



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL

Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico, distrito El Agustino, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Huamán Casa, Frida (ORCID: 0000-0003-4856-3403)

García Rodríguez, Janeth Lucero (ORCID: 0000-0002-6562-1735)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Ambiental

**LIMA - PERÚ
2019**

Dedicatoria

A Dios y a nuestras familias por estar a nuestro lado siempre.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por bendecirnos y llenarnos de fortaleza para enfrentar las dificultades. A nuestra hermosa familia, padres, hermanos y sobrinos por brindarnos siempre su apoyo. A nuestros maestros de la escuela de ingeniería ambiental por compartirnos sus conocimientos durante la trayectoria de nuestra profesión, en especial al ingeniero Quijano como asesor de nuestro proyecto de quien nos ha guiado con mucha paciencia como docente.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Garcia Rodriguez Janeth Lucero y Huamán Casa Frida con DNI N° 75877598 y DNI N° 46896457 respectivamente, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se muestran en la tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 13 de diciembre del 2019



Janeth Garcia Rodriguez
DNI: 75877598



Frida Huamán Casa
DNI: 46896457

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
UÑUCHIQ	xi
I. Introducción	1
II. Método	11
2.1. Tipo y diseño de investigación	11
2.2 Operacionalización de variables	11
2.3. Población, muestra y muestreo	11
2.3.1. Población y muestra	11
2.3.2. Tamaño de muestra	11
2.2.3. Técnica de muestreo	12
2.4.2. Validez del instrumento	12
2.4.3. Confiabilidad del instrumento	13
2.5. Procedimiento	13
2.5.1. Ubicación del experimento	13
2.5.2. Pruebas	13
2.5.3. Materiales y Equipos	14
2.5.4. Descripción del Procedimiento	14
2.5. Método de análisis de datos	23
2.6. Aspectos Éticos	24
III. Resultados	25
IV. Discusión	48
V. Conclusiones	50
VI. Recomendaciones	51
Referencias	52
Anexos	57

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Propiedades del ácido poliláctico</i>	7
<i>Tabla 2: Tamaño de la muestra</i>	12
<i>Tabla 3: Validación de datos</i>	13
<i>Tabla 4: Mediciones del balde</i>	16
<i>Tabla 5: Resultados de la composición de los residuos alimentarios domiciliarios</i>	25
<i>Tabla 6: Análisis nutritivo de los componentes de los residuos alimentarios</i>	26
<i>Tabla 7: Resultados del peso de los residuos alimentarios domiciliarios</i>	27
<i>Tabla 8: Análisis de varianza del peso de los residuos alimentarios domiciliarios</i>	28
<i>Tabla 9: Resultados de la densidad de los residuos alimentarios domiciliarios</i>	28
<i>Tabla 10: Análisis de varianza de la densidad de los residuos alimentarios</i>	29
<i>Tabla 11: Resultados del pH</i>	30
<i>Tabla 12: Análisis de varianza del pH</i>	31
<i>Tabla 13: Prueba de Tukey del pH</i>	31
<i>Tabla 14: Resultados de la temperatura</i>	32
<i>Tabla 15: Análisis de varianza de la temperatura</i>	33
<i>Tabla 16: Prueba de Tukey de la temperatura</i>	34
<i>Tabla 17: Resultados de la concentración del ácido láctico</i>	35
<i>Tabla 18: Análisis de varianza de la concentración del ácido láctico</i>	35
<i>Tabla 19: Prueba de Tukey de la concentración del ácido láctico</i>	36
<i>Tabla 20: Peso del bioplástico</i>	37
<i>Tabla 21: Análisis de varianza del peso de bioplástico</i>	38
<i>Tabla 22: Prueba de Tukey del peso del bioplástico</i>	38
<i>Tabla 23: Resultados de la humedad del bioplástico</i>	39
<i>Tabla 24: Análisis de varianza de la humedad de bioplástico</i>	40
<i>Tabla 25: Prueba de Tukey de la humedad del bioplástico</i>	41
<i>Tabla 26: Resultados del rendimiento del bioplástico</i>	42
<i>Tabla 27: Análisis de varianza del rendimiento del bioplástico</i>	43
<i>Tabla 28: Prueba de Tukey del rendimiento del bioplástico</i>	44
<i>Tabla 29: Resultados del tiempo de formación del bioplástico</i>	45
<i>Tabla 30: Análisis de varianza del tiempo de formación del bioplástico</i>	46
<i>Tabla 31: Prueba de Tukey del tiempo de formación del bioplástico</i>	46

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Estructuras L y D del ácido láctico</i>	7
<i>Figura 2: Bacterias ácido-lácticas</i>	15
<i>Figura 3: Sistema de biodigestión</i>	15
<i>Figura 4: Recolección y prueba de los residuos</i>	16
<i>Figura 5: Preparación de la muestra y proceso de pasteurización</i>	17
<i>Figura 6: Fermentación y recolección del licor</i>	17
<i>Figura 7: Sistema de recuperación del ácido láctico</i>	18
<i>Figura 8: Recuperación del ácido láctico</i>	19
<i>Figura 9: Separación del ácido láctico por el rotavapor</i>	19
<i>Figura 10: Determinación de pH y temperatura</i>	20
<i>Figura 11: Titulación</i>	20
<i>Figura 12: Obtención de lactida</i>	21
<i>Figura 13: Obtención de polímero</i>	22
<i>Figura 14: Separación del polímero</i>	22
<i>Figura 15: Características del polímero</i>	23
<i>Figura 16: Representación de distribución de pruebas</i>	24
<i>Figura 17: Composición de los residuos alimentarios</i>	25
<i>Figura 18: Análisis Nutritivo</i>	26
<i>Figura 19: Peso de los residuos alimentarios domiciliarios</i>	27
<i>Figura 20: Densidad de los residuos alimentarios</i>	29
<i>Figura 21: pH del ácido láctico</i>	30
<i>Figura 22: Prueba de Tukey del pH</i>	32
<i>Figura 23: Temperatura del ácido láctico</i>	33
<i>Figura 24: Prueba de Tukey de la temperatura</i>	34
<i>Figura 25: Concentración del ácido láctico</i>	35
<i>Figura 26: Prueba de Tukey de la concentración del ácido láctico</i>	37
<i>Figura 27:.. Peso del bioplástico</i>	37
<i>Figura 28: Prueba de Tukey del peso de bioplástico</i>	39
<i>Figura 29: Humedad del bioplástico</i>	40
<i>Figura 30: Prueba de Tukey de la humedad del bioplástico</i>	41
<i>Figura 31: Rendimiento del bioplástico</i>	43
<i>Figura 32: Prueba de Tukey del rendimiento de bioplástico</i>	44
<i>Figura 33: Rendimiento del bioplástico</i>	45
<i>Figura 34: Prueba de Tukey del tiempo de formación del bioplástico</i>	47

RESUMEN

Este trabajo de investigación fue realizado con el objetivo de evaluar la fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el distrito de El Agustino. Los residuos alimentarios son sustancias comestibles cocidos o sin cocer que han sido descartadas por el consumidor. La fermentación láctica consiste en un proceso metabólico que realizan bacterias ácido-lácticas utilizando la glucosa de los alimentos para la producción de ácido láctico. El Ácido Poliláctico (PLA) es un biopolímero termoplástico cuya molécula precursora es el ácido láctico. El tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población estuvo compuesta por los residuos alimentarios generados en los hogares de los habitantes del distrito de El Agustino, y la muestra fue representada por 45 Kg del Sector Próceres. Los instrumentos empleados para la medición de los indicadores a cuantificar fueron: Fichas de características de los residuos alimentarios domiciliarios, del ácido láctico, del bioplástico y rendimiento del bioplástico. La prueba fue realizada a diferentes concentraciones de lactida (6g, 8g y 10g) con tres repeticiones. El mejor fue alcanzado con el T1 (6g lactida + 3g catalizador) con un 1,08 g y 2,09%, correspondiente a peso y rendimiento de bioplástico respectivamente. Finalmente se concluye que la obtención de bioplástico a través de la fermentación láctica de residuos alimentarios tiene gran potencial y podría ser usado en diferentes aplicaciones.

Palabras clave: Fermentación láctica, residuos alimentarios, ácido láctico, bioplástico

ABSTRACT

This research was carried out in the district of El Agustino in order to evaluate the lactic fermentation of household food waste to obtain bioplastics. Food waste is cooked or uncooked substances that have been discarded by the consumer. Lactic fermentation is a metabolic process performed by lactic acid bacteria using glucose from food for the production of lactic acid. The Polylactic Acid (PLA) is a thermoplastic biopolymer whose precursor molecule is lactic acid. The type of research was applied with a quantitative approach and experimental design. The population was composed of food waste generated in the homes of the inhabitants of the district of El Agustino, and the sample was represented by 45 Kg. The instruments used to measure the indicators to be quantified were: Characteristics of household food waste, lactic acid, bioplastic and bioplastic yield. The treatment was performed at different concentrations of lactide (6g, 8g and 10g) with three repetitions. corresponding to weight and performance of bioplastic respectively. Finally, it is concluded that obtaining bioplastic through lactic fermentation of food waste has great potential and could be used in different applications.

Keywords: Lactic fermentation, food waste, lactic acid, bioplastic.

UÑUCHIQ

Kay investigación llamkaymi ruwakurqa chullalla qawaywan, wasikunapa ismusqa lácticas mikuyinkunapata biolastikukuna urqunapaq kay distrito Agustinu nisqampi. Puchu mikuykuna yanusqa ichapas mana yanusqa sustancia kan mikuqkunapa wikapasqan. Kay puquchiymi ruwakun proceso metabólico bacteria ácido lácticas nisqanwan, chay mikuykunapa glucusanwanmi puqunchin kay ácido láctico nisqanta.

Kay Ácido Poliláctico (PLA) nisqanmi kan biopolímero termoplástico sutuy humanchaqinmi, ácido láctico nisqan. Kay investigación llamkaymi ruwakun enfoque cuantitativo nisqanwan chaynallataq diseño experimentalwan. Puchu mikunakunam urqurqa agustino distritupu wasikuq yachaqkunamanta, muestrañataqmi tupukurqa tawa pichqachuq kilogramuswan 45kg. Instrumentukunañaqmi qawaykuna tupunapaq chaynallataq yupanchanapaq karun: fichas wasi puchu mikuykuna chullanchanapaq chay ácido láctico, bioplásticupa chaynallataq bio plastikupa atipayninta Kay tratamientum ruwakurqa llapa lasi lactida ñuykunawan (6kg, 8kg, 10kg) kimsa kutikama. Allinninmi aypakurqa kay T1kay 1.08g chaynallataq 2,09 llasaynin chaynallataq atipaynin bioplastikupa. Tukupaynimpin kay biolastiku urquyninmi llapaismusqa láctica puchuy mikunakunamanta allin kallpayuq kan chaynallataq ima lasi aplikacionkunapipas usakullanmanmi.

Clave qillqaykuna: Puquchiy láctica, ismusqa mikunakuna, ácido láctico, bioplástico

I. Introducción

En el distrito de El Agustino se generan en total diariamente 159,69 toneladas de residuos sólidos. Las 39558 viviendas correspondientes al distrito producen en promedio aproximadamente 0,792 kg/día de residuos. Del total de residuos sólidos generados, el 56% corresponde a residuos orgánicos, lo que hace un total de 0,45 kg/día de residuos orgánicos producidos por cada habitante (Municipalidad El Agustino, 2016).

Los problemas ambientales derivados de la generación de residuos del distrito El Agustino son generados por el inadecuado manejo de los mismos. El distrito posee varios puntos críticos de acumulación de residuos distribuidos por toda su jurisdicción como la avenida 1 Mayo y la auxiliar de Evitamiento (Contraloría General de la República, 2019).

Aunque la naturaleza tiene la capacidad de reducir el impacto negativo de los residuos en el ambiente, se han observado desequilibrios importantes en las zonas en las que se ha superado la capacidad de asimilación natural de los contaminantes. Entre las consecuencias perjudiciales que se pueden producir destacan las siguientes: emisión de metano que pueden ocasionar incendios o explosiones, impacto visual negativo de los vertederos en el paisaje, extensión de terrenos contaminados y disminución de recursos naturales utilizables.

Siguiendo el principio de prevención, según la Ley General del Ambiente, la estrategia para la gestión adecuada de los residuos debe ser evitar la producción de los mismos. Por lo que en este trabajo de investigación se propuso reducir la generación de residuos alimentarios domiciliarios mediante la obtención de bioplástico a través de la fermentación láctica, siendo también una alternativa para las municipalidades peruanas para cumplir con las obligaciones ambientales

Con referencia a los antecedentes, se precisó que Kasijaran et al. (2019) prepararon 38,23 g/L de ácido poliláctico a partir de *Prosopis juliflora* e incorporaron quitosano para aplicaciones de envasado; luego utilizando el método de policondensación directa para convertir el ácido láctico en ácido poliláctico, obtuvieron una composición de PLA (ácido poliláctico) /quitosano correspondiente a 60/40 con 0,25 mm de espesor y además lograron 17,809 Mpa de resistencia a la tracción y 300,11% de alargamiento de rotura.

Asimismo, Yousuf et al. (2018) estudiaron el efecto del contenido sólido total (TS) en la producción de ácido láctico a partir de cultivos mixtos fermentativos oscuros de residuos de alimentos, donde los resultados indicaron que la aireación no mejora significativamente la concentración o el rendimiento del producto y además determinaron que los residuos sin contenido sólido total (TS) al 29% lograron 31 g/l de ácido láctico.

Así también, Liang et al. (2015) produjeron ácido láctico a partir de residuos de cáscara de papa mediante la secuenciación anaeróbica de la fermentación en lotes inoculados con un cultivo mixto indefinido proveniente de una planta de aguas residuales municipales, donde obtuvieron que el rendimiento máximo de producción de ácido láctico es de 0,25g g⁻¹.

Por otro lado, Bial et al. (2018) consiguieron un bioplástico sostenible a partir de paja de arroz logrando buenas propiedades mecánicas como resistencia a la tracción y elongación igual a 45 MPa y 6,1% y 10 MPa y 63% para mancuernas secas y húmedas, respectivamente.

Adicionalmente, De La Torre et al. (2019) usaron células de *L. delbrueckii spp.* para la producción de ácido D-láctico a partir de hidrolizados de desechos de cáscara de naranja desarrollando una estrategia más favorable para la absorción de la mezcla de azúcares (fructosa y galactosa) y resultando un aumento importante de la productividad del ácido láctico (6,72 g/L·h).

A su vez Pleissner et al. (2017) produjeron de manera directa ácido láctico a través de la sacarificación y fermentación simultánea de los residuos alimentarios de restaurantes utilizando *Lactobacillus sp.* o *Streptococcus sp.*, la composición de los residuos (p/p) es de 33,5% de almidón, 14,8% de proteínas, 12,9% de grasa y 8,5% de azúcares, obteniendo que la cepa *Lactobacillus sp.* produjo 0,27-0,53 gL⁻¹h⁻¹ de ácido láctico y un rendimiento de 0,07-0,14 gg⁻¹, mientras que *Streptococcus sp.* degradó más eficientemente los residuos alimentarios consiguiendo 2.16 gL⁻¹h⁻¹ de ácido láctico y un rendimiento de 0.81 gg⁻¹.

De igual modo, Tang et al. (2017) estudiaron el efecto del pH en la producción de ácido láctico a partir de la fermentación acidogénica de residuos alimentarios con diferentes tipos de inóculos; donde los resultados mostraron que los resultados más favorables referentes a la tasa de degradación del sustrato, la actividad enzimática, la concentración óptima de ácido láctico y el rendimiento se lograron con pH 5 debido al aumento de la hidrólisis, independientemente del inóculo utilizado

Igualmente, Van der Pol et al. (2016) produjeron ácido láctico a partir de bagazo de caña de azúcar pretratado utilizando *Bacillus coagulans* mediante la sacarificación y fermentación simultánea (SSF) en una o dos etapas, logrando que la adición de bagazo en dos etapas reduzca la viscosidad durante la fermentación simultánea (SSF) dándose como resultado una productividad promedio en las primeras 23 h de 2,54 g/l/h, similar a las alcanzadas en fermentaciones con azúcares de alta calidad.

Por otra parte, Juodeikiene et al. (2015) obtuvieron de manera sostenible ácido láctico mediante una base biológica compuesta por biomasa y almidón en comparación a la síntesis química, donde comprobaron que la eficiencia de conversión biológica de la biomasa del trigo en ácido láctico tuvo un aumento energético del 47% y que los costos totales disminuyen en un 17% frente a la síntesis química.

Adicionalmente, Sakai et al. (2014) fabricaron plástico a través de un nuevo proceso de producción de poli lactato a partir de residuos alimentarios municipales con la bacteria *propionibacterium* en una fermentación con condiciones semisólidas, concluyendo que el diseño del experimento permite un alto rendimiento de isómeros ópticos con ahorro de energía y mínimas emisiones y logrando la eliminación del 50% de carbono como ácido láctico, finalmente de los 100 kg de residuos de alimentos recolectados obtuvieron 7 kg de ácido poliláctico.

Por otro lado, Nair et al. (2014) a través de la clarificación y fermentación de polvo de semilla de jaca produjeron ácido láctico y polímero de polilactida mediante una bacteria recién aislada *Streptococcus equinus*, resultando 109 g/L de lactato y 200 g/L de semilla de jack en polvo, además usaron para la síntesis de ácido poliláctico el método de polimerización por condensación directa, llegando a obtenerse 62% de rendimiento.

También, Dietz et al. (2016) obtuvieron ácido láctico a partir de jugos verdes como fuente de nutrientes mediante fermentaciones a 52 °C y pH 6.0 con una cepa termotolerante *Bacillus coagulans* usando líquidos de alfalfa y trébol de dos años de cosecha, donde comprobaron que el jugo de alfalfa fue mejor por su alto contenido de nitrógeno y alcanzaron un título final de 98,8 g/L después de 30 h con pureza de ácido láctico de 99%.

De igual forma, Venus et al. (2018) produjeron ácido láctico a partir de los residuos orgánicos de paja de arroz para la obtención de bioplástico, donde disminuyeron el tamaño de paja de arroz, luego disolvieron con ácido trifluoroacético para obtener un material con resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura igual a 45 MPa y 6,1% y 10 MPa y 63%, finalmente comprobaron que el bioplástico tiende a descomponerse por completo en 105 días dependiendo de la humedad ambiental.

Asimismo, Piassi et al. (2016) generaron ácido láctico a partir de los residuos de la industria láctea (suero) con la bacteria *Lactobacillus rhamnosus* para obtener ácido láctico de alta pureza, mostraron que la producción máxima de ácido láctico fue de 143,7 g/L. Después de la purificación de la muestra de ácido láctico, se realizó la recuperación de los azúcares reductores, la eliminación de proteínas y color obteniendo 0,28%, 100% y 100%, respectivamente.

Igualmente, Bomrungnok et al. (2012) produjeron ácido láctico a partir del almidón de yuca con las bacterias *Lactobacillus plantarum* mediante una fermentación continua convencional en la que detectaron que la productividad del ácido láctico se incrementa y la concentración del ácido disminuye al aumentar la velocidad de dilución, dándose como resultado que la mayor productividad es de 4,53 gl-1h-1 a una tasa de dilución de 0,4 h-1, que fue 4,7 veces más alta que la fermentación por lotes.

Conjuntamente, Drauschke et al. (2015) obtuvieron ácido láctico y metano a través del aprovechamiento de los residuos biológicos por fermentación en etapas a 37 °C utilizando el microbioma indígena en un periodo de 24 días, consiguiendo 83% de ácido láctico y altos rendimientos de hasta 37 g kg-1; además, la conversión de materia orgánica en ácido láctico se incrementó de 22% a 30% mediante la extracción continua del mismo.

Por añadidura, Mladenović et al. (2018) generaron ácido láctico en cultivo de papa con la bacteria *Lactobacillus paracasei* utilizando además residuos agroindustriales como la cascarilla de semilla de girasol (SSH), el grano de las cerveceras (BSG) y la pulpa de remolacha azucarera (SBP), donde el acoplamiento de las células les permitió una separación rápida del medio fermentado, obteniendo que la productividad de ácido láctico fue de 1.48 g/L, la concentración máxima del mismo fue de 80.10 g/L y el coeficiente de rendimiento promedio es de 0.97 g/g.

Del mismo modo, Djukić-Vuković, et al. (2014) produjeron ácido láctico con destilado líquido y la bacteria *Lactobacillus rhamnosus* inmovilizado en zeolita, un mineral de aluminosilicato microporoso, logrando una productividad del proceso de 1,69 g L⁻¹, una concentración máxima de ácido láctico de 42,19 g L⁻¹ y un coeficiente de rendimiento promedio de 0,96 g g⁻¹ en la fermentación sin la aportación de minerales o nitrógeno.

Otro aporte, Pejin et al. (2018) produjeron ácido láctico usando *Lactobacillus paracasei* en sustrato agroindustrial compuesta por forraje de papa y melaza, evaluando la respuesta de las cepas en condiciones ambientales con el objetivo de seleccionar las bacterias mejor adaptadas, concluyendo a través de la fermentación en lotes que la cepa más adaptada fue *L. paracasei* A-22, el cual mostró una producción superior de ácido láctico de 89.4 g L⁻¹, un rendimiento de 0.89 g g⁻¹ y una pureza óptica superior al 99%.

De igual forma, Iñiguez y Castillo (2011) obtuvieron ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum* L) como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable, donde después del tiempo determinado en el experimento se realizó la separación de ácido láctico del inóculo fermentado por medio de la destilación, logrando como mejor resultado 0.365% de ácido láctico en la prueba número siete.

Adicionalmente, Toya (2018) sintetizó ácido poliláctico (PLA) a partir de ácido láctico mediante dos métodos: policondensación con catalizador y policondensación sin catalizador concluyendo que el rendimiento logrado en la síntesis de PLA con catalizador es de 67,53% y el método libre de catalizador es de 68,83%; en consecuencia, mediante la aplicación de ambos métodos es posible la síntesis de PLA

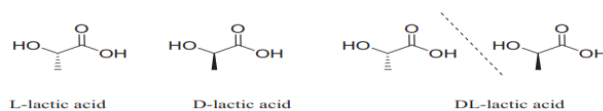
También, Barba (2015) sintetizó PLA a partir del ácido láctico extraído de lactosuero de quesería mediante radiación con microondas con dos catalizadores, óxido de calcio y óxido de zinc en diferentes concentraciones (0 g, 1 g, y 3 g), a distintas temperaturas de síntesis (110 °C, 150 °C y 190 °C) y varios tiempos de reacción (10, 20, y 30 minutos), logrando que las condiciones más favorecedoras para la obtención del PLA fue usando 1 g de catalizador CaO a 150 °C durante 20 minutos, formando un oligómero de peso molecular de $9,13 \times 10^3$ Daltons.

Además, Cuervo y Echeverry (2016) determinaron la polimerización de ácido láctico mediante la fermentación del suero de quesería con los microorganismos *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*, obteniendo que la fermentación de dos sustratos: suero desproteinizado y suero sin desproteinizar produjo 9.81g/L y 11.0475g/L de ácido láctico respectivamente, luego se realizó la polimerización por el método ROP (apertura abierta del anillo) logrando la síntesis de un diéster de ácido láctico denominado lactida en presencia de metanol y cloruro de estaño II como catalizador a una temperatura de 60°C.

Finalmente, Wojtyniak et al. (2018) produjeron ácido láctico por ultrafiltración de suero fermentado obtenido en biorreactor equipado con membrana, utilizaron diversas materias primas (suero sintético desproteinado S1, suero sintético S2 y permeado de suero lácteo de ultrafiltración S3) como alimento para pruebas de ultrafiltración en condiciones constantes y encontraron que la concentración más alta de ácido láctico es de $0.69 \pm 0.95\%$ en peso. Como se conoce, los residuos alimentarios domiciliarios están compuestos de restos de comida cocida o sin cocer; cuando se encuentran en vertederos, estos residuos son degradados por microorganismos para formar lixiviados líquidos que contiene bacterias, material en descomposición y posiblemente contaminantes químicos propios del lugar. Este lixiviado presenta impactos negativos al llegar a los cursos de agua o al nivel freático. Además, otro efecto perjudicial es la generación de gases de efecto invernadero que intervienen en el calentamiento global. (Rees y Rouse, 2008).

En la Figura 1 se puede visualizar la estructura del ácido láctico o ácido 2-hidroxiopropanoico, conformado por un grupo carbonilo, alcohol y metilo, y la existencia de dos estereoisómeros ópticamente activos, es decir, los enantiómeros L y D. (Herrera, 2017). Estos ácidos lácticos

L y D se sintetizan generalmente mediante fermentación utilizando bacterias ácido lácticas (BAL). Las mismas son un grupo de microorganismos inmóviles, de forma bacilar o esférica, Gram positivos, anaeróbicas, mesófilas, capaces de desarrollarse en un pH de 4.0-4.5 y se pueden clasificar de acuerdo al tipo de fermentación en el que participan (Herrera, 2017).



Fuente: Síntesis, estructura y propiedades del poli (ácido láctico)

Figura 1: Estructuras L y D del ácido láctico

Con respecto a la fermentación se tiene dos tipos: Homofermentativas y Heterofermentativas. El primero produce dos moles de ácido láctico; mientras que la vía heterofermentativa presenta un mol de ácido láctico, un mol de etanol y un mol de CO₂ como resultado del proceso. En cualquiera de los dos casos la energía para realizar la fermentación es obtenida mediante la síntesis de ATP a través de la fosforilación del sustrato, siendo los carbohidratos su fuente de energía. (Herrera, 2017).

El Ácido Poliláctico (PLA) es un polímero amigable con el medio ambiente tanto por el hecho de obtenerse a partir de productos renovables, así como porque se degrada en subproductos benignos. Sus ventajas sobre los plásticos tradicionales se deben a sus propiedades, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Propiedades del ácido poliláctico

Fórmula	(C ₃ H ₄ O ₂) n
Peso molecular (Kda)	50 -750
Punto de fusión (°C)	178
Densidad (g/cm³)	1.25
Viscosidad (cps)	0.61-8.2
% Cristalinidad	15 -74
Temperatura Max. Usada (°C)	50 - 125
Tg temperatura de transición vítrea	60 - 65

Fuente: Elaboración Propia

El ácido poliláctico (PLA) también presenta un ahorro energético considerable en su elaboración (consume entre 25 - 55% menos energía en su producción que los polímeros derivados del petróleo) y es fácilmente procesable por extrusión, moldeo por soplado, hilado de fibras, termoconformado o calandrado (Valls, 2012).

El ácido poliláctico se puede obtener por dos vías: policondensación del ácido láctico y polimerización por apertura de anillo de lactida. La policondensación directa es una polimerización por crecimiento en etapas e implica una reacción química entre moléculas de monómeros polifuncionales. En una reacción en etapas, las cadenas en crecimiento reaccionan entre sí formando cadenas más largas (Valls, 2012).

La polimerización por apertura de anillo de lactida, en cambio, incluye policondensación del ácido láctico seguido de una despolimerización a fin de obtener el dímero cíclico lactida, finalmente después de la apertura del anillo se consigue el ácido poliláctico (PLA). La ventaja de la polimerización por apertura del ciclo es que la reacción se puede controlar más fácilmente, variando así las características del polímero resultante de una manera más controlada. También, ha conseguido obtenerse un polímero de elevado peso molecular mediante un único paso de policondensación gracias a un disolvente azeotrópico apropiado. (Valls, 2012).

Con respecto al área legal, se tiene que de acuerdo a la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. Además del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Por otro lado, la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. N° 1278) refiere que la gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto a los residuos ya generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los mismos, entre las cuales se cuenta

la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras opciones siempre que se garantice la protección de la salud y del ambiente.

Seguidamente a lo mencionado en los párrafos antepuestos y acorde a la problemática descrita con anterioridad, se presentó como problema general: ¿Cómo es la fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el Agustino, 2019? Además, se planteó como problemas específicos: ¿Cuáles son las características de los residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico en el Agustino, 2019?, ¿Cuáles son las características del ácido láctico para la obtención de bioplástico en el Agustino, 2019? y ¿Cuál es la cantidad de lactida sobre cantidad de catalizador para la obtención de bioplástico en el Agustino, 2019?

Como justificación, esta investigación permitió la obtención de bioplásticos, los cuales a diferencia de los convencionales implica un tiempo de degradación más corto en los ecosistemas terrestres y acuáticos, siendo así más conveniente para la conservación de las especies faunísticas. Además, los plásticos tradicionales están hechos a base de petróleo, con la escasez de este producto en el planeta, se ha vuelto más viable económicamente la producción de plásticos biodegradables.

Desde el punto de vista social, la utilización de residuos alimentarios como materia prima para la obtención de plásticos biodegradables ocasiona la disminución de su generación en el distrito de El Agustino, lo que genera ventajas sociales como la reducción del riesgo de enfermedades en los ciudadanos y el mejoramiento visual de los espacios públicos.

Para responder a las interrogantes generadas en este estudio, se propuso como objetivo general: Evaluar la fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el Agustino. Así como también se formuló los siguientes objetivos específicos: Determinar las características de los residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico, determinar las características del ácido láctico para la obtención de bioplástico y determinar la cantidad de lactida óptima sobre cantidad de catalizador para la obtención de bioplástico.

Según lo referido en el párrafo previo, se planteó como hipótesis general: La fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios influye en la obtención de bioplásticos en el Agustino. De igual manera se formuló las siguientes hipótesis específicas: Las características de los residuos alimentarios domiciliarios provenientes de viviendas influye en la obtención de bioplásticos, las características del ácido láctico influyen en la obtención de bioplásticos y la cantidad de lactida óptima sobre cantidad de catalizador en la obtención de bioplásticos en el Agustino es de 10g + 9 g.

II. Método

2.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio es aplicado porque consiste en dar una solución a un problema empleando teorías y principios ya establecidos que están relacionados con la investigación (Rajasekar, Philominathan, Chinnathambi, 2013). De igual forma, se tiene un enfoque cuantitativo porque fue necesario recolectar datos para justificar la hipótesis a base de un cálculo numérico y un análisis estadístico.

Asimismo, el presente trabajo es de nivel explicativo porque el investigador determinó si hay una relación causa efecto con las variables utilizadas. De igual manera, la investigación es de diseño experimental, debido a que existe una manipulación de las variables determinadas. (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

2.2 Operacionalización de variables

- Variable Dependiente: Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios
- Variable Independiente: Bioplástico

Se determinó las variables con el fin de medir cada una de ellas (independiente y dependiente) a través de sus indicadores. Ver Anexo 2.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población y muestra

En esta investigación la población estuvo compuesta de 90 ton/d de residuos alimentarios domiciliarios, los cuales fueron generados por una población de 201.694 mil habitantes del distrito de El Agustino (Municipalidad El Agustino, 2017).

2.3.2. Tamaño de muestra

Se tiene en cuenta además que los residuos orgánicos van a ser recogidos del sector Próceres del distrito de El Agustino por conveniencia, por lo que de acuerdo al valor de generación per cápita de residuos alimentarios domiciliarios (Ver Tabla 2), se realizó el siguiente cálculo para establecer el tamaño de la muestra.

Tabla 2: Tamaño de la muestra

Generación per cápita de residuos	N° de habitantes del sector seleccionado.	Días seleccionados para la recolección de la muestra.
0,45	25	4

Fuente: Plan de Manejo de Residuos Sólidos de El Agustino

$$\frac{0,45 \text{ Kg}}{\text{hab. día}} \times 25 \text{ hab} \times 4 \text{ días} = 45 \text{ Kg}$$

El tamaño de muestra para esta investigación será de 45 Kg.

2.2.3. Técnica de muestreo

El desarrollo de esta investigación se realizó mediante el muestreo probabilístico. Los residuos fueron llevados en bolsas al domicilio designado donde se clasificaron y caracterizaron. Después fueron cortados en dimensiones más pequeñas para posteriormente ser dispuestas en recipientes y señalizadas completamente al azar.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica de recolección de datos

En este estudio se utilizó la observación y la medición como técnica de recolección de datos. Esta técnica consistió en que a partir del uso de los sentidos y equipos especializados se determinó las características de los procesos que suceden en el experimento, para después recopilar información y utilizarla como sustento para la verificación de las hipótesis. (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el presente estudio se utilizó como instrumento las fichas de recolección de datos, el cual está conformado por los indicadores que se designaron en la operacionalización de variables y son las siguientes: Características de residuos orgánicos, características del ácido láctico, características del bioplástico y rendimiento del bioplástico. Ver Anexo 4.

2.4.2. Validez del instrumento

Como se conoce en una investigación cuantitativa, la validez se refiere a qué tan bien un instrumento mide lo que pretende medir (Mohajan, 2017). En esta investigación se empleó

el juicio de expertos para validar los instrumentos de recolección de datos, en la Tabla 3 se pueden visualizar los resultados obtenidos hallándose que el promedio es 90%.

Tabla 3: Validación de datos

NOMBRE DEL EXPERTO	ESPECIALIDAD	CIP	VALORACIÓN
Juan Ordoñez Gálvez	Ing. Mecánico de Fluidos	89972	85%
Eusterio Acosta Suasnabar	Ing. Químico	25450	85%
Juan Peralta Medina	Ing. Químico	56071	95%
PROMEDIO			90%

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del instrumento se refiere a una medición que proporciona resultados consistentes con valores iguales; dicho de otra manera, indica que la puntuación observada de una medida refleja la puntuación real de esa medida (Mohajan, 2017). En este estudio se ha medido los indicadores con el mismo instrumento para toda la medición y se han obtenido los mismos resultados, es decir que el instrumento es confiable.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Ubicación del experimento

La recolección y prueba de los residuos alimentarios domiciliarios y fermentación láctica se llevaron a cabo en el domicilio ubicado en el AA. HH. Independencia del distrito de El Agustino. Los otros procesos referentes a la recuperación del ácido láctico y la obtención del bioplástico fueron realizados en los laboratorios de la Universidad César Vallejo.

2.5.2. Pruebas

Se muestra las tres pruebas utilizados en esta investigación para la obtención del bioplástico a partir de la fermentación de los residuos alimentarios domiciliarios, en donde se tomó en cuenta la cantidad de lactida y cantidad de catalizador.

T1: 6 g/3g de catalizador

T2: 8 g/3g de catalizador

T3: 10 g/3g de catalizador

2.5.3. Materiales y Equipos

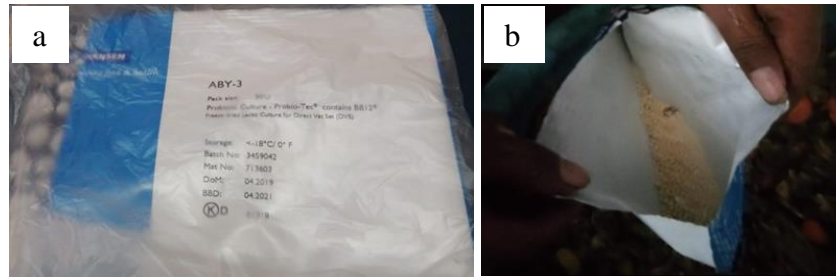
Los materiales y equipos utilizados en el trabajo de investigación fueron los siguientes:

- Bidón Plástico 84 L
- Tubo PVC 3"
- 09 balde de plástico 6 L
- Agua destilada
- ABY3 Probiotic Yogurt Culture
- Vaso de precipitación
- Matraces de Erlenmeyer 250 mL
- Cloruro de estaño
- Acetona
- Ácido Sulfúrico 60%
- Etanol
- Fenolftaleína
- Pipeta
- Hidróxido de Sodio 0,1 N
- Rotary Vacuum Evaporator, modelo RVO 400 SD, Boeco - Alemania
- Cocina
- Embudo
- Mangueras
- Tubo refrigerante
- Balón de destilación
- Plancha de calentamiento con agitación magnética.
- Sistema de filtración con bomba de vacío.
- Bureta
- Probeta 500 mL
- Vaso de Precipitado 250 mL

2.5.4. Descripción del Procedimiento

a) Obtención de las bacterias ácidos lácticas

En la Figura 2 se visualiza el cultivo ABY3 Probiotic Yogurt Culture adquiridas en Insumos y Soluciones para la Industria Alimentaria S.A.C., el cual contiene las cepas *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* y *Bifidobacterium lactis Lactobacillus casei*. Estas bacterias fueron almacenadas en refrigeración.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2: Bacterias ácido-lácticas: a) Cultivo ABY3 y b) Bacterias ácido-lácticas

b) Elaboración del Biodigestor

En la Figura 3 se visualiza el biodigestor usado en la fermentación, construido con la ayuda de un bidón de plástico de 84 L y para el escape de los gases de la fermentación se enlazó a un tubo PVC cuya salida fue un balde de plástico de 5L. El sistema fue sellado herméticamente con soldimix y silicona para garantizar un proceso anaeróbico.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3: Sistema de biodigestión: a) Biodigestor y b) Proceso de biodigestión

c) Recolección y tratamiento de los residuos orgánicos

En la Figura 4 se visualizan los residuos alimentarios domiciliarios recolectados por cuatro días de las viviendas del Jr. Próceres del distrito de El Agustino. Después fueron cortadas en dimensiones más pequeñas para posteriormente ser dispuestas en nueve baldes que fueron pesados en una balanza digital, finalmente con estos valores hallados se determinó la densidad.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Recolección y prueba de los residuos: a) Recolección de residuos, b) Corte de los residuos y c) Pesaje de los residuos

d) Determinación de la densidad

Para la determinación de la densidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{4 \times W}{\pi \times D^2 \times (H - h)}$$

Se tomó en cuenta los pesos obtenidos en el procedimiento anterior al igual que las mediciones del balde (Ver Tabla 4), tras lo cual se procedió a realizar los cálculos requeridos.

Tabla 4: Mediciones del balde

Diámetro del cilindro (cm)	Altura del cilindro (cm)	Altura entre el ras de los residuos y el borde superior del cilindro (cm)
18	25	4

Fuente: Elaboración Propia

e) Preparación de la muestra y proceso de pasteurización

Se seleccionó una muestra de los residuos alimentarios que fue secada a la intemperie y triturada para después ser llevada a la UNALM donde se determinó la composición nutritiva. Por consiguiente, según se verifica en la Figura 5, se procedió a pasteurizar el resto de los residuos, poniéndolos en una olla y llevándolos a una temperatura entre 60 a 80°C para luego ser trasladadas rápidamente a una tina. La temperatura se midió con un termómetro de alimentos.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5: Preparación de la muestra y proceso de pasteurización: a) Proceso de calentamiento de la muestra y b) Medición de la temperatura

f) Proceso de fermentación y recolección del licor

Se evidencia en la Figura 6 la adición de las bacterias directamente sobre los residuos alimentarios pasteurizados para luego ser removidas durante 15 min, seguidamente el contenido resultante fue añadido al biodigestor donde se fermentó durante 17 días. Finalmente se retiró el licor obtenido para ser filtrado y ser dispuesta en una botella de plástico de 1 L.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6: Fermentación y recolección del licor: a) Mezclado, b) Resultado final de la fermentación y c) Licor fermentado

g) Elaboración del sistema para la recuperación ácido láctico

En la Figura 7 se visualiza el sistema para la recuperación del ácido láctico, el cual consistió en posicionar el balón de destilación dentro de una manta de calentamiento para luego ser unido a un tubo refrigerante, este último fue sujetado por dos pinzas a un soporte universal para evitar cualquier riesgo, además al tubo refrigerante se le conectó dos salidas, uno al fregadero y otro al grifo. Finalmente se colocó un matraz de 250 mL para recibir el ácido láctico.

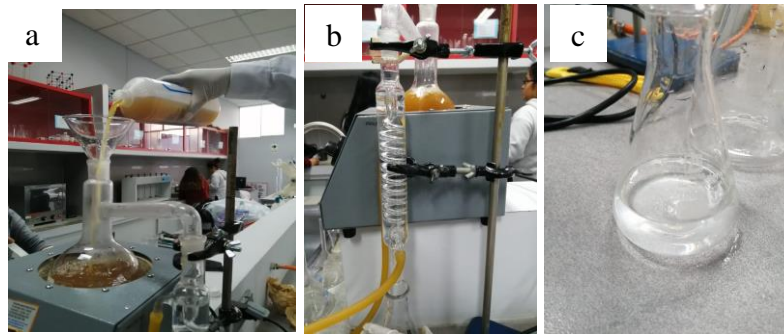


Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Sistema de recuperación del ácido láctico

h) Recuperación del ácido láctico

En la Figura 8 se visualiza la recuperación del ácido láctico. Este proceso consistió en añadir el licor fermentado al balón de destilación hasta llenar $\frac{3}{4}$ partes del recipiente y luego se ajustó el equipo hasta la temperatura máxima. Se aguardó 50 min hasta alcanzar el punto de ebullición del líquido a 122 °C, en donde se inició un continuo goteo de ácido láctico aparente obteniéndose 2 L de solución luego de 18 h.

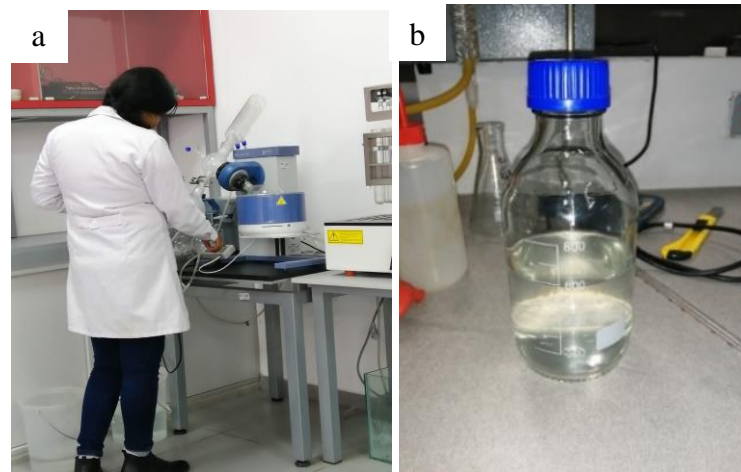


Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Recuperación del ácido láctico: a) Ebullición de la muestra, b) Condensación y c) Resultado del ácido láctico aparente

i) Separación del ácido láctico

Posteriormente se realizó otro proceso para obtener ácido láctico aparente de mayor concentración, para esto según se evidencia en la Figura 9 se procedió a usar el rotavapor a 200 RPM y 80 °C durante 5 h, lográndose separar el ácido aparente de los demás componentes y teniendo como resultado 1 L de solución.

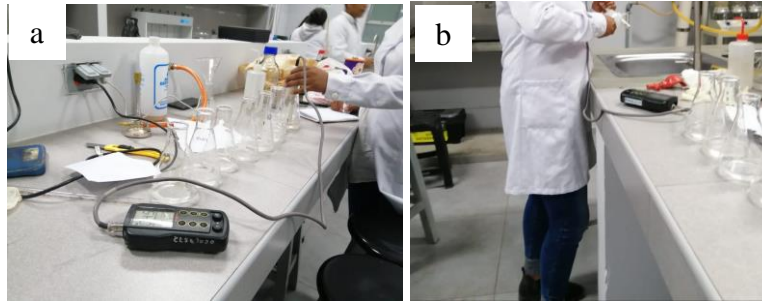


Fuente: Elaboración Propia

Figura 9: Separación del ácido láctico por el rotavapor: a) Utilización del rotavapor y b) Resultado final

j) Determinación de pH y temperatura.

En la Figura 10 se visualiza la determinación del pH y la temperatura, para esto el ácido láctico aparente se distribuyó en 9 matraces de 250 mL y luego con ayuda de un multiparámetro se procedió a medir el pH y temperatura en tres repeticiones. Después de realizar cada medida se procedió a lavar con agua destilada el sensor para evitar resultados incorrectos.



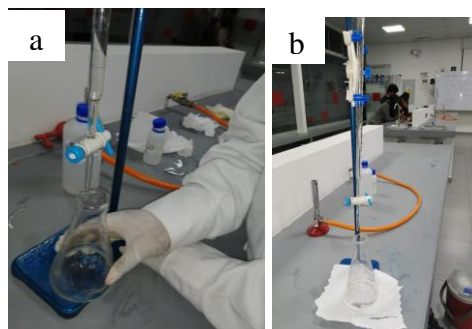
Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Determinación de pH y temperatura: a) Medición de pH y b) Medición de temperatura

k) Concentración del ácido láctico

Seguidamente, según se verifica en la Figura 11 se realizó un análisis volumétrico ácido-base del producto obtenido anteriormente, utilizándose como titulante hidróxido de sodio 0,1 N, 40 mL de muestra y fenolftaleína como indicador. Para este procedimiento, se utilizó la siguiente fórmula para poder determinar la concentración de acidez en la muestra.

$$\text{Ácido Láctico } \left(\frac{g}{L}\right) = \frac{(V_{NaOH}) \times (N_{NaOH}) \times 90}{V_{muestra}}$$

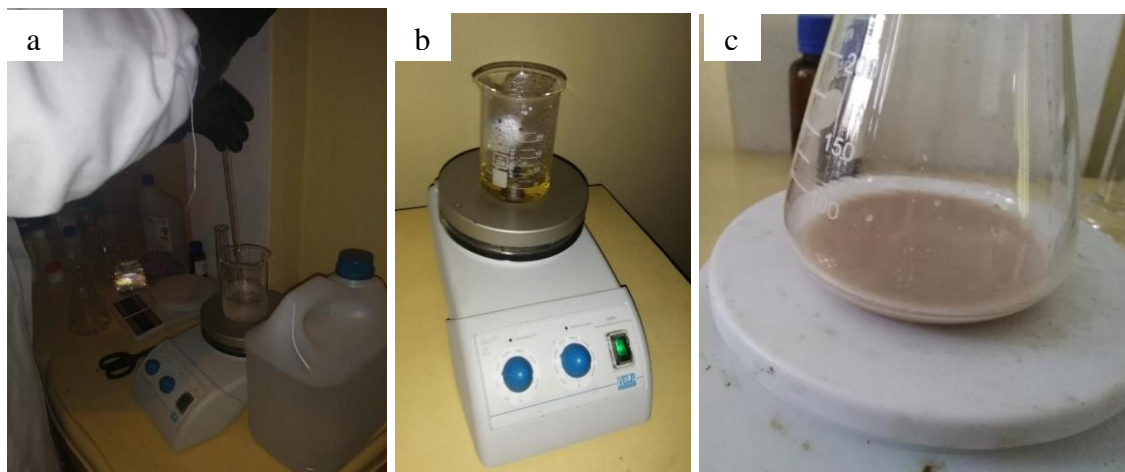


Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Titulación: a) Proceso de titulación y b) Resultado de la titulación

l) Obtención de lactida

El ácido poliláctico es obtenido mediante una polimerización por el método de apertura abierta del anillo (ROP), donde según se visualiza en la Figura 12 se tiene lactida como producto. Para esto se adicionó 100ml de ácido láctico y 5 ml de ácido sulfúrico de 60% de pureza en un matraz de 250ml, luego se situó en una plancha de calentamiento con agitación magnética, donde se llevó a cabo la reacción a 80°C y 300 RPM durante 35 min, a posteriori se ajustó a 150°C durante 2 horas y se adicionó 5 ml de ácido sulfúrico, seguidamente se aguardó 5 horas y se añadió 5 ml de ácido sulfúrico, finalmente dos horas después se obtuvo una solución viscosa y café confirmándose como lactida.

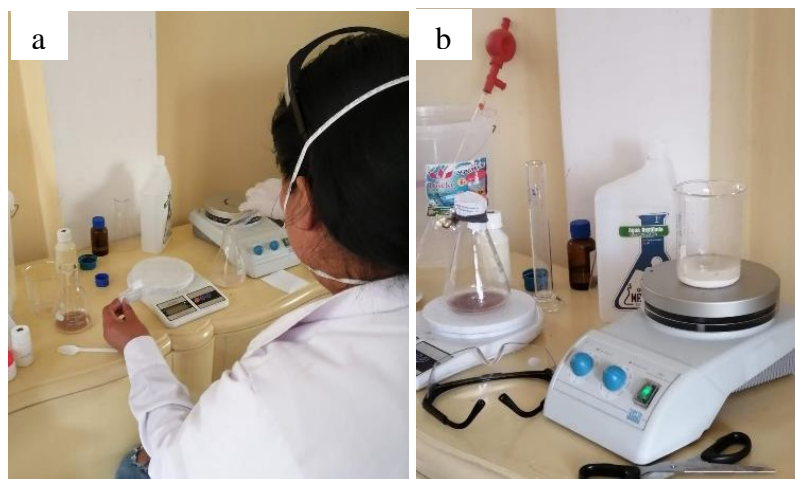


Fuente: Elaboración Propia

Figura 12: Obtención de lactida: a) Adición de ácido sulfúrico, b) Proceso de obtención de lactida y c) Lactida

m) Obtención de polímero

Una vez obtenida el diéster de ácido láctico denominada lactida se realizó la reacción de polimerización por apertura abierta del anillo (ROP), para esto según se visualiza en la Figura 13 se adicionó 6 g de lactida obtenida, 50ml de metanol y 3g de cloruro de estaño II en un vaso de precipitación de 250 mL, donde después de 4 horas ocurrió esta reacción catalítica a 60°C y 300 RPM obteniéndose un precipitado sólido blanquecino y un cambio de color en la solución.

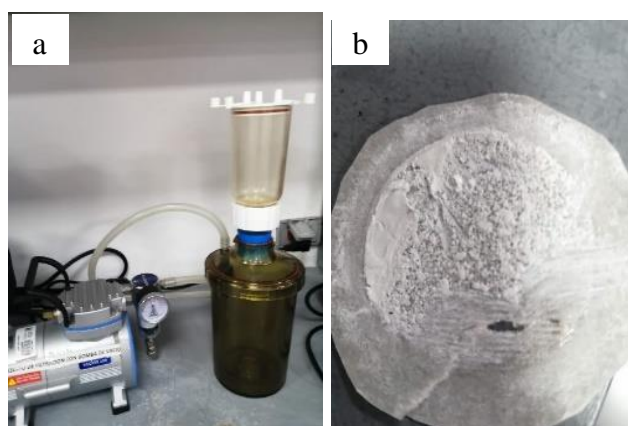


Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Obtención de polímero: a) Pesaje de cloruro de estaño y b) Proceso de obtención de polímero

n) Separación del polímero

Posteriormente se realizó la separación del polímero llevando a cabo el siguiente proceso: Primero se retiró el etanol a una temperatura de 78°C , luego se añadió acetona y finalmente se filtró utilizando una bomba de vacío y un papel filtro Watman 42. Esta operación junto con el resultado final se evidencia en la Figura 14.



Fuente: Elaboración Propia

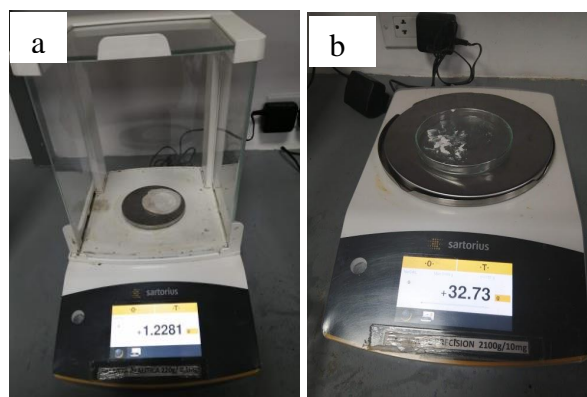
Figura 14: Separación del polímero: a) Equipo de filtración y b) Visualización del polímero en filtro

o) Determinación del peso y la humedad del bioplástico

Seguidamente se determinó el peso y la humedad del polímero según se evidencia en la

Figura 15, para definir el peso se calculó la diferencia entre dos valores, el primero mediante el pesado del polímero junto con el papel filtro en una balanza analítica y el segundo correspondió al peso del papel filtro; por otro lado, para determinar la humedad se trasladó el polímero a una placa petri, luego se realizó el pesado correspondiente en la balanza analítica, después se ingresó a la estufa dura durante 5h a 150°C y finalmente después de ser retirado se pesó nuevamente., con estas medidas se procedió a realizar el cálculo con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = \left(\frac{W_{inicial} - W_{final}}{W_{inicial}} \right) \times 100$$



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Características del polímero: a) Determinación del peso del polímero, b) Determinación de la humanidad del polímero

p) Determinación del rendimiento del bioplástico y su tiempo de formación

Con las mediciones halladas en el anterior proceso se procedió a realizar el cálculo para calcular el rendimiento del bioplástico a partir de la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{peso del material obtenido}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Por otro lado, el tiempo de formación del bioplástico se definió por la producción de la lactida y luego la obtención del polímero mediante la polimerización de apertura de anillo.

2.5. Método de análisis de datos

La presente investigación utilizó el diseño completamente al azar (DCA), el cual consiste en realizar tres pruebas y tres repeticiones. Al respecto, el modelo lineal será:

$Y_{ij} = u + T_i + S_{ij}$ donde $i = 1, 2, 3$ y $j = 1, 2, 3$

Y_{in} = I-ésimo prueba de la J-ésima repetición

U = Media poblacional

T_i = Efecto del i-esimo prueba

E_{ij} = error experimental

En relación con las pruebas y repeticiones, se ha dispuesto que su distribución sea conforme a la Fig. 16; adicionalmente, la evaluación de las medias se realizará mediante la prueba de contraste de Tukey usando el software Microsoft Excel. Este programa también se utilizará para las tablas y/o gráficos.

T1	T2	T3
T3	T2	T3
T2	T1	T1

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Representación de distribución de pruebas

2.6. Aspectos Éticos

La información descrita en este estudio sobre los datos, métodos y procedimientos son reales. Para su verificación se utilizó el programa Turnitin, el cual permitió evaluar el contenido de este trabajo ante posibles plagios con otras investigaciones. Para este trabajo se determinó 21% de plagio (Ver Anexo 7).

Asimismo, se usó las normas ISO, avalando así el respeto y el resguardo de los derechos de autor en las fuentes de información consignadas para esta tesis. Además, se siguió los lineamientos establecidos en el código de ética, el reglamento de investigación y la Resolución Directoral N° 0089-2019/UCV de la Universidad César Vallejo.

III. Resultados

3.1. Características de los residuos alimentarios domiciliarios

3.1.1 Composición de los residuos alimentarios domiciliarios

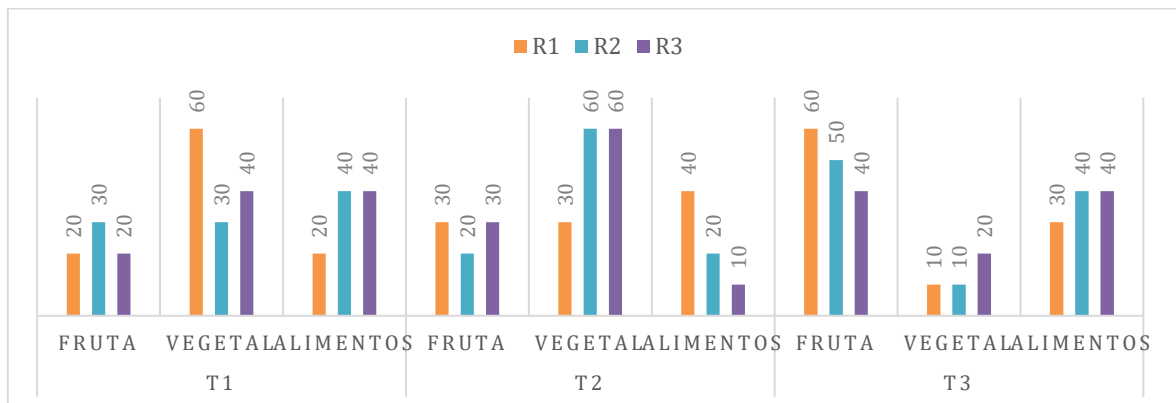
Se observa en la Tabla 5, la composición obtenida de los residuos alimentarios de acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 5: Resultados de la composición de los residuos alimentarios domiciliarios

Composición (%)		R1	R2	R3	Promedio
T1	Fruta	20	30	20	23.3
	Vegetal	60	30	40	43.3
	Alimentos	20	40	40	33.3
T2	Fruta	30	20	30	26.7
	Vegetal	30	60	60	50.0
	Alimentos	40	20	10	23.3
T3	Fruta	60	50	40	50.0
	Vegetal	10	10	20	13.3
	Alimentos	30	40	40	36.7

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización de la composición de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en la fermentación, ver Figura 17.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Composición de los residuos alimentarios

Se observó en la Figura 17 que la composición de los residuos alimentarios domiciliarios resulta variada y compuesta de restos de vegetales, frutas y alimentos cocidos, siendo T2 (8g lactida + 3g catalizador) la que contiene mayor cantidad de vegetales y T3 (10g lactida + 3g catalizador) la que posee mayor cantidad de frutas y alimentos.

3.1.2. Análisis nutritivo de los componentes de los residuos alimentarios domiciliarios

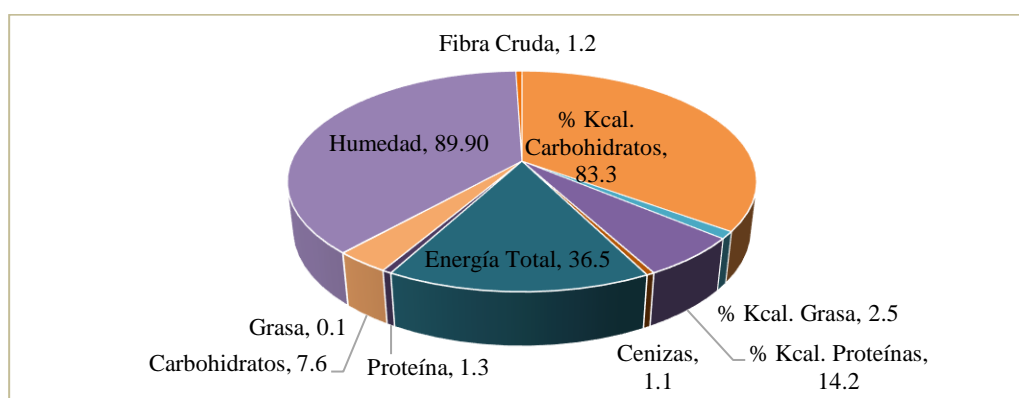
El valor nutritivo de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en la fermentación para la obtención del ácido láctico en el biodigestor se describen en la Tabla 6.

Tabla 6: Análisis nutritivo de los componentes de los residuos alimentarios domiciliarios

Componente	Cantidad (%)
% Kcal. Carbohidratos	83,3
% Kcal. Grasa	2,5
% Kcal. Proteínas	14,2
Cenizas	1,1
Energía Total	36,5
Proteína	1,3
Carbohidratos	7,6
Grasa	0,1
Humedad	89,9
Fibra Cruda	1,2

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del análisis nutritivo de los componentes de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en la fermentación, ver Figura 18.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18: Análisis Nutritivo

El valor nutritivo de la muestra recolectada de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en la fermentación consta de 8% de carbohidratos, 1% proteína, 1% fibra cruda y 38% de humedad, siendo el valor de los carbohidratos el de mayor concentración lo que favorece la fermentación y posteriormente la obtención del polímero.

3.1.3. Peso de los residuos alimentarios domiciliarios

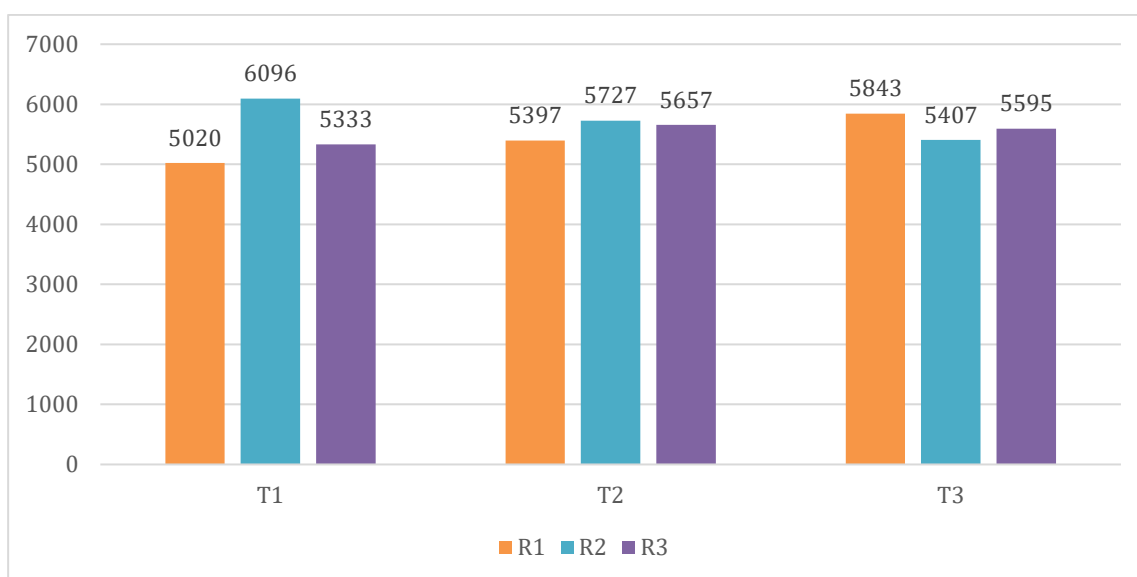
Se observa en la Tabla 7, los pesos obtenidos de los residuos alimentarios de acuerdo con 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 7: Resultados del peso de los residuos alimentarios domiciliarios

Peso (g)	T1	T2	T3
R1	5020	5397	5843
R2	6096	5727	5407
R3	5333	5657	5595
Promedio	5483	5594	5615

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del peso de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en la fermentación, ver Figura 19.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19: Peso de los residuos alimentarios domiciliarios

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 8 que hay similitud entre pruebas correspondiente al peso de los residuos alimentarios domiciliarios, es decir no existe una diferencia significativa entre los valores. El peso se determinó antes de realizar la fermentación para conocer y constatar el uso de 45 Kg de residuos alimentarios domiciliarios como muestra de la investigación.

Tabla 8: Análisis de varianza del peso de los residuos alimentarios domiciliarios

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	30126,2222	15063,1111	0,12	0,8911
Error	6	768752.6667	128125.4444		
Total corregido	8	798878.8889			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,037711	6,433381	357.9461	5563,889

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	30126,22222	15063,11111	0,12	0,8911

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Densidad de los residuos alimentarios domiciliarios

Se observa en la Tabla 9, la densidad obtenida de los residuos alimentarios de acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

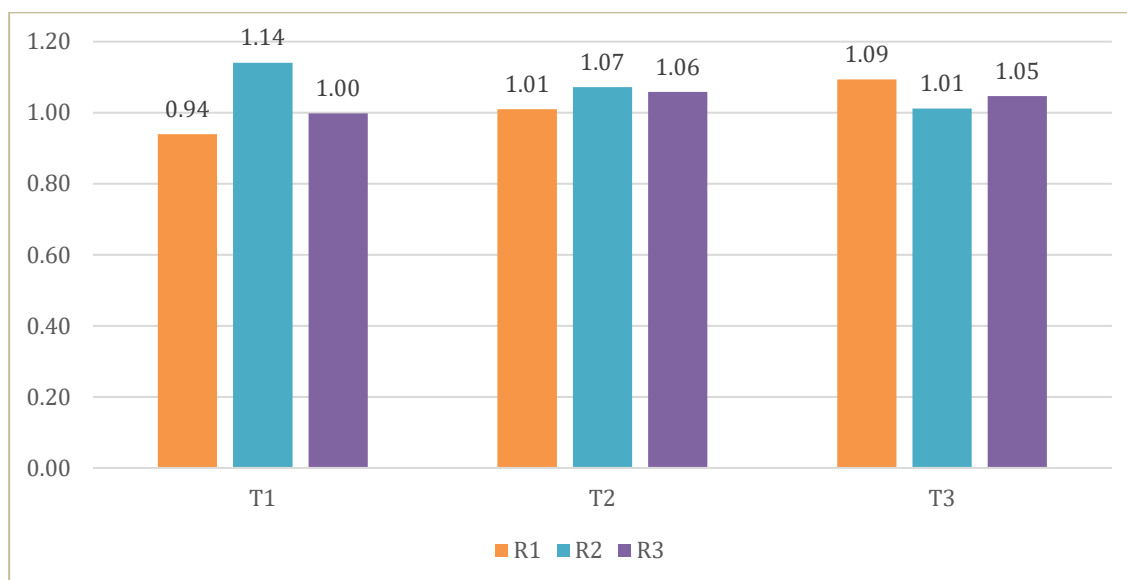
Tabla 9: Resultados de la densidad de los residuos alimentarios domiciliarios

Densidad (g/cm ³)	T1	T2	T3
R1	0,94	1,01	1,09
R2	1,14	1,07	1,01
R3	1,00	1,06	1,05
Promedio	1,03	1,05	1,05

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del peso de los residuos alimentarios domiciliarios utilizados en

la fermentación, ver Figura 20.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Densidad de los residuos alimentarios

Utilizando los valores del peso se determinó la densidad de los residuos alimentarios domiciliarios antes de realizar la fermentación. Se suele calcular el valor de esta magnitud porque la densidad de cada producto no indica que su mezcla tenga un valor global proporcional al de sus componentes.

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 10 que hay similitud entre pruebas correspondiente a la densidad de los residuos alimentarios domiciliarios, es decir no existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 10: Análisis de varianza de la densidad de los residuos alimentarios domiciliarios

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,00095556	0,00047778	0,11	0,8986
Error	6	0,02633333	0,00438889		
Total corregido	8	0,02728889			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,035016	6,363268	0,066249	1.041111

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,00095556	0,00047778	0,11	0,8986

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Características del ácido láctico

3.2.1. pH

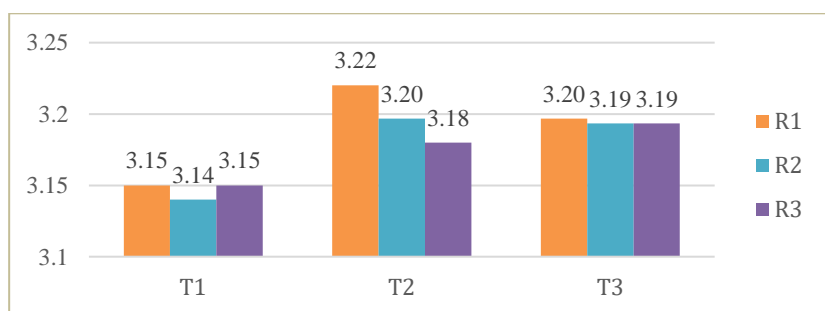
Se observa en la Tabla 11 el pH obtenido del ácido láctico de acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 11: Resultados del pH

pH	T1	T2	T3
R1	3.15	3.22	3.20
R2	3.14	3.20	3.19
R3	3.15	3.18	3.19
Promedio	3.15	3.20	3.19

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del pH del ácido láctico obtenido de la fermentación, ver Figura 21.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: pH del ácido láctico

Se observó en la Figura 21 que el pH del ácido láctico obtenido mediante los procesos descritos en el procedimiento se mantiene constante y es muy cercano al valor del pH del ácido láctico comercial que es 3.86. Por otra parte, se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 12 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente al pH del ácido láctico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 12: Análisis de varianza del pH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038
Error	6	0,00093333	0,00015556		
Total corregido	8	0,00600000			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,844444	0,392207	0,012472	3,180000

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038

Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 13.

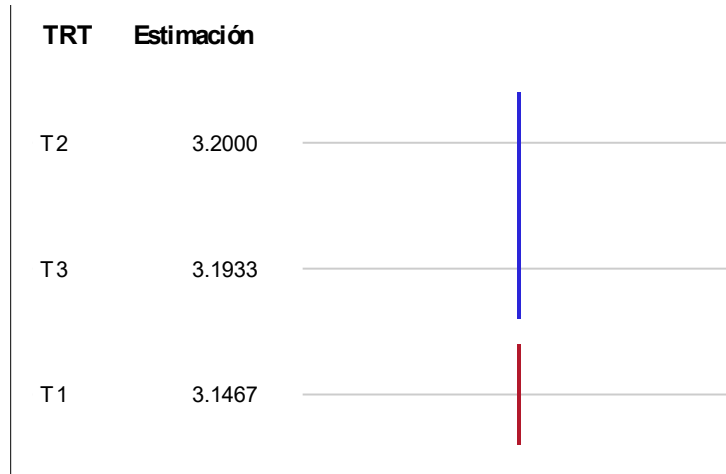
Tabla 13: Prueba de Tukey del pH

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0,000156
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0,0312

Fuente: Elaboración Propia

**PRUEBA TUKEY PARA MEDIAS GRUPALES
(ALFA = 0,05)**

Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Prueba de Tukey del pH

Se evidenció en la Figura 22 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) resultó la mejor de los tres ensayos mientras que T2 (8g lactida + 3g catalizador) y T3 (10g lactida + 3g catalizador) presentan homogeneidad en sus valores.

3.2.2. Temperatura

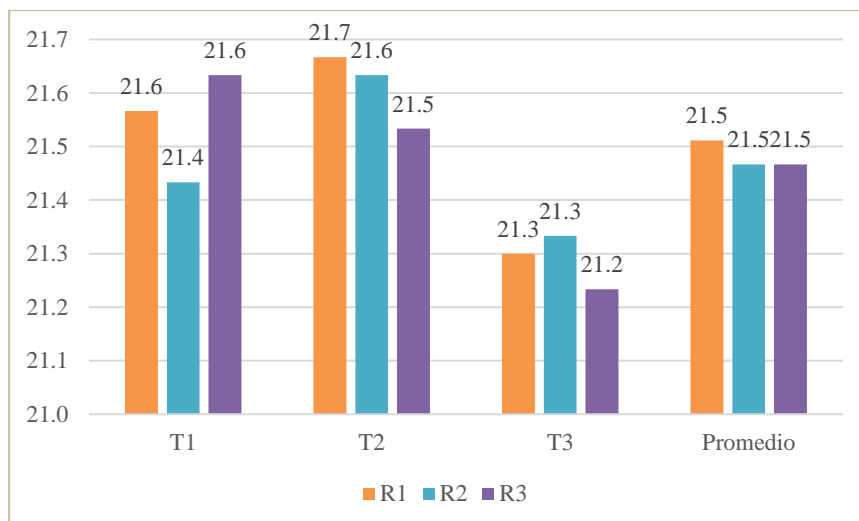
Se observa en la Tabla 14 la temperatura obtenida del ácido láctico de acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 14: Resultados de la temperatura

Temperatura (°C)	T1	T2	T3
R1	21.6	21.7	21.3
R2	21.4	21.6	21.3
R3	21.6	21.5	21.2
Promedio	21.5	21.6	21.3

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización de la temperatura del ácido láctico obtenido de la fermentación, ver Figura 23.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Temperatura del ácido láctico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 15 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente a la temperatura del ácido láctico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 15: Análisis de varianza de la temperatura

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038
Error	6	0,00093333	0,00015556		
Total corregido	8	0,00600000			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,844444	0,392207	0,012472	3,180000

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038

Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 16.

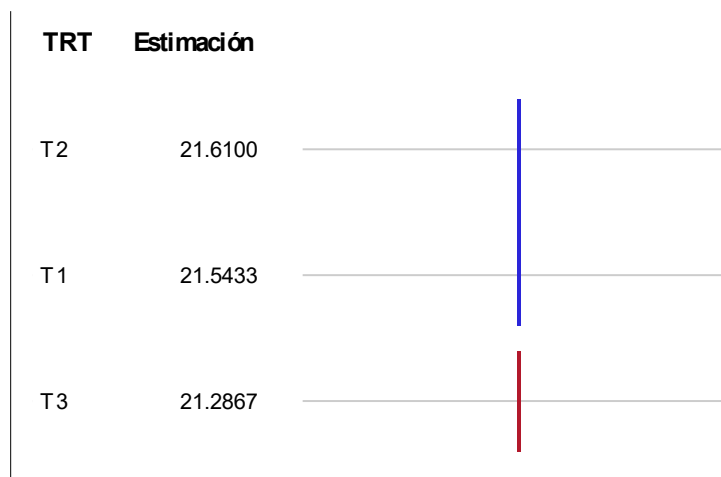
Tabla 16: Prueba de Tukey de la temperatura

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0,006122
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0,196

Fuente: Elaboración Propia

**PRUEBA TUKEY PARA MEDIAS GRUPALES
(ALFA = 0,05)**

Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Prueba de Tukey de la temperatura

Se evidenció en la Figura 24 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, la prueba 3 evidencia la mayor temperatura de los tres ensayos mientras que T1 (6g lactida + 3g catalizador) y T2 (8g lactida + 3g catalizador) muestran valores homogéneos.

3.2.3. Concentración del ácido láctico

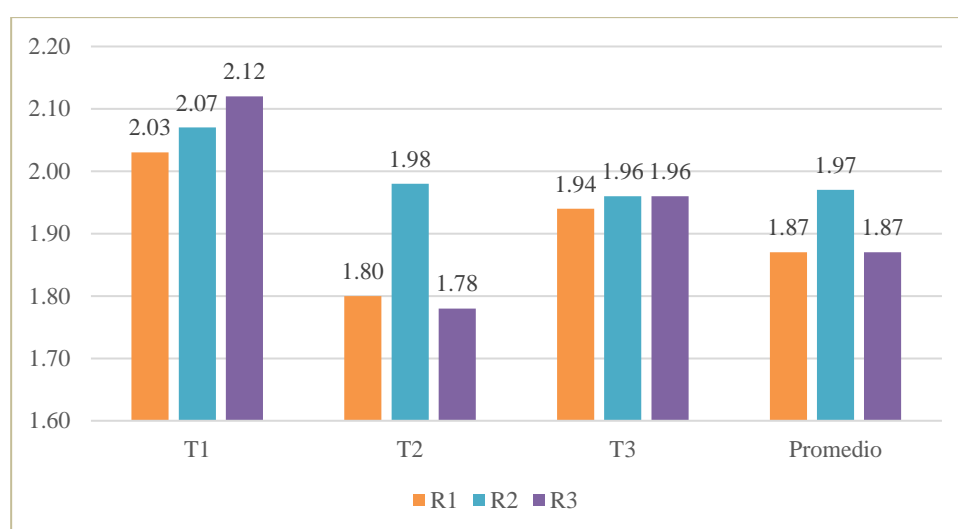
Se observa en la Tabla 17 la concentración obtenido del ácido láctico acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 17: Resultados de la concentración del ácido láctico

Concentración g/L	T1	T2	T3
R1	2.03	1.80	1.94
R2	2.07	1.98	1.96
R3	2.12	1.78	1.96
Promedio	2.07	1.85	1.95

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización de la concentración del ácido láctico obtenido de la fermentación, ver Figura 25.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Concentración del ácido láctico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 18 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente a la concentración del ácido láctico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 18: Análisis de varianza de la concentración del ácido láctico

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038
Error	6	0,00093333	0,00015556		
Total corregido	8	0,00600000			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,844444	0,392207	0,012472	3,180000

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,00506667	0,00253333	16,29	0,0038

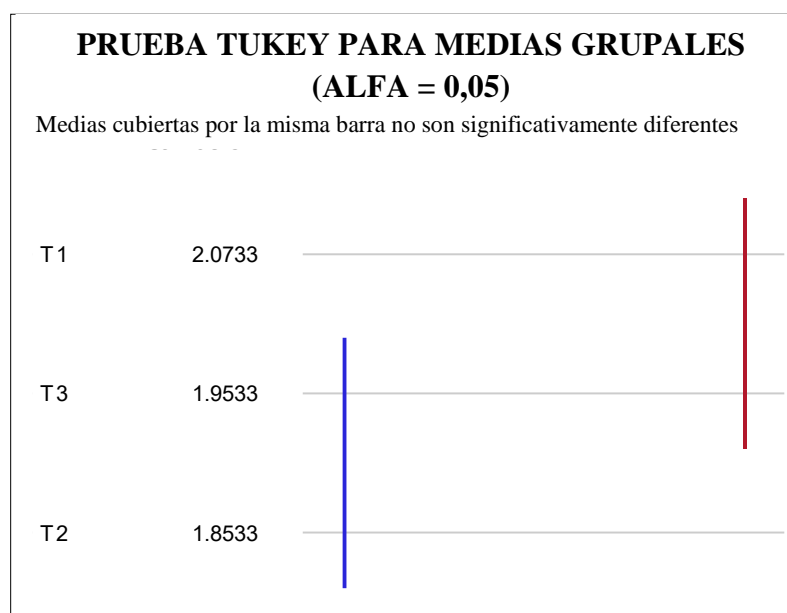
Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 19.

Tabla 19: Prueba de Tukey de la concentración del ácido láctico

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0,006122
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0,196

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Prueba de Tukey de la concentración del ácido láctico

Se evidenció en la Figura 26 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) resultó la mejor de los tres ensayos mientras que T2 (8g lactida + 3g catalizador) y T3 (10g lactida + 3g catalizador) presentan homogeneidad en sus valores.

3.3. Características del bioplástico

3.3.1. Peso del bioplástico

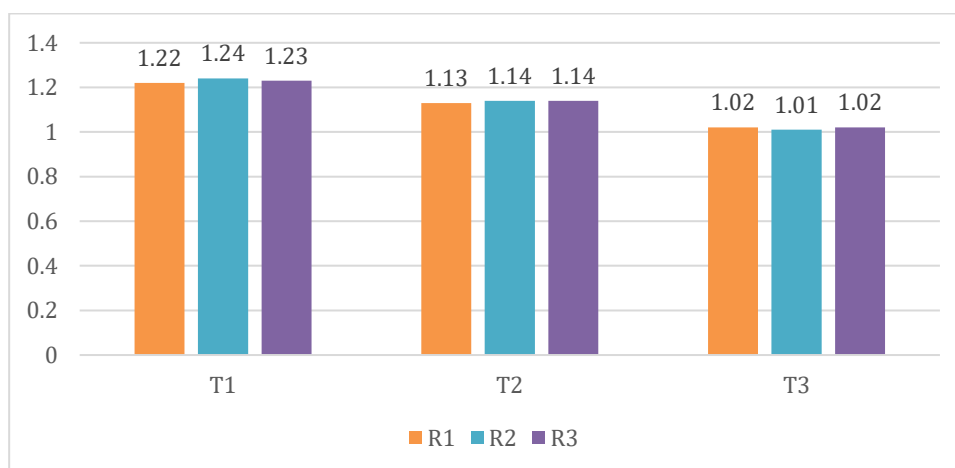
Se observa en la Tabla 20 el peso del bioplástico acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 20: Peso del bioplástico

Peso (g)	T1	T2	T3
R1	1,22	1,13	1,02
R2	1,24	1,14	1,01
R3	1,23	1,14	1,02
Promedio	1,23	1,14	1,02

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del peso del bioplástico obtenido a partir del ácido láctico, ver Figura 27.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Peso del bioplástico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 21 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente al peso del bioplástico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 21: Análisis de varianza del peso de bioplástico

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,06862222	0,03431111	617,60	<.0001
Error	6	0,00033333	0,00005556		
Total corregido	8	0,06895556			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,995166	0,660907	0,007454	1,127778

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,06862222	0,03431111	617,60	<.0001

Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 22.

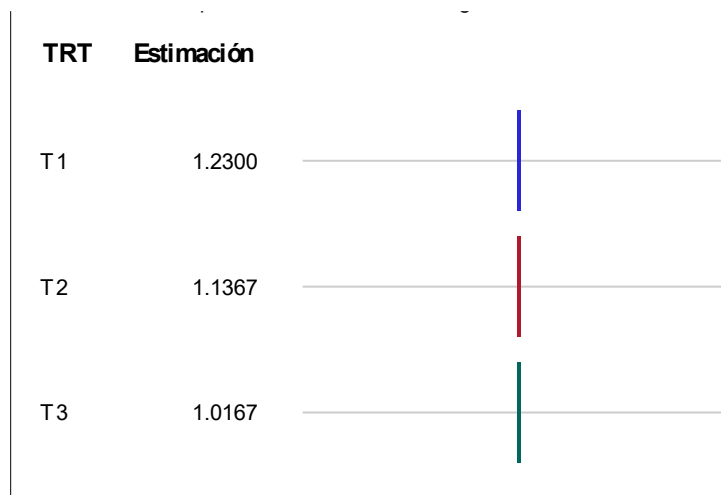
Tabla 22: Prueba de Tukey del peso del bioplástico

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0,000056
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0,0187

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA TUKEY PARA MEDIAS GRUPALES (ALFA = 0,05)

Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28: Prueba de Tukey del peso de bioplástico

Se evidenció en la Figura 28 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) resultó la mejor de los tres ensayos mientras que T3 (10g lactida + 3g catalizador) presenta el menor valor.

3.3.2. Humedad del bioplástico

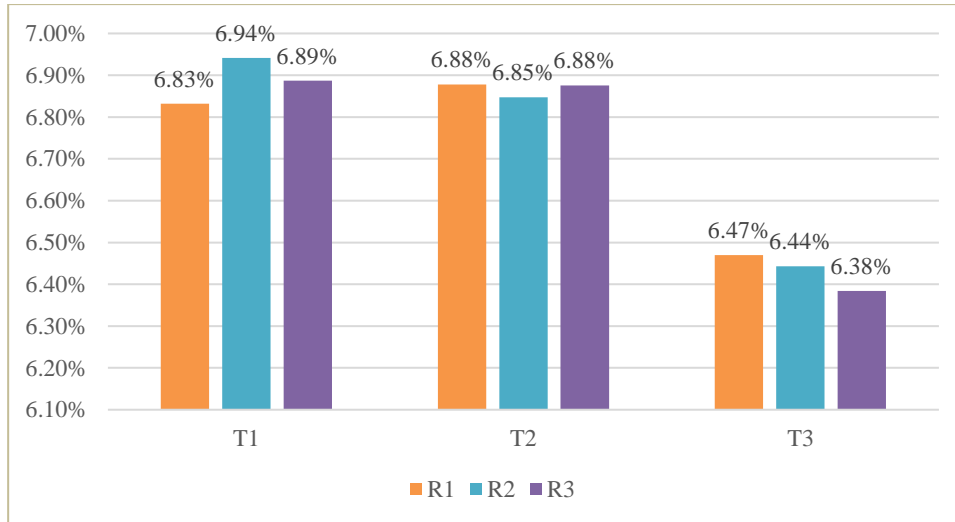
Se observa en la Tabla 23 la humedad del bioplástico acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 23: Resultados de la humedad del bioplástico

Humedad (%)	T1	T2	T3
R1	6,83	6,88	6,47
R2	6,94	6,85	6,44
R3	6,89	6,88	6,38
Promedio	6,89	6,87	6,43

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización de la humedad del bioplástico obtenido a partir del ácido láctico, ver Figura 29.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 29: Humedad del bioplástico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 24 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente a la humedad del bioplástico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 24: Análisis de varianza de la humedad de bioplástico

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,40242222	0,20121111	111,10	<.0001
Error	6	0,01086667	0,00181111		
Total corregido	8	0,41328889			

R-cuadrado	Coficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,973707	0,632454	0,042557	6,728889

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,40242222	0,20121111	111,10	<.0001

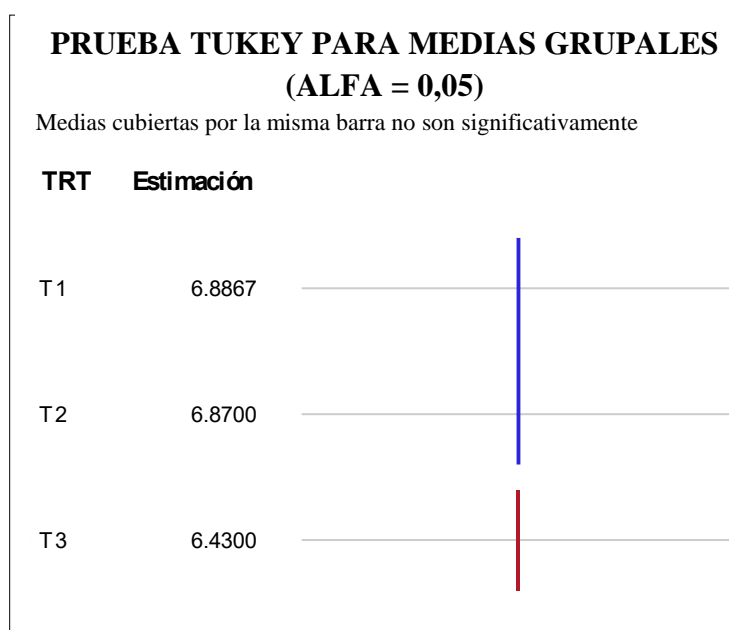
Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 25.

Tabla 25: Prueba de Tukey de la humedad del bioplástico

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0,001811
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0,1066

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Prueba de Tukey de la humedad del bioplástico

Se evidenció en la Figura 30 que existe diferencia entre los ensayos; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) y T2 (8g lactida + 3g catalizador) resultaron mejor que T3 (10g lactida + 3g catalizador). Debido a la obtención de exiguas unidades del polímero no se pudo medir más características para su posterior uso en la elaboración de productos.

3.4. Rendimiento del bioplástico

3.4.1. Rendimiento del bioplástico

Se observa en la Tabla 26 el rendimiento del bioplástico acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Prueba 1

$$R1: \frac{1.22}{5020} \times 100 = 2.43$$

$$R2: \frac{1.24}{6096} \times 100 = 2.03$$

$$R3: \frac{1.24}{5333} \times 100 = 2.31$$

Prueba 2

$$R1: \frac{1.13}{5397} \times 100 = 2.09\%$$

$$R2: \frac{1.14}{5727} \times 100 = 1.99\%$$

$$R3: \frac{1.14}{5657} \times 100 = 2.02\%$$

Prueba 3

$$R1: \frac{1.13}{5397} \times 100 = 2.09\%$$

$$R2: \frac{1.01}{5843} \times 100 = 1.96\%$$

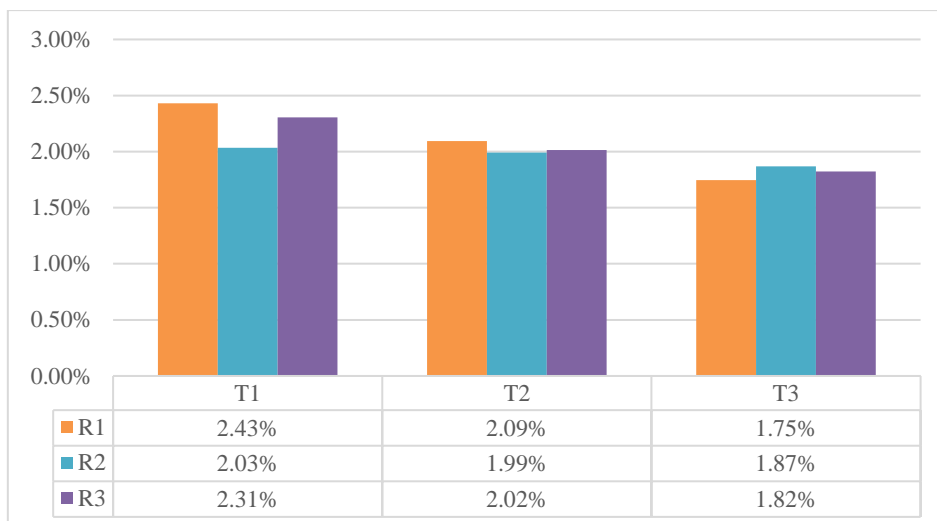
$$R3: \frac{1.02}{5595} \times 100 = 2.05\%$$

Tabla 26: Resultados del rendimiento del bioplástico

Rendimiento del bioplástico (%)	T1	T2	T3
R1	2,43	2,09	1,75
R2	2,03	1,99	1,87
R3	2,31	2,02	1,82
Promedio	2,03	1,92	1,81

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del rendimiento del bioplástico obtenido a partir del ácido láctico, ver Figura 31.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31: Rendimiento del bioplástico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 27 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente al rendimiento del bioplástico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 27: Análisis de varianza del rendimiento del bioplástico

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0,29482222	0,14741111	9,14	0,0151
Error	6	0,09680000	0,01613333		
Total corregido	8	0,39162222			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
0,752823	6,243329	0,127017	2.034444

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	0,29482222	0,14741111	9,14	0,0151

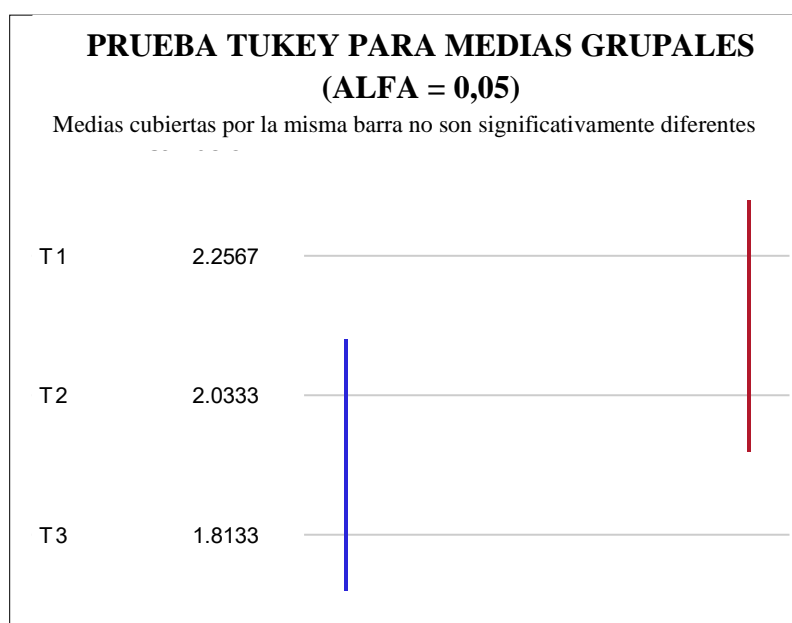
Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 28.

Tabla 28: Prueba de Tukey del rendimiento del bioplástico

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0.016133
Valor crítico del rango estudentizado	4.33917
Diferencia significativa mínima	0.3182

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 32: Prueba de Tukey del rendimiento de bioplástico

Se evidenció en la Figura 32 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) resultó la mejor de los tres ensayos mientras que T2 (8g lactida + 3g catalizador) y T3 (10g lactida + 3g catalizador) presentan valores homogéneos. El bajo rendimiento indica que se debe mejorar en los procesos de fermentación y recuperación del ácido láctico para obtener un producto de mayor cantidad, pureza y calidad.

3.4.2. Tiempo de formación del bioplástico

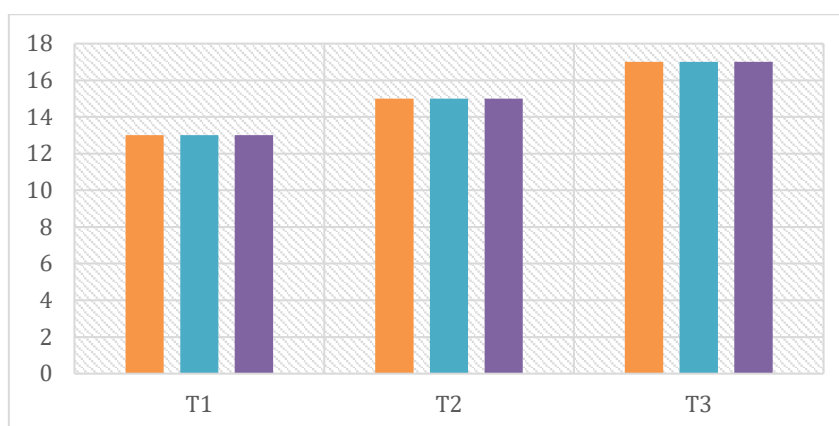
Se observa en la tabla 29 el tiempo de formación del bioplástico acuerdo a 3 pruebas que consta de 6g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 1, 8g de lactida y 3g de catalizador para la prueba 2 y 10g de lactida y 3g de catalizador la prueba 3.

Tabla 29: Resultados del tiempo de formación del bioplástico

Tiempo de formación (h)	T1	T2	T3
R1	13	15	17
R2	13	15	17
R3	13	15	17
Promedio	13	15	17

Fuente: Elaboración Propia

Para mejor visualización del tiempo de formación del bioplástico obtenido a partir del ácido láctico, ver Figura 33.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Rendimiento del bioplástico

Luego se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) donde se observa en la Tabla 30 que, si hay disimilitud entre pruebas correspondiente al tiempo de formación del bioplástico, es decir existe una diferencia significativa entre los valores.

Tabla 30: Análisis de varianza del tiempo de formación del bioplástico

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	24,00000000	12,00000000	Infty	<.0001
Error	6	0,00000000	0,00000000		
Total corregido	8	24,00000000			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz de la Desviación Cuadrática Media	Media de VR
1.000000	0	0	15.00000

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRT	2	24,00000000	12,00000000	Infty	<.0001

Fuente: Elaboración Propia

Al existir esta heterogeneidad entre las pruebas se procede a verificar cuál es la mejor entre ellas, para esto se realizó la prueba de Tukey que se visualiza en la Tabla 31.

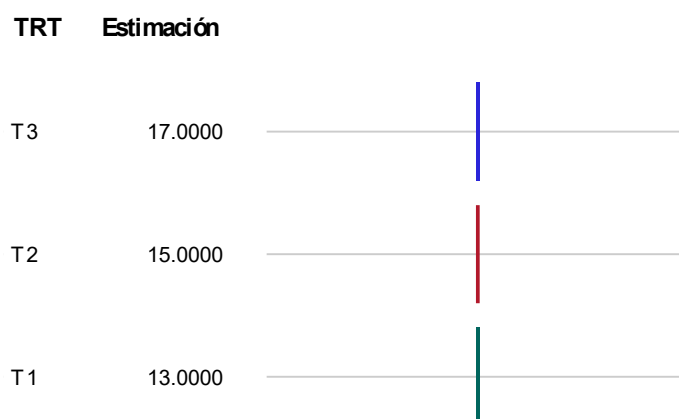
Tabla 31: Prueba de Tukey del tiempo de formación del bioplástico

Alpha	0,05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0
Valor crítico del rango estudentizado	4,33917
Diferencia significativa mínima	0

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA TUKEY PARA MEDIAS GRUPALES (ALFA = 0,05)

Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes



Fuente: Elaboración Propia

Figura 34: Prueba de Tukey del tiempo de formación del bioplástico

Se evidenció en la Figura 34 que existe diferencia entre las pruebas; en consecuencia, T1 (6g lactida + 3g catalizador) resultó la mejor de los tres ensayos mientras que T2 (8g lactida + 3g catalizador) presenta el mayor tiempo de formación del bioplástico.

IV. Discusión

Sakai et al. (2014) en su estudio utilizaron 100 Kg de residuos de alimentos para ser convertidos en ácido poliláctico cuya constitución fue de 35% vegetales, 23% de carne y pescado, y 42% de carbohidratos cocidos, y se tuvo como resultado 7 Kg de PLA. En la investigación presente, se usó como muestra 45 Kg de residuos alimentarios con una constitución de 33,3% de cáscaras de frutas, 48 % de cáscaras de verduras y 29.2% de restos de alimentos obteniéndose 10,15 g de bioplástico. Se infiere entonces que la producción del biopolímero mediante la fermentación implica el uso de varios volúmenes de residuos; por otra parte, para alcanzar un máximo rendimiento es necesario realizar procesos de triturado y licuado para así favorecer la acción de las bacterias ácido-lácticas.

Flores (2015) indicó que la composición nutritiva del sustrato se encuentra en los siguientes porcentajes: sólidos totales 7,3 %, proteína 1,1 %, grasa 0,5 %, cenizas 0,8 % y lactosa 5,0 %, mientras Pleissner et al. (2017) señaló que la proporción de los residuos (p/p) es de 33,5% de almidón, 14,8% de proteínas, 12,9% de grasa y 8,5% de azúcares libres. La presente investigación mostró una composición de 1% de proteína, 0,042% de grasa, 0,46% cenizas y 8% de carbohidratos, donde la mayor proporción corresponde a los carbohidratos, fuente de energía de las bacterias ácido-lácticas.

Iguíñez y Castillo (2014) mencionaron que el ácido láctico recuperado de la fermentación tiene valores de pH entre 3 y 5, temperatura constante de 25°C y cantidades entre 4 y 15 g/L respectivamente. Cuervo y Echeverry (2016) lograron valores de concentración de ácido láctico de 2 a 9 g/L. Kasijaran et al. (2019) obtuvo como resultado 38,23 g/L de ácido láctico. En cambio, Mladenović et al. (2018) indicaron que la productividad de ácido láctico alcanzada fue de 1.48 g/L. Bomrungnok et al. (2012) produjeron ácido láctico con una productividad máxima de 4,53 gl-1h-1. En el estudio presente, el pH promedio del ácido láctico es de 3,2, la temperatura es de 21°C y la concentración promedio es de 4,99 g/L. El bajo resultado alcanzado es consecuencia de la aparición de otros subproductos que no pudieron ser separados del ácido láctico por los procesos manejados.

Troya (2018) determinó que la obtención del bioplástico utilizando catalizador de óxido de zinc a 180°C durante 20 horas es de 68,83% en peso, mientras que utilizando CaO consiguió bioplástico con un peso molecular de $9,13 \times 10^3$ Da a 150°C durante 20 min. Cuervo y Echeverry (2016) obtuvieron el polímero a 120°C en 13h y utilizando cloruro de estaño como catalizador. Barba (2015) sintetizó PLA usando CaO como catalizador a 150 °C durante 20 minutos formando un oligómero de peso molecular de $9,13 \times 10^3$ Daltons. Becerra y Gamboa (2014) lograron un biopolímero con un peso de 0,2g. En esta investigación se obtuvo un rendimiento del 2% a 120°C y un tiempo promedio de 15h. El resultado alcanzado fue menor al planificado debido a que el ácido láctico obtenido contenía otros subproductos que no se pudieron separar.

Finamente según Troya (2018) un mayor tiempo y temperatura permite un mayor rendimiento del ácido poliláctico; es decir estos parámetros tienen gran influencia en la producción del biopolímero; por otro lado, Cuervo y Echevarry (2016) determinaron que la polimerización por apertura de anillo de lactida es un método más sencillo para producir bioplástico que la polimerización directa, debido a que este último necesita de procesos más complejos y costosos, además de generar subproductos difíciles de eliminar.

V. Conclusiones

Las características de los residuos alimentarios domiciliarios si influyen en la obtención de bioplásticos porque se verifica que T2 (8g lactida + 3g catalizador) tiene la mayor cantidad de vegetales, T3 (10g lactida + 3g catalizador) comprende la mayor cantidad de frutas y alimentos, los carbohidratos conforman la mayor proporción nutricional (8%) de los residuos alimentarios y el mayor peso y densidad de estos es 6096g y 1.14g/cm³ respectivamente. Estas características determinaron la obtención de licor fermentado con gran potencial para producir ácido láctico.

Asimismo, las características del ácido láctico si influyen en la obtención del bioplástico porque se verifica que T1(6g lactida + 3g catalizador) contiene la mayor concentración de acidez y concentración de ácido láctico y T3 (10g lactida + 3g catalizador) obtuvo la menor temperatura. Estas características determinaron la producción de ácido láctico con gran potencial para producir bioplástico.

Seguidamente, la mejor prueba que se alcanzó de la cantidad de lactida sobre cantidad de catalizador es T1 (6g lactida + 3g catalizador), siendo así debido a que la prueba ANOVA genera $p < 0,05$, lo que muestra diferencia significativa entre los ensayos, eso quiere decir que se acepta la hipótesis nula, al menos una prueba produce un rendimiento diferente; para identificarla se utilizó la prueba de Tukey y se tuvo como resultado la prueba T1. Por otra parte, no se puede hablar de una dosis óptima ya que se necesitaría realizar 27 ensayos más según la cantidad de lactida que se pueda generar.

Finalmente, el distrito del Agustino debería optar por la obtención del bioplástico a través de la fermentación láctica debido a que según el estudio presente les permitiría aprovechar grandes cantidades de residuos alimentarios generados por los domicilios, fomentando así el cumplimiento de sus obligaciones ambientales y los principios de la Ley General del Ambiente.

VI. Recomendaciones

Usar métodos tecnológicos como microfiltración, electrodiálisis, filtración de membranas para obtener mayor concentración del ácido láctico.

Investigar otros métodos tecnológicos para la obtención de ácido poliláctico en menor tiempo.

Licuar los residuos alimentarios con equipo industrial para ayudar a que el proceso de fermentación se desarrolle con más eficiencia

Referencias

1. ABDEL-RAHMAN, M., DI LORENZO, M., Y ANDROSCH, R. 2018. Synthesis, structure and properties of poly(lactic acid) (1st ed.). Cham: Springer International Publishing.
2. ALEXANDRI, M., et al. 2018. Evaluation of various *Bacillus coagulans* isolates to produce high purity L-lactic acid using defatted rice bran hydrolysates. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol. 54, no. 4, pp. 1321-1329. DOI 10.1111/ijfs.14086. Wiley
3. AULITTO, M., FUSCO, S., BARTOLUCCI, S., FRANZÉN, C. and CONTURSI, P. 2017. *Bacillus coagulans* MA-13: a promising thermophilic and cellulolytic strain to produce lactic acid from lignocellulosic hydrolysate. *Biotechnology for Biofuels*. Vol. 10, no. 1. DOI 10.1186/s13068-017-0896-8. Springer Nature.
4. BARTKIENE, E., et al. 2015. Fermentación en estado sólido con bacterias del ácido láctico para mejorar la calidad nutricional del lupino y la soja. *Revista de la ciencia de la alimentación y la agricultura*, 95 6, 1336-42.
5. CONTRALORIA GENERAL DE LA REPÚBLICA 2019. Informe de Orientación de Oficio N°012-2019-OCI: Inspección al Servicio de Limpieza Pública en las Zonas Críticas de El Agustino. Lima: Órgano de Control Institucional.
6. MLADENOVIĆ, D., PEJIN, J., KOCIĆ-TANACKOV, S., RADOVANOVIĆ, Ž., DJUKIĆ-VUKOVIĆ, A. and MOJOVIĆ, L. 2018. Lactic acid production on molasses enriched potato stillage by *Lactobacillus paracasei* immobilized onto agro-industrial waste supports. *Industrial Crops and Products*. Vol. 124, pp. 142-148. DOI 10.1016/j.indcrop.2018.07.081. Elsevier BV
7. BILO, F., et al. 2018. A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal Of Cleaner Production*, 200, 357-368. doi: 10.1016 / j. jclepro.2018.07.252.
8. BOMRUNGNOK, W., SONOMOTO, K., PINITGLANG, S. and WONGWICHARN, A. 2012. Single Step Lactic Acid Production from Cassava Starch by *Lactobacillus plantarum* SW14 in Conventional Continuous and Continuous with High Cell Density.

APCBEE Procedia. Vol. 2, pp. 97-103. DOI 10.1016/j.apcbee.2012.06.018. Elsevier BV

9. BERNARDO, M., COELHO, L., SASS, D. and CONTIERO, J. 2016. l-(+)-Lactic acid production by *Lactobacillus rhamnosus* B103 from dairy industry waste. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 47, no. 3, pp. 640-646. DOI 10.1016/j.bjm.2015.12.001. Springer Nature.
10. COLOMBO, B., PEPÈ SCIARRIA, T., REIS, M., SCAGLIA, B. and ADANI, F. 2016. Polyhydroxyalkanoates (PHAs) production from fermented cheese whey by using a mixed microbial culture. *Bioresource Technology*. Vol. 218, pp. 692-699. DOI 10.1016/j.biortech.2016.07.024. Elsevier BV.
11. DIETZ, D., SCHNEIDER, R., PAPENDIEK, F. and VENUS, J. 2016. Leguminose green juice as an efficient nutrient for l (+)-lactic acid production. *Journal of Biotechnology*. Vol. 236, pp. 26-34. DOI 10.1016/j.jbiotec.2016.07.008. Elsevier BV.
12. DJUKIĆ-VUKOVIĆ, A., MOJOVIĆ, L., JOKIĆ, B., NIKOLIĆ, S. and PEJIN, J. 2013. Lactic acid production on liquid distillery stillage by *Lactobacillus rhamnosus* immobilized onto zeolite. *Bioresource Technology*. Vol. 135, pp. 454-458. DOI 10.1016/j.biortech.2012.10.066. Elsevier BV.
13. DU, J., WANG, Y., XIE, X., XU, M. and SONG, Y. 2017. Styrene-Assisted Maleic Anhydride Grafted Poly(lactic acid) as an Effective Compatibilizer for Wood Flour/Poly(lactic acid) Bio-Composites. *Polymers*. Vol. 9, no. 11, pp. 623. DOI 10.3390/polym9110623. MDPI AG.
14. JUODEIKIENE, G., VIDMANTIENE, D., BASINSKIENE, L., CERNAUSKAS, D., BARTKIENE, E. and CIZEIKIENE, D. 2015. Green metrics for sustainability of biobased lactic acid from starchy biomass vs chemical synthesis. *Catalysis Today*. Vol. 239, pp. 11-16. DOI 10.1016/j.cattod.2014.05.039. Elsevier BV.
15. GEDNEY, R. 2006. Measuring the Ductility of Metals. *Admet.com* [en línea]. Disponible en: <https://www.admet.com/wp-content/uploads/2015/07/admet-ductility-elongation-white-paper.pdf>.

16. HELMENSTINE, A. 2019. What Is pH and What Does It Measure?. *ThoughtCo* [en línea]. [Consulta: 18 junio 2019]. Disponible en: <https://www.thoughtco.com/overview-of-ph-measurements-608886>.
17. HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., BAPTISTA LUCIO, P. y FERNÁNDEZ COLLADO, C. 2016. Metodología de la Investigación - Sampieri (6ta edición).pdf. *Docs.google.com* [en línea]. [Consulta: 4 julio 2019]. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9jbn250YWRlcmlhcHVibGljYTk5MDUxMHxneDo0NmMxMTY0NzkxNzliZmYw>
18. HERRERA, R. 2017. *Elaboración de un abono líquido a partir de residuos de fresa (fragaria x ananassa) por fermentación láctica*. Pregrado. S.l.: Universidad Agraria La Molina.
19. KASIRAJAN, S., et al. 2019. Preparation of poly(lactic acid) from *Prosopis juliflora* and incorporation of chitosan for packaging applications. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. DOI 10.1016/j.jbiosc.2019.02.013. Elsevier BV.
20. KAZA, S. 2018. *What a Waste 2.0*. Washington, DC: Publicaciones del Banco Mundial.
21. KIM, Y., JANG, J., PARK, S. and UM, B. 2018. Dilute sulfuric acid fractionation of Korean food waste for ethanol and lactic acid production by yeast. *Waste Management*. Vol. 74, pp. 231-240. DOI 10.1016/j.wasman.2018.01.012. Elsevier BV.
22. KONG, X., ZHANG, B., HUA, Y., ZHU, Y., LI, W., WANG, D. and HONG, J. 2019. Efficient L-lactic acid production from corncob residue using metabolically engineered thermo-tolerant yeast. *Bioresource Technology*. Vol. 273, pp. 220-230. DOI 10.1016/j.biortech.2018.11.018. Elsevier BV.
23. LIANG, S., MCDONALD, A. and COATS, E. 2015. Lactic acid production from potato peel waste by anaerobic sequencing batch fermentation using undefined mixed culture. *Waste Management*. Vol. 45, pp. 51-56. DOI 10.1016/j.wasman.2015.02.004. Elsevier BV.
24. MLADENOVIĆ, D., PEJIN, J., KOCIĆ-TANACKOV, S., DJUKIĆ-VUKOVIĆ, A. and MOJOVIĆ, L. 2018. Enhanced Lactic Acid Production by Adaptive Evolution of *Lactobacillus paracasei* on Agro-industrial Substrate. *Applied Biochemistry and*

Biotechnology. Vol. 187, no. 3, pp. 753-769. DOI 10.1007/s12010-018-2852-x. Springer Nature.

25. MLADENOVIĆ, D., PEJIN, J., KOCIĆ-TANACKOV, S., RADOVANOVIĆ, Ž., DJUKIĆ-VUKOVIĆ, A. and MOJOVIĆ, L. 2018. Lactic acid production on molasses enriched potato stillage by *Lactobacillus paracasei* immobilized onto agro-industrial waste supports. *Industrial Crops and Products*. Vol. 124, pp. 142-148. DOI 10.1016/j.indcrop.2018.07.081. Elsevier BV.
26. MUCHORSKI, D. 2006. Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus). *Tappi.org* [en línea]. [Consulta: 4 julio 2019]. Disponible en: <https://www.tappi.org/content/sarg/t494.pdf>.
27. MUNICIPALIDAD EL AGUSTINO. 2016. *Plan de Manejo de Residuos Sólidos*. Lima: Municipalidad El Agustino.
28. NAIR, N., NAMPOOTHIRI, K., BANARJEE, R. and REDDY, G. 2016. Simultaneous saccharification and fermentation (SSF) of jackfruit seed powder (JFSP) to l-lactic acid and to polylactide polymer. *Bioresource Technology*. Vol. 213, pp. 283-288. DOI 10.1016/j.biortech.2016.03.020. Elsevier BV.
29. NANCIB, A., NANCIB, N., BOUBENDIR, A. and BOUDRANT, J. 2015. The use of date waste for lactic acid production by a fed-batch culture using *Lactobacillus casei* subsp. *rhannosus*. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 46, no. 3, pp. 893-902. DOI 10.1590/s1517-838246320131067. FapUNIFESP (SciELO).
30. PADMAVATHI, T., BHARGAVI, R., PRIYANKA, P., NIRANJAN, N. and PAVITRA, P. 2018. Screening of potential probiotic lactic acid bacteria and production of amylase and its partial purification. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Vol. 16, no. 2, pp. 357-362. DOI 10.1016/j.jgeb.2018.03.005. Springer Science and Business Media LLC.
31. PLEISSNER, D., DEMICHELIS, F., MARIANO, S., FIORE, S., NAVARRO GUTIÉRREZ, I., SCHNEIDER, R. and VENUS, J. 2017. Direct production of lactic acid based on simultaneous saccharification and fermentation of mixed restaurant food

- waste. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 143, pp. 615-623. DOI 10.1016/j.jclepro.2016.12.065. Elsevier BV.
32. REES, D. and ROUSE, J. 2008. Recycling of Organic Waste. *Answers.practicalaction.org* [en línea]. [Consulta: 4 julio 2019]. Disponible en: <https://answers.practicalaction.org/our-resources/item/recycling-of-organic-waste>
33. RESNIK, D. 2015. What is Ethics in Research & Why is it Important. *National Institute of Environmental Health Sciences* [en línea]. [Consulta: 19 junio 2019]. Disponible en: <https://www.niehs.nih.gov/research/resources/bioethics/whatis/index>.
34. SAKAI, K., TANIGUCHI, M., MIURA, S., OHARA, H., MATSUMOTO, T. and SHIRAI, Y. 2003. Making Plastics from Garbage. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 7, no. 3-4, pp. 63-74. DOI 10.1162/108819803323059406. Wiley.
35. SRIVASTAVA, A., TRIPATHI, A., JHA, A., POONIA, A. and SHARMA, N. 2014. Production, optimization and characterization of lactic acid by *Lactobacillus delbrueckii* NCIM 2025 from utilizing agro-industrial byproduct (cane molasses). *Journal of Food Science and Technology*. DOI 10.1007/s13197-014-1423-6. Springer Science and Business Media LLC.
36. TANG, J., WANG, X., HU, Y., ZHANG, Y. and LI, Y. 2017. Effect of pH on lactic acid production from acidogenic fermentation of food waste with different types of inocula. *Bioresource Technology*. Vol. 224, pp. 544-552. DOI 10.1016/j.biortech.2016.11.111. Elsevier BV.
37. THOMAS, D., y ATWELL, W. 1999. *Starches*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists.
38. VALLS, N. 2012. *Modificación PLA mediante compuestos Polifuncionales* (Pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.
39. VAN DER POL, E., EGGINK, G. and WEUSTHUIS, R. 2016. Production of l(+)-lactic acid from acid pretreated sugarcane bagasse using *Bacillus coagulans* DSM2314 in a simultaneous saccharification and fermentation strategy. *Biotechnology for Biofuels*. Vol. 9, no. 1. DOI 10.1186/s13068-016-0646-3. Springer Nature.

40. VENUS, J., FIORE, S., DEMICHELIS, F. and PLEISSNER, D. 2018. Centralized and decentralized utilization of organic residues for lactic acid production. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 172, pp. 778-785. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.10.259. Elsevier BV.
41. WOJTYNIAK, B., KOŁODZIEJCZYK, J. and SZANIAWSKA, D. 2016. Production of lactic acid by ultrafiltration of fermented whey obtained in bioreactor equipped with ZOSS membrane. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 305, pp. 28-36. DOI 10.1016/j.cej.2016.01.048. Elsevier BV.
42. YOUSUF, A., BASTIDAS-OYANEDEL, J. and SCHMIDT, J. 2018. Effect of total solid content and pretreatment on the production of lactic acid from mixed culture dark fermentation of food waste. *Waste Management*. Vol. 77, pp. 516-521. DOI 10.1016/j.wasman.2018.04.035. Elsevier BV.
43. YUWA-AMORNPITAK, T. and CHOOKIETWATANA, K. 2018. Bioconversion of waste cooking oil glycerol from cabbage extract to lactic acid by *Rhizopus microsporus*. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 49, pp. 178-184. DOI 10.1016/j.bjm.2018.06.007. Springer Nature.
44. ZIMMERMAN, A. (2018). Density: How Much Stuff Makes Up Different Stuff?. ThoughtCo. Recuperado 18 June 2019, a partir de <https://www.thoughtco.com/what-is-density-definition-and-calculation-2698950>.

Anexos

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

FERMENTACIÓN LÁCTICA DE RESIDUOS ALIMENTARIOS DOMICILIARIOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS EN EL DISTRITO DE EL AGUSTINO, 2019				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿Cómo es la fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el Agustino, 2019?	Evaluar la fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el Agustino, 2019.	La fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios influye en la obtención de bioplásticos en el Agustino, 2019.	Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios	<p>Tipo de Investigación: El tipo de investigación es aplicada.</p> <p>Método de Investigación: El método de investigación es explicativo.</p> <p>Diseño de Investigación: El diseño de investigación es experimental.</p>

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	POBLACIÓN Y MUESTRA		
1. ¿Cuáles son las características de los residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico?	1. Determinar las características de los residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplásticos en el Agustino.	1. Las características de los residuos alimentarios domiciliarios provenientes de viviendas influye en la obtención de bioplástico.	Bioplástico	Población: 90 toneladas de residuos alimentarios domiciliarios del distrito de El Agustino.		
2. ¿Cuáles son las características del ácido láctico para la obtención de bioplástico?	2. Determinar las características del ácido láctico para la obtención de bioplástico.	2. Las características de los residuos alimentarios domiciliarios provenientes de viviendas influye en la obtención de bioplástico.				
3. ¿Cuál son la cantidad de lactida óptima sobre cantidad de catalizador para la obtención de bioplástico?.	3. Determinar la cantidad de lactida óptima sobre cantidad de catalizador para la obtención de bioplástico.	3. La cantidad de lactida óptima sobre cantidad de catalizador en la obtención de bioplásticos es de 10g + 3g.				Muestra: 45 Kilogramos de residuos alimentarios domiciliarios del distrito de El Agustino

ANEXO 2: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDADES DE MEDIDA
Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios	Cualquier alimento desechado, incluido el exceso de comida, las sobras, o los alimentos no vendidos, así como cualquier resto en los platos (CalRecycle, 2018)	Los residuos se recolectaron del distrito El Agustino. Se trituraron y luego se realizó la fermentación láctica en un biodigestor con el cultivo de bacterias ácido láctica y se obtuvo el ácido láctico como producto. Se determinó las características de los residuos orgánicos, ácido láctico y con respecto al bioplástico se tomó en cuenta la temperatura óptima sobre el ácido láctico.	Características de residuos alimentarios domiciliarios	Composición	%
				Peso	g
				Densidad	g/ml
			Características del ácido láctico	pH	Adimensional
				Temperatura	°C
				Concentración	g/L
Bioplástico	Un bioplástico es un plástico que está hecho parcial o totalmente a partir de polímeros derivados de fuentes biológicas. (Jian,2014).	Una vez obtenido el bioplástico, se determinará sus características con el uso de equipos especializados en el laboratorio. También se realizó las mediciones del rendimiento del bioplástico, además de la medición de cantidad de lactida obtenido sobre tiempo de formación del bioplástico.	Características del bioplástico	Peso	g
				Humedad	%
			Rendimiento de bioplástico	Rendimiento	(peso de material obtenido/peso inicial de la muestra) x 100
				Tiempo de formación de bioplástico	h
			Cantidad de lactida sobre cantidad de catalizador	6	g + 3g
				8	g + 3g
				10	g + 3g

ANEXO 3: Registro Fotográfico

FERMENTACIÓN DE LOS RESIDUOS ALIMENTARIOS DOMICILIARIOS



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)



j)

Figura 1. Fermentación de los Residuos Alimentarios Domiciliarios: a) Restos de frutas, b) Restos alimentarios domiciliarios, c) Corte de los alimentos, d) Residuos alimentarios en baldes, e) Peso de residuos alimentarios, f) Pasteurización, g) Adición de bacterias ácido lácticas, h) Mezclado, i) Biodigestión, j) Licor fermentado

Elaboración Propia

RECUPERACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)



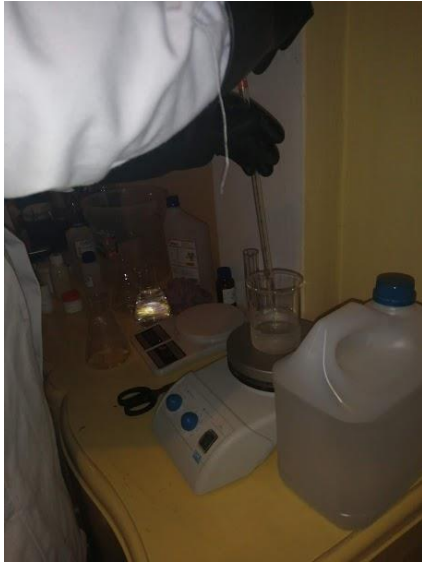
i)

j)

Figura 2. Recuperación del Ácido Láctico: a) Adición de licor fermentado, b) Equipo de condensación, c) Condensación, d) f) Ácido Láctico, e) Rotavapor, g)) Medición de pH y Temperatura, h) Distribución en matraces, i) Proceso de titulación y j) Resultado de titulación

Elaboración Propia

OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO



a)



b)



c)



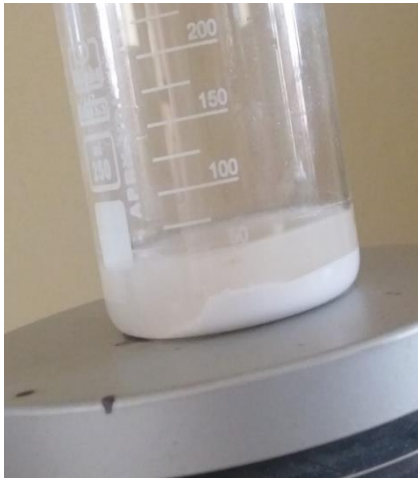
d)



e)



f)



g)



h)



i)



j)

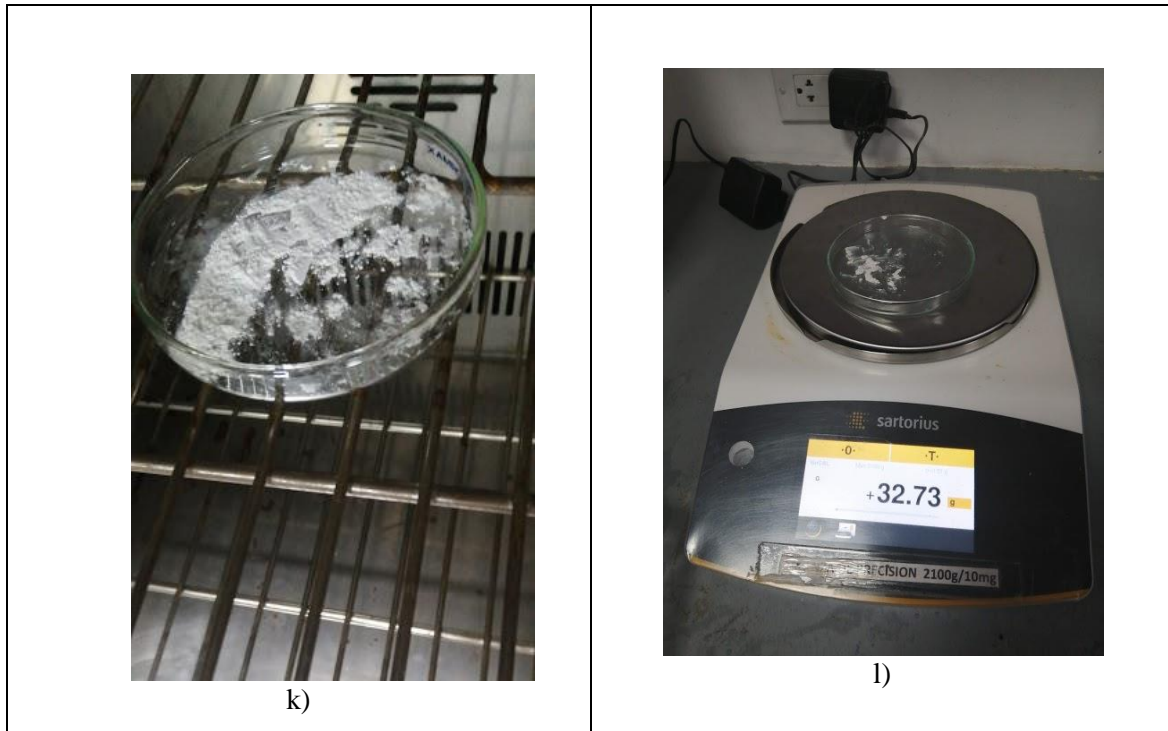


Figura 3. Obtención del Bioplástico: a) Adición de ácido sulfúrico, b) c) d) Obtención de lactida, e) Peso de cloruro de estaño, g) h) i) Formación de polímero, i) Filtración al vacío y j) Obtención del bioplástico, k) Resultado al salir de la estufa y l) Pesaje en la balanza


Elaboración Propia

ANEXO 4: Frutas y verduras utilizadas en la fermentación

NÚMERO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
1	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
2	Col	<i>Brassica oleracea</i>
3	Rabanito	<i>Raphanus</i>
4	Betarraga	<i>Remolacha</i>
5	Acelgas	<i>Beta vulgaris</i>
6	Cebolla China	<i>Allium fistulosum</i>
7	Ajo	<i>Allium sativum L.</i>
8	Cebolla	<i>Allium cepa</i>
9	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
10	Olluco	<i>Ollucus tuberosus</i>
11	Albaca	<i>Ocimum basilicum</i>
12	Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>
13	Zapallo	<i>Curcubita maxima</i>
14	Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>
15	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>
16	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
17	Huacatay	<i>Tagetes minuta</i>
18	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
19	Pepinillo	<i>Cucumis sativus</i>
20	Abas	<i>Vicia faba</i>
21	Frijolito Chino	<i>Vigna radiata</i>
22	Alverja	<i>Pisum sativum</i>
23	Apio	<i>Apium graveolens</i>
24	Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i>
25	Ají amarillo	<i>Capsicum baccatum</i>
26	Rocoto	<i>Capsicum pubescens</i>
27	Coliflor	<i>Brassica oleracea</i>
28	Brócoli	<i>Brassica oleracea</i>
29	Col morada	<i>Brassica oleracea</i>
30	Pimentón	<i>Capsicum unnum</i>
31	Caigua	<i>Cyclanthera pedata</i>
32	kion	<i>Zingiber officinale</i>
33	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
34	Papaya	<i>Carica papaya</i>
35	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
36	Sandilla	<i>Citrullus lanatus</i>
37	Melocotón	<i>Prunus persica</i>
38	Durazno blanco	<i>prunus</i>
39	Fresa	<i>Fragaria</i>
40	Melón	<i>Cucumis melo</i>
41	Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>
42	Pera	<i>Pyrus communis</i>
43	Aguaymanto	<i>Physalis peruviana</i>
44	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>

45	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
46	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>
47	Pepino	<i>Solanum muricatum</i>
48	Tumbo	<i>Passiflora tripartita</i>
49	Manzana	<i>Malus domestica</i>
50	Granadilla	<i>Pasiflora ligularis</i>
51	Maracuyá	<i>Pasiflora edulis</i>
52	Lúcuma	<i>Pouteria lucuma</i>
53	Arroz	<i>Oryza sativa</i>
54	Lenteja	<i>Lens culinaris</i>


ANEXO 5: Instrumento de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DE RESIDUOS ALIMENTARIOS DOMICILIARIOS		REV. 01
		FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN		
DATOS GENERALES				
TÍTULO:		Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico, distrito El Agustino, 2019		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:		Sistema de Gestión Ambiental		
INTEGRANTES:		1. Janeth Lucero Garcia Rodriguez 2. Frida Huamán Casa		
ASESOR:		Wilber Samuel Quijano Pacheco		
FICHA:		Características de residuos alimentarios domiciliarios		
FECHA:		10/06/2019		
MUESTRA		CARACTERÍSTICAS DE RESIDUOS ALIMENTARIOS DOMICILIARIOS		
		Composición	Peso	Densidad
T1	1			
	2			
	3			
T2	1			
	2			
	3			
T3	1			
	2			
	3			


Nombres y Apellidos: 
 CIP:

Nombres y Apellidos: 
 CIP:

Nombres y Apellidos: 
 CIP:


 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DEL BIOPLÁSTICO		REV. 03
	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN		
DATOS GENERALES			
TÍTULO:	Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico, distrito El Agustino, 2019		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Sistema de Gestión Ambiental		
INTEGRANTES:	1. Janeth Lucero Garcia Rodriguez 2. Frida Huamán Casa		
ASESOR:	Wilber Samuel Quijano Pacheco		
FICHA:	Características del bioplástico		
FECHA:	10/06/2019		
MUESTRA	CARACTERÍSTICAS DEL BIOPLÁSTICO		
		Peso	Humedad
T1	1		
	2		
	3		
T2	1		
	2		
	3		
T3	1		
	2		
	3		

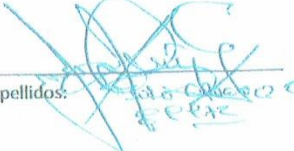

 Nombres y Apellidos:
 CIP:



 Nombres y Apellidos:
 CIP:


 Nombres y Apellidos:
 CIP:

Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIP N° 36871
 Mtro. en Gestión Ambiental

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FORMATO DEL RENDIMIENTO DEL BIOPLÁSTICO		REV. 04
	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN		
DATOS GENERALES			
TÍTULO:	Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico, distrito El Agustino, 2019		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Sistema de Gestión Ambiental		
INTEGRANTES:	1. Janeth Lucero Garcia Rodriguez 2. Frida Huamán Casa		
ASESOR:	Wilber Samuel Quijano Pacheco		
FICHA:	Rendimiento del bioplástico		
FECHA:	10/06/2019		
MUESTRA		FORMATO DEL RENDIMIENTO DEL BIOPLÁSTICO	
		Rendimiento	Tiempo de formación
T1	1		
	2		
	3		
T2	1		
	2		
	3		
T3	1		
	2		
	3		

Nombres y Apellidos: 
CIP:

Nombres y Apellidos: 
CIP: 25950

Nombres y Apellidos: 
CIP:
Juan Alberto Peralta Medina
Ing. Químico - CIP N° 56071
Mtro. en Gestión Ambiental

ANEXO 5: Validación de los instrumentos de recolección de datos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... ACOSTA SUAREZ HORACIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:..... DOCENTE - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... INGENIERIA QUIMICA AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... Ficha N°3
- 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... Frida Huamán Casa y Jometh García Rodríguez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ... 12 JUNIO ... 2019 del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP... 25950.....
 DNI No. 88306575 Telf.: 974192836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Peralta Medina, Juan Alberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV Ing. Ambiental
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Frida Huanán Casa y Joreth García Rodríguez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIP N° 56071
 Mtro. en Gestión Ambiental

Juan Peralta
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 56071
 DNI No: 09122209 Telf.: 981 521067

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GARCÍA, JULIO JULIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°3
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Frida Hiramán Casa y Jometh García Rodríguez

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


Sí
 No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :


85 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI No..... Telf:.....



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 009041 - 2019

SOLICITANTE : FRIDA HUAMAN CASA
DIRECCIÓN LEGAL : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
RUC: 46896457 **Teléfono:** 936089626
PRODUCTO : RESIDUOS ALIMENTARIOS DE COCINA
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MITRA : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 1098,9 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en envase sellado a temperatura ambiente.
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-005995 -2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/11/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	83,3
2.- % Kcal. proveniente de Grasa	2,5
3.- % Kcal. proveniente de Proteínas	14,2
4.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	1,1
5.- Energía Total(Kcal / 100 g de muestra original)	36,5
6.- Proteína(g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	1,3
7.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	7,6
8.- Grasa(g / 100 g de muestra original)	0,1
9.- Humedad(g / 100 g de muestra original)	89,9
10.- Fibra Cruda(g / 100 g de muestra original)	1,2

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 4.- AOAC 930.05 Cap. 3, Pág. 1, 21th Edition 2019
- 5.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 6.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21th Edition 2019
- 7.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 8.- AOAC 922.08 Cap. 32, Pág. 5, 21th Edition 2019
- 9.- AOAC 930.04 Cap. 3, Pág. 1, 21th Edition 2019
- 10.- NTP 205 003:1980 (Revisada al 2011)

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 05/11/2019 Al 12/11/2019.

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 009041 - 2019

Pág 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

**INFORME DE ENSAYOS
N° 009041 - 2019**

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina. 12 de Noviembre de 2019




LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNALM

Alejandrina Soledad Méndez
Ing. Mg. Sc. Alejandrina Soledad Méndez
DIRECTORA EJECUTIVA (a)
CIP N° 112405

Pág 2/2

ANEXO 7: Resultados del laboratorio

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

DATOS GENERALES	
TÍTULO:	Fermentación láctica de residuos alimentarios domiciliarios para la obtención de bioplástico en el distrito de El Agustino, 2019
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Sistema de Gestión Ambiental
INTEGRANTES:	1. Janeth García Rodríguez 2. Frida Huamán Casa
ASESOR:	Wilber Samuel Quijano Pacheco
DOCENTE DE LABORATORIO:	Sigfredo Alexander Quintana Paetan

Características del Ácido Láctico

pH	T1	T2	T3
R1	3.15	3.22	3.20
R2	3.14	3.20	3.19
R3	3.15	3.18	3.19

Temperatura (°C)	T1	T2	T3
R1	21.57	21.67	21.30
R2	21.43	21.63	21.33
R3	21.63	21.53	21.23

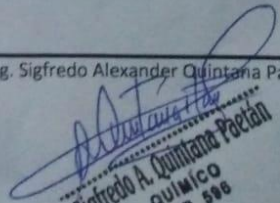
Concentración g/L	T1	T2	T3
R1	2.03	1.8	1.94
R2	2.07	1.98	1.96
R3	2.12	1.78	1.96

Características del Bioplástico

Peso (g)	T1	T2	T3
R1	1.22	1.13	1.02
R2	1.24	1.14	1.01
R3	1.23	1.14	1.02

Humedad (%)	T1	T2	T3
R1	6.83%	6.88%	6.47%
R2	6.94%	6.85%	6.44%
R3	6.89%	6.88%	6.38%

Ing. Sigfredo Alexander Quintana Paetan



Sigfredo A. Quintana Paetan
 QUÍMICO
 CQP 596