



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS
MEDIANTE BIODIGESTIÓN ANAEROBIA CON ESTIÉRCOL
VACUNO PARA PRODUCIR ABONO LÍQUIDO EN SAN ANTONIO
- CAÑETE”

Tesis para optar el título de:
INGENIERO(A) AMBIENTAL

Presentado por:
Vania Lucia Pachas Yarlequé

Asesor:
Luis Abraham Gomero Osorio

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 09 de junio de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: MBA. Alexander Emanuel Díaz Sotil	<input type="checkbox"/>
Miembro: Ing. Rafael Antonio René Ponce Vargas	
Miembro: Ing. Melissa Giovanna Olivera Huamán	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS VITIVÍNICOLAS MEDIANTE BIODIGESTIÓN ANAEROBIA CON ESTIÉRCOL VACUNO PARA PRODUCIR ABONO LÍQUIDO EN SAN ANTONIO - CAÑETE

Presentada por la bachiller:

- Vania Lucía Pachas Yarleque

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental


Asesorada por:

- Ing. Luis Abraham Gomero Osorio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: Vania Lucía Pachas Yarleque		Nota (en letras): catorce	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.




MBA. Alexander Emanuel Díaz Sotil
Presidente del Jurado



Ing. Luis Abraham Gomero Osorio
Asesor



Ing. Rafael Antonio René Ponce Vargas
Miembro 1



Ing. Melissa Giovanna Olivera Huamán
Miembro 2

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres, hermano y Paul por siempre apoyarme en todas las decisiones que tomo y ser mi motivación para salir adelante.

A mi tío Eulogio Dioses, porque sin su ayuda hubiera sido muy difícil ejecutar este proyecto.

Al señor Amador Arias, por su apoyo desinteresado y preocupación en el desarrollo de la investigación.

Al Ing. Luis Gomero, por invertir su tiempo en asesorar este proyecto con éxito de inicio a fin.

A mi familia y amigos que estuvieron pendientes y creyeron en mi para realizar esta tesis.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
INDICE GENERAL	3
INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE TABLAS.....	10
INDICE DE ANEXOS.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Definiciones.....	19
2.1.1. Residuos Sólidos	19
2.1.2. Residuos agroindustriales	19
2.1.3. Valorización de residuos	19
2.1.4. Agua residual.....	19
2.1.5. Vinaza.....	20
2.1.6. Orujo de uva	20
2.1.7. Digestión anaerobia.....	20
a. Hidrolisis y fermentación	20
b. Acetogénesis.....	21
c. Metanogénesis	21
2.1.8. Co-digestión anaerobia	21
2.1.9. Abono líquido	21
2.1.10. Biogás	22
2.1.11. Lluvia ácida.....	22
2.1.12. Eutrofización	22

2.1.13.	Gases de efecto invernadero	22
III.	OBJETIVOS/HIPÓTESIS	24
3.1.	Objetivo general	24
3.2.	Objetivos específicos	24
IV.	METODOLOGÍA	25
4.1.	Lugar de ejecución	25
4.2.	Obtención de la materia prima	25
4.3.	Duración	26
4.4.	Tratamientos	26
4.4.1.	Análisis físico-químico.....	27
4.5.	Diseño del biodigestor	28
4.6.	Carga del biodigestor	29
4.7.	Medición de parámetros de campo	30
4.7.1.	pH y temperatura	30
4.7.2.	Biogás.....	31
4.8.	Medición de parámetros en laboratorio.....	32
4.8.1.	Macronutrientes.....	32
a.	Relación Carbono/Nitrógeno	33
4.8.2.	Fitotoxicidad.....	33
4.9.	Análisis estadístico.....	35
V.	RESULTADOS	37
5.1.	Evaluación de parámetros en campo	37
5.1.1.	Variación de pH	37
5.1.2.	Variación de temperatura.....	39
5.2.	Producción de biogás.....	40
5.3.	Análisis físico-químicos	41

5.3.1.	Relación Carbono/Nitrógeno	41
5.3.2.	Conductividad eléctrica.....	44
5.4.	Composición del abono líquido	48
5.4.1.	Macronutrientes primarios	48
a.	Nitrógeno	48
b.	Fósforo	49
c.	Potasio.....	50
5.4.2.	Macronutrientes secundarios	52
a.	Calcio.....	52
b.	Magnesio.....	53
c.	Sodio	54
5.5.	Nivel de fitotoxicidad	56
5.5.1.	Índice de germinación.....	56
5.5.2.	Relación entre el pH y el índice de germinación	58
5.5.3.	Relación entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación	60
VI.	DISCUSIÓN	62
6.1.	Variación de pH	62
6.2.	Variación de temperatura	63
6.3.	Biogás	64
6.4.	Macronutrientes.....	65
6.4.1.	Nitrógeno	65
6.4.2.	Fósforo	66
6.4.3.	Potasio.....	66
6.4.4.	Calcio, magnesio y sodio	67
6.4.5.	Abonos orgánicos vs fertilizantes químicos	69
6.5.	Índice de germinación.....	70

VII.	CONCLUSIONES	73
VIII.	RECOMENDACIONES	75
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
X.	ABREVIATURAS.....	91
XI.	ANEXOS.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Fundo Guayaquil, lugar donde se instalaron los biodigestores.	25
Figura 2. Tamaño del orujo de uva obtenido después de la trituración.	26
Figura 3. Construcción finalizada de un prototipo de biodigestor para la producción de biol.....	28
Figura 4. Ubicación de los biodigestores y distribución aleatoria por tratamiento y repetición.	29
Figura 5. Medición de pH (tiras indicadoras) y temperatura (termómetro) en campo.	31
Figura 6. Radio interno y externo del almacenamiento tubular para determinar cantidad de biogás.	32
Figura 7. Relación positiva entre el pH y el tiempo de biodigestión transcurrido en semanas por cada tratamiento.....	38
Figura 8. Relación negativa entre la temperatura y el tiempo de biodigestión transcurrido en semanas.....	40
Figura 9. Comparación entre la relación C/N inicial y final de cada tratamiento.	43
Figura 10. Relación C/N en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.	44
Figura 11. Comparación entre la conductividad eléctrica inicial y final de cada tratamiento.....	46

Figura 12. Conductividad eléctrica en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 47

Figura 13. Concentración de nitrógeno en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 49

Figura 14. Concentración de fósforo en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 50

Figura 15. Concentración de potasio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 51

Figura 16. Concentración de calcio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 53

Figura 17. Concentración de magnesio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 54

Figura 18. Concentración de sodio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos. 56

Figura 19. Nivel de pH en cada tratamiento y sus diluciones. 59

Figura 20. Ausencia de correlación entre el pH y el índice de germinación. 60

Figura 21. Relación negativa entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación.

..... 61

Figura 22. Conductividad eléctrica en cada tratamiento y sus diluciones..... 61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concentración de residuos vitivinícolas y estiércol por tratamiento.	27
Tabla 2. Parámetros analizados en laboratorio de cada abono líquido producido.	32
Tabla 3. Diluciones para evaluar fitotoxicidad en cada abono líquido producido.	34
Tabla 4. Variación de pH por cada semana transcurrida en el proceso de biodigestión.	37
Tabla 5. Correlación de Pearson entre el pH y el tiempo de biodigestión en cada tratamiento.....	38
Tabla 6. Variación de temperatura (°C) por cada semana transcurrida en el proceso de biodigestión.	39
Tabla 7. Correlación de Pearson entre la temperatura y el tiempo de biodigestión.	40
Tabla 8. Producción de biogás promedio en cada tratamiento.	41
Tabla 9. Relación C/N en los tratamientos iniciales y finales (abonos líquidos producidos).	42
Tabla 10. Prueba de Tukey para comparar la relación C/N entre tratamientos.	43
Tabla 11. Conductividad Eléctrica evaluada en los tratamientos iniciales y finales (abonos líquidos producidos).....	45
Tabla 12. Prueba de Tukey para comparar la conductividad eléctrica entre tratamientos.	47
Tabla 13. Prueba de Tukey para comparar la concentración de nitrógeno entre tratamientos.	48

Tabla 14. Prueba de Tukey para comparar la concentración de fósforo entre tratamientos.....	50
Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar la concentración de potasio entre tratamientos.....	51
Tabla 16. Prueba de Tukey para comparar la concentración de calcio entre tratamientos.	52
Tabla 17. Prueba de Tukey para comparar la concentración de magnesio entre tratamientos.....	54
Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar la concentración de sodio entre tratamientos.	55
Tabla 19. Índice de germinación para evaluar fitotoxicidad en todos los tratamientos.	58
Tabla 20. Correlación de Pearson entre el pH y el índice de germinación.	59
Tabla 21. Correlación de Pearson entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación.....	60

INDICE DE ANEXOS

11.1. Matriz de consistencia.....	92
11.2. Proceso de construcción del biodigestor	94
11.3. Fotografías de la preparación del experimento.....	95
11.4. Resultados de los análisis de laboratorio	100

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las características de los residuos vitivinícolas cuando son procesados por biodigestión anaerobia con estiércol vacuno para producir abono líquido. Se usaron biodigestores tipo batch y se prepararon cuatro tratamientos con diferentes cantidades de estiércol: T1-0%, T2-5%, T3-10% y T4-15%, se midió de forma semanal el pH y temperatura interna, así como la cantidad de biogás en flotadores. Al finalizar la biodigestión se analizaron macronutrientes, pH y CE, por último, se realizó la prueba de fitotoxicidad (IG) con semillas de lechuga. Este proceso duró 13 semanas, a temperatura psicofílica, dando como resultado abonos líquidos de pH ácido (<5) y CE media alta (6.8-16.8 dS/m). La cantidad de biogás generado fue producto de la aplicación de estiércol, ya que presenta microorganismos que aumentan la actividad microbiana durante la biodigestión, resultando en un incremento de la concentración de macronutrientes. Por eso, T3 tuvo los valores más altos de P, K y Na (683.08 mg/L, 3041.67 mg/L and 497.50 mg/L) y T4 los más altos de N, Ca y Mg (2296 mg/l, 1290 mg/l y 595 mg/l). Esto demuestra que la co-digestión con estiércol mejora las características de los abonos líquidos. Finalmente, se determinó que los abonos líquidos puros son fitotóxicos, pero, al ser diluidos al 0.1% y 0.01% presentan baja o nula fitotoxicidad. Sólo T3 presentó IG>100%, esto indicaría que puede ser usado como abono líquido o fitoestimulante. Estos resultados evidencian el valor agregado que tienen los residuos vitivinícolas para ser aprovechados y no desechados.

Palabras clave: Residuos Vitivinícolas, Abono líquido, Biodigestión, Macronutrientes, Fitotoxicidad.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the characteristics of wine waste when they go through an anaerobic biodigestion process with cattle manure to produce liquid fertilizer. Batch biodigesters were used and four treatments were prepared with different amounts of cow manure: T1-0%, T2-5%, T3-10% and T4-15%, pH and internal temperature were measured weekly, as well as the amount of biogas in floats. At the end of the biodigestion process, the macronutrients, pH and EC were analyzed, to finish, the phytotoxicity test (GR) was carried out with lettuce seeds. This process lasted thirteen weeks at a psychrophilic temperature, resulting in liquid fertilizers with acidic pH (<5) and high EC (6.8-16.8 dS/m). The amount of biogas generated determined that manure, due to the nutrients and microorganisms it has, increases microbial activity during biodigestion, resulting in an increase in the concentration of macronutrients. Therefore, T3 reported the highest values of P, K and Na (683.08 mg/L, 3041.67 mg/L and 497.50 mg/L) and T4 treatments the highest values of N, Ca and Mg (2296 mg/l, 1290 mg/l and 595 mg/l). This shows that co-digestion with manure improves the characteristics of liquid fertilizers. Finally, it was determined that pure fertilizers are phytotoxic, but, when diluted to 0.1% and 0.01%, they present low or no phytotoxicity. Only T3 treatment presented GR>100%, which would indicate that it can be used as a liquid fertilizer or phytostimulant. These results show the added value that wine waste have to be used and not disposed of.

Key words: Wine Waste, Liquid Fertilizer, Biodigestion, Macronutrients, Phitotoxicity

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción formal del pisco en el Perú ha tenido un crecimiento constante, de 7%, en los últimos 10 años (El Peruano, 2019), esto significa que también se ha tenido un incremento de los residuos que genera el sector.

Al tratarse de un cultivo anual, la generación de los residuos no se produce de manera uniforme y dificulta la gestión que puedan realizar los productores, llegando a representar serios problemas de almacenamiento, transformación y eliminación en términos ecológicos y económicos” (Farías, 2015).

Los principales residuos vitivinícolas son el orujo y la vinaza, el orujo es el residuo sólido que no genera ningún valor agregado en la producción, y presenta cierta fitotoxicidad al no permitir la germinación de las plantas cuando es aplicada directamente al suelo (Nogales, Melgar, Pagola, & Benítez, 2003).

También, el orujo forma parte de los residuos sólidos del sector agrícola que son quemados como principal forma de eliminación, esta medida ocasiona que se liberen gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera que contribuyen al cambio climático. De acuerdo con el MINAM (2016), la agricultura, a pesar de ser una de las actividades más susceptibles a los impactos del cambio climático, es la tercera categoría que reporta emisiones de GEI más altas, representando el 15% del total de GEI emitido a la atmósfera por el país. El Decreto Supremo N° 016-2012-AG, que aprueba el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, en el artículo 27, menciona que está prohibido realizar la quema de residuos vegetales y el abandono de residuos en lugares no autorizados, de haber incumplimiento, la autoridad competente puede aplicar una amonestación escrita, suspensión de actividades, multa o clausura de actividades.

Cabe resaltar que esta norma junto con el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, han incluido en sus artículos la recuperación, el reaprovechamiento y la valorización de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos agropecuarios y agroindustriales, siempre que garanticen la protección de la salud y su equilibrio con el medio ambiente. Por lo tanto, la obtención de productos de valor agregado a partir de estos residuos es una alternativa interesante y apoyada por las normas peruanas.

Por otro lado, la vinaza es considerada un residuo líquido orgánico que proviene de la elaboración del pisco. Por cada 50 toneladas de uva, se generan alrededor de 7200 litros de pisco y 35000 litros de vinaza, por estas grandes cantidades y debido a ciertas características, como la acidez (pH 3-4), salinidad (CE 7-8 dS/m) y elevadas temperaturas (95 °C), es considerada un residuo industrial líquido que, al ser eliminado al drenaje sin ningún tratamiento, contamina ríos, fuentes de agua subterránea y mares (Callejas, Silva, Peppi, & Seguel, 2014; Mendoza, 2015), asimismo, contiene elevadas concentraciones de materia orgánica que podrían causar problemas de eutrofización (Gancedo, 2018).

En el caso del agua residual del sector agroindustrial, no contamos con normas ambientales que regulen y fiscalicen su gestión y manejo, por lo que es aún más importante conocer formas sostenibles de eliminar estos residuos.

Las investigaciones que existen y plantean alternativas de reaprovechamiento para estos residuos, incluyen la preparación de biofertilizantes líquidos y compost con variedades de uva existentes en España y Chile (Callejas et al., 2014; Paradelo, Moldes, González, & Barral, 2008), así como alternativas más novedosas, que usan técnicas

avanzadas para obtener compuestos de alto valor añadido como los taninos, ácido tartárico o polifenoles, para la producción de biometanol y bioetanol (Ventosa, Clemente, & Pereda, 2011) y para generar antioxidantes naturales (Arvanitoyannis, Ladas, & Mavromatis, 2008).

En el Perú no existen investigaciones para valorizar los residuos vitivinícolas. Si bien los estudios encontrados pueden servir de referencia, las variedades de uvas que tenemos son diferentes y la composición química de los residuos va a depender de la materia prima que se utilice, de las condiciones climáticas, del suelo y del proceso de elaboración del alcohol (Santos et al., 2007).

Como una forma de promover la investigación de residuos vitivinícolas, se prioriza la rama de los abonos orgánicos, ya que se conoce que la producción de abonos líquidos y compostaje son los tratamientos más factibles para ser aplicados por los productores, principalmente los pequeños productores, ya que se pueden elaborar con los insumos que tienen, como los residuos de cosecha y excretas animales, son fáciles de realizar y se pueden adecuar a diferentes espacios y envases (INIA, 2008; Velasco, 2014).

Asimismo, al existir más residuos agrícolas con posibilidad de ser usados como abonos orgánicos, se reduciría el uso de fertilizantes químicos, que, al aplicarse indiscriminadamente no son absorbidos por las plantas y se eliminan ocasionando varios problemas ambientales como, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, eutrofización de ríos, lagos y mares, desequilibrio del ciclo global de nitrógeno y fósforo y lluvia ácida (Laurin, Llosa, Gonzalvez, & Porcuna, 2006). Por otro lado, los abonos líquidos al descomponerse más lento, evitan estos problemas y traen otros beneficios como aumentar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, mejorar la calidad y cantidad

de la biodiversidad, obtener más alta germinación y resistencia a enfermedades (Warnars, Lavinia; Oppernoorth, 2014).

Debido a lo expuesto y por las características de los residuos vitivinícolas se propone este estudio para evaluar la factibilidad de producir abonos líquidos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones

2.1.1. *Residuos Sólidos*

“Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final” (Ministerio del Ambiente, 2017, p.34).

2.1.2. *Residuos agroindustriales*

“Los residuos agroindustriales, son aquellos generados en los establecimientos de procesamiento de productos agrícolas” (MINAGRI, 2012, p.2).

2.1.3. *Valorización de residuos*

“Procedimiento de separación selectiva, que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios a la salud pública y al ambiente” (MINAGRI, 2012, p.10).

2.1.4. *Agua residual*

“Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (OEFA, 2014, p.2).

2.1.5. *Vinaza*

Es el residuo líquido remanente de la etapa de destilación, después de la evaporación del alcohol. Este se deposita en el fondo del alambique y representa aproximadamente el 75% del volumen del mosto de entrada (Mendoza, 2015).

2.1.6. *Orujo de uva*

Formados por la pulpa, cáscaras y pepas (Betalleluz-Pallardel, 2009), es el resto sólido excedente de la etapa de prensado en la producción de vinos y piscos.

2.1.7. *Digestión anaerobia*

Es el proceso de fermentación estable y autorregulada que realiza un grupo de bacterias para convertir la materia orgánica en gas, principalmente metano y dióxido de carbono, y un efluente con alto contenido de nutrientes, útil para usarlo como enmienda de suelos (Cobos & Ortiz, 2007).

De acuerdo con Soria et al. (2001), la digestión se puede dar en tres fases:

a. Hidrolisis y fermentación

Las bacterias hidrolíticas anaerobias descomponen la materia orgánica soluble, como los carbohidratos, lípidos y proteínas, transformándolos en compuestos solubles más simples.

Cuando los residuos tienen un alto contenido de sólidos, esta etapa puede limitar la velocidad global a la que ocurre el proceso (Varnero, 2011).

Los productos de la hidrólisis son transformados en alcoholes y ácidos grasos por las bacterias fermentativas y dan como resultado final, la producción de hidrógeno y

dióxido de carbono, que pueden ser aprovechados directamente por las bacterias metanogénicas (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015).

b. Acetogénesis

Los compuestos orgánicos más reducidos como el ácido láctico, propiónico, butírico o etanol son degradados formando hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético por las bacterias acetogénicas. Estos productos funcionarían como sustratos para las bacterias metanogénicas (Corrales et al., 2015).

c. Metanogénesis

Etapas donde las bacterias metanogénicas utilizan el ácido acético o mezclas de dióxido de carbono e hidrógeno para producir metano (Lorenzo Acosta & Obaya Abreu, 2005).

2.1.8. Co-digestión anaerobia

La co-digestión anaerobia se refiere al tratamiento anaeróbico donde trabajan dos o más residuos orgánicos de diferente origen y composición, busca el beneficio mutuo de los residuos al compensar las carencias que tienen y permite tener procesos más eficientes (Flotats, Campos, Palatsi, & Bonmatí, 2001).

2.1.9. Abono líquido

Es el producto de la degradación de residuos animales y vegetales en condiciones anaerobias, contiene nutrientes que las plantas pueden absorber fácilmente haciéndolas más vigorosas y resistentes, puede actuar como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y también promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jiménez, 2012).

2.1.10. Biogás

Es el conjunto de gases que se generan durante las diferentes etapas de la digestión por la actividad de los diferentes microorganismos. El biogás, fundamentalmente, está compuesto por metano y dióxido de carbono, y en menor proporción por vapor de agua, monóxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y oxígeno (Lobato, 2012).

2.1.11. Lluvia ácida

Se le llama así a la producción de ácido sulfúrico y nítrico proveniente de la emisión antrópica de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno que reaccionan en la atmósfera. Estos contaminantes se pueden mantener varios días en la atmósfera, se transportan y precipitan en forma de lluvia ácida (Blanco et al., 2019).

2.1.12. Eutrofización

Es el enriquecimiento natural o artificial de nutrientes en los cuerpos de agua, principalmente de nitrógeno y fósforo. Este proceso ocurre debido al intenso e inadecuado uso de la tierra, fertilizantes y vertimiento de efluentes. Sus efectos son la excesiva proliferación de fitoplancton y de plantas acuáticas, los cuales reducen el oxígeno y ocasionan la pérdida de biodiversidad (Rodríguez, 2002).

2.1.13. Gases de efecto invernadero

“Los gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global se encuentran establecidos en el marco del Protocolo de Kioto (dióxido de carbono, CO₂; gas metano, CH₄; dióxido nitroso, N₂O), además de tres gases industriales fluorados:

hidrofluorocarburos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF6)”

(MINAM, 2015, p.231).

III. OBJETIVOS/HIPÓTESIS

3.1. Objetivo general

Evaluar las características de los residuos vitivinícolas al pasar por un proceso de biodigestión anaerobia adicionando estiércol vacuno para producir abono líquido como alternativa a su disposición final actual.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar los cambios de pH y temperatura durante el tiempo que dura el proceso de biodigestión anaerobia.
- Medir la cantidad de biogás producido en el proceso de biodigestión anaerobia.
- Evaluar la relación C/N y la conductividad eléctrica de los tratamientos iniciales y los abonos líquidos producidos.
- Determinar la cantidad de macronutrientes que poseen los abonos líquidos producidos.
- Determinar el nivel de fitotoxicidad de los abonos líquidos obtenidos.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Lugar de ejecución

El proyecto se ejecutó en el Fundo Guayaquil, ubicado en el distrito de San Antonio - Cañete, de coordenadas 18 L 321293.21 E 8602655.05 S (Figura 1). Se escogió este lugar debido a que contaba con un espacio adecuado para la colocación de los prototipos de biodigestor y por su cercanía a la vitivinícola de la cual se obtuvo la materia prima.



Figura 1. Ubicación del Fundo Guayaquil, lugar donde se instalaron los biodigestores.

4.2. Obtención de la materia prima

Los residuos de orujo de uva y vinaza fueron otorgados por la vitivinícola “Arias”, ubicada en el distrito de San Antonio, Cañete y el estiércol vacuno fue proporcionado por el fundo Guayaquil.

Para facilitar la descomposición de los residuos sólidos, se recomienda que las partículas se encuentren entre 10 y 40 mm (Rivas, Faith, & Guillén, 2010). El orujo de uva, al encontrarse triturado, contaba con el tamaño requerido, como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Tamaño del orujo de uva obtenido después de la trituración.

4.3. Duración

El proyecto tuvo una duración de 13 semanas entre los meses de abril y julio de 2018, que corresponde a la temporada final de verano y comienzo de invierno en esa zona.

4.4. Tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos, donde el control estaba compuesto por una mezcla de residuos vitivinícolas, de orujo de uva y vinaza, mientras que los demás tratamientos, adicionalmente, tenían estiércol vacuno en diferentes concentraciones como muestra la Tabla 1.

Puente (2012) y Valladares (2017) mencionan que la mezcla de carga de los biodigestores no se debe encontrar muy diluida o muy concentrada, ya que cuando hay

insuficiente líquido en la mezcla, la superficie de contacto, entre los microorganismos y el sustrato ingresado, no es adecuada para realizar la degradación de la materia orgánica. Por ese motivo, la mezcla de residuos vitivinícolas estuvo compuesta por un 90% de vinaza y 10% de orujo de uva.

Además, cada tratamiento se realizó por triplicado, dando un total de 12 biodigestores o unidades experimentales ubicadas de forma aleatoria.

Tabla 1. Concentración de residuos vitivinícolas y estiércol por tratamiento.

Tratamiento	Mezcla
T1	100% residuos vitivinícolas (control)
T2	95% residuos vitivinícolas + 5% estiércol
T3	90% residuos vitivinícolas + 10% estiércol
T4	85% residuos vitivinícolas + 15% estiércol

4.4.1. Análisis físico-químico

Antes de iniciar el proceso de biodigestión, se realizó el análisis físico-químico de cada tratamiento, que incluye el pH, la conductividad eléctrica y la relación carbono/nitrógeno (C/N). Estos valores se tomaron como referencia para evaluar el funcionamiento de los biodigestores.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

La relación C/N se determinó siguiendo la metodología propuesta en el punto 4.8.1. a.

4.5. Diseño del biodigestor

Para la investigación, se construyeron 12 prototipos de biodigestores tipo batch, de una sola carga y con capacidad de 50 litros cada uno. Los materiales utilizados y el proceso de construcción se encuentran detallados en el punto 11.2.

Se escogió este tipo de biodigestor por ser muy utilizado para el análisis de abono líquido y biogás a nivel experimental (Carhuancho, 2012; Castillo & Tito, 2011; Oyuela, 2010), teniendo en cuenta que deben encontrarse sellados herméticamente para un óptimo funcionamiento y obtener los resultados esperados.

En la Figura 3 se muestra uno de los prototipos finalizado y probado para asegurar su hermeticidad.



Figura 3. Construcción finalizada de un prototipo de biodigestor para la producción de abono líquido.

Se procuró que los biodigestores tuvieran las condiciones más reales posibles, por lo que fueron ubicados en un espacio abierto, pero con cobertura para el sol. Debido a que el espacio contaba con varias columnas para sostener el techo, no permitió que la

distribución se haga en varias filas, motivo por el cual se procedió a colocarlos en una sola fila como se muestra en la Figura 4.

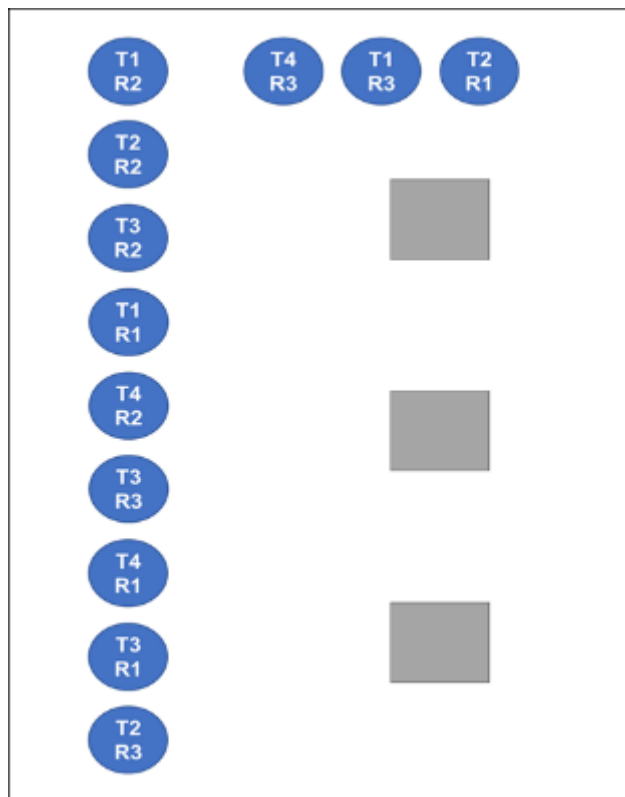


Figura 4. Ubicación de los biodigestores y distribución aleatoria por tratamiento y repetición.

4.6. Carga del biodigestor

Los biodigestores fueron cargados de acuerdo a las concentraciones que muestra la Tabla 1.

Según López (2012) y Sánchez & Pazmiño (2007) se recomienda cargar el 75% del volumen inferior del biodigestor por masa de fermentación y el 25% superior, que quede libre para almacenar el biogás producido. De acuerdo con eso, se comenzó a llenar los biodigestores hasta los 37.5 litros.

Una vez llenos todos los recipientes, se procedió a ubicarlos de forma aleatoria y homogenizar las mezclas. El proceso de homogenización se realizó hasta lograr una dilución completa del estiércol vacuno que permita un mayor contacto entre los microorganismos activos y el alimento suministrado (vinaza y orujo de uva) (Padilla & Rivero, 2016).

Finalizada la homogenización, se cerraron herméticamente los recipientes con abrazaderas de plástico, con el fin de evitar la liberación de gases.

4.7. Medición de parámetros de campo

4.7.1. *pH y temperatura*

Las mediciones en campo se realizaron dos veces por semana en un mismo horario (2:00 pm), de acuerdo con Sánchez & Pazmiño (2007). Para recolectar las muestras, primero, se abrió la válvula de salida del abono líquido y se colocó un envase plástico. Dentro de ese envase se midió el pH y la temperatura.

El pH se determinó a través de tiras indicadoras de pH con un rango de 0 a 14 y la temperatura se midió con un termómetro de mercurio con rango de 0 a 150 °C

Figura 5).



Figura 5. Medición de pH (tiras indicadoras) y temperatura (termómetro) en campo.

4.7.2. Biogás

Para medir la producción de biogás, se utilizó un almacenamiento de gas de forma tubular, en este caso fueron flotadores. Se siguió el método de almacenamiento en un volumen conocido (Quipuzco & Baldeón, 2012), considerando solamente los flotadores que se encontraron completamente llenos para poder aplicar la siguiente ecuación (Valencia, Valenzuela, González, & Vargas, 2011):

$$V_{gas} = (n \times V_{flotador}) + V_{25\%biodig}$$

Donde n es el número de veces que se llenó el flotador.

Para determinar el volumen del flotador, se utilizó la ecuación:

$$V_{flotador} = 2 \times \pi^2 \times R \times r^2$$

Donde R es el radio externo y r es el radio interno (Figura 6).

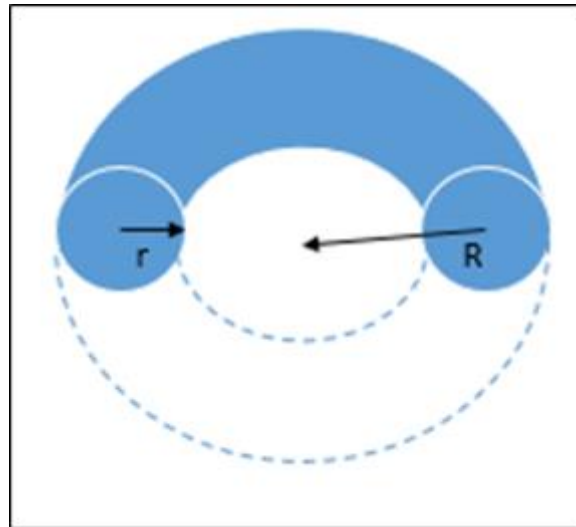


Figura 6. Radio interno y externo del almacenamiento tubular para determinar cantidad de biogás.

4.8. Medición de parámetros en laboratorio

4.8.1. *Macronutrientes*

Al finalizar el proceso de biodigestión se analizó la calidad nutricional del abono líquido obtenido en cada tratamiento y sus repeticiones.

Los análisis fueron realizados por el LASPAF de la Universidad Nacional Agraria la Molina y se midieron los parámetros mencionados en la Tabla 2:

Tabla 2. Parámetros analizados en laboratorio de cada abono líquido producido.

Nutrientes (mg/L)
Carbono (C)
Nitrógeno (N)
Fósforo (P)
Potasio (K)
Calcio (Ca)
Magnesio (Mg)
Sodio (Na)

a. Relación Carbono/Nitrógeno

Para conocer la relación carbono/nitrógeno (C/N), primero, se debe encontrar la cantidad de carbono (C) en cada muestra. Se realizó lo propuesto por Van Bemmelen, quien asume que el 58% de la materia orgánica (MO) está compuesta por carbono (Eyherabide, Saínez Rozas, Barbieri, & Echeverría, 2014).

Una vez encontrado el valor de carbono, se pudo conocer la relación C/N de las muestras (Carhuancho, 2012).

$$\text{Relación } \frac{C}{N} = \frac{C_{\text{muestra}}}{N_{\text{muestra}}}$$

4.8.2. Fitotoxicidad

Se evaluó el efecto fitotóxico del abono líquido y su desempeño como fertilizante a través de bioensayos con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), donde se analizó el proceso de germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Se utilizó *Lactuca sativa* por su rápida germinación y alta sensibilidad a sustancias fitotóxicas (Rodríguez Romero et al., 2014).

Los bioensayos fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, siguiendo la metodología propuesta por Sobrero & Ronco (2004).

Primero, se prepararon 5 diluciones para cada abono líquido. Se eligieron diluciones logarítmicas por no conocer la toxicidad del abono líquido y se comparó con un control como presenta la Tabla 3.

Cabe resaltar que las 5 diluciones y el control contaron con 3 repeticiones cada uno.

Tabla 3. Diluciones para evaluar fitotoxicidad en cada abono líquido producido.

Código	Dilución
M1	100% Agua destilada (Control)
M2	100% abono líquido
M3	Abono líquido al 10%
M4	Abono líquido al 1%
M5	Abono líquido al 0.1%
M6	Abono líquido al 0.01%

Para continuar con el desarrollo de las pruebas, se realizaron los siguientes pasos:

- Se midió el nivel de pH y Conductividad Eléctrica de cada dilución con el medidor Hanna HI98130, proporcionado por el laboratorio.
- Se colocó un disco de papel filtro en cada placa Petri.
- Se marcó cada placa con la dilución correspondiente, así como la fecha y hora de inicio y término del bioensayo.
- Se saturó el papel de filtro con 4 o 5 mL de la dilución evitando que se formen bolsas de aire.
- Con la ayuda de una pinza, se colocó cuidadosamente veinte semillas, dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las raíces.
- Se taparon las placas y se sellaron con plástico film para evitar la pérdida de humedad.
- Se incubaron las cajas Petri para evitar el ingreso de luz durante el periodo de ensayo (7 días), a una temperatura de 22 ± 2 °C.

Una vez finalizado el periodo de incubación se procedió a hallar el Índice de Germinación

(IG) de acuerdo con la siguiente fórmula (Medina, Quipuzco, & Juscamaita, 2015):

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

Dónde:

PGR es el Porcentaje de Germinación Relativo:

$$PGR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en la muestra}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el control}} * 100$$

CRR es el Crecimiento de Radícula Relativo:

$$CRR = \frac{\text{Longitud de radículas en la muestra}}{\text{Longitud de radículas en el control}} * 100$$

Se debe tener en cuenta que la radícula se considera desde el nudo hasta el ápice radicular y el hipocótilo desde el nudo hasta el sitio de inserción de los dos cotiledones (Sobrero & Ronco, 2004).

4.9. Análisis estadístico

Se realizó una investigación experimental con 4 tratamientos y 3 repeticiones cada uno. Se siguió un diseño completamente al azar, donde la unidad experimental se refiere a los biodigestores, ya que es donde se asignaron los tratamientos.

Las pruebas estadísticas se ejecutaron en el programa SPSS 25. Para evaluar la relación entre el pH y el tiempo que trabajó el biodigestor, se procedió con el análisis de correlación de Pearson. Lo mismo fue realizado para evaluar la temperatura en el tiempo.

La conductividad eléctrica y la relación C/N fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los 4 tratamientos con

respecto a las variables y luego fue contrastado con la prueba POST HOC de Tukey, la cual nos demuestra específicamente que tratamientos se diferenciaron entre sí.

Los macronutrientes Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio obtenidos en cada abono líquido también fueron validados mediante ANOVA y prueba de Tukey.

El nivel de fitotoxicidad se midió en las 6 diluciones que se hicieron para cada tratamiento y se usó la correlación de Pearson para evaluar su relación con el pH y la conductividad eléctrica.

V. RESULTADOS

5.1. Evaluación de parámetros en campo

5.1.1. Variación de pH

Los resultados de pH durante el proceso de biodigestión se muestran en la Tabla 4, donde cada tratamiento fue promediado por semana y repetición.

En general, se observó un aumento de pH en los tratamientos T2, T3 y T4 y ligera reducción sólo, en el T1.

Todos los tratamientos inician con un pH por debajo de 5, lo que significa que todos son ácidos. El tratamiento T1 y T2 iniciaron con el pH más bajo (3.50) en comparación con los tratamientos T3 y T4 que estuvieron por encima de 4.00. Al finalizar el proceso se obtuvo el pH más elevado en el tratamiento T4 con 5.50, seguido por T3 y T2 con 5.33 y 4.50 respectivamente. En el caso de T1, se obtuvo una reducción de 3.50 a 3.25.

Tabla 4. Variación de pH por cada semana transcurrida en el proceso de biodigestión.

SEMANA	T1	T2	T3	T4
1	3.50	3.50	4.00	4.33
2	3.25	3.50	4.08	4.17
3	3.00	3.67	4.17	4.25
4	3.08	3.83	4.33	4.58
5	3.25	4.00	4.67	5.00
6	3.25	4.33	4.58	5.17
7	3.33	4.42	4.25	4.75
8	3.00	4.17	4.67	5.00
9	3.33	4.33	4.75	5.17
10	3.00	4.50	4.75	5.08
11	3.25	4.42	5.00	5.17
12	3.17	4.50	5.17	5.42
13	3.25	4.50	5.33	5.50

La Tabla 5 y la Figura 7 muestran la existencia de una correlación positiva de 0.81, 0.66 y 0.79 entre el pH y el tiempo para los tratamientos T2, T3 y T4 respectivamente, con un valor ($p = 0.00$, lo que significa que el pH aumenta conforme pasan las semanas. Como este valor se encuentra más cercano a 1 que a 0, quiere decir que hay una dependencia lineal fuerte entre ambas variables. En cambio, el tratamiento T1 no presenta ninguna correlación entre el pH y el tiempo de biodigestión ($p = 0.43$), esto se debe a que muestra una variación mínima de pH conforme pasan las semanas.

Tabla 5. Correlación de Pearson entre el pH y el tiempo de biodigestión en cada tratamiento.

		pH		
		r	p	N
T1	Semanas	-0.09	0.43	78
T2		0.81	0.00	78
T3		0.66	0.00	78
T4		0.79	0.00	78

r: Correlación de Pearson; p: nivel de significancia (< 0.05); N: número de muestras

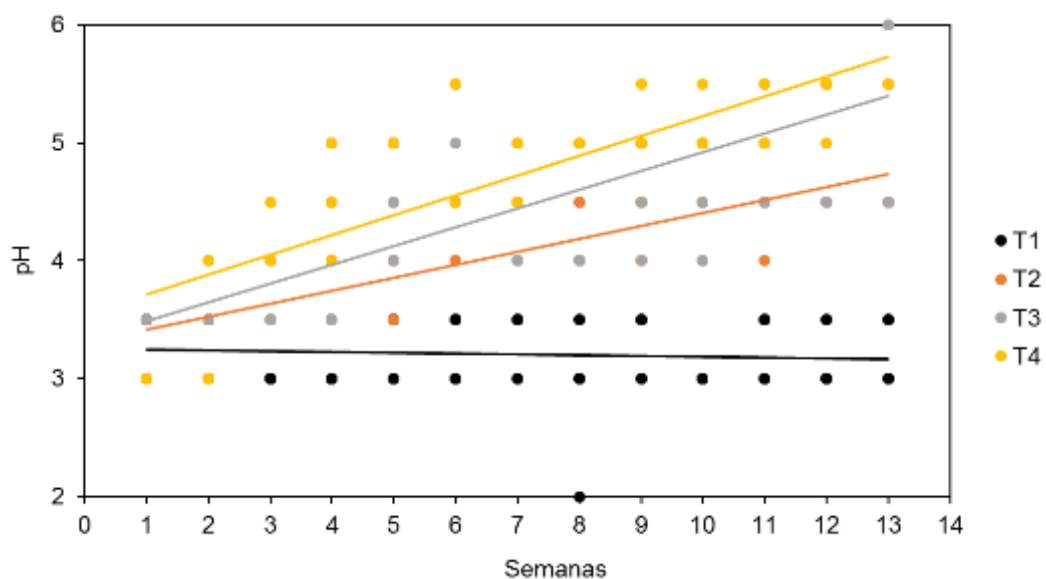


Figura 7. Relación positiva entre el pH y el tiempo de biodigestión transcurrido en semanas por cada tratamiento.

5.1.2. Variación de temperatura

Al igual que en el caso anterior, la variación de temperatura en cada tratamiento fue promediada por semana y repetición. Los resultados se encuentran en la Tabla 6 y demuestran que los 4 tratamientos tienden a una disminución de la temperatura de 25 a 19 °C aproximadamente.

Tabla 6. Variación de temperatura (°C) por cada semana transcurrida en el proceso de biodigestión.

SEMANA	T1	T2	T3	T4
1	25.17	25.67	25.33	25.58
2	25.00	25.33	25.50	25.17
3	23.00	23.42	23.42	23.42
4	23.50	23.67	23.62	23.33
5	23.87	23.92	24.25	24.08
6	21.08	21.25	21.33	21.42
7	20.00	20.25	20.50	20.75
8	18.58	18.75	19.00	19.00
9	17.50	17.67	17.50	17.50
10	17.50	17.50	17.50	17.50
11	18.58	18.75	18.92	18.83
12	18.00	18.00	18.00	18.00
13	19.17	19.17	19.50	19.33

La Tabla 7 y Figura 8 muestran que la correlación entre la temperatura y el tiempo para todos los tratamientos es negativa ($r=-0.87$, $p=0.00$), lo que significa que la temperatura disminuye con el paso de los días. Como el valor se encuentra más cercano a -1 que a 0, significa que hay una dependencia lineal muy fuerte entre la temperatura y el tiempo.

Tabla 7. Correlación de Pearson entre la temperatura y el tiempo de biodigestión.

		Temperatura		
		r	p	N
T1	Semanas	-0.87	0.00	78
T2		-0.87	0.00	78
T3		-0.86	0.00	78
T4		-0.87	0.00	78

r: Correlación de Pearson; p: nivel de significancia (< 0.05); N: número de muestras

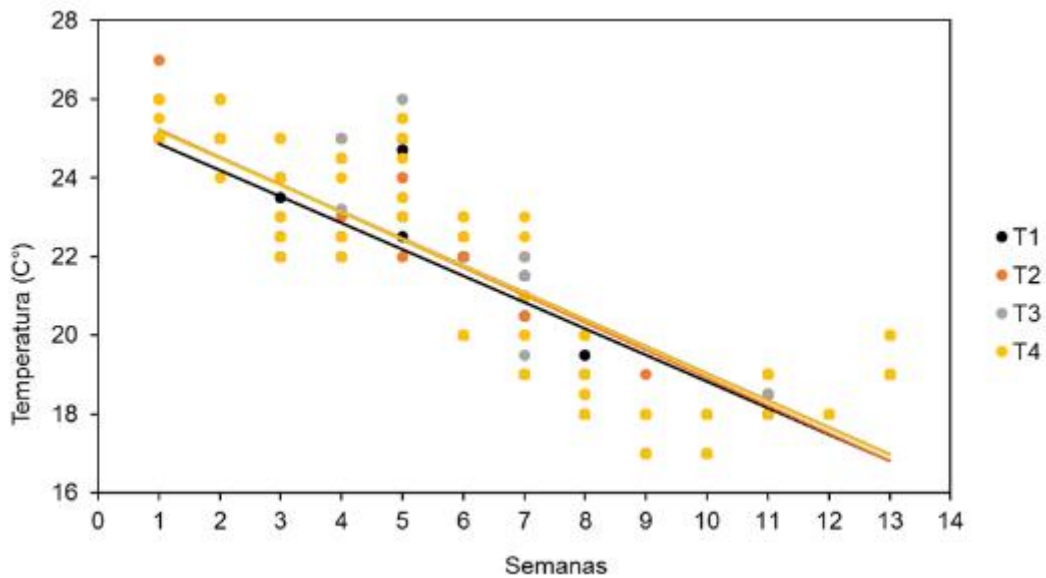


Figura 8. Relación negativa entre la temperatura y el tiempo de biodigestión transcurrido en semanas.

5.2. Producción de biogás

La Tabla 8 muestra la producción de biogás, este fue contabilizado en los biodigestores que llenaron completamente los flotadores, teniendo como resultados que la mayor cantidad de biogás fue producido en el tratamiento T4 con 115 litros, seguido por el tratamiento T3 con 88.33 litros y T2 con 65.83 litros. En el tratamiento T1 no se observó producción de biogás.

Asimismo, la producción de biogás se dio de manera más rápida en el tratamiento T4, ya que a los 12 días de instalados los biodigestores, ya se encontraba lleno el almacenamiento, mientras que en los tratamientos T2 y T3 demoró hasta los 19 días para llenarse.

Tabla 8. Producción de biogás promedio en cada tratamiento.

Tratamientos*	Biogás	
	L	L/día
T1	0.00	0.00
T2	65.83	0.72
T3	88.33	0.97
T4	115.00	1.26

5.3. Análisis físico-químicos

5.3.1. *Relación Carbono/Nitrógeno*

De acuerdo con la Tabla 9, el tratamiento T1 es el que presenta el valor inicial más alto (27.60), mientras que los tratamientos T2, T3 y T4 se mantiene entre 21 y 22. En general, todos los valores se encuentran dentro del rango aceptable para realizar la digestión.

Varnero (2011) menciona que la relación C/N óptima inicial se da en un rango de 30:1 a 20:1, cuando se reduce demasiado (10:1) ocasiona pérdidas del nitrógeno asimilable y si es muy elevada (40:1) no se produce crecimiento microbiano por la falta de nitrógeno (Soria et al., 2001).

La relación C/N final nos indica la velocidad de descomposición de los residuos y la mineralización de los nutrientes (Castro, Henríquez, & Bertsch, 2009).

Ramos, Terry, Soto, & Cabrera (2014) mencionan que un abono de buena calidad debe tener una relación C/N final menor a 20, esto nos demuestra que la materia orgánica se degrada fácilmente. Otros estudios incluso afirman que, cuando el abono tiene una

relación C/N menor a 12 (Hernández-Rodríguez, Hernández-Tecorral, Rivera-Figueroa, Arras-Vota, & Ojeda-Barrios, 2013) o 10 (Uribe, Estrada, Córdoba, Hernández, & Bedoya, 2001), es cuando se encuentra listo para ser usado.

La Figura 9 nos muestra que sí hubo una reducción considerable entre la relación C/N inicial y la final, ya que todos los valores finales se encuentran por debajo de 20, lo que indicaría que hubo una buena degradación de la materia orgánica, siendo un punto a favor para que todos los tratamientos den abonos de buena calidad.

Tabla 9. Relación C/N en los tratamientos iniciales y finales (abonos líquidos producidos).

Tratamientos	Relación C/N	
	Inicial	Final
T1	27.6	16.61
T2	22.3	10.34
T3	21.75	9.92
T4	22.67	9.69

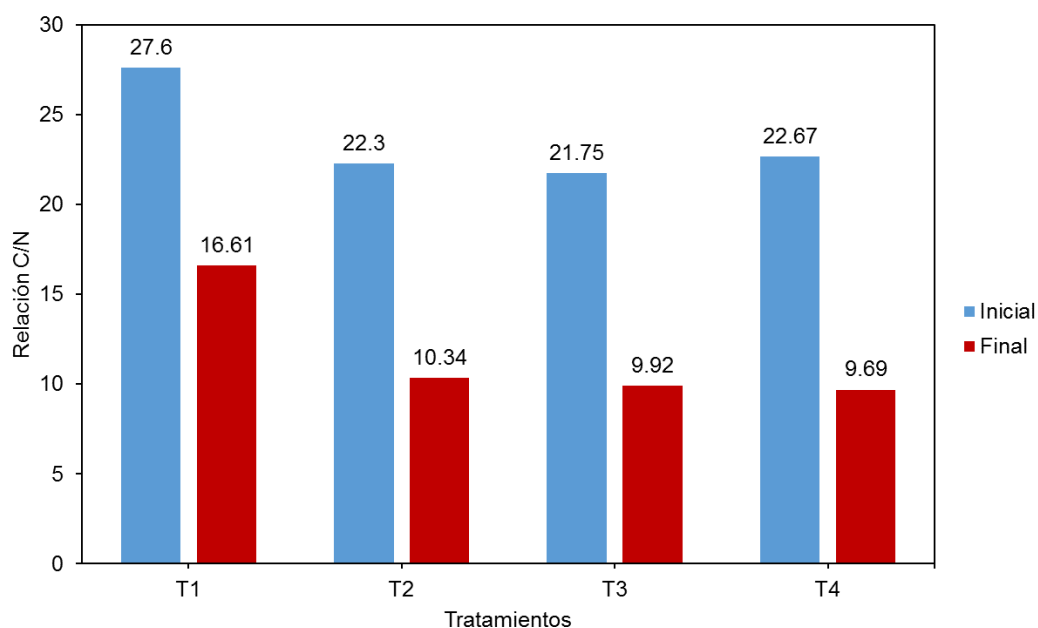


Figura 9. Comparación entre la relación C/N inicial y final de cada tratamiento.

También, se analizaron las diferencias significativas entre la relación C/N de los tratamientos finales al realizar el análisis de varianza ($p = 0.00$). Con la prueba de Tukey (Tabla 10 y Figura 10) se confirmó que el tratamiento T1 es significativamente diferente a los tratamientos T2, T3 y T4, por ser el que posee el valor más alto (16.61 ± 1.28), mientras que los otros tratamientos se encontraron entre 9 y 10. Estos resultados nos demuestran que el tratamiento T1 es el que tuvo menor mineralización de nutrientes.

Tabla 10. Prueba de Tukey para comparar la relación C/N entre tratamientos.

Tratamientos	N	Relación C/N	p
T1	3	16.61	a
T2	3	10.34	b
T3	3	9.92	b
T4	3	9.69	b

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

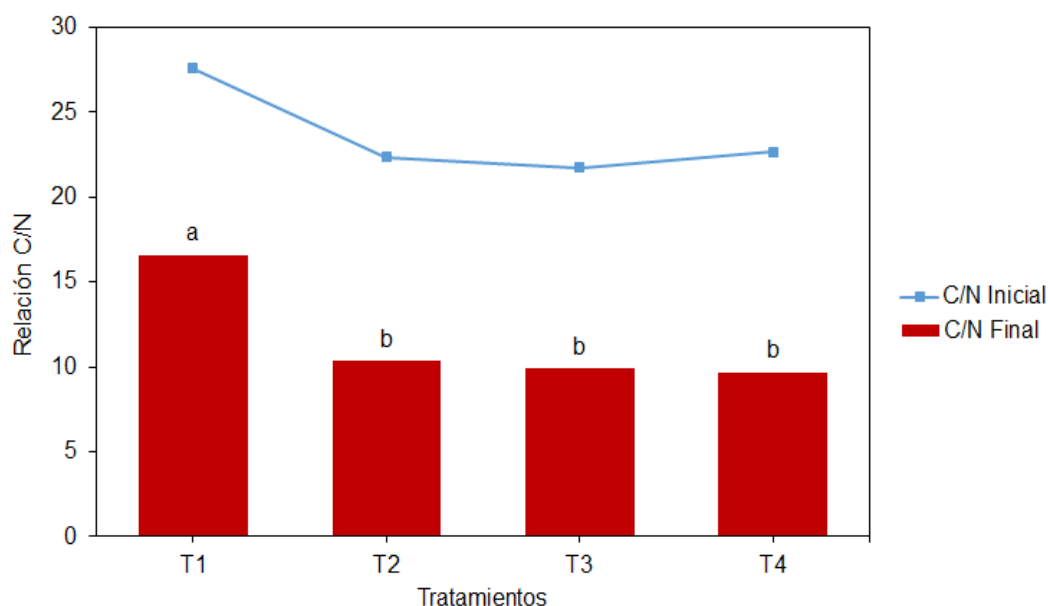


Figura 10. Relación C/N en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

5.3.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es considerada un indicador de la concentración de sales que tiene una solución, estas sales pueden ser iones positivos o negativos que conducen la electricidad (Bosch Mayol, Costa, Cabria, & Aparicio, 2012). Entre los principales se consideran el Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ y CO₃⁻ (Castellón, Bernal, & Hernández, 2015); esto quiere decir que, a mayor concentración de estos iones, mayor será la CE de las muestras.

Se recomienda que la CE tenga valores por debajo de 1 dS/m, ya que una CE baja permite un mejor manejo de la fertilización y evita que ocurra la fitotoxicidad del cultivo (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2014).

En el presente estudio, la conductividad eléctrica inicial muestra valores por encima de 6.00 dS/m en todos los tratamientos, lo que indicaría que tienen una concentración elevada de sales.

En la Tabla 11 y Figura 11 se puede observar que, al finalizar el proceso de biodigestión, los valores de CE son mayores a los iniciales. El tratamiento que muestra el valor más alto y de mayor variación es T4, que empieza con 9.4 dS/m y aumenta hasta 16.83 dS/m al finalizar el proceso de digestión, mientras que el tratamiento T1 es el que muestra menor variación, iniciando con una CE de 6.55 dS/m y aumentando sólo hasta 6.86 dS/m.

Tabla 11. Conductividad Eléctrica evaluada en los tratamientos iniciales y finales (abonos líquidos producidos).

Tratamientos	Conductividad Eléctrica (dS/m)	
	Inicial	Final
T1	6.55	6.86
T2	9.25	12.3
T3	11.1	15.83
T4	9.4	16.83

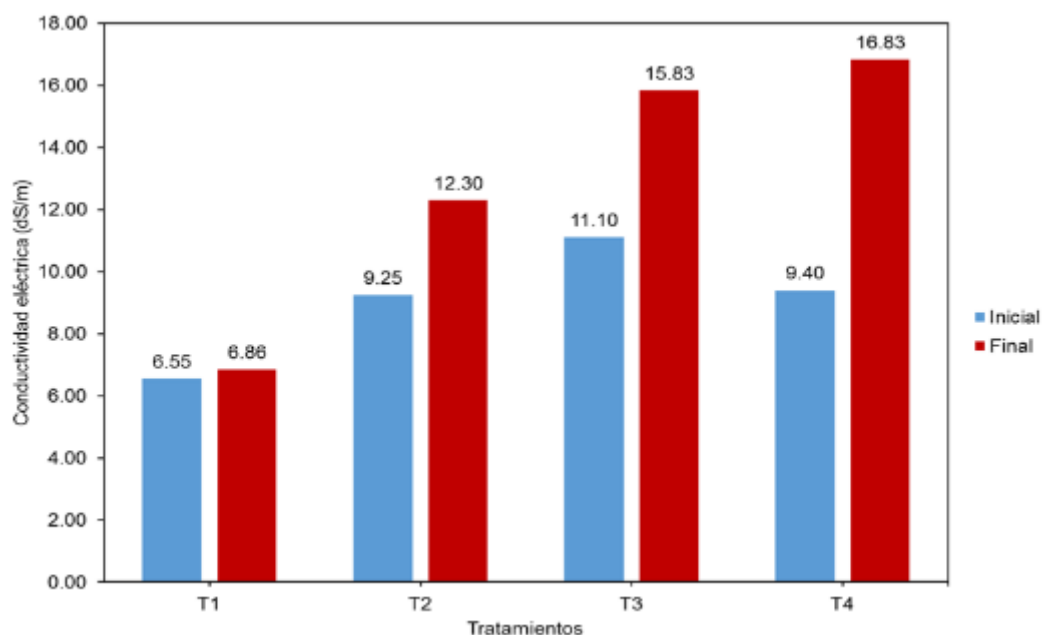


Figura 11. Comparación entre la conductividad eléctrica inicial y final de cada tratamiento.

Al realizar ANOVA ($p = 0.00$) y la prueba de Tukey (Tabla 12 y Figura 12) se encontró que el tratamiento T1 ($6.86 \text{ dS/m} \pm 0.85$) es significativamente diferente a T2 ($12.30 \text{ dS/m} \pm 0.35$), T3 ($15.83 \text{ dS/m} \pm 0.42$) y T4 ($16.83 \text{ dS/m} \pm 0.65$); el tratamiento T2 muestra diferencias con T3 y T4 y los tratamientos T3 y T4 no muestran diferencias significativas entre sí.

Estos resultados están relacionados con el aporte de nutrientes que se genera al adicionar estiércol vacuno en los tratamientos, como T1 no contiene estiércol, su CE es más baja que en los tratamientos que si tienen.

Tabla 12. Prueba de Tukey para comparar la conductividad eléctrica entre tratamientos.

Tratamientos	N	Conductividad Eléctrica	p
T1	3	6.86	a
T2	3	12.30	b
T3	3	15.83	c
T4	3	16.83	c

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

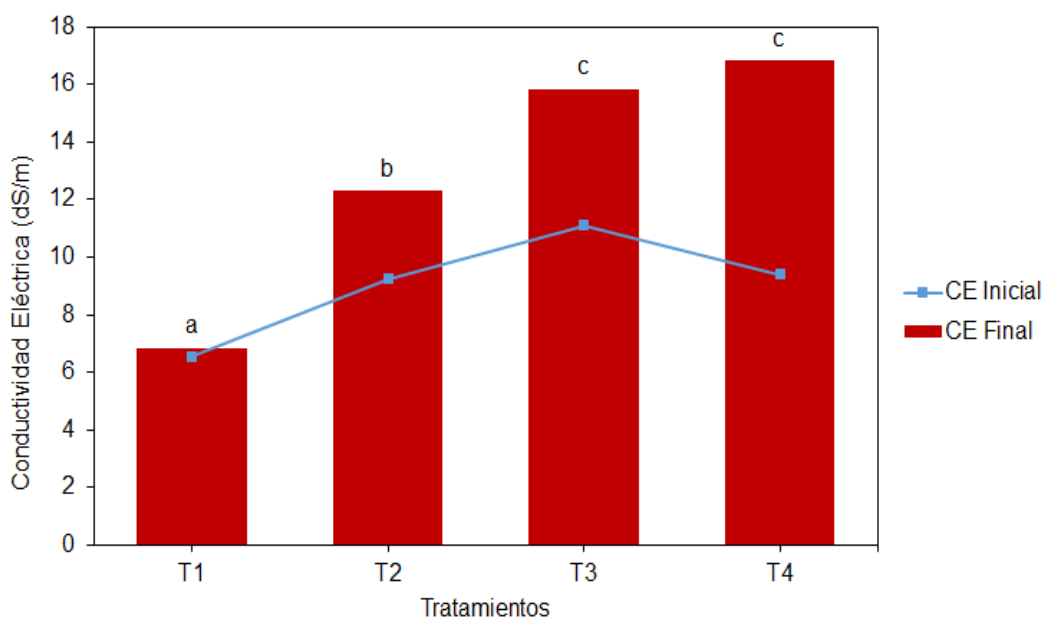


Figura 12. Conductividad eléctrica en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

5.4. Composición del abono líquido

5.4.1. *Macronutrientes primarios*

Los principales macronutrientes son el nitrógeno, fósforo y potasio. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

a. Nitrógeno

Al realizar la prueba estadística ANOVA de un factor, se encontró que por lo menos 1 de los tratamientos era significativamente diferente a los demás ($p = 0.00$).

La prueba de Tukey (Tabla 13) y la Figura 13 muestran que la cantidad de nitrógeno es significativamente diferente en todos los tratamientos. Siendo el tratamiento T4, el que posee mayor concentración de nitrógeno ($2296.00 \text{ mg/L} \pm 134.10$), seguido por T3 con $1689.33 \text{ mg/L} \pm 61.16$, T2 con $1444.33 \text{ mg/L} \pm 29.14$ y finalmente, T1 con la menor cantidad ($1134.00 \text{ mg/L} \pm 84.87$).

Tabla 13. Prueba de Tukey para comparar la concentración de nitrógeno entre tratamientos.

Tratamientos	N	Nitrógeno (mg/L)	p
T1	3	1134.00	a
T2	3	1444.33	b
T3	3	1689.33	c
T4	3	2296.00	d

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

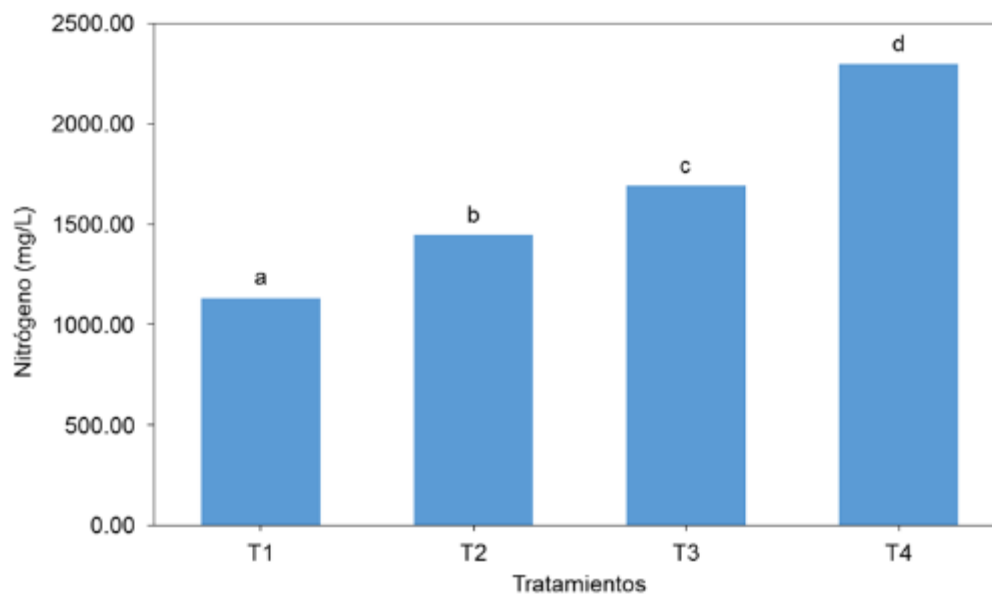


Figura 13. Concentración de nitrógeno en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

b. Fósforo

La prueba de ANOVA muestra que hay diferencias significativas entre alguno de los tratamientos ($p = 0.026$).

Con la prueba de Tukey (Tabla 14) y la Figura 14 se identificó que el tratamiento T1 ($351.64 \text{ mg/L} \pm 7.66$) es significativamente diferente a los tratamientos T3 ($683.08 \text{ mg/L} \pm 30.85$) y T4 ($678.66 \text{ mg/L} \pm 232.68$), mientras que el tratamiento T2 ($470.96 \text{ mg/L} \pm 67.66$) no muestra diferencias con ninguno de los tratamientos.

Tabla 14. Prueba de Tukey para comparar la concentración de fósforo entre tratamientos.

Tratamientos	N	Fósforo (mg/L)	p
T1	3	351.64	a
T2	3	470.96	ab
T3	3	683.08	b
T4	3	678.66	b

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

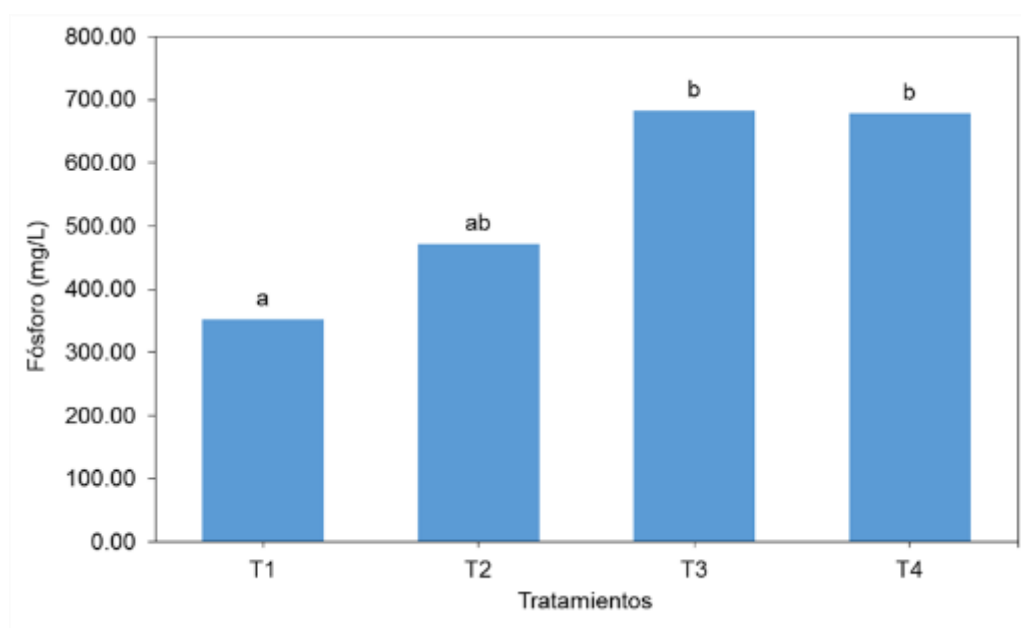


Figura 14. Concentración de fósforo en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

c. Potasio

Al realizar ANOVA se obtiene una significancia de 0.001, demostrando que hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Este resultado se corrobora con la prueba de Tukey (Tabla 15), la cual nos muestra que se han formado dos subconjuntos. En el primero, se encuentra el tratamiento T1 (sin

estiércol), que es significativamente diferente a los demás y presenta el valor más bajo de potasio ($1925.83 \text{ mg/L} \pm 332.06$). En el subconjunto 2 se encuentran los tratamientos T2 (2748.33 ± 171.78), T3 (3041.67 ± 93.62) y T4 (3001.67 ± 174.58), siendo el T3 el que presenta mayor cantidad de potasio (Figura 15).

Tabla 15. Prueba de Tukey para comparar la concentración de potasio entre tratamientos.

Tratamientos	N	Potasio (mg/L)	p
T1	3	1925.83	a
T2	3	2748.33	b
T3	3	3041.67	b
T4	3	3001.67	b

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

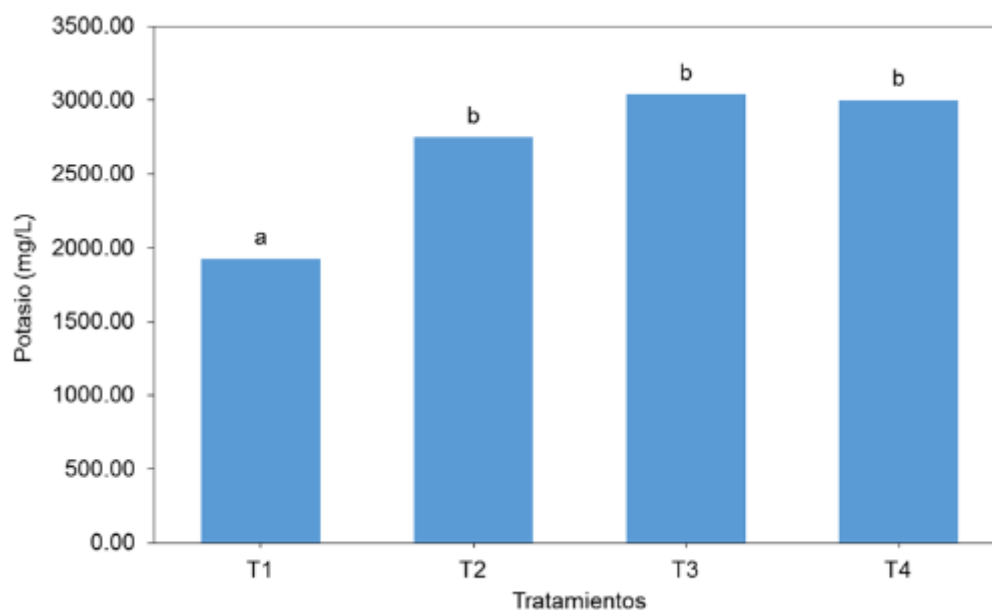


Figura 15. Concentración de potasio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

5.4.2. Macronutrientes secundarios

a. Calcio

Se muestra una diferencia significativa entre alguno de los tratamientos con la prueba de ANOVA, que nos da un valor $p = 0.00$.

Todos los tratamientos muestran diferencia significativa entre sí con la prueba de Tukey (Tabla 16). Asimismo, en la Figura 16 se puede observar que la cantidad de calcio es mayor en el tratamiento T4 (1290.00 mg/L \pm 82.88), que tiene 15% de estiércol y disminuye conforme se reduce la concentración de estiércol en los tratamientos, siendo el valor más bajo T1 (0% estiércol) con 159.58 mg/L \pm 2.40.

Tabla 16. Prueba de Tukey para comparar la concentración de calcio entre tratamientos.

Tratamientos	N	Calcio (mg/L)	p
T1	3	159.58	a
T2	3	494.17	b
T3	3	926.66	c
T4	3	1290.00	d

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

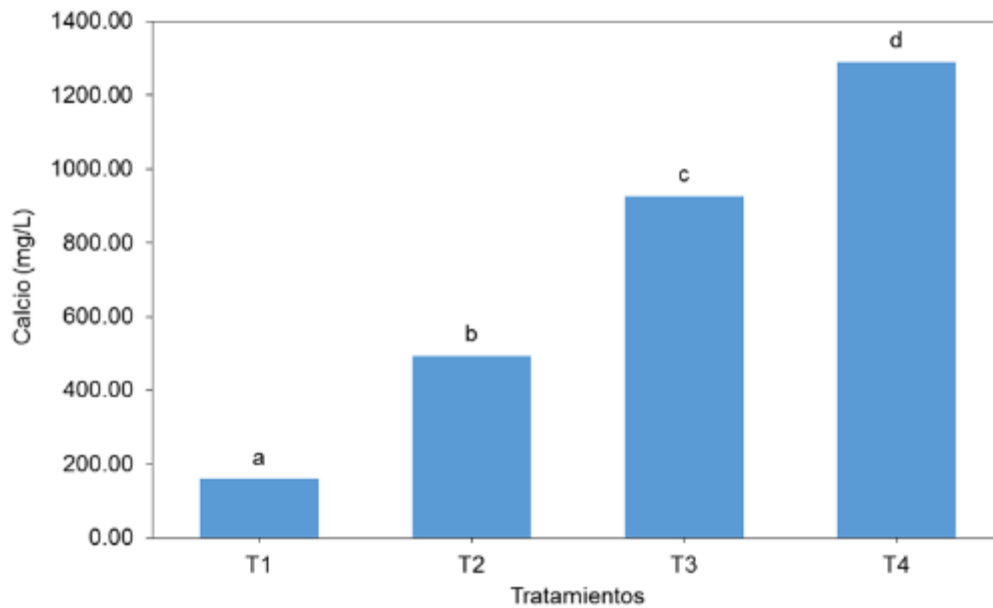


Figura 16. Concentración de calcio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

b. Magnesio

Con una significancia de 0.00, la prueba de ANOVA determina que hay diferencia significativa entre alguno de los tratamientos.

Con la Tabla 17 se comprobó que todos los tratamientos son significativamente diferentes con respecto a la cantidad de magnesio que posee cada uno. El tratamiento T4, con una concentración de $595.00 \text{ mg/L} \pm 39.29$, es el que tiene la mayor cantidad de magnesio, disminuyendo progresivamente con el tratamiento T3 ($463.33 \text{ mg/L} \pm 36.43$), seguido por T2 con $336.67 \text{ mg/L} \pm 19.09$ y por último T1 con $148.33 \text{ mg/L} \pm 13.77$ de magnesio (Figura 17).

Tabla 17. Prueba de Tukey para comparar la concentración de magnesio entre tratamientos.

Tratamientos	N	Magnesio (mg/L)	p
T1	3	148.33	a
T2	3	336.67	b
T3	3	463.33	c
T4	3	595.00	d

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

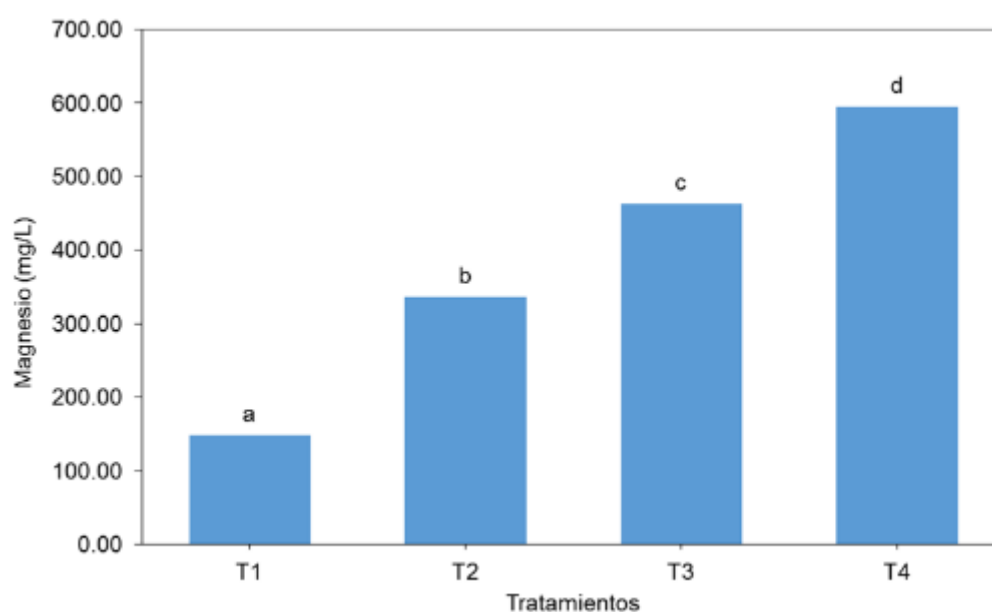


Figura 17. Concentración de magnesio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

c. Sodio

Al aplicar ANOVA se rechazó la hipótesis nula, aceptando que por lo menos uno de los tratamientos es significativamente diferente ($p=0.009$).

La Tabla 18 muestra que sólo el tratamiento T1 ($346.67 \text{ mg/L} \pm 21.26$) es significativamente diferente a T2 ($496.67 \text{ mg/L} \pm 11.27$), T3 ($497.50 \text{ mg/L} \pm 47.70$) y T4 ($494.17 \text{ mg/L} \pm 18.76$), entre ellos no se encontraron diferencias significativas.

Asimismo, la Figura 18 muestra que el tratamiento T3 contiene los valores más elevados de sodio, seguido por los tratamientos T2, T4 y T1.

Tabla 18. Prueba de Tukey para comparar la concentración de sodio entre tratamientos.

Tratamientos	N	Sodio (mg/L)	p
T1	3	346.67	a
T2	3	496.67	b
T3	3	497.50	b
T4	3	494.17	b

N: número de repeticiones p: nivel de significancia en prueba de Tukey (letras distintas en la misma línea indican diferencias significativas).

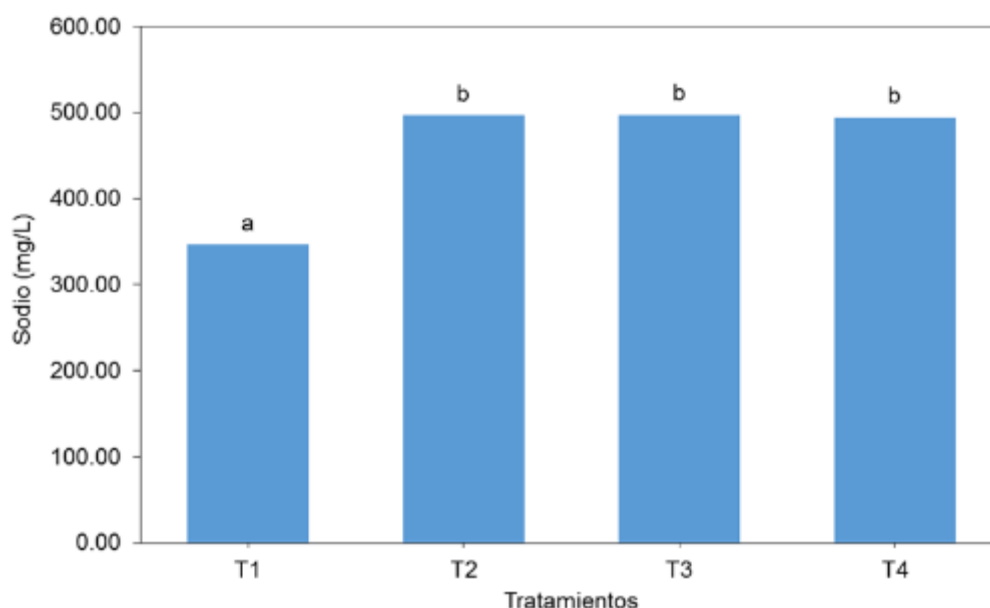


Figura 18. Concentración de sodio en cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). El análisis se realizó mediante la prueba de Tukey donde las letras distintas indican diferencia significativa entre los tratamientos.

5.5. Nivel de fitotoxicidad

5.5.1. Índice de germinación

En la Tabla 19 se encuentran los resultados de semillas germinadas (SG), porcentaje de germinación relativo (PGR), longitud radicular (LR), crecimiento radicular relativo (CRR) e índice de germinación (IG) por cada tratamiento con respecto al control.

De acuerdo con Carhuancho, Ramírez, & Guerrero (2015); Medina et al. (2015) y Moreno & Moral (2007), cuando se tienen valores de IG menores a 50% significa que la sustancia presenta alta fitotoxicidad, si el IG se encuentra entre 50% y 80% indica una fitotoxicidad moderada, si los valores son mayores al 80% se tienen concentraciones muy bajas o ausencia de fitotoxicidad y si el IG es mayor que 100%, la sustancia puede considerarse un fitonutriente o fitoestimulante.

En todos los tratamientos se pudo observar que, cuando el abono líquido se encontraba puro (100%) no se producía germinación de las semillas y cuando se encontraba diluido al 10%, la germinación era menor al 50%, lo que quiere decir que, con ambas concentraciones presentaba una alta fitotoxicidad.

Ninguna dilución de los tratamientos T1 y T2 superó el 100%, pero cuando se encontraron al 1%, 0.1% y 0.01% tuvieron un IG mayor al 80%, presentando una concentración muy baja o ausente de fitotoxicidad.

El tratamiento T4, presentó una fitotoxicidad moderada (78%) cuando se encontraba diluido al 1%, mientras que en diluciones de 0.1% y 0.01% su toxicidad era muy baja.

La mejor germinación, entre todos los tratamientos, la tuvo T3, ya que sus diluciones al 1%, 0.1% y 0.01% fueron superiores al control teniendo valores de, alrededor de, 110% pudiendo ser utilizados como fitonutrientes o fitoestimulantes, ya que mejoran el crecimiento de las plantas.

Esto se debe al crecimiento que tuvo la radícula, la cual fue mayor a 21 mm en las 3 diluciones del tratamiento T3, mientras que el control mostraba un crecimiento radicular de 20 mm. Ninguno de los otros tratamientos superó este crecimiento. También, se puede observar que la dilución al 1% tuvo más semillas germinadas (19.22) que el control (18.44), lo que no se observa en los demás tratamientos. Por último, el tratamiento T3 es el que muestra el pH más elevado, llegando a ser más de 6 en las concentraciones de 0.1% y 0.01%.

Finalmente, la dosis óptima para usar todos los abonos líquidos es cuando se encuentran diluidos al 0.1% y 0.01%.

Tabla 19. Índice de germinación para evaluar fitotóxicidad en todos los tratamientos.

Tratamiento		N° SG	PGR (%)	LR (mm)	CRR (%)	IG (%)
Control	0%	18.44	100.00	20.67	100.00	100.00
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T1	10%	16.89	91.57	8.11	39.24	35.77
	1%	18.33	99.40	19.86	96.08	95.77
	0.10%	18.78	101.80	16.37	79.21	80.85
	0.01%	18.67	101.20	19.90	96.28	97.28
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2	10%	11.11	60.23	4.89	23.64	18.54
	1%	18.78	101.80	19.70	95.29	97.14
	0.10%	18.00	97.57	19.99	96.71	94.61
	0.01%	18.22	98.80	18.66	90.29	88.69
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3	10%	11.22	60.83	7.13	34.50	27.79
	1%	19.22	104.20	21.97	106.31	111.00
	0.10%	18.33	99.40	22.98	111.19	110.49
	0.01%	17.44	94.57	24.68	119.42	111.94
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	10%	10.00	54.22	6.42	31.08	18.04
	1%	18.22	98.80	16.39	79.28	78.00
	0.10%	17.56	95.19	18.24	88.26	84.26
	0.01%	18.56	100.61	19.40	93.86	94.44
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.5.2. Relación entre el pH y el índice de germinación

El pH aumenta ligeramente cuando las muestras se encuentran más diluidas, pero no se observa una gran variación (Figura 19).

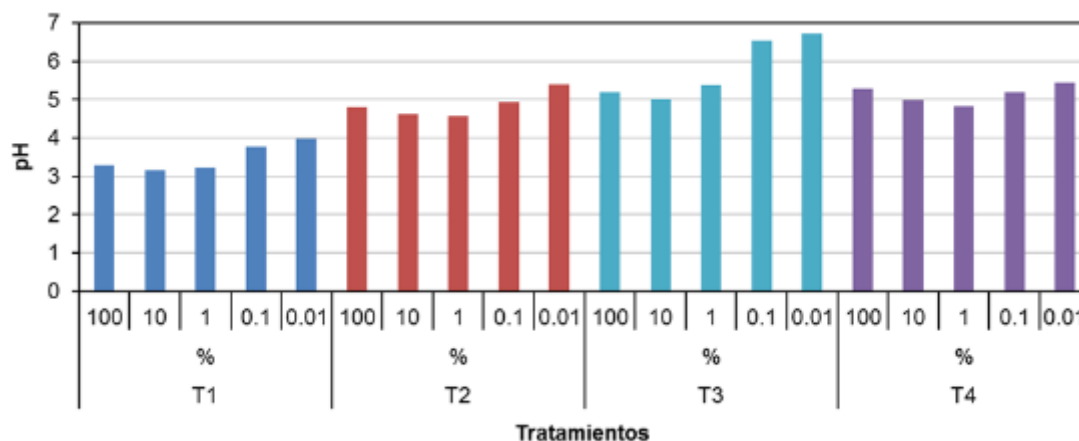


Figura 19. Nivel de pH en cada tratamiento y sus diluciones.

El análisis de correlación (Tabla 20) nos dice que no existe relación significativa ($p = 0.051$) entre el pH y el índice de germinación (IG).

Esto se corrobora con la Figura 20, que muestra índices de germinación muy variados en todos los rangos de pH.

Tabla 20. Correlación de Pearson entre el pH y el índice de germinación.

	Índice de Germinación		
	r	p	N
pH	0.25	0.051	60

r: Correlación de Pearson; p: nivel de significancia (< 0.05); N: número de muestras

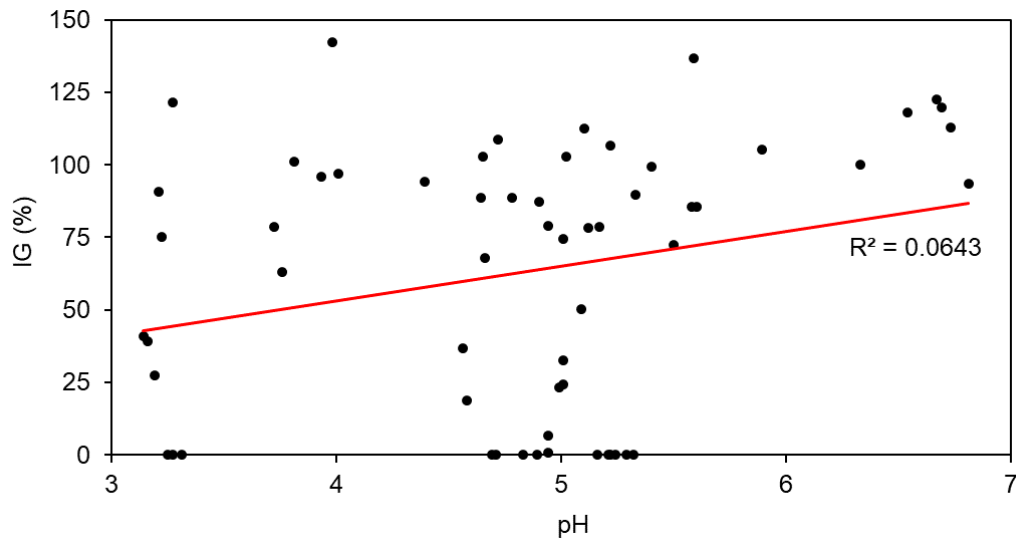


Figura 20. Ausencia de correlación entre el pH y el índice de germinación.

5.5.3. Relación entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación

La Tabla 21 nos muestra una correlación alta entre la conductividad eléctrica (CE) y el IG ($R = -0.72$, $p = 0.00$). La relación que tienen estas variables es negativa, ya que mientras más conductividad eléctrica tiene la muestra, menor es el índice de germinación.

Tabla 21. Correlación de Pearson entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación.

	Índice de Germinación		
	r	p	N
Conductividad Eléctrica	-0.72	0.00	60

r: Correlación de Pearson; p: nivel de significancia (< 0.05); N: número de muestras

En la Figura 21 y Figura 22 se puede observar que la CE es un parámetro determinante de la toxicidad, ya que cuando se tiene una CE mayor a 2.5 dS/m no se produce la

germinación de las semillas, pero, cuando las muestras se diluyen, se reduce significativamente la CE y permite un buen desarrollo de las plantas.

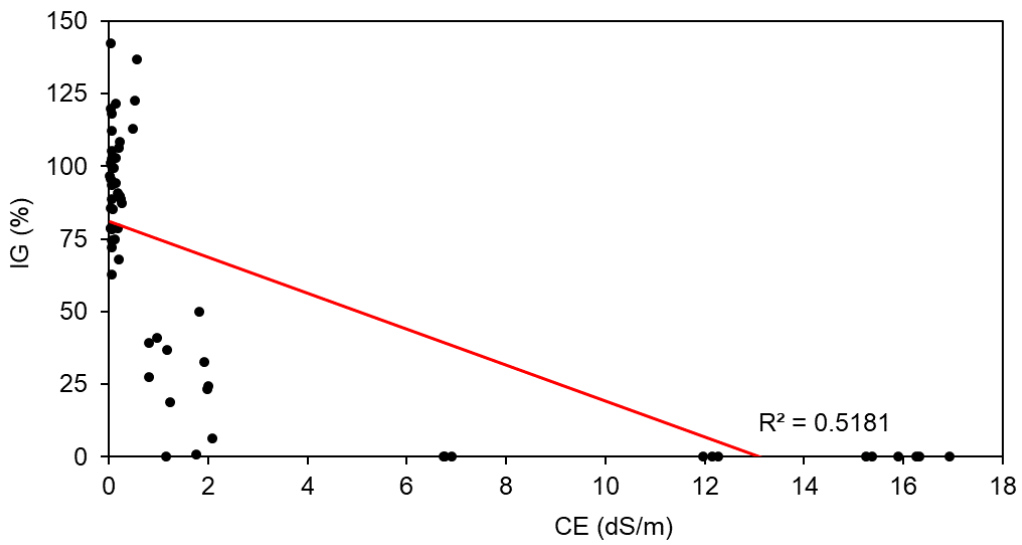


Figura 21. Relación negativa entre la conductividad eléctrica y el índice de germinación.

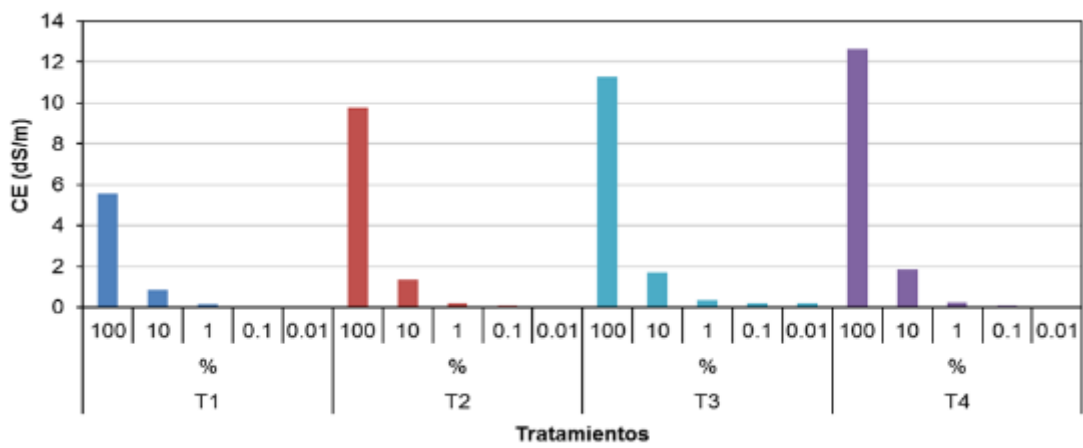


Figura 22. Conductividad eléctrica en cada tratamiento y sus diluciones.

VI. DISCUSIÓN

6.1. Variación de pH

El pH de los residuos vitivinícolas se encuentra alrededor de 3.50, esto quiere decir que, es muy ácido. Si bien, al adicionar estiércol este valor aumenta, se mantiene por debajo de 5, lo que significa que, todos los tratamientos inician con un pH ácido.

Carhuancho, Barrantes, & Ramirez (2012) y Medina et al. (2015), mencionan que los valores de pH deben mantenerse entre 6 y 8 para tener un desarrollo normal de la actividad de los microorganismos en las fases acetogénica y metanogénica. Este valor afecta, principalmente, la cantidad y velocidad de metano que genera el biogás (Cano et al., 2016; Lorenzo Acosta & Obaya Abreu, 2005), ya que estas bacterias son muy sensibles a cambios pequeños de pH (Chiriboga, 2010).

Sin embargo, se conoce que la eficacia que alcanza la fermentación anaeróbica, no necesariamente se ajusta a ese rango de pH, ya que puede variar de acuerdo con el sustrato utilizado (Botero & Preston, 1987), las características físico-químicas que posee y al rango de pH óptimo al que trabaja cada grupo microbiano implicado en la degradación anaerobia (Parra-Orobio et al., 2014).

Los residuos vitivinícolas cuentan principalmente con ácido tartárico, málico, cítrico y succínico, los cuales sirven de sustrato para levaduras y bacterias malolácticas, que necesitan un pH ácido para trabajar de forma correcta (C. López, 2011).

Mientras que el estiércol vacuno tiene un pH que puede variar entre 6 y 8 dependiendo de la alimentación, de la raza, clasificación del vacuno o a la frescura de las excretas (Peralta, Juscamaita, & Meza, 2016). Estos valores de pH, entre neutro y alcalino, se

deben a la formación de amoníaco por acción de los microorganismos cuando descomponen los nutrientes no asimilados por los animales (Sosa, 2005).

Es por eso que el tratamiento T1 mantiene sus valores de pH en un nivel de 3, mientras que en los tratamientos T2, T3 y T4 este valor aumenta cuando se mezcla con estiércol.

No obstante, ninguno de los tratamientos llegó a tener un pH neutro al realizar la biodigestión, esto afecta la cantidad de biogás generado, ya que es posible que la actividad microbiana haya sido menor en la etapa metanogénica.

6.2. Variación de temperatura

Los biodigestores pueden trabajar en un rango de temperatura de 14°C hasta 60°C (Jiménez, 2012). Las temperaturas que tuvieron los biodigestores se encontraron dentro de lo recomendado, iniciando con 25°C y reduciéndose, conforme pasaron las semanas, hasta los 18°C. Esta reducción se debe a la temporada en la que se realizó el trabajo, que fue a finales del verano e inicios de invierno.

La variación de temperatura afecta la velocidad en la que ocurren las reacciones químicas y bioquímicas dentro del biodigestores, siendo mejor cuando se eleva la temperatura encontrándose entre los rangos termofílicos o mesofílicos (Sánchez & Pazmiño, 2007), sin embargo, no afecta la cantidad de biogás producido, ya que esto sólo depende de la calidad de materia orgánica ingresada (Obando, 2009).

En este caso, la digestión anaerobia ocurrió a una temperatura psicrófilica, no se realizó agitación del sustrato y tuvo un tiempo de fermentación de 91 días, estando de acuerdo con (Varnero, 2011), quien menciona que cuando se trabaja en un rango de temperatura psicrófilico, el tiempo de fermentación es más lento y puede durar hasta más de 100

días; asimismo, Valladares (2017) señala que, a este rango de temperatura, no es necesaria la agitación de los sustratos.

Esto quiere decir que, si bien la temperatura a la que trabajaron los biodigestores fue baja y el tiempo de descomposición de la materia orgánica fue mayor, el estudio cumplió con lo recomendado y permitió que puedan desarrollarse correctamente los procesos microbiológicos.

6.3. Biogás

La cantidad de biogás producido es una forma de determinar si hubo actividad bacteriana para descomponer la materia orgánica, ya que cuando esto ocurre se producen grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde se acumula el gas (Chilon & Chilon, 2015).

Es decir, los tratamientos T2, T3 y T4 tuvieron mayor actividad bacteriana que el tratamiento T1 porque en ellos se observó mayor producción de biogás.

El tratamiento T1, estaba conformado sólo por residuos vitivinícolas, donde los microorganismos fueron aportados por el orujo de uva que contiene levaduras, bacterias malolácticas y acetobacterias que se encargan de la fermentación (C. López, 2011), mientras que a los demás tratamientos se les adicionó estiércol, el cual no sólo aporta materia orgánica y nutrientes, sino que también microorganismos (Lehtomäki, Huttunen, & Rintala, 2007; Ríos, 2016) como levaduras, hongos, protozoos y bacterias que participan en las diferentes etapas de la digestión anaerobia, especialmente en la metanogénesis (Camacho, Villada, & Hoyos, 2017; J. Torres, 2016).

Esto podría indicar que todos los tratamientos pasaron por las etapas de hidrólisis, acidogénesis y acetogénesis, transformando la materia orgánica en compuestos más

simples como el ácido acético, dióxido de carbono, hidrógeno y en menores cantidades ácido sulfhídrico, amonio y amoniaco (Quiñones, 2016). La última etapa, que es la metanogénesis, sólo se realizó en los tratamientos T2, T3 y T4, ya que contenían las bacterias metanogénicas provenientes del estiércol vacuno.

6.4. Macronutrientes

6.4.1. *Nitrógeno*

El tratamiento T1, que no contenía estiércol, presentó el valor más bajo de nitrógeno (1134 mg/l), este valor aumentó conforme se adicionó estiércol vacuno, llegando hasta 2296 mg/l en el tratamiento T4.

Herrera (2017) tuvo una concentración de nitrógeno de 630 mg/l al utilizar residuos de fresa como materia prima; asimismo, Cárdenas, Quipuzco, & Meza (2013) encontraron valores de 676.67 mg/l con estiércol vacuno y 814.33 mg/l con una mezcla de estiércol vacuno y residuos orgánicos. Puente (2012) obtuvo un valor de 983 mg/l de nitrógeno al usar estiércol vacuno y restos de fruta como maracuyá, piña, mango, mora, entre otros.

De acuerdo con estos resultados, se puede decir que los residuos vitivinícolas tienen una cantidad de nitrógeno más elevada que otros residuos orgánicos, esto se debe a que alrededor del 70% de todo el nitrógeno de la uva está concentrado en el orujo y el mosto (Blouin & Guimberteau, 2012). Asimismo, esta cantidad de nitrógeno aumenta considerablemente cuando se adiciona estiércol vacuno, ya que es el elemento que se encuentra en mayores cantidades en el estiércol (Salazar, 2006), debido a que los animales excretan entre el 60 y 80% del nitrógeno que ingieren (Peralta et al., 2016).

Por eso, sólo con adicionar pequeñas cantidades, la concentración de nitrógeno se duplica.

Asimismo, al tener un proceso anaeróbico, las principales formas de nitrógeno que se tienen son como amonio (NH_4) y amoniaco (NH_3). El equilibrio entre ambos compuestos va a depender del pH del medio, ya que mientras más ácido sea, habrá mayor cantidad de amonio y menor cantidad de amoniaco y viceversa (Flotats, Bonmati, Campos, & Antunez, 1999). Como todos los tratamientos tienen un pH ácido, el nitrógeno se va a mantener en la solución y no se va a volatilizar como amoniaco o será mínima la volatilización (Salazar, 2006).

6.4.2. Fósforo

Varios estudios demuestran que cuando se usa estiércol sólo, se produce una baja cantidad de fósforo, Quipuzco, Baldeón, & Tang (2011) y Torres, Quipuzco, & Meza (2015) que produjeron abonos líquidos con estiércol vacuno, tuvieron concentraciones de 225.7 mg/l y 307.97 mg/l respectivamente. Lo mismo ocurrió con Acosta (2019) que tuvo valores de 309.6 mg/l, 329.1 mg/l y 167 mg/l al utilizar estiércol de cuy, de aves de engorde y porcino.

Sin embargo, cuando se adiciona otros residuos y se trabaja en co-digestión, los valores de fósforo aumentan considerablemente. Garavito (2018) que utilizó una mezcla de estiércol vacuno y restos de trucha, llegó a una concentración de 565.89 mg/l, mientras que Buchelli (2014) utilizó bagazo de cerveza y estiércol vacuno, teniendo un valor de 955.26 mg/l. El presente estudio tuvo un valor de 683.08 mg/l de fósforo, encontrándose en medio de estos abonos líquidos.

6.4.3. Potasio

El tratamiento T3 tuvo la mayor cantidad de potasio con 3041.67 mg/l. Este valor es menor que los abonos líquidos producidos por Acosta (2019) con estiércol vacuno, cuy y aves de engorde, que obtuvieron valores de 4720.4 mg/l, 4832 mg/l y 5760 mg/l respectivamente; de igual modo, Quiñones (2016) que tuvo un valor de 8700 mg/l con heces de alpaca y Buchelli (2014) que tuvo 5190 mg/l al usar bagazo de cerveza. Sin embargo, estos abonos líquidos pueden tener esos valores elevados de potasio, ya que se les ha adicionado ceniza y maleza para compensar algunas faltas nutricionales (Quiñones, 2016).

Por otro lado, los abonos líquidos producidos sin aditivos, como el de (Garavito, 2018), elaborado con estiércol vacuno y restos de trucha o Carhuancho (2012), que usó gallinaza, tuvieron valores de 1136.67 mg/l y 2500 mg/l. Lo que quiere decir que, el abono líquido producido con residuos vitivinícolas tiene una cantidad adecuada e incluso alta de potasio, lo cual se debe a que este nutriente tiende a acumularse en los frutos cuando estos se encuentran desarrollados (da Mota et al., 2009).

6.4.4. Calcio, magnesio y sodio

En el presente estudio se encontró que la concentración de calcio, magnesio y sodio aumentaba con la adición de estiércol vacuno, lo cual concuerda con lo encontrado por Cárdenas et al. (2013), que tuvieron una cantidad mayor de magnesio y sodio en el abono líquido con residuos orgánicos y estiércol (224.67 mg/l y 841.33 mg/l), que en el abono líquido que sólo tenía residuos orgánicos (198 mg/l y 144 mg/l). En el caso del calcio, los residuos orgánicos tienen una concentración muy elevada (4400 mg/l), motivo por el cual, este valor disminuyó (1773.33 mg/l) cuando se le agregó estiércol.

Lo mismo ocurrió en la investigación de Garavito (2018), donde se encontró que la cantidad de calcio, magnesio y sodio en el abono líquido producido con residuos orgánicos era de 124.67 mg/l, 49.50 mg/l y 358.83 mg/l respectivamente, pero cuando se le adicionaba estiércol, estos valores aumentaban a 1603.33 mg/l, 563.33 mg/l y 1408.33 mg/l.

El estiércol es fuente de nitrógeno y en menor cantidad de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Pacheco, 2016), por lo tanto, su adición mejora el valor nutricional de los abonos líquidos.

Finalmente, en esta investigación el tratamiento T4 obtuvo los mejores resultados con respecto a los macronutrientes, con valores de 2296 mg/l de nitrógeno, 678.66 mg/l de fósforo, 3001.67 mg/l de potasio, 1290 mg/l de calcio, 595 mg/l de magnesio y 494.17 mg/l de sodio. Si bien el tratamiento T3 tuvo valores ligeramente superiores con respecto a fósforo, potasio y sodio, estas diferencias no fueron significativas. Por lo tanto, para la preparación de abonos líquidos con residuos vitivinícolas se recomienda adicionar de 10 a 15% de estiércol vacuno.

En general, la concentración de macronutrientes que presenta el tratamiento T4 es superior o similar a otros abonos líquidos, como son los producidos con: estiércol de ovino (Medina et al., 2015), residuos orgánicos con estiércol vacuno (Cárdenas et al., 2013), restos de fruta con estiércol vacuno (Puente, 2012), gallinaza (Carhuancho, 2012), residuos de fresa (Herrera, 2017) y ensilado de estiércol de cerdo (Shirakawa, 2016), por lo que tendría el potencial de cumplir con los requerimientos nutricionales que necesitan las plantas.

6.4.5. *Abonos orgánicos vs fertilizantes químicos*

De acuerdo con Laurin et al. (2006), se debe tener en cuenta que los principales problemas del uso masivo de fertilizantes químicos son la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la eutrofización de ríos, lagos y mares por el exceso de fosfatos y nitratos, el desequilibrio del ciclo de nitrógeno y fósforo, así como la lluvia ácida. Sin embargo, los fertilizantes químicos son más utilizados por su bajo costo (cuando se aplica en terrenos pequeños o en tiempos cortos), fácil aplicación, alta concentración de nutrientes, acelera el crecimiento de los frutos y los agricultores desconocen de los impactos que tiene en el ser humano y los ecosistemas.

Por otro lado, los abonos orgánicos no sólo tienen macro y micronutrientes, sino también cuentan con sustancias húmicas, enzimas, aminoácidos y bioestimulantes que complementan la nutrición de los cultivos y estimulan algunos procesos como el crecimiento, enraizamiento, la floración, entre otros, por eso se considera una fuente de abonamiento integral que se encargan de mejorar la estructura del suelo, su aireación y su capacidad de retención de agua, también son económicos, de fácil producción y contribuyen al reciclaje de los residuos de la actividad agrícola (Saray Siura, Barrios, Delgado, Dávila, & Chilet, 2009), pero, su producción toma mayor tiempo, contiene menor cantidad de nutrientes y la asimilación de los nutrientes es más lenta (Félix Herrán, Sañudo Torres, Rojo Martínez, Martínez Ruiz, & Olalde Portugal, 2008).

Para conservar un ecosistema agrícola saludable, que tenga la capacidad de mantenerse y responder a las necesidades futuras, se debe tener ciertas consideraciones como reducir o eliminar ciertas prácticas como el monocultivo, la fertilización química, la aplicación de herbicidas y pesticidas y se debería evaluar sustituirlas por los policultivos,

rotación de cultivos, la fertilización orgánica y los trabajos superficiales que ayudan a un mejor funcionamiento del ecosistema (Damarys García-Céspedes, Lázaro Lima-Cazorla I, Lourdes Ruiz-Gutierrez, Jorge Santana-Romero III, & Calderón-Peñalver I, 2016).

El Rodale Institute de Kutztown (Pennsylvania) realizó una comparación entre la agricultura ecológica y la agricultura que utiliza agroquímicos durante un periodo prolongado, llegando a comprobar que los cultivos orgánicos tienen la capacidad de aumentar la fertilidad del suelo (específicamente el contenido en carbono y nitrógeno) y de reducir la contaminación por lixiviación (Laurin et al., 2006).

Esto quiere decir que sólo el uso de abonos orgánicos no va a hacer toda la diferencia, pero le puede dar a los agricultores una alternativa para comenzar el cambio hacia una agricultura más ecológica que conserve los terrenos agrícolas por más tiempo, sin llegar a agotar sus propiedades.

6.5. Índice de germinación

Los abonos líquidos puros poseen características fitotóxicas, como el bajo pH y la elevada CE, es por eso que deben ser diluidos antes de aplicarlos a las plantas. Se busca un IG superior al 100% para asegurar que el abono líquido no presente fitotoxicidad, y esto se logra al tener mayor crecimiento que el control.

El abono líquido producido con residuos vitivinícolas y 10% de estiércol vacuno (T3) tiene un pH de 4.43 y CE de 15.83 dS/m, pero, produce efectos positivos sobre el crecimiento de las semillas de lechuga cuando es diluido a concentraciones de 0.01%, 0.1% y 1%.

Efectos similares muestra Buchelli (2014) con el abono líquido de bagazo de cerveza diluido a 0.01%; Quiñones (2016) con el abono líquido de heces de alpaca diluido al 0.1% y Florez (2017) con el abono líquido de vísceras de trucha diluido al 0.01% y 0.1%.

Todos estos estudios muestran un pH ácido (3.5-4.0) y CE mayor a 20 dS/m, a diferencia de la presente investigación que tiene el pH un poco más elevado y la CE más baja, lo que podría explicar que una dilución de 1% obtenga buenos resultados de germinación, mientras en los otros casos se necesita diluir más los abonos líquidos.

Otro motivo por el que el tratamiento T3, podría haber tenido mayor crecimiento de la radícula y en general mayor índice de germinación, a comparación de los otros tratamientos, es por los niveles de pH y CE. El pH en las diluciones del 1%, 0.1% y 0.01% fueron de 5.38, 6.53 y 6.72, con CE de 0.34 dS/m, 0.21 dS/m y 0.20 dS/m. Es el único tratamiento que muestra estos valores en esas diluciones, ya que en los demás todos los pH se encuentran por debajo de 5.4 y la CE es menor de 0.2 dS/m.

Esto se relaciona con las características de la lechuga, ya que según (Arcos, Benavides, & Rodríguez, 2011), el pH óptimo para el sistema de crecimiento de las lechugas, es de 5.8, pero también es aceptable si se encuentra en el rango de 5.6 a 6.0. Inclusive otros estudios mencionan que el pH se debe acercar más a la neutralidad para el desarrollo de la planta (Chavez, 2012; La Rosa, 2015).

Con respecto a la CE, Carranza, Lancho, Miranda, & Chaves (2009) mencionan que la lechuga soporta de 1,0 a 1,4 dS/m. Por lo tanto, se puede determinar que, todos los tratamientos, cuando se encuentran menores a 1%, cumplen con estos valores, sin embargo, sólo el tratamiento T3, es el que se encuentra más cercano a los valores de pH. Si bien T4 también presentó características nutricionales altas, para el caso específico de la lechuga, es mejor el tratamiento T3.

Lo mismo ocurre con las diluciones, Sobrero & Ronco (2004) mencionan que se deben hacer diluciones logarítmicas cuando no se conoce la toxicidad de las muestras, por eso

se diluyeron los bioles al 10%, 1%, 0.1% y 0.01%, haber usado otras diluciones no hubiera tenido mejores resultados, porque los bioles diluidos al 1%, presentan un pH ligeramente más alto, pero sigue siendo menor de 5.5, por lo tanto, si se diluyen menos, el pH será inclusive menor.

VII. CONCLUSIONES

El estudio muestra que los tratamientos T2, T3 y T4 aumentan su pH (4.00 – 5.00) durante las 13 semanas que dura el proceso de biodigestión, mientras que en el tratamiento T1 no varía (3.00), sin embargo, en todos los casos el pH se mantiene a un nivel ácido. Con respecto a la temperatura, se observa una disminución constante, pero, dentro del rango psicrófilico.

La cantidad de biogás generado indica que hay mayor actividad microbiana en los biodigestores que tienen estiércol vacuno, es por eso que el tratamiento T4 tiene el valor más alto, con 115 L, mientras que en el control la producción de biogás es mínima.

La relación C/N y la CE también se ven afectadas por la cantidad de estiércol vacuno que tiene cada tratamiento. Si bien, todos los tratamientos inician con una relación C/N mayor a 20, los tratamientos T2, T3 y T4 logran mayor degradación de la materia orgánica presentando valores entre 9-10, mientras que el tratamiento T1 presenta una degradación menor (16). Lo mismo ocurre con la CE, donde el tratamiento T4 genera más iones, por eso hay un aumento de la CE inicial hasta la final (9.4 dS/m – 16.83 dS/m), esta variación no se observa en el tratamiento T1 (6.55 dS/m – 6.86 dS/m).

Los tratamientos T3 y T4 presentan las cantidades más elevadas de nutrientes, siendo T3 el que tiene mayor cantidad de fósforo (683.08 mg/L), potasio (3041.67 mg/L) y sodio (497.50 mg/L) y el tratamiento T4, la cantidad más elevada de nitrógeno (2296 mg/l), calcio (1290 mg/l) y magnesio (595 mg/l).

Los 4 tratamientos evaluados tienen características fitotóxicas cuando se encuentran puros, ya que, por tener pH ácido y conductividad eléctrica elevada, ocasionan que se

inhiba la germinación de las semillas o limite el crecimiento de la radícula, sin embargo, cuando se diluyen esta fitotoxicidad disminuye.

El tratamiento T3 muestra un efecto positivo en la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas de lechuga cuando se diluye al 0.01%, 0.1% y 1%, donde se observan índices de germinación de 111%, 110.49% y 111.94%. Los demás tratamientos no llegan a superar el control (100%) en ninguna de las diluciones realizadas, esto está relacionado con los niveles de pH máximos a los que puede sobrevivir la lechuga.

Los resultados de esta investigación demuestran que el tratamiento T3 presenta las mejores características para producir abono líquido, teniendo en cuenta que siempre se debe diluir al 1% o menos para evitar su fitotoxicidad. Este valor agregado que se le da a los residuos vitivinícolas puede ayudar a cambiar la disposición final que reciben actualmente.

VIII. RECOMENDACIONES

Con el presente estudio se pudo conocer las características nutricionales para producir abono líquido de residuos vitivinícolas, sin embargo, podría haber más factores, a parte del pH y la conductividad eléctrica, para determinar la fitotoxicidad de estos abonos. Es por eso que se recomienda medir los parámetros que menciona el DS N° 004-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental para Agua”, en la categoría 3, D1, riego de vegetales.

Se debe priorizar el análisis de coliformes fecales antes y después del proceso de producción del abono líquido, ya que, al contener microorganismos patógenos, el biol puede generar ciertos problemas ambientales y de salud, como la contaminación de suelos agrícolas y los cultivos.

Asimismo, para determinar qué tan completo es el biol que tenemos, se recomienda medir las sustancias húmicas, enzimas, aminoácidos y bioestimulantes, ya que estos complementan la nutrición de los cultivos y estimulan algunos procesos de crecimiento.

Si bien se determinó que el tratamiento T3 es el que presenta las mejores características, esto es en el caso de la lechuga. Se debe probar el biol de residuos vitivinícolas en otros cultivos, a fin de determinar la dosis óptima para su uso. Por otro lado, al tener resultados similares a partir de la dilución de 1%, se recomienda evaluar otras diluciones entre 10% y 1%.

Se conoce que los fertilizantes químicos tienen bajo costo y son de fácil uso, por eso los agricultores prefieren usarlo, sin embargo, se recomienda hacer un análisis de costos de la producción de biol con residuos vitivinícolas, ya que al usar elementos que los

agricultores tienen a la mano, podría resultar más beneficioso que comprar fertilizantes químicos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2019). *Características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido biol obtenido por digestión anaerobia de estiércol de animales con rastrojo*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Arcos, B., Benavides, O., & Rodríguez, M. (2011). Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2), 95–108.
- Arvanitoyannis, I., Ladas, D., & Mavromatis, A. (2008). Wine Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste. In *Waste Management for the Food Industries* (First, p. 1071). Retrieved from https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=G6p9PHHMxtIC&oi=fnd&pg=PA413&dq=wine+vinasses+polyphenolic+antioxidants&ots=bf_a1V8tFa&sig=QQ7ZlU-zeUEFB7TKR4YnNBo9b6w#v=onepage&q&f=false
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2014). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas* (p. 11). p. 11. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Betalleluz-Pallardel, L. E. (2009). Mejora de la productividad en la elaboración de pisco puro no aromático. *Ingeniería Industrial*, 0(27), 51–60. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2009.n027.623>
- Blanco, L., Galende, N., Fraile, J., Ganges, A., Ruíz, C., Sánchez, R., ... Gallego, P. (2019). Efecto de la lluvia ácida sobre la germinación y el crecimiento de plantas. *MERIDIES*, 22, 79–82.

- Blouin, J., & Guimberteau, G. (2012). *Maduración y madurez de la uva*. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=tbioMRil5h4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Bosch Mayol, M., Costa, J. L., Cabria, F., & Aparicio, V. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia Del Suelo*, 30(2), 95–105. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84876899533&partnerID=40&md5=a47550181e017ea2cf974e8135231695>
- Botero, R., & Preston, T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. *Agriculture*, 20.
- Buchelli, H. (2014). *Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica* (Universidad Nacional Agraria la Molina). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2335/F04-B919-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Callejas, R., Silva, Á., Peppi, C., & Seguel, Ó. (2014). Factibilidad agronómica del uso de vinaza, subproducto de la fabricación del pisco, como biofertilizante en viñedos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 230. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3216>
- Camacho, R., Villada, H. S., & Hoyos, J. L. (2017). Evaluación del Estiércol de Vaca como Inóculo en la Digestión Anaerobia Termófila de Residuos Sólidos Urbanos. *Informacion Tecnologica*, 28(3), 29–36. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000300004>

- Cano, M., Bennet, A., Silva, E., Robles, S., Sainos, U., & Castorena, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia*, 50(4), 471–479. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30246030008>
- Cárdenas, J., Quipuzco, L., & Meza, V. (2013). Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 16, 7–12.
- Carhuancho, F. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Carhuancho, F., Barrantes, J., & Ramirez, J. (2012). Aprovechamiento del Estiércol de Gallina para la Elaboración de Biol en Biodigestores Tipo Batch como Propuesta al Manejo de Residuo Avícola. *XIX Simposio Peruano de Energía Solar y Del Ambiente (XIX - SPES)*, (2010), 12–17.
- Carhuancho, F., Ramírez, J., & Guerrero, J. (2015). Gestión ambiental de residuos avícolas mediante digestión anaerobia para la producción de fertilizantes orgánicos líquidos. *Anales Científicos*, 76(1), 125–132. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.773>
- Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Growth analysis of ‘Batavia’ lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in a saline soil of the Bogota Plateau. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 41–48. Retrieved from dmirandal@unal.edu.co
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la

agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50.

Castillo, D., & Tito, C. (2011). Obtención de Biogás a partir de Excremento de Cuy en condiciones ambientales de Tacna Perú. *Ciencia y Desarrollo*, 13, 84–91. Retrieved from <http://www.unjbg.edu.pe/coin2/pdf/15-2011.pdf>

Castro, A., Henríquez, C., & Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 31–43.

Chavez, G. (2012). *Evaluación de la aplicación de cinco dosis de microorganismos eficientes, para el control de Pythium sp. y Fusarium sp. en el cultivo de lechuga (lactuca sativa) variedad great lakes 659 en Lamas - San Martín*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Chilon, E., & Chilon, J. (2015). Potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente del Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA). *CienciAgro*, 1, 35–42. Retrieved from http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-14042015000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Chiriboga, O. (2010). *Desarrollo del Proceso de Producción de Biogás y Fertilizante Orgánico a partir de Mezclas de Desechos de Procesadoras de Frutas*. Universidad San Francisco de Quito.

Cobos, Y., & Ortiz, H. (2007). *Evaluación del Impacto Ambiental del Tratamiento Anaerobio de Vinazas* (Universidad Industrial de Santander). Retrieved from <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7600/2/123940.pdf>

Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias:

procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta.

NOVA, 13(23), 55–81.

da Mota, R., de Souza, C., Favero, A., Pinheiro Carvalho e Silva, C., Lopes do Carmo, E., Fonseca, A., & de Albuquerque, M. (2009). Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44(6), 576–582. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600005>

Damarys García-Céspedes, C. I., Lázaro Lima-Cazorla I, C. A., Lourdes Ruiz-Gutierrez, C. I., Jorge Santana-Romero III, C. L., & Calderón-Peñalver I, P. A. (2016). Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados. *Rev. Cubana Quím*, 28(1), 378–393. Retrieved from <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>

El Peruano. (2019, July 28). *Producción de pisco crecerá 6.5% en 2019*. Retrieved from <https://www.elperuano.pe/noticia-produccion-pisco-crecera-65-2019-81882.aspx>

Eyherabide, M., Saínz Rozas, H., Barbieri, P., & Echeverría, H. E. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo / COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING SOIL ORGANIC CARBON. *Ciencia Del Suelo*, 32(1), 13–19. Retrieved from <http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S1850.20672014000100002&lang=es&site=eds-live>

Félix Herrán, J. A., Sañudo Torres, R. R., Rojo Martínez, G. E., Martínez Ruiz, R., & Olalde Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4, 57–68.

<https://doi.org/10.35197/rx.04.01.2008.04.jf>

Florez, M. (2017). *Elaboración de biofertilizante líquido utilizando osubproductos del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Flotats, X., Bonmati, A., Campos, E., & Antunez, M. (1999). Ensayos en discontinuo de codigestión anaerobia termofílica de purines de cerdo y lodos residuales. Efecto del amonio. *Informacion Tecnologica*, 10(1), 79–86.

Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J., & Bonmatí, X. (2001). Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con residuos de la industria alimentaria. *Monografías de Actualidad*, 51–65.

Gancedo, S. (2018). *Impactos ambientales derivados de la producción de vino de La D.O.P. Cangas*. Universidad de Oviedo.

Garavito, O. (2018). *Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno*. Universidad Científica del Sur.

Hernández-Rodríguez, O., Hernández-Tecorral, A., Rivera-Figueroa, C., Arras-Vota, A., & Ojeda-Barrios, D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 35–46.

Herrera, R. (2017). *Elaboración de un abono líquido a partir de residuos de fresa (Fragaria x ananassa) por fermentación láctica*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

INIA. (2008). *Producción y uso del biol. Serie N° 2: Tecnologías innovativas apropiadas a*

la conservación in situ de la agrobiodiversidad (Primera; A. Roldán, Ed.). Lima.

Jiménez, J. (2012). *Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

La Rosa, O. (2015). *Cultivo de Lechuga (Lactuca saliva) Bajo Condiciones del Valle del Rímac, Lima*. (511), 7995788.

Laurin, M., Llosa, M., Gonzalez, V., & Porcuna, J. (2006). El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos. *VII Congreso SEAE Zaragoza 2006*. Retrieved from <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD Congreso Zaragoza/Ponencias/105 Laurin Com- El papel.pdf>

Lehtomäki, A., Huttunen, S., & Rintala, J. A. (2007). Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(3), 591–609. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.11.004>

Lobato, Á. (2012). *Estudio de la co-digestión anaerobia de residuos ganaderos con otros substratos agroindustriales* (Universidad de León). Retrieved from https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2241/tesis_08feb2.PDF?sequence=1

López, C. (2011). *Estudio del comportamiento de columnas de destilación en la elaboración de aguardiente de orujo*. Universidad de Santiago de Compostela.

López, D. (2012). *Aprovechamiento del lechuguin ("Eichhornia crassipes") para la*

generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores (Universidad Politécnica Salesiana). Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1938/12/UPS-CT002337.pdf>

Lorenzo Acosta, Y., & Obaya Abreu, M. C. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *ICIDCA*, 39(1), 35–48.

Medina, A., Quipuzco, L., & Juscamaita, 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>

Mendoza, K. (2015). *Diseño de una bodega vitivinícola pisquera en el valle de Ica utilizando acondicionamiento ambiental pasivo*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

MINAGRI. (2012). DECRETO SUPREMO N° 016-2012-AG “Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario.” *El Peruano*, 478535–478544. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-manejo-residuos-solidos-sector-agrario>

MINAM. (2015). *Estudio De Desempeño Ambiental 2003 - 2013*. 1–716. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/esda/wp-content/uploads/2016/09/estudio_de-desempeno_ambiental_esda_2016.pdf

MINAM. (2016). El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú. *Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático*, 662. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicación.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Legislativo N° 1278. *Decreto Legislativo N° 1278*, 35. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N°-1278.pdf>
- Moreno, J., & Moral, R. (2007). *Compostaje* (Mundi-Pren). Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=IWYJAQAAQBAJ&pg=PA266&lpg=PA266&dq=fitonutriente+o+fitoestimulante&source=bl&ots=yjqFillBar&sig=ACfU3U0fmRtRkO9P3tCLf_7BaYRvFfnbnbg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjx2_O80pTjAhWZJbkGHRVoD-cQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=fitonutr
- Nogales, R., Melgar, R., Pagola, C., & Benítez, E. (2003). Biodigestion De Residuos Vitivinícolas Mediante Vermicompostaje : Resultados Preliminares. *Edafología*, 10(3), 139–144.
- Obando, G. (2009). Construcción de biodigestores discontinuos y análisis de su comportamiento bajo diferentes regímenes de operación. *Investigación Aplicada e Innovación*, 3(2).
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*, 36. Retrieved from https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Oyuela, F. (2010). *Evaluación de la producción de biogás y biol a partir de la torta de Jatropha curcas L.* Escuela Agrícola Panamericana.
- Pacheco, H. (2016). *Determinación de la mejor formulación para la elaboración de biol a partir de barbasco y chicha de yuca.* Universidad Superior Politécnica de

Chimborazo.

- Padilla, A., & Rivero, J. (2016). Producción de Biogás y compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. *Ciencia y Tecnología*, 12(1), 29–43. Retrieved from <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/1358>
- Paradelo, R., Moldes, A. B., González, D., & Barral. (2008). Evaluación de compost y vermicompost de orujo agotado de uva como componentes de sustratos. *Actas de Horticultura*, 675–680.
- Parra-Orobio, B., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L., Cárdenas-Cleves, L., Vásquez-Franco, C., Torres-López, A., & Ordóñez-Andrade, J. (2014). Influencia del pH sobre la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 553–562. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n2/v17n2a27.pdf>
- Peralta, L., Juscamaita, J., & Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>
- Puente, P. (2012). *Estudio de la digestión anaeróbica de desechos de fruta en la planta piloto del laboratorio de desarrollo de energías alternativas*. Universidad San Francisco de Quito.
- Quiñones, H. (2016). *Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica*.

Universidad Nacional Agraria la Molina.

Quipuzco, L., & Baldeón, W. (2012). Desempeño de un biodigestor cargado con lodo séptico y excreta de cuy para la producción de biogas y biol. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 14(28).

Quipuzco, L., Baldeón, W., & Tang, O. (2011). Evaluacion de la calidad de biogas 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), 2–9. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/690>

Ramos, D., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, J. (2014). BOCASHI: ABONO ORGÁNICO ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 90–97.

Ríos, S. (2016). *Generación de bioelectricidad microbiana con estiércol de ganado vacuno, mediante celdas de combustible microbiano, Estación Experimental Tunshi Epoch* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5662>

Rivas, O., Faith, M., & Guillén, R. (2010). Biodigestores : factores químicos , físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología En Marcha*, 23(1), 39–46.

Rodríguez, L. (2002). *Estrategias para el control de la carga de nutrientes del Lago Rodó* (Universidad de la República). Retrieved from <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/123456789/4006>

- Rodríguez Romero, A. J., Robles Salazar, C. A., Ruíz Picos, R. A., López López, E., Sedeño Díaz, J. E., & Rodríguez Dorantes, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitoreo de la calidad del agua del río Chalma. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 307–316. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007
- Salazar, J. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 17(1), 69–77.
- Sánchez, M., & Pazmiño, G. (2007). *Diseño y construcción de un biodigestor plástico de flujo continuo, a partir de desechos orgánicos para la Hacienda San Antonio del IASA II, perteneciente a la ESPE*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Santos, M., Martín, F., Diánez, F., Carretero, F., García-Alcazar, M., de Cara, M., & Tello, J. (2007). *Efecto de la Aplicación de Vinaza de Vino como Biofertilizante y en el Control de Enfermedades en el Cultivo de Pepino*. (January 2015), 58–66. Retrieved from [http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/sesiones/16 S4CSANIDAD \(III\)/S4C8.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/sesiones/16 S4CSANIDAD (III)/S4C8.pdf)
- Saray Siura, F., Barrios, J., Delgado, S., Dávila, S., & Chilet, M. (2009). Efectos del biol (abono orgánico líquido) en la producción de hortalizas. In *Vertientes del pensamiento agroecológico* (pp. 289–304). Medellín, Colombia.
- Shirakawa, A. (2016). *Evaluación del método de ensilado de excretas de cerdo en la generación de biogás y biol mediante biodigestores*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Sobrero, M. C., & Ronco, A. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. *Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones.*, 55–67.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Soria, M. de J., Ferrera, R., Etchevers, J., Alcántar, G., Trinidad, J., Borges, L., & Pereyda, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra*, 19(4), 353–362. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/20023054764.html>
- Sosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Agromensajes - UNR*, 16.
- Torres, A., Quipuzco, L., & Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. *Anales Científicos*, 76(2), 269–274.
<https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.791>
- Torres, J. (2016). *Diseño de un biodigestor para la producción de biol a partir de excretas de ganado vacuno generado en la Finca “La Envidia” Parroquia la Belleza Cantón Francisco de Orellana Coca* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
<https://doi.org/10.1136/jnnp.56.1.40>
- Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L., & Bedoya, D. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14(2), 164–172. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243655>

- Valencia, E., Valenzuela, E., González, S., & Vargas, C. (2011). Digestión anaeróbica de rúmen bovino en laboratorio y determinación química pre y post tratamiento. *Livestock Research for Rural Development.*, 23. Retrieved from <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd23/2/vale23028.htm>
- Valladares, F. (2017). Modelamiento del proceso de digestión anaeróbica de estiércol vacuno y cáscara de cacao. Retrieved from <https://pirhua.udel.edu.pe/handle/11042/3069>
- Varnero, M. (2011). *Manual del biogás* (p. 120). p. 120. Santiago de Chile.
- Velasco, H. (2014). *Efecto de la incorporación de microorganismos eficientes en la elaboración del compost, distrito de La banda de Shilcayo - San Martín - Perú*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Ventosa, E., Clemente, R., & Pereda, L. (2011). Generación y Gestión de Residuos del Sector. *HaproWINE*, 32. Retrieved from [http://www.haprowine.eu/pdf/fase2/Generacion y Gestion de Residuos del Sector.pdf](http://www.haprowine.eu/pdf/fase2/Generacion_y_Gestion_de_Residuos_del_Sector.pdf)
- Warnars, Lavinia; Oppernoorth, H. (2014). El biol: El fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. In *Hivos*.

X. ABREVIATURAS

CE: Conductividad eléctrica

IG: Índice de germinación

SG: Semillas germinadas

PGR: Porcentaje de germinación relativo

LR: Longitud radicular

CRR: Crecimiento radicular relativo

N: Nitrógeno

P: Fósforo

K: Potasio

Ca: Calcio

Mg: Magnesio

Na: Sodio

MO: Materia orgánica

LASPAF: laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina

ANOVA: Análisis de varianza

GEI: Gases de Efecto Invernadero

XI. ANEXOS

11.1. *Matriz de consistencia*

Aprovechamiento de residuos vitivinícolas mediante biodigestión anaerobia con estiércol vacuno para producir abono líquido en San Antonio - Cañete

OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	PRUEBA ESTADÍSTICA
General			
<p>Evaluar las características de los residuos vitivinícolas al pasar por un proceso de biodigestión anaerobia adicionando estiércol vacuno para producir abono líquido como alternativa a su disposición final actual.</p>	<p>Ha: Los residuos vitivinícolas procesados por biodigestión anaerobia con estiércol vacuno tienen las características necesarias para ser usados como abono líquido.</p> <p>H0: Los residuos vitivinícolas procesados por biodigestión anaerobia con estiércol vacuno no tienen las características necesarias para ser usados como abono líquido.</p>		
Específicos			
<p>1. Evaluar los cambios de pH y temperatura durante el tiempo que dura el proceso de biodigestión anaerobia.</p>		<p>1. Semanas 2. pH 3. Temperatura</p>	<p>Correlación de Pearson</p>

Aprovechamiento de residuos vitivinícolas mediante biodigestión anaerobia con estiércol vacuno para producir abono líquido en San Antonio - Cañete

OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	PRUEBA ESTADÍSTICA
2. Medir la cantidad de biogás producido en el proceso de biodigestión anaerobia.		1. Tratamiento 1, 2, 3, 4 2. Biogás	Ninguna
3. Evaluar la conductividad eléctrica y la relación C/N de los tratamientos iniciales y los abonos líquidos producidos.		1. Tratamiento 1, 2, 3, 4 2. Conductividad Eléctrica 3. Relación C/N	ANOVA y prueba de Tukey (para abono líquido producido)
4. Determinar la cantidad de macronutrientes que poseen los abonos líquidos producidos.		1. Tratamiento 1, 2, 3, 4 2. Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio	ANOVA y prueba de Tukey
5. Determinar el nivel de fitotoxicidad de los abonos líquidos obtenidos.		1. Índice de germinación 2. pH 3. Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson

11.2. Proceso de construcción del biodigestor

En la presente investigación se utilizaron 12 bidones de plástico, con forma cilíndrica y capacidad de 50 litros, para la construcción de los biodigestores tipo Batch. El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

Se lavaron y secaron cuidadosamente los bidones para evitar cualquier contaminación externa. Luego, se perforó la parte lateral inferior de cada uno para colocar las piezas que se usaron como salida del abono líquido.

Se utilizó niple de PVC de 1 pulgada, envuelto con cinta teflón para ajustar las tuercas y empaquetaduras que se colocaron en el niple por el lado interno y externo del bidón. Por último, se enroscaron las válvulas de 1 pulgada, que permitieron la salida del abono líquido para tomar las muestras. (Castillo & Tito, 2011). La cinta teflón actúa como sellador al acoplarse los materiales con el niple, de modo que se evita la fuga de líquido y gas (Oyuela, 2010).

Para la salida del biogás se hizo un orificio en la tapa de los bidones, donde, similar al caso anterior, se colocó el niple de PVC de ½ pulgada, envuelto con cinta teflón para ajustar las tuercas y empaquetaduras que se colocaron en el niple por lado interno y externo del bidón. Para acumular el biogás se colocaron llaves de PVC con adaptador para manguera de ½ pulgada. Se conectaron 0.5 metros de manguera, por un lado, con el adaptador para manguera y por el otro, con los flotadores. Ambos lados se sellaron con cinta aislante (Oyuela, 2010).

Para reforzar la hermeticidad de los biodigestores, se puso silicona en los bordes de la salida de abono líquido y biogás (Carhuancho, 2012). Asimismo, la tapa del biodigestor fue asegurada con abrazaderas.

11.3. Fotografías de la preparación del experimento











11.4. Resultados de los análisis de laboratorio



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 : VANIA PACHAS YARLEQUE
 PROCEDENCIA : LIMA/ CAÑETE/ SAN ANTONIO
 MUESTRA DE : ABONO LIQUIDO
 REFERENCIA : H.R. 63123
 BOLETA : 1449
 FECHA : 26/04/18

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	T1	3.52	6.55	54.00	45.74	981.33	26.26	2550.00
290	T2	3.81	9.25	65.91	54.53	1414.00	32.95	3016.67

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
289	T1	287.50	150.00	361.25
290	T2	481.67	231.67	506.67



Dr. Sady Garcia Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 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 : VANIA PACHAS YARLEQUE
 PROCEDENCIA : LIMA/ CAÑETE/ SAN ANTONIO
 MUESTRA DE : ABONO LIQUIDO
 REFERENCIA : H.R. 63123
 BOLETA : 1449
 FECHA : 26/04/18

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
291	T3	4.01	11.10	1049.91	690.22	18408.72	995.30	34351.20
292	T4	4.40	9.40	1239.75	705.20	18040.50	966.15	33054.30

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
291	T3	13458.62	3373.46	3699.36
292	T4	12149.55	3120.75	2736.00


 Dr. Sady García Bendezu
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telef.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 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 : VANIA PACHAS YARLEQUE
 PROCEDENCIA : LIMA
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 64703
 BOLETA : 1835
 FECHA : 04/09/18

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
701	T1R1	3.20	6.58	41.84	34.89	1120.00	343.43	1630.00
702	T1R2	3.12	6.20	33.93	28.60	1057.00	358.59	1862.50
703	T1R3	3.65	7.81	42.11	33.93	1225.00	352.90	2285.00
704	T2R1	4.19	11.90	37.24	24.80	1421.00	494.95	2850.00
705	T2R2	4.33	12.50	39.70	28.09	1435.00	394.57	2845.00
706	T2R3	4.28	12.50	37.14	24.33	1477.00	523.36	2550.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
701	T1R1	157.00	132.50	322.50
702	T1R2	161.75	155.00	362.50
703	T1R3	160.00	157.50	355.00
704	T2R1	472.50	320.00	485.00
705	T2R2	482.50	332.50	507.50
706	T2R3	527.50	357.50	497.50



Dr. Stacy García Bendezo
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 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 : VANIA PACHAS YARLEQUE
 PROCEDENCIA : LIMA
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 64703
 BOLETA : 1835
 FECHA : 04/09/18

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
707	T3R1	4.03	15.70	51.24	34.69	1757.00	661.62	3025.00
708	T3R2	4.62	15.50	43.86	26.89	1673.00	669.19	2957.50
709	T3R3	4.63	16.30	42.86	25.40	1638.00	718.43	3142.50
710	T4R1	4.76	16.20	58.81	37.80	2450.00	837.75	3192.50
711	T4R2	4.76	16.80	58.00	37.63	2233.00	411.62	2962.50
712	T4R3	4.64	17.50	61.69	39.37	2205.00	786.62	2850.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
707	T3R1	915.00	475.00	542.50
708	T3R2	915.00	422.50	447.50
709	T3R3	950.00	492.50	502.50
710	T4R1	1347.50	622.50	505.00
711	T4R2	1195.00	550.00	472.50
712	T4R3	1327.50	612.50	505.00



Dr. Sady García Bendejón
Jefe de Laboratorio

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