



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES (N, P, K) DE UN
FERTILIZANTE ORGÁNICO TIPO BIOL
PROVENIENTE DE EXCRETAS DE CERDO,
TENGUEL- GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR
ARMIJOS LEÓN JOSÉ ADRIAN**

**TUTOR
ING. JUAN JAVIER MARTILLO GARCÍA, MSc.**

GUAYAQUIL- ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. JUAN JAVIER MARTILLO GARCIA**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES (N, P, K) DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO TIPO BIOL PROVENIENTE DE EXCRETAS DE CERDO, TENGUEL- GUAYAQUIL”**, realizado por el estudiante **ARMIJOS LEÓN JOSÉ ADRIAN**; con cédula de identidad N° **0927344952** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Juan Javier Martillo García, MSc.

Guayaquil, 08 de Junio del 2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES (N, P, K) DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO TIPO BIOL PROVENIENTE DE EXCRETAS DE CERDO, TENGUEL- GUAYAQUIL”** realizado por el estudiante **ARMIJOS LEÓN JOSÉ ADRIAN**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Tany Burgos Herrería
PRESIDENTE

Ing. Fanny Rodríguez Jarama
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Simon Farah Asang
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Juan Martillo García
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 01 de Junio del 2023

Dedicatoria

A las personas que hicieron posible este trabajo de investigación, mi madre, padre que falleció hace dos años y para mi hijo.

Agradecimiento

Agradezco principalmente al señor Jesús y su madre María protectora, y a mi familia. Quienes con mucho ímpetu pudieron permitirme terminar mis estudios y conseguir este logro que será de suma importancia profesional para mí y los antes mencionados.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **ARMIJOS LEÓN JOSÉ ADRIAN**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES (N, P, K) DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO TIPO BIOL PROVENIENTE DE EXCRETAS DE CERDO, TENGUEL- GUAYAQUIL”** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 08 de junio del 2023

ARMIJOS LEÓN JOSÉ ADRIAN

C.I. 0927344952

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de autoría intelectual.....	6
Índice general	7
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	13
Resumen	16
Abstract	17
1. Introducción	18
1.1 Antecedentes del problema	18
1.2 Planteamiento y formulación del problema	20
1.2.1 Planteamiento del problema.	20
1.2.2 Formulación del problema	22
1.3 Justificación de la investigación	22
1.4 Delimitación de la investigación	24
1.5 Objetivo general	25
1.6 Objetivos específicos	25
1.7 Hipótesis	25
2. Marco teórico	26

2.1 Estado del arte	26
2.2 Bases teóricas	31
2.2.1 Digestión anaeróbica	31
2.2.2 Etapa Hidrolítica, Acidogénica, Acetogénica y Metanogénica	31
2.2.3 Biol.....	32
2.2.4 pH según su proceso.....	32
2.2.5 Bioabonos.....	33
2.2.6 Biodigestor.....	33
2.2.7 Microbiota presente en la excreta porcina	34
2.2.8 Relación carbono-nitrogeno.....	34
2.2.9 Biogás.....	35
2.2.10 Materia prima.....	36
2.2.11 Bioelementos	36
2.2.12 Purín de ortiga (Urtica Urens).....	36
2.2.13 Conductividad eléctrica.....	37
2.2.14 Espectrometría de absorción atómica	37
2.3 Marco legal	37
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).	37
2.3.2 Declaración de Río Janeiro de 1992.....	38
2.3.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y aprovechamiento del Agua. (2014). TITULO I. Disposiciones Preliminares. Capítulo 1	39
2.3.4 Código Orgánico Ambiental (2017)	40
3. Materiales y métodos	41
3.1 Enfoque de la investigación	41
3.1.1 Tipo de investigación.	41

3.1.1.1. Investigación descriptiva	41
3.1.1.2. Investigación experimental	41
3.1.2 Diseño de investigación	41
3.2 Metodología	42
3.2.1 Variables	42
3.2.1.1. Variable independiente	42
3.2.1.2. Variable dependiente	42
3.2.2 Tratamientos	42
3.2.3 Diseño experimental	43
3.2.4 Recolección de datos	44
3.2.4.1. Recursos	44
3.2.4.2. Materiales para el diseño	45
3.2.4.3. Métodos y técnicas	46
3.2.4.3.1. Macro elementos primarios (N, P, K)	46
3.2.4.3.2. Otros parámetros:	49
3.2.4.3.3. Parámetros organolépticos:	50
3.2.5 Análisis estadístico	51
3.2.5.1. Método de Normalidad y no Normalidad Estadístico	52
3.2.5.2. Método paramétrico de Tukey	52
3.2.5.3. Fórmula de grados de libertad	52
3.2.5.4. Suma de cuadrados (SC)	53
3.2.5.5. Cuadrados medios	54
3.2.5.6. Valor F calculada	55
3.2.5.7. Valor P	56
3.2.5.8. Método no Paramétrico Kruskal Wallis	56

4. Resultados.....	57
4.1 Cuantificación excretas de cerdo en Kg/día que se vierte a los canales de agua y pozos a descomponer mediante el registro de producción de valores57	
4.2 Detalle de los diferentes tratamientos de excretas de cerdo en la producción de fertilizante orgánico tipo biol, mediante un biodigestor anaeróbico	58
4.3 Comparación los bioelementos (biol) producidos mediante análisis químico de nutrientes en laboratorio acreditado por la SAE., para el cumplimiento de parámetros técnicos del registro de insumos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.....	64
4.3.1 Valores de pH de los tratamientos.....	64
4.3.2 Conductividad eléctrica (<i>usc</i> m)	65
4.3.3 Sólidos totales disueltos (ppm).....	66
4.3.4 Nitrógeno total (<i>MgKg</i>)	67
4.3.5 Fósforo total (<i>MgKg</i>).....	68
4.3.6 Potasio total (<i>MgKg</i>).....	69
4.3.7 Parámetros organolépticos	70
5. Discusión	71
6. Conclusiones.....	74
7. Recomendaciones	75
8. Bibliografía	76
9. Anexos	83

Índice de tablas

Tabla 1. Composición del biogás	29
Tabla 2. Microorganismos y sus temperaturas.....	30
Tabla 3. Tratamientos y descripción de cada uno de los tratamientos.....	43
Tabla 4. Análisis de los cuatro tratamientos.....	43
Tabla 5. Materiales para construcción del biodigestor anaeróbico.....	45
Tabla 6. Test ANOVA (Tukey) y su aplicabilidad.....	52
Tabla 7. Fórmulas que se implementarán en el cálculo de los Grados de Libertad	53
Tabla 8. Notación de las fórmulas de grados de libertad	53
Tabla 9. Fórmulas para cálculo de suma de cuadrados.....	53
Tabla 10. Descripción de los elementos de las fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados	54
Tabla 11. Fórmulas para calcular el cuadrado medio del bloque, tratamiento y error.....	54
Tabla 12. Notación descrita para reconocimiento de cuadrados medios	55
Tabla 13. Fórmulas para obtener la F calculada	55
Tabla 14. Términos de los factores (CMR, CMT y CME) para hallar F calculada	55
Tabla 15. Detalle de las proporciones en porcentajes de los tratamientos	58
Tabla 16. Detalles de los cuatro tratamientos	59
Tabla 17. Detalle del tratamiento (2)	60
Tabla 18. Detalle del tratamiento (3)	62
Tabla 19. Detalles del tratamiento (4)	63
Tabla 20. Características organolépticas de los bioles	70

Tabla 21. Registro promedio de valores de excretas producidas por cerdo/semanas.....	96
Tabla 22. Menciona valores de pH y se compara los tratamientos	97
Tabla 23. Detalle de los valores de conductividad eléctrica (Us/cm).....	98
Tabla 24. Sólidos totales disueltos (ppm).....	99
Tabla 25. Valores correspondientes de nitrógeno total (Mg/Kg).....	100
Tabla 26. Valores correspondientes al fósforo total (Mg/Kg)	101
Tabla 27. Valores correspondientes al potasio (Mg/Kg)	102

Índice de figuras

Figura 1. Análisis de producción de excretas	57
Figura 2. Proporción del tratamiento (2)	61
Figura 3. Composición del tratamiento (3)	62
Figura 4. Estructura del tratamiento (4).....	64
Figura 5. Valores de pH de todos los tratamientos.....	65
Figura 6. Conductividad eléctrica (Us/cm)	66
Figura 7. Sólidos totales disueltos (ppm)	67
Figura 8. Nitrógeno total.....	68
Figura 9. Fósforo total	69
Figura 10. Potasio Mg/Kg	70
Figura 11. Biodigestor de cúpula fija. 1. Ifluente 2.camara de gas 3.digestato 4.biol 5.Gas filtrado.....	83
Figura 12. Biodigestor tubular de membrana de PVC	83
Figura 13. Proceso de identificación de macro y micro elementos por el proceso de absorción atómica de haz simple	83
Figura 14. Esquema de un equipo de absorción atómica de haz simple. 1. Fuente de radiación, 2.Llama de quemador, 3.Monocromador, 4.Detector	84
Figura 15. Sensor Gris (Mide TDS, T° y EC), Sensor	84
Figura 16. Técnica DBCA para análisis de tratamientos homogéneos	85
Figura 17. Escala de intensidad de olores	85
Figura 18. Mapa de ubicación del recinto San Francisco-Tenguel.....	86
Figura 19. Tanque de 55 galones que servirá de reservorio	87
Figura 20. Dimensiones del digestor de 55 galones.....	87

Figura 21. Etapas de la producción para obtener fertilizante orgánico del tipo biol	88
Figura 22. Realizando orificios de media pulgada para.....	88
Figura 23. Acople de neplós y tapones para la parte superior del Biodigestor	89
Figura 24. Adaptando el medidor de presión para el control.....	89
Figura 25. Biodigestor terminado para la biodigestión	90
Figura 26. Recolección de excretas en libras por cerdo de.....	90
Figura 27. Recolección de excretas en libras al día por cerdo de 4 meses	91
Figura 28. Recolección de excretas en libras por cerdo de 6 meses	91
Figura 29. Sistema de deposición de las excretas porcinas.....	92
Figura 30. Estructura del tratamiento base (Testigo)	92
Figura 31. Peso de ortiga (<i>Urtica urens</i>) en Kg, para	93
Figura 32. Elaboración de purín de ortiga (<i>Urtica urens</i>).....	93
Figura 33. Frasco vacío que se utilizó para pesar Levadura	94
Figura 34. Peso de la levadura 30 g.....	94
Figura 35. Valores declarables por el registro de insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador para (N, P, K)	95
Figura 36. Fertilizante orgánico hecho por Agripac	95
Figura 37. Test de No-normalidad para valores de cuantificación de excretas	96
Figura 38. Análisis estadístico que demuestra la variación en la producción de excretas.....	96
Figura 39. Test de No-normalidad para valores pH.....	97
Figura 40. Análisis estadístico Kruskal Wallis que estableció variaciones de pH en los distintos tratamientos.....	97
Figura 41. Test de Normalidad para valores de conductividad eléctrica	98

Figura 42. Análisis estadístico que midió variaciones de conductividad eléctrica entre todos los tratamientos	98
Figura 43. Test de normalidad para valores de sólidos totales disueltos	99
Figura 44. Análisis estadístico que estableció variaciones en los tratamientos para parámetros de sólidos totales disueltos	99
Figura 45. Test de No-normalidad para análisis de nitrógeno total	100
Figura 46. Análisis Kruskal Wallis midió variaciones de nitrógeno total en todos los tratamientos	100
Figura 47. Test de No-normalidad para el análisis de fósforo total	101
Figura 48. Análisis de Kruskal Wallis identificó las variaciones entre los tratamientos en parámetros de fósforo total.....	101
Figura 49. Test de normalidad para análisis de potasio	102
Figura 50. Análisis estadístico que determinó variaciones entre tratamientos en parámetro potasio	102

Resumen

La presente investigación describe el tratamiento de excretas de cerdo, su recolección para prever que estos causen problemas al ambiente y produzcan deposición, se utilizaron biodigestores tipo Bach, previamente esterilizados para su tratamiento. Estos problemas son comunes en zonas rurales, donde los servicios básicos son escasos, y más aún cuando se tienen cerdos por intereses económicos principalmente para la venta de su carne. Se implementaron cuatro tratamientos; testigo (T1), Tratamiento dos (T2), Tratamiento tres (T3), y Tratamiento cuatro (T4). Estos tratamientos utilizaron el Tratamiento base (T0) y los demás tratamientos difieren en sus composiciones. Este trabajo de pregrado cuyo objetivo principal fue la de producir fertilizante tipo biol con parámetro (N, P, K, pH, Conductividad Eléctrica y TDS), que cumplan con los estándares mínimos establecido por el registro del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Fue necesario realizar exámenes de laboratorio para todos los tratamientos, según los resultados estadísticos de los exámenes de laboratorio que demoraron 12 días, se evaluó cada tratamiento con el apoyo del registro de insumos Ministerio de Agricultura y ganadería del Ecuador (mínimo 3%). Siendo la comparativa que para N (0.4%), P (0.00042%), K (0.00047%) no cumplan con el porcentaje mínimo. Y para pH sus mejores tratamientos fueron el Testigo, y T1. Para Conductividad eléctrica sus mejores tratamientos fueron los mismos que pH y TDS.

Palabras Claves: Biodigestor, biol, descomposición, excretas, y tratamiento.

Abstract

The present research describes the treatment of pig excretes, their collection to predict that these cause problems to the environment and produce deposition, and used Bach-type biodigestors, previously sterilized for their treatment. These problems are common in rural areas, where basic services are scarce, and even more when pigs are held for economic interests primarily for the sale of their meat. Four treatments were implemented; witness (T1), treatment two (T2), treatment three (T3), and treatment fourth (T4). These treatments used the Base Treatment (T0) and the other treatments differ in their compositions. This undergraduate work whose main objective was to produce biol type fertilizer with parameters (N, P, K, pH, Electrical Conductivity and TDS), which meet the minimum standards established by the registration of the Ministry of Agriculture and Livestock of Ecuador. It was necessary to carry out laboratory tests for all treatments, according to the statistical results of the laboratory examinations that took 12 days, each treatment was evaluated with the support of the entry registration of the Ministry of Agriculture and Livestock of Ecuador (minimum 3%). Being the comparative that for N(0.4%), P (0.00042%), K (0.00047%) does not meet the minimum percentage. And for pH his best treatments were the Testigo, and T1. For electrical conductivity his best treatments were the same as pH and TDS.

Keywords: Biodigestor, biol, descomposition, excrement, treatment.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019) afirma “Que 297 000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por las malas condiciones sanitarias o agua no potable”.

Delgado (2018) menciona “En países como china e India en zonas rurales e incluso en la ciudad, ocurre en países africanos además donde no poseen de los servicios básicos e higiénicos” (p.14-20).

Botero (2018) menciona que existe una gran problemática en las fincas Colombianas ya que los gases que se producen en sus haciendas ganaderas han sido responsables de algunos de los gases de efecto invernadero con mayor potencial de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP), con equivalentes en CO_2 en el ámbito mundial. Entre esos gases se encuentran el metano (CH_4) proveniente de la fermentación entérica de rumiantes con 23 veces GWP; óxido nitroso (NO_2) proveniente del estiércol con 296 veces GWP y el amoníaco (NH_3) gran contribuyente a la acidificación de la lluvia y los ecosistemas (p.2-3).

La disponibilidad de nutrientes que poseen las excretas de animales, las cuales no son completamente digeridas. La realidad rural de Perú crea la inquietud de aprovechar una de las principales actividades económicas de este grupo demográfico, la crianza de porcinos para engorda y el aprovechamiento de la carne. El desecho más abundante generado por los animales utilizados en esta actividad son las heces (materia fecal) (Cabos y Barrena, 2019). Cumple un papel fundamental la utilización de la biomasa, como materia prima; desde el punto de vista medioambiental, social y económico y al mismo tiempo para elaborar fertilizantes orgánicos, y así aumentar la rentabilidad al sistema.

Producto de la cría de cerdos, se generan grandes volúmenes de desechos orgánicos, constituidos por la mezcla de excretas con residuos de comida y el agua de la limpieza. Ramos y Arias (2021) afirman que en Cuba la

producción de cerdos sin lugar a dudas favorece el desarrollo económico del país, pero puede tener efectos negativos en términos ambientales, ya que muchas de estas granjas no cuentan con sistemas eficientes para el tratamiento de los residuales que se generan. Para ello es importante tener en cuenta que reducir la carga contaminante, mejorará las propiedades de los recursos naturales (agua, suelo y aire).

En el Ecuador el crecimiento poblacional y su establecimiento desordenado en el territorio nacional ha conllevado al deterioro acelerado del ambiente, la contaminación del agua de canales y pozos de agua subterránea, y el suelo por materia orgánica con alto grado de carga biológica, es una realidad que se evidencia actualmente a nivel costero, más común en los sectores rurales (36% disponibilidad de agua) y 94% de disponibilidad en el sector urbano (Otaneda, 2019,p.1-3).

Garrido y Martinez (2018) menciona que con el fin de mejorar la problemática ambiental existente en San Francisco de Tenguel; se plantea analizar qué tan eficiente es producir biol en un biodigestor de flujo discontinuo (bach), mediante la técnica de comparación anaeróbica de sus subproductos, y así procesar la materia orgánica que se producen a diario y evitar así la contaminación desde su capa freática hacia la superficie, su parte superficial en sus dimensiones conecta con canales adyacentes, y por lo tanto el presente trabajo propone determinar las cantidades de estiércol porcino, que se vierte a los canales de agua, mediante muestreo y la elaboración de biofertilizante con el biodigestor, contribuyendo al buen vivir de los habitantes de la zona (p.3).

Hoy en día el aumento de la población y la mala gestión de desechos en el sector agrícola y agropecuario, influye de manera directa en la contaminación del agua, debido a que no existe el sistema de desagüe y deposición. No se le da ningún tipo de tratamiento siendo estos arrojados a los canales de agua en algunos casos incrementando los niveles de contaminación y afectando a los riachuelos donde desembocan estos cuerpos de agua a efluentes más grandes. Al descomponerse estos desechos generan efectos negativos al ambiente y la necesidad de reciclar las excretas del cerdo en sus diferentes etapas y de prevenir que todos estos componentes que se producen en el hogar y el rechazo de las cosechas se acumulen y se proliferen. Un diseño eficiente, sostenible y de bajo costo es de mucha importancia pues contribuye al mejoramiento de las condiciones de vida dejando grandes bondades al medio ambiente. El área de estudio donde se desarrollará el presente proyecto tiene lugar en una zona rural ubicado a 150 km al sureste del cantón Guayaquil a orillas del río de su mismo nombre. Es la parroquia de mayor desarrollo agropecuario del cantón Guayaquil, siendo el banano su principal producción junto al cacao, naranjas, y plátano verde, que representan la riqueza de esta parroquia. Las aguas residuales de la zona de estudio al provenir de las

emitidas por los hogares también las excretas de cerdo, y vacuno, juegan un papel determinante en las variables ecosistémicas del medio (Mora, 2017, p.3)

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema.

En el recinto San Francisco, el problema creado por arrojar los desechos que son producto de las actividades agrícolas como son; los residuos de las heces fecales de cerdo en este caso: lechones (cerdos pequeños) el mismo que es arrojado a los canales y pozos de agua, a desaparecerse en un periodo de tiempo corto o largo, esto genera algún tipo de vulnerabilidad (a la salud, al ambiente, a la economía y a la sociedad). Brandon, (2019) indica que estos se acumulan y se convierten en focos infecciosos. Verter diariamente las excretas de cerdos y otros tipos de desechos a canales y este debido a su desplazamiento a pozos de agua, ubicados dentro del área de la finca, acumula y baja la calidad del agua, suelo, y genera olores desagradables que se perciben en un radio de 100 metros. Debido a que la comunidad del recinto carece de orientación y por ende de recursos principalmente económicos, el cual les permita estar bien formados con una base que les servirá para su buen porvenir. Sumado a esto factores climáticos, lluvias frecuentes y esporádicas, el flujo de los contaminantes se propagan por sectores aledaños, ocasionándose un problema a un más severo.

Existe una problemática grande en la mayoría de las fincas del recinto San Francisco que tienen criaderos de lechones, carecen de servicios básicos como el alcantarillado principalmente, y el aumento de su población rural y con ello la generación de desechos de origen animal, son sacados de los chiqueros cuando se realiza su limpieza y son desplazados por un sistema de tuberías de PVC a canales donde se estancan y a pozos cercanos cuyas aguas sirven para riego y cuya dispersión alcanza a canales vecindarios generando así una gran contaminación, proliferación de vectores (roedores, insectos, micro y macro organismos), malos olores y enfermedades, cuando empiezan a descomponerse, en este caso debido a su carga patógena como bacterias (E.coli, listeria, salmonella, costridium) (Delgado, 2018, p.14-20).

Estudios demuestran que las cantidades de gases de origen porcino (Dioxido de carbono) anualmente representan una cantidad de 668 toneladas descarga en aire. Cecilia (2022) indica que uno de los gases más potentes, es producido durante el manejo aeróbico del estiércol. Así mismo, la ganadería aporta el 68% de las emisiones por NH_3 derivado del mal manejo del estiércol y su aplicación en la agricultura. Además mediante análisis las excretas porcinas contienen nutrientes pero también contienen efectos negativos como la carga de patógenos tanto en sus heces como en la orina y el espacio en donde estos se depositan.

Cuando se realizan las cosechas por semana (época de lluvias) o cada 15 días (época de sequías); los desechos que la actividad agrícola representa en términos específicos no son de gran problema ya que las cascarras y bagazo de algunos frutos son devueltos al suelo sirviendo de abono para las mismas plantas de la finca. El problema es cuando estos residuos provenientes de fuentes primarias son echados a los canales y pozos a descomponerse. Mora (2017) refiere que él no clasificar los residuos se descompondrían en sustancias perjudiciales para las personas que se abastecen del líquido vital, a pesar de tener potabilidad de agua. Es una opción aprovechar esta materia para generar biol. Se necesita comparar los subproductos macro elementales, entre excretas ya que no todas poseen las mismas propiedades y aprovechar sus beneficios.

El manejo indebido de las excretas de cerdo entre sus componentes residuales más conocidos que se producen son; N, P, K y minerales más pequeños como el Mg y el Zn. Moreno (2019) menciona que la generación de amoníaco provoca irritación tanto para las personas como para los animales, por lo que tiende a producir malestar principalmente en los cerdos; el amoníaco proviene del nitrógeno excretado principalmente en la orina el 85% y en las heces el 15%. Lo

que significaría que un excesivo porcentaje de nitrógeno eleva el amoniaco e inhibe el crecimiento bacteriano además estos gases residuales se disipan en el ambiente causando un impacto negativo en las zonas más cercanas a su establecimiento y contaminando no solo los recursos naturales más importantes como aire, agua y suelo, sino que provocan su acumulación por muchos años.

1.2.2 Formulación del problema

¿Qué tan eficiente son las excretas de cerdo para producir fertilizante de tipo Biol en un biodigestor anaeróbico?

1.3 Justificación de la investigación

Conocer la importancia de procesar las excretas de cerdo en el diseño del biodigestor anaerobio que se encuentra montado teniendo en cuenta la construcción únicamente de una unidad, de tipo batch (discontinuo), dentro del área de estudio, de forma que se ubique estratégicamente dentro del proyecto, para que la comunidad que habite en la zona del recinto, conozca de este proyecto y sepa que existe facilidad de implementar esta técnica y aprovecharla en todas sus formas, sea para producir bioabono (líquido y sólido), gas de uso doméstico (CH_4) o incluso electricidad. En la finca de la Sra. Lugarda Floril, para producir biol; el cual sirve para obtener macroelementos primarios ricos en fósforo, nitrógeno, y potasio, entre otros nutrientes, que enriquecen los sembríos. Esto facilitaría tranquilidad ya que no depender de otros fertilizantes; tóxicos y peligrosos es disfrutar de los beneficios que trae el aprovechar la descomposición de las excretas de cerdo (Zamora y Rendón, 2021, p.1-15).

Por esto dar prioridad al tratamiento de los residuos tanto sólidos como líquidos de fuentes de contaminación por descargas de aguas residuales provenientes de las actividades de criar puercos en todas sus escalas, en cuerpos de agua como canales, esteros y ríos del sector. Este tipo de contaminación se da sobre todo en zonas rurales (parroquia San Francisco-Tenguel) donde no cuentan con un completo sistema de saneamiento de desechos y no reciben atención por parte de la entidad competente. Holguin y Gonzalez (2019) refiere que por otra parte una de las alternativas tecnológicas para el correcto manejo de aguas residuales que da importante desarrollo en las últimas décadas ha sido: implementar tratamientos

biológicos en ambientes anaerobios. El éxito en la aplicabilidad de esta tecnología ha evidenciado experiencias significativas en el tratamiento de efluentes domésticos (pequeña escala) e industriales (a gran escala), destacando la efectividad del digester anaerobio de flujo estacionario (batch) o discontinuo, cuyo principio activo es la reducción de la carga contaminante, del estiércol de cerdo por la acción de la biomasa microbiana que esta última depende de ciertos factores como; cantidad de animales, tipo de explotación, tipo de alimento utilizado, clima y sistema de limpieza, deficiencias en la capacitación y concientización ambiental, entre otro.

El objetivo de utilizar un biodigester es la de lograr conseguir los nutrimentos bio-beneficiosos, pero esto depende de la cantidad de excretas, volumen/día que almacena. Carvajal (2018) enseña que por lo antes mencionado, los cerdos no utilizan el 100% de los nutrimentos digeridos y cuya investigación se enmarque en la utilización de un sistema cuyo digester con bacterias anaeróbicas, levaduras y otros aditivos ricos en elementos orgánicos (melaza, aserrín, ceniza y purín de ortiga), produzcan; abono para las plantas. Por ejemplo una tonelada métrica de materia seca de cáscara de cacao por ejemplo; puede aportar 12 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo (P_2O_5), 42 kg de potasio (K_2O), 4.2 kg de Calcio (CaO) y 4.2 kg de Magnesio (MgO).

El proyecto consta de diferentes componentes en donde se destaca la idea de ordenamiento territorial y el tratamiento de los recursos primarios, la sustitución de energías que contaminan, como las bombas de fumigaciones para la aplicación de herbicidas que funcionan a base de combustibles fósiles, por las que se puedan implementar en las distintas parcelas, ya que esta es por técnica de aplicación directa al suelo sin necesidad de motores a bomba, así mismo de la

aplicación e integración a la economía circular, y por último la concienciación, con el fin de que los residuos sólidos y líquidos orgánicos que se generen sean incluidos dentro de un nuevo proceso, el cual genere subproductos y este sea de beneficio para los miembros del hogar y porque no de la sociedad (Berdolini y Chomicki, 2018).

Debido a que las aguas residuales de cerdos poseen altas cantidades de nitrógeno amoniacal no deberían ser aplicados al suelo como biofertilizantes para ello es necesario tratarlas. Baras y Rosales (2021) ratifican que la justificación ambiental, como las excretas porcinas son unos de los residuos difíciles en descomposición y el manejo es inadecuado en la Zona rural, el trabajo de investigación contribuirá en la reducción del impacto ambiental disminuyendo la contaminación del suelo, agua y aire, así mismo contribuir al manejo responsable de los residuos de porcinos. Vale indicar que bioelementos y el nitrógeno amoniacal (sin exceso), macro y micronutrientes, son necesarios en el crecimiento de microorganismos anaerobios.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Recinto San Francisco, parroquia Tenguel, cantón Guayaquil, Guayas, Ecuador. Dentro de una hacienda. (figura 18).
- **Tiempo:** Tendrá una duración de 120 días (cuatro meses) entre el total de las muestras; T1+T2+T3+T4; como se indica en el cronograma de actividades.
- **Población:** Favorece a la Finca, perteneciente a: Sra. Lugarda Floril.

1.5 Objetivo general

Analizar el porcentaje de macronutrientes (N, P, K) de un fertilizante orgánico tipo biol proveniente de excretas de cerdos en un biodigestor anaeróbico mediante análisis fisicoquímico de laboratorio para el cumplimiento de la normativa vigente.

1.6 Objetivos específicos

- Cuantificar excretas de cerdo en Kg/día que se vierte a los canales de agua y pozos a descomponer mediante el registro de producción de valores.
- Detallar los diferentes tratamientos de excretas de cerdo en la producción de fertilizante orgánico tipo Biol, mediante un biodigestor anaeróbico.
- Comparar los bioelementos (biol) producidos mediante análisis químico de nutrientes en laboratorio acreditado por la SAE., para el cumplimiento de parámetros técnicos con otro biol existente y del registro de insumos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

1.7 Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos de la elaboración de fertilizante tipo Biol en la finca Lugarda Florida del recinto San Francisco parroquia Tenguel, cumplirá con parámetros técnicos del registro de insumos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Oechsner (2021) menciona “En términos generales las fases del proceso de aprovechar los desechos de origen porcino” (p.1-15). Se dividen en:

- Manejo de sustrato;
 - Almacenamiento del digerido, tratamiento; y
 - Esparcido en el campo como abono rico en nutrientes
-
- Manejo de sustrato

Tradicionalmente la autoridad busca controlar la *Escherichia coli* como indicador de materia fecal para la ingesta de calidad de agua, pero concurrentemente existen otras variables biológicas, tales como la presencia de otro parásito (huevos de Helminto), estos son considerados indicadores importantes para establecer la calidad de diferentes tipos de aguas residuales. En efecto, la Organización mundial de la salud (OMS) sugiere la necesidad de estudiar epidemiológicamente la asociación de la salud de las personas con tipos de prácticas agrícolas (Pérez y Cañon, 2012, p. 249-253).

Para pequeños y medianos agricultores, quienes no alcanzan a cubrir los costos que demandan el uso de agroquímicos, el uso de tecnologías limpias y amigables con el ambiente como el compostaje con biodigestores, es una opción muy importante. Sin embargo, el proceso de compostaje genera un líquido denominado lixiviado, el cual se desprende de la pila de la composta expuesta al agua. Los lixiviados de compostas han sido poco estudiados en cuanto a su composición y utilidad. Aunque Cruz (2019) plantea que el lixiviado emanado del compostaje de excretas porcinas favorece la nutrición y sanidad de las plantas y provee un valor ecológico y económico. En este sentido, investigaciones realizadas en los Estados Unidos, Alemania y Japón, utilizando diferentes lixiviados de compost, han demostrado su potencial en la protección de cultivos para un amplio rango de enfermedades, como es el tizón de la papa o tomate, el mildiu polvoso y el *Fusarium* en manzano. De esta forma se controlan y se

favorece los suelos fertilizándolo con nutrientes que la microbiota a digerido y producido y estos con una población sobreviviente aportarán a la rizosfera vitaminas, minerales, carbohidratos y aminoácidos.

La densidad de la porquinaza fresca es ligeramente menor de 1.0 kg/l, aunque son comunes las referencias de valores ligeramente superiores a esta cifra. El total de los sólidos tiene una densidad baja, de 0.84 kg/l. La porquinaza tiene sólidos que flotan, otros se sedimentan y algunos están en suspensión. Vera (2014) y Árevalo (2020) indican “Que debido a que el estiércol tarda años en descomponerse por métodos que además no permiten aprovechar sus nutrientes se sedimentan provocando lagunas, este efecto es conocido como deposición”. Diariamente se producen 0.25 kg. de demanda biológica de oxígeno (DBO), y 0.75 kg. de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de peso vivo de excreta.

- Almacenamiento de lo digerido y su tratamiento

Existen diferentes tipos de biodigestores, por ejemplo: a) biodigestores de primera generación cuyo sistema de funcionamiento se basa en lagunas aeróbicas; b) Biodigestores de segunda generación cuyo sistema de funcionamiento se dividen en biodigestores anaeróbicos de flujo ascendente, biodigestores anaeróbicos de flujo descendente y digestor continuo de tanque agitado; y c) Biodigestor de tercera generación cuyo sistema de funcionamiento se basa en lecho expandido de lodos granulados. Según el proceso del biodigestor se clasifica en: a) Continuo b) semicontinuo y c) discontinuo. Los biodigestores de flujo de proceso continuo constan de un tanque de postdigestión en el cual se depositan los lodos residuales cuya función permitirá obtener la misma cantidad en lodo que de la materia orgánica ingresada, así se mantiene

constante el biodigestor. (Delgado, 2018) El tanque se mantiene sellado para evitar fugas de gases y así aprovechar al máximo el biol que pueda producirse, es ideal para zonas ganaderas.

Entre los resultados relevantes del tratamiento de las excretas de cerdo están; fertilizador de follaje orgánico, control de plagas, mejorador de suelos, y lombricultura de hongo. Oechsner (2021) menciona que existe la posibilidad de construir el digestor de caudal continuo bajo condiciones netamente ambientales (subproductos de egreso iguales a los subproductos de ingreso), obteniendo energía, calor y fertilizantes orgánicos. Los subproductos que se obtienen (fertilizantes) el cual deben aprovecharse debido a las ventajas de esta tecnología. Datos sobresalientes sobre la composición del biogás, en cuanto a su producción por un biodigestor anaerobio de cúpula fija se muestran en la (figura 11 y 12) (tabla 1).

Con la necesidad de obtener un biol el cual pueda generar propiedades aptas para su aplicación en los cultivos, por ello el tiempo de retención juega un papel primordial a mayor tiempo es mejor la calidad del producto fertilizante. El Biol es un abono foliar orgánico, valioso para los pequeños productores agrícolas, en especial para aquellos cuyos terrenos son de media a baja fertilidad, el uso del biol se constituye en un complemento importante al abonamiento del suelo para la obtención de mejores rendimientos, pues su uso aporta no solo los macro y micronutrientes para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas sino que son fuentes naturales de fitohormonas, entre otras, haciendo de la fertilización una práctica agrónomicamente estable, ecológicamente sostenible y económicamente rentable (Guzman 2014). El objetivo radica en utilizar el biol rico en macroelementos primarios (N, P, K) en terreno antes preparado, mediante

la comparación de tratamientos, y mediante la técnica de ferti-riego, intentando proporcionar a la planta los nutrimentos necesarios.

Tabla 1. Composición del biogás

Componentes	Formula Química	Porcentaje
Metano	CH_4	55-58
Dióxido de Carbono	CO_2	20-45
Hidrogeno	H_2	1
Nitrógeno	N_2	0.5
Monóxido de Carbono	CO	0.1
Oxigeno	O_2	0.1
Ácido Sulfhídrico	H_2S	0.1
Agua	H_2O	0.05

Gases presentes y sus porcentajes, durante las etapas de la digestión de la excreta porcina
Delgado, 2018

Los gases producto de la digestión de la materia prima el cual posterior a su acumulación se utilizará para proveer a una cocina industrial a gas, para ello se debe purificar el biogás y así tener un gas de alta calidad. Manuel (2018) afirma: Existen ciertos rangos de temperatura para que los microorganismos actúen y descompongan la materia prima en subproductos. Existen ciertos grados de temperatura al interior del biodigestor dentro del cual la digestión anaeróbica puede llevarse a cabo. Los rangos de temperaturas varían y los microorganismos también (tabla 2).

Tabla 2. Microorganismos y sus temperaturas

Microorganismos	Temperatura
Psicrófilos	< 30°C
Mesófilos	30-40 °C
Termófilos	50-60 °C

Microorganismos presentes según la temperatura en la descomposición de la excreta porcina
Delgado, 2018

- Esparcido en el campo como abono rico en nutrientes

Para poder contribuir al desarrollo económico, social, y ambiental del sector recinto San Francisco proyectándolo hacia el futuro y asegurar la buena calidad de los productos que se cosechan además de disminuir los perjuicios de la misma. La actividad agrícola es fundamental para el desarrollo de Ecuador, especialmente en el ámbito económico y de seguridad alimentaria. Con el propósito de fomentar el consumo de alimentos libres de químicos y aumentar la productividad, el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador promueve el uso de bio-insumos y de microorganismos como una alternativa para el control de hongos patógenos que causan pérdidas económicas en varios cultivos. (Gallegos y Acosta, 2022) hace mención a los residuos orgánicos, como restos de cosecha y excretas de animales de granja, constituyen la base para la elaboración de los bioinsumos.

Botero (2018) menciona “Que de esta manera, uno de los factores que más inciden en la eficiencia del proceso es el tipo, calidad y composición del sustrato medido principalmente por la relación carbono- nitrógeno C/N, el pH, TDS y su EC el cual según su resultado incide en la aplicación del fertilizante orgánico (biol)” (p.149).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Digestión anaeróbica

Es una técnica de descomposición bioquímica natural en la que los desechos orgánicos que normalmente se vierten en un sitio, ahora se pueden convertir en un producto útil (biogás y biomoléculas esenciales) sin presencia de oxígeno y sin impacto adverso en el medio ambiente. Este proceso se realiza secuencialmente en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Mogollón, 2022).

2.2.2 Etapa Hidrolítica, Acidogénica, Acetogénica y Metanogénica

Es la etapa en la que se descomponen algunos compuestos orgánicos solubles y compuestos más grandes mediante enzimas mediadoras que convierten a los lípidos, polisacáridos, proteínas, grasas y ácidos nucleicos en compuestos más simples permitiendo solubilizarse en el medio. Ravelo y Fuerte (2022) menciona las responsables de este proceso son las bacterias acido-acetogénicas facultativas y obligatorias. La etapa Acidogénica es aquella que luego de la síntesis de moléculas grandes a ácidos orgánicos de cadena corta como ácidos butanoico, ácido propanoico, ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono. La acetogénesis consiste en la transformación de aminoácidos y acidos en gas metano por arqueobacterias. Las bacterias metanogénicas son aquellas que degradan la materia orgánica en componentes orgánicos más pequeños como el gas metano que es un resultado de la síntesis de polímeros (figura 21).

2.2.3 Biol

En Ecuador se elaboran de forma artesanal, son también conocidos con el nombre de biofertilizantes ya que su proceso contiene diversos microorganismos vivos. Habla que a los bioles se les asocia con propiedades físico, químicas y biológicas, como; demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total y amoniacal, así como nutrientes que aportan al sistema planta sustrato dándole fertilidad y mantenimiento, soporte (salinidad, sequedad, acidez) y productividad al cultivo, mejorando la calidad de vida de los agricultores y la salud de las plantas. Por otra parte, los efectos sinérgicos de los microorganismos también conducen a la restauración de suelos contaminados por la agricultura intensiva (Zoosanitario, 2022).

2.2.4 pH según su proceso

El rango de pH ideal para el proceso de metalogénesis y ácido génesis en microorganismos son diferentes. Mata (2014) refiere que el valor de pH por debajo de lo aceptable, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que por encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre. En la metalogénesis su proceso es más eficiente con pH de 6.5 a 8.2 siendo el pH óptimo 7.0 y la actividad de la bacteria metanogénica decrece a un alto o bajo pH.

Aunque el pH fue cercano a 7.0, la producción de metano fue baja para todas las relaciones C/N, probablemente porque la alcalinidad no fue suficiente para amortiguar la producción de ácidos grasos volátiles, inhibiendo la actividad de los metanógenos. Además, el pH óptimo depende del tipo de sustrato, así como del tipo de microorganismos implicados en el proceso de digestión (Cerón y Rincón, 2019).

2.2.5 Bioabonos

Son productos que se obtienen luego de la descomposición de residuos orgánicos. Aguirre y Huerta (2018) dice que el uso y producción de abonos genera impactos positivos tanto para el ambiente como para la salud, mejora la calidad de la producción agrícola y disminuyen los costos y su uso es beneficioso de forma que ayuda al desarrollo de las comunidades rurales y mejora su calidad de vida. Ayuda a la fertilidad del suelo nutriéndolo física, química y biológicamente con bioelementos y ayudando a las plantas en su desarrollo y producción, también responde positivamente y activa los procesos de los micro y macro organismos.

2.2.6 Biodigestor

Productor de biol, a bajo costo a través de la fermentación de materia orgánica de origen vegetal o animal. Pinto y Raj (2018) menciona que generar y mejorar la calidad de vida de los agricultores, economía y asegura el medio ambiente sustentable, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero mediante un biodigestor, existen diferentes tipos de biodigestores; de pequeña capacidad como el Indu, el chino y el fabricado de polietileno tipo salchicha. Y de media y gran escala como el digestor de mezcla completa, el construido por capas o películas y el de flujo tapón y laguna cubierta.

Estos biodigestores permiten degradar las excretas de cerdo que se producen diariamente. Cruz y Gallegos (2021) refieren “Que es necesario hacerlo, debido al impacto negativo y perjudicial que genera a una población”. Para poder implementarlo es necesario tener un registro de valores de producción de excretas por cerdo/día, la edad del mismo y su alimentación.

2.2.7 Microbiota presente en la excreta porcina

Las excretas de cerdo contienen una gran cantidad significativa de compuestos bioquímicos aplicable incluso en la alimentación animal, las cuales facilitan su proliferación y mantenimiento debido a la alta carga de microorganismos. Entre los más comunes se encuentran diversas especies: Bacillus, Clostridium, Campylobacter, Escherichia, Enterococcus, Listeria, Salmonella, algunos hongos y levaduras, e incluso algunos virus. Se ha encontrado que la actividad porcina genera alrededor de 16000 toneladas diarias de estiércol y la mayoría son arrojadas a tierras de cultivo, cauces de ríos y drenajes municipales, lo que contribuye a la contaminación de acuíferos y otros recursos naturales. La única forma de proteger nuestro entorno es procesar la excreta ya que el estiércol de cerdo al poseer concentraciones altas de patógenos, constituye algo más grave como es el riesgo de desequilibrio biológico (Cajahuanca, 2022).

Procesos como la fermentación, acidificación y ensilaje, reducen la carga microbiana. El ensilaje es la fermentación láctica mediante anaerobiosis de la excreta porcina favorece las transformaciones bioquímicas para el aprovechamiento de los productos y se logra a través de la disminución del PH a 4.5 o 5.0 lo que limita la sobrevivencia de microorganismos competidores de bacterias ácido lácticas (Arteaga y Ruvalcaba, 2018).

2.2.8 Relación carbono-nitrogeno

La relación C/N es la variable más significativa en el proceso de DA, esta expresa las proporciones relativas de carbono y nitrógeno en la materia orgánica, generalmente se utiliza un analizador elemental para su medición y se consideran valores óptimos los del rango 16:1-25:1. (Tratamiento y calidad de los subproductos) Un incremento excesivo de la calidad de C/N

produce un consumo rápido del nitrógeno por parte de las bacterias, que al tratar de suplir el déficit de proteína en el sustrato, reduce la producción del biogás. Mientras que una excesiva disminución de calidad de C/N libera nitrógeno que se acumula en forma de amoníaco, lo que se produciría una acidificación produciéndose un ambiente tóxico para las bacterias (Botero, 2018).

2.2.9 Biogás

El biogás es una mezcla de gases que pueden obtenerse de material orgánico vegetal y animal en ausencia de oxígeno y lleva el nombre de digestión anaeróbica. Se puede obtener el biogás de diversas fuentes tales como; estiércoles, lodos de aguas residuales y otros desechos orgánicos húmedos.

Arellano y Dorado (2017) refiere que puede ser utilizado para la generación de electricidad y no solo para la generación de calor. Cuando se obtiene corriente, normalmente se produce calor en paralelo. Estos generadores de energía se denominan plantas de generación de energía y calor combinados y normalmente están equipados con un motor de cuatro tiempos o un motor diésel.

Según Martínez (2015) existen factores muy importantes para la obtención de biogás de origen animal, estos se caracterizan por efectuar procedimientos o procesos específicos y según su resultado darle utilidad. Este gas debe ser purificado para prevenir problemas a la salud y al medio ambiente. Entre las técnicas más llamativas están: purificación con agua (wáter scrubbing), la absorción por oscilación de presión y las tecnologías de membrana. Las impurezas contenidas en el biogás son: H_2O , polvo, CO_2 , siloxanos, hidrocarburos, NH_3 , O_2 /aire, Cl-, F-.

2.2.10 Materia prima

Las materias primas se adquieren primero por algún tipo de tratamiento o procesamiento; lo que les da características únicas y definitorias, bien sea para su uso o consumo. Bernal y Suárez (2018) se puede definir como el sustrato rico en nutrientes (nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro), se puede calcular otros tipos de parámetros el cual identifique su capacidad para reaccionar en el medio, como; Humedad, materia orgánica, relación C/N, Conductividad Eléctrica, PH, y su cantidad de bioelementos (TDS). La comisión de industrias agrícolas y alimentarias se encargan de su estudio sobre la condición del mismo.

2.2.11 Bioelementos

Se refiere al elemento nutricional que es de utilidad para la microbiota presente en la rizosfera. De esta forma se asegura que el digestato sea de aporte y sostenibilidad para el desarrollo de la vida del suelo, y así mismo para el desarrollo de las especies vegetales. Estos bioelementos (N, P y K) esenciales son utilizados por los microorganismos que no necesariamente metabolizan con presencia de oxígeno sino que también lo hacen de forma anaerobia sustancias macroesenciales como proteínas, lípidos, aminoácidos, etc. En la desnaturalización de las macrosustancias a microsustancias el material orgánico se separa y los lodos se precipitan al fondo del digestor. Estos últimos no se aprovechan y solo se valora la parte líquida que es la que contiene los nutrientes (Ferrera y Etchevers, 2001).

2.2.12 Purín de ortiga (Urtica Urens)

El uso de ciertos agroquímicos provoca resistencia en las plagas que se encuentran fijados en el suelo y planta. “El uso de este purín contribuye a la proliferación de microorganismos benéficos para la planta y el suelo, en el

Ecuador es inusual su uso ya que los agricultores no tienen mucha información sobre los beneficios de este purín” (Cunache, 2023). Es de conocer que la ortiga (*urtica urens*) causa problemas cuando se encuentra en su estado silvestre.

2.2.13 Conductividad eléctrica

Indica la manera en la que los nutrientes se van dispersando en un medio o sustrato. Vásquez (2023) y Mata (2014) indican “Que la conductividad eléctrica de la materia orgánica a tratar arroja resultados de salinidad; nitritos o nitratos, carbonatos, sulfitos y sulfatos, etc”. En un suelo agrícola en un área de estudio, reflejará el valor de materia orgánica, lo que propicia una menor o mayor actividad biológica, microbiana y disponibilidad de nutrimentos.

2.2.14 Espectrometría de absorción atómica

Esta metodología se basa en la propiedad que tienen los átomos de absorber radiación electromagnética a determinada longitud de onda. La configuración electrónica más estable de un átomo corresponde a la de menor contenido energético conocido como estado fundamental. Gallego y Morcillo (2015) nos enseñan si un átomo que se encuentra en un estado fundamental absorbe una determinada energía, éste experimenta una transición hacia un estado particular energético de mayor excitabilidad. Como este estado es inestable, el átomo regresa a su configuración inicial, emitiendo una energía la misma que se cuantifica.

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).

TÍTULO II. DERECHOS-Capítulo segundo. Derechos del buen vivir

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (p.13).

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no

contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (p.14).

Capítulo Cuarto

Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades

Art. 57.- Participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras (p. 28).

Capítulo séptimo

Derechos de la Naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (p.35).

Capítulo noveno

Art. 83.- Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (p.41).

TITULO VI. REGIMEN DE DESARROLLO. Capítulo Primero

Art. 275.- El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza (p.134).

Art. 278.- Producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental (p.135).

TITULO VII. REGIMEN DEL BUEN VIVIR. Capítulo Segundo. Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección Primera

Art. 395.- En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (p.188).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (p.188).

Sección Segunda

Art. 400.- Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país (p.190).

2.3.2 Declaración de Río Janeiro de 1992.

PRINCIPIO 4

A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

PRINCIPIO 7

Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación

del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.

PRINCIPIO 8

Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas.

PRINCIPIO 11

Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.

PRINCIPIO 25

La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.

2.3.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y aprovechamiento del

Agua. (2014). TITULO I. Disposiciones Preliminares. Capítulo 1

Art. 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución (p.13).

Art. 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;

e) El acceso al agua es un derecho humano; y

f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua

Capítulo II

Art. 16.- Objetivos del sistema nacional estratégico del agua. Son objetivos del sistema nacional estratégico del agua:

Generar mecanismos e instancias para coordinar la planificación y aplicación de la política pública de los recursos hídricos con los actores

sociales vinculados con el agua y los diferentes niveles del gobierno, para garantizar el buen vivir.

CAPITULO III. DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico; d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

2.3.4 Código Orgánico Ambiental (2017) .

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende: La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación.

3.1.1.1. *Investigación descriptiva*

El presente trabajo describe el objetivo que es la obtención de fertilizante tipo Biol rico en macronutrientes primarios (N, K, y P). Mediante la descomposición anaeróbica del estiércol porcino en cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), la cual luego de su tiempo de retención en el contenedor (biodigestor), se someterá a análisis experimental físico-químico para conocer los valores de cada macroelemento.

3.1.1.2. *Investigación experimental*

Todas las muestras de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) cumplido sus 60 días, de proceso de digestión de la excreta, se analizó mediante técnica de:

- Kjeldahl, Volumetría y gravimetría (N);
- Espectrofotometría UV (P);
- Espectrometría de absorción atómica (k);

3.1.2 Diseño de investigación

La presente investigación descriptiva y experimental; propone establecer del estiércol porcino obtener biol utilizando un medio anaerobio. Para su descomposición se pretende implementar un biodigestor de tipo batch el cual su material es plástico color blanco con una capacidad de 210 litros. De manera se necesita conocer los parámetros físico-químicos nutricionales para el suelo y sus propiedades organolépticas.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. *Variable independiente*

- Tiempo de Retención [*días*]
- pH; [1-14]
- Total Dissolved Solids o TDS (ppm);
- Conductividad Eléctrica o EC [$\frac{us}{cm}$], y
- Parámetros organolépticos (textura, color, y olor)

3.2.1.2. *Variable dependiente*

- Nitrógeno

Elemento químico de número atómico siete, incoloro, inodoro e insípido, que ocupa las cuatro quintas partes del aire de la corteza terrestre y que se usa en la fabricación de amoníaco, ácido nítrico, explosivos y fertilizantes. En el presente trabajo de investigación se medirá bajo las siguientes medidas: Mg/Kg

- Fósforo

Elemento químico de número atómico 15 de gran importancia en la biología y que se usa en la pirotecnia, fertilizantes agrícolas y detergentes. En el presente trabajo de investigación se medirá bajo las siguientes medidas: Mg/Kg

- Potasio

Elemento químico metálico, alcalino de número atómico 19, abundante en la corteza terrestre, se encuentra en forma de sales, minerales y en agua de mar.

3.2.2 Tratamientos

El tratamiento a utilizar en el digestor anaerobio bach (tanque de 55 galones color blanco cerrado, de PVC y esterilizado) para favorecer su desarrollo y descomposición, consiste en 4 tratamientos (tabla 3 y tabla 4):

Tabla 3. Tratamientos y descripción de cada uno de los tratamientos

Tratamientos (N°)	Descripción	Tiempo (días)
T1(testigo)	Estiércol porcino (55kg), más 9 L de agua por cada Kg de heces	120
T2	(T1) más ½kg de melaza en 4L de agua, y 2 lb de ceniza con aserrín	120
T3	(T1) más purín de ortiga (<i>Urtica urens</i>), preparado con 1000 gr de hojas y tallos de la misma en 9 L de agua	120
T4	(T1) más 35 g de levadura de cerveza (<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisae</i>)	120

Descripción de los tratamientos que se realizarán en el actual proyecto
Armijos, 2023

Tabla 4. Análisis de los cuatro tratamientos

Tratamientos	N	P	K
Mínimo declarable (T1, T2 y T3 y T4)	3%	3%	3%

Mediante estas variables medibles se logrará conocer si está apto o no el biol
Zoosanitario, 2022

Se compara los resultados de cada tratamiento con parámetros técnicos del
registro de insumos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del
Ecuador.

3.2.3 Diseño experimental

El método de diseño de bloques completo Azarizados o DBCA es muy sencillo
y dispone la formación de bloques (figura16), en cada uno de ellos van un
juego completo de tratamientos (del 1 al 3) y estos se formaran de forma

aleatoria. Esta técnica es muy utilizada en el campo experimental de la agronomía. Se justifica su utilidad cuando existe un efecto que pueda variar por alguna causa externa a uno de los tratamientos (humedad, luz, fertilidad, etc). Los tratamientos no deben ser mayores a las 10T ya que puede variar su homogeneidad y por ende irán al error experimental (Diener, 1974).

3.2.4 Recolección de datos

Se utiliza un tanque de 210 litros color blanco que servirá para tratar el estiércol porcino en una relación 1: 9 (uno de estiércol, nueve de agua), para el cual sus características permitirán reducir su carga orgánica mediante digestión anaerobia y producir biol por al menos 50 días (figura 19 y 20). El estilo de la digestión tendrá parámetros físicos-químicos y para su posterior o no utilidad y que facilite la fertilización y a la vez sirva para prevenir plagas, proliferación del mismo y su deposición.

3.2.4.1. Recursos

- **Materiales y herramientas**

Los materiales y herramientas de recolección son;

Información relacionada a la producción de biol en base a estiércol de cerdo

Para la construcción del biodigestor físico

Información para la relación del biol con el registro de fertilizante del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador.

- **Material experimental**

Estiércol porcino más agua en relación 1:9, ceniza y aserrín 2 Kg mezclado con 1kg de melaza en cinco litros de agua, purín de ortiga (*Urtica urens*), y levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

- **Recursos humanos**

Tesista, Tutor Ing. Juan Javier Murillo García, y la dueña de la finca la Sra. Alejandrina Floril.

- **Recursos económicos**

El presente trabajo fue financiado por recursos del tesista.

3.2.4.2. Materiales para el diseño

Tabla 5. Materiales para construcción del biodigestor anaeróbico

Material	Descripción	Cantidad
Tanque de PVC	210 L (blanco)	1
Taladro		1
Manguera transparente	½"	2 metros
Estilete	Grande	1
Sensor 3 en 1 de TDS, EC y T°	ppm, µS/cm y °C	1
Sensor de PH	0 a 14	1
Válvula de paso (esfera)	½"	3
Neplo	½"	5
Balanza	Lb, Kg	1
Embudo	½"	1
Pegamento 2 en 1	Seco/Humedo	2
Buje reductor	½"	1
Union R	1" y ½"	1
Teflon	Blanco	3

Armijos, 2023

Una vez que se consigue el digestor de plástico color blanco con capacidad de 210L y estéril, se procede a realizar los orificios con taladro; el primer orificio de ½" se ubica en la parte lateral del tanque próxima (12 cm) de la base, este orificio será necesario para filtrar la parte líquida (efluentes) de la sólida mediante una válvula cheque canastilla, que luego de esta separación se midieron los parámetros de análisis (figura 22).

El siguiente orificio de ½" también estará ubicado en la tapa superior necesaria para poder ingresar la excreta diluida y luego clasificarla en diferentes tratamientos, al interior del tanque (figura 23 y 24) y el ultimo orificio de ½ " servirá para medir el gas producido y su liberación prioritaria para evitar la acidificación y posterior muerte de microorganismos necesarios para la producción del fertilizante de tipo orgánico (biol) (figura 25).

3.2.4.3. Métodos y técnicas

Para conocer los nutrientes presentes en el biol, se quiere analizar los tipos; macroelementos (N, P, K). Además se necesitan tomar en consideración otros parámetros (Ph, EC, y TDS) y los organolépticos, como se indican a continuación:

3.2.4.3.1. Macro elementos primarios (N, P, K)

- Para cálculo de nitrógeno según parámetros químicos

Fundamento:

Con este método se determina el Nitrógeno constituyente de la materia orgánica del suelo y el nitrógeno en forma amónica del suelo. Se recomienda especialmente para estudios en los que se requiera conocer la relación C/n de la materia orgánica del suelo (Vera, 2022).

Materiales/equipos

Balanza analítica de precisión; Mortero: Probeta (100 ml); Erlenmeyer (250 ml); Bureta de valoración con soporte; Bureta de valoración con soporte; Digestor, unidad de control; tubos de digestión y sistema de destilación Kjendhal; Tamiz (0.14 mm).

Reactivos:

1. Ácido 47 ulfúrico concentrado ; Pastillas catalizadoras Kjendhal; Hidróxido sódico (40%); disolver 40g de hidróxido sódico en agua destilada y aforar a 100 ml.
2. Indicador mixto. Realizar rojo de metilo al 0.1% en etanol y por otra parte disolver verde de bromocresol (0.1% en etanol). Mezclar ambas soluciones con ácido bórico en la siguiente proporción: dos litros de ácido bórico, con 20 ml de verde bromocresol y 14 ml de rojo de metilo.
3. Solución de ácido bórico al 4% con indicador. Disolver 80 g de ácido bórico (1800 ml de agua destilada aproximadamente, calentando suavemente. Dejar enfriar y añadir 25 ml del indicador mixto. Llevar a 2000 ml con agua destilada.
4. Ácido clorhídrico 0.1 N (8176 ml en un litro de H₂O). Factorizar con carbonato sódico; Octanol.

Procedimiento

Preparación de la muestra

1. Se debe moler la muestra usando un molino de laboratorio apropiado.
 2. Asegurar una molido precisa, pasando a través de un tamiz de 0.14 mm la tierra.
 3. Mezclar el material tamizado antes de analizar. Pesar de 0.5 – 10 g de muestra con una precisión de 0.1 mg en tubo de digestión de 250 ml.
- Para análisis de fósforo se aplica la técnica siguiente:

Equipos:

Espectrofotómetro provisto de una celda de 1 cm. SPECTRONIC 20 (Vera, 2022).

Reactivos:

1. Solución madre o standard de fosfato (10 ppm. P_2O_5): Disolver 1.917 gramos de KH_2PO_4 a 1000.0 ml. De agua destilada. Tomar una alícuota de 10.0 ml. Y diluir a 1000.0 ml.

2. Molibdato de amonio en Ácido Sulfúrico

a) Molibdato de amonio al 4% (solución A): Disolver 40.0 gramos de Molibdato de amonio ($(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$) en 1000.0 ml de agua destilada a una temperatura de $60^\circ C$. Dejar en reposo hasta enfriar la solución y aforar a 1000.0 ml (a $20^\circ C$).

b) Ácido sulfúrico 5N (solución B): En un beaker de 1000.0 ml. Colocar aproximadamente 600 mL de agua destilada, y agregar 139 ml. De Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4), mezclar bien y dejar en reposo hasta enfriar la solución, luego pasarlo a un balón volumétrico de 1000.0 ml, y aforar (a $20^\circ C$).

c) Luego de enfriar ambas soluciones, agregar 30 ml de solución A, a 100 ml de solución B, poco a poco y con agitación constante para evitar turbidez en la solución. Si esto pasara, filtrar la solución a través de un papel filtro de un diámetro de 3 micrómetros de poro.

1. Ácido ascórbico al 1.76% P/V (se prepara el mismo día del análisis): Disolver 1.76 gramos de ácido ascórbico en agua destilada en un balón volumétrico de 100.0 ml y llevar a volumen. (No guardar esta solución más de 24 horas).

2. Solución de tartrato de antimonio y potasio 0.2743% P/V: Disolver 0.2743 gramos de tartrato de antimonio y potasio en agua destilada y llevar a volumen de 100.0 ml.

3. Solución Murphy-Riley: Mezclar previo al análisis 60 mL de la solución de ácido ascórbico y 10 mL de la solución de tartrato de antimonio y potasio, luego mezclar con 60 mL de molibdato de amonio en ácido sulfúrico 5N.

Procedimiento:

1. Se establece una curva patrón o Standard para lo cual se sigue el mismo procedimiento, solo que se sustituye las alícuotas de muestra por alícuotas de solución madre de 10 ppm. Las cuales pueden ser: 0.0, 2.0, 4.0, 8.0, 10.0 mL.

2. Colocar una alícuota de extracto de muestra de suelo de 1.0 mL., en un tubo de ensayo de 30 ml.

3. Agregar 10.0 mL de agua destilada, y agitar.

4. Agregar 9.0 ml. De solución mezclada (Murphy Riley). Se tiene un volumen de 20.0 ml.

5. Dejar en reposo 10 minutos para desarrollar y estabilizar el color.

6. Leer la absorbancia en espectrofotómetro U.V. visible (Spectronic 20) a una longitud de onda de 710 nm.

Nota: La estabilidad del color azul durara por 16 horas aproximadamente.

- Método para calcular parámetro macro elemento (K) presente en la excreta de cerdo.

En al menos 50 días, la técnica para identificar potasio en los tratamientos es la; **Espectrometría de absorción atómica**. Este aprovecha la energía que emite este elemento, la cuantifica y su contenido en cada muestra debe seguir los siguientes pasos de un equipo de absorción atómica de Haz simple. Como lo indica la ley de Lambert-Beer (figura 14) (Gallego y Morcillo, 2015).

3.2.4.3.2. Otros parámetros:

- pH;

- EC; y
- TDS

Procedimiento

1. El Potencial de hidrogeno o pH es necesario en análisis fisicoquímico para saber si la muestra de cada tratamiento cumple con los índices de acidez, normalidad o alcalinidad.
2. La temperatura en °C mide las etapas en la que cada tratamiento se desarrolla para que en conjunto con el pH garantiza la población microbiana y de nutrientes.
3. El parámetro EC indica la manera en que los nutrientes se van dispersar en un medio sustrato y en conjunto a su TDS (solidos totales disueltos) su calidad para ser utilizada en un mismo sustrato.

Para analizar los parámetros; se empleará los siguientes sensores; medidor color amarillo (Potencial de hidrogeno), medidor color gris (TDS, y EC) ambas de la marca Conformité Européene (CE) (figura 15).

3.2.4.3.3. Parámetros organolépticos:

- Textura;
- Color, y
- Olor

Estos parámetros serán necesarios para saber la característica y el indicador de condición de calidad del fertilizante de tipo biol para su aplicación o no al suelo. “Si no se han medido esos parámetros su consumo podría ser deficiente” (Lindao, 2019, p. 16).

Procedimiento

1. Para analizar la textura se utilizaría un tamiz número cuatro, el cual previo a un proceso de separación de la parte líquida de la sólida y posterior secado.

2. En la determinación del color para el digestato se observará tonalidades de café oscuro a café claro mediante la toma de muestras para los tratamientos realizados.

3. La característica olor a debe ser en base al rango dispuesto por Norma Europea 13725 [EN] (2003) para la Calidad del aire: determinación de la concentración por olfatometría dinámica (Europea, 2003) (figura 17).

3.2.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados de las muestras tomadas de y para Potasio (K) se plantea implementar ANOVA por el método de Tukey con margen de error 5% o significancia de (0.05). Se realizó una breve explicación de la metodología y su respectiva formulación. Se decide examinar cuatro comparaciones entre las cuatro repeticiones o bloques para determinar específicamente cuáles medias son diferentes. Usando el método de Tukey, se especificará que todo el conjunto de comparaciones deberá tener una tasa de error por familia de 0.05 (equivalente a un nivel de confianza simultáneo de 95%).

Estos intervalos de confianza de Tukey más amplios ofrecen estimaciones menos precisas del parámetro de población, pero limitan a un máximo de 5% la probabilidad de que uno o más intervalos de confianza no contengan la verdadera diferencia. Entendiendo este contexto, usted puede examinar entonces los intervalos de confianza para determinar si alguno de ellos no incluye el cero, lo que indica una diferencia significativa (tabla 6) (Minitab, 2022).

3.2.5.1. Método de Normalidad y no Normalidad Estadístico

Para identificar el método estadístico de prueba paramétrico y no paramétrico es necesario realizar el test de normalidad. En este trabajo de investigación se empleó el programa estadístico de Infostat. Armijos (2023) recalca que el test de Shapiro Wilk más el test gráfico de Q-Q Plot. Si el p-value arroja resultados menores al valor de significancia de 0.05 se dice que existe una No-normalidad. Pero si de lo contrario si el p-value obtiene valores mayores a 0.05 se establece que los datos se distribuyen con normalidad.

3.2.5.2. Método paramétrico de Tukey

Tabla 6. Test ANOVA (Tukey) y su aplicabilidad

ANOVA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	
Tratamientos	X	X	x		x	
Bloque (repetición)	X	X	x		x	
Error experimental	X	X	x			
Total	X	X				

Test no paramétrico para comparar muestras y su eficiencia por ANOVA Tukey Minitab, 2022

3.2.5.3. Fórmula de grados de libertad

Definición: Indica el número de elementos independientes de una o varias observaciones en los datos que pueden variar libremente al estimar parámetros estadísticos (tabla 7 y tabla 8).

Tabla 7. Fórmulas que se implementarán en el cálculo de los Grados de Libertad

Fórmulas	
Grados de Libertad Bloque (repetición)	$r-1$
Grados de Libertad Tratamientos	$t-1$
Grados de Libertad Error	$[(t \times r)-1] \times (t-1) - (r-1)$
Grados de Libertad Total	$(t \times r) - 1$

Grados de Libertad para los diversos factores a despejar en la determinación de los elementos independientes de una combinación.

Minitab, 2019

Tabla 8. Notación de las fórmulas de grados de libertad

Notación	
Término	Descripción
N	Número total de observaciones
R	Número de bloques (repeticiones)
T	Número de tratamientos

Por medio de los grados de libertad se obtendrán los primeros datos para el proceso de comparación de muestras (ANOVA)

Minitab, 2022

3.2.5.4. Suma de cuadrados (SC)

Definición: La suma de las distancias al cuadrado. La **SC Total** es la variación total en los datos (variable dependiente). El **SC bloques** (repeticiones) es la desviación de la media del bloque o repetición calculado, alrededor de la media general. Esto se conoce también como la suma de los cuadrados entre los tratamientos. **El error SC** es la desviación o variación de una observación total (repetición y tratamiento) con respecto a su media de bloque o repetición correspondiente. Esto se conoce también como error en los tratamientos (tabla 9 y tabla 10) (Marco, 2018).

Tabla 9. Fórmulas para cálculo de suma de cuadrados

Fórmulas	
SC de Repetición o Bloque	$\sum n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$
SC de Error	$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$
SC del Tratamiento	$\sum n_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2$
SC Total	$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y})^2$ o (SCR+SCT)

Con el cálculo de la suma de cuadrados se logra descubrir dos cosas; a) Parte que explican las variables del modelo (dependiente) b) Parte que no explican las variables del modelo (independiente)

Minitab, 2022

Tabla 10. Descripción de los elementos de las fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados

Notación	
Término	Descripción
\bar{y}_i	media del total de observaciones en el $i^{\text{ésimo}}$ nivel del tratamiento
\bar{y}_j	Media del total de observaciones en el $j^{\text{ésimo}}$ nivel de repetición
\bar{y}	Media de todas las observaciones
y_{ij}	valor del $j^{\text{ésimo}}$ bloque al $i^{\text{ésimo}}$ nivel del factor tratamiento

Identifica los parámetros necesarios para la suma del cuadrado medios
Minitab, 2022

3.2.5.5. Cuadrados medios

Definición: Se utilizan para determinar si los tratamientos son significativos. El cuadrado medio del tratamiento determinará la variación entre las medias de la muestra. El cuadrado medio del error (CME) representa la variación dentro de las muestras (tabla 11 y tabla 12).

Tabla 11. Fórmulas para calcular el cuadrado medio del bloque, tratamiento y error

Fórmulas	
Cuadrado Medio del Bloque o repetición (CMR)	$CMR = \frac{SCR}{GLR}$
Cuadrado Medio del Tratamiento (CMT)	$CMT = \frac{SCT}{GLT}$
Cuadrado Medio del error experimental (CME)	$CME = \frac{SCE}{GLE}$

Con estas fórmulas se pueden establecer los valores medios o promedios de las variaciones entre bloques o entre tratamientos dentro de un mismo bloque.
Benites, 2021

Tabla 12. Notación descrita para reconocimiento de cuadrados medios

Notación	
Término	Descripción
CMR, CMT y CME	Cuadrado Medio Repetición, Tratamiento y Error experimental
SCR, SCT y SCE	Suma de los cuadrados repetición, tratamiento y error experimental
GLR, GLT y GLE	Grados de Libertad repetición, tratamiento y error experimental

El cálculo del cuadrado medio identificará los parámetros necesarios para proyectar el factor medio de los tratamientos
Minitab, 2022

3.2.5.6. Valor F calculada

Definición: Es un test que se utiliza para evaluar la capacidad explicativa que tiene un grupo de variables independientes sobre la variación de la variable dependiente y así realizar la futura validación o no de una hipótesis (tabla 13 y tabla 14).

Tabla 13. Fórmulas para obtener la F calculada

Fórmulas	
F calculada de la Repetición	$FR = \frac{CMR}{CME}$
F calculada del Tratamiento	$FT = \frac{CMT}{CME}$

Marco Sanjuán, 2018

Tabla 14. Términos de los factores (CMR, CMT y CME) para hallar F calculada

Notación	
Término	Descripción
CMR	Cuadrado Medio de una Repetición

CMT	Cuadrado Medio de un Tratamiento
CME	Cuadrado Medio Error

Establece el valor del factor F para conocer o no la validación de una hipótesis de los tratamientos que se realizarán.

Minitab, 2022

3.2.5.7. Valor P

Definición: Se utilizará en la verificación de hipótesis como ayuda para decidir si se puede rechazar o no la hipótesis nula. El valor p es la probabilidad de obtener una estadística de prueba que sea por lo menos extrema como el valor calculado real, si la hipótesis nula es verdadera. Un valor de corte comúnmente utilizado para el valor p calculado es 0.05. Por ejemplo, si el valor p de una estadística de prueba es menor que 0.05, rechace la hipótesis nula (Minitab, 2019).

3.2.5.8. Método no Paramétrico Kruskal Wallis

También conocida como ANOVA unidireccional por rangos con el objetivo de conocer y reducir los problemas entre grupos. Dalgaard (2008) comenta que como toda prueba no paramétrica, el uso de la prueba de Kruskal Wallis es conveniente cuando se trabaja con muestras pequeñas, con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos con base en el uso de la teoría basada en la normal. En contraste con el método tradicional de ANOVA que si asume normalidad en sus datos mediante la prueba de hipótesis.

4. Resultados

4.1 Cuantificación excretas de cerdo en Kg/día que se vierte a los canales de agua y pozos a descomponer mediante el registro de producción de valores

De acuerdo con la recolección de las excretas (13 días) se registraron los datos de recolecta por corral resultando que el primer cerdo de edad seis meses se obtuvo una producción de excreta de 0.85 kg/día siendo con el mejor valor en comparación con los otros dos cerdos restantes, debido a que si la tasa en producción de desecho es menor da como resultado un menor impacto negativo para el medio ambiente. El segundo cerdo tuvo una tasa de generación de excreta de 1.23 kg/día y el tercero una tasa de 1.59 Kg/día siendo los últimos valores de mayor impacto. El análisis estadístico mostro que todos los tratamientos difirieren estadísticamente entre si (p-value 0.0001) (figura 1)

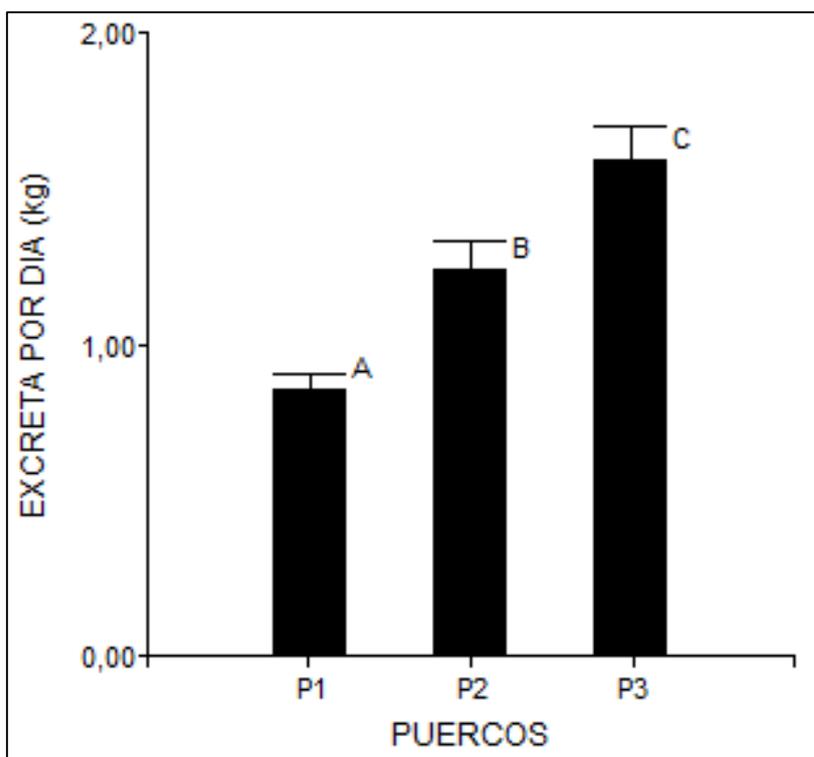


Figura 1. Análisis de producción de excretas Armijos, 2023

4.2 Detalle de los diferentes tratamientos de excretas de cerdo en la producción de fertilizante orgánico tipo biol, mediante un biodigestor anaeróbico

Se logró recolectar 3.68 Kg/día de excretas de cerdo para la realización de todos los tratamientos, posterior transcurrido trece días de recolección, se unifican las excretas de las tres pocilgas y se procede a la ejecución de los mismos (T_1, T_2, T_3, T_4), en relación $\frac{\text{Estiercol}}{\text{H}_2\text{O}}$ (1Kg-9L).

Tabla 15. Detalle de las proporciones en porcentajes de los tratamientos

Testigo (T_1)	=	10% estiércol + 90% agua
Segundo tratamiento (T_2)	=	10% estiércol + 90% agua + aditivo1
Tercer tratamiento (T_3)	=	10% estiércol + 90% agua + aditivo 2
Cuarto tratamiento (T_4)	=	10% estiércol + 90% agua + aditivo 3

Armijos, 2023

El primer tratamiento será de base para los siguientes tratamientos cabe mencionar que cada tratamiento para su correcta descomposición en sus diferentes etapas deben ser >50 días se somete a fermentación anaerobia estricta, esta metodología es necesaria para acelerar su proceso y obtener un biol, rico en N, P, K.

Tabla 16. Detalles de los cuatro tratamientos

Testigo (T ₁)	=	11.96 Kg de estiércol	+	108.14 litros de agua pura
Segundo tratamiento (T ₂)	=	T ₁	+	Dos libras de ceniza combinada con aserrín y 4 Kg de melaza
Tercer tratamiento (T ₃)	=	T ₁	+	9 litros de purín de ortiga (<i>Urtica urens</i>)
Cuarto tratamiento (T ₄)	=	T ₁	+	35 gr de Levadura de cerveza (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)

Armijos, 2023

- **Testigo (T₁) (agua + excreta)**

Se unificarán los estiércoles de las tres pocilgas y se las trató en un biodigestor tipo bach; este tratamiento sirvió como base para los demás tratamientos. A continuación se detalla su proceso: De acuerdo con el tratamiento base o testigo (11.96 Kg de excreta fresca), su relación (1-9), se fraccionó el 10% por cada 1.19 Kg de estiércol, 90% de agua (10.76 litros de agua) se mezcla y se homogeniza, se mide los parámetros; pH, sólidos totales disueltos, y conductividad eléctrica, al inicio y se cierra herméticamente. Luego de 120 días se procedió a tomar nuevas muestras, se abrió el digestor y midió los parámetros; pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica. Adicional a los anteriores análisis se realizan parámetros fisicoquímicos en Mg/Kg para: Nitrógeno, fósforo y potasio. Estos análisis son adecuados, de lo contrario representaría un problema la sostenibilidad económica y la producción de alimentos (figura 30).

- **Segundo tratamiento (Agua + excreta + Ceniza + aserrín y melaza)**

Para poder obtener mejores resultados en la producción de biol y se adapte al medio. Se integró 11.96 kg de excreta fresca del cual el 10% (cada 1.19 Kg) se añade 10.76 litros de agua (1kg de excreta más 9L de agua pura), más las siguientes sustancias fértiles como: ceniza mezclada con aserrín dos libras y en una relación $\frac{\text{melaza}}{\text{H}_2\text{O}}$ ($\frac{1}{2}$ kg de melaza diluida en cuatro litros de agua pura). Se homogeniza, se mide los parámetros (pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica) al inicio y se cierra herméticamente. Luego de 120 días se abrió el digestor y nuevamente se midieron los parámetros; pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica. Adicional a los anteriores análisis se realizan parámetros fisicoquímicos en Mg/Kg para: Nitrógeno, fósforo y potasio. La idea de añadir aditivos de origen orgánico; debido a la forma en que ayuda a tratar con factores naturales en suelos productos de laboreo continuo, su alelopatía y maximiza la producción de cosechas sin costos altos (tabla 17).

Tabla 17. Detalle del tratamiento (2)

Tratamiento	Recolección (días)	Estiércol (kg)	Composición	
			Aditivo	Relación $\frac{\text{melaza}}{\text{H}_2\text{O}}$
T ₁ +T ₂	13	11.96	Ceniza de madera más aserrín 2 lb	$\frac{1}{2}$ kg-4 L

Armijos, 2023

La figura 2 detalla las proporciones en las que se ha dividido el segundo tratamiento. Vale destacar que lleva el testigo como tratamiento base, y se añade el aditivo aserrín mezclado con ceniza de madera (dos libras) más una cantidad

de melaza diluida en agua. Favoreciendo tanto el aditivo como la melaza diluida en la disminución de parámetros organolépticos.

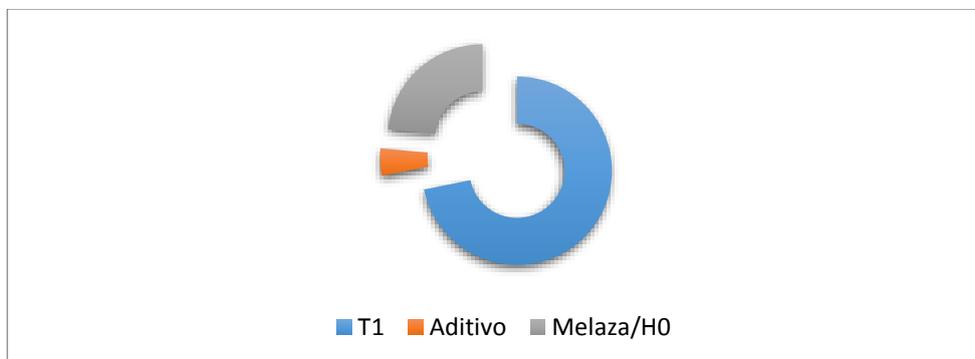


Figura 2. Proporción del tratamiento (2)
Armijos, 2023

- **Tercer tratamiento (Aguar + excreta + Purín de ortiga)**

En la tabla 18, se detalla que el tratamiento tres (T_3) se integra el tratamiento base (T_1); es decir cada 1.19 kg de excreta fresca en 10.76 litros de agua pura. Más el purín de ortiga de la especie (*urtica urens*) es favorable en una relación $\frac{\text{ortiga}}{\text{H}_2\text{O}}$ de (0.70kg-9L de agua pura). Se homogeniza, se mide los parámetros (pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica) al inicio y se cierra herméticamente. Luego de 120 días se abrió el digestor y nuevamente se miden los parámetros; pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica. Adicional a los anteriores análisis se realizan parámetros fisicoquímicos en Mg/Kg para: Nitrógeno, fósforo y potasio. Investigar los beneficios suelo-planta que agrega la ortiga (*urtica urens*) como fertilizante líquido, rescatar sus propiedades, en la agricultura orgánica.

Tabla 18. Detalle del tratamiento (3)

Tratamiento	Recolección (días)	Estiércol (kg)	Composición	
			Aditivo	Relación $\frac{\text{ortiga}}{\text{H}_2\text{O}}$
T ₁ +T ₃	13	11.96	Purín de ortiga (<i>Urtica urens</i>)	0.70 kg-9 L

Armijos, 2023

En la figura 3 proporcionalmente en el testigo o base más el aditivo empleado, muestra como está distribuido el tratamiento tres. Este aditivo tiene menor composición. Por ende es un estimulante de crecimiento para cualquier tipo de planta observando eficiencia y efectos positivos sobre su rendimiento y calidad.

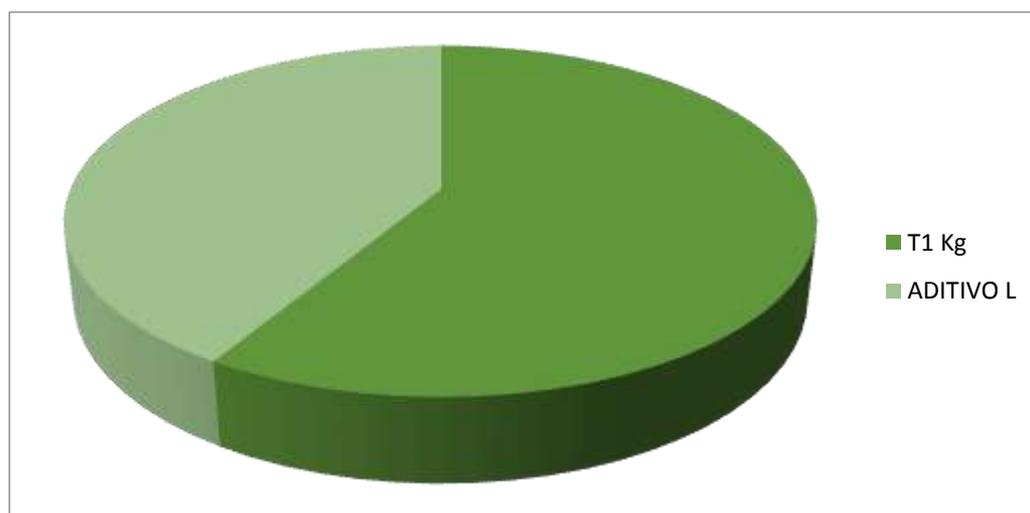


Figura 3. Composición del tratamiento (3)
Armijos, 2023

- **Cuarto tratamiento (Agua + excreta + levadura de cerveza)**

Como se detalla en la (tabla 19) para elaborar el tratamiento cuatro, se necesita del testigo, es decir, cada 1.19 kg de excreta en 10.764 litros de agua pura. Se pesan con una balanza tipo plato, y en un frasco de vidrio estéril la cantidad de 35g levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisae*) (figura 33 y 34).

La levadura de cerveza se mezcla en agua en una relación 0.035 Kg- ½ L. Se homogeniza, se mide los parámetros (pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica) al inicio y se cierra herméticamente. Luego de 120 días abre el digestor y nuevamente se miden los parámetros; pH, sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad eléctrica. Adicional a los anteriores análisis se realizan parámetros fisicoquímicos en Mg/Kg para: Nitrógeno, fósforo y potasio.

Tabla 19. Detalles del tratamiento (4)

Tratamiento	Recolección (días)	Estiércol (kg)	Composición	
			Aditivo	Relación $\frac{\text{Levadura}}{\text{H}_2\text{O}}$
			Levadura de	
T ₁ +T ₄	13	11.19	cerveza (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	0.035 Kg- ½ L

En la tabla se indican los valores en el que se añade levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) al tratamiento T₁, se especifica su relación en H₂O. Armijos, 2023

En la figura 4 la proporción del tratamiento cuarto se logra observar que el mayor volumen se compone por el testigo; seguido del aditivo (*Saccharomyces cerevisiae*) conocido que la levadura de cerveza aporta eficiencia en la aceleración de la descomposición de la materia fecal del cerdo.

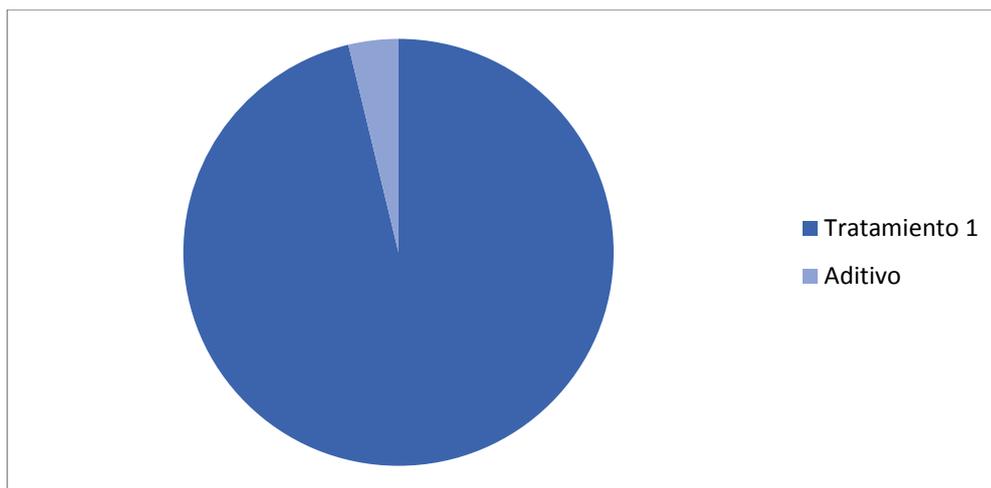


Figura 4. Estructura del tratamiento (4)
Armijos, 2023

4.3 Comparación los bioelementos (biol) producidos mediante análisis químico de nutrientes en laboratorio acreditado por la SAE., para el cumplimiento de parámetros técnicos del registro de insumos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

Para lograr responder al tercer resultado se procedió a analizar datos de los siguientes parámetros:

4.3.1 Valores de pH de los tratamientos

De acuerdo con los resultados obtenidos en la variable del pH, se muestra que el tratamiento (T1) no difiere estadísticamente del tratamiento T2 pero difiere de los demás tratamientos T3 y T4 (p-value 0.0029) (figura 5). Siendo que, el tratamiento T4 obtuvo el resultado más alto con un pH de 7,70 siendo ligeramente alcalino, seguido del tratamiento T3 con pH de 7.21 que es considerado neutro al igual que en los tratamientos T2 y T1 con pH de 7.11 y 7.03 respectivamente.

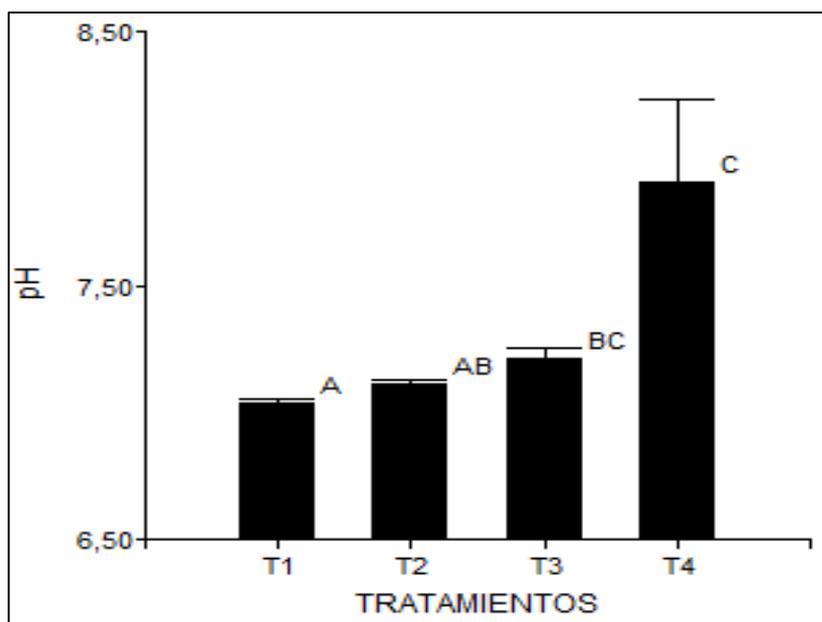


Figura 5. Valores de pH de todos los tratamientos Armijos, 2023

4.3.2 Conductividad eléctrica (u_s/cm)

De acuerdo con parámetro de la conductividad eléctrica, los resultados muestran que el tratamiento T4 (Levadura de cerveza) obtuvo el resultado más alto con un valor de 1088 (u_s/cm), siendo el tratamiento T1 (testigo) quien mostro los resultados más bajos con un valor de 737.50 (u_s/cm) en la conductividad eléctrica. El análisis estadístico muestra que todos los tratamientos difieren entre sí (p-value 0.0001) (figura 6).

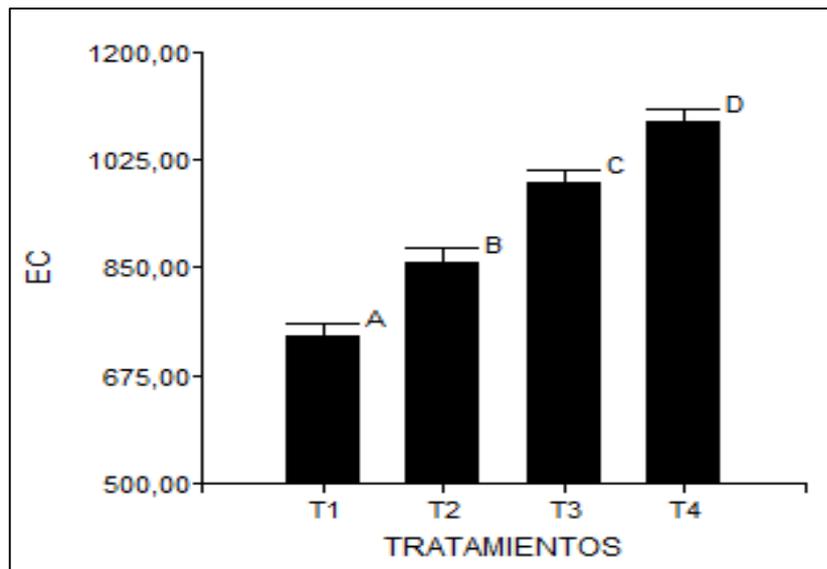


Figura 6. Conductividad eléctrica (Us/cm)
Armijos, 2023

4.3.3 Sólidos totales disueltos (ppm)

De acuerdo con parámetros de sólidos totales disueltos, los análisis estadísticos muestran que los tratamientos testigo (T1) y el tratamiento T2 son mejores mientras que el tratamiento T4 presenta valores muy altos para TDS (p -value 0.73). Siendo los resultados más altos para los tratamientos T4 y T3 y los más bajos en proporción y eficiencia para TDS en los tratamientos Testigo (T1) y el tratamiento T2 (figura 7).

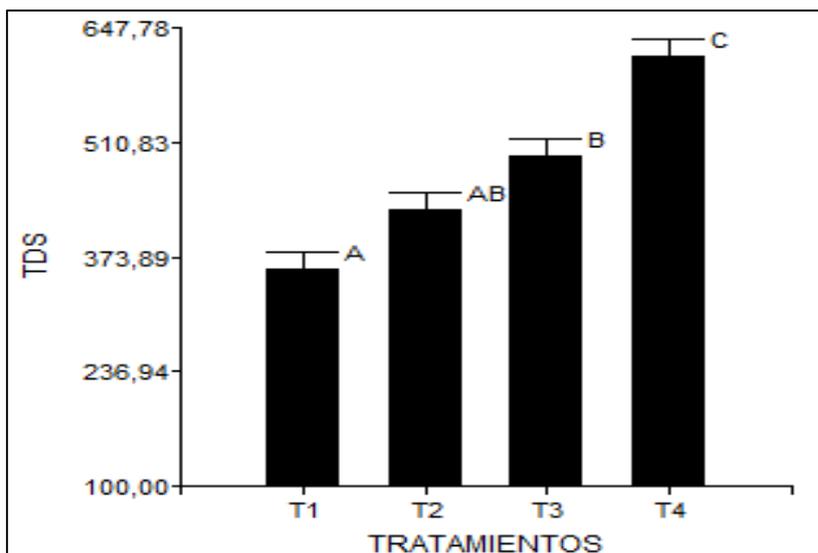


Figura 7. Sólidos totales disueltos (ppm)
Armijos, 2023

Establecido ya el registro de valores para los parámetros básicos como son pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. Los siguientes análisis corresponden a nitrógeno total (N), fósforo total (P) y potasio (K).

4.3.4 Nitrógeno total (Mg/Kg)

De acuerdo con los resultados de los análisis realizados para nitrógeno total, se establece que los tratamientos con valores superiores a los 3000 Mg/Kg son el T3 y T4 con valores de 4339 y 3838 respectivamente, y los de valores inferiores son los tratamientos T1 y T2 resultando con 2403 y 2150. En los análisis estadísticos los mejores resultados se presentan en los tratamientos T3 y el T4 difiriendo de los tratamientos testigo T1 y T2 (p-value 0.003) (figura 8). De acuerdo con los rangos del registro de insumos del Ministerio de Agricultura y ganadería del Ecuador ninguno de los tratamientos cumple con lo valores para ser considerado un fertilizante agrícola.

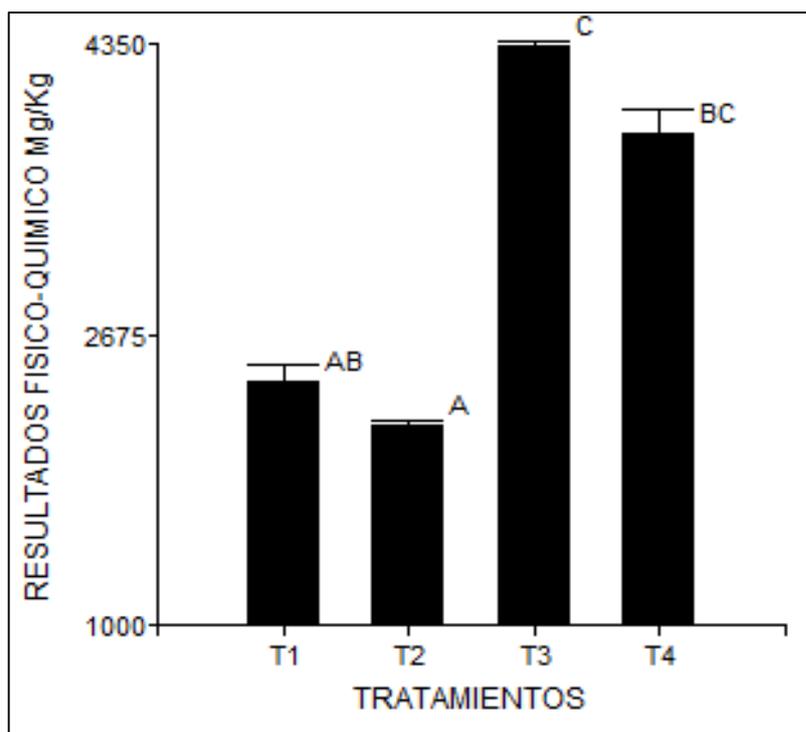


Figura 8. Nitrógeno total
Armijos, 2023

4.3.5 Fósforo total (Mg/Kg)

De acuerdo con los resultados para fósforo total se tienen valores ínfimos según con el mínimo establecido por el registro de insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, estos valores no superan los 4 Mg/Kg o 3%. Dentro de los análisis estadísticos se observa que los tratamientos Testigo (T1), (T2) y (T4) difieren del tratamiento (T3) (p-value 0.01) (figura 9).

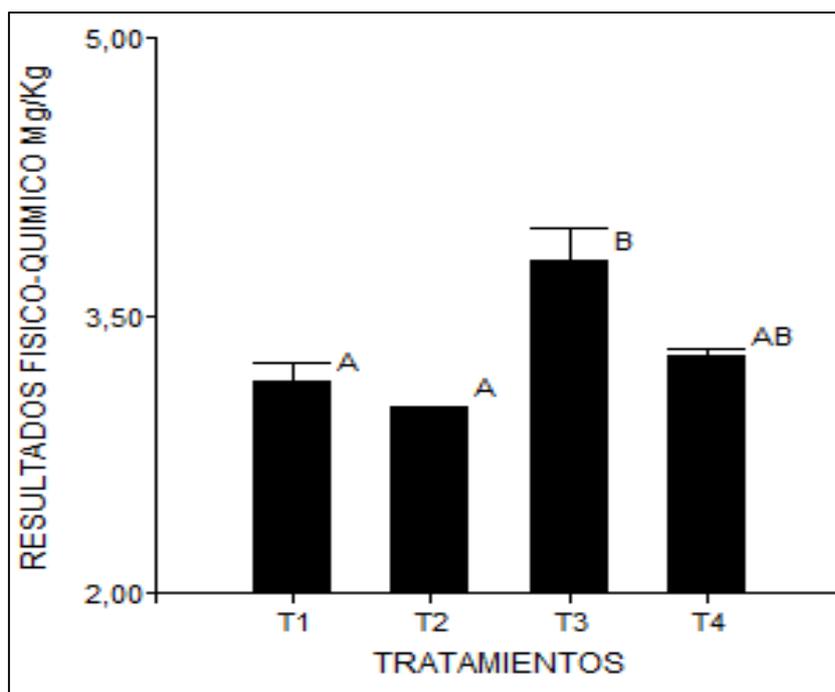


Figura 9. Fósforo total
Armijos, 2023

4.3.6 Potasio total (Mg/Kg)

De acuerdo a los resultados para potasio total se tienen valores ínfimos de acuerdo al mínimo establecido por el registro de insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, estos valores no superan los 4.30 Mg/Kg o 3%. Dentro de los análisis estadísticos se observa que todos los tratamientos presentan valores ligeramente uniformes (p-value 0.21) (figura 10).

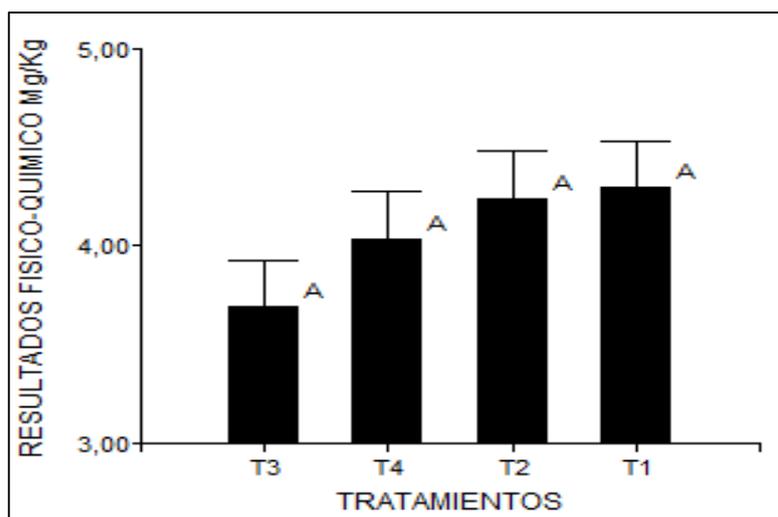


Figura 10. Potasio Mg/Kg
Armijos, 2023

4.3.7 Parámetros organolépticos

De acuerdo a las características organolépticas los tratamientos T2, T3 y T4 presentan un color café y difieren con el color verdoso del tratamiento testigo (T1). El olor que de acuerdo a la escala de olores solo los tratamientos testigo (T1) y el T4 presentan números de cinco y seis, mientras que el T2 y T3 olores débiles y herbáceos respectivamente. Y el resultado del aspecto del tratamiento Testigo (T1) y T4 son grumosos y los tratamientos T2 y T3 son lodosos (tabla 20).

Tabla 20. Características organolépticas de los bioles

Tratamientos	Color	Olor (escala)	Aspecto
T ₁	Verde oscuro	Putrefacto (6)	grumoso
T ₂	Café oscuro	Débil (3)	lodoso
T ₃	Café verdoso	Herbáceo (2)	lodoso
T ₄	Café oscuro	Putrefacto (5)	grumoso

Armijos, 2023

5. Discusión

La cantidad de heces de cerdo producida depende del animal y la edad del cerdo. Por el registro de valores se conoce que cada cerdo categorizado como grande, mayor a seis meses produce (2.31 Kg al día de excreta) lo que daría un total de (3.68 Kg) por los tres cerdos por día de excretas. Martínez (2015) defiende que en su estado Guanajuato, México existen 135268 cerdos; y cada cerdo grande produce 1Kg de excreta al día. Lo que resulta un total 270.5 toneladas día de excreta porcina. En la región de Michoacán, México existen aproximadamente por datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] 4835 cabezas de cerdo, con una producción de heces fecales por cerdo adulto (> de 6 meses) de 2 Kg por día (Vera, 2014).

La implementación de cada tratamiento con objetivos de incrementar su efectividad de acuerdo a los análisis realizados. Cada uno es diferente al otro, teniendo como base el testigo (T_1). En este trabajo de investigación se emplean los siguientes aditivos los cuales se conocen sus propiedades, estos son: melaza de panela, aserrín y ceniza de madera, purín de ortiga (*urtica urens*) y levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*). Cruz y Gallegos (2021) emplearon como testigo (T_0) una mezcla de 2400 g de estiércol, 240 g de leguminosas, 120 g de azúcar, 120 g de ceniza, 24 g de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), 60 g de cáscara triturada de huevo y se agregó 3000 mL de agua libre de cloro. Los tres tratamientos comparativos se formaron por la mezcla de residuos del tratamiento testigo y la adición de 120 mL de un cultivo mixto de bacterias ácido lácticas (T_1), 120 mL de leche pura (T_2) y 120 mL de suero de leche (T_3).

A lo largo del proceso se monitoreó la evolución de los cambios de aspecto, color y olor de los materiales en co-digestión, desde el inicio del proceso hasta su

estabilización, el mismo que dio los siguientes resultados: se observa en el testigo un color verde oscuro, olor putrefacto y aspecto grumoso, el segundo tratamiento se observó un color café oscuro, olor menos distintible del testigo y aspecto lodoso. El tercer tratamiento un color café verdoso debido al purín de ortiga, olor herbáceo y aspecto lodoso. Y el cuarto tratamiento un color café oscuro, olor similar al testigo debido a que solo se añadió levadura de cerveza y un aspecto grumoso. Cruz y Gallegos (2021) en sus tratamiento los bioles obtenidos presentaron olor herbáceo, sus coloraciones fluctuaron en una gradiente de café oscuro y su aspecto fue lodoso homogéneo. Por el contrario, el tratamiento testigo T0, presentó un olor desagradable, con un color verdoso y un aspecto grumoso.

El seguimiento que se realiza para la producción de biol es fundamental en su obtención como fertilizante orgánico. Los resultados demuestran que de acuerdo a zoosanitario (2022) se puede considerar apto desde 1% (N, P y K) los valores obtenido para este tratamiento en Nitrógeno total van desde el 0.2%, el fósforo total y potasio (valores ínfimos) de 0.00032% y 0.00037% respectivamente, en comparación nutricional. Cahahuanca (2022) Obtuvo un valor de análisis físico-químico de 20.8% en N, 15.3% en P y 14.7% en K. Considerando que suministros altos de estos parámetros en el suelo podrían causar problemas en su fertilidad.

El análisis de las excretas porcinas indicó que poseen pH entre 8.36 y 8.53, conductividad eléctrica en rango de 1.04 mS/cm a 1.85 mS/cm; sólidos totales disueltos en intervalo de 0,98% a 1.33% (Mogollón, 2022). Mientras que en los resultados de laboratorio se estiman de acuerdo a su análisis estadístico matemático que es moderado; es decir, cumple con la línea de investigación. Si el pH del sustrato se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Mata (2014) refiere que por debajo de

este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que por encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre. El aumento o disminución del pH depende de otros factores como: Ph del suelo, alcalinidad del agua, acidificación por las raíces, y uso de fertilizantes de reacción lenta o rápida.

6. Conclusiones

Se logró establecer después de transcurrido 13 días de monitoreo un total de 47.84 Kg/13 días; con un promedio al 3.68 Kg/día de producción de estiércol de cerdo sin orina siendo el animal número uno con una media de 0.23 Kg/día el de menor producción y el animal tres con 1.18 Kg/día de mayor producción.

Los tratamientos más efectivos categoría A son el Testigo y el segundo tratamiento, para pH. Para el parámetro de conductividad eléctrica el testigo presenta mejor registro que el segundo tratamiento que presenta tipo B. Y en lo que refiere a sólidos totales disueltos el testigo y el primer tratamiento presentan categoría A. Por lo que al aplicarlo sería adecuado realizando un pre diagnóstico de pH, EC y TDS para; aire, suelo y agua.

De acuerdo a los análisis realizados por laboratorio de todos los tratamientos y su comparación entre ellos; se obtiene que el parámetro nitrógeno en el primer tratamiento su porcentaje es el mejor cercano al básico establecido por el registro de insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (3%) y en semejanza a un biol elaborado por Agripac que presenta valor de (1.63%). Y para fósforo los resultados obtenidos por análisis de laboratorio de los tratamientos no lograron el porcentaje mínimo establecido por el registro de insumos con un porcentaje de (0.00042%), y difiere en comparativa con el biol de Agripac cuyo valor es 2.90%. Por último, para potasio el registro de insumos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador no supera el mínimo de los resultados de laboratorio, cuyo mayor valor da 0.0005%. Mientras que el biol de Agripac tiene porcentajes mayores a 3.1%.

7. Recomendaciones

Estrategias que ayuden a proteger el ambiente y a su desarrollo, sino que sean de múltiples usos, los mismos que por su respecto análisis sea comprobable y comparable con tratamientos ya existentes. Para mejorar el manejo de los desechos de las excretas del porcino y así poder conservar nuestro entorno; se recomienda implementar tecnologías que no solo son de interés industrial y de países potencias mundiales. Como la recolección de las mismas y someterla a digerir en un biodigestión, de esta forma no solo evitamos el impacto que causa a los recursos, sino que se aprovecha el producto resultante de la digestión.

Otra alternativa para lograr aprovechar un producto más eficiente desde el punto de vista de los tratamientos con las excretas de cerdo es agregarle otros componentes ricos en sustrato (melaza, aserrín, ceniza de palo de madera, algas, bacterias, etc), y son viables de muy bajo costo. Si en el caso que su implementación se basa en algún tipo de componente a la excreta del cerdo es importante que en la última parte de su proceso; cuando se le realice los exámenes de precisión, se someta a materia prima y se transforme a lo más cercano a la naturaleza.

8. Bibliografía

- Acosta, R. (2019). Características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido Biol obtenido por digestión anaerobia de estiércol de animales con rastrojo. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú
- Aguirre Alvarez, L., y Huerta Muñoz, E. (2018). The appraisal of organic fertilizers for a comunitary cattle manures management system in backyards. 29(53), 6-8.
- Arellano, L., y Dorado, A. D. (2017). Purification and use of biogas. Dialnet.
- Árevalo Freire, A. (2020). Evaluación de un biofertilizante líquido a base de excretas de cerdo en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) Var. Quantum (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Arizaga, C. P. (2017). Biodigestión anaerobica como alternativa energetica para reducir el consumo de leña en las zonas rurales del municipio de fonseca, la guajira. Energias renovables globales y redes de conocimiento. Revista Espacio, 39(39), 259.
- Arteaga Garibay, R. I., y Ruvalcaba Gómez, J. M. (2018). Use of lactic-acid bacteria to decontamination of pig manure through experimental silage. Revista Internacional de contaminacion ambiental. 34(2), 2-3.
- Baras, J., y Rosales, E. (2021). Excretas Porcinas para la Producción de Biofertilizante Mediante Digestión Anaeróbica, en la Localidad Saracoto Alto, Lurigancho, Chosica – 2021. (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo. Lima. Perú.
- Benites, L. (2021). statologos. Obtenido de <https://statologos.com/dentro-del-cuadrado-medio/>

- Berdolini, J. L., y Chomicki, C. (2018). Bioenergía a partir de residuos ganaderos. Estado de situación en provincia de Buenos Aires. *Mundo agrario*. 19(40), 2.
- Bernal Patiño, L., y Suárez Ramírez, L. (2018). Conceptual design of a biodigester from cow and poultry manure, produces at El Guarumal farm, to obtain biogas (Tesis de Pregrado). Fundación Universidad de América, Colombia.
- Botero, M. A. (2018). Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos. *RUI*. 18(1), 151-153.
- Brandon, A. G. (2019). Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos solidos urbanos. (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle, Ecuador.
- Cabos , J., y Barrena, M. (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol. (Tesis de Pregrado). Arnaldoa, La Libertad. Perú.
- Cajahuanca, R. (2022). Evaluación de la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima. Perú.
- Carvajal Jara, C. (2018). Characterization of the Calorific Power of the Residual Biomass of Cacao CCN51 through Anaerobic and Thermochemical Gasification Processes. *IPN*. 22(2), 3-4.

- Cecilia, P. (2022). Biofertilizante a partir de residuos bovinos y porcinos para su uso en la producción agrícola. (Tesis de Maestría). UNACH, Chiapas. Mexico.
- Cerón Vivas, A., y Rincón, A. (2019). Influence of pH and the C/N ratio on the biogas production of wastewater. 90(1), 1-4
- Charaja, B. (2023). Comparación del contenido de flavonoides totales y taninos condensados de cinco extractos de hojas de urtica dioica (ortiga), arequipa-2022. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada Autónoma del Sur, Arequipa-Peru.
- Chihuan, E. (2022). Elaboración y evaluación de un abono líquido procedente de la fermentación láctica de malezas. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú.
- Cruz, A., y Gallegos, J. (2021). Elaboration and characterization of bioles from organic waste. Uptc. 30(57), 1-2.
- Cruz, E. (2019). Caracterización Fisico-Química y microbiología del lixiviado generado del compostaje de excreta porcina para su uso como abono orgánico. Revista Computarizada de producción porcina. 26(1), 7-8.
- Cunache, E. (2023). Evaluación tres biopreparados en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Ecuador.
- Dalgaard, P. (2008). Introductory Statistics with R. New York, USA. doi: 101007/978-0-387-79054-1
- Delgado, M. (2018). Obtenido de Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. (Tesis de Pregrado). Univerrrsidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

- Diener, G. (1974). Estadística Aplicada. Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Europea, N. (2003). Norma Europea 13725 para la calidad del aire.
- FAO. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Buenos Aires.
- Ferrera Cerrato, R., y Etchevers Barra, J. (2001). Producción de biofertilizantes mediante79054- biodigestión de excreta líquida de cerdo. TERRA Latinoamericana. 19(4), 355.
- Gallego Picó, A., y Morcillo Ortega, J. (2015). Experimentación en Química Analítica. Madrid.
- Galy, D. (2019). Control del aprovisionamiento de materias primas.
- Garrido Silva, G., y Martínez Amariz, A. D. (2018). Uso de la biomasa de residuos orgánicos para el diseño de una estación eléctrica. Revista UIS Ingenierías. 18(1), 168-169.
- Guzman, J., y Guzman, E. (2014). Agrisost. Obtenido de Uso del Biol en la agricultura: <http://www.agrisost.reduc.edu.cu>
- Holguin, y Gonzalez Santiesteban, I. (2019). Assessment of environmental efficiency in bio-digesters at territorial level. IDIC. 25(4), 2-5.
- Lindao, V. (2019). Effects of water quality and management on bottled water consumption. Nova Sinergia. 2(1), 17-19.
- Marco Sanjuán, F. J. (2018). economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/suma-total-de-cuadrados-stc.html>
- Martinez, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. Nova Scientia. 7(15), 206-207.

- Mata, D. (2014). Importancia del Ph y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. Recuperado de <https://infoagronomo.net/importancia-del-ph-y-conductividad-electrica/>
- Minitab. (2019). Obtenido de Minitab: <https://blog.minitab.com/es/que-son-los-grados-de-libertad-en-estadistica>
- Minitab. (2022). Obtenido de [https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/methods-and-formulas/analysis-of-variance/#:~:text=\(Factor\)%20GL%20%3D%20r%20-,Total%20%3D%20n%20T%20-%201](https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/methods-and-formulas/analysis-of-variance/#:~:text=(Factor)%20GL%20%3D%20r%20-,Total%20%3D%20n%20T%20-%201)
- Mogollón, A. (2022). Kinetics of anaerobic digestion of pig excreta to obtain biogas in the laboratory. *Revista de Ingeniería Agrícola*.12(1-4), 5.
- Mora, E. y Durand, L. (2017). Comparison of two types of biomass for generation of biogas from excretas of porcine cattle and bovine in the laboratory. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 14(1). <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/12631>
- Moreno Ayala, L. (2019). Calidad de abonos orgánicos a partir de estiércol porcino y su efecto en el rendimiento de maíz de Chala. (Tesis de Maestría). Universidad Agraria Nacional La Molina, Lima. Perú.
- Oechsner, H., y Garcia Lopez, Y. (2021). Biogas Plants in Germany: Revision and Analysis. *RCTA*. 30(3), 1-3.
- ONU. (2019). ONU. Obtenido de UNICEF: <https://www.un.org/es/global-issues/water>

- Otaneda, M. C. (2019). Presión demográfica sobre el agua: un análisis regional para Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*. 60(2), 1-3.
- Patarroyo, L. (2022). Diseño de biodigestor a partir de porcínaza. (Tesis de Pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá. Colombia.
- Pérez, J., y Cañon, W. (2012). Recovery of gastrointestinal swine parasites in anaerobic biodigester systems. *SciELO*. 21(3).
- Pinto Ruiz, R., y Raj Aryal. (2018). Biogas, renewable energy for the development of pig farms in the state of Chiapas. *Revista de analisis economicos*. *Revista analisis economico*. 33(82-84), 1-2.
- Ramos, J., y Arias, R. (2021). Dimensionamiento de un biodigestor para el tratamiento de excretas de cerdos. *Revista Cubana de Ingeniería*. 13(1), 1.
- Ravelo Ortega, R., y Fuerte Gongora, L. (2022). State of the art of biopreparations by anaerobic digestion as biofertilizers and biostimulants. *Revista de Ingeniería Agrícola*. 12(1-4), 3-5.
- Romo, D. (2022). Obtención de forraje hidropónico verde de maíz (*Zea mays* L) con aplicación de biofertilizante en el Cantón Milagro. (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Samaniego, J. (2022). Preparación de biol a partir de residuos orgánicos. *RedBioLAC*. 6(1), 52-54.
- Vazquez, O. (2023). Análisis multivariado de suelos irrigados con aguas residuales de la acuicultura. *Agronomía Mesoamericana*. 33(1-3), 2-7.
- Vera, I. (2014). Biogas and Power Generation Potential Part I: Bovine and Pig Manure. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. 15(3), 431-434.
- Vera, T. (2022). Ecuador.

- Zambrano, F. A. (2018). Manejo, disposición y desecho de las aguas residuales. Costa Rica.
- Zamora Hernández , Y. K., y Rendón Capote, W. (2021). Proposal for a Biogas Supply Network in the Rural Community "El Almirante". RCTA. 30(1-3), 1-5.
- Zamora, B. (2022). Biomembrana de ortiga, un estudio preliminar de las propiedades de la planta ortiga dioica para contribuir en su valorización en nuevas matrices productivas. (Tesis de Pregrado). Universidad del Desarrollo, Santiago. Chile.
- Zoosanitario, A. d. (2022). Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

9. Anexos

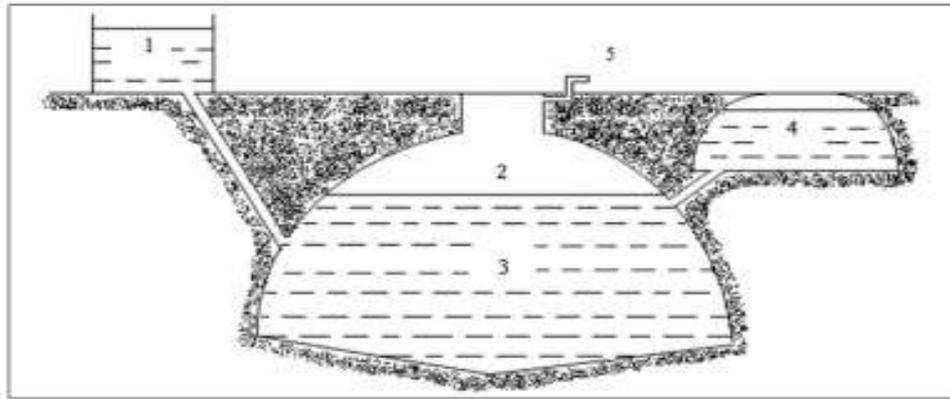


Figura 11. Biodigestor de cúpula fija. 1. Influyente 2. cámara de gas 3. digestato 4. biol 5. Gas filtrado
Mogollón, 2022

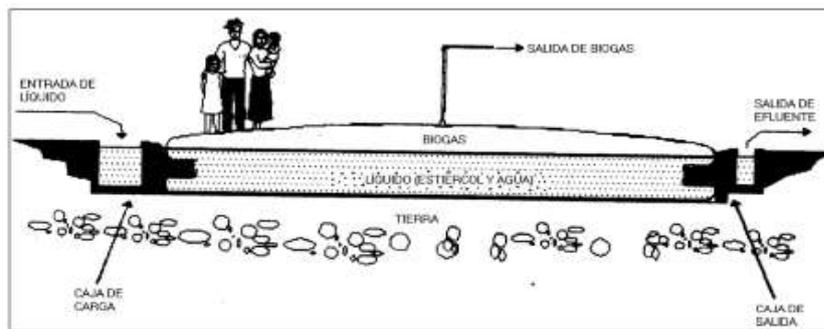


Figura 12. Biodigestor tubular de membrana de PVC
Mogollón, 2022

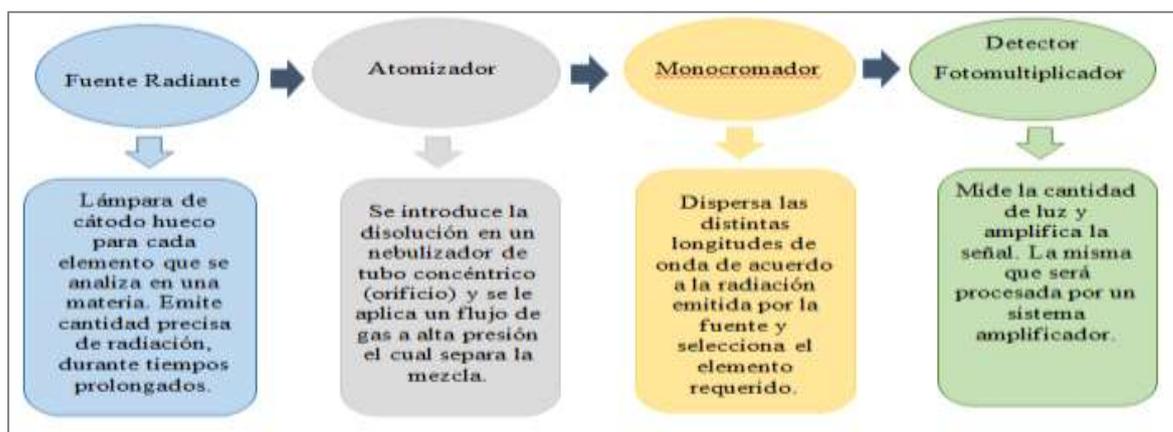


Figura 13. Proceso de identificación de macro y micro elementos por el proceso de absorción atómica de haz simple
Gallego y Morcillo, 2015

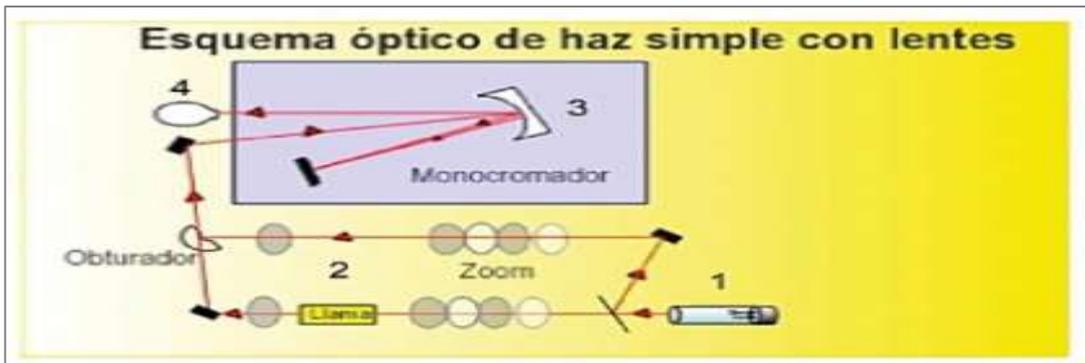


Figura 14. Esquema de un equipo de absorción atómica de haz simple. 1. Fuente de radiación, 2.Llama de quemador, 3.Monocromador, 4.Detector Gallego y Morcillo, 2015



Figura 15. Sensor Gris (Mide TDS, T° y EC), Sensor amarillo (Mide ph 0 a 14) marca Conformité Européene [CE]. Armijos, 2023

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T3	T1	T4	T1
T4	T2	T2	T3
T2	T4	T3	T2
T1	T3	T1	T4

Figura 16. Técnica DBCA para análisis de tratamientos homogéneos
Diener, 1974

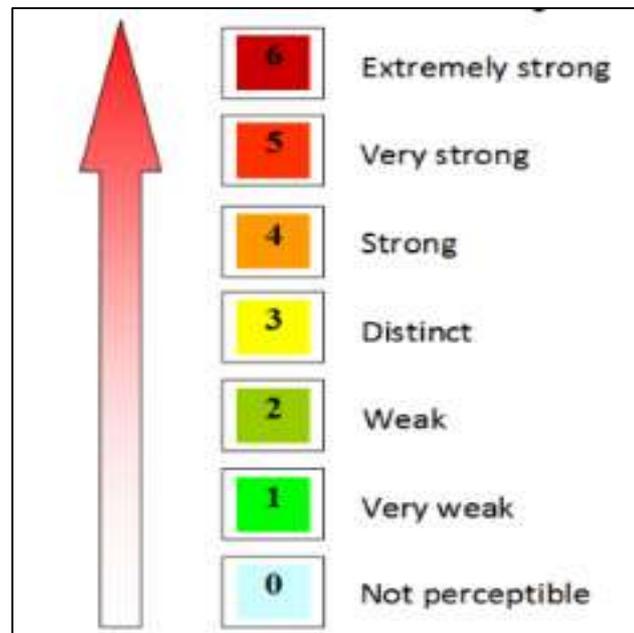


Figura 17. Escala de intensidad de olores
Europea, 2003

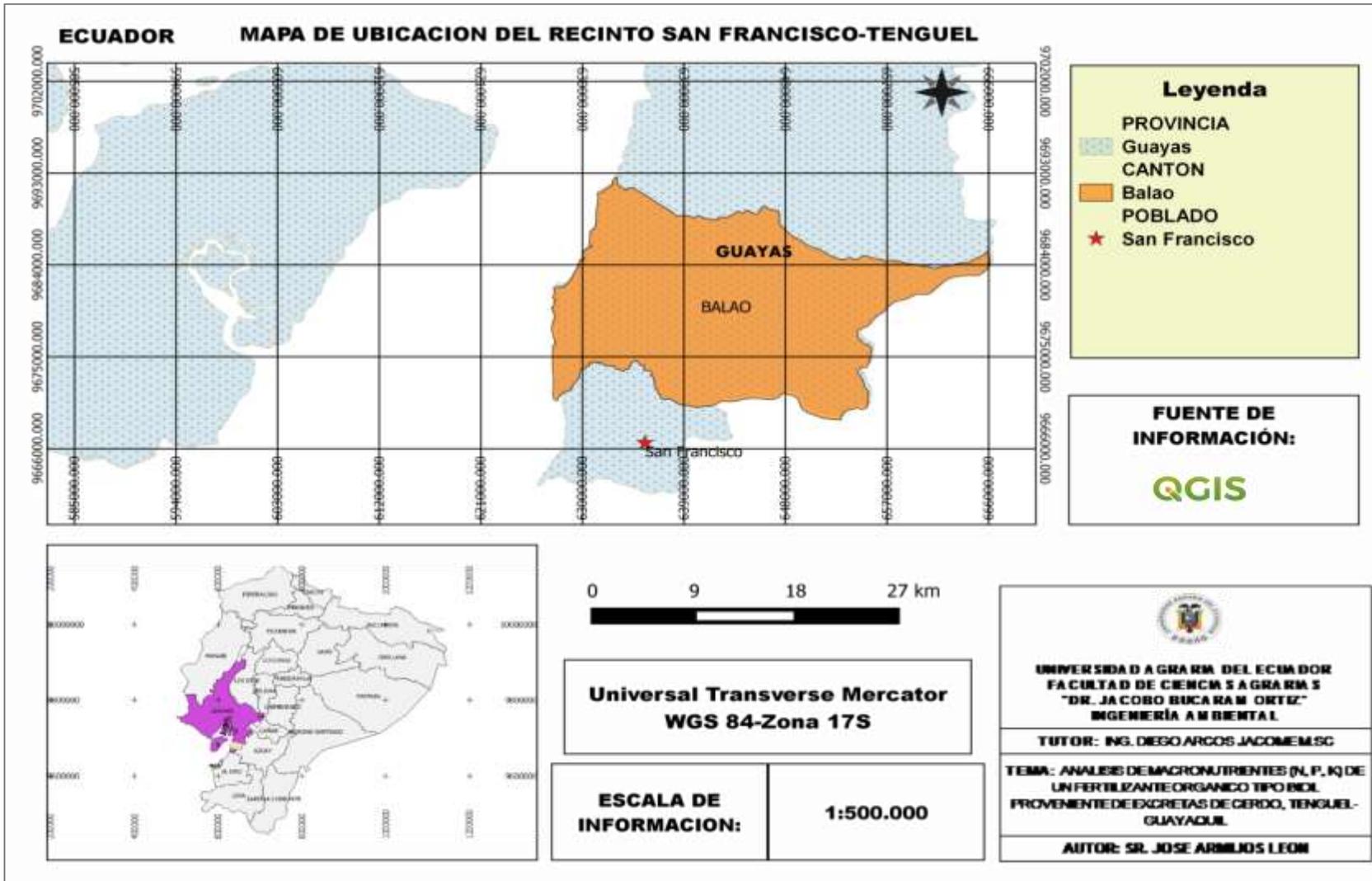


Figura 18. Mapa de ubicación del recinto San Francisco-Tenguel
Armijos, 2023



Figura 19. Tanque de 55 galones que servirá de reservorio para las excretas de cerdo
Armijos, 2023

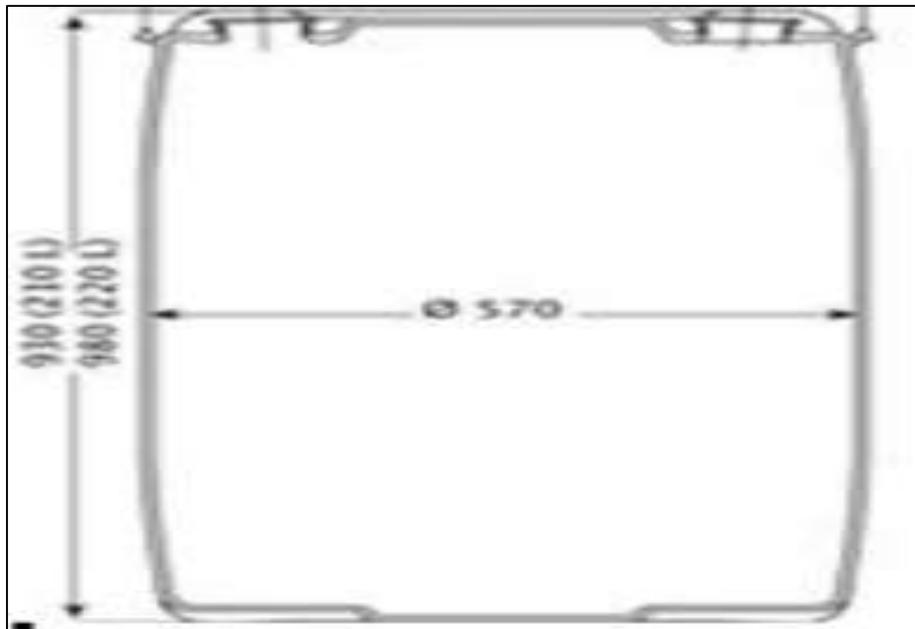


Figura 20. Dimensiones del digester de 55 galones
Armijos, 2023

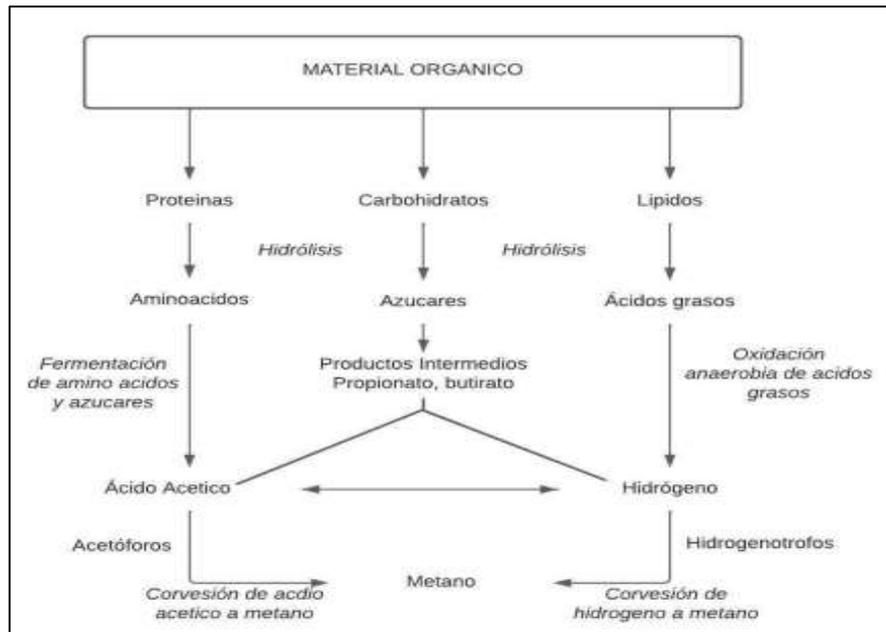


Figura 21. Etapas de la producción para obtener fertilizante orgánico del tipo biol
 Patarroyo, 2022



Figura 22. Realizando orificios de media pulgada para extracción de digestato
 Armijos, 2023



Figura 23. Acople de neoplos y tapones para la parte superior del Biodigestor
Armijos, 2023



Figura 24. Adaptando el medidor de presión para el control de gases
Armijos, 2023



Figura 25. Biodigester terminado para la biodigestión
Armijos, 2023



Figura 26. Recolección de excretas en libras por cerdo de
4 meses
Armijos, 2023



Figura 27. Recolección de excretas en libras al día por cerdo de 4 meses Armijos, 2023



Figura 28. Recolección de excretas en libras por cerdo de 6 meses Armijos, 2023



Figura 29. Sistema de deposición de las excretas porcinas
Armijos, 2023

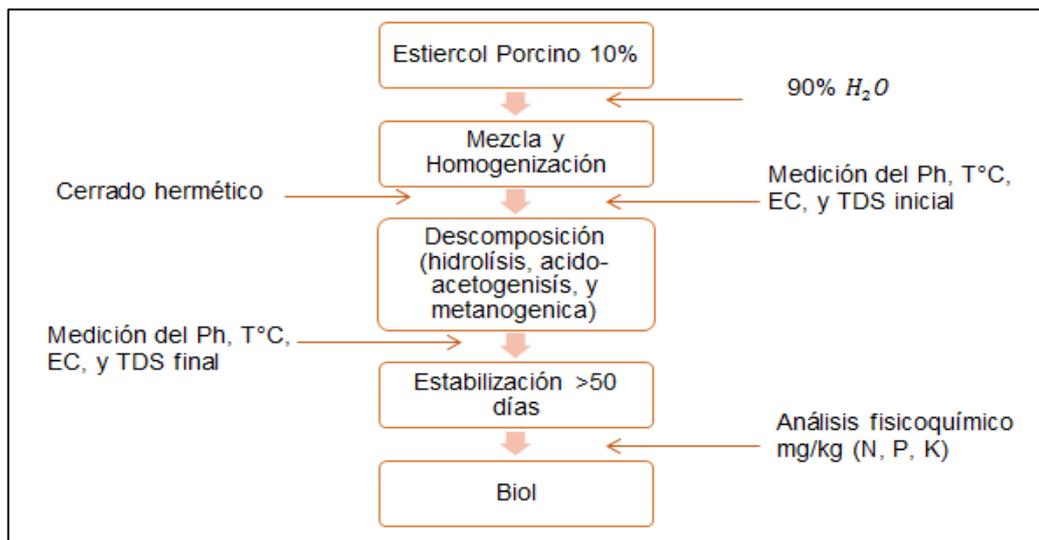


Figura 30. Estructura del tratamiento base (Testigo)
Armijos, 2023



Figura 31. Peso de ortiga (*Urtica urens*) en Kg, para preparación del purín
Armijos, 2023



Figura 32. Elaboración de purín de ortiga (*Urtica urens*)
Armijos, 2023



Figura 33. Frasco vacío que se utilizó para pesar Levadura Armijos, 2023



Figura 34. Peso de la levadura 30 g
Armijos, 2023

 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA		 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE INSUMOS AGRÍCOLAS</small>	
MANUAL TÉCNICO PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE FERTILIZANTES, ENMIENDAS DE SUELO Y PRODUCTOS AFINES DE USO AGRÍCOLA		Edición No. 7	
PROCESO: REGISTRO DE INSUMOS AGROPECUARIOS		Fecha de aprobación: 2022-06-13	
		SUBPROCESO: REGISTRO DE INSUMOS AGRÍCOLAS	
Cuadro 1. Mínimos declarables de concentración de nutrientes			
Nutriente	Macronutrientes primarios y secundarios	Macro y micronutrientes	Solo micronutrientes
	----- Mínimo declarable (%) -----		
N total	3	3	
P (como P ₂ O ₅)	3	3	
K (como K ₂ O)	3	3	
Ca (como CaO)	1.5	1	
Mg (como MgO)	1.5	1	
S	1.5	1	
B		0.010	0.200
Co		0.002	0.020
Cu		0.002	0.020
Fe		0.020	0.200
Mn		0.010	0.100
Mo		0.002	0.020
Zn		0.020	0.200

Figura 35. Valores declarables por el registro de insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador para (N, P, K) Zoosanitario, 2022



Figura 36. Fertilizante orgánico hecho por Agripac Armijos, 2023

Tabla 21. Registro promedio de valores de excretas producidas por cerdo/semanas

Chiqueros s excretas/ día	Cerdo(6 meses) (Kg)	Cerdo(6 meses) (Kg)	Cerdo(8 meses) (Kg)	Suma Total (Kg)	Medía (Kg)	2 semanas (kg)
Limpieza 1	0.36	0.82	1.18	2.36	0.79	30.68
Limpieza 2	0.23	0.41	0.68	1.32	0.44	17.16
Total (kg)	0.59	1.23	1.86	3.68	1.23	47.84

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)

```

/
Variable      n  Media D.E.  W*  p(Unilateral D)
EXCRETA POR DIA (kg) 39  1,23 0,44 0,92          0,0474

```

Figura 37. Test de No-normalidad para valores de cuantificación de excretas Armijos, 2023

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	PUERCOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
EXCRETA POR DIA (kg) P1		13	0,85	0,20	0,81	24,12	<0,0001
EXCRETA POR DIA (kg) P2		13	1,24	0,32	1,21		
EXCRETA POR DIA (kg) P3		13	1,59	0,41	1,45		

Trat. Ranks

P1	8,42	A
P2	21,31	B
P3	30,27	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 38. Análisis estadístico que demuestra la variación en la producción de excretas Armijos, 2023

Tabla 22. Menciona valores de pH y se compara los tratamientos

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	6.99	7.1	7.14	7.38
R ₂	7	7.1	7.16	7.5
R ₃	7.06	7.12	7.26	7.9
R ₄	7.08	7.14	7.3	8.84

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)				
Variable	n	Media	D.E.	W* p(Unilateral D)
pH	16	7,32	0,47	0,67 <0,0001

Figura 39. Test de No-normalidad para valores pH
Armijos, 2023

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
pH	T1	4	7,03	0,04	7,03	13,95	0,0029
pH	T2	4	7,12	0,02	7,11		
pH	T3	4	7,22	0,08	7,21		
pH	T4	4	7,91	0,66	7,70		

Trat.	Ranks	
T1	2,50	A
T2	6,63	A B
T3	10,38	B C
T4	14,50	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 40. Análisis estadístico Kruskal Wallis que estableció variaciones de pH en los distintos tratamientos
Armijos, 2023

Tabla 23. Detalle de los valores de conductividad eléctrica (Us/cm)

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	664	800	940	1080
R ₂	706	850	988	1086
R ₃	780	890	1008	1091
R ₄	800	900	1019	1095

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
EC	16	918,56	141,77	0,90	0,1556

Figura 41. Test de Normalidad para valores de conductividad eléctrica Armijos, 2023

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EC	16	0,93	0,91	4,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	279394,19	3	93131,40	50,58	<0,0001	
TRATAMIENTOS	279394,19	3	93131,40	50,58	<0,0001	
Error	22095,75	12	1841,31			
Total	301489,94	15				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=90,08334				
Error: 1841,3125 gl: 12				
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	737,50	4	21,46	A
T2	860,00	4	21,46	B
T3	988,75	4	21,46	C
T4	1088,00	4	21,46	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 42. Análisis estadístico que midió variaciones de conductividad eléctrica entre todos los tratamientos Armijos, 2023

Tabla 24. Sólidos totales disueltos (ppm)

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	301	408	460	550
R ₂	345	433	504	572
R ₃	389	435	505	652
R ₄	402	440	511	680

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
TDS	16	474,19	103,48	0,95	0,7377

Figura 43. Test de normalidad para valores de sólidos totales disueltos
Armijos, 2023

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TDS	16	0,87	0,84	8,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	140374,69	3	46791,56	27,74	<0,0001
TRATAMIENTOS	140374,69	3	46791,56	27,74	<0,0001
Error	20243,75	12	1686,98		
Total	160618,44	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=86,22547
Error: 1686,9792 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T1	359,25	4	20,54 A
T2	429,00	4	20,54 A B
T3	495,00	4	20,54 B
T4	613,50	4	20,54 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 44. Análisis estadístico que estableció variaciones en los tratamientos para parámetros de sólidos totales disueltos
Armijos, 2023

Tabla 25. Valores correspondientes de nitrógeno total (Mg/Kg)

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	2600	2200	4400	4100
R ₂	2150	2100	4278	3500
R ₃	2375	2150	4339	3800
R ₄	2488	2150	4340	3950

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)						
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	16	3182,50	968,91	0,76	0,0003	

Figura 45. Test de No-normalidad para análisis de nitrógeno total
Armijos, 2023

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T1	4	2403,25	192,20	2431,50	13,50	0,0035
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T2	4	2150,00	40,82	2150,00		
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T3	4	4339,25	49,81	4339,50		
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T4	4	3837,50	256,17	3875,00		

Trat. Ranks		
T2	3,00	A
T1	6,00	A B
T4	10,50	B C
T3	14,50	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 46. Análisis Kruskal Wallis midió variaciones de nitrógeno total en todos los tratamientos
Armijos, 2023

Tabla 26. Valores correspondientes al fósforo total (Mg/Kg)

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	2.95	3.02	4.21	3.35
R ₂	3.39	2.98	3.38	3.19
R ₃	3.17	3	3.79	3.27
R ₄	3.06	3	3.80	3.31

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	16	3,30	0,36	0,84	0,0161

Figura 47. Test de No-normalidad para el análisis de fósforo total Armijos, 2023

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T1	4	3,14	0,19	3,12	10,96	0,0118
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T2	4	3,00	0,02	3,00		
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T3	4	3,80	0,34	3,80		
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	T4	4	3,28	0,07	3,29		

Trat. Ranks	
T2	3,50 A
T1	6,75 A
T4	9,50 A B
T3	14,25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 48. Análisis de Kruskal Wallis identificó las variaciones entre los tratamientos en parámetros de fósforo total Armijos, 2023

Tabla 27. Valores correspondientes al potasio (Mg/Kg)

Repeticiones	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
R ₁	5.25	4.75	3.78	3.65
R ₂	3.50	3.59	3.60	4.45
R ₃	4.08	4.17	3.69	4.05
R ₄	4.37	4.46	3.69	4

Armijos, 2023

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	16	4,07	0,49	0,90	0,1539

Figura 49. Test de normalidad para análisis de potasio
Armijos, 2023

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RESULTADOS FISICO-QUIMICO ..	16	0,25	0,07	11,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,91	3	0,30	1,37	0,2999	
TRATAMIENTOS	0,91	3	0,30	1,37	0,2999	
Error	2,67	12	0,22			
Total	3,58	15				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,99021			
Error: 0,2225 gl: 12			
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T3	3,69	4	0,24 A
T4	4,04	4	0,24 A
T2	4,24	4	0,24 A
T1	4,30	4	0,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 50. Análisis estadístico que determinó variaciones entre tratamientos en parámetro potasio
Armijos, 2023