

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE
LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE COCINA DOMICILIARIA DEL DISTRITO DE
CALLERIA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE
UCAYALI**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

ZAPATA BARDALES, FERNANDO JOSÉ

**PUCALLPA – PERÚ
2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 165 /2023-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 09:20 horas del día jueves 20 de abril del 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designados con Memorándum Múltiple N° 035-2023-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE COCINA DOMICILIARIA DEL DISTRITO DE CALLERIA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI”**, presentado por la bachiller Fernando José Zapata Bardales, asesorado por el Dr. Grober Panduro Pisco, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 10:30 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Dr. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN


Esta tesis fue aprobada por el jurado Evaluador de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez



Presidente

Dr. David León Moreno




Miembro

Dr. Julissa Katy Bautista Valencia



Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco



Asesor

Bach. Fernando José Zapata Bardales



Tesista



CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0130-2023.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:
"PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE COCINA DOMICILIARIA DEL DISTRITO DE CALLERIA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI"

Autor(es) : ZAPATA BARDALES, FERNANDO JOSE
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela : ING. AMBIENTAL
Asesor(a) : Dr. PANDURO PISCO, GROBER

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un porcentaje de similitud 4%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 13/03/2023



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, FERNANDO JOSÉ ZAPATA BARDALES

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

PRODUCCIÓN DE BIOMETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ORGÁNICA DE COCINA DOMICILIARIA DEL DISTRITO DE CALLEERÍA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALISustentada el año: 2023Con la asesoría de: DR. ROBER PANDURO PISCOEn la Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALESEscuela profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 26 / 4 / 23Email: nando16zb@gmail.com
Teléfono: 955189698Firma: 
DNI: 72810415www.repositorio.unu.edu.pe✉ repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios por su compañía y fortaleza que me brindó para lograr mis objetivos. A mis padres Betty y Jhonny por su esfuerzo, cariño y apoyo incondicional que me brindaron durante todo este proceso y así lograr un objetivo más en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por ser mi alma mater y acogerme para mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que me brindaron sus conocimientos y su apoyo en mi formación profesional

A mi asesor de tesis, Dr. Grober Panduro Pisco, por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico.

A esas amistades la cual unimos lazos durante nuestra vida universitaria, los recuerdos, los sueños de superación y de ser mejores profesionales cada día.

No ha sido fácil este proceso pero gracias infinitamente, por apoyarme a lograr esta nueva meta, la obtención de mi título profesional.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DEL CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación del problema	5
1.2. Objetivos.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA	11
2.2.1. Estudio del bioetanol de segunda generación como biocombustible..	11
2.2.1.1 Descripción general.....	11
2.2.1.2. Procesos de obtención de bioetanol de segunda generación.....	12
2.2.1.3. Vías de obtención de bioetanol de segunda generación.....	13
2.2.1.4. Propiedades del bioetanol como carburante.....	14
2.2.2. Biomasa lignocelulósica	17
2.2.2.1. Celulosa	17
2.2.2.2. Hemicelulosa	18
2.2.2.3. Lignina.....	18
2.2.3. Estudio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.....	18
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	20
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2. UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA.....	23
3.2.1. Ubicación del estudio.....	23
3.2.2. Población.....	23
3.2.3. Muestra.....	23
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	24

3.3.1.	Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumos	24
3.3.2.	Trabajo de Campo	24
3.3.3.	Selección y limpieza de la fracción orgánica	24
3.3.4.	Molienda.....	24
3.3.5.	Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica	25
3.3.6.	Fermentación.....	26
3.3.7.	Filtrado	27
3.3.8.	Destilación.....	27
3.3.9.	Determinación de los parámetros del Bioetanol.....	27
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	28
3.4.1.	Técnicas.....	28
3.4.2.	Instrumentos.....	28
3.5.	PROCESAMIENTO DE DATOS	30
3.6.	TRATAMIENTO DE DATOS	30
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1.	Resultados	31
4.1.1.	Parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica.....	31
4.1.1.1.	Índice de generación promedio (kg/día/vivienda).....	31
4.1.1.2.	Caracterización de la fracción orgánica recolectada	31
4.1.1.3.	Volumen Inicial.....	32
4.1.1.4.	Densidad.....	33
4.1.1.5.	Temperatura.....	34
4.1.1.6.	pH.....	35
4.1.1.7.	°Brix.....	38
4.1.2.	Control operativo del proceso de fermentación	39
4.1.3.	Parámetros de calidad y rendimiento del bioetanol.....	44
4.1.3.1.	Calidad	44
4.1.3.2.	Rendimiento.....	44
4.2.	Discusión.....	48
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
5.1.	Conclusiones.....	50
5.2.	Recomendaciones.....	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas del bioetanol como carburante.....	15
Tabla 2. Especificaciones técnicas del Etanol – NTP 321.126.2011.....	16
Tabla 3. Descripción de tratamientos y repeticiones.....	22
Tabla 4. Modelo del Control operativo del proceso de fermentación	27
Tabla 5. Índice de generación promedio por vivienda	31
Tabla 6. Caracterización de la fracción orgánica recolectada	32
Tabla 7. Volumen Inicial para cada tratamiento.....	32
Tabla 8. Densidad del Testigo y Tratamientos.....	33
Tabla 9. Temperatura del Testigo y Tratamientos.....	34
Tabla 10. pH del Testigo y Tratamientos pre proceso de fermentación	35
Tabla 11. pH del Testigo y Tratamientos post proceso de fermentación.....	36
Tabla 12. pH del testigo y tratamientos del bioetanol	37
Tabla 13. °Brix del Testigo y Tratamientos.....	38
Tabla 14. Volumen de alcohol.....	45
Tabla 15. Análisis de varianza para el volumen de alcohol	46
Tabla 16. Prueba de Tukey	46
Tabla 17. Grado alcohólico.....	47
Tabla 18. Control del proceso de fermentación – Día 1	59
Tabla 19. Control del proceso de fermentación – Día 2.....	60
Tabla 20. Control del proceso de fermentación – Día 3	60
Tabla 21. Control del proceso de fermentación – Día 4	61
Tabla 22. Control del proceso de fermentación – Día 5	62
Tabla 23. Control del proceso de fermentación – Día 6	62
Tabla 24. Control del proceso de fermentación – Día 7	63
Tabla 25. Control del proceso de fermentación – Día 8	64
Tabla 26. Control del proceso de fermentación – Día 9	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso de producción de bioetanol de 2GI	13
Figura 2. Estructura de la biomasa lignocelulósica.....	17
Figura 3. Composición física de los residuos sólidos del distrito de Calleria (%)	19
Figura 4. Densidad del Testigo y Tratamientos	33
Figura 5. Temperatura del Testigo y Tratamientos	34
Figura 6. pH del Testigo y Tratamientos pre proceso de fermentación	35
Figura 7. pH del Testigo y Tratamientos post proceso de fermentación	36
Figura 8. pH del testigo y tratamientos del bioetanol.....	37
Figura 9. °Brix del Testigo y Tratamientos	38
Figura 10. Temperatura del control de proceso de fermentación turno día.	39
Figura 11. Temperatura del control de proceso de fermentación turno noche.....	39
Figura 12. Control de burbujeo de T0 turno día.....	40
Figura 13. Control de burbujeo T0 turno noche.....	40
Figura 14. Control de burbujeo T1 turno día	41
Figura 15. Control de burbujeo T1 turno noche.....	41
Figura 16. Control de burbujeo T2 turno día	42
Figura 17. Control de burbujeo T2 turno noche.....	42
Figura 18. Control de burbujeo T3 turno día	43
Figura 19. Control de burbujeo T3 turno noche.....	43
Figura 20. Volumen de alcohol.....	45
Figura 21. Fracción orgánica recolectada de las 14 viviendas	65
Figura 22. Pesaje de la fracción orgánica para conocer el IGP por vivienda	65
Figura 23. Selección de la fracción orgánica acumulada.....	65
Figura 24. Caracterización de la fracción orgánica.....	65
Figura 25. Pesaje por cada fracción orgánica recolectada.....	66
Figura 26. Trituración de la fracción orgánica en pequeñas proporciones (1cm aproximadamente)	66
Figura 27. Distribución aleatoria de la fracción orgánica para los tratamientos y el testigo.....	66
Figura 28. Proceso de homogenización para los tratamientos T2 y T3.....	66
Figura 29. Vaciado al envase para el proceso de fermentación.....	67
Figura 30. Agregando 2500 ml de agua al tratamiento T1 y al testigo T0.....	67
Figura 31. Equipos para la medición de los parámetros fisicoquímicos	67
Figura 32. Medición de los parámetros fisicoquímicos.....	67
Figura 33. Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	68
Figura 34. Pesaje de la levadura	68
Figura 35. Envases listos para empezar el proceso de fermentación	68
Figura 36. Burbujeo durante el proceso de fermentación	68
Figura 37. Primer filtrado	69
Figura 38. Termina del primer filtrado	69
Figura 39. Materiales para el segundo filtrado.....	69
Figura 40. Segundo filtrado.....	69
Figura 41. Termina del segundo filtrado	70
Figura 42. Proceso de destilación.....	70
Figura 43. Destilación para la obtención de bioetanol.....	70
Figura 44. Obtención del bioetanol.....	70

Figura 45. Instrumento para la medición del grado alcohólico	71
Figura 46. Termino de la destilación	71
Figura 47. Medición de grado alcohólico	71

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el volumen de producción de bioetanol de segunda generación a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del distrito de Calleria mediante un diseño experimental en el que se realizó la medida del volumen de producción de bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria (cáscaras de frutas y verduras) que fue recolectada de 14 viviendas la cual fue procesada mediante 3 tratamientos (T1: Fracción orgánica sin homogenizar con *Saccharomyces cerevisiae*, T2: Fracción orgánica homogenizada sin *Saccharomyces cerevisiae* y T3: Fracción orgánica homogenizada con *Saccharomyces cerevisiae*) y un testigo (T0: Fracción orgánica sin homogenizar sin *Saccharomyces cerevisiae*) los cuales fueron llevados a 3 repeticiones cada uno, a través de los procesos de Selección y limpieza, molienda, fermentación, filtrado y destilación. Los resultados muestran que solo T3 obtuvo un volumen de alcohol promedio de 941.66 ml con un promedio de 14° de alcohol, a comparación de T0, T1, T2 que obtuvieron un volumen 713.33 ml, 853.33 ml y 760 ml respectivamente, pero no arrojaron ningún dato (Grado alcohólico) debido al tipo de tratamiento utilizado. Concluyendo que si se logró obtener bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del Distrito de Calleria, sin embargo, es necesario profundizar más sobre las condiciones óptimas de cada proceso con el fin de mejorar su producción.

Palabras clave: Bioetanol, biocombustible, fracción orgánica domiciliaria

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the production volume of second generation bioethanol from the organic fraction of home cooking in the Calleria district through an experimental design in which the measurement of the bioethanol production volume was carried out from the organic fraction from home cooking (fruit and vegetable peels) that was collected from 14 homes which was processed through 3 treatments (T1: Organic fraction without homogenization with *Saccharomyces cerevisiae*., T2: Organic fraction homogenized without *Saccharomyces cerevisiae*. and T3: Fraction organic homogenized with *Saccharomyces cerevisiae*) and a control (T0: Organic fraction without homogenized without *Saccharomyces cerevisiae*) which were taken to 3 repetitions each, through the processes of Selection and cleaning, grinding, fermentation, filtering and distillation. The results show that only T3 obtained an average volume of alcohol of 941.66 ml with an average of 14 ° of alcohol, a composition of T0, T1, T2 that obtained a volume of 713.33 ml, 853.33 ml and 760 ml respectively but did not show any data (Alcoholic degree) due to the type of treatment used. Concluding that if it were prepared to obtain bioethanol from the organic fraction of home cooking in the Calleria District, however, it is necessary to delve deeper into the optimal conditions of each process in order to improve its production.

Keywords: Bioethanol, biofuel, home organic fraction

INTRODUCCIÓN

La producción de biocombustibles como el biodiésel y el bioetanol parten desde una misma problemática que es el incremento de los gases de efecto invernadero que contribuye al cambio climático debido al uso del combustible convencional (gasolina, petróleo) por parte del servicio de transporte que sigue y seguirá dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles, pero se sabe que desde hace varios años diversos países como Brasil y Estados Unidos vienen trabajando y optando por la generación de una nueva fuente de energía limpia y renovable como es la de los biocombustibles a partir de productos agrícolas ricos en azúcares, tales como la remolacha y la caña de azúcar o productos agrícolas ricos en almidón tales como los cereales y la papa. Pero la alta demanda que genera la producción de esta fuente de energía hace que estos monocultivos que son utilizados se incrementen en hectáreas de parcelas y exija un mayor riego, cuidado y mantenimiento, y en caso de zonas de selva se deforesta la vegetación dejando al descubierto nuestra fauna silvestre y a nuestras comunidades nativas.

En el Perú otro factor que contribuye a los gases de efecto invernadero son los residuos sólidos urbanos. De acuerdo con el MINAM (2021) para el año 2016, las emisiones de GEI del sector Desechos, fueron de 6,437.67 GgCO₂eq, representando el 3.14% de las emisiones a nivel nacional, motivo por el cual se ha buscado una nueva forma de generar esta energía a través de la biomasa lignocelulósica, como son los residuos agrícolas, restos de poda o residuos sólidos urbanos, más enfocado a este último. La importancia de este proyecto conlleva a una mejora del manejo de estos residuos, a la reducción de los gases de efecto invernadero y a su vez mejorar la calidad de vida de la población, mediante el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de distrito de Calleria, especialmente de la fracción orgánica de cocina como son las cáscaras de frutas y verduras, debido a que, la mayoría de esta fracción orgánica son desechados, desperdiciados y no aprovechados en alguna actividad, salvo para la elaboración del compostaje pero en menor cantidad, y producto de esto, su tiempo de descomposición se acorta al estar expuestos a las condiciones ambientales del lugar, dando origen a las emisiones generando contaminación.

Además de fomentar nuevas investigaciones que generen mayor información sobre la producción de bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria, que son productos disponibles y que no compite con la producción alimentaria

relacionada con el uso de tierras, además de incentivar a la creación de micro y pequeñas empresas para la producción de esta nueva fuente de energía, lo cual aportaría a generar más lugares de trabajo y el desarrollo de la región y país.

El presente proyecto cuenta con 5 Capítulos: Capítulo I. Planteamiento del problema, Capítulo II. Marco teórico, Capítulo III. Metodología, Capítulo IV. Resultados y Discusion y Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones; el cual tiene un solo objetivo que es el de determinar el volumen de producción de bioetanol de segunda generación a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del distrito de Calleria.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú, el incremento de la generación, acumulación y disposición final de los residuos sólidos urbanos, debido al crecimiento acelerado de la población, es cada vez más preocupante, por los graves problemas a la salud y al medio ambiente que trae consigo su inadecuado manejo, no se observa el interés de la población y de las autoridades competentes en dar una Gestión Integrada para el manejo de los residuos sólidos urbanos que abarca diferentes procesos, como es el de segregación, barrido y limpieza de espacios públicos, recolección selectiva, transporte, almacenamiento, acondicionamiento, valorización, transferencia, tratamiento y disposición final mencionados en nuestra normativa nacional vigente sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos Decreto Legislativo 1278, modificatoria y su reglamento Decreto Supremo N°014-2017-MINAM.

Una de las consecuencias de este incremento es que los gases de efecto invernadero provenientes de los residuos sólidos son también un factor crucial que contribuye al cambio climático. De acuerdo con el MINAM (2021) afirma que:

Para el año 2016, las emisiones de GEI del sector Desechos, fueron de 6,437.67 GgCO₂eq, representando el 3.14% de las emisiones a nivel nacional y la principal fuente de emisión es la categoría “Eliminación de desechos sólidos” con 3,979.47 GgCO₂eq, representando el 61.82% de las emisiones de este sector, produciendo cantidades significativas de metano (CH₄). Además, los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) producen también dióxido de carbono biogénico (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO).

En los principales distritos del Departamento de Ucayali, se ha declarado una emergencia sanitaria debido a la inadecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, en lo que respecta la disposición final de los distritos de Yarinacocha, Manantay, Campo Verde y Callería, ubicados en la provincia de Coronel Portillo, región Ucayali (Andina, 2019).

Esta disposición final en la actualidad se realiza en el botadero municipal ubicado en el Km 22 de la Carretera Federico Basadre, entrando por el margen izquierdo a 3 Km, los residuos sólidos generados en los distritos no se segregan adecuadamente, siendo casi inexistente el reciclaje y la valorización de los residuos por parte del Municipio y de la misma población, salvo aquellos pequeños recicladores y empresas recicladoras privadas que de forma independiente reciclan los residuos sólidos inorgánicos, pero no su totalidad y tampoco con una cobertura necesaria (Preising, 2020).

Basándonos en los volúmenes de generación de residuos sólidos en el Distrito de Calleria, la MPCP (2018) menciona que:

La composición física de los residuos sólidos del distrito de Calleria cuenta con mayor cantidad de porcentaje de materia orgánica (restos de alimentos, frutas, verduras, de jardín, entre otros.) presentando un 61.54% en su composición domiciliaria del total de residuos sólidos que se generan.

Es por ello que en busca de alternativas sostenibles como es el aprovechamiento de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), especialmente de la fracción orgánica de cocina domiciliaria como son las cáscaras de frutas y verduras, que son generados en el ámbito municipal del distrito de Calleria, para la generación de nuevas formas de energía más eficientes y sostenibles, como ejemplo tenemos a los biocombustibles que abarca la producción de bioetanol y biodiésel descritos en el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, como alternativa al uso de combustibles fósiles que son usados mayormente como principal fuente de energía.

La fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, debido a su composición de tener un alto porcentaje de humedad, puede ser aprovechado a través del compostaje, lombricultura, digestión anaerobia, entre otros métodos, contribuyendo a reducir la contaminación generada por estos mismos, al disminuir la cantidad de residuos que se disponen y lograr obtener subproductos útiles a partir de ellos, tales como compost, vermicompost, biogás, bioetanol, etc., lo cual tiene impactos positivos tanto en el medio ambiente como en la economía.

Debido a la biomasa lignocelulósica que posee un alto contenido de polisacáridos de origen celulósico y hemicelulósico, y una considerable proporción de ligninas presentes en la composición de la fracción orgánica de cocina domiciliaria, nace

como alternativa la producción de bioetanol a partir de la degradación de la misma a través de procesos de fermentación y destilación para su producción final, de esta manera se estaría contribuyendo a la reducción de los residuos sólidos urbanos producidos diariamente, que es también considerado uno de los principales problemas ambientales en el distrito. La valorización energética de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, transformándola en bioetanol de segunda generación, apto para el uso como carburante para el transporte y como combustible sólido valorizable, trae consigo un gran avance en el tratamiento y eliminación de los residuos sólidos urbanos (Perseo Biotechnology, 2019).

Siendo la fracción orgánica de cocina domiciliaria un insumo siempre disponible y de bajo costo que no compite con la producción alimentaria, ni genera daños al ambiente, dado que se trata de residuos que poseen escaso o nulo valor económico, además de que ayuda a reducir el problema ambiental asociado a su inadecuado manejo y a la vez ser una solución eficaz para combatir el incremento del cambio climático.

1.1. Formulación del problema

➤ Problema General

- ¿Cuál es el volumen de producción de bioetanol de segunda generación a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del distrito de Calleria?

➤ Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del distrito de Calleria para la producción de bioetanol de segunda generación?
- ¿Cuáles son los parámetros de calidad y rendimiento para la medición del bioetanol?
- ¿Cuánto de volumen de bioetanol de segunda generación se obtendrá por cada tratamiento a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria del Distrito de Calleria?

- ¿Cuál es la cantidad de fracción orgánica de cocina domiciliar que es necesaria para la producción de bioetanol de segunda generación?

1.2. Objetivos

➤ **Objetivo general**

- Determinar el volumen de producción de bioetanol de segunda generación a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliar del distrito de Calleria.

➤ **Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica de cocina domiciliar del distrito de Calleria para la producción de bioetanol de segunda generación.
- Determinar los parámetros de calidad y rendimiento para la medición de bioetanol.
- Determinar el volumen de producción de bioetanol de segunda generación por cada tratamiento a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliar del distrito de Calleria.
- Determinar la cantidad de fracción orgánica de cocina domiciliar que es necesaria para la producción de bioetanol de segunda generación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Arellano (2015) en su investigación titulada “Obtención de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos sometidos a hidrólisis enzimática” tiene como objetivo generar bioetanol a partir de los residuos de la cáscara de *Jatropha curcas* y del *Pennisetum sp* sometidos a hidrólisis enzimática. La metodología a usarse se basa en el diseño experimental planteado empezando por la caracterización de los materiales lignocelulósicos de *Pennisetum sp* y cáscara de *Jatropha curcas*, siguiendo con los pretratamientos ácido, alcalino y autohidrólisis, seguido de la hidrólisis enzimática para determinar el nivel óptimo del pretratamiento de las fibras pretratadas de *Pennisetum sp* y de *Jatropha curcas*, la fermentación de la cáscara de *Jatropha curcas* y del *Pennisetum sp* utilizando cepas de los géneros *Saccharomyces* y *Kluyveromyces* y como último la detección de etanol mediante técnicas cromatográficas. Los resultados obtenidos muestran que todas las levaduras fueron capaces de producir bioetanol durante la fermentación del hidrolizado enzimático del *Pennisetum sp.*, obteniendo el resultado más alto de 10.27 g/L y el menor de 3 g/L. así mismo las levaduras del género *Saccharomyces* fueron capaces de producir etanol durante la fermentación del hidrolizado enzimático de la cáscara de *Jatropha curcas.*, obteniendo el resultado más alto de 1.53 g/L. Llegando a la conclusión de que los resultados obtenidos demuestran el potencial de estos materiales para su transformación en bioetanol.

Dávalos (2016) en su investigación titulada “Elaboración de etanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de la Reserva Biológica Limoncocha utilizando proceso de fermentación alcohólica” tiene como objetivo obtener etanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL), La metodología a usarse para la obtención del bioetanol empieza con la obtención de las muestras de residuos orgánicos de la Repara pasar al proceso de trituración y homogenización, seguido de la hidrólisis ácida y estabilización del pH de la muestra homogenizada, aparte se hace la preparación del cultivo de la levadura, se estabiliza el pH de la solución homogenizada, pasando al proceso de fermentación alcohólica y destilación simple para finalmente la obtención de la solución fermentada (bioetanol), se obtuvo como resultado que el rendimiento promedio del

bioetanol obtenido a partir de FORSU fue de 24,38% promedio; con un volumen y grado alcohólico promedio de 488 ml y 23° respectivamente. Se concluye que es viable la producción de bioetanol a partir de biomasa, brindando así beneficios ambientales como la reducción de índices de emisiones a la atmósfera y la reducción de residuos.

Olmos et al. (2019) en su artículo titulado “Análisis de factibilidad de un proceso de producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos como alternativa sustentable al manejo de residuos sólidos urbanos” se analiza el proceso de producción de bioetanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, así como la factibilidad de implementar este proceso como un nuevo método para el manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos, en base a la eficiencia obtenida en el proceso productivo propuesto y en la cantidad de residuos disponibles en el municipio de Guanajuato, México. La metodología de investigación se llevó a cabo en dos etapas. La Etapa I sobre la realización de un estudio de impacto sobre el estado actual del botadero municipal de Guanajuato para evaluar el alcance del daño ecológico existente en el sitio. La Etapa II la implementación de una propuesta de tecnología verde para la obtención de etanol a partir del aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, dieron como resultado un rendimiento del 85% de producción de etanol, concluyendo así que la utilización de la FORSU ha demostrado ser una alternativa útil para el manejo sustentable de esta clasificación de residuos de considerable producción en el municipio y cabe la posibilidad de utilizar para estos mismos fines otro tipo de residuos vegetales ricos en azúcares susceptibles de fermentar.

Palacios (2014) en su investigación titulada “Análisis de la producción de bioetanol de segunda generación, a partir del aprovechamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en Bogotá – Colombia” tiene como objetivo analizar los factores que facilitan la producción de bioetanol de segunda generación, a partir del aprovechamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en Bogotá-Colombia, teniendo en cuenta su conversión mediante procesos biológicos, el tipo de investigación es de tipo experimental exploratorio, el diseño de la investigación está basada en la investigación de Montoya, empezando por la adecuación de tamaño de partícula, solubilización, hidrólisis (alcalina/ácida), adicción de levadura, fermentación y destilación. Obteniendo resultados frente a la concentración de sustrato datos de concentraciones bajas que fluctúan entre el 3% y 5% de sustrato, se obtuvieron datos completos en las lecturas de dos (2) pruebas: (3% sustrato + 1.5 % levadura y 3% sustrato + 3 % levadura) y frente a la concentración de levadura funciona con bajas concentraciones con valores del 3% p/v, es decir que con tres (3) gramos de levadura

por cada 100 ml resulta suficiente para garantizar el desarrollo y medición adecuados de la fermentación funcionando hasta para las concentraciones de 5% p/v y 7.5% p/v de concentración de sustrato, concluyendo así que los factores que afectan la dinámica de la reacción para la obtención de etanol, según las muestras establecidas son: La concentración del sustrato, Concentración de levadura y el nivel de pH de la solución.

Ramírez et al. (2020) en su investigación titulada “Obtención de bioetanol a partir de residuos de fruta obtenidos de sitios urbanos” tiene como objetivo, obtener bioetanol a partir de los residuos orgánicos producidos en sitios urbanos, mediante la fermentación anaeróbica en condiciones normales de presión y temperatura. La metodología de investigación empieza con la recolección de los residuos orgánicos del mercado Martínez de la Torre, en la colonia Guerrero, Ciudad de México, una vez recolectadas y pesadas las muestras, se separan los residuos no deseables o no procesables (restos de huesos, restos de plástico, etc.), después el procesamiento de la materia prima, el cual consistió en un lavado, trituración, filtración y secado para la obtención de la biomasa, en la evaluación del efluente sólido obtenido al término de la extracción fue pesado y valorado, y finalmente el proceso de la obtención de bioetanol. Obteniendo resultados del 44.35% y 30.32% de rendimiento de alcohol, por lo que se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos se asume la viabilidad para la obtención de bioetanol a partir de los residuos orgánicos de sitios urbanos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Araujo (2015) en su investigación titulada “Uso de residuos de materia orgánica del mercado Santa Rosa para la producción de bioetanol en el laboratorio de calidad, UCV - SJL, 2015” tiene como objetivo determinar la capacidad del uso de residuos de materia orgánica del mercado Santa Rosa para producir bioetanol en el laboratorio de calidad, UCV - SJL, 2015. El diseño de investigación es experimental, se tomaron como muestra 10 kilogramos del residuo de materia orgánica, del cual se tomó 1 kg de muestra para realizar los análisis fisicoquímicos, y el resto para la obtención de alcohol a través de 3 procesos tomados como tratamientos: testigo, sin hidrolizado y con hidrolizado, donde se les inoculó levaduras (*Sacharomices cerevisiae*) y con ello se procedió a fermentar por 7 días para finalmente realizar una destilación fraccionada, Obteniendo como resultado un volumen de alcohol del tratamiento con hidrolizado (TCH) de 339.66 ml/kg en promedio siendo el tratamiento que más volumen de alcohol produjo, continuado por el tratamiento sin hidrolizado (TSH) con 192.33 ml/kg en promedio y por último el tratamiento testigo (Test) con 68.33 ml/kg en promedio. Concluyendo así que

por cada kg de residuo orgánico se obtiene hasta 339.66 ml de alcohol y con un grado alcohólico de 87°, con ello se demuestra con un tratamiento eficaz se puede dar un buen uso a los residuos orgánicos.

Arellano (2021) en su investigación titulada "Obtención de bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho" tiene como objetivo obtener bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho. La metodología usada para llevar a cabo el proyecto consistió en recolectar los residuos y luego seleccionar y triturar la materia prima, posteriormente se sometió a una Hidrólisis ácida, utilizando diferentes concentraciones de ácido sulfúrico, posteriormente se llevó al proceso de fermentación variando de manera óptima las diversas concentraciones de levadura empleada a las muestras y finalmente se cuantificó el producto para determinar las propiedades fisicoquímicas de las diferentes muestras de etanol obtenido. Los resultados obtenidos indicaron significativamente que la pureza adquirida del alcohol obtenido estuvo comprendida dentro de un rango de 10 a 30°, siendo la base inicial 200 gramos de materia orgánica, las concentraciones de ácido sulfúrico empleadas fueron de 3, 5 y 7 molar, sometidas a una temperatura de hidrólisis de 90 °C durante un tiempo de hidrólisis 2 a 3 días, la proporción de levadura empleada fue de 4 y 8 por ciento y el tiempo de fermentación de 7 a 12 días. Concluyendo que se logró obtener bioetanol a partir de los residuos sólidos urbanos del mercado de abasto de la Municipalidad Distrital de Huacho, siendo el método más eficaz para determinar el alcohol obtenido con un margen de error del 0.01 % es el método del refractómetro.

Chiroque (2018) en su investigación titulada "Capacidad de producción de bioetanol a través de la degradación de residuos sólidos orgánicos en Chiriaco, 2018" plantea el objetivo de determinar la capacidad de producción de bioetanol a través de la degradación de residuos sólidos orgánicos en Chiriaco. La metodología implica en obtener las muestras de residuos vegetales y de cocina para su posterior procesamiento en el laboratorio. La secuencia de procedimientos para la obtención de etanol a nivel de laboratorio es la siguiente: pretratamiento, preparación de inóculo microbiano e inoculación, determinación de la glucosa formada, fermentación de la glucosa, destilación para la obtención del alcohol etílico. Los resultados obtenidos fueron mayores en contenido de humedad, contenido de glucosa y otros azúcares reductores, así como en cantidad de bioetanol, y rendimiento en los residuos vegetales comparados con los residuos de cocina y el testigo. El bioetanol producido se obtuvo en dos fases, una de destilación rápida, y otra a través de destilación por arrastre de vapor, obteniendo

un 11.94% de rendimiento para residuos vegetales y 10.57% para residuos de cocina. En conclusión, la producción de etanol de estos residuos es técnicamente viable, sin embargo, se deben investigar las condiciones óptimas de cada proceso para que la tecnología se implemente a escala industrial.

Llenque et al. (2020) en su artículo titulado “Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales” tiene como objetivo valorar la producción de bioetanol a partir de cáscaras de *Citrus reticulata*, *Passiflora edulis* y hojas de *Eucalyptus globulus*. La metodología consistió en recoger las cáscaras de mandarina, maracuyá y hojas de eucalipto en bolsas de polietileno, rotuladas y se trasladaron al laboratorio; en donde fueron lavadas, desinfectados, secadas y molidas. A un kg de residuo triturado se agregó 4 L de HCl 1.0M, se calentó a 100°C por 5h; luego se filtró y ajustó a pH 4.5 con NaOH 1.0M. El sistema con 2.2 L de medio de producción, 14°Brix y suplementado, se fermentó con *Saccharomyces cerevisiae* MIT-L51, 100 ml/L de hidrolizado, a temperatura ambiente (23-25°C) durante 7 días en reposo. Finalmente, se destiló a 78°C por 3h, y los rendimientos promedios fueron de 3.8 ± 0.2 % (v/v, ml de bioetanol obtenido/100 ml de fermento destilado) para cáscaras de mandarina, 4.2 ± 0.1 % (v/v) maracuyá y 4.7 ± 0.1 % (v/v) de hojas de eucalipto, con un grado alcohólico del 80%(volumen). Concluyendo que los residuos vegetales estudiados pueden ser utilizados para la producción de bioetanol a gran escala, teniendo como referencia las condiciones de ensayo.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Estudio del bioetanol de segunda generación como biocombustible

2.2.1.1 Descripción general

El Bioetanol es un combustible transparente, incoloro, inflamable y oxigenado, que tiene una fórmula química de $C_2H_5(OH)$ (Alejandro & Camposano, 2021). Es obtenido a través de la fermentación de azúcares como de la caña de azúcar, maíz, trigo, arroz, residuos agrícolas, forestales y residuos orgánicos urbanos (Hernández C. , 2016).

También conocido como etanol o alcohol etílico, ha sido ampliamente utilizado como potenciador de combustible o gasolina, es de naturaleza completamente renovable, cuando se quema el dióxido de carbono que se emite en el proceso de

combustión, es devuelto a las plantas para la fotosíntesis y se repite nuevamente el proceso. Además, para la producción de biomasa, el uso de bioetanol como activador de combustibles fósiles tiene varias ventajas, como una mejor oxidación de los hidrocarburos en la gasolina y, por tanto, una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (alrededor del 12%) (Chandel & Singh, 2011).

2.2.1.2. Procesos de obtención de bioetanol de segunda generación

El bioetanol se sitúa como uno de los primeros biocombustibles en ser un protagonista fundamental para el nuevo sistema energético sostenible que se está desarrollando actualmente, ya que ofrece ventajas económicas y sostenibles con el medio ambiente, siendo más económico que el combustible convencional como el petróleo y menos contaminante que este, además de ser una fuente renovable de energía (Jimenez, 2018).

El aumento de la producción de alcohol en el mundo está a mano con el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten obtener bioetanol a partir de residuos agrícolas, maderables, de desechos sólidos y de todos los materiales que contengan celulosa y hemicelulosas, para permitir reaprovechar los desechos de varias industrias y convertirlos en materia prima para la obtención de alcohol (Olivia et al. & Catá et al., como se citó en Viñals et al., 2012).

La variedad de alternativas tecnológicas para la producción del bioetanol ha hecho crucial el análisis del proceso global, a la par del diseño y desarrollo de cada una de las operaciones que lo componen. Según (Valle & González, 2019) mencionan que:

La producción de biocombustibles de segunda generación (biocombustibles 2G) a partir de biomasa consta de cuatro etapas: pretratamiento (se prepara la biomasa), sacarificación (se agregan enzimas a la biomasa), fermentación (se agregan microorganismos que producen el bioetanol) y destilación (se separa el biocombustible de contaminantes).

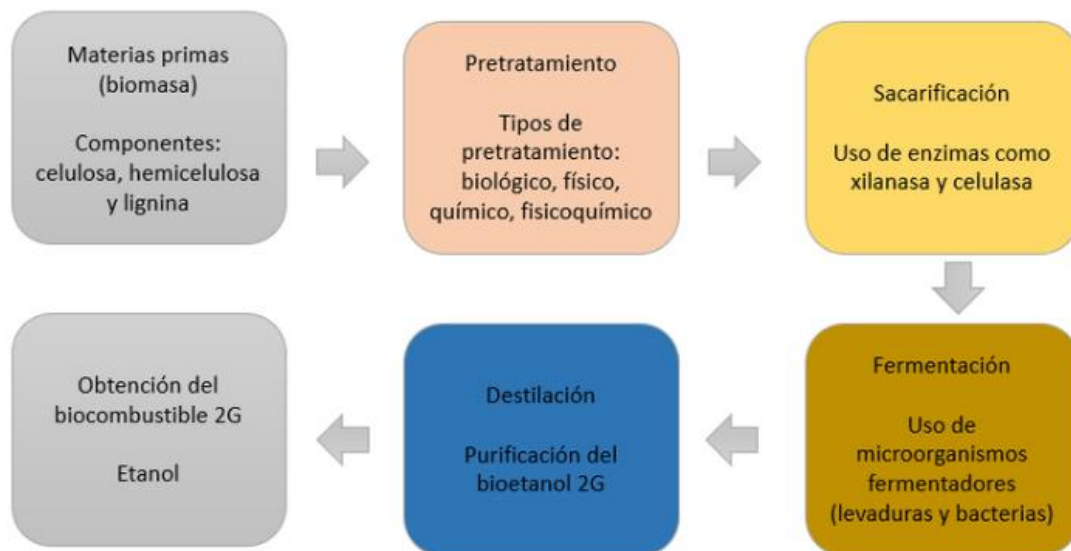


Figura 1. Diagrama del proceso de producción de bioetanol de 2G

Fuente: Vasco et al. (2016). Pretratamiento Biológico de biomasa lignocelulósica

2.2.1.3. Vías de obtención de bioetanol de segunda generación

El bioetanol se produce principalmente por alguna de estas vías:

1. Hidrólisis ácida

Es un proceso químico en donde la hemicelulosa y celulosa (cadenas de polisacáridos que integran la biomasa) a través de ácidos los convierten en sus monómeros elementales (Vásquez, 2019).

La hidrólisis ácida de los materiales lignocelulósicos es un proceso conocido desde 1819, periodo en los que la escasez de petróleo hizo que se empleara masivamente cuando se generó las dos guerras mundiales, puede realizarse empleando diferentes clases de ácidos como el ácido sulfúrico, clorhídrico, entre otros (Luz, 2014).

2. Hidrólisis enzimática

La hidrólisis enzimática se lleva a cabo mediante enzimas celulosas altamente específicas. Los productos de este tipo de hidrólisis son principalmente pentosas y hexosas, incluida la glucosa, luego se utilizan como fuente de azúcares para el proceso

de fermentación. Se realiza en condiciones relativamente suaves (pH 4,8 y temperatura entre 45-50°C); además, no hay problema de corrosión. Normalmente, la hidrólisis enzimática utiliza una mezcla de varias enzimas como las endoglucanasas, exoglucanasas y b-glucosidasas (Zola & Barranzuela, 2017).

2.2.1.4. Propiedades del bioetanol como carburante

El bioetanol, por sus propiedades fisicoquímicas, se considera un sustituto de la gasolina en los motores de ciclo Otto (Montiel & Romero, 2015). Contiene aproximadamente un 35% en peso de oxígeno y es un potenciador de octanaje, es decir, incrementa el número de octano de la gasolina, mejorando así el rendimiento del motor tanto en la ciudad como en la carretera (Castillo, 2008). Así mismo tiene una presión de vapor que es menor al de la gasolina, lo que resulta en una emisión menor por evaporación, es menos inflamable que la gasolina, lo que reduce el número y la gravedad de los incendios de vehículos y su contenido energético del etanol es inferior a la gasolina (unos 2/3 partes aproximadamente), pero su rendimiento es similar (Secretaría de Energía, 2017).

Para que el bioetanol se utilice como combustible combinado o único, debe incluir determinadas propiedades físicas y químicas para garantizar su calidad, por ejemplo en países como Brasil, la relación de mezcla obligatoria para automóviles de gasolina es de 27,5%; también existen vehículos que utilizan 100% agua alcohol, y actualmente más del 80% de los vehículos vendidos son flex fuel (tecnología flexible). En promedio, el etanol representa más del 60% del consumo de combustible de los vehículos brasileños. Los estudios en los Estados Unidos demostraron que la mezcla de aire y combustible al 15% (E-15) no fue un problema para los vehículos después del año modelo 2001, y se ha implementado en 12 estados. Otros países, como China, utilizan hasta un 12% de etanol en algunos países, Zimbabue hasta un 20% y Paraguay hasta un 24% de etanol mezclado con gasolina (Asocaña, 2014).

En la siguiente tabla se muestran ciertas características físicas químicas del bioetanol:

Tabla 1. Especificaciones técnicas del bioetanol como carburante

Características	Unidades	Bioetanol	Gasolina	Especificación
		ASTM	ABNT/NBR	
Aspecto	-	Visual	-	Limpio y sin impurezas
Color	-	Visual	-	Incoloro
Acidez Total (como ácido acético)	mg/L	D 1613	9866	30 max.
Conductividad Eléctrica	µs/m	D 1125	10547	500 max.
Masa Específica a 20°C	Kg/m ³	D 4052	5992	791.5 max
Grado Alcohólico	°INPM	-	5992	99.3 max.
Grado de Hidrocarburos	%vol	D 512	13993	3 max.
Ion Cloruro	mg/kg	D 5501	10894/10895	1.1
Grado de Etanol	%vol	-	-	99.3 min
Ion Sulfato	mg/kg	-	10894/12120	4.3 max.
Hierro	mg/kg	-	113331	5.5 max.
Sodio	mg/kg	-	10422	2.2 max.
Cobre	mg/kg	-	10893	0.07max.

Fuente: Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL (2006).

A nivel nacional en nuestro país existen algunas especificaciones técnicas que se deben cumplir para el control de la calidad y comercialización de los biocombustibles y de sus mezclas, en la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas del etanol de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 321.126.2011.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del Etanol – NTP 321.126.2011

Características	Especificaciones		Método de ensayo		
	Mín.	Max.	ASTM	EN	NTP
Etanol anhidrido, %volumen	95.2	-	D 5501	EN 15721	-
Metanol, % volumen	-	0.5	D 5501	EN 15721	-
Contenido de agua, % peso	-	0.3	E 203 E 1064	-	-
Contenido de desnaturalizante, % de volumen	2.00	3.00	-	-	-
Goma existente, lavada con solvente mg/100MI	-	5.0	D 381	-	-
Contenido de cloruros inorgánicos, ppm masa (mg/L)	-	10	D 7319 D 7328	-	-
Apariencia	Claro y brillante, libres de contaminante suspendidos o precipitados		Inspección visual	-	-
Contenido de cobre, mg/Kg	-	0.1	D 1688	-	-
Contenido de fósforo, mg/L	-	0.5	D 3231	EN 15487	-
Acidez (como ácido acético), %masa (mg/L)	-	0.007(56)	D 1613	-	-
pHe	6.5	9.0	D6423 D 2622	-	-
Azufre, ppp masa	-	30	D 3120 D 5453 D 7318	-	-
Sulfato total, ppm masa	-	4	D 7319 D 7328	-	-

Fuente: Norma Técnica Peruana 321.126.2011 PETRÓLEO Y DERIVADOS. Alcohol Carburante: Etanol anhidro desnaturalizado para mezcla con gasolina uso motor. Especificaciones (2011).

2.2.2. Biomasa lignocelulósica

La biomasa lignocelulósica generalmente es de origen vegetal, está formada por tejidos vegetales cuyas células contienen una pared celular constituida por microfibrillas de celulosa, formando capas recubiertas de hemicelulosa y sobre las que se deposita la lignina (Martín, 2017).

Es un heteropolímero complejo y el componente estructural de las plantas. Se encuentra en residuos agrícolas, industriales, forestales, municipales, pastos de crecimiento rápido, material vegetal del mar, y biomasa proveniente de zonas semiáridas (Arellano C. , 2015)

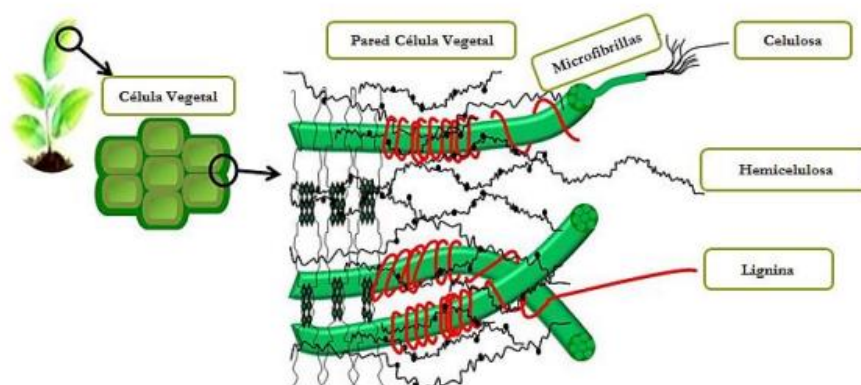


Figura 2. Estructura de la biomasa lignocelulósica

Fuente: Martín (2017). Análisis del ciclo de vida de la producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica proveniente de residuos agrícolas.

2.2.2.1. Celulosa

Es un polímero de cadena lineal, formado por la unión de unidades anhidroglucosa, en cadenas de glucano, que están unidas por enlaces β -(1,4)-glucosídicos (Abril & Navarro, 2012).

Las capas de celulosa se juntan para formar las llamadas fibrillas de celulosa o paquetes de celulosa que son en su mayoría independientes y débilmente unidos a través de enlaces de hidrógeno (Fengel & wegner, como se citó en Cortés, 2014).

2.2.2.2. Hemicelulosa

Es el segundo polímero mayoritario presente en la biomasa lignocelulosa, es un heteropolímero con menor grado de polimerización pero mayor complejidad que la celulosa, por sus ramificaciones y sustituciones. Está formada por pentosas (xilosa y arabinosa), hexosas (glucosa, galactosa y manosa), compuestos fenólicos (como el ácido ferúlico y p-cumárico) y grupos acetilo (De souza, 2013).

La principal cadena de xilana está compuesta de residuos de p-xilopiranosas unidos por un enlace β (1,4). Caracterizado por tener una configuración estructural amorfa y muy hidrofílica, por lo que es más accesible y fácil de hidrolizar que la celulosa (Arellano C. , 2015).

2.2.2.3. Lignina

Es el tercer polímero más abundante, seguido de la celulosa y la hemicelulosa, actúa como material de apoyo en la pared celular, ofrece rigidez, impermeabilidad y protege a los polisacáridos estructurales (Bellido, 2013).

Está compuesta por una estructura tridimensional de unidades fenilpropano o unidades C9. Existen tres diferentes tipos de unidades C9: p-hidroxifenil propano, guayacil propano y siringil propano, las cuales se presentan en diferentes proporciones dependiendo de su origen (Kruyeniski, 2017).

2.2.3. Estudio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos

Según el Decreto Legislativo 1278 (2016) Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, define a los residuos sólidos como cualquier objeto material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse.

Dentro de los residuos municipales, las viviendas, son uno de los lugares donde se generan residuos orgánicos domésticos de composición heterogénea y variable, denominados FORSU (fracción orgánica de residuos sólidos urbanos). San Millán (2018) menciona que estos residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal o animal, generados en el ámbito domiciliario y comercial, se dividen en residuos orgánicos de alimentos y de cocina, los cuales están compuestos por restos de

preparación o manipulación de la comida y los productos alimenticios, sobras de comidas, alimentos en mal estado y excedentes alimentarios no comercializados o consumidos y residuos vegetales o fracción vegetal, constituido por pequeños residuos vegetales no leñosos de jardinería o poda.

La valorización de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos contribuye a atenuar muchos de los problemas asociados a su acumulación, al reducir la cantidad de residuos que se generan y posibilitando la obtención de subproductos útiles como compost, vermicompost, bioetanol y biogás; teniendo así un impacto positivo en el medio ambiente como en la economía (Hernández et al., 2018).

Según el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 (2016), elaborado por el ministerio del ambiente, menciona que la composición promedio de residuos sólidos naciones para el año 2014 es 53.16% de materia orgánica, 18.64% residuos no aprovechables, 18.64% residuos aprovechables y un 6.83% residuos reciclables.

A nivel local, la generación de residuos de carácter municipal en el distrito de Calleria, se determina que hasta un 61.54% del total, lo conforman materia orgánica según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos.

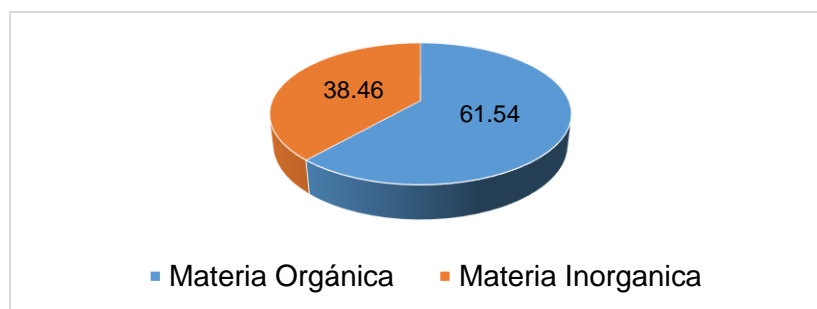


Figura 3. Composición física de los residuos sólidos del distrito de Calleria (%)

Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, 2018

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Biocombustible**

Los Biocarburantes, o denominados también biocombustibles, se aplica a una serie de productos de origen biológico que son utilizados como combustibles de sustitución de los derivados del petróleo o como aditivos de estos para su uso en motores (Dirección General de Eficiencia Energética, s.f.).

Según la Ley de promoción del mercado de biocombustibles (2004) en su artículo 2, menciona que los Biocombustibles son productos químicos que se obtienen de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o de otra forma de biomasa y que cumplan con las normas de calidad establecidas por las autoridades competentes, así mismo en la misma norma se menciona sobre el uso del etanol (denominado bioetanol) y el biodiésel como biocombustibles.

- **Bioetanol**

El bioetanol es el alcohol etílico que se obtiene por fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa (Perseo Biotechnology, 2019).

Su principal uso es como carburante de automoción, en sustitución al combustible convencional, que puede utilizarse como carburante puro, realizando ciertas modificaciones a los motores actuales, o mezclado con gasolina, pero en la mayoría de los países se prefiere utilizar mezclas de etanol con gasolina, que van desde un 10% hasta un 85% de etanol en volumen (Oliva, 2003).

En caso del Perú, según el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, el porcentaje de mezcla es de 7,8% y se le denomina Gasohol, según el grado de octanaje: Gasohol 97 Plus, Gasohol 95 Plus, Gasohol 90 Plus y Gasohol 84 Plus.

- **Bioetanol de Segunda Generación**

El bioetanol de segunda generación se produce a partir de fuentes no alimentarias como residuos agrícolas, residuos de maderas o residuos sólidos urbanos de base celulósica, que posee un bajo coste, dado que se trata de residuos que poseen escaso o nulo valor económico, además de abordar la problemática de generación y acumulación de residuos (Perseo Biotechnology, 2019).

- **Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU)**

La Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) se refiere a la fracción de RSU que consiste en residuos de origen orgánico, como residuos de comida y cocina, estiércol, poda de árboles, barrido de calles, ramas, paja y plantas (Hernández et al.,2018).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de la investigación es aplicada, que se basa en la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica.

- **Enfoque de Investigación**

La presente investigación es de enfoque cuantitativo por la cantidad de datos obtenidos para analizar la producción de bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria.

- **Tipo de Investigación**

Es de tipo explicativo, cuyo propósito es conocer la relación causa-efecto existente entre ambas variables, que son la fracción orgánica de cocina domiciliaria y la producción de bioetanol.

- **Diseño Metodológico**

El diseño de la investigación es experimental, ya que se realizó la medida del volumen de producción de bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria basada en 3 tratamientos y un testigo, el cual fue llevado a 3 repeticiones cada uno. En la tabla 3 se puede observar la descripción de los tratamientos y repeticiones respectivamente.

Tabla 3. Descripción de tratamientos y repeticiones

Testigo	Descripción	Repeticiones
T0	Fracción orgánica sin homogenizar sin <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	3
Tratamientos		
T1	Fracción orgánica sin homogenizar con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	3
T2	Fracción orgánica homogenizada sin <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	3
T3	Fracción orgánica homogenizada con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	3

3.2. UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento Ucayali. El distrito tiene una extensión territorial de 10,937.62 km², ubicándose a una altura 154 msnm, limitando por el norte con el Departamento de Loreto, por el este con el País del Brasil, por el sur con el distrito de Masisea y por el oeste con los distritos de Nueva Requena, Yarinacocha, Campo Verde, y Manantay (Martínez, 2006). El lugar de experimentación se realizó en la vivienda del mismo Tesista.

3.2.2. Población

Se tuvo como población la cantidad de fracción orgánica domiciliar que se genera en las 14 viviendas seleccionadas, siendo un total de 31.243 kg.

3.2.3. Muestra

La muestra es probabilística y se seleccionó utilizando el método de muestreo aleatorio simple, el cual consiste en la selección al azar de muestras representativas, compuestas principalmente por cáscaras de frutas y verduras recolectadas de viviendas ubicadas en el Distrito de Calleria, de estas muestras se tomaron en cuenta aquellos que tendrán una mayor eficiencia en la producción del bioetanol. Para este estudio, la fracción orgánica fue de 20.525 kg de fracción orgánica de frutas y verduras, que fue distribuida aleatoriamente en las 14 viviendas, la cual fue recolectada y posteriormente sometida al proceso de obtención del bioetanol.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumos

En esta primera etapa del procedimiento se adquirió los equipos, materiales, insumos y otros componentes necesarios que ayudaron a alcanzar la ejecución del proyecto.

3.3.2. Trabajo de Campo

Se hicieron las coordinaciones previas y se seleccionaron las viviendas que voluntariamente aceptaron formar parte del presente proyecto de investigación y aportar la fracción orgánica de cáscaras de frutas y verduras. De las viviendas participantes se recolectó la fracción orgánica de lo que generaron en un día, lo que al mismo tiempo constituye las repeticiones del experimento; la muestra seleccionada fue de 20.525 kg de fracción orgánica domiciliaria. Esta muestra obtenida se guardó en un ambiente seco, y se trasladó inmediatamente al lugar en donde se continuará con los demás procesos.

3.3.3. Selección y limpieza de la fracción orgánica

Una vez recolectado la fracción orgánica de las viviendas (madura e inmadura), se seleccionó del total de fracción orgánica aquellas que se encontraron en condiciones óptimas para seguir con el proceso, se hizo la clasificación en grupos por cada fracción orgánica obtenida para su posterior homogenización. De estas muestras se tomaron en cuenta aquellos que tendrán una mayor eficiencia en la producción del bioetanol

Después se procedió con el pesado de la fracción orgánica seleccionada y se realizó el lavado de esta misma con el objetivo de retirar impurezas contenidas y excedentes que no favorezcan al proceso de obtención del bioetanol.

3.3.4. Molienda

El proceso de molienda consistió como primer punto la trituración de la fracción orgánica con un cuchillo debidamente esterilizado en pequeñas proporciones, aproximadamente de 1cm y posterior se realizó la homogenización total de la fracción orgánica en una licuadora agregando 200 ml de agua, este proceso se realizó para T2 (Fracción orgánica homogenizada sin *Saccharomyces cerevisiae*) y T3 (Fracción orgánica

homogenizada con *Saccharomyces cerevisiae*), la solución obtenida fue almacenada en envases de 4 litros; para T0 (Fracción orgánica sin homogenizar sin *Saccharomyces cerevisiae*) y T1 (Fracción orgánica sin homogenizar con *Saccharomyces cerevisiae*), las pequeñas proporciones obtenidas sin homogenizar se almacenaron directamente con agua, para continuar con el proceso de fermentación.

3.3.5. Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica

La producción del volumen y grados alcohólicos del Bioetanol esta ligado con la medición de los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica obtenida, lo cual se realizó antes de la molienda (índice de generación y caracterización) y después (densidad, temperatura, pH y °Brix).

Parámetros Físicos

- **Índice de generación promedio(kg/día/vivienda)**

Para determinar el Índice de generación promedio se pesó una balanza gramera la cantidad de fracción orgánica recolectada por cada vivienda.

- **Caracterización de la fracción orgánica**

Para determinar la fracción orgánica se hizo la clasificación en grupos por cada fracción orgánica recolectada y se procedió a pesar para conocer la cantidad obtenida por cada fracción orgánica.

- **Densidad (g/cm³)**

La medición de la densidad se determinó por el método convencional masa sobre volumen al testigo, a cada tratamiento y a sus respectivas repeticiones.

- **Temperatura (°C)**

La medición de la temperatura se realizó mediante un termómetro digital al testigo, a cada tratamiento y a sus respectivas repeticiones antes y durante el proceso de fermentación La temperatura promedio debe estar en un rango 25 a 31 °C, que es el rango óptimo para el crecimiento de las levaduras.

Parámetros químicos

- **pH**

La medición del nivel de pH de la fracción orgánica se realizó mediante un pHmetro digital al testigo, a cada tratamiento y a sus respectivas repeticiones antes y después del proceso de fermentación, así mismo también después del proceso de destilación.

- **°Brix**

La medición de °Brix (Unidad de medida de sólidos solubles presentes en una solución, expresados en porcentaje p/v de glucosa) se realizó mediante un refractómetro digital al testigo y a cada tratamiento.

3.3.6. Fermentación

Para el proceso de fermentación alcohólica de la glucosa obtenida se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, con la cual se han realizado investigaciones y obtenido buenos resultados para la producción de biocombustibles como el bioetanol, como primer paso se activó la levadura agregando a los tratamientos 1 y 3, 10 g de levadura en 500 ml de agua tibia.

Se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento; los recipientes para desarrollar la fermentación alcohólica fueron sellados adecuadamente para dar las condiciones anaeróbicas necesarias. Se dejó que desarrolle el proceso por un espacio de 9 días a una temperatura ambiente promedio de 25 a 31 °C, que está en el rango óptimo para el crecimiento de las levaduras.

Control Operativo del proceso de fermentación

Se realizó el control operativo del proceso de fermentación por cada tratamiento y repetición, en el cual diariamente se registraron datos con diferentes variables como son: burbujeo (CO₂), temperatura y color. Los cuales indicaran el tiempo de duración del proceso de fermentación. Se puede apreciar en la siguiente tabla el modelo por el cual se realizó el control.

Tabla 4. Modelo del Control operativo del proceso de fermentación

Días	Hora	Fecha	T°(°C)	Burbujeo*			Color		
				R1	R2	R3	R1	R2	R3
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

3.3.7. Filtrado

Terminado el proceso de fermentación de las muestras, se procedió a obtener la solución fermentada, separándolas del residuo que dejan las levaduras en el fondo de los recipientes, también conocido como “mosto”. Para esto fue necesario extraer dicha solución, por lo cual se filtró con un colador para separar los residuos de regular tamaño y se realizó un segundo filtrado con papel filtro para obtener una mejor solución sin impurezas.

3.3.8. Destilación

La solución filtrada pasó al proceso de destilación simple para la obtención del alcohol mediante un proceso de evaporación seguido de condensación a una temperatura de ebullición de 75 °C a 82 °C. El producto final se colocará en envases para determinar el volumen y su grado alcohólico.

3.3.9. Determinación de los parámetros del Bioetanol

Calidad

- **Aspecto**

Según las especificaciones técnicas del bioetanol como carburante de las Naciones Unidas, el alcohol debe estar limpio y sin impurezas.

- **Color**

Según las especificaciones técnicas del bioetanol como carburante de las Naciones Unidas, el alcohol es de color incoloro.

Rendimiento

- **Grado y volumen de alcohol**

La medición de los grados alcohólicos se realizó mediante un alcoholímetro. La medición del volumen de alcohol se determinó mediante la cantidad del alcohol destilado.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. Técnicas

La técnica de recolección de datos para la obtención del bioetanol a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliaria, se da mediante la observación experimental por registro de datos, ya que los análisis de los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica y los parámetros de calidad y rendimiento de los resultados se obtuvieron con equipos de laboratorio que serán mencionados a continuación.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos para la recolección de datos fueron formatos para registrar los datos obtenidos. Estos formatos fueron clasificados de acuerdo a la recolección, caracterización, peso, pH, °Brix, densidad de la fracción orgánica, aspecto, color, volumen y grado alcohólico del bioetanol.

Materiales de campo

- Baldes de plástico de 4 litros con tapa

Materiales para los procesos de molienda y fermentación

- Envases de plásticos de 4 litros
- Manguera transparente 1/2"
- Soldimix

- Licuadora
- Tabla para picar
- Cuchillo
- Cuchara
- Olla de acero inoxidable
- Botellas de plástico de 1.5 y 2.5 litros

Material para el proceso de filtrado

- Papel Filtro
- Colador
- Vasos de plástico de 500 ml
-

Materiales de escritorio

- Impresora
- Laptop
- Cámara digital
- Papel bond
- Lapiceros
- Plumón indeleble
- Cinta de embalaje

Equipos de laboratorio

- Alcoholímetro
- Balanza digital
- pHmetro Digital
- Refractómetro
- Termómetro digital
- Cocina eléctrica

Insumos

- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Fracción orgánica recolectada

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Obtenido los datos correspondientes de los diferentes tratamientos y repeticiones, se empezó a procesar toda la información de tal manera que permitió su procesamiento de promedios a través de tablas y gráficos de Excel, para así poder hacer comparaciones de los resultados.

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Con los datos obtenidos se procedió con el tratamiento de datos, estos fueron tabulados en una hoja de cálculo para elaborar con ello tablas y gráficos estadísticos de tendencia central; las cuales fueron utilizadas también para realizar el análisis estadístico correspondiente que contempla el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de significación de Tukey. De los datos obtenidos de los tratamientos y repeticiones para el rendimiento del alcohol respecto al volumen de alcohol que se ha obtenido, se sacó un promedio y se utilizó para realizar el análisis de varianza y así conocer si los promedios de los tratamientos son similares o diferentes y la prueba de contraste Tukey se utilizará para conocer cuál es el promedio que presenta diferencia entre los tratamientos, y así poder establecer si el rendimiento obtenido está en relación con el tipo de tratamiento usado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica

4.1.1.1. Índice de generación promedio (kg/día/vivienda)

En la tabla 5 se muestra los valores obtenidos del índice de generación promedio de las 14 viviendas voluntarias que fueron parte del proyecto, en donde se puede observar que la vivienda 14 tuvo una generación mayor de 4.454 kg/día mientras que la vivienda 7 tuvo una menor generación de 0.576 kg/día, obteniéndose un total de 20.525 kg/día, así mismo se obtuvo un promedio de 1.466 kg/día/vivienda de generación de fracción orgánica.

Tabla 5. *Índice de generación promedio por vivienda*

N° de Viviendas	Índice de generación (kg/día/vivienda)
V1	0.768
V2	1.50
V3	1.232
V4	0.643
V5	1.035
V6	0.686
V7	0.576
V8	1.055
V9	0.826
V10	1.154
V11	1.825
V12	2.727
V13	2.044
V14	4.454
Total	20.525
Promedio	1.466

4.1.1.2. Caracterización de la fracción orgánica recolectada

En la tabla 6 se muestran los valores de la caracterización de la fracción orgánica recolectada, de los datos obtenidos se puede observar que la cáscara de yuca, cáscara de plátano y cáscara de piña son los que se encontró en mayor cantidad 6.103 kg, 5.214

kg y 3.889 kg que representa el 29.73%, 25.40% y 18.95% respectivamente del total de fracción orgánica recolectado; y en menor cantidad está la cáscara de zanahoria con 0.215 kg representando el 1.05% del total.

Tabla 6. *Caracterización de la fracción orgánica recolectada*

Fracción orgánica	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Cáscara de papa sancochada	0.460	2.24
Cáscara de alverjas	0.415	2.02
Cáscara de papaya madura	0.685	3.34
Cáscara de zanahoria cruda	0.215	1.05
Cáscara de zapallo sancochado	0.748	3.64
Cáscara de pepino	0.51	2.48
Cáscara de piña madura	3.889	18.95
Lechuga	0.535	2.61
Cáscara de plátano verde	5.214	25.40
Repollo	0.306	1.49
Espinaca	0.967	4.71
Cáscara de yuca	6.103	29.73
apio y culantro	0.478	2.33
Total	20.525	100.00

4.1.1.3. Volumen Inicial

Para poder dar inicio al proceso de fermentación, cada tratamiento y sus repeticiones han sido dispuestas en envases de 4 L, en las que se le agregaron 500 ml de agua a cada uno hasta su llenado, a esto también sumamos la inclusión de la levadura activada en 200 ml de agua para T1 y T3, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. *Volumen Inicial para cada tratamiento*

Testigo	Descripción	Volumen Inicial (L)
T0	Fracción orgánica sin homogenizar sin <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	2.5
Tratamientos		
T1	Fracción orgánica sin homogenizar con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	2.7
T2	Fracción orgánica homogenizada sin <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	2.0
T3	Fracción orgánica homogenizada con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	2.2

4.1.1.4. Densidad

En la tabla 8 se observa los datos sobre la densidad y densidad promedio que se han obtenido, T3 y T2 tienen una mayor densidad promedio de 1.698 g/cm³ y 1.631 g/cm³ respectivamente y T0 es la que contiene una menor densidad promedio de 1.414 g/cm³, el cual indica que T3 y T2 tienen un mayor peso que equivale a una mayor proporción de celulosa y T0 al tener un menor peso equivale a una menor proporción de celulosa.

Tabla 8. Densidad del Testigo y Tratamientos

Testigo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T0	1.287	1.592	1.363	1.414
Tratamientos				
T1	1.644	1.536	1.468	1.549
T2	1.669	1.615	1.609	1.631
T3	1.691	1.703	1.701	1.698

En la figura 4 podemos corroborar las densidades obtenidas en donde T3 y T2 presentan una mayor densidad en casi todas sus repeticiones que varía en un rango de 1.609 g/cm³ a 1.703 g/cm³ por otro lado T1 presenta una densidad media teniendo en R3 una densidad menor de 1.468 g/cm³ y en R1 una densidad mayor de 1.644 g/cm³, así mismo T0 llega a tener una densidad menor al resto, de 1.287 g/cm³ y una densidad mayor de 1.592 g/cm³ en R2.

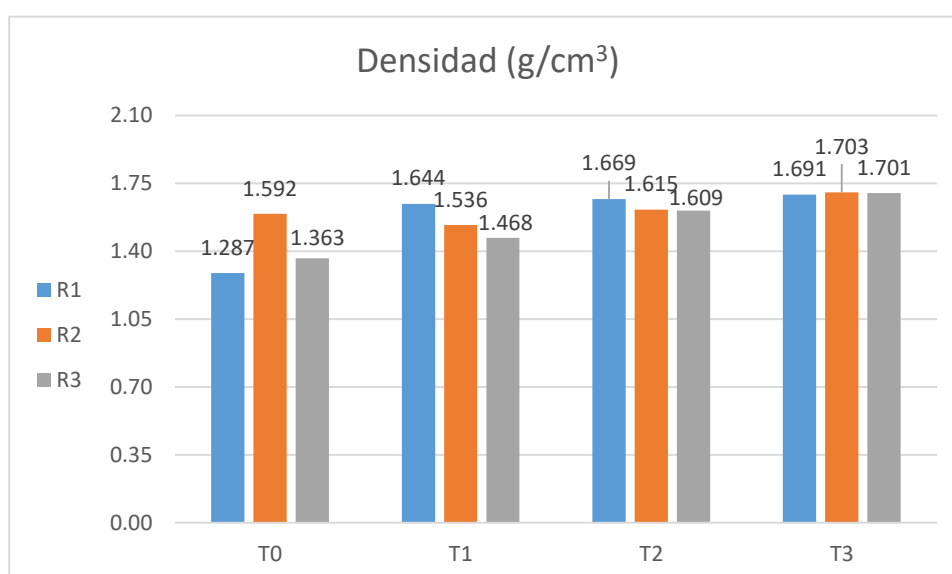


Figura 4. Densidad del Testigo y Tratamientos

4.1.1.5. Temperatura

En la Tabla 9 se observa los datos obtenidos de la medición de la Temperatura y temperatura promedio antes de empezar el proceso de fermentación, donde T0, T1, T2 y T3 obtuvieron temperaturas promedio de 31.3°C, 31.8°C, 33.0°C y 33.9°C respectivamente.

Tabla 9. *Temperatura del Testigo y Tratamientos*

	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	31.4	31.1	31.3	31.3
Tratamientos				
T1	32.1	31.7	31.5	31.8
T2	33.4	32.8	32.8	33.0
T3	33.9	33.8	34.0	33.9

En la figura 5 podemos corroborar los datos de temperatura obtenidos en donde T3 presenta un mayor grado de temperatura en R3 de 34.0°C y un menor grado de temperatura en R2 de 33.8°C, seguido de T2 y T1 que varían en un rango de 31.5°C y 32.8°C, así mismo T0 tiene una temperatura menor que el resto, de 31.1°C y una temperatura ligeramente mayor de 31.4°C en R1.

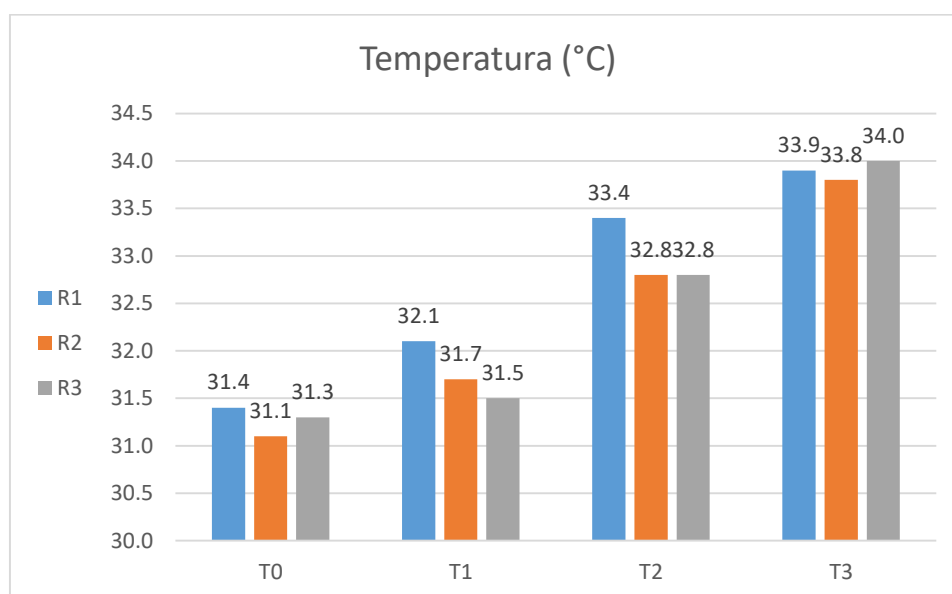


Figura 5. *Temperatura del Testigo y Tratamientos*

4.1.1.6. pH

Proceso para la medición del pH

La medición del nivel de pH de la fracción orgánica se realizó mediante un pHmetro digital de rango 0 - 14, pero antes de realizar la medición se hizo su respectiva calibración para que el equipo nos brinde mejores resultados, por ello la calibración se realizó mediante una solución buffer de 6.86 y 4.00 de pH.

En la tabla 10 se observa el nivel de pH y pH promedio que se ha obtenido pre al proceso de fermentación, T0 tiene un pH promedio de 5.69, T1, T2 y T3 tienen un pH promedio de 4.70, 4.43 y 4.42 respectivamente.

Tabla 10. *pH del Testigo y Tratamientos pre proceso de fermentación*

	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	5.73	5.57	5.76	5.69
Tratamientos				
T1	4.24	4.92	4.95	4.70
T2	4.56	4.24	4.48	4.43
T3	4.43	4.42	4.41	4.42

En la figura 6 podemos corroborar los datos de la medición del pH en donde T0 obtuvo un nivel mayor de pH de 5.57, por otro lado T1 Y T2 obtuvieron un nivel bajo de pH de 4.24 en R1 y R2 respectivamente, así mismo T1 tiene un nivel mayor de pH de 4.95 en R3 y T2 tiene un nivel mayor de pH de 4.56 en R1, por último T3 tuvo un nivel menor de 4.41 y mayor de 4.43 de pH en R3 Y R1 respectivamente.

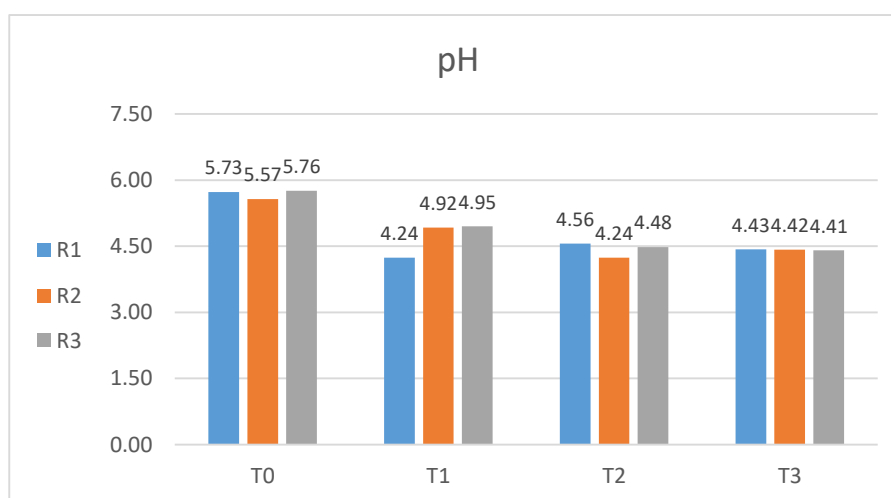


Figura 6. *pH del Testigo y Tratamientos pre proceso de fermentación*

En la tabla 11 se observan los datos obtenidos de la medición del pH post al proceso de fermentación en donde se tiene un promedio de 6.53 para T0, 6.6 para T1, 6.63 para T2 y 5.81 para T3.

Tabla 11. *pH del Testigo y Tratamientos post proceso de fermentación*

	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	6.60	6.52	6.48	6.53
Tratamientos				
T1	6.63	6.57	6.60	6.6
T2	6.66	6.63	6.65	6.63
T3	6.1	6.2	6.0	5.81

En la figura 7 podemos corroborar los datos de la medición del pH post del proceso de fermentación en donde se obtuvieron medidas casi similares en las muestras en un rango de pH de 6 a 6.6.

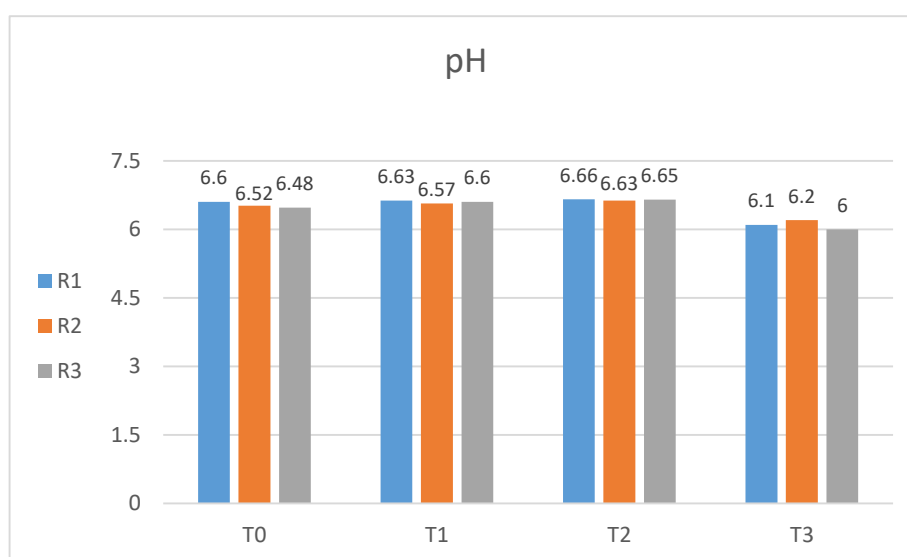


Figura 7. *pH del Testigo y Tratamientos post proceso de fermentación*

Medición del pH del bioetanol

La medición del nivel de pH del producto obtenido se realizó mediante un pHmetro digital de rango 0 - 14, pero antes de realizar la medición se hizo su respectiva calibración para que el equipo nos brinde mejores resultados.

En la tabla 12 se observa el nivel de pH y pH promedio del bioetanol obtenido del proceso de destilación, T0 tiene un pH promedio de 6.18, T1, T2 y T3 tienen un pH promedio de 6.22, 6.56 y 7.05 respectivamente.

Así mismo se puede apreciar que tanto T1 como T2 están dentro del rango de medición del bioetanol (6.5 – 9.0) según según la Norma Técnica Peruana 321.126.2011 (2011) Especificaciones técnicas del etanol.

Tabla 12. pH del testigo y tratamientos del bioetanol

	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
Testigo				
T0	6.20	6.25	6.10	6.18
Tratamientos				
T1	6.25	6.20	6.20	6.22
T2	6.67	6.10	6.90	6.56
T3	7.20	7.10	6.85	7.05

En la figura 8 podemos corroborar los datos de la medición del pH del producto obtenido en donde se obtuvieron medidas casi similares en las muestras en un rango de pH de 6 a 7.20.

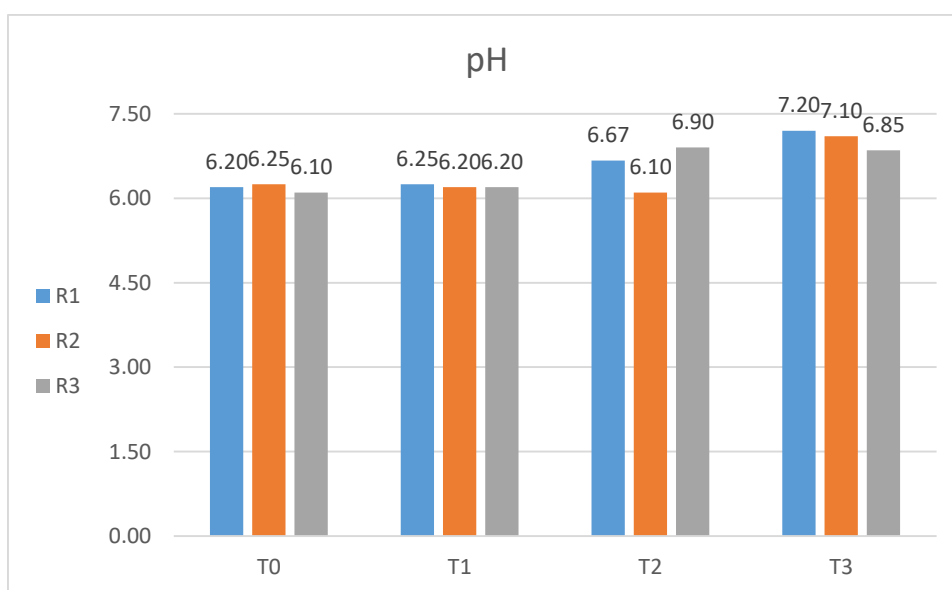


Figura 8. pH del testigo y tratamientos del bioetanol

4.1.1.7. °Brix

Proceso de la medición del °Brix

La medición de los °Brix se realizó mediante un Refractómetro óptico de 0 a 32 °Brix a una temperatura de 25°C a 30°C, el cual utiliza lecturas en grados Brix para obtener los azúcares de las muestras y ayudar a determinar lecturas de alcohol determinados. En la tabla 13 se observa los datos obtenidos para los grados Brix en donde podemos notar que tanto T0 como T1 no se obtuvieron datos dado que no pasaron por el proceso de la molienda, mientras que T2 y T3 obtuvieron una medición promedio de 12.3° y 14.0° °Brix respectivamente, principalmente debido al proceso de homogenización de la fracción orgánica recolectada.

Tabla 13. °Brix del Testigo y Tratamientos

	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	0	0	0	0
Tratamientos				
T1	0	0	0	0.0
T2	10	14	13	12.3
T3	12	15	15	14.0

En la figura 9 podemos corroborar los datos de la medición de los grados Brix en donde tanto T0 como T1 no obtuvieron ningún valor, T2 y T3 obtuvieron un grado menor de 10 y 12 en R1 respectivamente y T3 tuvo un valor de 15° tanto en R2 como en R1.

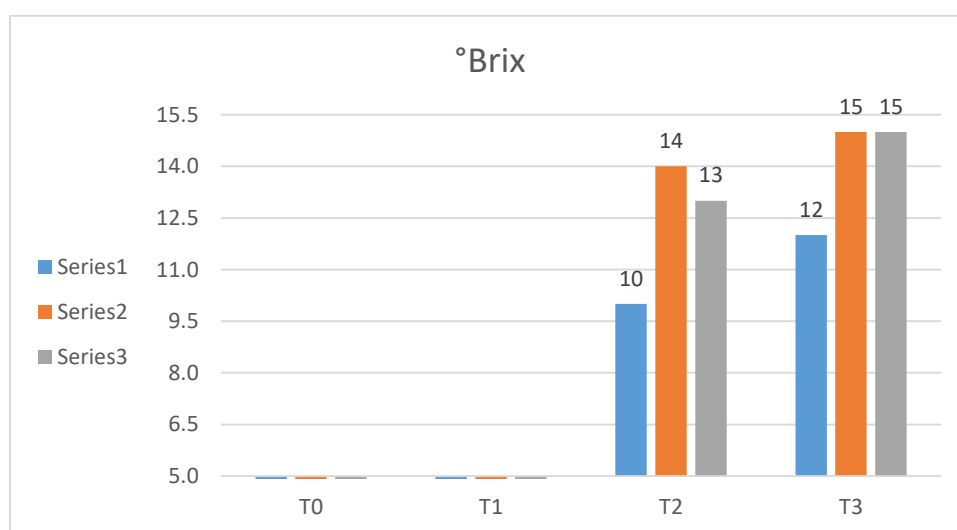


Figura 9. °Brix del Testigo y Tratamientos

4.1.2. Control operativo del proceso de fermentación

En las siguientes figuras se muestra un resumen de los resultados obtenidos del control operativo del proceso de fermentación, en el cual diariamente se registraron datos como burbujeo, temperatura y color en un periodo de dos turnos (día – noche). Los cuales indican el tiempo de duración del proceso de fermentación para cada tratamiento.

En la figura 10 se observa la variación de la temperatura en el turno día durante el control del proceso de fermentación en los 9 días que duró este proceso, en el que en el día 2 y 7 se tuvo una menor y mayor temperatura respectivamente.

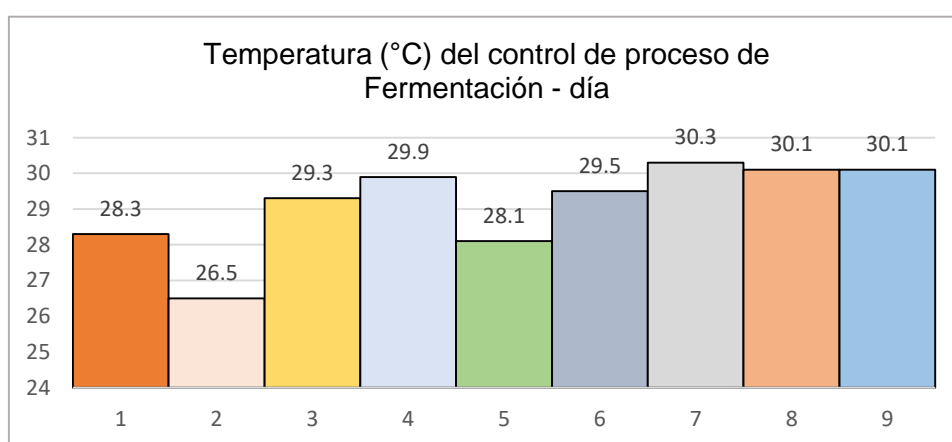


Figura 10. Temperatura del control de proceso de fermentación turno día.

En la figura 11 se observa la variación de la temperatura en el turno noche en la que el día 2 tuvo una menor temperatura (26.3°C) y los días 6 y 7 tuvieron una mayor temperatura (30.9°C).

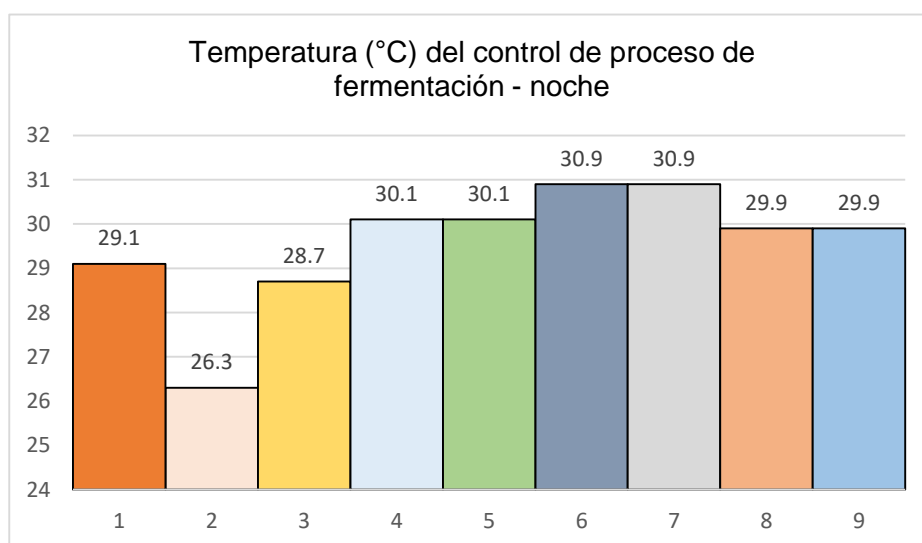


Figura 11. Temperatura del control de proceso de fermentación turno noche.

En la figura 12 se observa el nivel de burbujeo para T0 en el turno día, donde podemos observar que empieza con una valorización de 2 y en los posteriores días hasta el octavo día se mantiene en 3 tanto R1 como R2 mientras que R3 baja a 0 y para el noveno día todos ya están en 0.

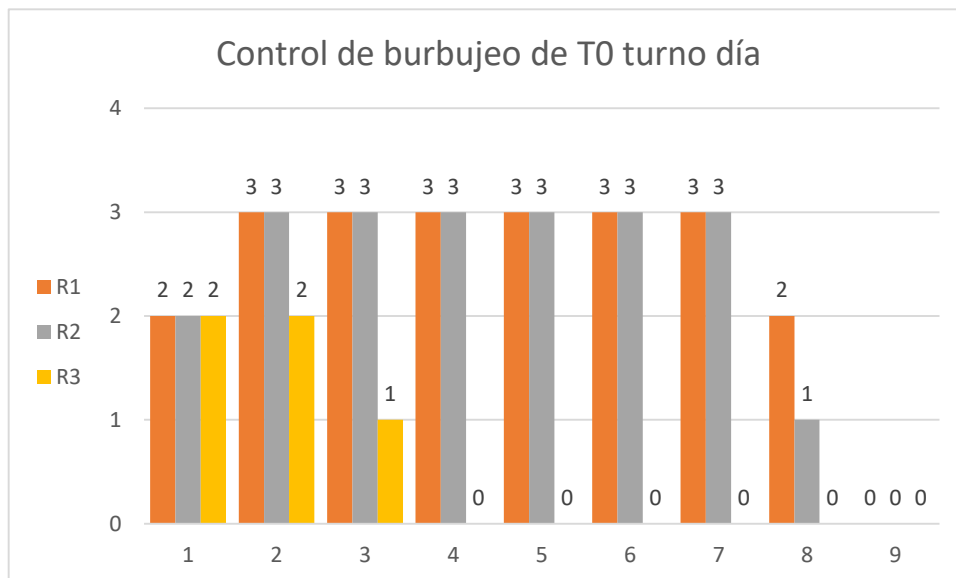


Figura 12. Control de burbujeo de T0 turno día

En la figura 13 se observa el nivel de burbujeo para T0 en el turno noche, donde podemos observar que empieza con una valorización de 3 tanto para R1 y R2, y 2 para R3, en el día 4 su valorización llega a 4 para R2 mientras que para R1 se mantiene en 3 y para R3 en 1, R1 y R2 se mantienen en 3 durante 6 días seguidos para el día 7 y 8 bajan a 2 y para el noveno día bajan a 0.

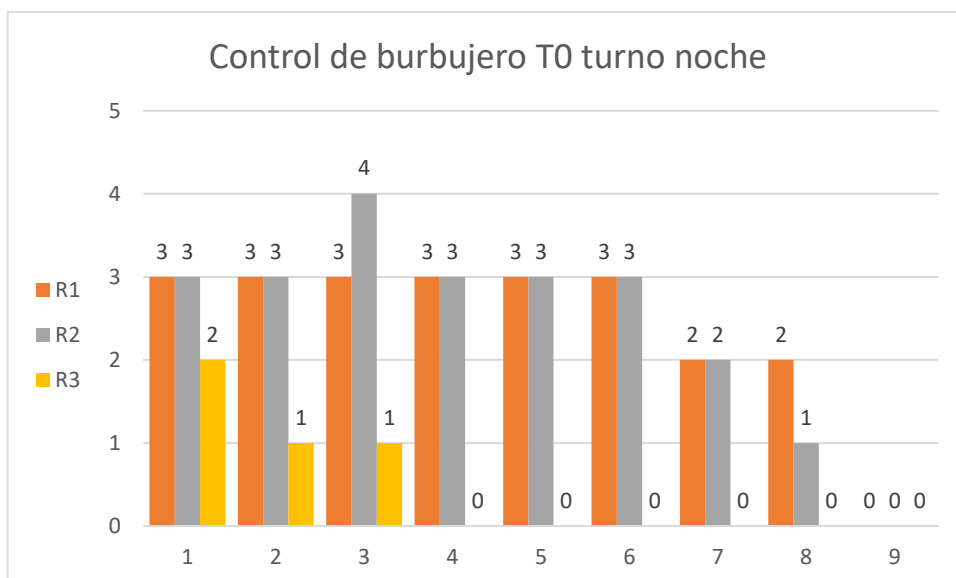


Figura 13. Control de burbujeo T0 turno noche

En la figura 14 se observa el nivel de burbujeo para T1 en el turno día, en donde se empieza con una valorización de 2 para R1 y 3 para R2 y R3, a los posteriores días se tiene una valorización de 2 y 1 para las 3 repeticiones, y para el noveno día 0.

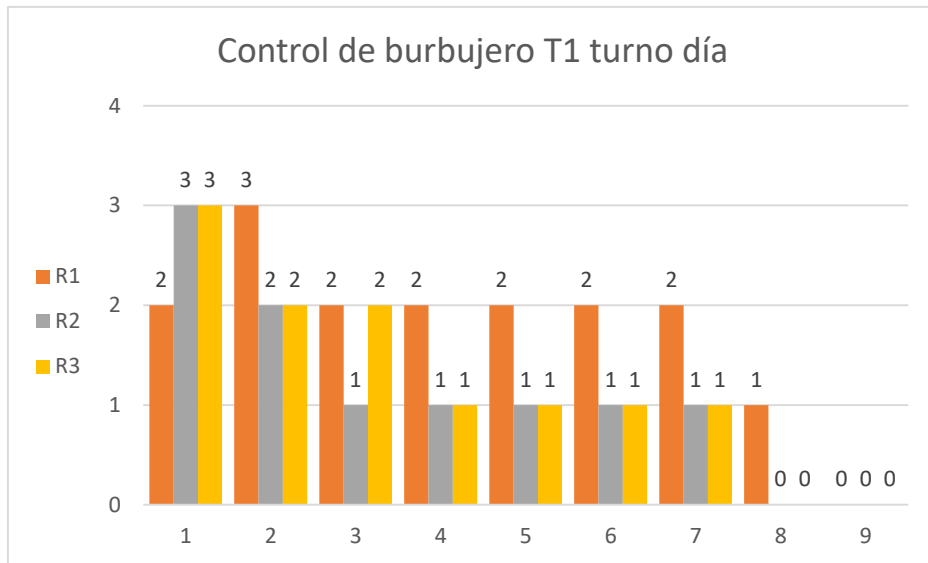


Figura 14. Control de burbujero T1 turno día

En la figura 15 se observa el nivel de burbujeo para T1 en el turno noche, en donde se empieza con una valorización de 3 para R1 y 2 para R2 y R3, a los posteriores días se tiene una valorización de 2 y 1 para las 3 repeticiones, y para el noveno día 0.

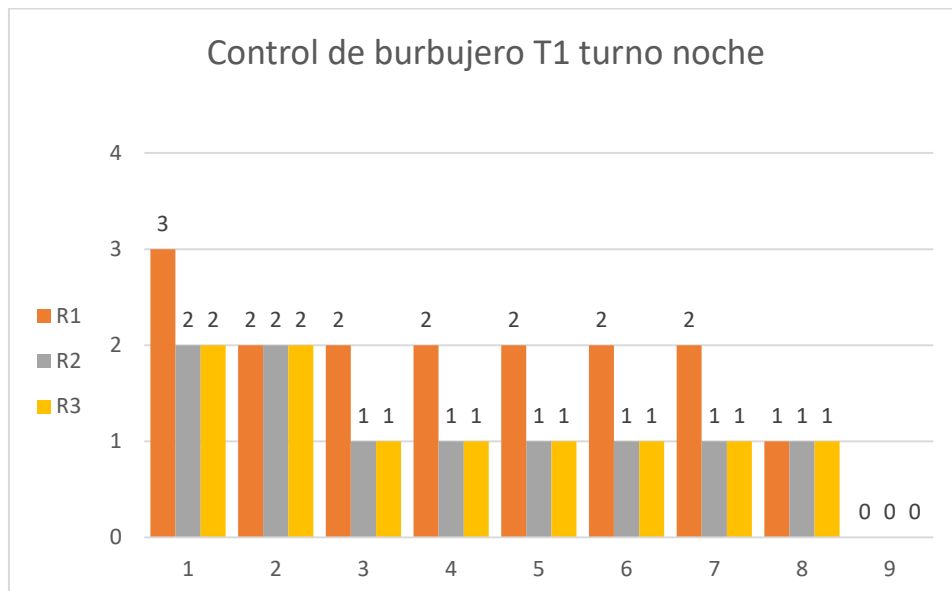


Figura 15. Control de burbujero T1 turno noche

En la figura 16 se observa el nivel de burbujeo para T2 en el turno día, en donde se empieza con una valorización de 2 para R1, 3 para R2 y 4 para R3, a los posteriores días se observa una variación de burbujeo debido a la variación de temperatura y para el noveno día 0.

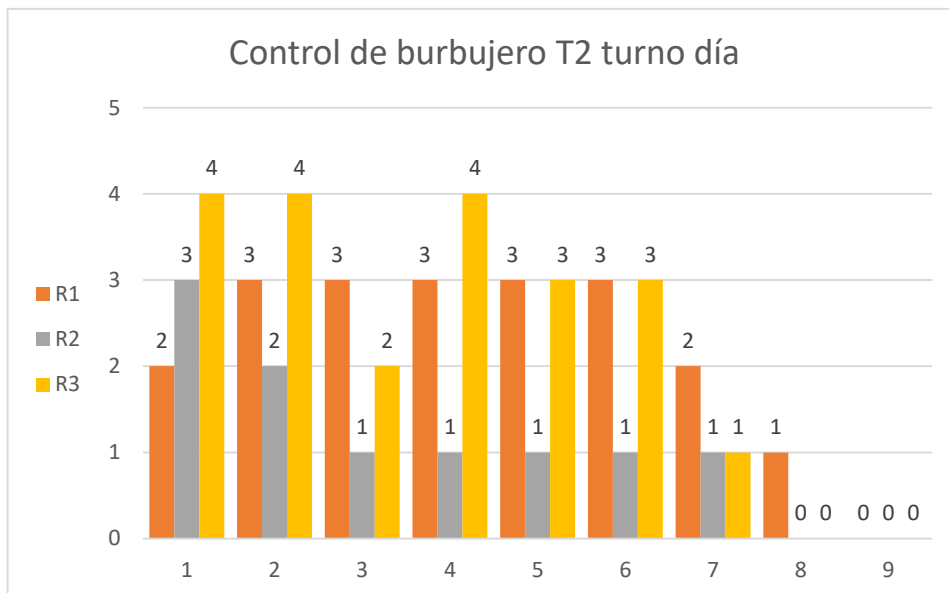


Figura 16. Control de burbujero T2 turno día

En la figura 17 se observa el nivel de burbujeo para T2 en el turno noche, en donde se empieza con una valorización de 3 para R1, 2 para R2 y 4 para R3, a los posteriores días se observa una burbujeo constante de 3 y 1 para las 3 repeticiones y para el noveno día 0.

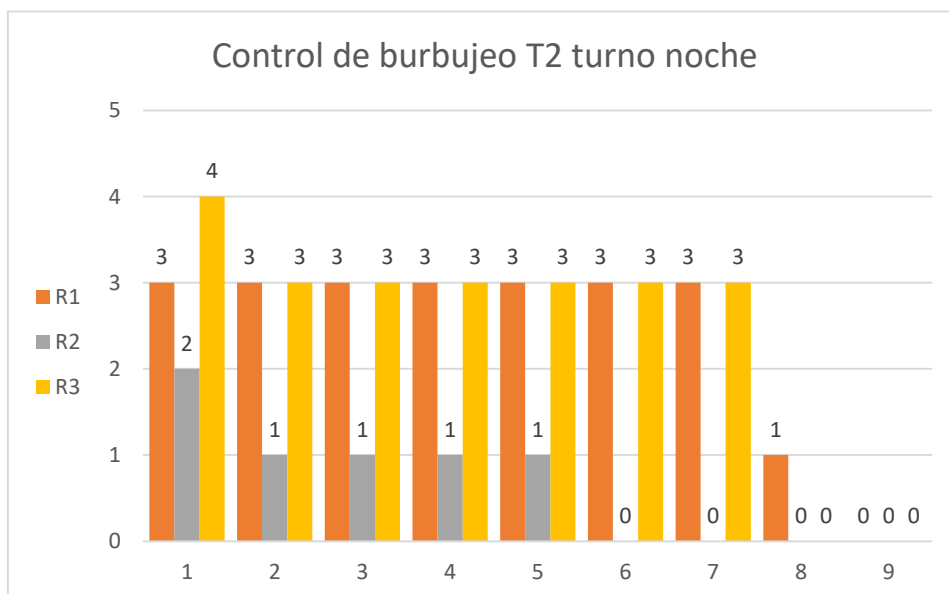


Figura 17. Control de burbujero T2 turno noche

En la figura 18 se observa el nivel de burbujeo para T3 en el turno día, en donde se empieza con una valorización de 4 para las 3 repeticiones en el primer y segundo día, al quinto y sexto día baja a 3, al séptimo y octavo día baja a 2 y al noveno día baja a 1.

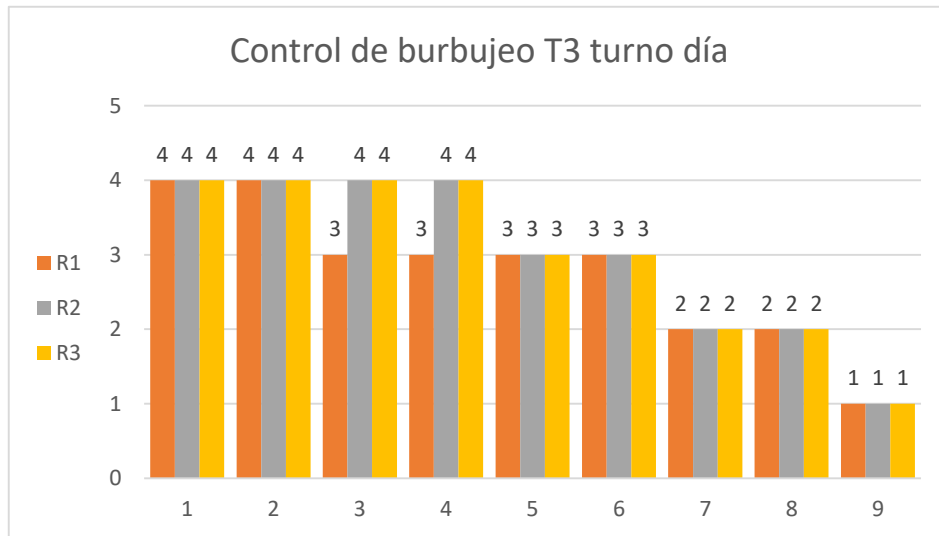


Figura 18. Control de burbujeo T3 turno día

En la figura 19 se observa el nivel de burbujeo para T3 en el turno noche, en donde se empieza con una valorización de 4 para las 3 repeticiones en el primer y segundo día, del cuarto al séptimo día baja a 3, al octavo día baja a 2 y al noveno día baja a 0.

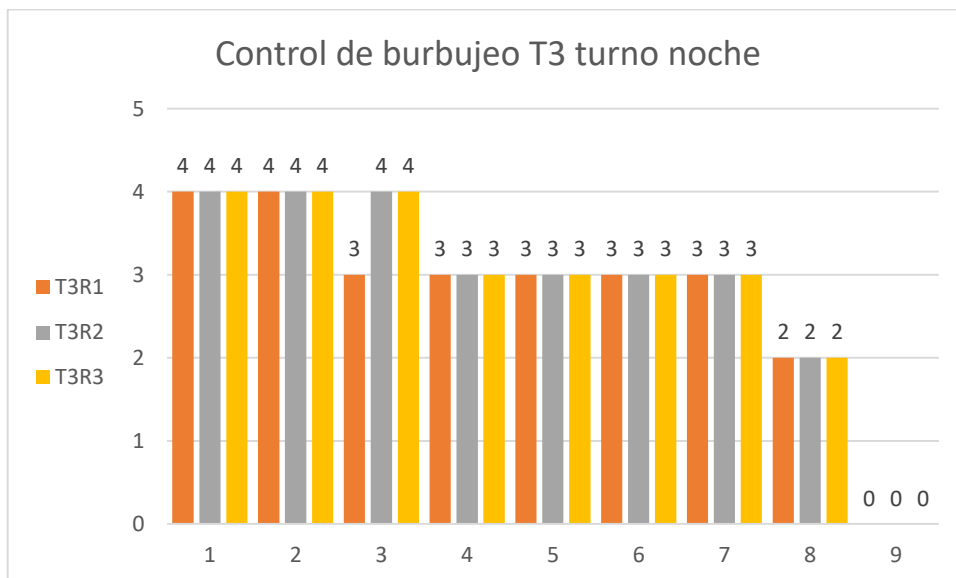


Figura 19. Control de burbujeo T3 turno noche

4.1.3. Parámetros de calidad y rendimiento del bioetanol

4.1.3.1. Calidad

Aspecto

Según las Especificaciones técnicas del bioetanol como carburante de las Naciones unidas (2006) el alcohol debe estar limpio y sin impurezas y según la Norma Técnica Peruana 321.126.2011 (2011) el bioetanol debe ser claro y brillante, libres de contaminante suspendidos o precipitados.

Los resultados obtenidos muestran que se ha obtenido un producto casi limpio y sin impurezas/ libre de contaminantes suspendidos o precipitados conforme a nuestra normativa vigente.

Color

Según las Especificaciones técnicas del bioetanol como carburante de las Naciones unidas (2006) el alcohol es de color incoloro.

Los resultados obtenidos muestran que se ha obtenido un producto incoloro conforme a nuestra normativa vigente.

4.1.3.2. Rendimiento

Terminado el proceso de destilación se obtuvo el bioetanol para ello se determinaron algunas parámetros de rendimiento que se detallan a continuación.

Volumen de alcohol

La tabla 15 muestra los resultados de los volúmenes de alcohol obtenidos del proceso de destilación, resultados que se muestran en tres tratamientos con un testigo y con tres repeticiones cada uno.

Tabla 14. *Volumen de alcohol*

	Volumen de alcohol (ml)			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	710	745	685	713.33
Tratamientos				
T1	850	900	810	853.33
T2	750	875	655	760
T3	950	965	910	941.66

De la tabla 14 podemos observar el volumen y volumen promedio obtenido, de la cual en T3 obtuvo un mayor volumen promedio de 941.66 ml y T0 el menor volumen promedio de 713.33 ml, así mismo T1 y T2 obtuvieron volúmenes promedio de 853.33 ml y 760 ml respectivamente.

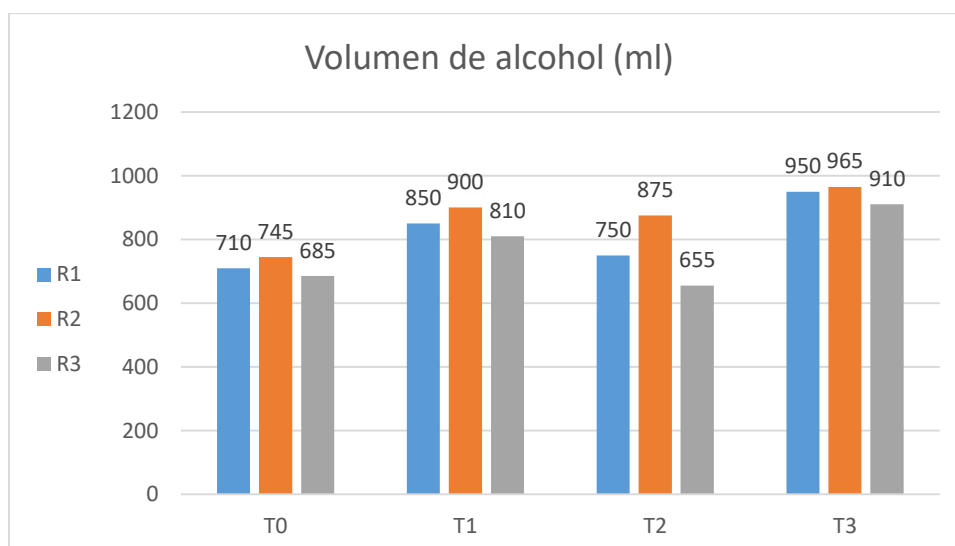


Figura 20. *Volumen de alcohol*

En la figura 20 se observa los diferentes volúmenes obtenidos del proceso de destilación para cada tratamiento y del testigo con sus respectivas repeticiones, donde podemos destacar que T3 obtuvo un mayor volumen en sus 3 repeticiones, debido a que en este tratamiento se homogenizó la muestra y se le agregó la Levadura la cual tuvo efecto en el proceso de fermentación.

A comparación de los demás tratamientos T1 y T2 y del testigo T0 que influyó mucho la parte de la no homogenización y el no agregar la Levadura que cambia o demora más el proceso para la obtención del bioetanol.

Para saber si los promedios de los tratamientos son similares o diferentes, se realizó el análisis de varianza a los 3 tratamientos y el testigo.

Tabla 15. *Análisis de varianza para el volumen de alcohol*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	92572.91667	3	30857.63889	7.751	0.009	4.0662
Dentro de los grupos	31850	8	3981.25			
Total	124422.9167	11				

De la Tabla 15 sobre el análisis de varianza correspondiente al Volumen de Alcohol obtenido, indica un valor de P menor al nivel de significancia (0.05), indicando que si existe diferencias entre al menos uno de los volúmenes de alcohol obtenidos de los tratamientos (T1, T2 y T3) y del testigo (T0). Para conocer cuáles son los volúmenes que presenta diferencia, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

Tabla 16. *Prueba de Tukey*

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
T0 - T1	140.00	No significativa
T0 - T2	46.67	No significativa
T0 - T3	228.33	SIGNIFICATIVA
T1 - T2	93.33	No significativa
T1 - T3	88.33	No significativa
T2 - T3	181.67	SIGNIFICATIVA

$$T_{\alpha} = 165.02$$

De la tabla 16 se observa que T0 - T3 y T2 - T3 tienen diferencias significativas respecto al volumen de alcohol obtenido mientras que los demás muestran una diferencia no significativa.

Grado alcohólico

La medición de los grados alcohólicos se realizó mediante un alcoholímetro el cual se limpió después de cada medición con agua destilada.

La tabla 17 muestra los resultados de los grados de alcohol obtenido, resultados que se muestran en tres tratamientos con un testigo y con tres repeticiones cada uno.

Tabla 17. *Grado alcohólico*

	Grado alcohólico			Promedio
	R1	R2	R3	
Testigo				
T0	-	-	-	-
Tratamientos				
T1	-	-	-	-
T2	-	-	-	-
T3	12	14	15	14

De la tabla 17 podemos observar los grados de alcohol, pero solo de T3 se obtuvo alcohol de 12°, 14° y 15°, si bien es cierto de T0, T1 y T2 se obtuvo un volumen pero no mostraron grados de alcohol en la medición.

4.2. Discusión

Los resultados respecto a la caracterización de la fracción orgánica muestran un total de 20.525 kg, constituido por cáscaras de papa, alverjas, papaya, zanahoria, zapallo, pepino, piña, lechuga, plátano, repollo, espinaca, Yuca y apio y culantro, que fueron recolectadas de 14 viviendas, mientras que Chiroque (2018) determinó 9 kg de fracción orgánica en su caracterización constituido por residuos sólidos orgánicos domiciliarios proveniente de cocina como cascará de frutas, verduras y otros, y residuos sólidos orgánicos domiciliario de tipo vegetal diverso, como restos de pastos, ramas, hojas, etc., recolectado de 3 viviendas por 3 días consecutivos, así mismo Ramírez et al. (2020) muestra una caracterización total de 8.384 kg para su primera muestra constituido por limón, mango, sandía y manzana, mientras para su segunda muestra un total de 11kg constituido por sandía, piña y plátano; residuos que fueron obtenidos del mercado Martínez de la Torre, en la colonia Guerrero Ciudad de México.

Los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica muestran un resultado promedio de densidad de 1.573 kg/L de la cual T3 y T2 tienen una mayor densidad de 1.698kg/L y 1.631 kg/L respectivamente y T0 es la que contiene una menor densidad de 1.414kg/L, el cual indica que T3 y T2 tienen un mayor peso que equivale a una mayor proporción de celulosa y T0 al tener un menor peso equivale a una menor proporción de celulosa, respecto al pH se obtuvo un promedio de 4.81. Arellano (2021) menciona que la densidad promedio que obtuvo fue de 0.8614 kg/L de los 5 tipos de residuos recolectados (zanahoria, cascara de yuca, cascara de mango, cascara de alverja y choclo) y un promedio de pH en 1.61 debido a la Hidrolisis ácida usada, así mismo Dávalos (2016) obtuvo un ph promedio 4.9 en sus muestras que también usaron el proceso de Hidrólisis ácida pero estabilizaron su pH de su muestra homogenizada, por ultimo respecto a los °Brix se obtuvieron resultados solo para T2 y T3 con un promedio de 12.3° y 14.0° respectivamente, debido al producto homogenizado que se obtuvo, a comparación de T0 y T1 que no hubo homogenización.

Para el proceso de fermentación alcohólica se agregó a los tratamientos 1 y 3, 10g de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* en 500 ml de agua tibia para activar la levadura, los recipientes para desarrollar la fermentación alcohólica fueron sellados adecuadamente para dar las condiciones anaeróbicas necesarias. Se dejó que desarrolle el proceso por un espacio de 9 días a una temperatura ambiente promedio de 25 a 31 °C. Olmos et al. (2019) para el proceso de fermentación utilizó la levadura *Saccharomyces Cerevisiae* que se llevó a cabo por 72 horas, a 35 °C., así mismo Llenque

et al. (2020) se agregó 200 ml de inóculo de *Saccharomyces cerevisiae* a su sistema de fermentación, el cual fue cerrado herméticamente, mantenido en reposo, e incubado a temperatura ambiente (23-25°C) por 7 días.

El control operativo del proceso de fermentación se realizó en dos turnos para obtener un mejor control durante 9 días a una temperatura promedio de 29.3°C que está dentro del rango óptimo para el crecimiento de las levaduras el indicador de burbujeo varía en cada tratamiento de acuerdo a la glucosa presente que hace que la levadura actúe en el proceso. Dávalos (2016) realizó la medida una vez al día por un periodo de 1 mes que es el tiempo en que duró el burbujeo, a una temperatura promedio de 35°C .

Respecto al volumen de alcohol obtenido solo T3 obtuvo un promedio de 14° de alcohol con un volumen promedio de 941.66 ml esto se debe al proceso que se realizó con la Fracción orgánica homogenizada con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, para que esta transforme la glucosa en bioetanol, en cambio con los otros tratamientos (fracción orgánica sin homogenizar con *Saccharomyces cerevisiae*, *fracción orgánica homogenizada sin Saccharomyces cerevisiae*) y *del Testigo (Fracción orgánica sin homogenizar sin Saccharomyces cerevisiae)* no se dio de esta forma y no se obtuvo el resultado deseado, así mismo, influye mucho el tipo de fracción orgánica utilizada y el tiempo de maduración de esta misma en la que se encontró al momento de la ejecución del estudio. Chiroque (2018) que a través de la degradación de residuos orgánicos obtuvo 29.83 ml de bioetanol promedio el cual fue sometido a 3 tratamientos (restos de cocina, restos vegetales y celulosa). Dávalos (2016) obtuvo un volumen y grado alcohólico promedio de 487.66 ml y 23° de bioetanol en 22.56 kg de fracción orgánica mediante proceso de hidrólisis ácida a sus muestras.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó el volumen de producción de bioetanol de segunda generación a partir de la fracción orgánica de cocina domiciliar del distrito de Calleria mediante los procesos de selección y limpieza, molienda, fermentación, filtrado y destilación, obteniendo un volumen promedio total de 817.08 ml.

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos de la fracción orgánica recolectada del distrito de Calleria, donde como Índice de Generación Promedio (IGP) se tiene un total de 20.525 kg/día/vivienda, para la caracterización se tiene un total 19.702 kg, densidad un promedio de 1.573 kg/L, temperatura un promedio de 32.5°C, pH un promedio de 4.81 y un promedio de 14° °Brix.

Los parámetros de calidad fueron incoloras y en su mayoría limpia y sin impurezas, para el rendimiento del bioetanol se obtuvo un volumen promedio de 941,66 ml con un promedio de 14° de alcohol solo para T3, esto se debe al proceso que se realizó con la Fracción orgánica homogenizada con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, para que esta transforme la glucosa en bioetanol, por otro lado, con los otros tratamientos no se dio de esta forma y no se obtuvo el resultado deseado debido al tratamiento utilizado.

El volumen promedio obtenido de T0, T1, T2 y T3 es de 713.33 ml, 853.33 ml, 760 ml y 941.66 ml respectivamente, si bien es cierto se obtuvieron estos datos, pero al momento de la medición de los grados alcohólicos T0, T1 y T2 no arrojaron ningún dato, a comparación de T3 del cual si se obtuvo un resultado, así mismo analizando la obtención del volumen, se evidencia la superioridad de T3 frente a los demás tratamientos. El ANVA realizado confirma esta superioridad, y que la misma es estadísticamente válida.

La cantidad de fracción orgánica varía de acuerdo a la necesidad de cada autor, para este proyecto se usó un total de 20.525 kg que fue dividida para el testigo y para cada tratamiento, solo para T3 que fue el que obtuvo un grado alcohólico promedio de 14° se usó 1.452 kg por cada repetición.

5.2. Recomendaciones

El fermentador, biorreactor o el equipo que será usado para el proceso de fermentación debe permanecer en un estado anaeróbico durante el proceso de fermentación alcohólica, es decir, que la levadura llevará a cabo el proceso de fermentación sin oxígeno, esto con el fin de evitar el Efecto Pasteur.

Durante el proceso de fermentación, el control de la temperatura es muy importante, el burbujeo y los niveles de separación de las soluciones, ya que los cambios repentinos podrían variar el rendimiento del bioetanol (crecimiento y muerte de la levadura). Llevar a cabo la fermentación con la misma levadura u otros consorcios microbianos usando tratamientos hidrolizados para tener un mejor rendimiento del alcohol. Así mismo, evaluar la fermentación por cada tipo de fracción orgánica de origen domiciliario para conocer su capacidad de producción, ya que cada fracción orgánica tiene una composición diferente respecto a su glucosa.

Es importante continuar con las investigaciones y/o estudios sobre la producción del bioetanol a través de la fracción orgánica de origen domiciliario y dar otro valor a esta fracción orgánica que se origina en nuestros hogares y que generalmente son desechados o lo más común que se ve hoy en día que es su transformación en compost, transformándolos en bioetanol es una nueva forma de generar energía, aprovechar y reducir la generación de fracción orgánica que se genera en nuestra ciudad e ir sustituyendo de poco a poco al combustible convencional (gasolina).

Para futuras investigaciones se recomienda realizar nuevos parámetros para determinar la calidad y pureza del bioetanol como por ejemplo el proceso de combustión de acuerdo a las Especificaciones técnicas del Etanol – NTP 321.126.2011 y realizar mezclas con el combustible convencional para obtener el denominado Gasohol en sus diversas presentaciones (de 97, 95, 90, 84 octanos y otras según sea el caso) conforme al Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles y de esta manera conocer un poco más, compararlos con otras investigaciones y si es posible ir poco a poco implementándolo en nuestro mercado local.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril, A., & Navarro, E. (2012). *Etanol a partir de biomasa lignocelulósica*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Navarro/publication/241216642_Etanol_a_partir_de_biomasa_lignocelulosica/links/0c96051c8409028b93000000/Etanol-a-partir-de-biomasa-lignocelulosica.pdf
- Alejandro, J., & Camposano, Y. (2021). *Efecto del pH, Temperatura y Calulosa en la obtención de glucosa por hidrólisis enzimática de residuos sólidos orgánicos pre tratados*. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6863/T010_74121324_T.pdf?sequence=1
- Andina. (2019). *Declaran en emergencia gestión y manejo de residuos sólidos en Ucayali*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-declaran-emergencia-gestion-y-manejo-residuos-solidos-ucayali-745857.aspx>
- Araujo, L. (2015). *Uso de residuos de materia orgánica del mercado Santa Rosa para la producción de bioetanol en el laboratorio de calidad, UCV-SJL,2015*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57844/Araujo_RL-A-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arellano, C. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos sometidos a hidrólisis enzimática*. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46812/ArellanoPeralesCarla.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Arellano, W. (2021). *Obtención de bioetanol a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado de abasto de la municipalidad distrital de huacho*. Obtenido de <http://200.48.129.167/bitstream/handle/UNJFSC/4740/WESLY%20CHRISTIAN%20ARELLANO%20ROMERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asocaña. (2014). *Las cifras del sector azucarero colombiano y la producción de bioetanol a base de caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.asocana.org/documentos/2692014-9B8E2E8C-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D.pdf#:~:text=Las%20cifras%20del%20sector%20azucarero%20colombiano%20y%20la,a>

z%C3%BAcar%20en%20el%20valle%20geogr%C3%A1fico%20del%20r%C3%ADo%20Cauca

- Bellido, C. (2013). *Obtención de bioetanol 2G a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación conjunta de los penta y hexa carbohidratos con pichia stipitis*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/4556/TESES501-140301.pdf;jsessionid=215D97B90AE1054932E48AF29D44F4E6?sequence=1>
- Castillo, P. (2008). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos con etanol al 10% y 15% en volumen*. Obtenido de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/568935/DocsTec_6790.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chandel, A., & Singh, O. (2011). Materia prima lignocelulósica de malas hierbas e ingeniería metabólica microbiana: avanzando en la generación de "biocombustibles". *Microbiología Aplicada y Biotecnología*, 89(5), 1289-1303. doi:10.1007/s00253-010-3057-6
- Chiroque, J. (2018). *Capacidad de producción de bioetanol a través de la degradación de residuos sólidos orgánicos en Chiriaco, 2018*. Obtenido de <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/175>
- Cortés, W. (2014). Tratamientos aplicables a materiales lignocelulósicos para la obtención de etanol y productos químicos. *Tecnología*, 13(1), 39-94. Obtenido de <https://doi.org/10.18270/rt.v13i1.1297>
- Dávalos, K. (2016). *Elaboración de etanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de la reserva biológica Limonchora utilizando procesos de fermentación alcohólica*. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1676>
- De souza, W. (2013). *Degradación microbiana de biomasa lignocelulósica*. Obtenido de <https://www.intechopen.com/chapters/44319>
- Decreto Legislativo 1278. (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
- Dirección General de Eficiencia Energética. (s.f.). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/8_%20guia%20sector%20transporte%20DGEE-1.pdf

- Escalante, J., & Fuentes, H. (2013). *Estudio experimental de obtención de bioetanol a partir de residuos agrícolas de banano orgánico en Piura*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1744/ING_531.pdf?sequence=1
- Hernández, C. (2016). Fabricando Bioetanol. *Alianzas y Tendencias*, 1(4). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Carla-De-La-Cerna/publication/318379988_Fabricando_bioetanol/links/5966601d0f7e9b80917fed47/Fabricando-bioetanol.pdf
- Hernández, L., Benítez, M., & Bermúdez, J. (2018). Caracterización fisico-química de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos del vertedero controlado en el centro urbano Abel Santamaría de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 38(2), 369-379. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200014
- Jimenez, A. (2018). *Proceso de Producción de Bioetanol, a partir de la biomasa hidrolizada EICHHORNIA CRASSIPES con la levadura (SACCHAROMYCES CEREVISIAE)*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250159996.pdf>
- Kruyeniski, J. (2017). *Influencia del pretratamiento de residuos foresto industriales sobre la producción de bioetanol*. Obtenido de https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2388/KRUYENISKI%20Julia_2017_%20Influencia%20del%20pretratamiento%20de%20residuos%20forestoindustriales....pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ley de promoción del mercado de biocombustibles. (2004). Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28054.pdf>
- Llenque, L., Quintana, A., Torres, L., & Segura, R. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. *REBIOL*, 40(1), 21-29. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2991/3319>
- Luz, D. (2014). Obtenido de Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo.
- Martín, N. (2017). *Análisis del ciclo de vida de la producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica proveniente de residuos agrícolas*. Obtenido de

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6045/tfm-mar-ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, J. (2006). *Diagnóstico Local Participativo del consumo de drogas en el distrito de Calleria-Pucallpa*. Obtenido de http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/savia/PDF/diagnosticofina/IDiagnostico_Final_Calleria.pdf

MINAM. (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014*. Obtenido de https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/INGEI_2016_Junio-2021_Final.pdf

Montiel, K., & Romero, L. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de la coronta (olote) del maíz variedad HS-5, por el método de hidrólisis ácida diluida-fermentación separada, Laboratorios de química UNAN-MANGUA, I-II Semestre 2015*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/1357/1/Monograf%C3%ADa%20KiaraLeticia.pdf>

Montoya, N. (2012). *Análisis de la Viabilidad de Obtención de Bioetanol a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU)*.

MPCP. (2018). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo 2018*. Obtenido de <https://www.municportillo.gob.pe/images/pdf/doc2018/docset/ord015.pdf>

Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL. (2006). *Especificaciones de la calidad del etanol carburante y del gasohol (mezcla de gasolina y etanol) y normas técnicas para la infraestructura*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11362/25952>

Norma Técnica Peruana 321.126.2011 PETRÓLEO Y DERIVADOS. Alcohol Carburante: Etanol anhidro desnaturalizado para mezcla con gasolina uso motor. Especificaciones. (2011). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/321126-3-pdf-free.html>

Oliva, J. (2003). *Efectos de los productos de degradación originados en la explosión de vapor de biomasa de Chopo sobre Kluyverocymes marxianus*. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/4804/1/T26833.pdf>

Olmos, R., Serafín, A., Gómez, A., & Polo, K. (2019). *Análisis de factibilidad de un proceso de producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos como*

- alternativa sustentable al manejo de residuos sólidos urbanos. *Jovenes en la Ciencia*, 5(1). Obtenido de <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3007/2471>
- Palacios, G. (2014). *Análisis de la producción de bioetanol de segunda generación, a partir del aprovechamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en Bogotá-Colombia*. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1562/PalaciosGerman2014.pdf?sequence=1>
- Perseo Biotechnology. (2019). *Bioethanol*. Obtenido de <http://www.imecal.com/perseo/bioethanol/>
- Preising, R. (2020). *Caracterización de residuos sólidos urbanos domiciliarios del distrito de Calleria, 2018*. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4357/UNU_AMBIENTAL_2020_T_RICARDO-PREISING.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, Y., Ángeles, R., Navarrete, A., Salazar, M., Ortiz, M., & Contreras, J. (2020). Obtención de bioetanol a partir de residuos de frutas obtenidos de sitios urbanos. *TEDIQ*, 6(6), 178-183. Obtenido de http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/7705/Obtencion_de_bioetanol_2020.pdf?sequence=1
- San Millán, A. (2018). *Estudio técnico sobre biodigestores anaeróbicos, aplicado al tratamiento de la fracción orgánica de los residuos municipales*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14132/ASC.pdf?sequence=1>
- Secretaría de Energía. (2017). *Reporte de Inteligencia Tecnológica "Bioetanol"*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296708/IT_Bioetanol_01022018.pdf
- Valle, A., & González, J. (2019). *Mas ciencias por México*. Obtenido de Del campo al motor, el bioetanol en México: SEGUNDA PARTE: <https://www.masciencia.org/news/2019/9/23/del-campo-al-motor-el-bioetanol-en-mxico-segunda-parte#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20biocombustibles%20de%20>

segunda%20generaci%C3%B3n%20%28biocombustibles,se%20resume%20el
%20proceso%20para%20producir%20bioet

Vasco, J., Li, Y., & Ge, X. (s.f.). *Tecnologías de fraccionamiento de biomasa para una biorrefinería basada en materia prima lignocelulósica*. Obtenido de Pretratamiento biológico de biomasa lignocelulósica: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128023235000244>

Vásquez, S. (2019). Obtenido de Obtención de bioetanol a partir de biomasa lignocelulosica presente en la cascarilla del arroz para ser utilizados en equipos motorizados: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17633/4/UPS-CT008382.pdf>

Viñals, M., Bell, A., Michelena, G., & Ramil, M. (2012). Obtención de etanol a partir de bioamas lignocelulósica. *ICIDCA. Sobre lo derivados de la caña de azucar*, 46(1), 7-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223123848002.pdf>

Zola, M., & Barranzuela, M. (2017). Obtenido de ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN PIURA, PERÚ: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3996>

ANEXOS

CONTROL OPERATIVO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN

En los siguientes cuadros se puede observar los resultados obtenidos del control operativo del proceso de fermentación, en el cual diariamente se registraron datos como burbujeo, temperatura y color en un periodo de dos turnos (día – noche).

Tabla 18. Control del proceso de fermentación – Día 1

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color					
					R1	R2	R3	R1	R2	R3			
1	7:12 a.m.	27/08	28.3	Testigo									
				T0	2	2	2	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	2	3	3	-	-	-			
				T2	2	3	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro			
					T3	4	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro		
	7:20 p.m.	27/08	29.1	Testigo									
				T0	3	3	2	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	3	2	2	-	-	-			
T2				3	2	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro				
				T3	4	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro			

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 18 se observa que tanto en el día como en la noche a una temperatura de 28.3°C y 29.1°C respectivamente, T3 tuvo una valorización de 4 en sus 3 repeticiones. Por otro lado T0 solo obtuvo una valorización de 2 en sus 3 repeticiones para el turno de día mientras que en el turno noche sus valores en R1 Y R2 aumentaron a 3.

Tabla 19. Control del proceso de fermentación – Día 2

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color			
					R1	R2	R3	R1	R2	R3	
2	8:10 a.m.	28/08	26.5	Testigo							
				T0	3	3	2	-	-	-	
				Tratamientos							
					T1	3	2	2	-	-	-
					T2	3	2	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					T3	4	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					Testigo						
8:00 p.m.	28/08	26.3		T0	3	3	1	-	-	-	
				Tratamientos							
				T1	2	2	2	-	-	-	
					T2	3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					T3	4	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					Testigo						
					T0	3	3	1	-	-	-

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 19 se observa que tanto en el día como en la noche a una temperatura de 26.5°C y 26.3°C respectivamente, T3 tuvo una valorización de 4 en sus 3 repeticiones. Por otro lado T1 solo obtuvo una valorización de 2 en sus 3 repeticiones para el turno noche, así mismo T0 para el mismo turno tuvo una valorización de 1 en R3.

Tabla 20. Control del proceso de fermentación – Día 3

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color			
					R1	R2	R3	R1	R2	R3	
3	8:30 a.m.	29/08	29.3	Testigo							
				T0	3	3	1	-	-	-	
				Tratamientos							
					T1	2	1	2	-	-	-
					T2	3	1	2	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					T3	3	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					Testigo						
8:50 p.m.	29/08	28.7		T0	3	4	1	-	-	-	
				Tratamientos							
				T1	2	1	1	-	-	-	
					T2	3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					T3	3	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
					Testigo						
					T0	3	4	1	-	-	-

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 20 se observa que tanto en el día como en la noche a una temperatura de 29.3°C y 28.7°C respectivamente, T3 tuvo una valorización de 4 en R2 y R3, y 3 en R1. Por otro lado T1 obtuvo una valorización de 1 en R2 y R3, y 2 en R1 para el turno noche y para el turno día obtuvo una valorización de 2 en R1 y R3, y 1 en R2.

Tabla 21. Control del proceso de fermentación – Día 4

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color		
					R1	R2	R3	R1	R2	R3
4	8:20 a.m.	30/08	29.9	Testigo						
				T0	3	3	0	-	-	-
				Tratamientos						
				T1	2	1	1	-	-	-
				T2	3	1	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro
	T3	3	4	4	Café/claro	Café/claro	Café/claro			
	8:30 p.m.	30/08	30.1	Testigo						
				T0	3	3	0	-	-	-
				Tratamientos						
				T1	2	1	1	-	-	-
T2				3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro	
T3	3	3	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro				

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 21 se observa que en el turno día T3 tuvo una valorización de 3 en R1, mientras que en R2 y R3 tuvo una valorización de 4, para el turno noche se tuvo una valorización de 3 en todas sus repeticiones. Por otro lado T1 obtuvo una valorización tanto para el turno día como noche de 2 en R1 y 1 en R2 y R3.

Tabla 22. Control del proceso de fermentación – Día 5

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color					
					R1	R2	R3	R1	R2	R3			
5	7:32 a.m.	31/08	28.1	Testigo									
				T0	3	3	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	2	1	1	-	-	-			
				T2	3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro			
	T3	3	3	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro						
	8:00 p.m.	31/08	30.1	Testigo									
				T0	3	3	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	2	1	1	-	-	-			
T2				3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro				
T3	3	3	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro							

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 22 se observa que tanto el turno día como noche a una temperatura de 28.1°C y 30.1°C respectivamente T3 tuvo una valorización de 3 en R1, R2 y R3. Por otro lado T1 obtuvo una valorización tanto para el turno día como noche de 2 en R1 y 1 en R2 y R3.

Tabla 23. Control del proceso de fermentación – Día 6

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color					
					R1	R2	R3	R1	R2	R3			
6	7:00 a.m.	01/09	29.5	Testigo									
				T0	3	3	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	2	1	1	-	-	-			
				T2	3	1	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro			
	T3	3	3	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro						
	7:30 p.m.	01/09	30.9	Testigo									
				T0	3	3	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	2	1	1	-	-	-			
T2				3	0	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro				
T3	3	3	3	Café/claro	Café/claro	Café/claro							

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 23 se observa que tanto el turno día como noche a una temperatura de 29.5°C y 30.9°C respectivamente T3 tuvo una valorización de 3 en R1, R2 y R3. Por otro lado T1 obtuvo una valorización tanto para el turno día como noche de 2 en R1 y 1 en R2 y R3.

Tabla 24. Control del proceso de fermentación – Día 7

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color		
					R1	R2	R3	R1	R2	R3
7	7:48 a.m.	02/09	30.3	Testigo						
				T0	3	3	0	-	-	-
				Tratamientos						
				T1	2	1	1	-	-	-
				T2	2	1	1	Café/negro	Café/negro	Café/negro
	T3	2	2	2	Café/negro	Café/negro	Café/negro			
	6:50 p.m.	02/09	30.9	Testigo						
				T0	2	2	0	-	-	-
				Tratamientos						
				T1	2	1	1	-	-	-
T2				3	0	3				
T3	3	3	3							

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 24 se observa que en el turno día a una temperatura de 30.3, T2 bajó su valorización 2 en R1, R2 Y R3 mientras que en el turno noche subió nuevamente a 3 en R1, R2 y R3. Por otro lado T1 obtuvo una valorización tanto para el turno día como noche de 2 en R1 y 1 en R2 y R3.

Tabla 25. Control del proceso de fermentación – Día 8

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color					
					R1	R2	R3	R1	R2	R3			
8	7:20 a.m.	03/09	30.1	Testigo									
				T0	2	1	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	1	0	0	-	-	-			
				T2	1	0	0	Café/negro	Café/negro	Café/negro			
					T3	2	2	2	Café/negro	Café/negro	Café/negro		
	7:40 p.m.	03/09	29.9	Testigo									
				T0	2	1	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	1	1	1	-	-	-			
T2				1	0	0	Café/negro	Café/negro	Café/negro				
				T3	2	2	2	Café/negro	Café/negro	Café/negro			

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 25 se observa que tanto en el turno día como en el de noche a una temperatura de 30.1 y 29.9, T3 tuvo una valorización de 2 en R1, R2 y R3. Por otro lado T1 obtuvo una valorización en el turno día de 1 en R1 y 0 en R2 y R3, en el turno noche tuvo una valorización de 1 en R1, R2 y R3.

Tabla 26. Control del proceso de fermentación – Día 9

Días	Hora	Fecha	T°(°C)		Burbujeo*			Color					
					R1	R2	R3	R1	R2	R3			
9	7:35 a.m.	03/09	30.1	Testigo									
				T0	0	0	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	0	0	0	-	-	-			
				T2	0	0	0	Café/negro	Café/negro	Café/negro			
					T3	1	1	1	Café/negro	Café/negro	Café/negro		
	7:55 p.m.	03/09	29.9	Testigo									
				T0	0	0	0	-	-	-			
				Tratamientos									
				T1	0	0	0	-	-	-			
T2				0	0	0	Café/negro	Café/negro	Café/negro				
				T3	0	0	0	Café/negro	Café/negro	Café/negro			

*Valorización del burbujeo:

4. Abundante; 3. Medio; 2. Bajo; 1. Muy bajo; 0. Nulo

En la tabla 26 se observa que las muestras han obtenido una valorización de 0 en R1, R2 y R3, a excepción de T3 que en el turno de día obtuvo una valorización 1, dándose por concluido el proceso de fermentación.



Figura 21. Fracción orgánica recolectada de las 14 viviendas



Figura 22. Pesaje de la fracción orgánica para conocer el IGP por vivienda



Figura 23. Selección de la fracción orgánica acumulada



Figura 24. Caracterización de la fracción orgánica



Figura 25. Pesaje por cada fracción orgánica recolectada



Figura 26. Trituración de la fracción orgánica en pequeñas proporciones (1cm aproximadamente)



Figura 27. Distribución aleatoria de la fracción orgánica para los tratamientos y el testigo



Figura 28. Proceso de homogenización para los tratamientos T2 y T3



Figura 29. Vaciado al envase para el proceso de fermentación



Figura 30. Agregando 2500 ml de agua al tratamiento T1 y al testigo T0



Figura 31. Equipos para la medición de los parámetros fisicoquímicos



Figura 32. Medición de los parámetros fisicoquímicos



Figura 33. *Levadura Saccharomyces cerevisiae*



Figura 34. *Pesaje de la levadura*



Figura 35. *Envases listos para empezar el proceso de fermentación*



Figura 36. *Burbujeo durante el proceso de fermentación*



Figura 37. *Primer filtrado*



Figura 38. *Termino del primer filtrado*



Figura 39. *Materiales para el segundo filtrado*



Figura 40. *Segundo filtrado*



Figura 41. *Termino del segundo filtrado*



Figura 42. *Proceso de destilación*



Figura 43. *Destilación para la obtención de bioetanol*



Figura 44. *Obtención del bioetanol*



Figura 45. *Instrumento para la medición del grado alcohólico*



Figura 46. *Termino de la destilación*



Figura 47. *Medición de grado alcohólico*