						
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO MUESTRA : BIOL 2007175) T2R2						
PROCEDENCIA : Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox. ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado FECHA DE MUESTREO : 2020 - 07 - 08 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 07 - 10 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 10 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 15						
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Análisis Microbiológico</th> <th>Muestra 2007175</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)</td> <td style="text-align: center;">< 3</td> </tr> </tbody> </table>	Análisis Microbiológico	Muestra 2007175	*Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007175					
*Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3					
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.						
Metodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.						
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.						
La Molina, 20 de julio de 2020						
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe						
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU						

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007176 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO MUESTRA : BIOL 2007176) T2R3		
PROCEDENCIA : Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox. ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado FECHA DE MUESTREO : 2020 - 07 - 08 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 07 - 10 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 10 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 15		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007176	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Metodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods: 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007177 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2007177) T3R1		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007177	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
<p><i>Nota:</i> El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.</p> <p>Metodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.</p> <p>Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.</p> <p style="text-align: right;">La Molina, 20 de julio de 2020</p>		
<p>DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe</p>		
<p>LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"</p> <p>(511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU</p>		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007178 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2007178) T3R2		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007178	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
<p><i>Nota:</i> El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.</p> <p>Metodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.</p> <p>Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.</p> <p style="text-align: right;">La Molina, 20 de julio de 2020</p>		
<p>DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe</p>		
<p>LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"</p> <p>(511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU</p>		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007179 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2007179) T3R3		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007179	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	

Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.



Métodos:
"International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Azabía.


Observaciones:
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.
Validez del documento:
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.



La Molina, 20 de julio de 2020

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"
☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007180 - LMT		
SOLICITANTE	: YILDIZ JORDÁN BOUCHON	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: BIOL 2007180) T4R1	
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007180	
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
<small>Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.</small>		
Metodos: <small>1International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.</small>		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007181 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2007181) T4R2		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007181	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Metodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acniba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007182 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO MUESTRA : BIOL 2007182) T4R3		
PROCEDENCIA : Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox. ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado FECHA DE MUESTREO : 2020 - 07 - 08 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020 - 07 - 10 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 10 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2020 - 07 - 15		
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007182	
1) Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.		
Metodos: 1) International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acmba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de julio de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	
	Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
	INFORME DE ENSAYO N° 2008204 - LMT	
SOLICITANTE	: YILDIZ JORDÁN BOUCHON	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: BIOL 2008204) T5R1	
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 08 - 15	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 08 - 17	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 08 - 17	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 08 - 20	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico		Muestra 2008204
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)		9
Métodos: ¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de agosto de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmr@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmr@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2007184 - LMT		
SOLICITANTE	: YILDIZ JORDÁN BOUCHON	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: BIOL 2007184) T5R2	
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 07 - 08	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 10	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 07 - 15	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2007184	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	
<p>Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.</p> <p>Métodos: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Azabía.</p> <p>Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.</p> <p style="text-align: right;">La Molina, 20 de julio de 2020</p> <p>DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe</p> <hr/> <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO" ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU</p>		

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 2008206 - LMT		
SOLICITANTE : YILDIZ JORDÁN BOUCHON		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA : BIOL 2008206) T5R3		
PROCEDENCIA	: Centro Poblado de Macas, Santa Rosa de Quives, Canta, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Bolsa de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2020 - 08 - 15	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020 - 08 - 17	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2020 - 08 - 17	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2020 - 08 - 20	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico	Muestra 2008206	
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	4	
Métodos: International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Aonibia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 20 de agosto de 2020		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

Figura E3

Informe de análisis de macro y micro nutrientes



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : YILDIZ THAIS JORDAN BOUCHON
 PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ SANTA ROSA DE QUIVES
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 72262
 BOLETA : 4141
 FECHA : 27/07/2020


Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
277	T1R1	3.02	12.70	16.96	9.64	621.60	180.15	625.00
278	T1R2	2.98	12.90	17.51	10.13	660.80	164.47	602.50
279	T1R3	5.19	5.61	159.14	153.50	1057.00	338.93	344.00
280	T2R1	4.31	15.30	12.24	3.47	532.00	225.24	969.00
281	T2R2	4.30	15.30	12.32	3.43	548.80	242.88	947.25
282	T2R3	4.39	14.90	12.30	3.43	554.40	229.16	898.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
277	T1R1	260.00	46.13	2325.00
278	T1R2	262.50	54.18	2100.00
279	T1R3	177.75	43.05	850.00
280	T2R1	435.00	94.75	1725.00
281	T2R2	480.00	97.00	1800.00
282	T2R3	415.00	89.75	1550.00



B. La Torre
Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-506-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES




**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : YILDIZ THAIS JORDAN BOUCHON
 PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ SANTA ROSA DE QUIVES
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 72282
 BOLETA : 4141
 FECHA : 27/07/2020

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
283	T3R1	4.70	16.80	14.43	4.57	638.40	282.09	1357.50
284	T3R2	4.74	17.00	14.80	4.73	627.20	278.17	1520.00
285	T3R3	4.99	17.50	15.15	4.90	632.80	272.29	1352.50
286	T4R1	5.17	18.10	16.27	5.79	716.80	321.29	1440.00
287	T4R2	5.64	18.00	16.34	6.17	705.60	311.49	1637.50
288	T4R3	5.96	17.90	15.75	5.77	716.80	264.45	1745.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
283	T3R1	575.00	138.75	1650.00
284	T3R2	625.00	160.75	1675.00
285	T3R3	537.50	145.25	1650.00
286	T4R1	585.00	177.50	1325.00
287	T4R2	610.00	186.50	1450.00
288	T4R3	562.50	225.50	1550.00



B. La Torre Martínez
Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7600 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@iamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : YILDIZ THAIS JORDAN BOUCHON

PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ SANTA ROSA DE QUIVES

MUESTRA DE : BIOL

REFERENCIA : H.R. 72262

BOLETA : 4141

FECHA : 27/07/2020

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
289	T5R1	7.37	20.40	18.60	6.34	812.00	148.79	2232.50
290	T5R2	7.16	17.80	17.67	7.77	604.80	144.87	1875.00
291	T5R3	7.41	19.90	15.21	3.94	728.00	50.78	2360.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
289	T5R1	595.00	267.00	1325.00
290	T5R2	450.00	219.50	1250.00
291	T5R3	472.50	265.75	1275.00



B. La Torre
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Apéndice F. Registro fotográfico

Figura F1

Construcción de biodigestores



Figura F2

Estiércol de cuy utilizada en la investigación



Figura F3

Suero de leche utilizada en la investigación



Figura F4

Separación de estiércol de cuy y paja existente en la muestra



Figura F5

Instalación de biodigestores en Fundo Agroecológico HECOSAN



Figura F6

Medición de pH y C.E en campo



Figura F7

Producción de biogás en semana 4



Figura F8

Recolección de muestras de biol



Figura F9

Medición de la radícula e hipocotilo en semillas de alfalfa

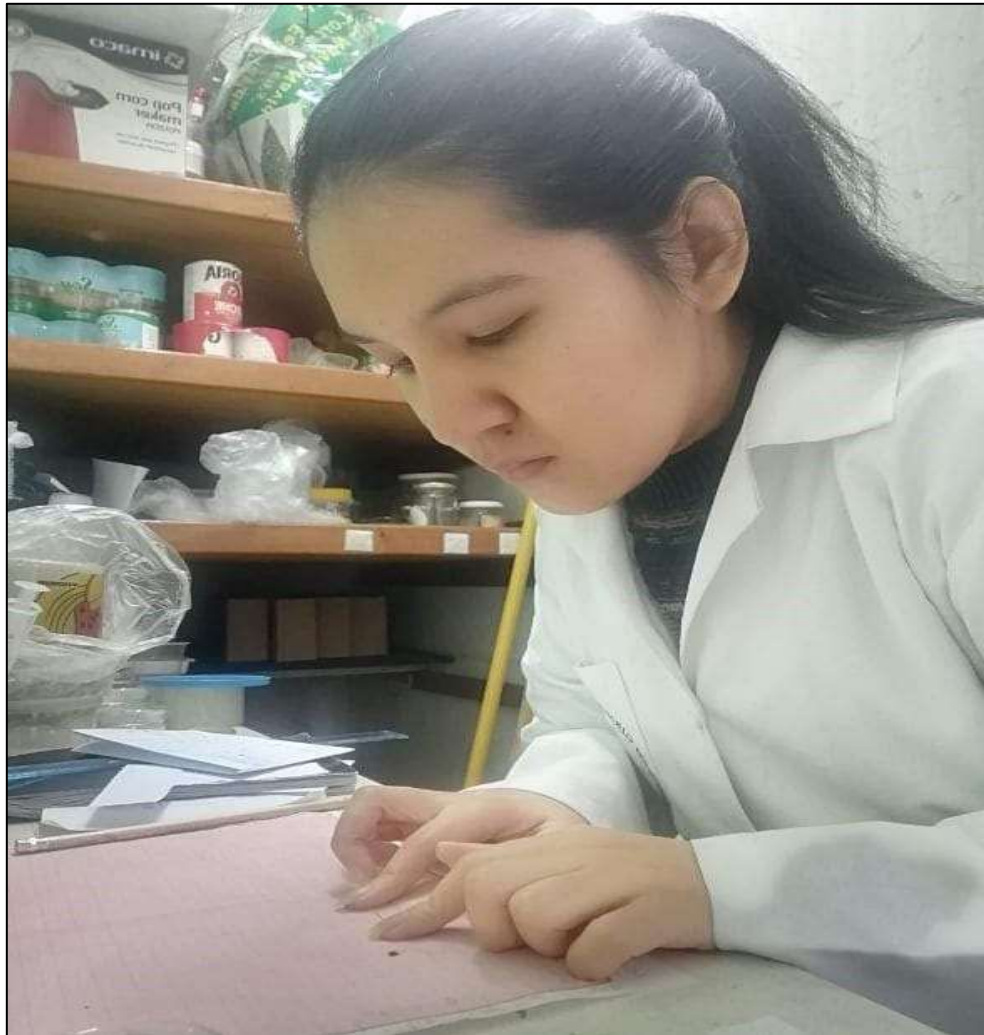


Figura F10

Efecto del control sobre la germinación de la alfalfa



Figura F11

Efecto del T1 según diluciones logarítmicas sobre la germinación de la alfalfa

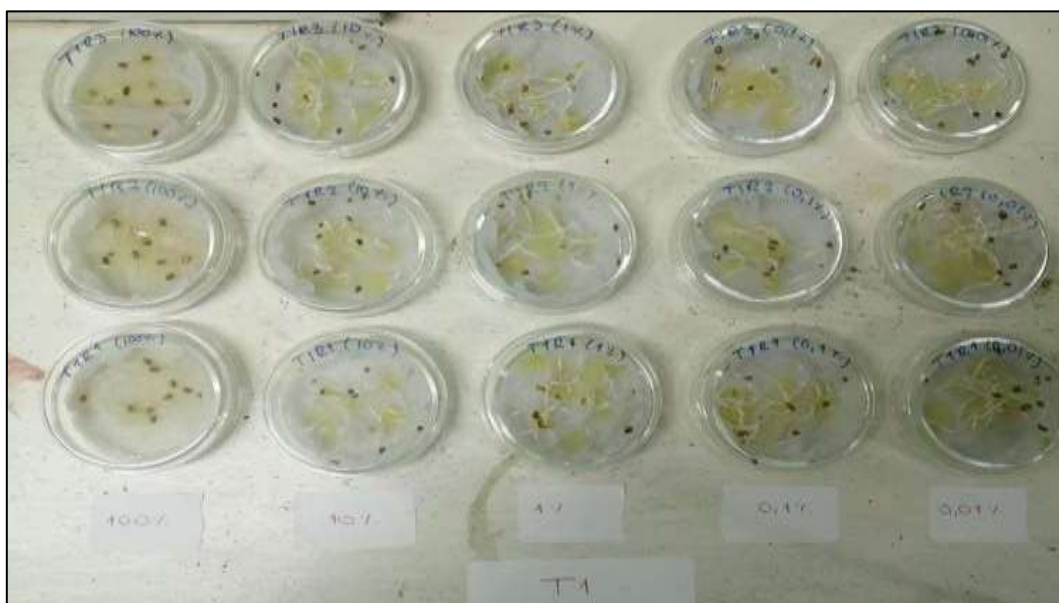


Figura F12

Efecto del T2 según diluciones logarítmicas sobre la germinación de la alfalfa

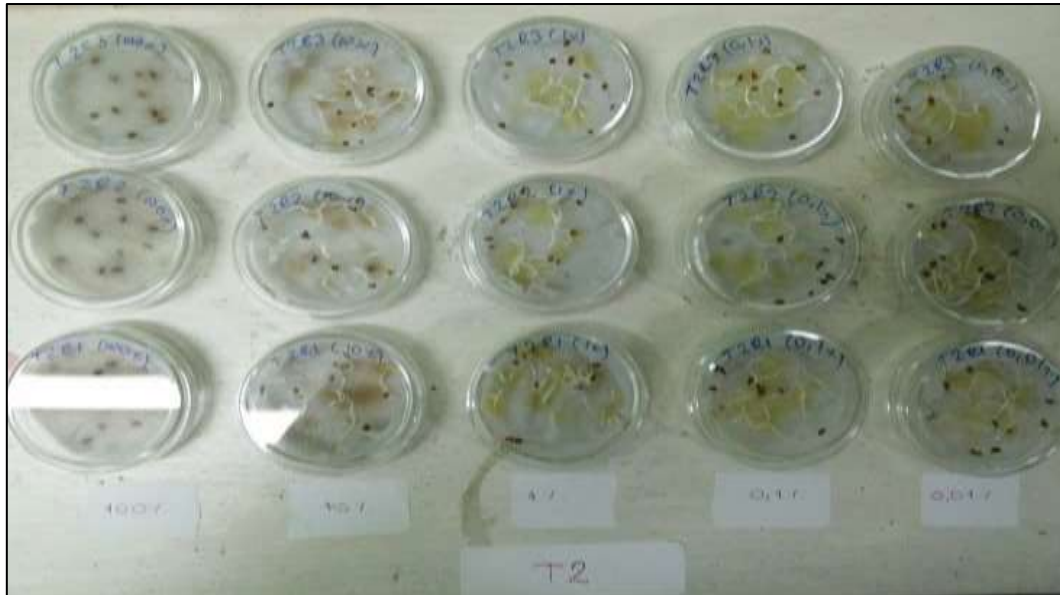


Figura F13

Efecto del T3 según diluciones logarítmicas sobre la germinación de la alfalfa

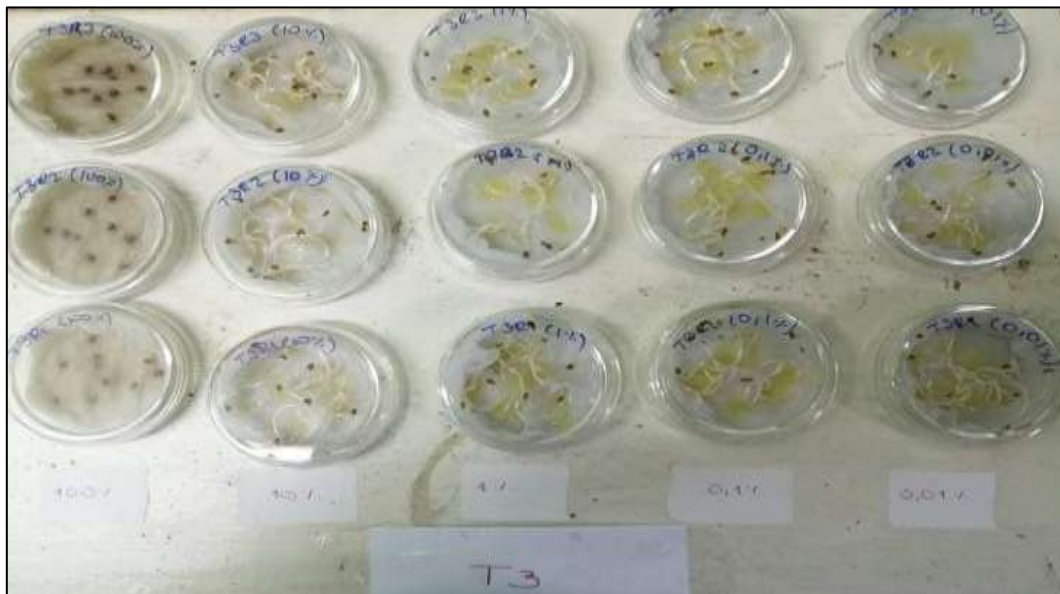


Figura F14

Efecto del T4 según diluciones logarítmicas sobre la germinación de la alfalfa

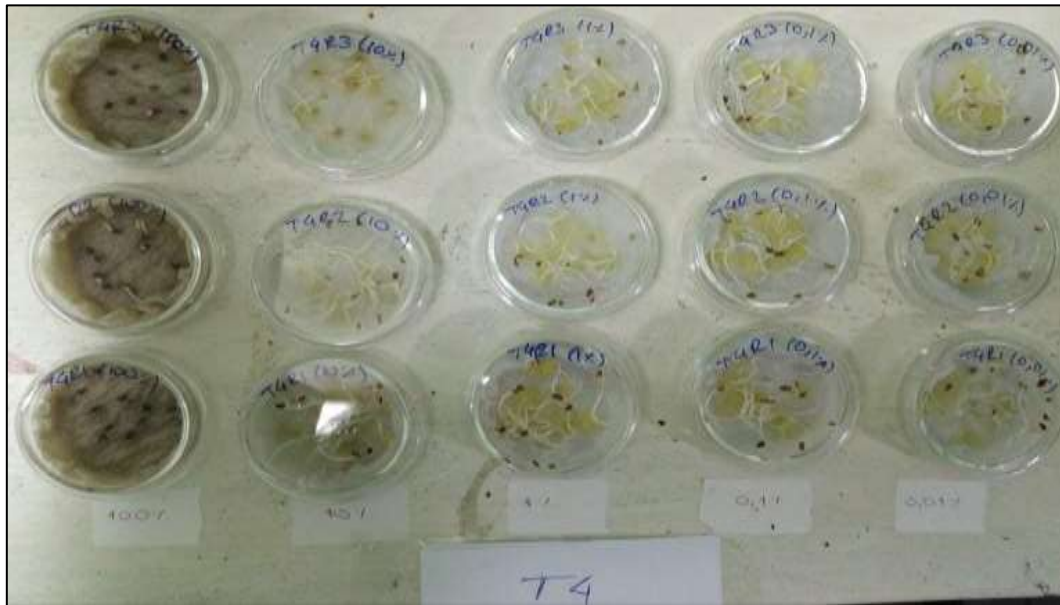


Figura F15

Efecto del T5 según diluciones logarítmicas sobre la germinación de la alfalfa

