



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del
Nostoc sphaericum en el distrito Los Olivos, Lima – 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Huicho Aucatoma, Sandra Liseth (orcid.org/0000-0003-4194-2240)

Javier Marticorena, Miguel Angel (orcid.org/0000-0001-8579-8637)

ASESOR:

Mg. Bañon Arias, Jonnatan Victor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de autenticidad del asesor

Yo, BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada:

"Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima – 2024", cuyos autores son JAVIER MARTICORENA MIGUEL ANGEL, HUICHO AUCCATOMA SANDRA LISETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo 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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 22 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR DNI: 43661382 ORCID: 0000-0002-0996-9593	Firmado electrónicamente por: JBANONAR el 22-07- 2024 12:22:43

Código documento Trilce: TRI - 0828461





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de originalidad de los autores

Nosotros, JAVIER MARTICORENA MIGUEL ANGEL, HUICHO AUCCATOMA SANDRA LISETH estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima – 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MIGUEL ANGEL JAVIER MARTICORENA DNI: 42312127 ORCID: 0000-0001-8579-8637	Firmado electrónicamente por: MAJAVIERJ el 22-07-2024 19:10:53
SANDRA LISETH HUICHO AUCCATOMA DNI: 70238771 ORCID: 0000-0003-4194-2240	Firmado electrónicamente por: SHUICHO el 22-07-2024 20:53:12

Código documento Trilce: TRI – 0828459

Dedicatoria

A mis familiares que día a día se esfuerzan por conseguir sus objetivos y en especial para mis hermanos Roly, Susan, Naty, Mirian y Jhonatan que me motivaron a continuar adelante ante las adversidades. A mi tía Ali por brindarme su apoyo incondicional y palabras de aliento para lograr alcanzar mis metas. A mi abuelo Gerardo y mi hermosa madre que desde lo alto guían mi camino y amigos que me acompañaron en mi proceso de desarrollo profesional.

Miguel Javier Marticorena.

A mis padres, Inocenta Auccatoma Palomino y Edwing Huicho Quispe, cuyo amor, fortaleza y determinación me inspiran a superar cada obstáculo. A mis hermanos, Michael, Sebastián y Gustavo Huicho Auccatoma, por su constante apoyo y compañía. A mis tíos, Cleofé y Roberto, por su infalible respaldo. Y a mis compañeros de vida, Leo y Ángel, cuya presencia diaria es mi mayor fuente de motivación.

Sandra Huicho Auccatoma.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por permitirnos cumplir nuestros objetivos, a la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos los conocimientos para nuestro desarrollo profesional, a nuestro asesor Mg. Jonnatan Víctor Bañon Arias por su dedicación y guiarnos para realizar un excelente trabajo de investigación y un agradecimiento especial a nuestro docente Rosalbina De La Cruz Dávila por su apoyo, dedicación y compartir sus conocimientos para obtener buenos resultados en el desarrollo de nuestra tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad de los autores.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figura	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II.METODOLOGÍA	14
III. RESULTADOS.....	38
IV. DISCUSIONES	60
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS.....	69

ANEXOS

Índice de tablas

Tabla 1. Validación de instrumentos.	16
Tabla 2. Pesaje del <i>Nostoc sphaericum</i>	21
Tabla 3. Cantidad de reactivos, tiempo y temperatura para la extracción del polihidroxitirato.	23
Tabla 4. Fase orgánica recuperada por muestra.	25
Tabla 5. Obtención del polihidroxitirato por cada muestra	29
Tabla 6. Uso de insumos y reactivos a diferentes cantidades.....	30
Tabla 7. Caracterización de <i>Nostoc Sphaericum</i>	38
Tabla 8. Caracterización del polihidroxitirato mediante el FTIR	38
Tabla 9. Humedad de los bioplásticos.....	41
Tabla 10. Densidad de los bioplásticos	42
Tabla 11. Resistencia a la tracción de los bioplásticos	44
Tabla 12. Elongación de los bioplásticos	46
Tabla 13. Concentración óptima	47
Tabla 14. Biodegradabilidad en los tres componentes, mar, suelo y agua de río	48
Tabla 15. Prueba de normalidad de las propiedades físicas.....	51
Tabla 16. Prueba de Anova de Humedad	51
Tabla 17. Pruebas post hoc de humedad.....	52
Tabla 18. Prueba de Anova de Densidad.....	53
Tabla 19. Pruebas post hoc de densidad	54
Tabla 20. Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas.....	55
Tabla 21. Prueba de Anova de Tracción.....	56
Tabla 22. Pruebas post hoc de tracción.....	56
Tabla 23. Prueba de Anova de Elongación	57
Tabla 24. Pruebas post hoc de elongación	58

Índice de figura

Figura 1: Estructura química del polihidroxitirato	7
Figura 2. Diagrama de proceso de síntesis de bioplástico mediante la extracción del polihidroxitirato	17
Figura 3. Obtención de <i>Nostoc sphaericum</i>	18
Figura 4. Lavado de <i>Nostoc sphaericum</i>	19
Figura 5. Caracterización de <i>Nostoc sphaericum</i>	20
Figura 6. Licuado de <i>Nostoc sphaericum</i>	21
Figura 7. Pesaje de <i>Nostoc sphaericum</i>	22
Figura 8. Cocción de <i>Nostoc sphaericum</i>	22
Figura 9. Uso de reactivos para extracción del polihidroxitirato.	24
Figura 10. Calentamiento de <i>Nostoc sphaericum</i>	24
Figura 11. Decantación de la solución.	25
Figura 12. Centrifugación y obtención de fase orgánica.	26
Figura 13. Concentración de fase la orgánica de 100 mL a 50 mL.	26
Figura 14. Concentración de fase la orgánica de 100 mL a 50 mL.	27
Figura 15. División del polihidroxitirato y el cloroformo mediante el metanol.	28
Figura 16. Separación del polihidroxitirato.	28
Figura 17. Pesaje del polihidroxitirato	29
Figura 18. Pesaje del polihidroxitirato	31
Figura 19. Homogenización de la solución.....	31
Figura 20. Solución de bioplástico en el recipiente de 17cm x17cm.	32
Figura 21. Evaporación de la solución del bioplástico.....	33
Figura 22. Secado del bioplástico en la estufa de la Universidad Cesar Vallejo.	33
Figura 23. Obtención del bioplástico.	34
Figura 24. Pesaje de piezas de bioplástico para biodegradación.	35
Figura 25. Recipientes con agua de río, suelo agrícola y agua de mar con muestras de bioplásticos introducidas para su biodegradación.	36
Figura 26. Gráfico del polihidroxitirato mediante FTIR	40
Figura 27. Gráfico de humedad de las tres muestras.....	42

Figura 28. Gráfico de densidad de las tres muestras	43
Figura 29. Gráfico de Tracción de las tres muestras.....	45
Figura 30. Gráfico de humedad de las tres muestras.....	47

Resumen

El amplio consumo de plásticos sintéticos implica elaborar un reemplazo sustentable a este producto, de esta manera el trabajo de investigación tuvo por objetivo Sintetizar el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*. Para lo cual, en lo metodológico, se recolectó una muestra de 20 g de polihidroxitirato. En la obtención del polihidroxitirato se realizó procesos de lavado, secado, licuado, mezcla, calentamiento, decantación, centrifugación, precipitación y evaporación y la caracterización del polihidroxitirato mediante el FTIR, donde las bandas de vibración se compararon en el rango del estándar ASTM E1252, donde mostraron picos característicos del PHB. Los resultados físico-mecánicos indicaron que la mezcla óptima del bioplástico fue la muestra BPL 2 compuesta por 150 mL de agua destilada, 5 mL de glicerina, 12 mL de ácido acético y 20 g de PHB. Esta mezcla muestra una resistencia a la tracción de 0.26 N/cm² y una elongación de 56.93%, y biodegradación en los tres componentes, agua de mar, suelo y agua de río, con un promedio de biodegradación de 36.50%, 28.58% y 21.58% respectivamente, en un tiempo de tres semanas aproximadamente. En conclusión, el polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* pudo producir bioplásticos resistentes, flexibles y biodegradables.

Palabras clave: Polihidroxitirato, *Nostoc sphaericum*, bioplástico.

Abstract

The wide consumption of synthetic plastics implies developing a sustainable replacement for this product, in this way the research work aimed to synthesize the bioplastic from the polyhydroxybutyrate extracted from *Nostoc sphaericum*. For which, methodologically, a sample of 20 g of polyhydroxybutyrate was collected. In obtaining the polyhydroxybutyrate, washing, drying, liquefying, mixing, heating, decanting, centrifugation, precipitation and evaporation processes were carried out, as well as the characterization of the polyhydroxybutyrate using FTIR, where the vibration bands were purchased in the range of the ASTM E1252 standard. where they showed characteristic peaks of PHB. The physical-mechanical results indicated that the optimal mixture of the bioplastic was the BPL 2 sample composed of 150 mL of distilled water, 5 mL of glycerin, 12 mL of acetic acid and 20 g of PHB. This mixture shows a tensile strength of 0.26 N/cm² and an elongation of 56.93%, and biodegradation in the three components, seawater, soil and river water, with an average biodegradation of 36.50%, 28.58% and 21.58 % respectively, in a period of approximately three weeks. In conclusion, the polyhydroxybutyrate extracted from *Nostoc sphaericum* was able to produce resistant, flexible and biodegradable bioplastics.

Keywords: Polyhydroxybutyrate, *Nostoc sphaericum*, bioplastic.

I. INTRODUCCIÓN

A través de los años la producción de plásticos se ha venido incrementando hasta llegar a 7,8 billones de toneladas a nivel mundial, esto corresponde a 1 tonelada por persona, los cuales estos residuos, están generando problemas ambientales (Buteler, 2019). Se han registrado que la producción anual de estos polímeros a nivel internacional fue de 350 millones de toneladas (Walker y Rothman, 2020). Asimismo, en estos últimos años esta producción anual ascendió a 400 millones de toneladas de plásticos convencionales y la producción de bioplásticos solo representa el 0,5 % (European Bioplastics, 2023). El 50% de estos plásticos a nivel mundial es de un solo uso (MINAM, 2018). Además, las industrias no reconocen los daños que generan al ambiente, imposibilitan su regulación y se oponen a reducir la fabricación de plástico. En consecuencia, estos plásticos agilizan el cambio climático y que para el 2050 se habrán generado 56 gigatoneladas de CO₂ (Arkin y Schachtele, 2020). Por otro lado, mediante estudios toxicológicos se ha demostrado que los aditivos de los plásticos son potencialmente cancerígenos para los seres vivos, porque, los plásticos producidos, no son biodegradables y no existe organismo que pueda transformarlo en materia orgánica (Buteler, 2019).

En el 2017 se evidenciaron frente a las costas de Perú y Chile una isla de plásticos de 2,6 millones de kilómetros cuadrados. En el territorio peruano el consumo equivalente de estos polímeros es de 30 kg por persona de forma anual y la generación de residuos de plásticos en Lima Metropolitana y Callao es de 886 toneladas por día (MINAM, 2018).

Frente a los riesgos a la salud y ambiente que generan los plásticos de un solo uso, el estado peruano prohibió mediante la ley 30884 su consumo con la finalidad de regular (MINAM, 2019). Con la finalidad de seguir reduciendo la contaminación de plásticos derivados del petróleo, en el año 2021 mediante decreto supremo 025-2021-PRODUCE se establece la normativa técnica para polímeros biodegradables (Vega, 2021). También se están investigando en alternativa amigables y sostenibles para la generación de plásticos provenientes de fuentes naturales, los cuales tienen la ventaja en biodegradarse en poco tiempo y no generan problemas de contaminación en los alimentos, en la salud y en el ambiental (Alcántara y Sánchez, 2023).

Ante los problemas ambientales que generan los plásticos, se han venido desarrollando tecnologías para la producción de nuevos polímeros o bioplástico mediante la extracción del polihidroxitirato (Gutiérrez et al., 2023). Estos polímeros pueden ser generados a partir de cianobacterias; entre ellos está el *Nostoc sphaericum*, comúnmente conocido como cushuro, una cianobacteria de agua dulce, presente en lagos, lagunas, ríos y puquios de las zonas altoandinas del Perú. Las colonias de *Nostoc sphaericum*, en su mayoría son gelatinosas y esféricas (Corpus et al., 2021). Aunque el *Nostoc sphaericum* presenta un potencial promisorio como materia prima para bioplásticos, existen desafíos que requieren atención durante el proceso de producción.

El desarrollo de la síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* se alineó estrechamente con dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas: el Objetivo 11 (Ciudades Sostenibles) y el Objetivo 13 (Acción por el Clima). El objetivo 11, busca la innovación de tecnologías limpias, seguras y eficientes. La producción de bioplásticos es una alternativa amigable al ambiente, sostenible para reemplazar a los plásticos convencionales. Por otro lado, el Objetivo 13 se enfoca en combatir el cambio climático y sus efectos. El consumo de bioplásticos reduce la contaminación al ambiente por su alta biodegradabilidad y producción sostenible.

Por consiguiente se formularon los siguientes problemas; siendo el problema general ¿Cómo se extrae el polihidroxitirato del *Nostoc sphaericum* para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?; y como problemas específicos se tuvieron los siguientes: i) ¿Cómo se caracteriza el *Nostoc sphaericum* para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?, ii) ¿Cómo se realiza la caracterización del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?, iii) ¿Cómo se realiza pruebas a diferentes concentraciones de *Nostoc sphaericum* para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?, iv) ¿Cuál es la concentración óptima en la extracción del polihidroxitirato mediante el *Nostoc sphaericum* para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?, v) ¿Cuál es el tiempo de biodegradabilidad del bioplásticos sintetizado del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?

Por lo tanto, este trabajo de investigación adquiere una relevancia crucial porque nos permitirá conocer y desarrollar nuevos métodos para la síntesis de bioplásticos a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*, lo cual representa un avance significativo en la búsqueda de materiales plásticos biodegradables. La obtención de bioplásticos sostenibles no solo tiene el potencial de mitigar los impactos negativos en el medio ambiente, sino que también reduce la dependencia de los plásticos convencionales basados en derivados del petróleo.

Desde un enfoque social, contribuirá en la calidad de vida de la población, al reducir la exposición a plásticos no biodegradables, que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana y el bienestar ambiental. Además, el desarrollo de esta tecnología puede fomentar la creación de empleo en la producción y aplicación de bioplásticos, generando oportunidades económicas para la población.

En términos económicos, la síntesis de bioplásticos a partir de recursos biológicos, como el polihidroxitirato del *Nostoc sphaericum*, tiene el potencial de ser más rentable en comparación con los métodos convencionales que dependen del petróleo. Esto podría impulsar la innovación en la producción de bioplásticos, facilitando la transición hacia materiales más sostenibles y de bajo costo.

Desde una perspectiva ambiental, este estudio se justifica al promover la utilización sostenible de los recursos naturales, reduciendo así el impacto en los ecosistemas locales y globales. Además, al impulsar la producción de bioplásticos, se fomenta la adopción de prácticas más respetuosas con el medio ambiente y se contribuye a la conservación de la biodiversidad.

En el contexto tecnológico, este estudio representa una valiosa oportunidad para la adquisición de nuevos conocimientos científicos. Al explorar la extracción de polihidroxitirato del *Nostoc sphaericum* y su aplicación en la síntesis de bioplásticos, se están sentando las bases para la innovación en tecnologías limpias con beneficios significativos para el ambiente.

Por lo tanto, para el desarrollo del presente trabajo de investigación el objetivo general es: Sintetizar el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024. Los objetivos específicos del presente proyecto de investigación son: i) Caracterizar el *Nostoc sphaericum* para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; ii) Realizar la caracterización del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; iii) Realizar pruebas a diferentes concentraciones del polihidroxitirato para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; iv) Determinar la concentración óptima del polihidroxitirato según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; v) Determinar el tiempo de biodegradabilidad de bioplásticos sintetizados del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.

El plástico también conocido como polietileno o poliestireno es un material ligero, de rápida producción y que puede llevar años para degradarse en el ambiente, lo cual el uso excesivo genera grandes acumulaciones de plásticos en el ambiente. En consecuencia, generan efectos negativos a la salud humana por la contaminación de suelo, aire y principalmente a las aguas marinas (Cedeño et al., 2022). Contaminación de plásticos son acumulaciones en el ambiente, lo cual genera daños a los recursos naturales, porque contienen una variedad de aditivos químicos peligrosos que afectan a la salud humana y daños a los organismos acuáticos (Arrighetti, 2019).

Según Atiwesh et al. (2021) en su artículo de investigación afirma que la contaminación que generan estos plásticos convencionales es por su alta durabilidad y baja degradabilidad, ya que son difíciles de degradar y que de la producción total de estos polímeros sólo el 7% son reciclados y 8% son incinerados. Asimismo, su estructura química de estos polímeros resulta complejo para ser modificados por microorganismos naturales.

Con la finalidad de reducir el uso de los plásticos convencionales se han buscado nuevas alternativas eco amigables y sostenibles para reemplazar el plástico proveniente del

petróleo, lo cual una de las alternativas es la producción de polihidroxicanoatos, ya que son poliésteres degradables de origen renovable que son sintetizados intracelularmente por bacterias y algas (López et al., 2017).

Behera, Mohanta y Thirugnanam (2022); Shanmathy, Mohanta y Thirugnanam (2021), En sus trabajos de investigación indican que la contaminación ambiental por los plásticos cada vez se acrecienta por sus propiedades peligrosas, por ello se da la necesidad en desarrollar nuevas alternativas sostenibles para la síntesis de bioplásticos a través del almidón. El primero realizó la síntesis de bioplásticos a base de almidón de ñame (*Dioscorea*), glicerol con una concentración de bentonita al 1,5 % pp. El segundo trabajó a base de almidón de taro (*Colocasia esculenta*) con diferentes concentraciones de bentonita. Ambos confirman que las propiedades de los bioplásticos son óptimas para reemplazar a los plásticos convencionales.

Los bioplásticos son una de las alternativas para reducir el uso de plásticos provenientes de los derivados del petróleo, ya que son biodegradables, renovables y se obtienen a partir de procesos biotecnológicos (Prieto, 2020). Los polímeros bioplásticos están elaborados mediante recursos renovables y deben cumplir normas científicas de biodegradabilidad (Jaso, 2020). Los bioplásticos se elaboran a base de fuentes de biomasa que se pueden renovar (vegetales, almidones, madera, aceites, entre otros), procesamiento directo de biopolímeros naturales, mediante síntesis químico de la derivación de los azúcares y lípidos (plantas y animales) o por la fermentación de los azúcares y lípidos (Sabry, 2022). Asimismo, los bioplásticos con el paso de los años están siendo acogidos por diferentes sectores económicos como alimentario, biomédicos y para producción de piezas de rejillas, tapicería y maleteros (Madrid, 2020).

García et al. (2021), afirman que en América del sur se puede producir bioplástico biobasados y biodegradables por estar ubicado en una zona altamente productiva de biomasa para producir 204,42 millones de toneladas de bioplásticos a base de celulosa; 4,11 millones de toneladas a base de almidón; 8,68 millones de toneladas a base de polihidroxibutirato con el objetivo de reducir la contaminación por los plásticos convencionales.

La síntesis de bioplástico está sujeta a diversas condiciones que influyen en su proceso de producción. Estos factores clave incluyen la temperatura, el pH, el tiempo de reacción, la agitación, el sustrato, los medios de cultivo y, fundamentalmente, la presencia de microorganismos, en particular las cianobacterias. Además, se ha observado que algunas bacterias pueden acelerar significativamente la síntesis de bioplástico en condiciones de limitación de recursos, mientras que otras son capaces de llevar a cabo este proceso sin requerir un entorno limitante. Estas variables son esenciales para comprender y optimizar la producción de bioplásticos de manera eficiente (López et al., 2017).

Kharb y Saharan (2023), enfatizan el desarrollo de nuevas alternativas para reemplazar el plástico derivado del petróleo, realizaron en su trabajo de investigación la síntesis de bioplásticos a través de cáscara de pepino y almidón de maíz con diferentes concentraciones materia prima y aditivos. Estos bioplásticos se pueden obtener a base del polihidroxibutirato y se pueden caracterizar mediante el TGA, SEM y FTIR. En los resultados obtenidos se observaron que las películas bioplásticas son más uniformes, por ello afirman que la síntesis de bioplástico también permite el uso eficiente de los recursos.

En el estudio de Mostafa et al. (2020), se aislaron bacterias en la región de los manglares en el Mar Rojo, Arabia Saudita, capaces de producir poli- β -hidroxibutirato (PHB). Las bacterias identificadas fueron *Tamlana crocina*, *Bacillus aquimaris*, *Erythrobacter aquimaris* y *Halomonas halophila*. Se encontró que *E. aquimaris* acumula mejor PHB a 120 horas de incubación, pH 8, 35°C y 2% de NaCl, utilizando glucosa y peptona como fuentes de carbono y nitrógeno. La caracterización del polímero obtenido se realizó a través de técnicas como espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), resonancia magnética nuclear (RMN) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Estos análisis confirmaron la estructura del polímero como PHB al identificar la presencia de grupos como hidroxilo, metilo, metileno, metino y éster carbonilo, junto con productos relacionados al ácido butanoico confirmando su estructura como PHB.

El polihidroxi butirato es uno de los primeros poliésteres de la familia de los polihidroxi alcanoatos y sus propiedades se parecen al polipropileno producido mediante los hidrocarburos, asimismo, son materiales bioplásticos con mucha proyección que se acumulan de forma natural en varias cepas de cianobacterias (López et al., 2017); (Price et al., 2020). Se descubrió en el *Bacillus megaterium* en 1926 y es reconocido por ser un importante sustituto de los polímeros (polipropileno). Está compuesto por monómeros de 3-hidroxi butirato, lo cual al juntarse varios de 3-hidroxi butiratos mediante un enlace éster, origina el polihidroxi butirato. La generación de polihidroxi butirato se da en condiciones de limitación de nutrientes como el nitrógeno y fósforo. Por ende, la acumulación de polihidroxi butirato es mayor cuando su cultivo se evidencia limitación de nutrientes (Koch y Forchhammer, 2021).

La aplicación del polihidroxi butirato ha sido relevante al ser sintetizados en bioplásticos por diferentes microorganismos, como de origen marino que fueron importantes en la generación de polihidroxi butirato, para uso en las actividades de agricultura, construcción y medicina por tener propiedades biocompatibles y biodegradables (Kavitha, Rengasamy y Inbakandan, 2018).

El polihidroxi butirato presenta una aparente estructura simple, sin embargo, son muy organizados y tienen forma esférica, denominado gránulo de PHB (Koch y Forchhammer, 2021). La estructura química del polihidroxi butirato está constituido en base del polihidroxi alcanoato y unido a un grupo metilo (CH₃) (Price et al., 2020).

En la figura 1 se puede observar la estructura química del polihidroxi butirato.

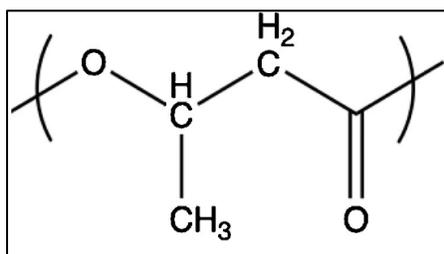


Figura 1. Estructura química del polihidroxi butirato

Atiwesh et al. (2021), exponen que la síntesis de polihidroxitirato se da cuando la cianobacteria transforma la glucosa en acetil-CoA, seguidamente en este proceso se da con la unión de moléculas de acetil-CoA para generar acetoacetil-CoA, gracias a la acción de la enzima acetil-CoA-acetiltransferasa. Posteriormente, este acetoacetil-CoA se convierte en (R)-3-hidroxitirato-CoA mediante la enzima acetoacetil-CoA-reductasa. Finalmente, el (R)-3-hidroxitirato-CoA se polimeriza para formar el polihidroxitirato (PHB) bajo la influencia de la enzima polihidroxitirato (PHB) sintasa. Asimismo, la producción del polihidroxitirato está basado a las condiciones de temperatura que va de 25 a 30 °C y se pueden obtener este polímero con potencial de hidrogeno de 6 a 9 (Raju, Sankaranarayanan y Bharathiraja, 2024).

Según Rueda et al. (2023) explica en su artículo de investigación que para la extracción y la purificación del polihidroxitirato realizó como primer paso la mezcla de biomasa con cloruro de sodio (15% v en agua) adicional con el cloroformo durante 1 hora a 38 °C para quebrantar las células y diluir el polihidroxitirato para luego separar esta solución mediante centrifuga decantadora. Seguidamente a este proceso, la concentración de cloroformo extraído que contiene el polihidroxitirato diluido se juntaron en un evaporador y una vez más el cloroformo se ha mezclado para ser reutilizado en la extracción del polihidroxitirato. Posterior a este proceso se precipitó el polihidroxitirato para mezclarse con la concentración de cloroformo con el metanol y el polihidroxitirato precipitado se obtiene a través de centrifugación y lavado con agua. Como último paso el polihidroxitirato pasa al proceso de secado.

González et al. (2023), en su estudio de investigación indica que la extracción convencional del biopolímero generado por los microorganismos mediante cloroformo tuvo un rendimiento de 63,85 %; pureza de 102,75%; y recuperación de 72,48%. Asimismo, mediante el uso del hipoclorito de sodio, la pureza del polihidroxitirato fue de 99%, un rendimiento de 78,78% y recuperación de 87,01 %.

Gracia et al. (2024), para la extracción de polihidroxitirato emplearon con biomasa obtenida por digestión con SDS, la cual mezclaron con cloroformo en una proporción de 8 mL por gramo de biomasa. Después de agitar y filtrar, se obtuvo una solución que

contenía PHA en cloroformo y una fase sólida residual. La solución se dejó evaporar en placas de Petri, resultando en una película de PHA. Luego, esta película se trató con metanol para purificarla, eliminando impurezas mediante centrifugación a 4000 RPM durante 15 minutos y se llevó a evaporar a temperatura de 60 °C.

Para identificar los grupos funcionales y la composición química de los biopolímeros del polihidroxitirato, es posible realizar su caracterización a través de diversas técnicas instrumentales, tales como la espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), la resonancia magnética nuclear (RMN) y la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (Juengert et al., 2018).

Según Riski et al. (2023), en su estudio de investigación la caracterización del polihidroxitirato se realizó mediante FT-IR para estudiar los grupos sus funcionales. Comparando los espectros del PHB-KBr con el PHB estándar, se identificaron varios hallazgos clave. Se observó una banda a 1726 cm^{-1} en el PHB-KBr, indicando estiramiento del carbonilo, similar al PHB estándar a 1701 cm^{-1} . Además, se detectaron bandas en el rango de $1089\text{-}1265\text{ cm}^{-1}$ para el grupo éster en el PHB aislado, comparables con el PHB estándar. Se encontraron también bandas a 1402 cm^{-1} y 2916 cm^{-1} para el grupo metilo, y una banda amplia alrededor de 3472 cm^{-1} para el grupo hidroxilo terminal en el PHB-KBr, coincidiendo con las del PHB estándar. Estos resultados confirman la presencia de los grupos funcionales característicos en el PHB aislado, similares a los del PHB estándar utilizado como referencia.

Hasan et al. (2024), en su estudio de investigación indica que mediante el análisis al polihidroxitirato tiene el pico a 3474 cm^{-1} lo que correspondió al grupo OH, mientras que los picos a 2960 y 2925 cm^{-1} se asociaron con los estiramientos de CH₃ y CH₂ respectivamente. Además, se observó una banda de 1639 cm^{-1} atribuida al grupo C=O, otras bandas a 1458 , 970 y 865 cm^{-1} que indican la presencia del grupo fenileno. Un pico agudo a 620 cm^{-1} también fue identificado como característico de grupos metileno (-CH₂-). También, una banda de vibración de 3417 cm^{-1} correspondiente al grupo OH, y 2928

cm⁻¹ correspondiente al estiramiento de CH. Por último, la banda a 1638 cm⁻¹ fue atribuida al grupo C=O, y se identificaron bandas adicionales a 1414, 1008 y 970 cm⁻¹.

Las cianobacterias también conocidas como algas verde azules son organismos fotosintéticos y que están formados por grupos de bacterias que pueden sintetizar polihidroxitirato mediante el dióxido de carbono y energía solar. Crecen de forma fotoautótrofa y son las únicas que realizan la fotosíntesis oxigénica. Las cianobacterias generan azúcar en la fotosíntesis como alimento de la bacteria para producir bioplástico. Existen 137 cepas distintas de cianobacterias, de las cuales 134 son productores de polihidroxitirato (PHB) en condiciones inestables, carencia de nitrógeno, fosfato y potasio. Una variedad de compuestos de almacenamiento de glucógeno, cianoficina o polifosfato, producen dos polímeros de carbono, ya que otros microorganismos solo producen un polímero y han sido relevantes para la producción de polihidroxitirato (Atiweh et al., 2021); (Koch y Forchhammer, 2021); (Rueda et al., 2023). Las ventajas de las cianobacterias con respecto a otros microorganismos es la producción natural y sostenible de polihidroxitirato por ser bacterias autótrofas. Además, son microorganismos con mucha proyección para la síntesis de bioplásticos (Martinez, 2022); (Rueda y García, 2021).

El *Nostoc sphaericum*, también llamado "murmunta", "cushuro", "llullucha", "crespito", "nostoc", "yurupa", "uva de río" y "cochayuyo", es un alga con apariencia gelatinosa en forma esférica o lobular, con un color característico verde azulado, siendo comunes en diversos ambientes acuáticos, como lagunas, arroyos y manantiales de aguas cristalinas y ricas de nitrógeno, lo que favorece su desarrollo en los departamentos de Ancash, Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco y Puno (Corpus et al., 2021).

El cushuro, es un alga que se destaca por su abundancia de compuestos químicos altamente nutritivos, destacando su alto contenido de hierro y proteínas. Estas algas forman colonias, tanto macroscópicas como microscópicas, que se desarrollan en diversos entornos acuáticos, principalmente en las regiones de gran altitud de Perú, situadas entre 3850 y 4500 metros sobre el nivel del mar (Inocente et al., 2019).

Gómez et al. (2021); Maquera (2022), en sus estudios de investigación sobre las características físicoquímicos del *Nostoc sphaericum* afirman que el pH es de 6,06 a 7,11; humedad de 97 %; temperatura crecimiento desde de 0 °C a 25 °C, color verde claro y oscuro, tamaño desde 3 mm hasta 50 mm de diámetro y presenta alta viscosidad.

La biodegradación de un polímero se puede realizar suelos y cuerpos de agua en diferentes condiciones ambientales, como la temperatura, humedad, tiempo, ya que estos factores intervienen en la biodegradación con la finalidad de realizar evaluaciones a las propiedades del polímero (Behera et al., 2022). Por consiguiente, la biodegradabilidad de los bioplásticos es la descomposición de los bioplásticos naturales mediante mecanismos microbianos con acción del oxígeno, agua y temperatura. Los cuales el bioplástico al romperse en fragmentos pueden ser digeridos por bacterias, por ello es considerado una alternativa ecológica y biocompatible para promover su fabricación (Atiweh et al., 2021).

Domínguez et al. (2022), en su trabajo de investigación produjeron biopolímeros a partir de residuos de cítricos utilizando cascara de naranja de 250 μm (22%), glicerina (6,0%) y agua (71,5%). Los mejores bioplásticos se obtienen enfriando la masa plástica tanto a temperatura ambiente como a la temperatura de congelación del frigorífico, y el biopolímero se seca en un entorno soleado, la cual han mostrado mejores condiciones elásticas, así como una baja porosidad y absorción que se consiguen a los 21 días. 63% de biodegradabilidad en un entorno de suelo a temperatura ambiental. Asimismo, Uribe (2022), en su trabajo de investigación obtiene películas de bioplásticos en base a una concentración de 0,05 g/ml de PHB en cloroformo, los cuales se llevó a 60°C en un equipo Soxhlet por 15 minutos. Por último 5 mL de la solución se vertieron en recipiente de caja Petri para ser llevados a un desecador durante 24 horas.

Calapuja et al. (2021), produjeron plástico biodegradable de residuo orgánico, glicerina, ácido acético y agua destilada, manteniendo condiciones de temperatura de 75°C durante 15 minutos. La masa plastificante obtenida fue expuesta sobre una placa de vidrio a temperatura ambiente durante 24 horas. El bioplástico obtenido mostró una

elongación de 93,79% y una fuerza de tracción de 3,11 kg/cm² y una capacidad de degradabilidad de 64,21% a los 90 días.

Hsu y Uyama (2024), realizaron un estudio presentando un diseño de bioplástico innovador que emplea una reacción de acoplamiento y apertura de anillo fácil para incorporar polietilenglicol (PEG) hidrófilo en PLA. En la cual se exhibe una resistencia excepcional tanto en condiciones húmedas como secas, con un alargamiento en húmedo del 1446,8%. En particular, el copolímero PEG 4k PLA 2k fue rápidamente biodegradable en solución de enzima proteinasa K y mostró una pérdida de peso significativa del 71,5% después de 28 días en agua de mar. La degradación estuvo relacionada principalmente con los segmentos de PLA en el copolímero PEG-PLA, como lo demuestran los cambios estructurales confirmados mediante técnicas de caracterización integrales. La biodegradabilidad en el agua de mar, según la Guía de Pruebas de Biodegradación Marina No. 306 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, alcanzó el 72,63%, confirmada por el análisis cuantitativo de la demanda bioquímica de oxígeno, que muestra una rápida fragmentación de la cadena en ambientes marinos. La capacidad del bioplástico PEG-PLA para resistir el agua desionizada y degradarse rápidamente en el agua de mar lo convierte en un candidato prometedor para prevenir la contaminación plástica marina.

En el estudio de Sheekh et al. (2024) indica que la propiedades físicas y mecánicas de los bioplástico nos permiten evaluar la resistencia a la tracción para determinar la fuerza necesaria que alcanza en romperse, la elongación máxima que pueden alcanzar en estirarse las muestras de un bioplástico y la humedad con la finalidad de innovar y producir bioplásticos de calidad. Asimismo, obtuvieron películas bioplásticas a partir de Halimidad con diferentes espesores de 0,037 mm; 0,015 mm; 0,20 mm; 0,25 mm y 0,028 mm, una resistencia de tracción de 147,5 MPa; 127,8 MPa; 157,3 MPa; 173,4 MPa y 181,2 MPa; elongaciones de 420,3 %, 363,7 %, 408,5 % y 436,6 %, y la absorción de humedad del 4,59 %, 3,33 %, 3,82 % y 3,71 %. Continuamente fueron sometidas a prueba de biodegradación en suelo arenoso a condiciones ambientales por 30 días, los cuales, las películas con concentraciones de algas/PVA de 0,5:1, 1:1, 1,5:1, 2:1 y 3:1 se

degradaron en un 35,47 %, 32,3 %, 41,6 %, 39,43 % y 47,03 % respectivamente. Por último, estas mismas muestras fueron llevados a compost y se observaron una biodegradación completa en 12, 6, 5, 6 y 5 días respectivamente.

En el presente estudio, se planteó la siguiente hipótesis general: El polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* sintetiza el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; y como hipótesis específicas del presente proyecto de investigación fueron: i) Las características del *Nostoc sphaericum* permiten la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; ii) La caracterización del polihidroxitirato nos permitirá conocer sus propiedades óptimas para sintetizar el bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; iii) Las pruebas a diferentes concentraciones del polihidroxitirato permiten la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; iv) Se determina que la concentración óptima del polihidroxitirato es de 20 g según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024; v) El tiempo de biodegradación del bioplástico sintetizado del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* fue de 3 semanas aproximadamente en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.

II. METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo aplicada, dado que se enfoca en resolver un problema mediante conocimientos técnicos para abordar y lograr sintetizar el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima - Perú, 2024. Según Ñaupas et al. (2018), la investigación aplicada se origina a partir de investigaciones puras en las áreas de ciencias sociales y naturales. Estas investigaciones plantean problemas y generan hipótesis con el propósito de abordar y resolver cuestiones que afectan a la sociedad en nuestro país. El investigador desempeña un papel integral en el proceso de investigación al aportar diversas perspectivas al análisis de las investigaciones seleccionadas.

El diseño de investigación utilizado fue experimental, según lo señalado por Galarza (2021), se basó en la implementación de procedimientos específicos para obtener resultados a través de la manipulación de las variables. En este contexto, se evaluó el impacto de las acciones realizadas en la variable independiente (Polihidroxitirato del *Nostoc sphaericum*) sobre la variable dependiente (Síntesis de bioplástico).

El enfoque de la investigación adoptado fue cuantitativo, siguiendo la perspectiva de Hernández y Mendoza (2020), ya que se centró en la recopilación de datos que podían medirse y cuantificarse para analizar el comportamiento de las variables y proporcionar respuestas a las preguntas de investigación, incluyendo la verificación de hipótesis experimentales.

En relación con el tema de estudio, se estableció las variables de estudio son:

Variable independiente: Polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*. La definición conceptual del polihidroxitirato se ha establecido que es uno de los primeros poliésteres de la familia de los polihidroxicanoatos, lo cual su producción se da en condiciones limitantes (López et al., 2017). En su definición operacional del polihidroxitirato, se estableció mediante su caracterización y concentración.

Variable dependiente: Síntesis de bioplástico. La definición conceptual de la síntesis de bioplástico se ha establecido que está sujeta a diversas condiciones que influyen en su proceso de producción y son una de las alternativas para reducir el uso de plásticos provenientes de los derivados del petróleo (Prieto, 2020). En su definición operacional, la síntesis de bioplástico fue medido a través de sus propiedades físicas, mecánicas y biodegradabilidad. La matriz operacional se puede observar en el Anexo 1.

Condori (2020), indica que la población es la representación de un conjunto o la totalidad de elementos que pertenecen a un área especial. Por lo tanto, la población de estudio para la síntesis de bioplásticos es de 200 kg de *Nostoc sphaericum*, provenientes de mercado Huamantanga. Siendo el criterio de inclusión los 200 kg del *Nostoc sphaericum* y el criterio de exclusión es el *Nostoc sphaericum* que se comercializa fuera del mercado Huamantanga.

La muestra es la parte representativa o subconjunto de la población con las mismas características (Condori, 2020) Por ello, para la muestra se han seleccionado 28 kg de *Nostoc sphaericum* para la extracción del polihidroxitirato.

El tipo de muestreo fue por conveniencia, ya que, las muestras son seleccionadas por conveniencia del investigador mediante un conocimiento técnico para desarrollar el estudio respectivo (Hernández, 2021). Se establece como la unidad de análisis los 20 g de polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*.

En el proceso de investigación, se empleó la técnica de observación para evaluar el desempeño de las características físicas, como el peso, la humedad, el espesor, la biodegradabilidad, además de las propiedades mecánicas, como la elasticidad, tracción y elongación. El instrumento empleado son las fichas de recolección de datos, el cual se muestra en el anexo 2.

La validez y confiabilidad de los instrumentos fue evaluada por expertos en el campo de la investigación, quienes aplicaron un juicio crítico para determinar su calidad.

En la tabla 1, se puede observar los puntajes que respaldaron su validez y confiabilidad por parte de los expertos en investigación.

Tabla 1. Validación de instrumentos.

Expertos	Valoración de instrumentos				
	Ficha de caracterización del <i>Nostoc Sphaericum</i>	Ficha de Caracterización del polihidroxitirato	Ficha de Concentraciones para la síntesis del Bioplástico	Ficha de Propiedades Físicas y mecánicas del bioplástico	Ficha de Biodegradabilidad de bioplástico
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	90	90	90	90	90
Blga. Linzbet Asto Domínguez	90	90	90	90	90
Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar	90	85	85	85	85

Para el desarrollo experimental de la tesis, se consideró 7 etapas para la síntesis de bioplástico a partir del polihidroxitirato.

En la figura 2 se puede observar los ensayos de cada etapa para la síntesis del bioplástico.

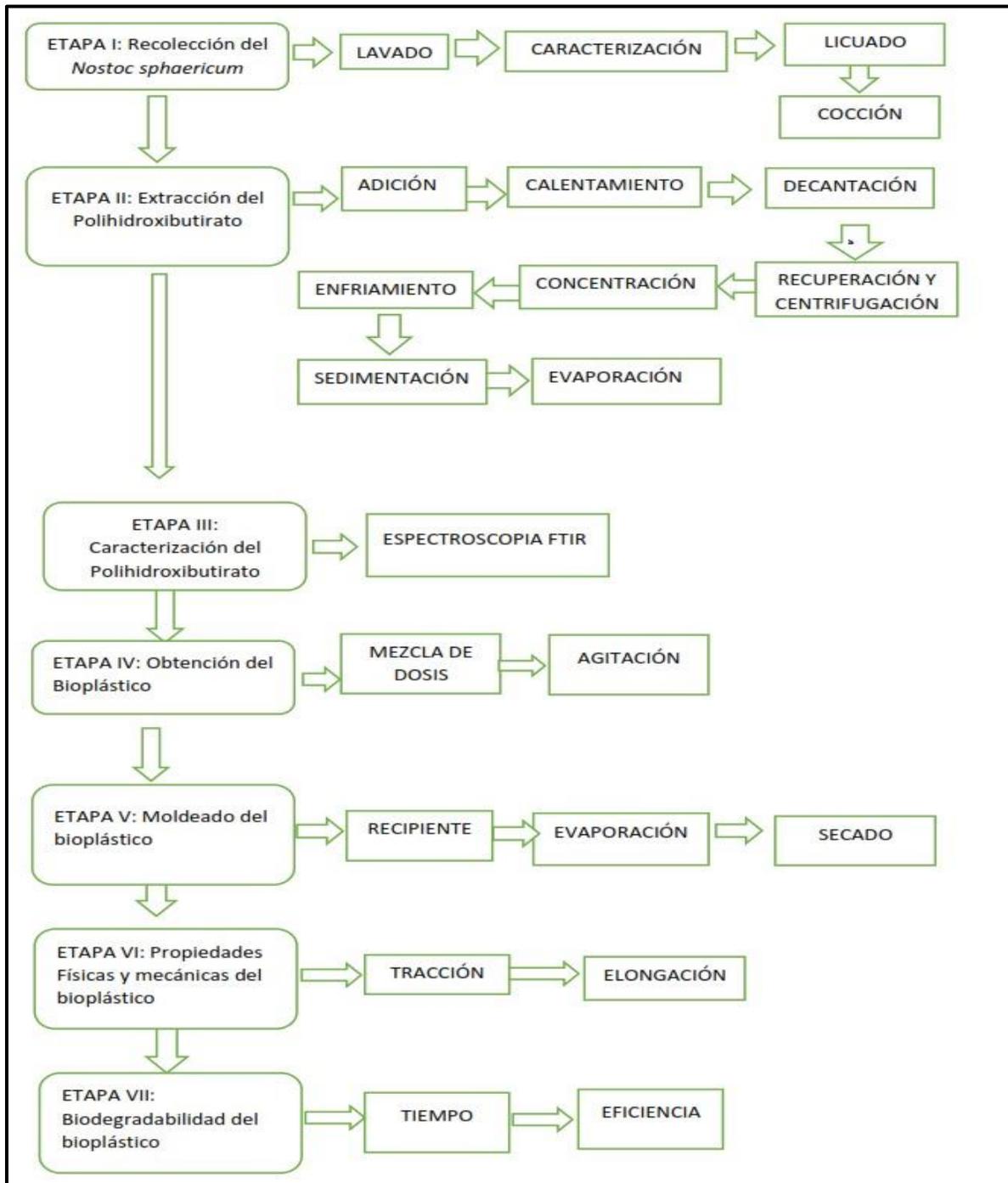


Figura 2. Diagrama de proceso de síntesis de bioplástico mediante la extracción del polihidroxiбутirato

En la primera etapa se llevó a cabo la recolección del *Nostoc sphaericum*. Para ello, se ha seleccionado el mercado Huamantanga - Puente Piedra – Lima, como el lugar de obtención de la muestra. Una vez recogido, el *Nostoc sphaericum* se llevó al laboratorio de la Universidad César Vallejo en un cooler especialmente designado con el fin de preservar sus propiedades fisicoquímicas intactas durante el traslado y proceder los siguientes procesos.

Se han seleccionado *Nostoc sphaericum* en buen estado, color verde y a partir de un tamaño mínimo de 5mm.

En la figura 3 se puede observar *Nostoc sphaericum* adquiridos del mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra.



Figura 3. Obtención de *Nostoc sphaericum*.

El *Noctoc spahericum* adquirido fue sometido a un proceso de lavado utilizando agua destilada, con el objetivo de eliminar cualquier residuo presente. Este paso es fundamental para garantizar que el *Nostoc sphaericum* esté libre de sustancias que puedan afectar la calidad del bioplástico que se producirá posteriormente.

En la figura 4 se puede observar el *Nostoc sphaericum* lavado con agua destilada.



Figura 4. Lavado de *Nostoc sphaericum*.

Se procedió a realizar la caracterización del *Nostoc sphaericum*, ya que nos permitió conocer los parámetros de color, densidad, potencial de hidrogeno, temperatura y tamaño. Para el cálculo de pH se han utilizado 2,40 g de *Nostoc sphaericum* y 50 ml de agua destilada y para cálculo de la densidad se ha determinado la masa del picnómetro con agua, masa del picnómetro con la muestra de *Nostoc sphaericum*, masa del picnómetro vacío y la densidad del agua. En la siguiente formula se puede detallar el cálculo de la densidad del *Nostoc sphaericum*.

$$D = \frac{(m_2 - m_0)}{m_1 - m_0} = \frac{90,76g - 39,45g}{50,88g - 39,45g} = 4,45 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

m_1 = masa del picnómetro y agua

m_2 = masa picnómetro y *Nostoc sphaericum*
 m_0 = masa del picnómetro vacío.

En la figura 5 se puede observar la caracterización del de *Nostoc sphaericum*, los cuales tiene un color verde y su potencial de hidrógeno es de 7,93.

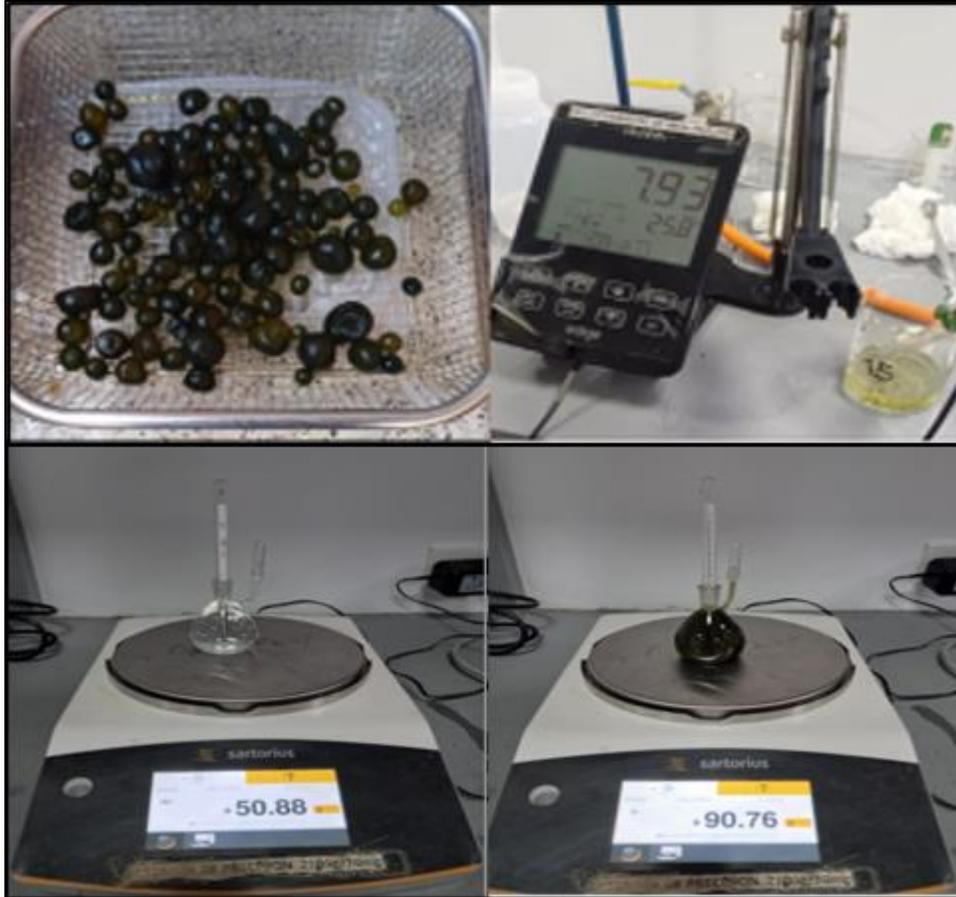


Figura 5. Caracterización de *Nostoc sphaericum*.

Se procedió en llevar al proceso de licuación del *Nostoc sphaericum* para romper las células del *Nostoc sphaericum* con el fin de facilitar el proceso de extracción de polihidroxitirato.

En la figura 6 se puede observar el *Nostoc sphaericum* licuado.



Figura 6. Licuado de *Nostoc sphaericum*.

Continuamente se procedió a pesar el *Nostoc sphaericum* para realizar el proceso de extracción de polihidroxitirato.

En la tabla 2, se puede observar muestras con diferentes cantidades de *Nostoc sphaericum*.

Tabla 2. Pesaje del *Nostoc sphaericum*

Muestra	<i>Nostoc sphaericum</i> (g)
14A3	250,03
15A3	300,03
16A3	350,03

En la figura 7 se puede observar el peso de cada muestra de *Nostoc sphaericum* para la extracción del polihidroxitirato.



Figura 7. Pesaje de *Nostoc sphaericum*.

Luego del pesaje del *Nostoc sphaericum* se llevó al proceso de cocción del *Nostoc sphaericum* a temperatura de 90 °C por 30 minutos para una mayor recuperación de polihidroxitirato. La digestión de la biomasa permite mayor extracción de polihidroxitirato (Gracia et al., 2024).

En la figura 8 se puede apreciar la cocción del *Nostoc sphaericum* a una temperatura de 90 °C.



Figura 8. Cocción de *Nostoc sphaericum*.

A continuación, para realizar la segunda etapa sobre la extracción y purificación del polihidroxitirato, se ha considerado como referencia el estudio de investigación de (Rueda et al., 2023) los cuales presenta diversos pasos metodológicos y el empleo de reactivos, los cuales son:

La adición de hipoclorito de sodio al 7,5% en la muestra de *Nostoc sphaericum*. Tras unos minutos de agitación con una varilla, se añadió cloroformo para la extracción del polihidroxitirato.

En la tabla 3, se puede observar los reactivos utilizados, temperatura y tiempo empleados para la extracción del polihidroxitirato de forma óptima.

Tabla 3. Cantidad de reactivos, tiempo y temperatura para la extracción del polihidroxitirato.

Muestra	<i>Nostoc sphaericum</i> (g)	Hipoclorito de sodio (mL)	Cloroformo (mL)	Tiempo (horas)	Temperatura (°C)
14A3	250,03	100	120	2	37
15A3	300,03	110	130	2	37
16A3	350,03	120	150	2	37

En la figura 9 se puede observar el uso de los reactivos por parte de los tesisas para la extracción del polihidroxitirato.



Figura 9. Uso de reactivos para extracción del polihidroxitirato

A continuación, se llevó a la solución al agitador magnético a 37 °C con una velocidad de agitación de 230 RPM durante 2 horas para homogenizar y asegurar la extracción completa del polímero.

En la figura 10 se puede apreciar la temperatura y RPM que se realizó para la extracción del polihidroxitirato.

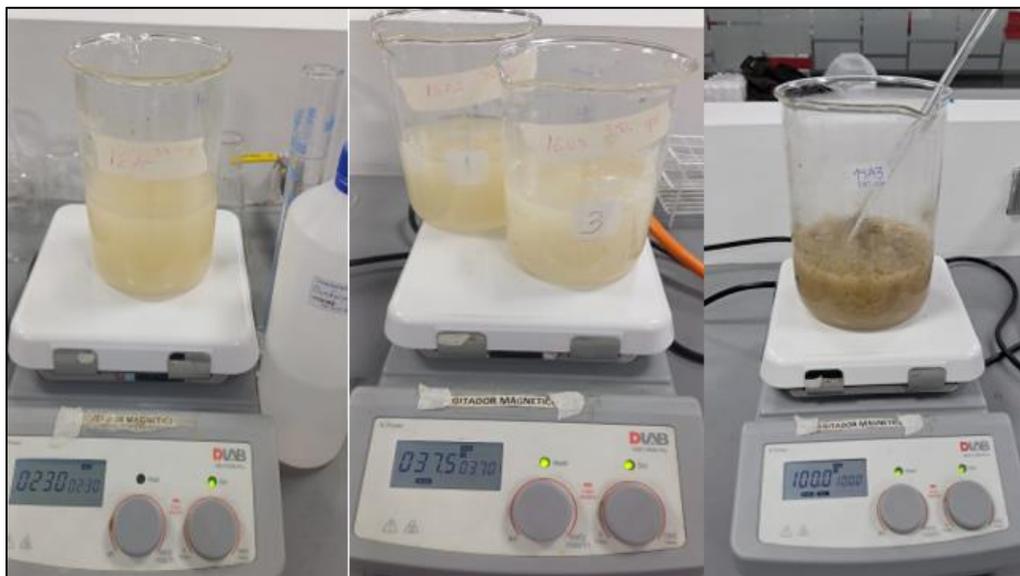


Figura 10. Calentamiento del *Nostoc sphaericum*.

Pasado el tiempo de agitación se procedió a introducir la solución a la pera de decantación por 24 horas, durante las cuales se observó la formación de forma gradual de fase orgánica (cloroformo concentrado de polihidroxitirato) y fase sólida (residuos de *Nostoc sphaericum* y el hipoclorito de sodio).

La figura 11 se puede apreciar la solución en etapa de separación de la fase orgánica fase sólida.



Figura 11. Decantación de la solución.

Pasado el tiempo de la decantación se procedió en la recuperación de la fase orgánica, asimismo, se procedió a extraer mediante centrifugación a 6000 RPM por 10 minutos para obtener el máximo posible de fase orgánica. Los cuales, se han obtenido un total de 7460 ml de fase orgánica por todo el proceso de extracción.

En la tabla 4, se puede observar las cantidades de fase orgánica recuperados.

Tabla 4. Cantidad de fase orgánica recuperada por muestra.

Muestra	Fase orgánica (mL)
14A3	270
15A3	325
16A3	395

En la figura 12 se puede apreciar la fase orgánica recuperada mediante centrifugación de 6000 RPM y 10 minutos.



Figura 12. Centrifugación y obtención de fase orgánica.

Luego de la recuperación y centrifugación se procedió a concentrar la fase orgánica a una temperatura promedio de 90 °C por 2 horas con la finalidad de obtener una mayor concentración del polihidroxibutirato y evaporación parcial del cloroformo.

En la figura13 se puede observar la concentración de la fase orgánica.



Figura 13. Concentración de fase la orgánica de 100 mL a 50 mL.

Continuamente se dejó enfriar la fase orgánica (cloroformo + polihidroxitirato) por un tiempo de 45 minutos. Pasado el tiempo de enfriamiento se procedió a llevar a un baño con hielo a la solución para reducir la temperatura a 0 °C.

En la figura 14 se puede observar el enfriamiento de la fase orgánica mediante un baño de hielo.

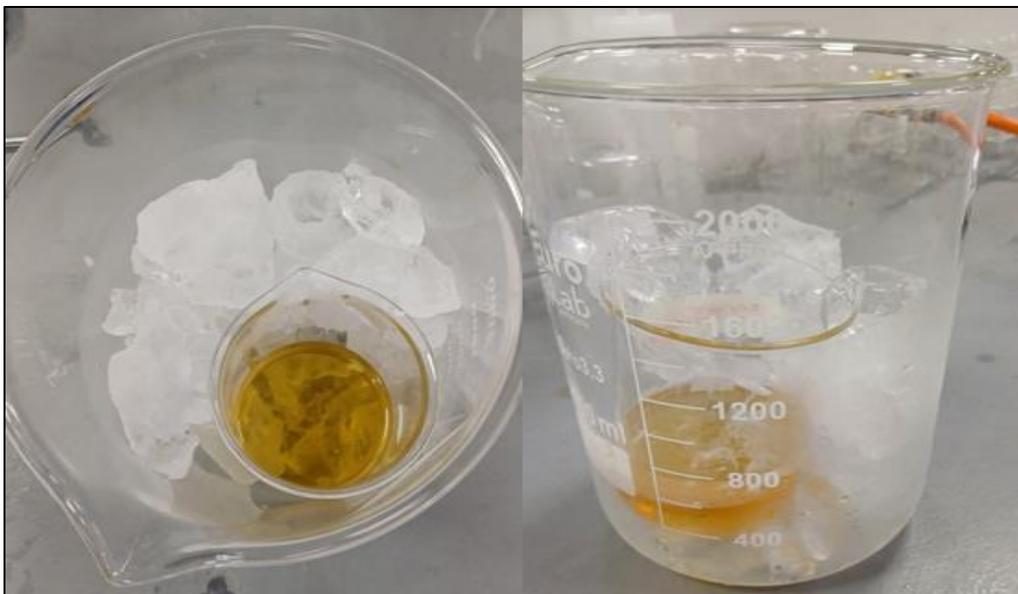


Figura 14. Enfriamiento de fase orgánica mediante baño con hielo

Para obtener el polihidroxitirato de forma pura se procedió a agregar 50 mL de metanol frío con una temperatura de 0 °C de forma gradual por cada 50 mL de fase orgánica concentrada, lo cual se puede observar como la separación del polihidroxitirato del cloroformo.

En la figura 15 se puede observar el inicio de la separación del polihidroxitirato del cloroformo.



Figura 15. Separación del polihidroxi butirato y el cloroformo mediante el metanol.

Terminado el proceso en agregar el metanol, se dejó en proceso de reposo a la concentración por 30 minutos. Pasado el tiempo de reposo se puede observar la separación del polihidroxi butirato y el cloroformo.

En la figura 16 se puede visualizar mayor separación del polihidroxi butirato y el cloroformo.



Figura 16. Separación del polihidroxi butirato.

Para obtener polihidroxi butirato se llevó a evaporar a temperatura ambiental, los cuales se han obtenido un total de 318,35 gramos de polihidroxi butirato por todo el proceso de extracción.

En la tabla 5, se puede observar la cantidad de polihidroxi butirato obtenido por cada muestra.

Tabla 5. Obtención del polihidroxi butirato por cada muestra

Muestra	Peso inicial de <i>Nostoc sphaericum</i> (g)	PHB obtenido (g)
14A3	250,03	3,74
15A3	300,03	5,42
16A3	350,03	7,82

En la figura 17 se puede observar la cantidad de polihidroxi butirato extraído del *Nostoc sphaericum*.

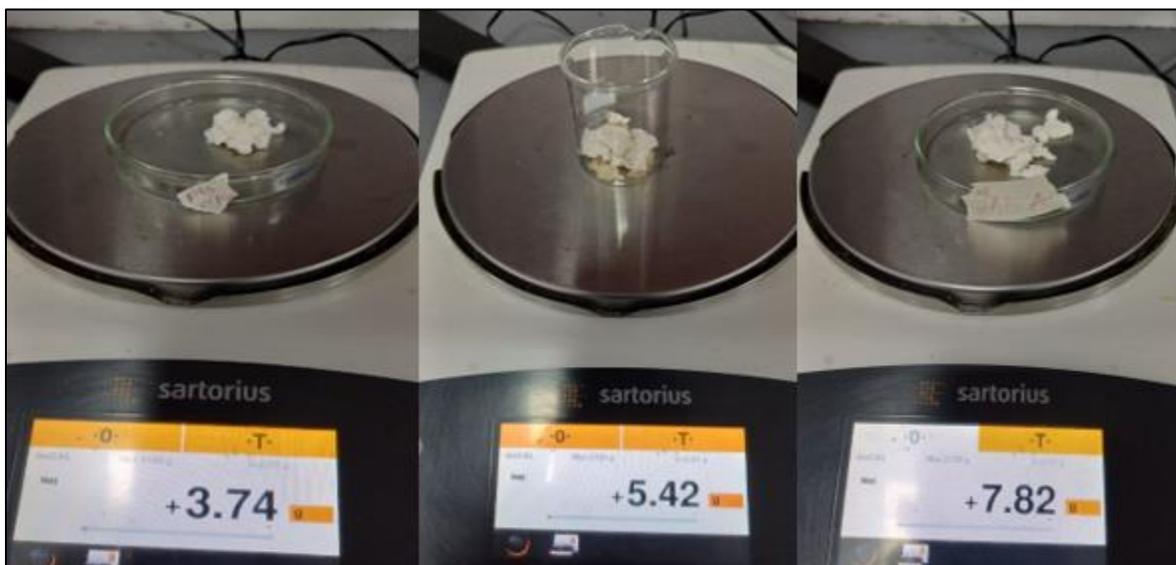


Figura 17. Pesaje del polihidroxi butirato.

En la tercera etapa sobre la caracterización del polihidroxitirato, el potencial de hidrógeno del *Nostoc sphaericum* de 9,8 fue obtenido mediante un potenciómetro de la Universidad Cesar Vallejo. La espectroscopía FTIR se llevó a cabo en un laboratorio externo, los cuales es un método usado en los laboratorios para el análisis estructural de las moléculas de las muestras de polihidroxitirato en fase solida con energía infrarroja. Se caracteriza mediante espectros IR en un rango de 600 a 4000 cm^{-1} , los cuales nos permite identificar los grupos funcionales del compuesto (Gracia et al., 2024).

Para realizar la cuarta etapa sobre obtención del bioplástico se ha utilizado diferentes cantidades de agua destilada, glicerina al 66%, ácido acético al 3% y tres medidas de 5 g, 20 g y 30 g de polihidroxitirato con la finalidad de obtener una película de bioplástico óptima.

En la tabla 6, se puede observar la cantidad de insumos, reactivos por muestra, temperatura y el tiempo para obtención del bioplástico.

Tabla 6. Uso de insumos y reactivos a diferentes cantidades.

Muestra	PHB (g)	Agua destilada (mL)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Temperatura para dilución (°C)	Tiempo (minutos)
BPL 1	5	100	4	8	70	20
BPL 2	20	150	5	12	70	20
BPL 3	30	200	6	15	70	20

En la figura 18 se puede observar tres medidas diferentes de polihidroxitirato en la balanza.



Figura 18. Pesaje del polihidroxitirato.

Continuamente se procedió agitar a una temperatura de 70 °C la solución de bioplástico para homogenizar y obtener una solución más uniforme.

En la figura 19 se puede observar la agitación de la solución de bioplástico.

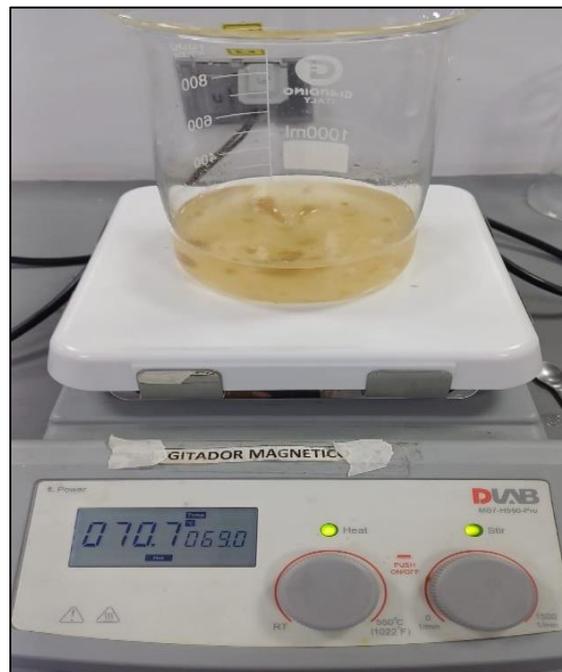


Figura 19. Homogenización de la solución.

En la quinta etapa sobre el moldeado del bioplástico se utilizó como recipiente a las placas Petri y recipiente con base de 17 cm x 17 cm.

En la figura 20 se puede apreciar el moldeado del bioplástico en un recipiente de 17 cm x 17 cm.

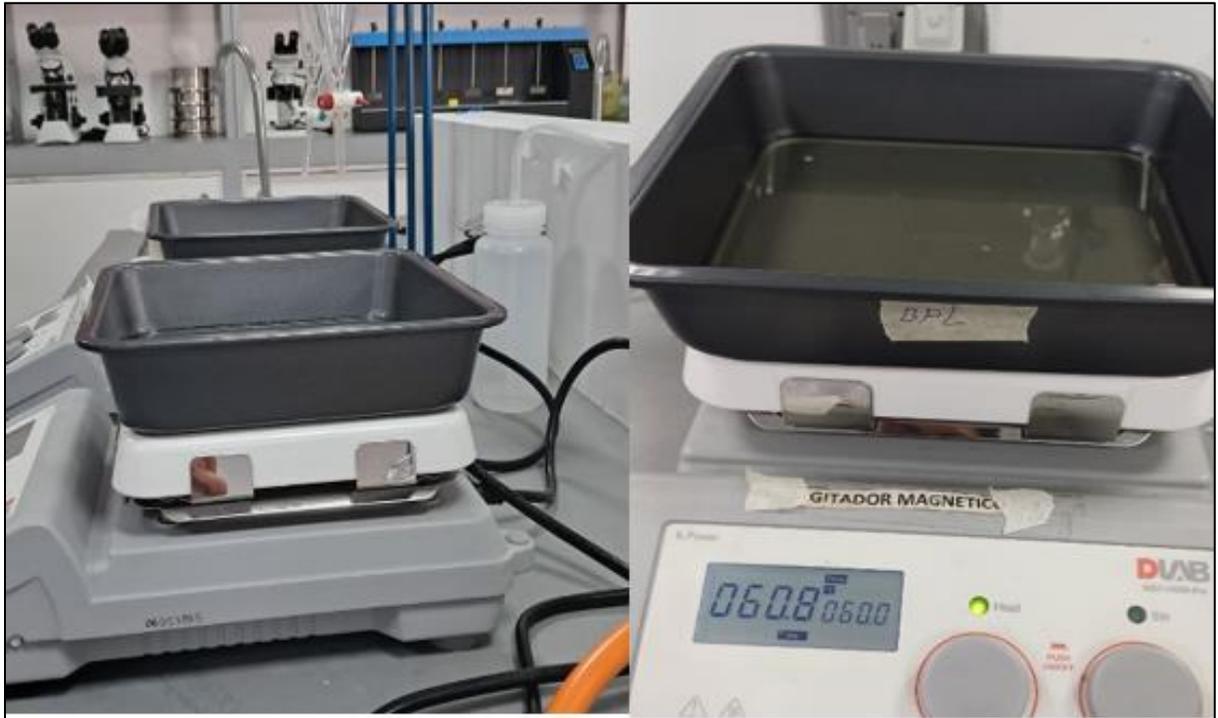


Figura 20. Solución de bioplástico en el recipiente de 17cm x17cm.

Se procedió en evaporar en el agitador magnético a una temperatura de 150 °C por un tiempo de 2 horas para obtener el bioplástico óptimo.

En la figura 21 se puede observar la evaporación del bioplástico a una temperatura de 150 °C.



Figura 21. Evaporación de la solución del bioplástico.

Pasado el tiempo de evaporación, se llevó a la estufa para secado uniforme a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 5 horas para la obtención del bioplástico con una dimensión de 17 cm x 17 cm con un espesor de 1 mm.

En la figura 22 se puede observar la estufa utilizada para el secado del bioplástico a una temperatura de 70 °C por 5 horas.



Figura 22. Secado del bioplástico en la estufa de la Universidad Cesar Vallejo.

En la figura 23 se puede observar el bioplástico obtenido con medidas de 17 cm x 17cm y con un espesor de 1 mm.



Figura 23. Obtención del bioplástico.

Para llevar a cabo las pruebas mecánicas, se requirió determinar la fuerza máxima de tracción y el alargamiento máximo del bioplástico obtenida y físicas se han establecidos mediante el método ASTM D882, los cuales es un método apropiado para bioplásticos menores de 1 mm de espesor y con dimensiones mínimas.

En la última etapa de biodegradabilidad, se evaluó la eficiencia de biodegradación en función del tiempo, la temperatura y el empleo de 2 gramos del bioplástico con mejor resultado en su caracterización física y mecánica para su biodegradación en muestras de suelo agrícola, agua de mar y agua del río Chillón.

Según Sernaqué et al. (2020) Desarrolla la prueba de biodegradabilidad de bioplástico mediante el siguiente método matemático:

$$\% \text{ WL} = \frac{(W_0 - W_f)}{W_0} 100$$

WL=Porcentaje de biodegradación

W_0 = Peso inicial del bioplástico

W_f = Peso final del bioplástico

En la figura 24 se puede observar el peso inicial de 3 muestras de bioplástico para prueba de biodegradabilidad.



Figura 24. Pesaje de piezas de bioplástico para biodegradación.

Biodegradabilidad en Suelo: Se ha experimentado por triplicado en recipientes llenos de suelo agrícola, lo cuales estas muestras fueron sometidas a un proceso de biodegradación que se llevó a cabo durante 3 semanas, con fluctuaciones de temperatura en el intervalo de 22°C a 25°C. Al término del experimento, se determinó el peso en gramos de cada muestra para evaluar el grado de biodegradación.

Biodegradabilidad en agua de río y de mar: Se procedió en experimentar la biodegradación por triplicado cada cuerpo de agua en recipientes llenos de agua de río y de mar, los cuales nos permitió experimentar su biodegradación por 3 semanas a un intervalo de 20 °C a 25°C. Al término del periodo de biodegradación, se determinó el peso en gramos de cada muestra para evaluar el nivel de descomposición en agua de río y de mar.

En la figura 25 se puede apreciar los recipientes para la biodegradación del bioplástico en agua de mar, agua de río y suelo agrícola.



Figura 25. Recipientes con agua de río, suelo agrícola y agua de mar con muestras de bioplásticos introducidas para su biodegradación.

Para el análisis de datos en este estudio de investigación se empleó el software estadístico SPSS, permitiendo la comprobación de las hipótesis planteadas. Finalmente, el software Excel se utilizó para la generación de tablas y gráficos que han facilitado la presentación de los resultados de la síntesis del bioplástico.

El presente estudio de investigación es de nuestra propia autoría y se ha respaldado en el cumplimiento del manual ISO 690 de la Universidad César Vallejo para las citas y Referencias. De esta manera, se garantiza que no se ha hecho uso indebido de ninguna fuente de información. Además, se ha mantenido un profundo respeto por los ecosistemas involucrados en el proceso. Asimismo, la investigación se ha llevado a cabo bajo la supervisión de un destacado asesor, quien es un investigador de alta integridad ética y moral. En todo momento, hemos sido guiados por el cumplimiento de la Resolución del Vicerrectorado de investigación N° 062-2023, que contienen el "Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo". Posteriormente la originalidad de la investigación se corroboró mediante la evaluación de la totalidad del documento

con la herramienta de software Turnitin, la cual reportó un nivel de similitud del 14% con otras fuentes bibliográficas, como se evidencia en el Anexo 6 que contiene la imagen del resultado de Turnitin.

III. RESULTADOS

Continuando con el primer objetivo específico de la investigación, se caracterizó el polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*, procesando los resultados de temperatura, potencial de hidrógeno, densidad, tamaño y color.

En la tabla 7, se muestra los resultados de la caracterización del *Nostoc Sphaericum*

Tabla 7. Resultados de la caracterización de *Nostoc Sphaericum*

Muestra sólida de <i>Nostoc sphaericum</i>	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (Unidad de PH)	Densidad (g/cm^3)	Tamaño (mm)	Color
M1	25	7,9	4,40	10	Verde
M2	25	7,9	4,45	10	Verde
M3	25	7,9	4,42	10	Verde

Las tres muestras de *Nostoc sphaericum*, presentaron temperaturas uniformes de 25°C. El potencial de hidrógeno (pH) fue de 7,9 unidades en todas las muestras. Las densidades registradas fueron de 4,40; 4,45 y 4,42 g/cm³; el tamaño en estado sólido obtenido fue de 10 mm para todas las muestras y el color fue verde en las tres muestras.

Conforme al segundo objetivo específico, se evaluó la caracterización del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*, analizando en las tres muestras de polihidroxitirato la temperatura, el potencial de hidrógeno y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Los resultados de los grupos funcionales obtenidos mediante FTIR fueron comparados con el estándar ASTM E1252 – Práctica estándar

para técnicas generales de obtención de espectros infrarrojos para análisis cualitativo.

En la tabla 8 se observan los resultados de la caracterización del polihidroxitirato.

Tabla 8. Resultados de la caracterización del polihidroxitirato mediante el FTIR

Muestra del PHB	Temperatura (°C)	Potencial de Hidrógeno (Unidad de PH)	Grupo Funcional	Estándar ASTM E1252 (cm-1)	FTIR (cm-1)
M1	1	9,85	-O-H	3400-3200	3330
			-C-H	3600-2500	2964
			-C=C	1600-1475	1594
			-CH3	1450-1375	1401
			-C-O-	979-900	963
			-C-O-H	630-596	622
M2	1	9,85	-O-H	3400-3200	3330
			-C-H	3600-2500	2964
			-C=C	1600-1475	1594
			-CH3	1450-1375	1401
			-C-O-	979-900	963
			-C-O-H	630-596	622
M3	1	9,85	-O-H	3400-3200	3330
			-C-H	3600-2500	2964
			-C=C	1600-1475	1594
			-CH3	1450-1375	1401
			-C-O-	979-900	963
			-C-O-H	630-596	622

La caracterización del polihidroxitirato (PHB) se realizó mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Se analizaron tres muestras del PHB, todas

a una temperatura de 1°C para su extracción y con un potencial de hidrógeno (pH) de 9,85. Para las tres muestras, denominadas M1, M2 y M3, se identificaron los mismos grupos funcionales con los siguientes resultados: el grupo funcional -O-H se detectó en el rango estándar ASTM E1252 de 3400-3200 cm^{-1} , observándose en 3330 cm^{-1} en los espectros FTIR; el grupo funcional -C-H, con un rango estándar de 3600-2500 cm^{-1} , se identificó en 2964 cm^{-1} en los espectros FTIR; el grupo funcional -C=C, cuyo rango estándar es 1600-1475 cm^{-1} , se encontró en 1594 cm^{-1} en los espectros FTIR; el grupo funcional -CH₃, con un rango estándar de 1450-1375 cm^{-1} , se detectó en 1401 cm^{-1} en los espectros FTIR; el grupo funcional -C-O-, con un rango estándar de 979-900 cm^{-1} , se identificó en 963 cm^{-1} en los espectros FTIR; y el grupo funcional -C-O-H, cuyo rango estándar es 630-596 cm^{-1} , se observó en 622 cm^{-1} en los espectros FTIR. Estos resultados indicaron una consistencia y se asocian a las características del PHB en las tres muestras analizadas, confirmando la presencia de los mismos grupos funcionales en todas ellas.

En la figura 26, se observaron las vibraciones del polihidroxi butirato mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier.

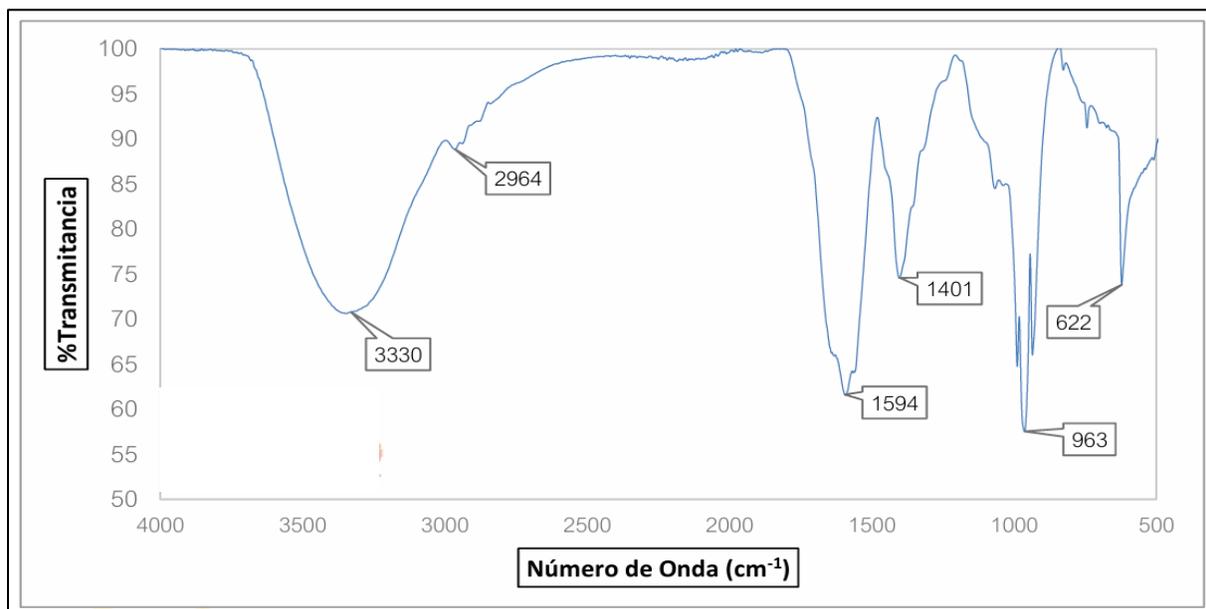


Figura 26. Espectroscopía FTIR de la muestra

En relación a los rangos de las vibraciones de los grupos funcionales del polihidroxi butirato, estuvieron dentro de los rangos establecidos por la norma ASTM E1252 "Práctica estándar para técnicas generales para espectros infrarrojos para análisis cualitativo". El equipo utilizado fue el espectrofotómetro infrarrojo Perkin Elmer y el software Perkin Spectrum 10.

Continuando con el tercer objetivo específico, se realizaron pruebas a diferentes concentraciones de polihidroxi butirato para la síntesis de bioplástico. Se evaluaron las propiedades físicas, como la humedad y la densidad; y en las propiedades mecánicas, se midieron la tracción y la elongación del bioplástico. Se trabajó con tres muestras, cada una con tres repeticiones. Para la humedad se utilizó el método de referencia ASTM D6980, el método de prueba estándar para la determinación de la humedad en plásticos por pérdida de peso. A continuación, se presenta el análisis de las propiedades físicas. En la tabla 9, se observaron los resultados del parámetro de humedad de las tres muestras, cada una con tres repeticiones.

Tabla 9. Resultados de la humedad de los bioplásticos

Muestra de Bioplástico	Repeticiones	Humedad (%)	Humedad promedio (%)	Método de referencia
BPL 1	R1	28,22	28,57	ASTM D6980
	R2	28,37		
	R3	29,12		
BPL 2	R1	33,46	34,07	
	R2	34,83		
	R3	33,92		
BPL 3	R1	36,23	37,59	
	R2	38,51		
	R3	38,04		

Se presentó la humedad de las muestras de bioplástico. La muestra BPL 1 tuvo una

humedad promedio del 28,57%, con repeticiones individuales de 28,22%; 28,37% y 29,12%. La muestra BPL 2 mostró una humedad promedio del 34,07%; con valores individuales de 33,46%; 34,83% y 33,92%. Por último, la muestra BPL 3 presentó una humedad promedio del 37,59%; con repeticiones de 36,23%, 38, 51% y 38,04%.

En la figura 27, se presentaron los resultados del parámetro de humedad para las tres muestras, cada una con sus tres repeticiones correspondientes.

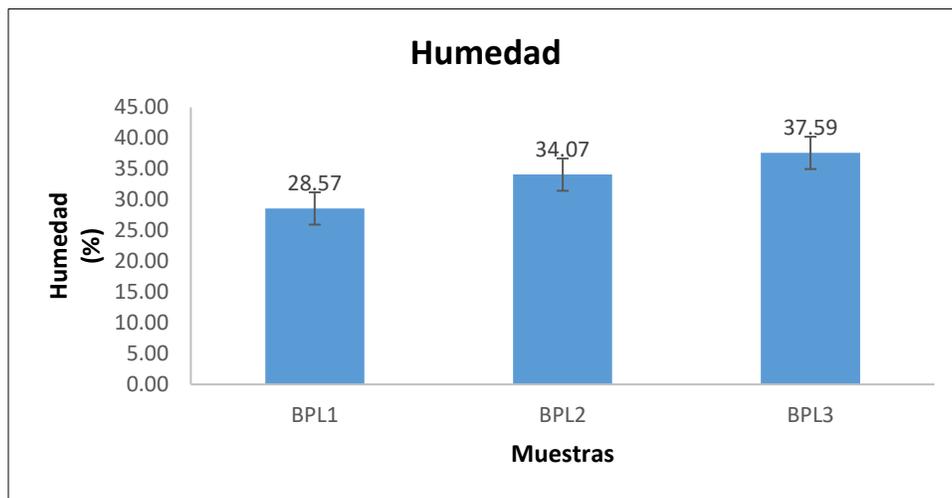


Figura 27. Humedad de las tres muestras

El bioplástico de la muestra BPL3 presentó un mayor porcentaje de humedad. Esto se debió a que la muestra BPL3 contenía una mayor cantidad de glicerina, lo que aumentó su capacidad para retener humedad en comparación de las otras muestras.

En cuanto al parámetro de densidad de los bioplásticos, se analizó el promedio de las tres repeticiones de cada muestra. Se utilizó el método de referencia ASTM D1505, el método de prueba para la densidad de plásticos mediante la técnica de gradiente de densidad. A continuación, se presentan los resultados:

En la tabla 10, se observaron los resultados del parámetro de humedad de las tres muestras, cada una con tres repeticiones.

Tabla 10. Densidad de los bioplásticos

Muestra de Bioplástico	Repeticiones	Densidad (<i>gr/cm³</i>)	Promedio	Método de referencia
BPL 1	R1	0,101	0,10	ASTM D1505
	R2	0,105		
	R3	0,104		
BPL2	R2	0,104	0,11	
	R3	0,109		
	R1	0,112		
BPL3	R2	0,170	0,17	
	R3	0,164		
	R1	0,168		

La muestra BPL 1 tuvo una densidad promedio de 0,10 g/cm³, con repeticiones individuales de 0,101; 0,105 y 0,104 g/cm³. La muestra BPL 2 mostró una densidad promedio de 0,11 g/cm³, con valores individuales de 0,104; 0,109 y 0,112 g/cm³. Por último, la muestra BPL 3 presentó una densidad promedio de 0,17 g/cm³, con repeticiones de 0,170; 0,164 y 0,168 g/cm³.

En la figura 28, se presentaron los resultados del parámetro de densidad para las tres muestras, cada una con sus tres repeticiones correspondientes.

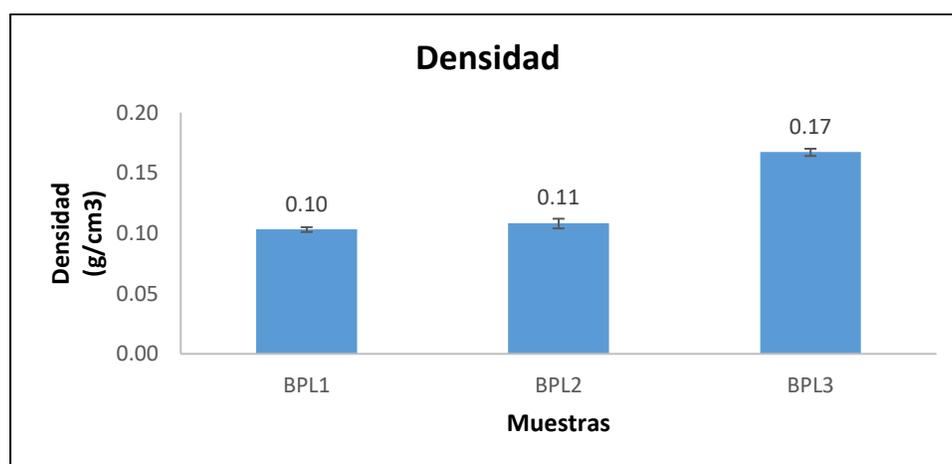


Figura 28. Densidad de las tres muestras.

La muestra BPL3 mostró la mayor densidad debido a su mayor concentración de PHB, lo cual aumentó la masa total del bioplástico. Las variaciones en las cantidades de agua destilada, glicerina y ácido acético también influyeron en la compactación y estructura del material en comparación de las otras muestras.

En cuanto a las propiedades mecánicas, se analizó la resistencia a la tracción y elongación de los bioplásticos. En relación a la tracción, se evaluó el promedio de las tres repeticiones de cada muestra para la resistencia a la tracción. Se utilizó el método de referencia ASTM D882, el estándar para evaluar las propiedades de tracción en láminas delgadas de plástico. A continuación, se muestran los resultados en la tabla 11, donde se presentaron los resultados de la resistencia a la tracción de las tres muestras, cada una con tres repeticiones.

Tabla 11. Resultados de la resistencia a la tracción de los bioplásticos

Muestra de Bioplástico	Repeticiones	Resistencia a la Tracción (N/cm^2)	Promedio	Método de referencia
BPL 1	R1	0,158	0,16	ASTM D882
	R2	0,160		
	R3	0,158		
BPL2	R1	0,269	0,26	
	R2	0,261		
	R3	0,255		
BPL3	R1	0,387	0,39	
	R2	0,384		
	R3	0,398		

La muestra BPL 1 mostró un promedio de resistencia a la tracción de 0.16 N/cm², con repeticiones individuales de 0,158 N/cm²; 0,160 N/cm² y 0,158 N/cm², utilizando el

método de referencia ASTM D882. La muestra BPL 2 presentó un promedio de 0,26 N/cm², con valores individuales de 0,269 N/cm²; 0,261 N/cm² y 0,255 N/cm². Finalmente, la muestra BPL 3 mostró un promedio de 0,39 N/cm², con repeticiones de 0,387 N/cm², 0,384 N/cm² y 0,398 N/cm².

En la figura 29, se presentaron los resultados de tracción para las tres muestras, cada una con sus tres repeticiones correspondientes.

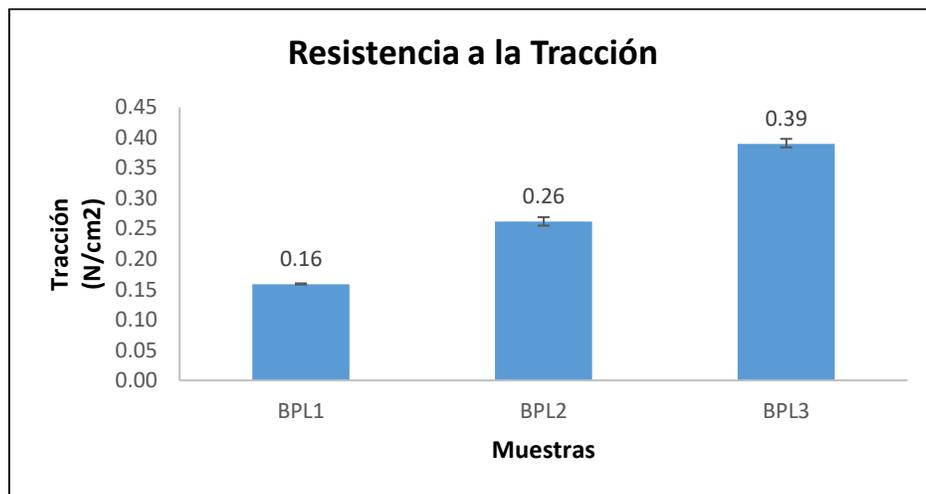


Figura 29. Tracción de las tres muestras

El bioplástico de la muestra BPL3 alcanzó una mayor resistencia a la tracción con un valor de 0,39 N/cm², lo que significó que pudo soportar fuerzas de estiramiento sin romperse en comparación con las otras muestras.

En cuanto a las propiedades mecánicas, se analizó la elongación de los bioplásticos. Se evaluó el promedio de las tres repeticiones de cada muestra para la elongación utilizando el método de referencia ASTM D882, el estándar para evaluar las propiedades de elongación en láminas delgadas de plástico.

Los resultados se presentaron en la tabla 12, donde se registró la resistencia a la tracción de las tres muestras, cada una con tres repeticiones.

Tabla 12. Elongación de los bioplásticos

Muestra de Bioplástico	Repeticiones	Elongación (%)	Promedio	Método de referencia
BPL 1	R1	16,93	17,37	ASTM D882
	R2	17,43		
	R3	17,74		
BPL2	R1	54,03	56,93	
	R2	57,07		
	R3	59,70		
BPL3	R1	32,76	34,67	
	R2	38,57		
	R3	32,68		

Se evaluó la elongación de los bioplásticos mediante el método ASTM D882. Para la muestra BPL 1, los valores de elongación fueron los siguientes: R1 tuvo un 16,93%, R2 alcanzó 17,43%, y R3 registró 17,74%, con un promedio de 17,37%. Para la muestra BPL 2, se obtuvieron los siguientes valores: R1 mostró 54,03%, R2 demostró 57,07%, y R3 presentó 59,70%, con un promedio de 56,93%. Finalmente, para la muestra BPL 3, los valores fueron: R1 mostró 32,76%, R2 demostró 38,57%, y R3 presentó 32,68%, con un promedio de 34,67%.

En la figura 30, se presentaron los resultados de elongación para las tres muestras, cada una con sus tres repeticiones correspondientes

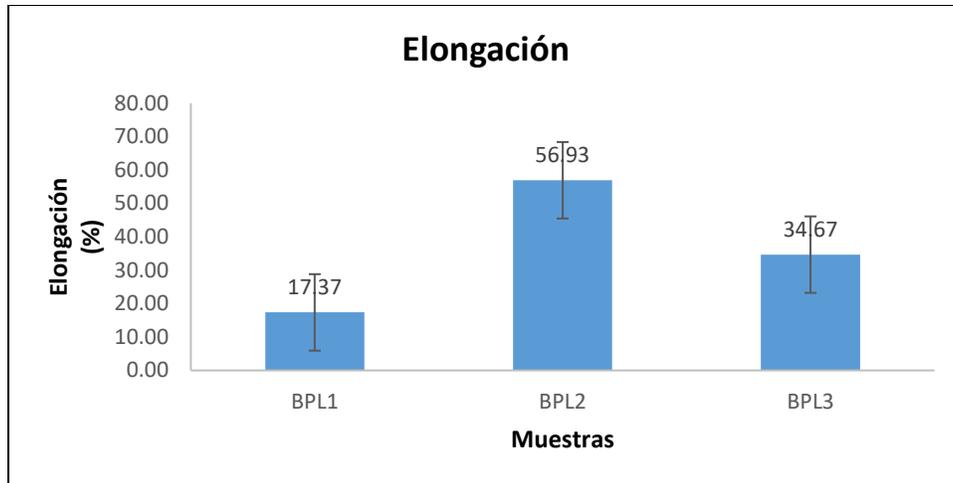


Figura 30. Elongación de las tres muestras.

El bioplástico de la muestra BPL 2 exhibió una elongación del 56,93%, lo cual indica su notable capacidad para estirarse bajo una tensión sin romperse, esta propiedad es la más relevante porque permite evaluar la elasticidad de los plásticos; siendo la composición óptima la muestra BPL 2, que contiene 150 mL de agua destilada, 5 mL de glicerina, 12 mL de ácido acético y 20 g de polihidroxibutirato (PHB), como una opción viable para la formación del bioplástico, a comparación de las otras muestras.

Continuando con el cuarto objetivo específico, la concentración óptima del polihidroxibutirato según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico. Se evaluaron las propiedades mecánicas, se midieron la tracción y la elongación del bioplástico. Se trabajó con tres muestras, cada una con tres repeticiones. A continuación, se presenta el análisis de la concentración óptima.

En la tabla 13, se observaron los resultados de la concentración óptima para la obtención del bioplástico según las propiedades físicas y mecánicas.

Tabla 13. Concentración óptima.

Muestra de Bioplástico	Repeticiones	Tracción (N/cm^2)	Promedio	Elongación (%)	Promedio (%)
BPL2	R1	0,269	0,26	54,03	56,93
	R2	0,261		57,07	
	R3	0,255		59,70	

Se evaluó la concentración óptima del polihidroxitirato basándose en las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico, específicamente en la resistencia a la tracción y la elongación. Se identificó que la muestra BPL2 resultó ser la mejor concentración óptima, ya que mostró resultados destacados tanto en tracción, con valores de R1 mostrando 0,269 N/cm², R2 alcanzando 0,261 N/cm², y R3 registrando 0,255 N/cm² con un promedio de 0.261 N/cm², como en elongación, con valores de R1 mostrando un 54,03%, R2 alcanzando un 57,07%, y R3 registrando un 59,70% con un promedio de 56,93%.

Continuando con el quinto objetivo específico, se evaluó el tiempo de biodegradabilidad del bioplástico sintetizado a partir de polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum*. Se realizaron evaluaciones en tres componentes diferentes: agua de mar, suelo y agua de río, específicamente para la muestra BPL2. Cada componente se investigó utilizando tres repeticiones. A continuación, se presenta el análisis de biodegradabilidad.

En la tabla 14, se detallan los resultados observados de biodegradabilidad en los tres componentes.

Tabla 14. Biodegradabilidad en los tres componentes, mar, suelo y agua de río.

Código	Tipo de muestra	Temperatura (°C)	Registro de peso				Biodegradación (%)	Biodegradación promedio (%)	Referencia
			Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)			
BPL2 MAR	R1	25	2	1,74	1,45	1,28	36,00	Sernaqué et al. (2020)	
	R2	25	2	1,72	1,47	1,27	36,50		
	R3	25	2	1,75	1,41	1,29	35,00		
BPL2 SUELO	R1	25	2	1,85	1,64	1,42	29,00	28,16	
	R2	25	2	1,83	1,67	1,45	27,50		
	R3	25	2	1,84	1,62	1,44	28,00		
BPL2 AGUA DE RIO	R1	25	2	1,89	1,74	1,56	22,00	21,16	
	R2	25	2	1,87	1,76	1,59	20,50		
	R3	25	2	1,84	1,75	1,58	21,00		

Se muestra la biodegradabilidad en los tres componentes (mar, suelo y agua de río), se evaluaron muestras del bioplástico BPL2. Para el componente marino, las muestras R1, R2 y R3 fueron expuestas a una temperatura de 25 °C, con un peso inicial registrado de 2 gramos para todas las repeticiones. Durante las semanas de estudio, se registraron los siguientes pesos: en la semana 1, R1 mostró 1,74g; R2 registró 1,72g; y R3 mostró 1,75g; en la semana 2, R1 mostró 1,45g; R2 registró 1,47g; y R3 mostró 1,41g; y en la semana 3, R1 mostró 1,28g; R2 registró 1,27g; y R3 mostró 1,29g. Los porcentajes de biodegradación fueron del 36,00%; 36,50% y 35,00%, con un promedio del 35,00%.

Para el componente suelo, las muestras R1, R2 y R3 fueron expuestas a una temperatura de 25°C, también con un peso inicial registrado de 2 gramos para todas las repeticiones. Durante las semanas de estudio, se registraron los siguientes pesos: en la semana 1, R1 mostró 1,85g; R2 registró 1,83g y R3 mostró 1,84g; en la semana 2, R1 mostró 1,64g; R2 registró 1,67g; y R3 mostró 1,62g; y en la semana 3, R1 mostró 1,42g; R2 registró

1,45g y R3 mostró 1,44g. Los porcentajes de biodegradación fueron del 29,00%; 27,50% y 28,00%, con un promedio del 28,16%.

Para el componente agua de río, las muestras R1, R2 y R3 también fueron expuestas a 25°C, con un peso inicial registrado de 2 gramos para todas las repeticiones. Durante las semanas de estudio, se registraron los siguientes pesos: en la semana 1, R1 mostró 1,89g; R2 registró 1,87g y R3 mostró 1,84g; en la semana 2, R1 mostró 1,74g; R2 registró 1,76g y R3 mostró 1,75g; y en la semana 3, R1 mostró 1,56g; R2 registró 1,59g y R3 mostró 1,58g. Los porcentajes de biodegradación fueron del 22,00%; 20,50% y 21,00% con un promedio del 21,16%.

Según los resultados obtenidos, fue necesario realizar el análisis estadístico utilizando el software SPSS Statistics 27. En este proceso, se analizaron la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, el Anova de un factor y la prueba post hoc de Tukey.

Se analizó la cuarta hipótesis específica sobre la concentración óptima del polihidroxitirato, que fue de 20 g según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima – 2024.

En la prueba de normalidad de las propiedades físicas se plantearon las hipótesis H_0 y H_1 para determinar si seguían o no una distribución normal.

H_0 : Los resultados tienen distribución normal.

H_1 : Los resultados no tienen una distribución normal.

P. value > 0,05: se acepta la H_0

P. value < 0,05: se acepta la H_1

La tabla 15, se observa los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk de las propiedades físicas.

Tabla 15. Prueba de normalidad de las propiedades físicas

Propiedades físicas	Repetición	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Humedad	BPL1	0,871	3	0,298
	BPL2	0,965	3	0,642
	BPL3	0,897	3	0,375
Densidad	BPL1	0,923	3	0,463
	BPL2	0,980	3	0,726
	BPL3	0,964	3	0,637

En la tabla 15, los resultados de cada muestra se analizaron la prueba de normalidad, donde demostró una distribución paramétrica. Esto indica que los datos presentaron una significancia superior a 0,05; por lo cual se acepta la hipótesis nula.

En la prueba ANOVA de un factor del parámetro de temperatura, se plantearon la H0 y la H1 para determinar si tenían o no varianzas diferentes.

H0: Los resultados presentan varianzas iguales

H1: Al menos un resultado presenta varianza diferente

P. value > 0,05: se aceptó la H0.

P. value < 0,05: se aceptó la H1.

En la tabla 16, se observaron los resultados de la prueba ANOVA de un factor del parámetro de humedad.

Tabla 16. Prueba de Anova de Humedad

Propiedades físicas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	124,084	2	62,042	85,858	<,001
Dentro de grupos	4,336	6	0,723		
Total	128,420	8			

Los resultados de la tabla 16, mostraron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, la hipótesis nula fue rechazada, confirmando así que al menos uno de los resultados presentaba una varianza distinta.

En la prueba de Post Hoc de Tukey del parámetro de humedad se plantearon la Ho y H1 para determinar si las muestras tenían o no media diferente.

H0: Los resultados tienen igual media.

H1: Los resultados tienen media diferente.

En la tabla 17, se observaron los resultados de la prueba de Post Hoc de Tukey del parámetro humedad.

Tabla 17. Pruebas post hoc de humedad

HDS TUKEY							
Variable dependiente	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	BIOPLASTICO	BIOPLASTICO				Límite inferior	Límite superior
Humedad	1,00	2,00	-5,50000*	0,69408	<,001	-7,6296	-3,3704
		3,00	-9,02333*	0,69408	<,001	-11,1529	-6,8937
	2,00	1,00	5,50000*	0,69408	<,001	3,3704	7,6296
		3,00	-3,52333*	0,69408	,005	-5,6529	-1,3937
		3,00	9,02333*	0,69408	<,001	6,8937	11,1529
		2,00	3,52333*	0,69408	<,001	1,3937	5,6529

Los resultados de la tabla 17, se observó que no había una diferencia significativa en los resultados de humedad entre las muestras 2 y 3, ya que ambos proporcionaron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se confirmó que las medias de los resultados eran distintas.

En la prueba ANOVA de un factor del parámetro de densidad, se plantearon la H0 y la H1 para determinar si tenían o no varianzas diferentes.

H0: Los resultados presentan varianzas iguales

H1: Al menos un resultado presenta varianza diferente

P. value > 0,05: se aceptó la H0.

P. value < 0,05: se aceptó la H1.

En la tabla 18, se observaron los resultados de la prueba ANOVA de un factor del parámetro de densidad.

Tabla 18. Prueba de Anova de Densidad

Propiedades Físicas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
	Entre grupos	0,008	2	0,004	380,100	<,001
	Dentro de grupos	0,000	6	0,000		
Densidad	Total	0,008	8			

Los resultados de la tabla 18, mostraron valores inferiores a 0,05; lo que llevó a descartar la hipótesis nula y confirmar que al menos uno de los resultados presentaba una varianza distinta.

En la prueba de Post Hoc de Tukey del parámetro densidad se plantearon la Ho y H1 para determinar si los resultados tenían o no media diferente.

H0: Los resultados tienen igual media.

H1: Los resultados tienen media diferente.

En la tabla 19, se observaron los resultados de la prueba de Post Hoc de Tukey del parámetro densidad.

Tabla 19. Pruebas post hoc de densidad

HDS TUKEY							
Variable dependiente	(I) Bioplástico		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Densidad	1,00	2,00	-0,005000	0,002582	0,209	-0,01292	0,00292
		3,00	-,064000*	0,002582	<,001	-0,07192	-0,05608
	2,00	1,00	0,005000	0,002582	0,209	-0,00292	0,01292
		3,00	-,059000*	0,002582	<,001	-0,06692	-0,05108
	3,00	1,00	,064000*	0,002582	<,001	0,05608	0,07192
		2,00	,059000*	0,002582	<,001	0,05108	0,06692

En la tabla 19, los resultados de densidad de las muestras 1-2 y 2-1 no mostraron una diferencia significativa, ya que los valores obtenidos fueron superiores a 0,05. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis alternativa y se confirmó que ambos conjuntos de resultados tuvieron medias iguales. Mientras que en las comparaciones de las muestras 1-3, 2-3, 3-1y 3-2, los valores obtenidos fueron obtenidos inferiores a 0,05.

En la prueba de normalidad de las propiedades mecánicas se plantearon las hipótesis H_0 y H_1 para determinar si seguían o no una distribución normal.

H_0 : Los resultados tienen distribución normal.

H_1 : Los resultados no tienen una distribución normal.

P. value>0,05: se acepta la H_0

P. value<0,05: se acepta la H_1

La tabla 20, se observa los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk de las propiedades mecánicas.

Tabla 20. Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas	Repetición	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tracción	BPL1	0,750	3	0,000
	BPL2	0,993	3	0,843
	BPL3	0,902	3	0,391
Elongación	BPL1	0,982	3	0,743
	BPL2	0,998	3	0,920
	BPL3	0,760	3	0,023

En la tabla 20, los resultados de tracción en cada repetición fueron analizados mediante la prueba de normalidad, la cual mostró una distribución no paramétrica en la primera repetición. Esto indicó que los datos no alcanzaron una significancia mayor al 0,05; lo que implica que no presentaron una distribución paramétrica. En contraste, las repeticiones BPL2 y BPL3 mostraron una significancia superior a 0,05; indicando que el comportamiento de la resistencia a la tracción del bioplástico producido a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* fue normal. Por lo tanto, se procedió a realizar una prueba paramétrica Anova para contrastar las hipótesis.

Los resultados de elongación en cada repetición fueron analizados también mediante la prueba de normalidad, la cual demostró una distribución paramétrica. Esto indicó que los datos presentaron una significancia superior a 0,05; reflejando que el comportamiento de la elongación del bioplástico producido a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* fue normal. En consecuencia, se realizó una prueba paramétrica Anova para contrastar las hipótesis correspondientes.

En la prueba ANOVA de un factor de la propiedad de tracción, se plantearon la H0 y la H1 para determinar si tenían o no varianzas diferentes.

H0: Los resultados presentan varianzas iguales

H1: Al menos un resultado presenta varianza diferente

P. value > 0,05: se aceptó la H0.

P. value < 0,05: se aceptó la H1.

En la tabla 21, se observaron los resultados de la prueba ANOVA de un factor de la propiedad de tracción.

Tabla 21. Prueba de Anova de Tracción

Propiedades mecánicas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,080	2	0,040	1147,914	<,001
Tracción Dentro de grupos	0,000	6	0,000		
Total	0,081	8			

En la tabla 21, los resultados mostraron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, se descartó la hipótesis nula y se confirmó que al menos un resultado presentaba una varianza diferente.

En la prueba de Post Hoc de Tukey de la propiedad de tracción se plantearon la Ho y H1 para determinar si los resultados tenían o no media diferente.

H0: Los resultados tienen igual media.

H1: Los resultados tienen media diferente.

En la tabla 22, se observaron los resultados de la prueba de Post Hoc de Tukey de la propiedad de tracción.

Tabla 22. Pruebas post hoc de tracción

HDS TUKEY							
Variable dependiente	(I) Bioplástico	(J) Bioplástico	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Tracción	1,00	2,00	-,103000*	0,004830	<,001	-0,11782	-0,08818
		3,00	-,231000*	0,004830	<,001	-0,24582	-0,21618
	2,00	1,00	,103000*	0,004830	<,001	0,08818	0,11782
		3,00	-,128000*	0,004830	<,001	-0,14282	-0,11318
	3,00	1,00	,231000*	0,004830	<,001	0,21618	0,24582
		2,00	,128000*	0,004830	<,001	0,11318	0,14282

En la tabla 22, los resultados de cada comparación en cada muestra mostraron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, la hipótesis nula fue descartada y se confirmó que las medias de los resultados eran diferentes.

En la prueba ANOVA de un factor de la propiedad de elongación, se plantearon la H0 y la H1 para determinar si tenían o no varianzas diferentes.

H0: Los resultados presentan varianzas iguales

H1: Al menos un resultado presenta varianza diferente

P. value > 0,05: se aceptó la H0.

P. value < 0,05: se aceptó la H1.

En la tabla 23, se observaron los resultados de la prueba ANOVA de un factor de la propiedad de elongación.

Tabla 23. Prueba de Anova de Elongación

Propiedades mecánicas	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2360,582	2	1180,291	180,405	<,001
Elongación Dentro de grupos	39,255	6	6,542		
Total	2399,837	8			

En la tabla 23, los resultados mostraron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, la hipótesis nula fue descartada y se confirmó que al menos uno de los resultados presentaba una varianza diferente.

En la prueba de Post Hoc de Tukey de la propiedad de elongación se plantearon la Ho y H1 para determinar si los resultados tenían o no media diferente.

H0: Los resultados tienen igual media.

H1: Los resultados tienen media diferente.

En la tabla 24, se observaron los resultados de la prueba de Post Hoc de Tukey de la propiedad de elongación.

Tabla 24. Pruebas post hoc de elongación

HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) Bioplástico	(J) Bioplástico	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Elongación	1,00	2,00	-39,56667*	2,08845	<,001	-45,9746	-33,1587
		3,00	-17,30333*	2,08845	<,001	-23,7113	-10,8954
	2,00	1,00	39,56667*	2,08845	<,001	33,1587	45,9746
		3,00	22,26333*	2,08845	<,001	15,8554	28,6713
	3,00	1,00	17,30333*	2,08845	<,001	10,8954	23,7113
		2,00	-22,26333*	2,08845	<,001	-28,6713	-15,8554

En la tabla 24, los resultados de cada comparación en todas las muestras mostraron valores inferiores a 0,05. Por lo tanto, se descartó la hipótesis nula y se confirmó que las medias de los resultados eran diferentes.

Para el componente agua de río, las muestras R1, R2 y R3 también fueron expuestas a 25°C, con un peso inicial registrado de 2 gramos para todas las repeticiones. Durante las semanas de estudio, se registraron los siguientes pesos: en la semana 1, R1 mostró 1,89g; R2 registró 1,87g; y R3 mostró 1,84g; en la semana 2, R1 mostró 1,74g; R2 registró 1,76g; y R3 mostró 1,75g; y en la semana 3, R1 mostró 1,56g; R2 registró 1,59g; y R3 mostró 1,58g. Los porcentajes de biodegradación fueron del 22,00% y 21,16%; con un promedio del 21,58%.

IV. DISCUSIÓN

El objetivo general del presente estudio de investigación es sintetizar el bioplástico a partir del polihidroxiбутirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima – 2024. Los resultados obtenidos confirman que si se logra sintetizar el bioplásticos del *Nostoc sphaericum* mediante la revisión y recolección de información de artículos científicos que son empleados como guía para los ensayos experimentales en el laboratorio y recolectar las condiciones de temperatura, agitación y resistencia con la finalidad de obtener un bioplástico con características óptimas. Estos resultados se corroboran por Miranda (2023), en su trabajo de investigación indica que los bioplástico provenientes de fuentes naturales no generan problemas ambientales y la producción del bioplástico a partir de las algas verdes es prometedor, ya que tienen características óptimas de un plástico. Malagón (2017) en su estudio de síntesis de bioplásticos a partir de microorganismos consideran que la temperatura, pH, tiempo y agitación son relevantes para la síntesis del bioplásticos. Gonzáles et al. (2023), indica que la recuperación y pureza del polihidróxiбутirato 72,48 % y 99 % de forma respectiva. En tal sentido se confirma que la síntesis de bioplástico a base de microorganismos se puede producir de forma sostenible con fines de reducir los efectos de los plásticos convencionales. Asimismo, la extracción mediante el uso del cloroformo y el hipoclorito es relevante para obtener un biopolímero con alta pureza con la finalidad de obtener buenos resultados en la síntesis del bioplástico.

En el primer objetivo específico de la caracterización del *Nostoc sphaericum* realizado en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, se realiza análisis detallados de tres muestras. Se está identificando que cada muestra presenta un pH constante de 7.9. Además, se están determinando densidades específicas para cada una: 4.0 g/cm³ para la primera muestra, 4.45 g/cm³ para la segunda muestra, y 4.42 g/cm³ para la tercera muestra. Todas las muestras están mostrando un tamaño promedio de 10 mm, una temperatura ambiente de 25 °C, y están exhibiendo un color verde característico.

En los estudios de Gómez et al. (2021); Maquera (2022) identificaron que el pH es de 6,06 a 7,11; humedad de 97 %; temperatura crecimiento desde de 0 °C a 25 °C, color verde claro y oscuro, tamaño desde 3 mm hasta 50 mm de diámetro y presenta alta

viscosidad. En tal sentido se puede observar que los resultados obtenidos en laboratorio y los estudios de los investigadores tienen variaciones mínimas.

En el segundo objetivo específico, se realiza la caracterización del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Se analizaron que la temperatura idónea para la extracción del polihidroxitirato en la fase final de separación del cloroformo y el polihidroxitirato mediante el metanol en tres muestras, es de 1 °C en cada uno. Las muestras se caracterizan mediante espectrometría infrarroja por transformada (FTIR) en un laboratorio externo, revelando los siguientes resultados: el grupo funcional -O-H se detecta en el rango estándar ASTM E1252 de 3400-3200 cm^{-1} , observándose en 3330 cm^{-1} en los espectros FTIR; el grupo funcional -C-H, con un rango estándar de 3600-2500 cm^{-1} , se identifica en 2964 cm^{-1} ; el grupo funcional -C=C, cuyo rango estándar es 1600-1475 cm^{-1} , se encuentra en 1594 cm^{-1} ; el grupo funcional -CH₃, con un rango estándar de 1450-1375 cm^{-1} , se detecta en 1401 cm^{-1} ; el grupo funcional -C-O-, con un rango estándar de 979-900 cm^{-1} , se identifica en 963 cm^{-1} ; y el grupo funcional -C-O-H, cuyo rango estándar es 630-596 cm^{-1} , se observa en 622 cm^{-1} en los espectros FTIR. Se determinó que el pH del polihidroxitirato es de 9,85. Estos resultados indican que los grupos funcionales detectados son característicos de un polihidroxitirato, confirmando la naturaleza del compuesto analizado. En los resultados de Raju, Sankaranarayanan y Bharathiraja (2024) se puede observar que la producción del polihidroxitirato está basado a las condiciones de temperatura que va de 25 a 30 °C y se pueden obtener este polímero con potencial de hidrogeno de 6 a 9. En los estudios realizados por investigadores sobre la caracterización del polihidroxitirato mediante espectrometría infrarroja (FTIR) por Riski et al. (2023) realizaron una comparación de los espectros del PHB-KBr con el PHB estándar, obteniendo como resultados de 1726 cm^{-1} en el PHB-KBr, indicando estiramiento del carbonilo, similar al PHB estándar a 1701 cm^{-1} . Además, detectaron bandas en el rango de 1089-1265 cm^{-1} para el grupo éster en el PHB aislado, comparables con el PHB estándar. Se encontraron también bandas a 1402 cm^{-1} y 2916 cm^{-1} para el grupo metilo, y una banda amplia alrededor de 3472 cm^{-1} para el grupo hidroxilo terminal en el PHB-KBr, coincidiendo con las del PHB estándar. También Hasan et al. (2024) identificaron

en sus resultados picos a 3474 cm^{-1} lo que correspondió al grupo OH, mientras que los picos a 2960 y 2925 cm^{-1} se asociaron con los estiramientos de CH₃ y CH₂ respectivamente. Además, observaron una banda de 1639 cm^{-1} atribuida al grupo C=O, otras bandas a 1458 , 970 y 865 cm^{-1} que indican la presencia del grupo fenileno. Un pico agudo a 620 cm^{-1} también fue identificado como característico de grupos metileno (-CH₂-). Continuamente una banda de vibración de 3417 cm^{-1} correspondiente al grupo OH, y 2928 cm^{-1} correspondiente al estiramiento de CH. Por último, la banda a 1638 cm^{-1} fue atribuida al grupo C=O, y se identificaron bandas adicionales a 1414 , 1008 y 970 cm^{-1} . En tal sentido los resultados obtenidos tienen variaciones mínimas y estas características se asocian al polihidroxitirato estándar.

En el tercer objetivo específico de la investigación, las pruebas con diferentes concentraciones de polihidroxitirato para la síntesis de bioplásticos. Se lleva a cabo un análisis detallado en tres muestras, cada una repetida tres veces, para evaluar las propiedades físicas (humedad, densidad) y mecánicas (resistencia a la tracción, elongación) de los bioplásticos obtenidos. En cuanto a la humedad, la muestra BPL 1 presenta un promedio del 28,57%, la muestra BPL 2 muestra un promedio del 34,07%, y la muestra BPL 3 tiene un promedio del 37,59%. Esta variabilidad se debe principalmente a la diferente cantidad de glicerina presente, siendo la muestra BPL 3 la que contiene más glicerina. En términos de densidad, la muestra BPL 1 tiene un promedio de $0,10\text{ g/cm}^3$, la muestra BPL 2 tiene un promedio de $0,11\text{ g/cm}^3$, y la muestra BPL 3 muestra un promedio de $0,17\text{ g/cm}^3$. La muestra BPL 3 exhibe una mayor densidad debido a su concentración más alta de polihidroxitirato y a las variaciones en la cantidad de insumos como glicerina, agua destilada y ácido acético.

En cuanto a las propiedades mecánicas, la muestra BPL 3 muestra una resistencia a la tracción con un promedio de $0,39\text{ N/cm}^2$, la muestra BPL 2 con $0,26\text{ N/cm}^2$ y la muestra BPL 1 con $0,16\text{ N/cm}^2$. Esto indica que la muestra BPL 3 tiene una capacidad mayor para soportar fuerzas de estiramiento sin romperse, en comparación con las otras muestras. En términos de elongación, se obtienen promedios del 17,37% para la muestra BPL 1; 56,93% para la muestra BPL 2 y 34,67% para la muestra BPL 3. La muestra BPL 2 muestra una notable capacidad de estiramiento bajo tensión sin romperse, atribuible a

su menor contenido de glicerina en comparación con la muestra BPL 3, que contiene una mayor cantidad de este aditivo, lo cual indica su notable capacidad para estirarse bajo una tensión sin romperse, esta propiedad es la más relevante porque permite evaluar la elasticidad de los plásticos; siendo la composición óptima la muestra BPL 2. Estos resultados subrayan la influencia significativa de las concentraciones de polihidroxitirato y glicerina en las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos sintetizados, destacando la importancia de ajustar cuidadosamente las formulaciones para optimizar las características deseadas del material. Estos resultados se pueden corroborar en los estudios de Sheekh et al. (2024), elaboraron bioplásticos fabricadas a partir de *Halimeda opuntia* con diferentes espesores de 0,037 mm; 0,015 mm; 0,20 mm; 0,25 mm y 0,028 mm con una relación de concentración de algas/PVA de 0,5:1; 1:1; 1,5:1; 2:1 y 3:1, respectivamente. Los valores de resistencia a la tracción fueron 147,5 MPa; 127,8 MPa; 157,3 MPa; 173,4 MPa y 181,2 MPa para las mismas proporciones de concentración de algas/PVA mencionadas anteriormente. La concentración de algas/PVA de 1,5:1 mostró la mayor elongación de rotura, alcanzando un 440 %. Las concentraciones de 0,5:1, 1:1, 2:1 y 3:1 alcanzaron elongaciones de 420,3 %, 363,7 %, 408,5 % y 436,6 %, respectivamente. La concentración de algas/PVA de 3:1 mostró la menor absorción de humedad, registrando un porcentaje del 2,64 %. En concentraciones de 0,5:1, 1:1, 1,5:1 y 2:1, la absorción de humedad fue del 4,59 %, 3,33 %, 3,82 % y 3,71 % de forma respectiva. En los estudios de investigación de Calapuja et al. (2021) realizaron películas de bioplástico obtenido de almidón de taro, lo cual obtuvieron muestras de películas de bioplásticos con propiedades físicas y mecánicas con una elongación de 93,79%, una fuerza de tracción de 3,11 kg/cm² y una humedad de 15%. Con estos resultados obtenidos por diferentes metodologías se pueden diferentes valores en las características físicos y mecánicos del bioplásticos.

El cuarto objetivo específico sobre la concentración óptima para la obtención del bioplástico que presenta mejores resultados mecánicos, es el BPL 2, compuesta por 150 mL de agua destilada, 5 mL de glicerina, 12 mL de ácido acético y 20 g de polihidroxitirato. Esta mezcla muestra una resistencia a la tracción de 0,26 N/cm² y una elongación de 56,93%, demostrando que el polihidroxitirato extraído del *Nostoc*

sphaericum es un plastificante eficiente que incrementa tanto la resistencia como la elongación del bioplástico. En los estudios de investigación de Calapuja et al. (2021) produjeron plástico biodegradable de residuo orgánico, glicerina, ácido acético y agua destilada, con una temperatura de dilución de 75°C durante 15 minutos. La masa plastificante obtenida fue expuesta sobre una placa de vidrio a temperatura ambiente durante 24 horas. El bioplástico obtenido mostró una elongación de 93,79% y una fuerza de tracción de 3,11 kg/cm² y una capacidad de degradabilidad de 64,21% a los 90 días. Uribe (2022) en su trabajo de investigación obtiene películas de bioplásticos en base a una concentración de 0,05 g/ml de PHB en cloroformo, los cuales se llevó a 60°C en un equipo Soxhlet por 15 minutos. Por último 5 mL de la solución se vertieron en recipiente de caja petri para ser llevados a un desecador durante 24 horas. Se puede afirmar que la característica del bioplástico depende de las metodologías y las concentraciones de cada reactivo o insumo aplicados en los ensayos de obtención de bioplásticos.

En el quinto objetivo específico sobre la biodegradabilidad del bioplástico obtenido del *Nostoc sphaericum* se evalúan en tres componentes: mar, suelo y agua de río. Las muestras fueron expuestas a 25°C con un peso inicial de 2 gramos y muestran un promedio de biodegradación del 36,50% en tres semanas para el componente marino. En el componente suelo, expuestas a 25°C, las muestras presentan un promedio de biodegradación del 28,58% en el mismo período de tiempo. Para el componente agua de río, también a 25°C, las muestras muestran una reducción de peso con un promedio de biodegradación del 21,58% en el mismo lapso de tiempo. Según Sheekh et al. (2024) en su trabajo de investigación las películas bioplásticas obtenidas fueron sometidas a prueba de biodegradación en suelo arenoso a condiciones ambientales. Después de 30 días en suelo, las películas con concentraciones de algas/PVA de 0,5:1, 1:1, 1,5:1, 2:1 y 3:1 se degradaron en un 35,47 %, 32,3 %, 41,6 %, 39,43 % y 47,03 % respectivamente. Estas mismas muestras fueron llevados a compost, los cuales se observaron que todas las películas bioplástico se degradaron completamente en 12, 6, 5, 6 y 5 días de forma respectiva. En los trabajos de investigación sobre biodegradabilidad de películas de bioplásticos de Domínguez et al. (2022) en 21 días sus muestras obtenidas se han

degradado en 63% en un entorno de suelo a temperatura ambiental. Calapuja (2021), sus muestras de bioplásticos poseen una biodegradabilidad de 64,21% en 90 días. En tal sentido la biodegradabilidad dependerá del tipo materia prima y la metodología de producción sostenible de bioplásticos degradables.

V. CONCLUSIONES

La síntesis del bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* es una tecnología limpia y sostenible para la producción de bioplásticos degradables, ya que nos permite obtener un bioplásticos con características físicas y mecánicas óptimas.

Se realizó la caracterización de tres muestras de *Nostoc sphaericum*, obteniendo una temperatura constante de 25°C, pH de 7,9, tamaño promedio de 10 mm y color verde. Las densidades medidas fueron 4,0 g/cm³, 4,45 g/cm³ y 4,42 g/cm³. Estos valores permitieron la producción efectiva del bioplástico.

La caracterización del polihidroxitirato extraído del *Nostoc sphaericum* se realizó mediante la espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) para conocer los grupos funcionales del polihidroxitirato y conocer la ubicación de los picos de vibración molecular dentro del rango estándar ASTM E1252. La banda de vibración de tensión a 3330 cm⁻¹ correspondió al grupo funcional -O-H, a 2964 cm⁻¹ al grupo -C-H, a 1594 cm⁻¹ al grupo -C=C, a 1401 cm⁻¹ al grupo -CH₃, a 963 cm⁻¹ al grupo -C-O-, y a 622 cm⁻¹ al grupo -C-O-H. Estas bandas exhibieron picos característicos del PHB. Mediante el empleo del potenciómetro se llegó a conocer que el potencial de hidrógeno del polihidroxitirato del *Nostoc sphaericum* es 9,85.

Se evaluaron diferentes concentraciones de polihidroxitirato para la síntesis de bioplásticos, analizando sus propiedades físicas y mecánicas. La muestra BPL3 presentó una alta humedad de 37,57 % por poseer mayor cantidad de glicerina, tracción de 0,39 N/cm² y elongación de 34,67 %, estos valores indican que el bioplástico presente alta resistencia para no romperse y una baja elasticidad. La muestra BPL2, presenta una mediana humedad de 34,07 %, tracción de 0,26 N/cm² y elongación alta de 56,93 % con respecto a las demás muestras. La muestra BPL1, presenta una baja humedad de 28,57%; tracción de 0,16 N/cm² y una elongación de 17,37%. Esto indica que la muestra BPL2 es un bioplástico con mejores características ya que presenta una mediana resistencia en tracción de 0,26 N/cm² y una alta elongación de 56,93% para estirarse.

La concentración óptima para la obtención del bioplástico, que presentó los mejores resultados mecánicos, fue la muestra BPL 2, compuesta por 150 mL de agua destilada, 5 mL de glicerina, 12 mL de ácido acético y 20 g de PHB. Esta mezcla mostró una resistencia a la tracción de 0,26 N/cm² y una elongación de 56,93%.

Se evaluaron muestras del bioplástico BPL2 por presentar mejores características físicas y mecánicas para la biodegradación en tres componentes: mar, suelo y agua de río. En el componente marino, se alcanzó un promedio de biodegradación del 36,50% en tres semanas. En el componente suelo, el promedio de biodegradación fue del 28,58% en tres semanas. En el componente agua de río, el promedio de biodegradación fue del 21,58% en tres semanas.

VI. RECOMENDACIONES

Mayor investigación en nuevas tecnologías limpias para la producción sostenible de bioplásticos procedentes de fuentes orgánicas para reducir los efectos de los plásticos convencionales.

Seguir investigando a profundidad las propiedades del *Nostoc sphaericum* para la producción de bioplásticos. Ya que, puede contribuir significativamente a la reducción de plásticos no biodegradables, alineándose con estudios previos que destacan la eficiencia del polihidroxibutirato como una alternativa ecológica.

Continuar investigando nuevas metodologías de extracción del polihidroxibutirato del *Nostoc sphaericum* y realizar su caracterización mediante espectroscopía FTIR como una herramienta estándar de la caracterización de biopolímeros en futuros estudios. Ya que, permite la identificación precisa de grupos funcionales para asegurar la pureza y calidad del polihidroxibutirato, lo cual es esencial en aplicaciones industriales.

Innovar la producción sostenible de bioplásticos de diferentes especies o microorganismos por tener características de biodegradabilidad alta en ambientes marinos, terrestres y fluviales, los cuales son viable para reducir la acumulación de plásticos convencionales.

REFERENCIAS

- ALCÁNTARA, L.V. y SÁNCHEZ, A.S., 2023. BIO-PLÁSTICO, UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE. *LASIRC*. Disponible en: <https://fundacionlasirc.org/images/Revista/REVISTALASIRCvolumen6No1.pdf#page=79>
- ARKIN, C. y SCHÄCHTELE, K., 2020. Atlas del plástico: datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos 2020. Disponible en: <https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/2821/Atlas%20del%20Plastico%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARRIGHETTI, F., 2019. Un mar de plástico. , ISSN 1666-5171. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/123949/CONICET_Digital_Nro.2c29ecff-24cd-4f24-821b-d2f4ba0b8c45_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- ATIWESH, G., MIKHAEL, A., PARRISH, C.C., BANOUB, J. y LE, T.-A.T., 2021. Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, vol. 7, no. 9, ISSN 2405-8440. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(21\)02021-1.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(21)02021-1.pdf)
- BEHERA, L., MOHANTA, M. y THIRUGNANAM, A., 2022. Intensification of yam-starch based biodegradable bioplastic film with bentonite for food packaging application. *Environmental Technology & Innovation*, vol. 25, ISSN 2352-1864. DOI 10.1016/j.eti.2021.102180. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421007793>
- BUTELER, M., 2019. ¿Qué es la contaminación por plástico y por Qué nos afecta a todos? , ISSN 1668-8848. Disponible en: <https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/desdelapatagonia/article/view/2871/pdf>

CEDEÑO, G., CROOKS, K., SOTO, M., TERÁN, N. y WALTERS, A., 2022. Conciencia Ambiental frente al inadecuado manejo del plástico por el ser humano. *Las Enfermeras de hoy*, vol. 1, no. 2, ISSN 2805-1823. Disponible en: <http://revistas.anep.org.pa/index.php/edh/article/view/35/16>

CONDORI-OJEDA, P., 2020. Universo, población y muestra. Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>

CORPUS-GOMEZ, A., ALCANTARA-CALLATA, M., CELIS-TEODORO, H., ECHEVARRIA-ALARCÓN, B., PAREDES-JULCA, J. y PAUCAR-MENACHO, L.M., 2021. Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Habitat, physicochemical characteristics, nutritional composition, forms of consumption and medicinal properties. *Agroindustrial Science*, vol. 11, no. 2, ISSN 22262989. DOI 10.17268/agroind.sci.2021.02.13. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085154>

EL-SHEEKH, M.M., ALWALEED, E.A., IBRAHIM, A. y SABER, H., 2024. Preparation and characterization of bioplastic film from the green seaweed *Halimeda opuntia*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 259, ISSN 0141-8130. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2024.129307. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813024001107>

EUROPEAN BIOPLASTICS., 2023. Bioplastics market data. Disponible en: <https://www.european-bioplastics.org/market/>

GALARZA, C.A.R., 2021. Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 10, no. 1, ISSN 1390-9592. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

GARCÍA, Y.E.V., SÁNCHEZ, J.A.P. y RINCÓN, J.A.D., 2021. Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión. *Revista Politécnica*, vol. 48, no. 2, ISSN 2477-8990. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/1019/563

GONZÁLEZ-ROJO, S., PANIAGUA-GARCÍA, A.I. y DÍEZ-ANTOLÍNEZ, R., 2023. Biotransformation of starch-based wastewater into bioplastics: Optimization of poly(3-hydroxybutyrate) production by *Cupriavidus necator* DSM 545 using potato wastewater hydrolysate. *Water Research*, vol. 247, ISSN 0043-1354. DOI 10.1016/j.watres.2023.120766. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313542301206X>

GUTIÉRREZ, J.R., CORTÉS, M. del C.G. y BAÑUELOS, J.R.G., 2023. Plastic and the damage to health of living creatures and ecosystems. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/4828/6699>

GRACIA, J., ESPINOSA, A., MORENO, N. y CABEZA, I., 2024. Evaluation of the production and extraction of polyhydroxybutyrate from volatile fatty acids by means of mixed cultures and *B. cepacia*. *Environmental Research*, vol. 250, ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/j.envres.2024.118448. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935124003529>

GOMEZ, A.C., CALLATA, M.A., TEODORO, H.C., ALARCÓN, B.E., JULCA, J.P. y MENACHO, L.M.P., 2021. Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, vol. 11, no. 2, ISSN 2226-2989. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3819/4445>

JASO SÁNCHEZ, M.A., 2020. El surgimiento de los bioplásticos: Un estudio de nichos tecnológicos. *Acta universitaria*, vol. 30, ISSN 0188-6266. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662020000100159&script=sci_arttext

JUENGERT, J.R., BRESAN, S. y JENDROSSEK, D., 2018. Determination of polyhydroxybutyrate (PHB) content in *Ralstonia eutropha* using gas chromatography and Nile red staining. *Bio-protocol*, vol. 8, no. 5. Disponible en: <https://bio-protocol.org/pdf/Bio-protocol2748.pdf>

KAVITHA, G., RENGASAMY, R. y INBAKANDAN, D., 2018. Polyhydroxybutyrate production from marine source and its application. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 111, ISSN 0141-8130. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.155. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014181301732593X>

KHARB, J. y SAHARAN, R., 2023. Design and synthesis of eco-friendly cucumber peel-based bioplastic materials. *International Conference on Future Trends in Materials and Mechanical Engineering (ICFTMME 2022)*, vol. 82, ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/j.matpr.2022.12.109. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322074806>

KOCH, M. y FORCHHAMMER, K., 2021. Polyhydroxybutyrate: A useful product of chlorotic cyanobacteria. *Microbial Physiology*, vol. 31, no. 2, ISSN 2673-1665. Disponible en: <https://karger.com/mip/article-pdf/31/2/67/4137478/000515617.pdf>

HASAN, S.F., ABO ELSOUD, M.M., SIDKEY, N.M. y ELHATEIR, M.M., 2024. Production and characterization of polyhydroxybutyrate bioplastic precursor from *Parageobacillus toebii* using low-cost substrates and its potential antiviral activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 262, ISSN 0141-8130. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2024.129915. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813024007189>

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, O., 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, vol. 37, no. 3, ISSN 0864-2125. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002#:~:text=El%20muestreo%20no%20probabil%20C3%ADstico%20comprende,cuota%20y%20bola%20de%20nieve.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2020. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Disponible en: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%20C3%ADa%20de%20la%20investigaci%20C3%B3n.%20Rutas%20cuantitativa%20cualitativa%20y%20mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20LAS%20RUTA.pdf&Expires=1719109908&Signature=HQBJu4Jiz8pfgsm7~Wb3xzcrsi0Qmfr3~16Lj9E5g9YuuhsiXemBsoGK9uTZ4jvRNc4t4dtjTyVbn4eFmBr2hXiRJI5ncRXwXpYloqEzS1VbKKp28aQhTof~F8yc-nkds6HtQp2j8bG95H2VVMPhENPk~4mYsaKabmGQ4EKikCmevNObuVCrPWkjF3gGix4mX30aWIB8otUK4vETznoFILiJcjPF1PnwADRzGzXpGksC7LhMaOm1cs~BXhRW9bByl9gb7TyGX8AhJXM-oigT53EzdLzIJH1Le7T8BP~K4RZ8ufn9MmSaOMj1P8~ZlaXwiJhdXB46oOVvhtxzklusA&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>

INOCENTE CAMONES, M.A., JURADO TEIXEIRA, B., RAMOS LLICA, E., ALVARADO CHÁVEZ, B., FUERTES RUITON, C., CÁRDENAS MONTOYA, L. y RIVERA CASTILLO, B., 2019. Actividad hipoglucemiante in vitro de los polisacáridos digeridos de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault (cushuro). *Horizonte Médico (Lima)*, vol. 19, no. 1, ISSN 1727-558X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-558X2019000100005&script=sci_arttext

MADRID RODRÍGUEZ, J.M., 2020. Bioplásticos en la industria del automóvil. Disponible en:

https://oa.upm.es/65595/1/TFG_JORGE_MANUEL_MADRID_RODRIGUEZ.pdf

MALAGÓN MICÁN, M.L., LÓPEZ LÓPEZ, S.M. y MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, Á.T., 2017. Síntesis de bioplásticos a partir de microorganismos. ISSN 2619-5267. Disponible en:

<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6446/1/COL0046961-2017-1-IQ.pdf>

MAQUERA MAQUERA, M., 2022. Caracterización físico, químico y nutricional de la cianobacteria *Nostoc sphaericum* en la ciudad de Ilo–Peru. Disponible en:

<https://repositorio.unam.edu.pe/items/b0ab77e7-1cb4-40a7-9bbe-901494613ad9>

MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, C., 2022. Optimización de la producción sostenible de bioplásticos a partir de cianobacterias: enfoques y desafíos. Disponible en:

https://dspace.umh.es/bitstream/11000/29510/1/TFG_CristinaMart%c3%adnezGuti%c3%a9rrez_.pdf

MINAM. 2018. MINISTERIO DEL AMBIENTE. cifras del mundo y del Perú. [En línea] 5 de 10 de 2018. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

MINAM. 2019. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Ley N° 30884 regula consumo de bienes de plástico de un solo uso que generan riesgo para la salud pública y/o el ambiente. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ley-ndeg-30884-regula-consumo-bienes-plastico-un-solo-uso-que-generan#:~:text=La%20Ley%20N%C2%B0%2030884,p%C3%ABblica%20y%2Fo%20el%20ambiente.>

MOSTAFA, Y.S., et al, 2020. Production and Characterization of Bioplastic by Polyhydroxybutyrate Accumulating Erythrobacter Aquimaris Isolated from Mangrove Rhizosphere. *Molecules*, vol. 25, no. 1, pp. 179 ProQuest Central. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/1/179>

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J., & ROMERO, H. (2018). 4.1. El Método científico. *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*, 29, 171. Disponible: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KzSjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA171&dq=metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n+%C3%B1aupas&ots=CP1Oy-IBF3&sig=Dt3CRsAzDQRwZ96jBNm5JZJRJCA>

PRICE, S., KUZHIUMPARAMBIL, U., PERNICE, M. y RALPH, P.J., 2020. Cyanobacterial polyhydroxybutyrate for sustainable bioplastic production: Critical review and perspectives. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 8, no. 4, ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2020.104007. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343720303559>

PRIETO, M.A., 2020. Los bioplásticos, ¿ qué son? ¿ cuántos hay? ¿ cómo se producen? , ISSN 1696-4837. Disponible en: https://digital.csic.es/bitstream/10261/217640/1/SEBBM_Agosto2020_Auxiliadora_Prieto.pdf

RUEDA, E., SENATORE, V., ZARRA, T., NADDEO, V., GARCÍA, J. y GARFÍ, M., 2023. Life cycle assessment and economic analysis of bioplastics production from cyanobacteria. *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 35, ISSN 2214-9937. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214993723000143>

RUEDA, E. y GARCÍA, J., 2021. Optimization of the phototrophic Cyanobacteria polyhydroxybutyrate (PHB) production by kinetic model simulation. *Science of The Total Environment*, vol. 800, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.149561. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721046362>

SABRY, F., 2022. *Bioplástico: La vida en bioplástico es más fantástica. ¿ Son plásticos de base biológica o biodegradables? ¿ Es victoria o pura ficción?* S.l.: One Billion Knowledgeable. vol. 3. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xP6TEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT377&dq=Biopl%C3%A1stico:+La+vida+en+biopl%C3%A1stico+es+m%C3%A1s+fant%C3%A1stica.+%C2%BF+Son+pl%C3%A1sticos+de+base+biol%C3%B3gica+o+biodegradables%3F%C2%BF+Es+victoria+o+pura+ficci%C3%B3n&ots=SRSKCP7K2A&sig=JgJHsSFJQunVK20dPN7z9paUp0Q#v=onepage&q=Biopl%C3%A1stico%3A%20La%20vida%20en%20biopl%C3%A1stico%20es%20m%C3%A1s%20fant%C3%A1stica.%20%C2%BF%20Son%20pl%C3%A1sticos%20de%20base%20biol%C3%B3gica%20o%20biodegradables%3F%C2%BF%20Es%20victoria%20o%20pura%20ficci%C3%B3n&f=false>

SHANMATHY, Mrithula; MOHANTA, Monalisha; THIRUGNANAM, A. Development of biodegradable bioplastic films from Taro starch reinforced with bentonite. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2021, vol. 2, p. 100173. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893921001419>

WALKER, S. y ROTHMAN, R., 2020. Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 261, ISSN 0959-6526. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620312051>

VEGA, R.D., 2021. El plástico biodegradable en Perú: ¿ Una solución o un problema? *South Sustainability*, vol. 2, no. 2, ISSN 2708-7077. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/631/91>

1

VERONICA, E., CALAPUJA, P., GISSELA, F., USURIANO, D., ALBERTO, V. y VALERIO, H., 2021. Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de Taro (*Colocasia Esculenta*). [en línea], [consulta: 27 junio 2024]. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4825>.

URIBE, R. Diana Carolina. Extracción y caracterización de polihidroxibutirato (PHB) producido por *Bacillus megaterium* B2 usando como fuente de carbono residuos provenientes de la agroindustria de. 2022. Tesis. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/d0543612-93dc-429f-b4f9-8a9e9972449f/content>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables o tabla de categorización

Variables de Estudio		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Independiente	Polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i>	El polihidroxitirato es uno de los primeros poliésteres de la familia de los polihidroxicanoatos, lo cual su producción se da en condiciones limitantes de nitrógeno y fósforo (López et al. 2017).	Se caracterizará el <i>Nostoc sphaericum</i> y el polihidroxitirato	Caracterización del <i>Nostoc sphaericum</i>	Temperatura	°C
					Tamaño	mm
					Color	-
				Caracterización del Polihidroxitirato.	Potencial de Hidrógeno	pH
					Densidad	g/cm^3
					Potencial de Hidrógeno	pH
					Temperatura	°C
FTIR	(cm^{-1})					
Dependiente	Síntesis de bioplástico	La síntesis de bioplásticos es un proceso que involucra la obtención de materiales plásticos a partir de fuentes naturales. Este procedimiento está sujeto a diversas condiciones que se deben cumplir para lograr la síntesis efectiva del bioplástico (Prieto 2020).	Se medirá a diversas concentraciones para la síntesis de bioplástico, abordando aspectos como propiedades físicas y mecánicas. Posteriormente, se llevará a cabo la biodegradabilidad de los bioplásticos obtenidos.	Concentraciones para la Síntesis del bioplástico.	Dosis 1(5 g de Polihidroxitirato)	g
					Dosis 2(20 g de Polihidroxitirato)	
					Dosis 3(30 g de Polihidroxitirato)	
				Propiedades físicas y mecánicas del bioplástico.	Peso	g
					Humedad	%
					Densidad	gr/cm^3
					Tracción	N/cm^2
				Biodegradabilidad del bioplástico.	Elongación	%
					Temperatura	°C
					Tiempo	Semanas
					Peso	g

Anexo 2. Matriz de consistencia

<p>Problema General ¿Cómo se sintetiza el polihidroxitirato del <i>Nostoc sphaericum</i> para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Objetivo General Sintetizar el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>Hipótesis General El polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> sintetiza el bioplástico a partir del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>
<p>Problemas específicos ¿Cómo se caracteriza el <i>Nostoc sphaericum</i> para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Objetivos específicos Caracterizar el <i>Nostoc sphaericum</i> para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>Hipótesis específicas Las características del <i>Nostoc sphaericum</i> permiten la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>
<p>¿Cómo se realiza la caracterización del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Realizar la caracterización del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>La caracterización del polihidroxitirato nos permitirá conocer sus propiedades óptimas para sintetizar el bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>
<p>¿Cómo se realiza pruebas a diferentes concentraciones de <i>Nostoc sphaericum</i> para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Realizar pruebas a diferentes concentraciones del polihidroxitirato para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>Las pruebas a diferentes concentraciones del polihidroxitirato permiten la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>
<p>¿Cuál es la concentración óptima en la extracción del polihidroxitirato mediante el <i>Nostoc sphaericum</i> para la síntesis de bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Determinar la concentración óptima del polihidroxitirato según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>Se determina que la concentración óptima del polihidroxitirato es de 20 g. según las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>
<p>¿Cuál es el tiempo de biodegradabilidad del bioplástico sintetizado del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024?</p>	<p>Determinar el tiempo de biodegradabilidad de bioplástico sintetizado del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.</p>	<p>El tiempo de biodegradación del bioplástico sintetizado del polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> fue de tres semanas aproximadamente en el distrito Los Olivos, Lima -2024.</p>

Anexo 3. Fichas de validación de instrumentos para de recolección de datos.

Ficha 1. Caracterización del *Nostoc Sphaericum*.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de Caracterización del <i>Nostoc sphaericum</i> .				
DATOS GENERALES						
Título	Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.					
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.					
Escuela	Ingeniería Ambiental					
Autores	- Huicho Aucatoma Sandra Liseth. - Javier Marticorena Miguel Ángel.					
Asesor	Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor.					
Fecha	15/04/2024					
DATOS DE CARACTERIZACIÓN						
Código de Mezcla	Tipo de Muestra	Temperatura(°C)	PH (Potencial de Hidrógeno)	Densidad (g/cm ³)	Tamaño (mm)	Color
B1	M1	25	7.8	4,40	10 mm	Verde
B2	M2	25	7.8	4,45	10 mm	Verde
B3	M3	25	7.9	4,45	10 mm	Verde

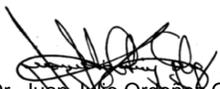

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
CIP: 89772


CIP: 131344

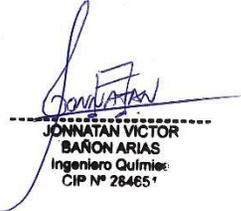

JONNATAN VICTOR
BAÑÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 284651

Ficha 2. Caracterización del polihidroxitirato.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de Caracterización del Polihidroxitirato.		
DATOS GENERALES				
Título	Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.			
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.			
Escuela	Ingeniería Ambiental.			
Autores	-Huicho Auccatoma Sandra Liseth. -Javier Marticorena Miguel Ángel.			
Asesor	Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor.			
Fecha	02/05/2024			
DATOS DE CARACTERIZACIÓN				
Código de Mezcla	Tipo de Muestra	Temperatura en la obtención del PHB (°C)	Potencial de Hidrógeno (pH)	FTIR (cm^{-1})
B1	M1	1°C	9.85	
B2	M2	1°C	9.85	
B3	M3	1°C	9.85	


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772


 CIP: 131344


 JONNATAN VÍCTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 284651

Ficha 3. Concentración del polihidroxiбутirato

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de Concentraciones para la Síntesis del Bioplástico.			
DATOS GENERALES					
Título	Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxiбутirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.				
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.				
Escuela	Ingeniería Ambiental				
Autores	– Huicho Aucatoma Sandra Liseth. – Javier Marticorena Miguel Ángel.				
Asesor	Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor.				
Fecha	08/15/2024				
DATOS DE CONCENTRACIÓN					
Código de Mezcla	Repeticiones	Cantidad de agua destilada (mL)	Cantidad de glicerina(mL)	Cantidad de ácido acético (g)	Dosis de PHB (g)
B1	R1	100	4	8	5
	R2	100	4	8	5
	R3	100	4	8	5
B2	R1	150	5	12	20
	R2	150	5	12	20
	R3	150	5	12	20
B3	R1	200	6	15	30
	R2	200	6	15	30
	R3	200	6	15	30


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89742


 CIP: 131344


 JONNATAN VÍCTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 284651

Ficha 4. Propiedades físicas y mecánicas del bioplástico.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de Propiedades físicas y mecánicas del bioplástico.				
DATOS GENERALES						
Título	Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxitbutirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.					
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.					
Escuela	Ingeniería Ambiental					
Autores	- Huicho Aucatoma Sandra Liseth. - Javier Marticorena Miguel Ángel.					
Asesor	Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor.					
Fecha	22/05/2024					
DATOS DE PROPIEDADES DEL BIOPLÁSTICO						
Código	Tipo de Muestra	Peso(g)	Humedad (%)	Densidad (g/cm^3)	Tracción (N/cm^2)	Elongación (%)
BPL 1	R1	6,51	28,22	0,101	0,158	16,93
	R2	6,40	28,37	0,105	0,160	17,43
	R3	6,70	29,12	0,104	0,158	17,74
BPL 2	R1	9,51	33,46	0,104	0,269	54,03
	R2	9,02	34,83	0,109	0,261	57,03
	R3	9,70	33,92	0,112	0,255	59,70
BPL 3	R1	10,06	36,23	0,170	0,387	32,76
	R2	10,15	38,51	0,164	0,384	38,57
	R3	10,01	38,04	0,168	0,398	32,68

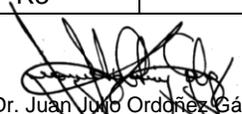

 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89742


 CIP: 131344

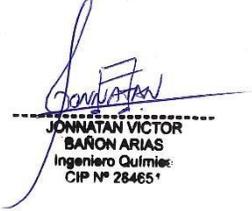

 JONNATAN VICTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 28465

Ficha 5. Biodegradabilidad de bioplástico

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de Biodegradabilidad de bioplástico.						
DATOS GENERALES								
Título	Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxibutirato extraído del <i>Nostoc sphaericum</i> en el distrito Los Olivos, Lima - 2024.							
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.							
Escuela	Ingeniería Ambiental.							
Autores	- Huicho Aucatoma Sandra Liseth.							
	- Javier Marticorena Miguel Ángel.							
Asesor	Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor.							
Fecha	03/06/2024							
DATOS DE BIODEGRADABILIDAD								
Código	Tipo de Muestra	Temperatura (°C)	Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)	Biodegradación (%)	Biodegradación promedio (%)
BPL2 - MAR	R1	25	2	1,74	1,45	1,28	36,00	35,00
	R2	25	2	1,72	1,47	1,27	36,50	
	R3	25	2	1,75	1,41	1,29	35,00	
BPL2 - SUELO	R1	25	2	1,85	1,64	1,42	29,00	28,16
	R2	25	2	1,83	1,67	1,45	27,50	
	R3	25	2	1,84	1,62	1,44	28,00	
BPL2 - AGUA DE RIO	R1	25	2	1,89	1,74	1,56	22,00	21,16
	R2	25	2	1,87	1,76	1,59	20,50	
	R3	25	2	1,84	1,75	1,58	21,00	


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89772


 CIP: 131344


 JONNATAN VÍCTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 284651

Anexo 4. Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos.

Validación de instrumentos por especialistas



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del Nostoc sphaericum.
 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

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: 90%

Lima, 17 de noviembre del 2023.


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 50774


 JONATHAN VICTOR
 BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 28485



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del polihidroxibutirato.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI


 Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89722

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 17 de noviembre del 2023.


 JONATHAN VICTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 28465



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr, Juan Julio Ordoñez Gálvez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Concentraciones para la Síntesis del Bioplástico
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
CIP: 83372

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 17 de noviembre del 2023.

JUAN CARLOS VÍCTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 26465



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr, Juan Julio Ordoñez Gálvez
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Propiedades físicas y mecánicas del bioplástico.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
 CIP: 89727

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 17 de noviembre del 2023.

JONATHAN VICTOR
 BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 28465



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr, Juan Julio Ordoñez Gálvez
1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
1.3 Especialidad o línea de investigación: Hidrología Ambiental 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Biodegradabilidad de bioplástico.
1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Table with 10 rows (CRITERIOS) and 14 columns (INDICADORES and INACEPTABLE/ACCEPTABLE/ACEPTABLE). Rows include CLARIDAD, OBJETIVIDAD, ACTUALIDAD, ORGANIZACIÓN, SUFICIENCIA, INTENCIONALIDAD, CONSISTENCIA, COHERENCIA, METODOLOGÍA, and PERTINENCIA.

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Form with 'SI' in a box and an empty box below it.

Signature of Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez, CIP: 8972

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Box containing the value '90%'

Lima, 17 de noviembre del 2023.

Signature of Jonathan Victor Barón Arias, Ingeniero Químico, CIP Nº 26465*

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Biólogo/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del *Nostoc sphaericum*.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

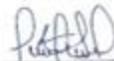
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %


 Javier Domínguez Asto
 Biólogo
 C.R.P. 11534

Lima, 06 de diciembre del 2023.


 JONATHAN VICTOR
 SAÑON ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 28465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Biólogo/Ecología y Recursos Naturales
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del polihidroxitirato.
 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de diciembre del 202


 Javier Domínguez Asto
 Biólogo
 C.B.P. 11534


 JONATHAN VÍCTOR
 SAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 26483

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Bióloga/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Concentraciones para la Síntesis del Bioplástico
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.


 Linzbet Domínguez Asto
 Bióloga
 C.R.P. 11534


 JONATAN VICTOR
 BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 26465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Bióloga/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Propiedades físicas y mecánicas del bioplástico.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucacatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.


 Linzbet Domínguez Asto
 Bióloga
 C.B.P. 11534


 JONATHAN VICTOR
 BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 26465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Biología/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del *Nostoc sphaericum*.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

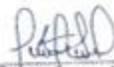
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.


 Linzbet Domínguez Asto
 Bióloga
 C.R.P. 11534


 JONATHAN VÍCTOR
 BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 26465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Domínguez Asto Linzbet
 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisión Ambiental/ Municipalidad Provincial de Huamanga
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Bióloga/Ecología y Recursos Naturales
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Biodegradabilidad de bioplástico.
 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.


 Javier Domínguez Asto Linzbet
 C.B.P. 11534


 JONHATAN VICTOR BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 28463

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Güere Salazar Fiorella Vanessa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del *Nostoc sphaericum*.
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Auccatoma Sandra Liseth.

II ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



Lima, 06 de diciembre del 2023.



JONATHAN VICTOR
BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 26463

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Güere Salazar Fiorella Vanessa
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Recursos Naturales
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización del Polihidroxitirato
 1.5 Autores de instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Auccatoma Sandra Liseth.

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 06 de diciembre del 202

[Firma]
Cp: 131344

[Firma]
JONATAN VICTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 26465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Güere Salazar Fiorella Vanessa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Concentraciones para la Síntesis del Bioplástico
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra Liseth.

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.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.



CIP: 131344



JONATHAN VICTOR
BARRÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 26465

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Güere Salazar Fiorella Vanessa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Bióloga/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Biodegradabilidad de bioplástico
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra

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.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

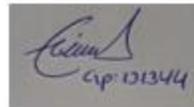
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.



CIP: 01344



JONHATAN VICTOR
BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 26485

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Güere Salazar Fiorella Vanessa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Bióloga/Ecología y Recursos Naturales
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Calidad y Recursos Naturales
- 1.5 Autores de Instrumento: Javier Marticorena Miguel Ángel y Huicho Aucatoma Sandra

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.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 06 de diciembre del 2023.

[Firma]
CIP: 131344

[Firma]
JONATHAN VICTOR
BAÑON ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 26465*

Anexo 5. Documento de validación de ensayo en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo

HOJA DE VALIDACIÓN



En el presente documento se muestran los resultados de Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxibutirato extraído del *Nostoc sphaericum* realizados en Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo-Laboratorio de Química por los alumnos de la carrera de Ing Ambiental del X semestre.

Alumnos: Miguel Javier Marticorena y Sandra Huicho Auccatoma.

Equipos y materiales: Agitador magnético, homo eléctrico, estufa eléctrica, centrifugadora, ph-metro, picnómetro, termómetro, balanza, vasos precitados, probetas, varillas, tubos para centrifugar, placas petris y pera decantador

Métodos: Físico y químico

1.Resultado de Caracterización del *Nostoc sphaericum*.

Tipo de muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrógeno-pH	Densidad (g/cm ³)	Tamaño (mm)	Color según tabla de Munsell
M1	25	7.8	0.55226	10 mm	4-verde
M2	25	7.8	0.55226	10 mm	4-verde
M3	25	7.9	0.55226	10 mm	4-verde

2.Resultado de la caracterización del polihidroxibutirato (Temperatura y pH)

Tipo de muestra	Temperatura	Potencial hidrógeno-pH
M1	1 °C	9.85
M2	1 °C	9.85
M3	1 °C	9.85

3.Resultado de las dosis óptimas para la obtención del bioplásticos del *Nostoc sphaericum*.

Muestra	PHB (g)	Agua destilada (mL)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Temperatura para dilución (°C)	Tiempo (minutos)
BPL 1	5	100	4	8	70	20
BPL 2	20	150	5	12	70	20
BPL 3	30	200	6	15	70	20

4.Resultados de la biodegradación del bioplásticos del *Nostoc sphaericum*.

Código de muestra	Repeticiones	Temperatura	Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)	Biodegradación (%)	Biodegradación Promedio (%)
BPL2 MAR	R1	25	2	1,74	1,45	1,28	36,00	35,00
	R2	25	2	1,72	1,47	1,27	36,50	
	R3	25	2	1,75	1,41	1,29	35,00	
BPL 2 SUELO	R1	25	2	1,85	1,64	1,42	29,00	28,16
	R2	25	2	1,83	1,67	1,45	27,50	
	R3	25	2	1,84	1,62	1,44	28,00	
BPL2 AGUA DE RIO	R1	25	2	1,89	1,74	1,56	22,00	21,16
	R2	25	2	1,87	1,76	1,59	20,50	
	R3	25	2	1,84	1,75	1,58	21,00	

Hisler Román Pérez
ING AMBIENTAL

Q.F.B. ROSALBINA DE LA CRUZ DAVILA-
COFP 5081

JONATHAN VÍCTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP Nº 26465*

Anexo 6. Reporte de similitud en software Turnitin

L JAVIER MARTICORENA | Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxi butirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima – 2...

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Síntesis de bioplástico a partir de polihidroxi butirato extraído del *Nostoc sphaericum* en el distrito Los Olivos, Lima – 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniería Ambiental

AUTOR (ES):
Huicho Aucatoma Sandra Liseth (orcid.org/0000-0003-4194-2240)
Javier Marticorena Miguel Angel (orcid.org/0000-0001-8579-8637)

ASESOR:
Mg. Bañón Arias, Jonnatan Víctor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	4 %	>
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %	>
4	www.tdx.cat Fuente de Internet	1 %	>
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %	>
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	>
7	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
8	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
9	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %	>
10	repositorio.unprg.edu.p... Fuente de Internet	<1 %	>
11	standards.iteh.ai Fuente de Internet	<1 %	>

Anexo 7. Equipos usados para las propiedades físicas y mecánicas

INFORME DE ENSAYO IE-2024- 1323

4.2.4. IMÁGENES DE ALGUNOS EQUIPOS USADOS



Figura N°1: EQUIPOS USADOS: A- EQUIPO DE TRACCIÓN UNIVERSAL; B- BALANZA ANALÍTICA; C- ESTUFA DE LABORATORIO

Leyenda

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

N.A. No Aplica

(c) Información suministrada por el cliente.

Slab
Laboratorio de ensayo e investigación

Anexo 8. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas del bioplásticos

		SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.		
		INFORME DE ENSAYO IE-2024-1325		
4. RESULTADOS				
4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: Muestra de Bioplástico obtenido del Nostoc Sphaericum PBL4 => PHB: 5gr/ Agua destilada: 100 mL / Ácido acético: 8 mL / Glicerina: 5 mL (2)				
4.2. RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO				
4.2.1. RESULTADOS DE BIOPLASTICO REPETICIÓN N°1				
Se presentan los resultados de ensayos del bioplástico repetición N°1.				
Tabla N°1: Resultados de resistencia a la tensión (Repetición N°1)				
Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°1	Resistencia a la Tracción	MPa	1	0.177
			2	0.142
			3	0.154
			Promedio	0.158
Tabla N°2: Resultados de resistencia a la elongación (Repetición N°1)				
Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°1	Resistencia a la Elongación	%	1	14.25
			2	19.74
			3	16.81
			Promedio	16.93
Tabla N°3: Resultados de Densidad y Humedad (Repetición N°1)				
Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultado
S-2728 Repetición N°1	Densidad	g/ cm ³	N.A.	0.101
	Humedad	%	0.01	28.22
4.2.2. RESULTADOS DE BIOPLASTICO REPETICIÓN N°2				
Se presentan los resultados de ensayos de la repetición N°2				
Tabla N°4: Resultados de resistencia a la tensión (Repetición N°2)				
Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°2	Resistencia a la Tracción	MPa	1	0.167
			2	0.155
			3	0.158
			Promedio	0.160
SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. Calle 22 Urb. Vipol Naranjal Mz E L1 07, San Martín De Porres Lima-Perú. Cel: 926640042 www.slshperu.com - contacto@slshperu.com				
V02 2023-07-21				Página 2

INFORME DE ENSAYO IE-2024-1325
Tabla N°5: Resultados de resistencia a la elongación (Repetición N°2)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°2	Resistencia a la Elongación	%	1	16.85
			2	18.02
			3	17.41
			Promedio	17.43

Tabla N°6: Resultados de Densidad y Humedad (Repetición N°2)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultado
S-2728 Repetición N°2	Densidad	g/ cm ³	N.A.	0.105
	Humedad	%	0.01	28.37

4.2.3. RESULTADOS DE BIOPLASTICO REPETICIÓN N°3

Se presentan los resultados de ensayos de la repetición N°3

Tabla N°7: Resultados de resistencia a la tensión (Repetición N°3)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°3	Resistencia a la Tracción	MPa	1	0.165
			2	0.158
			3	0.150
			Promedio	0.158

Tabla N°8: Resultados de resistencia a la elongación (Repetición N°3)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Número de Probeta	Resultados
S-2728 Repetición N°3	Resistencia a la Elongación	%	1	18.20
			2	18.74
			3	16.28
			Promedio	17.74

Tabla N°9: Resultados de Densidad y Humedad (Repetición N°3)

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultado
S-2728 Repetición N°3	Densidad	g/ cm ³	N.A.	0.104
	Humedad	%	0.01	29.12

Anexo 9. Evidencia fotográfica de la obtención del bioplástico

