

**ESTUDIO FISICOQUÍMICO DE LA DEGRADACIÓN DE LA
CONCHA DE PAPA PERIDERMIS (*solanum tuberosum*) POR MEDIO
DE UNA AUTOCLAVE ANAEROBIA A ESCALA DE
LABORATORIO.**

MARYOLI LICETH MENDOZA BAUTISTA

**Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de
Químico(a)**

Tutores

JOSÉ HERNANDO QUINTANA MENDOZA

Magister

DIEGO FERNANDO MONTAÑO MONTOYA

Doctor



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PAMPLONA, COLOMBIA
2024**

DEDICATORIA

"Dedico esta tesis a mi familia, cuyo amor y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino académico. A mis amigos, por su compañía, ánimo y comprensión durante los momentos de estudio intenso. A mis profesores y mentores, por su guía experta y sus valiosos consejos. Y a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a mi formación académica y personal. Gracias por ser parte de este importante logro en mi vida."

Especialmente a mi madre, quien ha sido mi razón para perseverar cuando pensé en rendirme, por todos los esfuerzos que ha realizado para que yo esté a punto de concluir una de las etapas más significativas tanto para ella como para mí. Por último, a mis amigos, también les dedico esto, ya que, sin su ayuda, compañía y respaldo, el camino habría sido considerablemente más difícil. Agradezco cada consejo, risas, lágrimas y cafés compartidos, y les estoy profundamente agradecido por formar parte de mi travesía académica. También agradezco a mis amigos del colegio que siempre estuvieron presentes en este proceso, siendo un pilar fundamental.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a la divinidad, por brindarme la oportunidad de alcanzar este hito, por fortalecerme en mi camino, por estar a mi lado y orientarme durante mis estudios, y por concederme la paciencia y el discernimiento necesarios para alcanzar esta meta.

"Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de alguna manera a la realización de esta tesis. En primer lugar, a mi tutor José Hernando Quintana , por su orientación experta, su paciencia y su constante apoyo a lo largo de este proceso. Su sabiduría y experta orientación fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Además, deseo expresar mi agradecimiento a los docentes que han colaborado de diversas maneras a lo largo de mi trayectoria académica, brindándome enseñanzas y saberes que han sido fundamentales para mi formación.

Agradezco también a mi familia, en especial a mi madre a mi padre y hermana , por su inquebrantable amor, comprensión y motivación. Han sido mi mayor fuente de inspiración y mi sostén en los momentos difíciles.

A mis amigos y compañeros de estudio Daira Pinzón, Camilo Luque, Tatiana Salamanca, Luisa Rivera, Alejandra lozano, Felipe Rodríguez, Roiner Ruidiaz, Sarwing Salazar y Camilo Restrepo les agradezco por su compañía, su aliento y sus palabras de ánimo. Sus consejos, risas y momentos compartidos han hecho más llevadera esta travesía académica. Asimismo, quiero expresar mi gratitud hacia Alejandro Iles, por el respaldo afectuoso, la confianza y el aliento que me ha proporcionado durante todo este proceso.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas aquellas personas que, de una forma u otra, brindaron su colaboración y apoyo durante este proceso. Su contribución ha sido invaluable.

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de todos ustedes. Gracias por creer en mí y por ser parte de este importante logro en mi vida."

CONTENIDO

DEDICATORIA	2
Agradecimientos	3
Lista de tablas	7
Lista de figuras	7
Lista de abreviaturas	9
RESUMEN	10
Abstract	11
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO REFERENCIAL	13
1.1. Origen de la papa (solanum tuberosum)	13
1.2 Cáscara de papa	17
1.3 Descomposición aeróbica y anaeróbica	27

1.4 Probióticos	28
1.5 Autoclaves	29
2. objetivos	31
2.1 Objetivo general	31
2.2 Objetivos específicos	31
3. Metodología	31
3.1 Reactivos	31
3.2 Materiales y equipos	32
3.3 Procedimiento	33
3.4 Determinación del porcentaje de concha de la papa.	34
3.5 Recolección y preparación de la muestra	34
3.6 Diseño de la autoclave.	34
3.7 Preparación del crudo de fermentación	35
3.8 Desmontaje de las autoclaves	35
3.9 Análisis fisicoquímicos de las muestras	37
3.10 Análisis de humedad y ceniza	37
3.11 Caracterización	38
3.12 Sembrado	40
4. Resultados y análisis	41

4.1 Determinación del porcentaje de concha de papa	41
4.2 Control de peso y pH	42
4.2.1 Humedad y ceniza sin y con probiótico	45
4.3 Caracterización	46
4.3.1. UV- VIS del lixiviado sin y con probiótico	46
4.3.2. ATR-FTIR	47
4.3.3. DQO	49
4.3.4. Absorción Atómica	50
4.3.5. Cromatografía de Gases	51
4.4 Sembrado	56
Conclusiones	57
RECOMENDACIONES	58
Bibliografía	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Compuestos fenólicos en la papa y cascara (Schieber Andreas; Saldaña Marleny D.2009).....	19
Tabla 2. Volátiles en la cascara y pulpa de papa (Comandini, P., Cerretani, L., Blanda, G., Bendini, A. y Toschi, TG 2011).....	21
Tabla 3. Características de los macronutrientes (Polo, L. A. 2006).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Características de los micronutrientes (Polo, L. A. 2006)	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Absorción atómica del lixiviado del peridermis del solanum tuberosum sin y con probiótico, para los diferentes elementos	51
Tabla 6. Análisis del cromatograma de los volátiles sin y con probiótico.	53
Tabla 7. Análisis del cromatograma de lixiviado sin y con probiótico.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de papa (Capezio Silvia,2018)	14
Figura 2 A: Producción mundial de papa (SIC) B: Producción de papa américa.....	15
Figura 3. Estructura de rutas de comercialización de la papa en Colombia	16
Figura 4. Tubérculo de papa y su estructura	17

Figura 5. Características principales y valorización de la cáscara de papa mediante procesamiento biológico y termoquímico.....	19
Figura 6. Estructura de los ácidos hidroxicinámicos (AD) y los ácidos hidrobenczoicos (EH) que se encuentran en la cáscara de papa. A) ácido clorogénico (ácido 5-O-cafeoilquínico), B) ácido cafeíco. C) ácido p-cumárico, D) ácido ferúlico, E) ácido protocatéquico , F) ácido gálico, G) ácido salicíco, H) ácido vanílico. (Schieber Andreas; Saldaña Marleny D.2009)	20
Figura 7. Ciclo de reproducción del Bacillus Claussi Fuente (Villarreal-Delgado et al., 2018; Urdaci et al., 2004; (González, DG,2019)	29
Figura 8. Partes de una autoclave (P.U, L. 2016)	30
Figura 9. Esquema general de la metodología experimental.	34
Figura 10. Porcentaje de peridermis del solanum Phureja.....	41
Figura 11. Boxplot del control de peso de las autoclaves.....	42
figura 12. A pH de volátiles disueltos sin probiótico. B pH de volátiles disueltos con probiótico	43
Figura 13. A pH de Lixiviado sin probiótico. B pH de Lixiviado con probiótico.	44
Figura 14. Boxplot Humedad del peridermis del solanum tuberosum sin y con probiótico.	45
Figura 15. Boxplot Ceniza del peridermis del solanum tuberosum sin y con probiótico.....	46
Figura 16. UV-VIS del Lixiviado del peridermis del solanum tuberosum sin y con Probiótico.	47
Figura 17. (A) Comparación de espectros IR del peridermis del solanum tuberosum sin y con probiótico. (B) Comparación de espectros IR del peridermis del solanum tuberosum a diferentes días de degradación con probiótico.	48
Figura 18. Comparación de cocientes de las muestras por días de degradación con probiótico.	49

Figura 19.DQO Lixiviado del peridermis del solanum tuberosum Con Probiótico a diferentes días de degradación.....	50
Figura 20. Cromatograma de volátiles con y sin probiótico	52
Figura 21. Cromatograma del lixiviado sin y con probiótico.	54
Figura 22. Control, muestras de lixiviado y solido del día inicial y final del sembrado.	56
Figura 23. (A) Boxplot del crecimiento de plantas de rábano con lixiviado y solido de peridermis del solanum. (B) Boxplot del crecimiento de raíces	57

LISTA DE ABREVIATURAS

a	Abreviatur	Término
	ATR-FTIR	Fourier-transform infrared spectroscopy
	EAA	Atomic absorption spectroscopy
	UV-VIS	Espectroscopia ultravioleta-visible
	DQO	Demanda química de oxígeno
	GC/MS	Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry
	C.S. P	Potato peel without probiotic
	C.C. P	Potato peel with probiotic
	D.D	days of degradation

RESUMEN

Este proyecto enfoca sus esfuerzos en el entendimiento de la degradación de residuos sólidos orgánicos, bajo condiciones controladas. Buscando aportar soluciones frente a las toneladas de residuos que se generan en la ciudad de Pamplona Norte de Santander, mediante la implementación de una autoclave a escala de laboratorio, bajo condiciones anaeróbicas, con cáscara de papa y control de parámetros ambientales; permitiendo generar un prototipo de estudio para la caracterización de material sólido y lixiviado.

La caracterización de las diferentes fases del sistema en estudio en este trabajo, se realizó mediante la utilización de técnicas como ATR-FTIR, UV-VIS, EAA y CG/MS, fisicoquímicas y DQO. Dicho estudio de degradación de la cascara de papa, sugiere que este residuo solido es prometedor para el aprovechamiento y la posible implementación de abonos orgánicos y fertilizantes líquidos, para el crecimiento de diferentes plantas y cultivos de mayor exigencia de nutrientes como el rábano.

Palabras Claves: Degradación anaerobia; cáscara de papa; Fertilizantes Líquidos; Abono orgánico; Propiedades fisicoquímicas.

ABSTRACT

This project focuses its efforts on understanding the degradation of organic solid waste, under controlled conditions. Seeking to provide solutions to the tons of waste generated in the city of Pamplona Norte de Santander, through the implementation of a laboratory-scale autoclave with anaerobic conditions from potato peels and control of environmental parameters; allowing the generation of a study prototype for the characterization of solid and leachate material.

The characterization of the different phases of the system under study in this work was carried out by using techniques such as ATR-FTIR, UV-VIS, EAA and CG/MS, physicochemical and DQO. This study of the degradation of potato peel suggests that this solid waste is promising for the use and possible implementation of organic fertilizers and liquid fertilizers, for the growth of different plants and crops with greater nutrient requirements such as radish.

Keywords: Anaerobic degradation; potato peel; Liquid Fertilizers; Organic fertilizer; Physicochemical properties.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en Colombia se producen alrededor de 11,6 millones de toneladas de desechos sólidos por año. De esta cantidad, aproximadamente el 40% tiene el potencial de ser utilizado de manera innovadora para beneficiar tanto a las personas como al medio ambiente. Sin embargo, según datos proporcionados por la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2019), solo se recicla aproximadamente el 17%. Esta situación ha creado un escenario en el cual, si el consumo de los colombianos continúa al mismo ritmo, la producción de desechos podría aumentar en un 20% en la última década. La utilización de estos residuos se presenta como una alternativa para explorar sus beneficios mediante la degradación de la cáscara a través de un proceso de autoclave anaeróbica.

Con el fin de analizar los diferentes productos en las distintas etapas del sistema se llevó a cabo utilizando técnicas como ATR-FTIR, UV-VIS, EAA y CG/MS, así como pruebas fisicoquímicas y DQO. En relación a los resultados obtenidos, estas etapas se aplicaron a cultivos con semillas de rábanos, proporcionando resultados prometedores para la implementación del aprovechamiento de este residuo como fertilizante líquido y abono orgánico.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Origen de la papa (*Solanum tuberosum*)

El origen de la papa (*Solanum tuberosum*) y su evolución han llegado a ser objeto de gran interés durante los últimos años, con una generación anual de más de 370 millones de toneladas en todo el mundo, la papa es el cuarto cultivo hortícola más importante después del arroz, el trigo y el maíz (Dreyer, 2017). La papa fue hallada por los españoles en su venida a Colombia, Ecuador, Chile y Perú, donde fue cultivada por primera vez entre los años 8000 y 5000 a. C en la región que comprende el sur de Perú y el noroeste del Altiplano boliviano. Desde ese entonces se ha extendido por todo el mundo lo comenta (Marcial Iza José Alfonso, 2013).

A partir de ese momento el cultivo de papa se expande por el hemisferio norte hasta llegar a la revolución industrial, a convertirse en un alimento fundamental para los mineros y obreros, cuyas largas jornadas laborales requerían gran aporte de energía. En la actualidad la papa es un alimento que se consume en todo el mundo. Su cultivo se encuentra presente en más de cien países, entre ellos, los de América del Norte y Europa que vienen siendo de los mayores productores se menciona en (Spooner et al., 2005; Ebrahimian, F., Denayer, J. F., & Karimi, K. 2022). La taxonomía de la papa y de sus parientes silvestres han sido amplio estudio durante los últimos años (Van den Berg y Jacobs, 2007). La papa es una planta de naturaleza herbácea, la cual está compuesta por un sistema aéreo y está caracterizado por incluir inflorescencia, hojas compuestas, tallos y frutos, también cuenta con un sistema subterráneo que está constituido por raíces, estolones y tubérculos Figura 1 (Capezio Silvia, 2018).

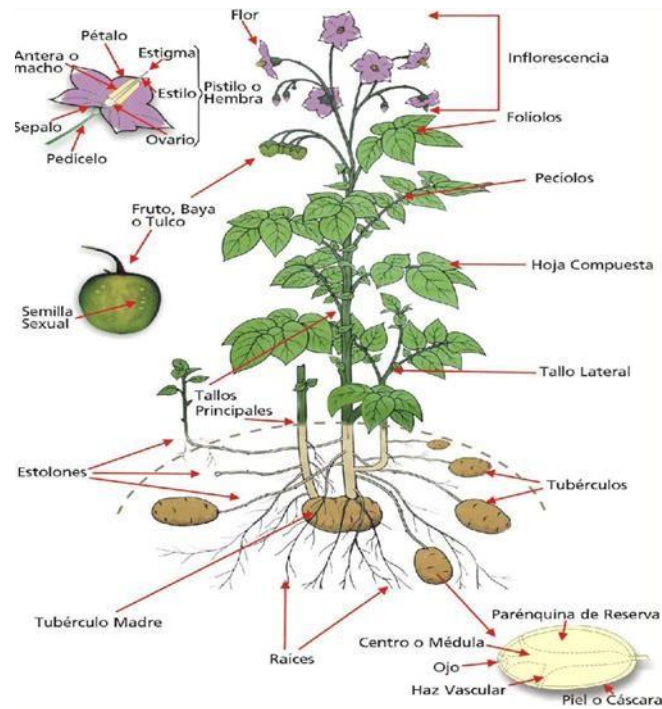


Figura 1. Morfología de la planta de papa (Capezio Silvia, 2018)

En el mercado global, la papa se ha sometido a varios cambios; hasta principios de la década de los 90, la mayoría de las papas se daban y se consumían en Europa, América del Norte y los países de la Unión Soviética. Desde entonces, se ha dado un aumento drástico en la producción y demanda en Asia, África y América latina. La papa se cultiva en más de 155 países de todo el mundo y más de 1000 millones de personas la consumen; la producción mundial estuvo alrededor de 385 millones de toneladas métricas en 2014 datos que dio la FAO, mientras se estima que dos tercios de la misma se destina al consumo humano y el resto para el consumo animal y para la producción de almidón (Datos y cifras de la papa 2017). Teniendo en cuenta que es un tubérculo que cumple un papel muy importante en la canasta familiar de Latinoamérica y el Caribe, el porcentaje de producción a nivel global y latinoamericano se puede observar en la figura 2 (A-B) afirma (G., JLA 2016).

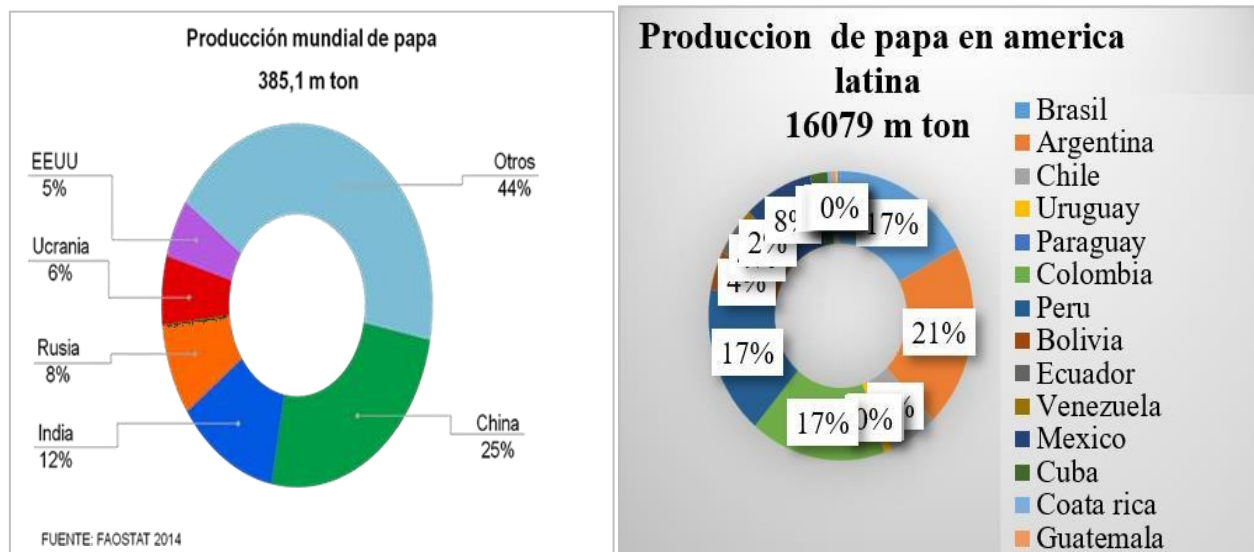


Figura 2 A: Producción Mundial de Papa **B:** Producción de Papa América (SIC).

En la Figura 2 (A-B) se reflejan los porcentajes de producción de papa a nivel mundial y latinoamericano, donde China se encuentra con el 25%, otros con el 44% y EEUU con una producción del 5% a nivel mundial; mientras los porcentajes a nivel latinoamericano se encuentran en 17% países como Brasil, Colombia y Perú y en menor porcentaje de producción R. Dominicana de 0,1%.

Por otro lado, existen 90.000 productores de papa aproximadamente en Colombia, los cuales el 85% de ellos son pequeños productores, 10% son medianos 5% grandes cultivadores (SIC). El rendimiento de estos cultivos es del 18,9 al 21,1% en los últimos diez años (RURAL,2019); lo anterior se refleja en un sembrado de 130 mil hectáreas, con una generación nacional de 2,8 millones de toneladas, las cuales se comercializan en mayoristas y autoconsumo tal como se muestra en la Figura 3.

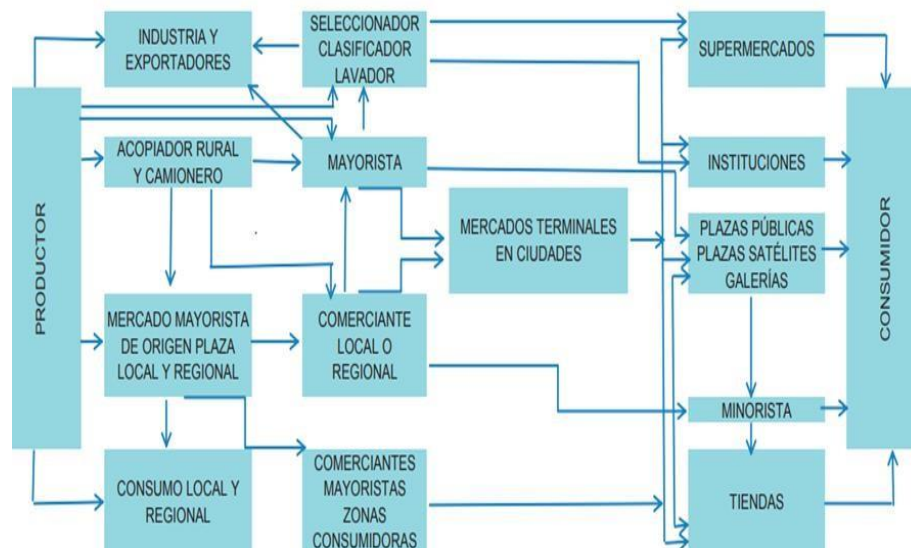


Figura 3. Estructura de rutas de comercialización de la papa en Colombia (Rural,2019)

El conocimiento de la ruta de comercialización permite entender que el procesamiento de sus residuos podría ser una oportunidad para generar biofertilizantes, lo anterior se puede entender basado en que es un tubérculo con un tallo subterráneo, modificado para el almacenamiento de almidón. La parte exterior del tubérculo se denomina peridermis; viene luego, una franja estrecha difícilmente visible que es la corteza, ambas secciones forman la cáscara. Además, tiene un tallo modificado que se ramifica hacia los ojos o yemas denominado medula. El espacio entre la medula y la corteza está relleno de un tejido conocido como parénquima vascular de almacenamiento, dicho tejido está separado en dos porciones por el anillo vascular. El tubérculo está constituido por aproximadamente 2% de cascara, 75% a 85% de parénquima vascular de almacenamiento y de 14 % a 20 % de medula, (Ospina, 2012), ver Figura 4. Lo anterior muestra que, de los 2,8 millones de toneladas generadas, se generan alrededor 56 mil toneladas de residuos, lo cual invita a su estudio e investigación para su reutilización.

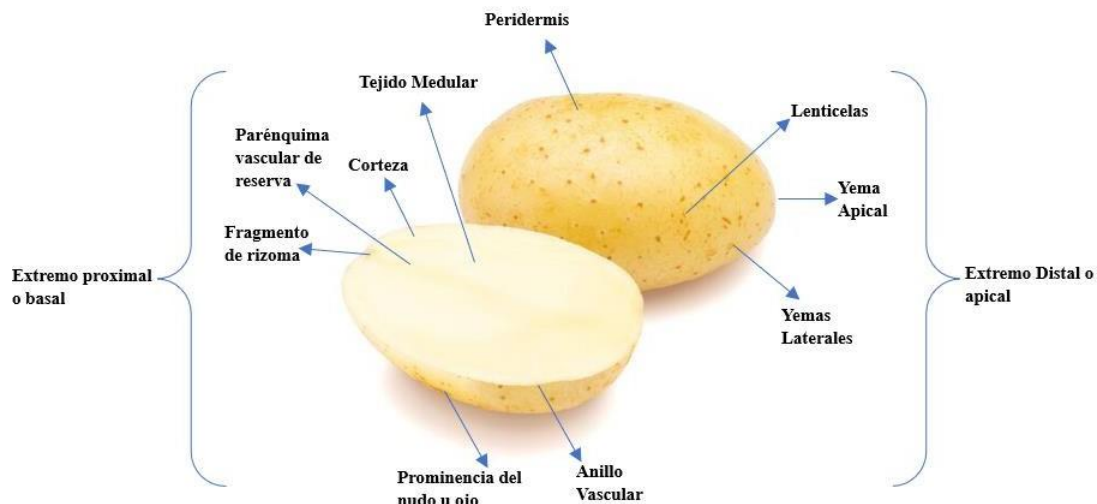


Figura 4. Tubérculo de papa y su estructura (Ospina, 2012).

La composición de la papa es 80 % agua, de la materia seca el 75% almidón, el 1-2% fibras alimentarias, las cuales se encuentran fácilmente en la cáscara, del 3 a 15% compuestos nitrogenados de la materia seca, la concentración de azúcares constituida en 0,1-0,7% siendo uno de los componentes más bajos pero más importantes, ya que se encuentra la glucosa, sacarosa y fructosa, también están presentes los lípidos en 0,1% y se encuentran mayormente en la cáscara, y, por último las vitaminas, las cuales se clasifican en vitamina C (ácido ascórbico y dehidroascorbico), además de otras vitaminas hidrosolubles, como tiamina y vitamina B⁶, calcio (40 ppm), fósforo (260 ppm) lo mencionan (Ospina,2012; Isique Valverde, M. J., & Sing Lezama, J. L. 2017).

1.2 Cáscara de papa.

El procesamiento a la cáscara de papa se puede realizar mediante dos métodos: biológicos y termoquímicos, el procesamiento biológico hace referencia a la aplicación de microorganismos para convertir el residuo en bioproductos, mediante fermentación o digestión anaerobia. Por otro

lado, el proceso termoquímico se refiere a la descomposición térmica de la cáscara en bioproductos deseados, mediante pirolisis y entre otros (Ebrahimian F, 2022). En la Figura 5 podemos distinguir los diferentes métodos anteriormente mencionados y algunas características importantes que contiene la cáscara de papa lo describe (Sampaio, 2020).

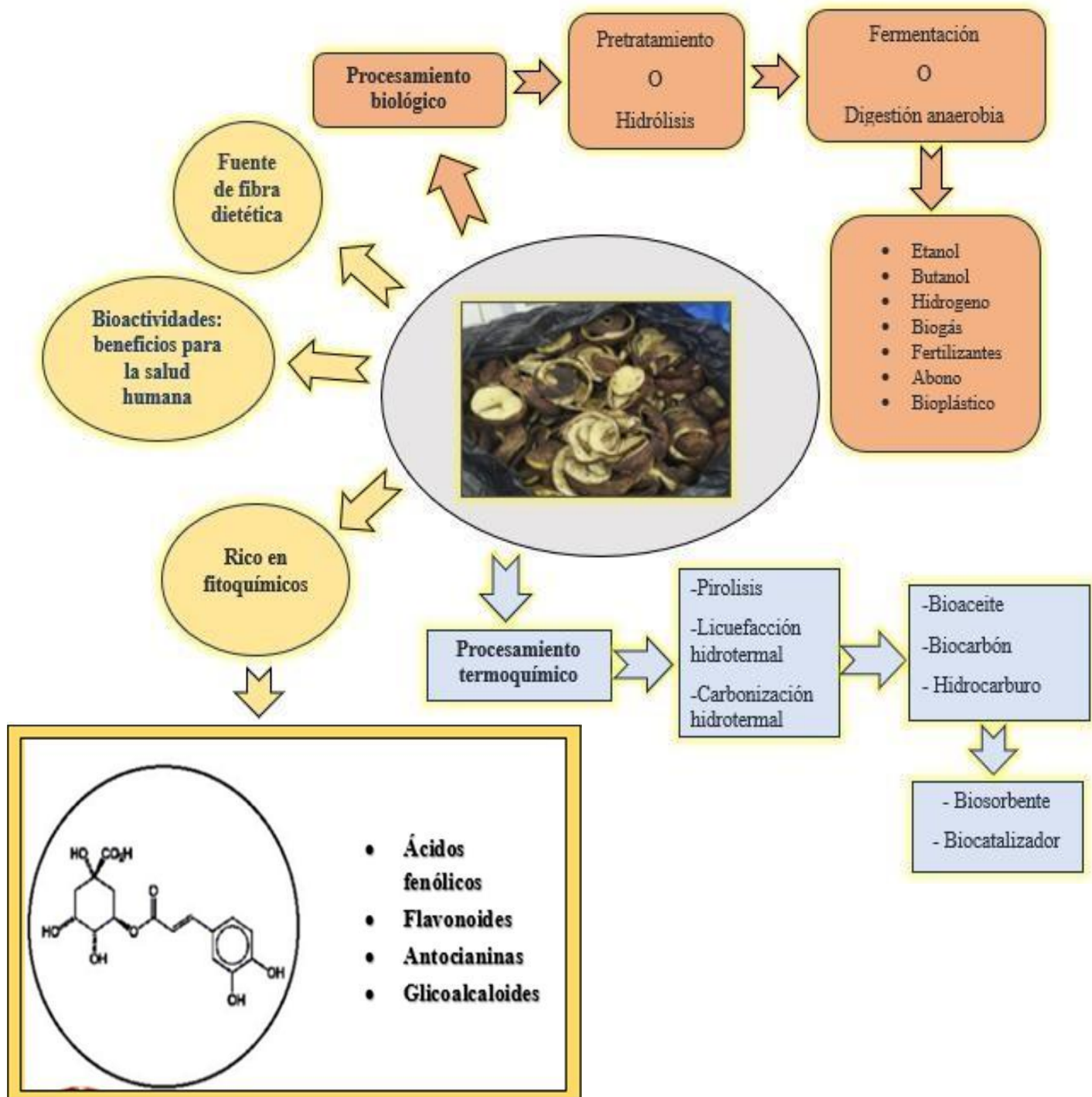


Figura 5. Características principales y valorización de la cáscara de papa mediante procesamiento biológico y termoquímico (Sampaio, 2020).

El residuo de cáscara de papa es una fuente potencial de componentes funcionales y bioactivos, con capacidad antioxidante, pigmentos, fibra dietética y minerales, los cuales se recomiendan para neutralizar los radicales del cuerpo y reducir los efectos del estrés oxidativo lo afirma (Teow *et al.* 2007). Lo anterior debido a la presencia de compuestos fenólicos, como los que se mencionan en la Tabla 1 (Schieber Andreas; Saldaña Marleny D.2009).

Tabla 1. Compuestos fenólicos en la papa y cascara (Schieber Andreas; Saldaña Marleny D.2009).

Ácidos hidroxicinámicos	• Ácido 5-<i>O</i>-cafeoilquínico (ácido clorogénico). • Ácido 4-<i>O</i>-cafeoilquínico (ácido criptoclorogénico). • Ácido 3-<i>O</i>-cafeoilquínico (ácido neoclorogénico). • Ácido cafeico. • Ácido <i>p</i>-cumárico • Ácido ferúlico.
Ácidos hidroxibenzoicos	• Ácido gálico • Ácido protocatequico • Ácido vainílico • Ácido salicílico
Flavonoides no antocianinos	• Catequina • Epicatequina • Eriodictiol • Naringenina • Glucósidos de kaempferol • Glucósidos de quercetina
Antocianinas	• Glucósidos de petunidina • Glucósidos de malvidina • Glucósidos de pelargonidina • Glucósidos de peonidina
Dihidrocafeoil poliaminas	• $N^1 N^{12}$-Bis (dihidrocafeoil)espermina (kukoamina A) • N^1, N^8-Bis (dihidrocafeoil)espermidina • N^1, N^4, N^{12}-Tris(dihidrocafeoil)espermina • N^1, N^4, N^8-Tris(dihidrocafeoil)espermidina

Los compuestos fenólicos se concentran en la cáscara de papa y en los diferentes tejidos que se encuentran en los niveles bajos del tubérculo, los fenoles están presentes tanto de forma libre como unida, su gran mayoría son derivados del ácido hidroxicinámico, fenoles en forma libre y el ácido hidrobenzoico, fenoles unidos. En la Figura 6 se observan las estructuras de los fenoles más representativos en la cáscara de papa lo menciona (Singh, P. P., & Saldaña, M. D. A. 2011).

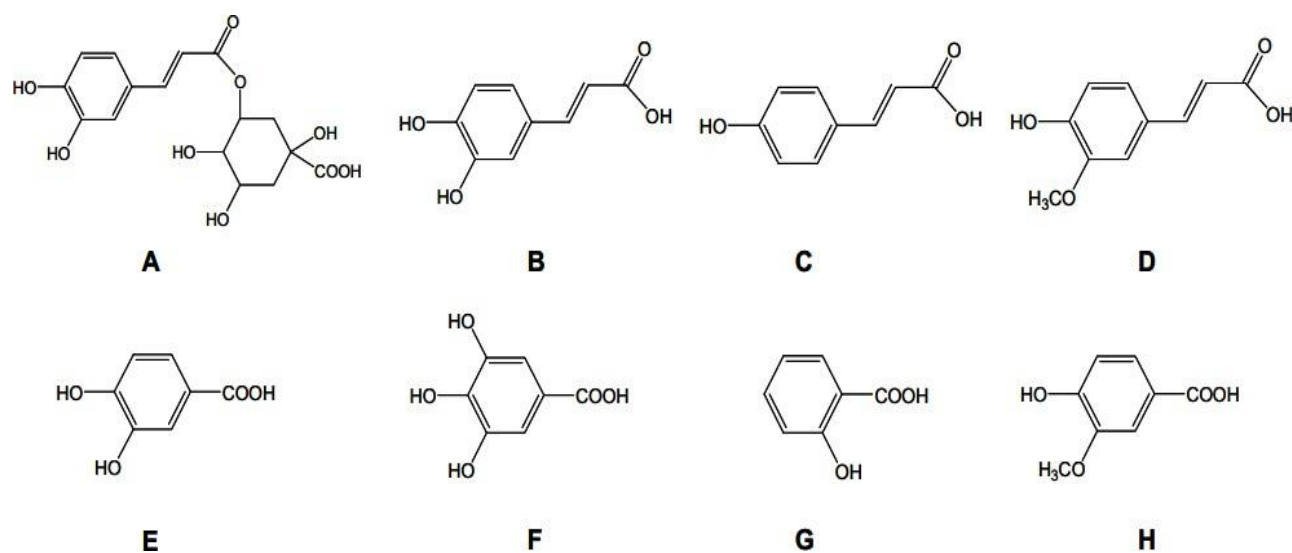


Figura 6. Estructura de los ácidos hidroxicinámicos (A-D) y los ácidos hidrobenzoicos (E-H) que se encuentran en la cáscara de papa. A) ácido clorogénico (ácido 5-O-cafeoilquínico), B) ácido cafeíco. C) ácido p-cumárico, D) ácido ferúlico, E) ácido protocatequico, F) ácido gálico, G) ácido salicíico, H) ácido vanílico. (Schieber Andreas; Saldaña Marleny D.2009).

Durante el proceso de descomposición, la cáscara de papa genera volátiles como alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos orgánicos, sulfuro de dimetilo y sulfuro de metilo, los dos últimos responsables del olor durante la degradación. Otros componentes de la degradación son los compuestos nitrogenados, procedentes de las proteínas. En la Tabla 2 se resume de manera detallada las moléculas identificadas en el lixiviado procedente de la cáscara de papa.

Tabla 2. Volátiles en la cascara y pulpa de papa (Comandini, P., Cerretani, L., Blanda, G., Bendini, A. y Toschi, TG 2011).

Hidrocarburos	• Propilciclopentano • Butilciclopentano • Propilciclohexano • 2,2,4,6,6-pentametil heptano • Biciclo-2,2,2-1-metiloctano • Hexadecano • 3-etil-2-metil-1,3-hexadieno • 1-hepteno • 6-metil-1-hepteno • 1-octeno • (E)- 2-octeno • (Z) – 2- octeno • Estireno • α- ionona • α – curcumeno
Alcoholes	• Etanol • 2-propanol • 1-undecanol • Dodecanol • Tetradecanol • 1,5-heptadieno-3,4-diol
Ácidos	• Ácido 2-octenoico • Ácido feniletanoico
Aldehídos	• Acetaldehído • Propanal • Metilpropanal • 2-metil propanal • Butanal • 2- metil butanal • 3- metil butanal • (E)- 2-etil-2-butenal • Pentanal • Hexanal • (E) – 2-hexanal • Heptanal • 2-Heptanal • (E,Z)-2,4-Heptadienal • Octanal • (E)-2-Octanal • Nonanal • (Z)-3-Nonenal • (E,E)-2,4-Nonadienal

	• (E,Z)-2,6-Nonadienal • 2,6-Nonadienal • Trans-4,5-epoxi(E)-2-nonenal • (E)- 2- Decenal • (E)-4,5-epoxy-(E)-2-decenal • (E,E)-2,4-decadienal • 1-butyl-1-(H)- pirrol • 1-pentyl-1 (H)-pirrol • 2-pirrolidinona • 1 – metil- 2-pirrolidinona • 2- acetil-1- pirrolina • 1-(H)- pirrol- 2-carboxaldehído • 1-pirrolidinacarboxaldehído
Oxazoles	4,5-dimetiloxazol
Indol	• 2,3-dihidroindol
Compuestos de furano	• 2-metilfurano • 2-etilfurano • 2-etil-5metilfurano • 2-vinilfurano • 2,5-dihidro-3,4-dimetilfurano

De acuerdo a la composición mencionada anteriormente, se puede prever el uso de lixiviados como fertilizantes líquidos, ya que, el cultivo de papa se ha asociado al uso de agroquímicos que ocasionan problemas ambientales. Las características de los fertilizantes líquidos están dadas por suministros oportunos de nutrientes que se reflejan en el crecimiento óptimo de las plantas y en su buena tuberculización. La fertilización deficiente se determina en plantas pequeñas, ya que, sus tallos son pobres, su área foliar se prolonga en el ciclo vegetativo hasta el momento de su madurez fisiológica y escasa lo afirma (Quito, 2017). Los diferentes elementos químicos que caracterizan los fertilizantes comúnmente se dividen en macro y micro elementos (Quito, 2017). Los macros son aquellos donde sería imposible generar una producción agrícola, sin estos presentes, como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio(K) y Calcio (Ca). En la Tabla 3 se pueden observar las características principales de los macronutrientes.

Tabla 3. Características de los macronutrientes (Polo, L. A. 2006).

Macronutrientes				
Nutrientes	Función	Carencia	Sinergismo	Antagonismo
Nitrógeno (N)	Promueve el desarrollo vegetativo, generando la apariencia de succulencia y el color verde característico de las hojas.	Retrasa el proceso de maduración de la planta y la debilita, haciéndola más susceptible a enfermedades. Además, ocasiona un tono verde pálido en las hojas.	El nitrógeno (N) promueve la absorción de magnesio (Mg) y potasio (K).	El exceso de nitrógeno (N) obstaculiza la adecuada asimilación del potasio (K) en la planta.
Fosforo (P)	Ayuda en el crecimiento de las raíces y de las plántulas. Mejora la eficiencia en el uso del agua y la resistencia a ciertas enfermedades.	Las hojas muestran un tono verde claro con bordes secos. La floración es escasa y hay poco desarrollo en las raíces.	El fósforo promueve la absorción de magnesio (Mg).	El fósforo (P) dificulta la absorción de potasio (K), calcio (Ca), y zinc (Zn).
Potasio (K)	Tiene un papel crucial en la fotosíntesis, la activación enzimática, así como en la síntesis de proteínas y carbohidratos.	En ausencia, disminuye la floración, la fructificación y el crecimiento general de la planta, aumentando su vulnerabilidad a enfermedades.	El potasio (K) promueve la absorción de hierro (Fe) y manganeso (Mn).	El potasio (K) dificulta la absorción de magnesio (Mg) y boro (B).
Azufre (S)	Se encuentra presente en ciertos aminoácidos y vitaminas, y es un componente esencial de diversas enzimas. Participa en la síntesis de clorofila.	Reducción en la capacidad de las bacterias para fijar nitrógeno atmosférico. Cambios en los procesos metabólicos y en la síntesis de proteínas.	El azufre (S) promueve la absorción de nitrógeno (N).	El azufre (S) dificulta la absorción de cobre (Cu).
Calcio (Ca)	Promueve el crecimiento tanto de las raíces como de las hojas.	Las hojas muestran una apariencia reducida y deformada, con manchas de color amarillo pálido. El crecimiento es deficiente, con un retraso en el desarrollo de las raíces y daños en la fruta.	No muestra efecto sinérgico.	El calcio (Ca) dificulta la absorción de magnesio (Mg), hierro (Fe), fósforo (P), potasio (K), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

Magnesio (Mg)	En el proceso de fotosíntesis, es un elemento esencial de la clorofila, la cual es la molécula responsable del color verde característico de las plantas.	Las hojas adquieren una tonalidad rojiza y presentan manchas amarillas. Este cambio afecta principalmente a las hojas jóvenes. Finalmente, la planta pierde sus hojas.	El magnesio (Mg) promueve la absorción de boro (B) y fósforo (P).	No muestra efecto antagonista.
----------------------	---	--	---	--------------------------------

Los micronutrientes están constituidos por: Magnesio (Mg), Azufre (S), Boro (B), Cobre (Cu), hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn). Los micro elementos no son tan indispensables, pero, sin embargo, su deficiencia provoca algunas alteraciones fisiológicas que pueden incidir en el logro de bajos rendimientos.

La calidad de todas estas partes de las plantas depende de la interacción, muchas veces modificada por las condiciones del suelo, denominadas complejos de intercambio, siendo estos los responsables de la adsorción, liberación e intercambio de los elementos del suelo. El análisis de la química del suelo ayuda a determinar la necesidad de tipos específicos de fertilizantes afirma (Quito,2017) En la Tabla 4 se observan las características específicas de los micronutrientes.

Tabla 4. Características de los micronutrientes (Polo, L. A. 2006)

Macronutrientes				
Nutrientes	Función	Carencia	Sinergismo	Antagonismo
Manganeseo (Mn)	Participan en la realización de procesos como la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno. También intervienen en la germinación del polen.	La deficiencia de manganeseo (Mn) ocasiona clorosis intervenal, que se manifiesta como hojas jóvenes amarillentas con venas verdes. Además, provoca un retraso en el crecimiento de la planta.	No presenta sinergismo	El manganeseo (Mn) dificulta la absorción de hierro (Fe).
Hierro (Fe)	Es un componente presente en diversas enzimas y ciertos pigmentos, contribuyendo a la reducción de nitratos y sulfatos, así como a la generación de energía dentro de la planta.	La falta de hierro se manifiesta como clorosis intravenosa en las hojas recién formadas.	No presenta sinergismo	El hierro (Fe) dificulta la absorción de fósforo (P), cobre (Cu) y manganeseo (Mn).
Zinc (Zn)	Estimula las enzimas que son	Las hojas jóvenes pueden mostrar	No presenta Sinergismo.	El zinc (Zn) dificulta la

	responsables de la síntesis de ciertas proteínas. Participa en la creación de clorofila y algunos carbohidratos.	clorosis, típicamente intervenal, y a veces presentar manchas necróticas en los bordes. También pueden observarse hojas torcidas hacia arriba o con deformidades.		absorción de hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn).
Cobre (Cu)	Estimula la actividad de algunas enzimas que participan en la producción de lignina y es esencial para varios sistemas enzimáticos. Es necesario para llevar a cabo la fotosíntesis y la respiración en las plantas.	El cobre es un nutriente inmóvil, lo que significa que los síntomas de su deficiencia se manifiestan en las hojas nuevas. Estas hojas pueden ser pequeñas, opacas y, en algunos casos, pueden llegar a marchitarse.	No presenta Sinergismo.	El cobre (Cu) dificulta la absorción de hierro (Fe) y manganeso (Mn).
Boro (B)	El boro se emplea junto con el calcio en la formación de las paredes celulares y es vital para el proceso de división celular. Contribuye a la polinización y al desarrollo adecuado de frutas y semillas.	La falta de boro se manifiesta en los puntos de crecimiento de las raíces y del follaje, así como en las estructuras de floración y fructificación.	El boro (B) promueve la absorción de magnesio (Mg).	No presenta Antagonismo.
Molibdeno (Mo)	Es un componente esencial en dos enzimas que transforman el nitrato en nitrito (una forma de nitrógeno tóxica), y posteriormente en amoníaco, para luego ser utilizado en la síntesis de aminoácidos dentro de la planta. Además, es necesario para las bacterias simbióticas que fijan nitrógeno.	Dado su estrecho vínculo con el nitrógeno, la deficiencia de molibdeno puede asemejarse mucho a la deficiencia de nitrógeno. Es el único micronutriente que se desplaza dentro de la planta, por lo que los síntomas de su deficiencia se presentan en las hojas intermedias y las más antiguas.	No presenta Sinergismo.	El molibdeno (Mo) dificulta la absorción de magnesio (Mg) y hierro (Fe).

La composición y las distintas propiedades nutricionales de la cáscara de papa han facilitado la generación de investigaciones en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales para la comparación del contenido de sólidos totales de almidón, azúcares reductores en distintas variedades y sus fibras dietéticas como afirma (*Hasbún, Esquivel, Brenes, Alfaro, 2009; Quispe, 2014; Vega, 2020*).

El residuo de la cáscara de papa tiene un papel muy importante como coagulante natural, para el tratamiento de aguas residuales y su clarificación en estudios comparativos de procesos de clarificación y tratamiento para humedales lo reporta (*Alvarado, 2012; Camacho, Campos, Martínez, 2020*).

Igualmente, este residuo es una alternativa de aprovechamiento de almidón residual derivado de la industrialización de la papa, generando investigaciones para los diferentes tipos de almidones de las distintas especies de tubérculos lo postula (*Ospina, 2012; Paredes, 2013*).

Asimismo, para la obtención de productos alimenticios de platos típicos, alimento para cuyes y harinas a partir de este residuo orgánico según (*Marcial, 2013, Cotrina, Crispin, Rofner, 2020 y Alvarado, 2021*).

Posteriormente, con el objetivo de mitigar la contaminación, se lleva a cabo la obtención de plásticos biodegradables y la generación de energía eléctrica por medio del aprovechamiento de la cascara de papa como señala (*Guamán, 2019 y Vélez, soledad, Hipati, Burgos, Cedeño, 2021 y Carrasco, 2016*). También la cuantificación, composición y extracción de compuestos con actividades antioxidantes a partir de la cáscara y su determinación en la eficiencia de adsorción desde el punto de vista de (*Cerón, López, 2013, Diaz, Guadalupe, Madera...,2018; Pabón, Rosas, 2016*).

Finalmente, encontramos diversas alternativas de estudio como el efecto que tiene este residuo en el peso de roedores, la obtención de pectinas en medios ácidos, la producción de amilasas y la producción de tubérculos de yemas presentes en cáscara de papa como señala (*Viviana, 2017; Toapanta, Vallejo, García, Sánchez, 2021; Sánchez, Heredia, 2020 e Inquilla, Flores Ortiz, Bravo, 2022*).

1.3 Descomposición aeróbica y anaeróbica

La digestión aeróbica implica una serie de procedimientos llevados a cabo por diversos conjuntos de microorganismos, mayormente bacterias y protozoos, que en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, convirtiéndola en productos finales inofensivos y material celular. Inicialmente, este proceso fue poco aceptado debido al desconocimiento de sus principios fundamentales, así como por el aumento de los costos del tratamiento debido a la energía adicional requerida para proporcionar aire al proceso (*Varnero –Moreno, MT 2011*).

Por otro lado, los procedimientos de digestión anaeróbica ofrecen la posibilidad de emplear el metano producido como una fuente de energía. Además, presentan diversas ventajas, entre las que se destaca la facilidad de operación. Se trata de un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos presentes en un sustrato, como residuos de origen animal y vegetal, se transforman en biogás. Este biogás es una mezcla de dióxido de carbono y metano, acompañada de trazas de otros elementos, mediante la acción de un consorcio de bacterias. Estas bacterias son sensibles o se inhiben por completo ante la presencia de oxígeno o sus precursores (*Varnero –Moreno, MT 2011*).

En la digestión anaeróbica, más del 90% de la energía disponible a través de la oxidación directa se convierte en metano, con solo un 10% de la energía utilizada para el crecimiento bacteriano, en comparación con el 50% consumido en un sistema aeróbico. En sistemas con alta carga orgánica y en una mezcla completa, los productos principales de este proceso son el biogás y un bioabono (*Varnero –Moreno, MT 2011*).

1.4 Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que, al ser ingeridos en cantidades adecuadas pueden ejercer una influencia positiva en la salud o en la fisiología del hospedero. La forma más frecuente de consumir probióticos es a través de alimentos lácteos que contienen especies intestinales de lactobacilos y bifidobacterias; por los beneficios adicionales a los nutritivos, estos alimentos se consideran en el grupo de los alimentos funcionales (*González-Martínez, B. E., Gómez-Treviño, M., & Jiménez-Salas, Z. 2003*).

Se conocen diferentes microorganismos y sus funciones beneficiosas, uno de los géneros más representativos es el *Bacillus Claussi* el cual, por primera vez fue reportado el género de *Bacillus* por Cohn en el año de 1872, quien lo describía como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor. Actualmente, el género incluye más de 336 especies (*Villarreal-Delgado et al., 2018*).

El *Bacillus* cuenta con un principio activo siendo un microorganismo gran positivo, aerobio estricto, con tolerancia alcalina, con una capacidad de crecer a un pH igual a 7 y superior, no patógeno y ubicuo, encontrándose en el intestino humano, también puede existir en forma de esporas resistentes a condiciones y químicas adversas.

Entre las características más importantes de este género se destaca el crecimiento aerobio o en ocasiones anaerobio, su crecimiento óptimo ocurre a un pH neutro, presentando un intervalo de temperaturas de crecimiento entre 20° C – 45° C en medio líquido, 50° C en medio sólido y de 35° C – 40° C en medio óptimo y no crecen en un rango mayor o igual a 55 °C; En la figura 7, se puede apreciar el ciclo de reproducción del *Bacillus Clausii* y mejor conocido en su forma comercial como enterogermina (*Morais, M. B. D., & Jacob, C. M. A. 2006*).

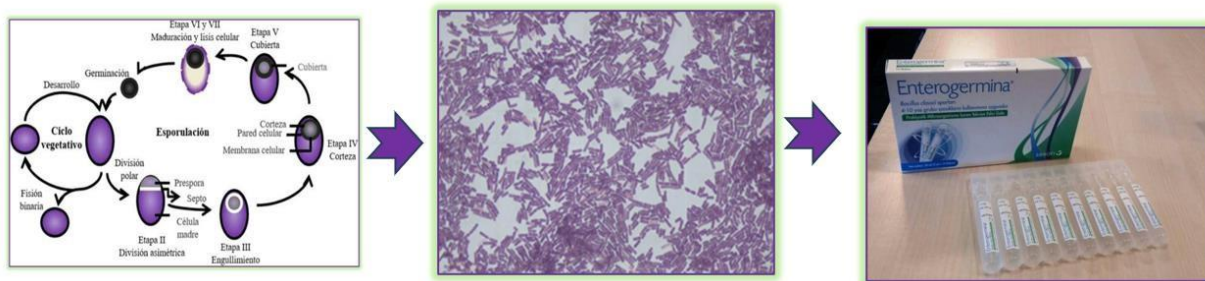


Figura 7. Ciclo de reproducción del género *Bacillus* f, (Villarreal-Delgado et al., 2018; Urdaci et al., 2004; González, DG,2019).

1.5 Autoclaves

Una autoclave es un sistema que sostiene un entorno biológicamente activo. En ocasiones, se utiliza como un recipiente donde se realiza un proceso químico que implica organismos vivos o sustancias bioquímicamente activas provenientes de estos organismos. Este proceso puede desarrollarse tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas (Labomersa, W. by 2022).

Estas autoclaves suelen tener una forma cilíndrica y pueden variar en tamaño, desde unos pocos mililitros hasta varios metros cúbicos, siendo habitualmente fabricadas con acero inoxidable. También pueden ser dispositivos o sistemas utilizados para el cultivo de células o tejidos. En líneas generales, una autoclave se emplea para mantener condiciones ambientales específicas, como el pH, la temperatura, la concentración de oxígeno, etc., que sean propicias para el organismo o la sustancia química que se está cultivando.

Los microorganismos pueden llevar a cabo sus funciones de manera eficiente cuando se encuentran en condiciones óptimas. Es esencial supervisar y controlar cuidadosamente las condiciones ambientales de una autoclave, como el flujo de gases (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, etc.), la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la velocidad de agitación o circulación. (Labomersa, W. by 2022). En la Figura 8 se pueden observar las partes con las que cuenta una autoclave las cuales tienen diferentes funciones.

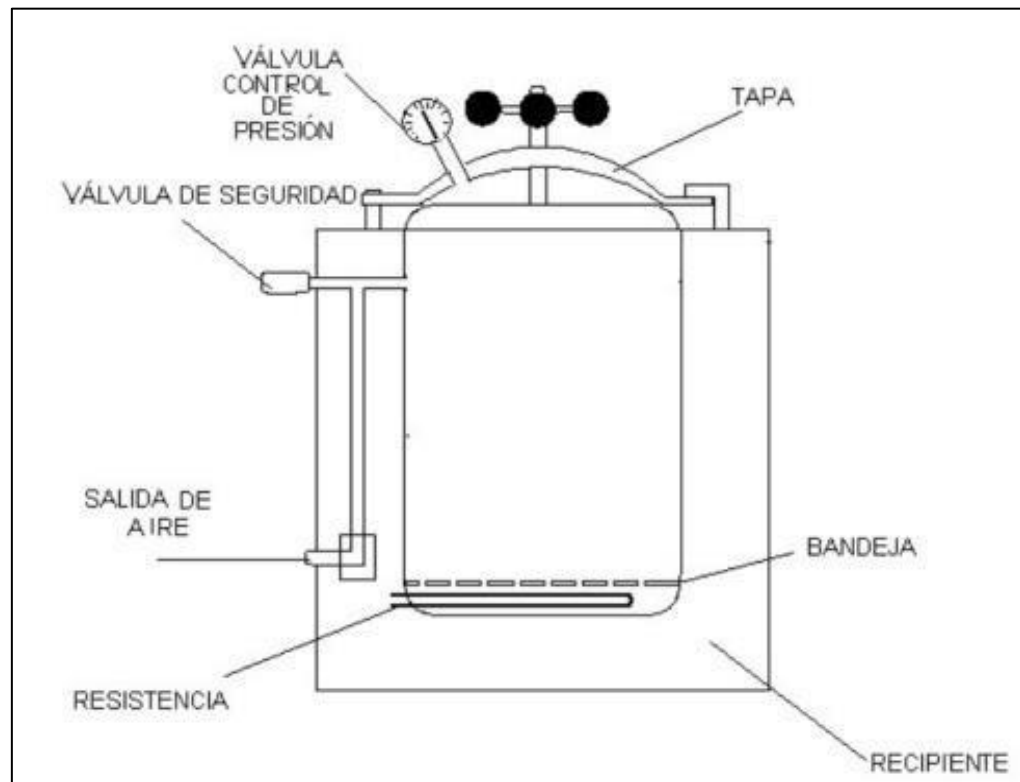


Figura 8. Partes de una autoclave (P.U, L. 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Estudiar la degradación fisicoquímica de la concha de papa por medio de una autoclave anaerobio a escala de laboratorio.

2.2 Objetivos específicos

- Implementar una autoclave a escala de laboratorio anaerobia para la degradación de cáscara de papa a temperatura ambiente
- Analizar las características fisicoquímicas de los diferentes productos generados en el proceso de degradación en la autoclave.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se indican los reactivos, materiales y equipos usados en esta investigación.

3.1 Reactivos

- Agua destilada (H_2O).
- Metanol (CH_3OH)
- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- Sulfato de mercurio ($HgSO_4$)
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)
- Enterogermina

3.2 Materiales y equipos

- Los espectros de infrarrojo se realizaron en un espectrofotómetro FTIR marca SHIMADZU modelo IR Prestige-21, provisto de un detector DLATGS (Deuterated L- Alanine Doped Triglycene Sulphate) y equipado con un accesorio ATR modelo MIRacle, marca Pike Technologies, con cristal de diamante, en el rango de $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$ con 24 escaneos por muestra.
- Los datos de absorbancia se hallaron en un espectrofotómetro UV-vis marca SHIMADZU, modelo UV-2401PC, en una longitud de onda establecida de 274nm
- Para este análisis se utilizó el equipó AA-7000 SHIMADZU el cual nos ayudó a detectar el contenido de metales.
- Para el DQO se utilizó un equipo (HACH DR 3800).
- Cromatógrafo Varian series MAT 8222 con detector de MS Finnigan MAT 8222, con una columna capilar de 30m, 0,22mm i.d., 0.25 mm film BPX5de sílice fundida (SGE). Inyección 1 mL Split/splitless a 60°C, fase móvil He con un flujo de 40mL
- Balanza analítica de precisión 0,0001g, marca aeADAM.
- Horno mufla, marca Ney VULCAN D-550
- Para graficar y analizar los diferentes espectros, como también para el análisis estadístico por PCA, se usó la licencia académica de aprendizaje del software OriginPro 2022b.

3.3 Procedimiento

Para el cumplimiento de los objetivos se realizaron los ensayos de determinación del porcentaje de cáscara de papa, recolección de la muestra, evaluación de la autoclave, preparación del crudo de fermentación anaerobia con agua y con solución de probiótico comercial, desmontaje de autoclaves, caracterización de materias primas y resultados del proceso de fermentación, tal como se describe a continuación (Figura 9).

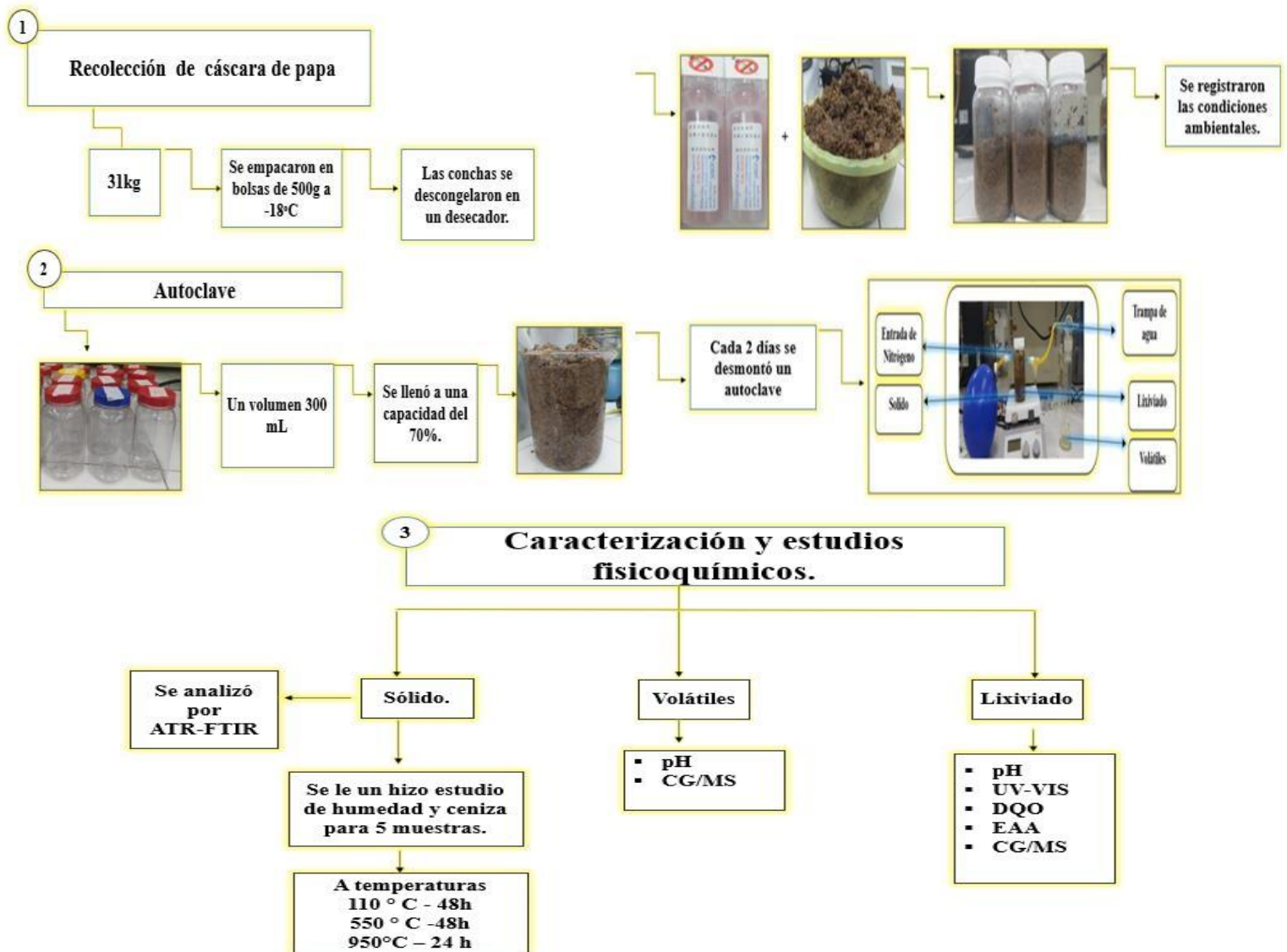


Figura 9. Esquema general de la metodología experimental.

3.4 Determinación del porcentaje de concha de la papa.

En el restaurante Genny se hizo la recolección de una muestra de 20 papas (*Solanum phureja*) tomando 5 papas de 4 bultos de 50 kg, procedimiento que se ejecutó de manera aleatoria. Las 20 papas se llevaron al laboratorio para registrar su peso (balanza OHAUS), luego se pelaron con un cuchillo de acero inoxidable, y se registró el peso de la cáscara de cada papa.

3.5 Recolección y preparación de la muestra.

De los cuatro bultos de 50 kg que se consumen a diario en el restaurante Genny ubicado en el terminal de transportes de pamplona, se recolectó la cáscara generada, un total de 31 kg, los cuales se les aplicó cuarteo para generar alícuotas de 500 g empacados en bolsas ziploc y se conservaron a -18 °C por tres días, antes del periodo de uso.

3.6 Diseño de la autoclave.

Se compraron recipientes de 300 mL de polipropileno tipo 2, cilíndricos y con tapa de enrosque de poliuretano, se midió el volumen a cada uno llenándolos con agua destilada, posteriormente para verificar su capacidad de ser un sistema cerrado, se llenaron al 70% de su capacidad y se colocaron en un horno a 30 °C, realizando un seguimiento de su peso diariamente.

3.7 Preparación del crudo de fermentación

Para este procedimiento se utilizó 1L de agua destilada para el licuado con 6kg de la cáscara descongelada. El licuado obtenido fue utilizado para el llenado de las 13 autoclaves, las cuales fueron cargadas al 70% de su capacidad. Denominando este montaje “sin probiótico”.

Seguidamente se procedió a utilizar una solución que contenía 5 mL de enterogermina-SANOFI (probiótico) con características 2I440- 9/2024 con lote 822049 y se aforó a 2000 mL con agua destilada; la totalidad de la solución se empleó para licuar 12 kg de cascara descongelada, al término de este paso, se llenaron 20 autoclaves al 70%, 3 al 20%, 3 al 40% y otros 3 al 60% de su capacidad en volumen. Adicionalmente, se realizó un escalado del ensayo para autoclaves de 1000 mL con un llenado del 70% de su volumen y con el mismo crudo de fermentación, para este ensayo se llenaron 5 recipientes. Todas las autoclaves montadas para este estudio se denominaron “con probiótico”.

Cada uno de las autoclaves se sellaron y cubrieron su tapa con teflón para gases comercial, luego se pesaron y fueron llevados a un horno a una temperatura de 30°C, lo anterior con el objeto de iniciar el seguimiento.

3.8 Desmontaje de las autoclaves

Las autoclaves llenadas y clasificadas sin y con probiótico previamente, se desmontaron tal como se describe a continuación.

Sin probiótico

De las trece autoclaves montadas, la autoclave 8 se retiró al día 21 y el restante de las autoclaves el día 22 de degradación, para el desmontaje de las autoclaves se aplicó el siguiente procedimiento.

Se elaboró un gas de arrastre, mediante un lavado de atmosfera con nitrógeno, con una entrada a la pared izquierda del sistema y una salida a la pared derecha del sistema, conectada a una trampa de agua con 40 mL de agua destilada; al desconectar la autoclave de la trampa de agua, se procede a recoger en un recipiente de 50 mL los volátiles disueltos en el agua destilada, a los cuales se les mide el pH, para posteriormente abrir la autoclave donde se hace la separación de la biomasa y lixiviado, lixiviado que se recoge en tubos eppendorf para centrifugar con una velocidad de 25 RPM x100 por un tiempo prolongado de 25 minutos, pasado este tiempo se recoge en un recipiente de 40 mL el lixiviado al cual se le mide el pH.

Finalmente, se procede a conservar los volátiles y el lixiviado a una temperatura de 5 °C, las biomasas se empacan en bolsas ziploc y se conservan a temperatura de -18 °C.

Con probiótico

Seguidamente, para el desmontaje de las veinte autoclaves con pro-biótico, se realizó por números de autoclaves y días de degradación, las autoclaves 1-3 se desmontaron a los 18 días, las 4-6 a los 19 días, las 7-9 a los 21 días, las 10-12 a los 25 días, las autoclaves 13-15 a los 27 días, las 16-18 a los 32 días y las autoclaves 19-20 a los 34 días.

Posteriormente, para el siguiente sistema, las autoclaves 1-9 a los 32 días de degradación.

Simultáneamente para el desmontaje de los sistemas cuatro y cinco se realizó por número de autoclave y día de degradación, para las autoclaves 1 se desmontaron a los 7 días, la 2 a los 11 días, la 3 a los 15 días, la 4 a los 18 días y la autoclave 5 a los 23 días.

Finalmente, para el último sistema, las autoclaves del 1 al 15 se desmontaron por cada dos días de degradación. El proceso de desmontado es el mismo mencionado en la sección de sin probiótico.

3.9 Análisis fisicoquímicos de las muestras

3.9.1 Control de peso y pH

El control de peso para las autoclaves se realizó diariamente, durante un tiempo prolongado de acuerdo al seguimiento de días de degradación, cumpliéndose ya esto y el proceso de desmontaje, se procedió a llevar un seguimiento de pH a las muestras de lixiviado y volátiles, durante un tiempo aproximado de 26 días.

3.10 Análisis de humedad y ceniza

3.10.1 Humedad sin y con probiótico.

Para la evaluación de este proceso, se tomaron 10 crisoles previamente tarados, donde a 5 de estos se les adicionó 1g de muestra con probiótico y a los 5 restantes 1,9 g de muestra sin probiótico, luego fueron introducidos en el horno (VULCAN D-550) a 50 °C, donde se mantuvieron por 48 h. Pasado este tiempo se sacaron las muestras y se llevaron a un desecador por 1h, finalmente se registró su peso.

3.10.2 Ceniza sin y con probiótico.

Para llevar a cabo este análisis, se tomaron las muestras anteriores de humedad, las cuales se llevaron al horno a una temperatura de 550 °C por un tiempo determinado de 48 h. Pasado este tiempo se sacaron las muestras y se llevaron a un desecador por 1h, finalmente se registró su peso, nuevamente se llevaron al horno a temperatura de 950 °C por un tiempo de 24 h, cumplido este tiempo las muestras se llevaron finalmente al desecador por una hora y se registró su peso final.

3.11 Caracterización

3.11.1 UV-VIS

El análisis UV-VIS de todas las muestras se realizaron en un espectrofotómetro (uv-2401 PC Shimadzu), con rango de longitud de 280 nm y con un blanco de agua destilada. En este análisis se prepararon 8 soluciones, dónde se tomó 1mL de lixiviado y se aforo a 100 mL con agua destilada.

Las muestras analizadas con probiótico fueron de 18, 19, 21, 25, 27, 32, 34 días de degradación y sin probiótico fueron de 22 días de degradación.

3.11.2 ATR-FTIR

Para la caracterización de espectroscopía de infrarrojo de todas las muestras en este trabajo se empleó un equipo Shimadzu Prestige-21,48 Scan, rango 4.000 a 400 cm^{-1} , resolución 4 cm^{-1} , adaptador ATR.

La preparación de las muestras sin y con probiótico se realizaron de la misma manera, se utilizaron 8 g de las muestras, las cuales se llevaron a un horno a una temperatura de 50 °C por un tiempo determinado de 24 h, finalizado este tiempo las muestras se maceraron finamente en un mortero de mármol, seguidamente se introdujeron en bolsas ziploc de 10 g para el previo análisis. Las muestras con probiótico tomadas para este ensayo de ATR-FTIR fueron de cada 2 días de degradación, exceptuando los días 21 y 25, las muestras sin probiótico analizadas fueron el triturado de la cáscara de papa.

3.11.3 DQO

Para este análisis se utilizó equipo (HACH DR 3800). Se prepararon 9 soluciones tomando 1mL de lixiviado y se aforó a 50mL con agua destilada, posteriormente se realizó la preparación

para el análisis, tomando 9 tubos de ensayo debidamente rotulados y adicionando a estos 2,5mL de muestra de las soluciones, 1,5mL de la digestora y finalmente 3,5 mL de la catalizadora. Seguidamente se procede a introducir los tubos en un termoreactor (HACH) a una temperatura de 150°C por un tiempo aproximado de 1h, finalizado este tiempo, las muestras se dejaron enfriar para analizar en un espectrofotómetro con longitud de onda de 620nm, las muestras requeridas para este ensayo fueron con probiótico de días de degradación 4, 8, 12, 16, 21, 25, 27, 32, 34.

3.11.4 Análisis de Absorción Atómica

Para este análisis se utilizó el equipo AA-7000 SHIMADZU, el cual nos ayudó a detectar el contenido de metales en las muestras con lámparas catódicas de Ca con un rango de longitud de onda de (422.7 nm -0.7 nm), Fe (248.3 nm-0.2 nm) Mg (285.2 nm – 0.7 nm) K (769.9 nm- 0.7), Mn (279.5 nm- 0.2 nm) y Zn (213.7 nm - 0.7 nm)

Para este análisis se prepararon 9 soluciones, se tomó 15 mL de lixiviado y se aforó a 100 mL con agua destilada para posteriormente llevar al equipo de AA, las muestras analizadas para Ca, F, Mn y Zn, fueron sin probiótico a los 8 días de degradación y con probiótico a los 19, 21, 25, 27, 32, 34 días de degradación.

Posteriormente para el análisis de Mg, se prepararon las mismas cantidades de soluciones descritas anteriormente, tomando 1mL de lixiviado el cual se aforó a 100 mL de agua destilada. Las muestras analizadas fueron sin probiótico a los 8 días y con probiótico a los 19, 21 y 25 días de degradación. Para el análisis con probiótico de los días de degradación 27, 32, 34 y filtrado de concha de papa sin degradar, se prepararon 5 disoluciones tomando 1mL de solución y aforando a 10mL de agua destilada.

Seguidamente para el análisis de K, se utilizaron las soluciones anteriores y se prepararon 9 disoluciones tomando 1 mL de solución y aforando a 10 mL de agua destilada. Las muestras utilizadas sin probiótico fueron con 8 días y con probiótico 19, 21, 25, 27, 32, 34 días de degradación.

3.11.5 Cromatografía de gases

En este análisis se utilizó un equipo cromatógrafo Varian series MAT 8222 con detector de MS Finnigan MAT 8222, con una columna capilar de 30 m, 0,22 mm i.d., 0.25 mm film BPX5 de sílice fundida (SGE). Inyección 1 mL Split/splitless a 60 °C, fase móvil He con un flujo de 40mL, seguidamente se realizó la preparación de la muestra, tomando un vial con un volumen de 4mL, posteriormente a esto se tomó el lixiviado y los volátiles sin probiótico de los días 22 y con probiótico de los días 21 de degradación, de estas muestras se tomaron 100 µL y se le adicionaron 4 mL de metanol.

3.12 Sembrado

En este sembrado se utilizó la semilla de rábano con características específicas como: semillas /gr 108, semillas/Ha 15kg días de germinación de 2 a 3 periodo vegetativo / días 20- 30, producción aprox.kg / Mt² 10-15, adaptación/ M.S.N.M 400-2700.

Para este experimento se tomaron vasos de 7 onzas previamente tarados, seguidamente se adicionaron a un vaso 100 g de tierra, posteriormente se pasaron a un recipiente tarado 20 g y se le adicionaron 0.8g de muestra líquida y sólida de sin probiótico 21 días y con- probiótico 18, 21, 25, 27, 32, 34 días de degradación. Estas muestras se homogeneizaron en los 20 g de tierra para nuevamente adicionarlas a los 80 g de tierra anteriormente restantes, seguidamente se procedió a sembrar con una profundidad de 2 cm, adicionándose 3 semillas, este procedimiento descrito anteriormente se realizó por triplicado.

Finalmente, del sembrado se llevó un seguimiento del número de semillas germinadas de altura en cada una de las muestras montadas, al día 14 de germinación se desmontaron nuestras muestras a las cuales se les midió el largo de raíz.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Determinación del porcentaje de concha de papa.

Una vez peladas las papas, se observó en la Figura 10 que el porcentaje de cáscara de papa se encuentra en un rango de 18,27 al 31,06%, con una media del 25,09%, lo anterior muestra el alto impacto que tiene en la generación de residuos el consumo de papa, y se explica por el alrededor del 6 al 10% de peridermis que tiene la papa (Singh, B. 2020; Ebrahimian, F. 2022) en buen estado de salud, otra contribución es que el pelado se realizó sin lavado para conserva la biota, por lo que hay contribución de tierra y parte de la pulpa por lo eficacia del pelado.

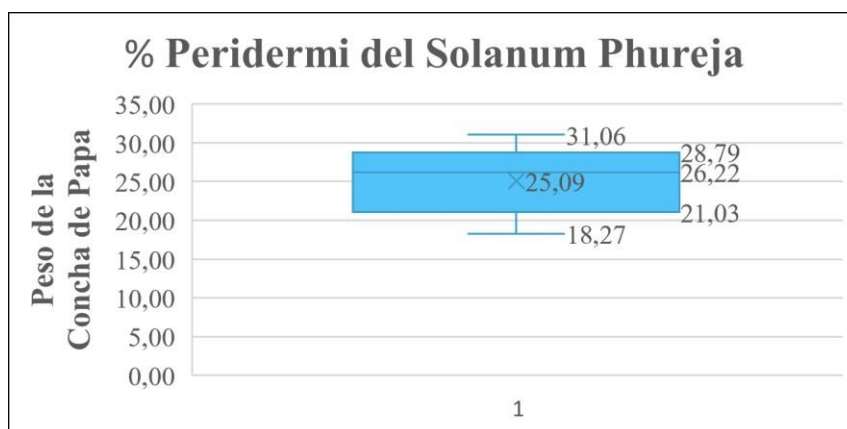


Figura 10. Porcentaje de peridermis del solanum Phureja.

Con esta información mostrada en la Figura 10, se ve la necesidad del estudio de la degradación para su posterior uso, para ello la autoclave en condiciones anaerobias es un buen mecanismo.

4.2 Control de peso y pH

En la Figura 11 se pueden apreciar los resultados del monitoreo del peso de las autoclaves. Lo cual nos indica que los sistemas se mantuvieron en una condición estable, a medida que transcurrían los días. Esto sugiere que el método de sistema cerrado ha demostrado ser efectivo para las condiciones que anaeróbicas que se buscaba emular, ya que el registro de cambios de masa fue inferior al 1%.

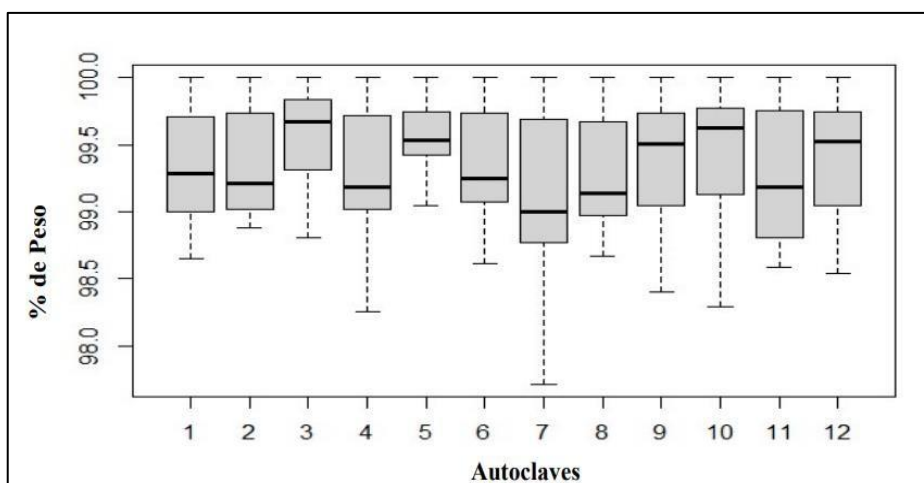


Figura 11. Boxplot del Control de peso de las autoclaves.

En la Figura 12(a) , se presentan los resultados derivados del monitoreo del pH para los componentes volátiles sin probiótico. Se puede inferir que, durante el período comprendido entre el primer y decimotercer día, los valores de pH se mantuvieron en el rango de 5,5 a 6, indicando una naturaleza ácida comúnmente asociada con los componentes volátiles con grupos funcionales como el ácido carboxílico. Por otro lado, entre los días 16 y 26, se observó un incremento en el pH hasta alcanzar 7,5. Este aumento se atribuye a la disminución de los componentes volátiles ácidos, los cuales se disolvieron en el lixiviado y dejaron de estar en su fase gaseosa, disminuyendo los ácidos carboxílicos presentes en la fase gaseosa y aumentando los componentes nitrogenados

(Kamyab, B., Zilouei, H., & Rahmanian, B. 2019). En la Figura 12 (b) , se registra el monitoreo del pH de los compuestos volátiles con probiótico, mostrando una mayor estabilidad en un intervalo de 7,5, esto indica que la presencia del probiótico facilita la disolución más rápida de los ácidos y que los derivados nitrogenados vayan con mayor facilidad a la fase gaseosa, este se debe a la función de descomponedores de los microorganismos (Pysarenko, P. V. 2021).

De manera general, se observa que tanto los volátiles sin probiótico como los que lo contienen, logran estabilizar su pH en un intervalo de 7,5, lo cual resulta beneficioso. Cabe destacar, que la presencia del probiótico contribuye a una estabilización más rápida en comparación con la ausencia de este.

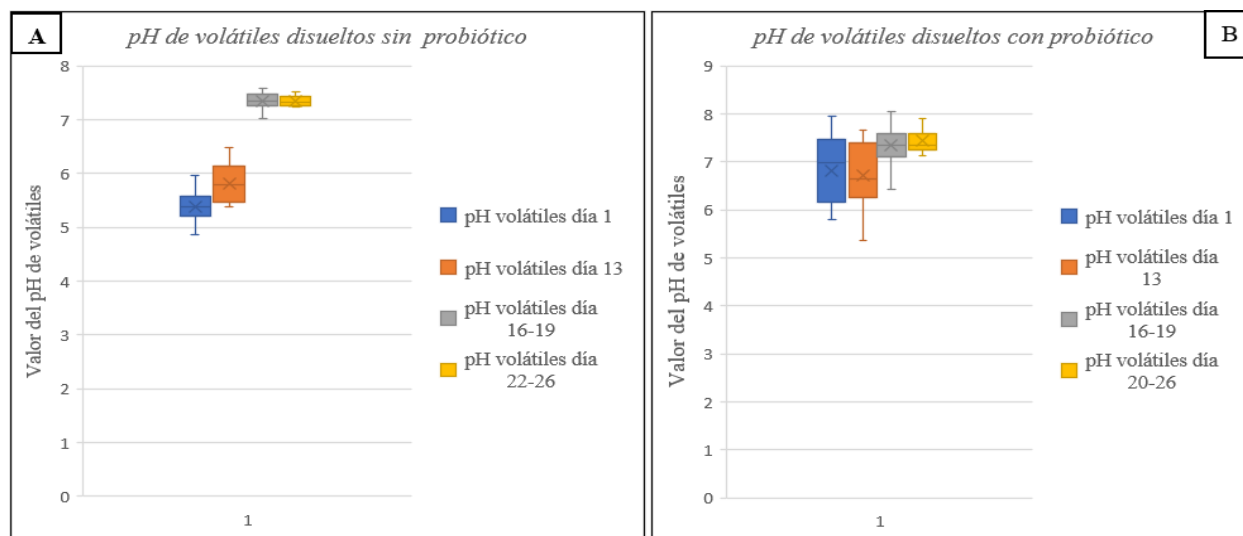


Figura 12. A pH de volátiles disueltos sin probiótico. B pH de volátiles disueltos con probiótico

Según se evidencia en la Figura 13 (a) , el pH del lixiviado proveniente del peridermis del *solanum tuberosum*, sin la presencia de probiótico, permaneció por debajo de 5 desde el primer

día hasta el vigesimosexto día. Esto sugiere que la mayoría de los compuestos ácidos presentes en el proceso de degradación, se mantuvieron en niveles estables durante este periodo. En la Figura 13 (b) se presentan los resultados de los niveles de pH del lixiviado proveniente del peridermis del *solanum tuberosum* con la adición de probiótico. No se observa un impacto significativo de la presencia del probiótico en la concentración de compuestos en el pH del lixiviado, ya que continúa manteniéndose por debajo de 5. Esto indica que no hay diferencias sustanciales atribuibles a la presencia de este. Lo anterior quiere decir que la degradación que induce las moléculas ácidas a permanecer de manera similar para los dos modos de degradación, sin diferencias estadísticamente significativas, lo anterior se explica a que la mayoría de ácidos de bajo peso molecular disueltos tiene un pka alrededor de 4 a 5, entre los que se resalta el ácido acético (Kamyab, B., Zilouei, H., & Rahmanian, B. 2019).

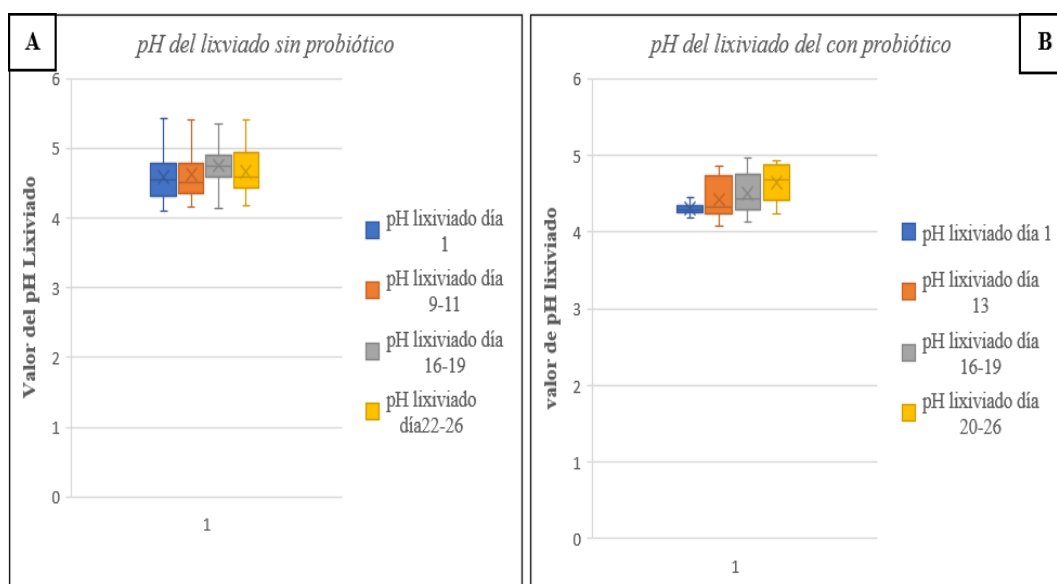


Figura 13. *A* pH de Lixiviado sin probiótico. *B* pH de Lixiviado con probiótico.

4.2.1 Humedad y ceniza sin y con probiótico

En la Figura 14, se registran los niveles de humedad del peridermis del *solanum tuberosum*. Los resultados indican que después del tratamiento, la fracción sólida obtenida presenta diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad, donde el material con probiótico registra una media del 5,26% y sin probiótico es del 3,90%. Lo anterior se debe a que los microorganismos del probiótico generan mayor diversidad química en su proceso de descomposición y aumenta la cantidad de agua activa en la biomasa (Concepción, R.R.F., 2015; Vega, N.P. (2020).

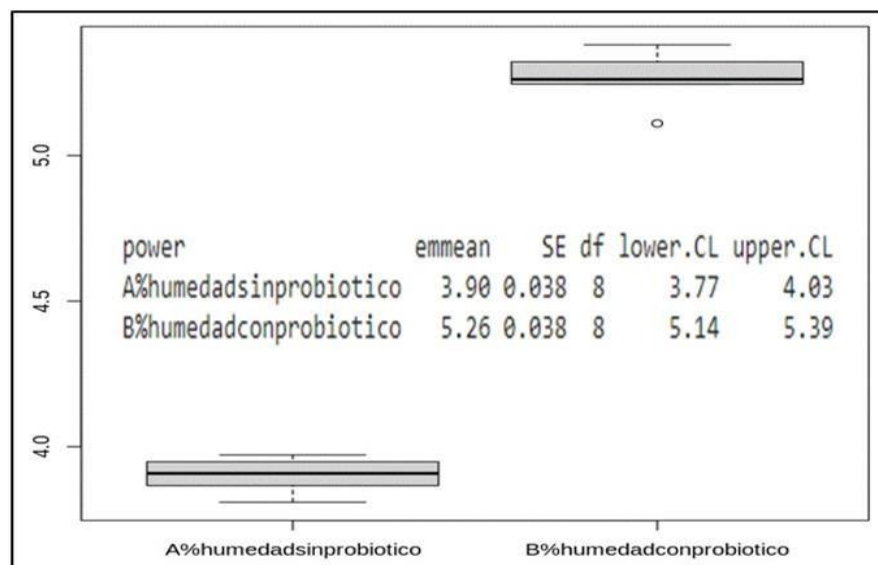


Figura 14. Boxplot Humedad del peridermis del *solanum tuberosum* sin y con probiótico.

De acuerdo con la información proporcionada en la Figura 15, se presentan los niveles de ceniza en el peridermis del *solanum tuberosum*, tanto en presencia como en ausencia de probiótico. Dónde se ve una media del 9,64% para probiótico y una de 4.23% para sin probiótico, lo anterior comparado con la literatura muestra que se encuentra en los valores reportados para piel de papa

y sus sólidos remanentes después de la degradación que es del 3 al 5% (Concepción, R.R.F.2015; Vega, N.P. 2020). Ahora con probiótico no hay un punto de comparación, pero su aumento en los minerales se puede explicar por la contribución de metales contenidos en los microorganismos de los probióticos.

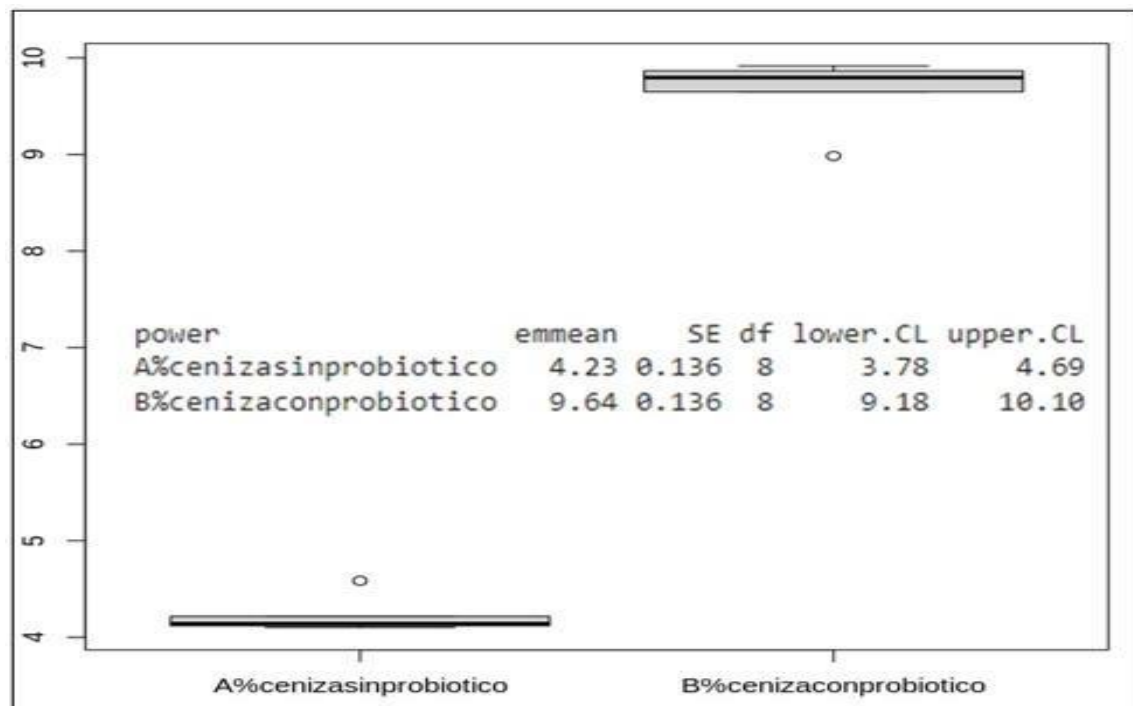


Figura 15. Ceniza del peridermis del *solanum tuberosum* sin y con probiótico.

4.3 Caracterización

4.3.1. UV- VIS del lixiviado sin y con probiótico

En la caracterización mediante UV-VIS, se observa en la Figura 16 los resultados tanto con probiótico como sin probiótico. Donde se puede ver que la absorbancia registrada a 280 nm para el lixiviado líquido presenta una disminución a medida que pasan los días, es decir que se muestra

una degradación de la parte soluble, el cambio se ve en mayor proporción en el autoclave con probiótico, ya que al inicio presenta altas absorbancias, este se debe al aporte de proteínas de los microorganismo que se emplean como descomponedores, su nivelación podría deberse a la terminación de su ciclo de vida y al término de su labor dentro del autoclave (Rodríguez, J. M. 2015).

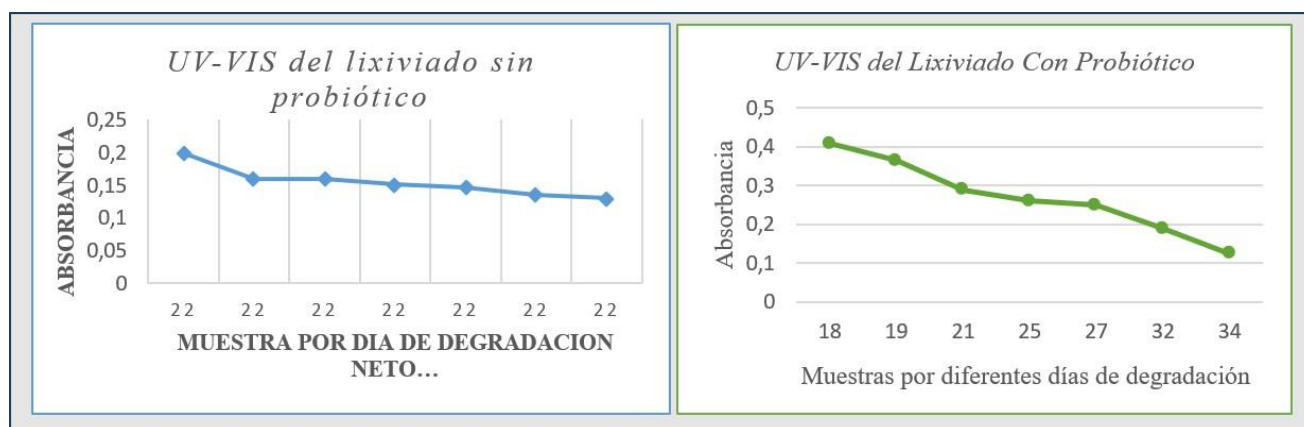


Figura 16. UV-VIS del lixiviado del peridermis del *solanum tuberosum* sin y con Probiótico, a una longitud de onda del alrededor del 280 nm.

4.3.2. ATR-FTIR

Los espectros de ATR-FTIR del peridermis del *solanum tuberosum* se pueden apreciar en la Figura 17. En el espectro A se compara la muestra sin probiótico (en verde) con la muestra con probiótico (en naranja), mientras que en el espectro B se muestran las distintas muestras correspondientes a cada día de degradación con la adición de probiótico. Ambos espectros reflejan un perfil típico para el almidón. Por ejemplo, la banda ancha observada en la región de $3200-3500\text{ cm}^{-1}$ se atribuye a la vibración del grupo hidroxilo (OH), mientras que las bandas de 2900 y 2800 cm^{-1} corresponden al grupo de (C-H). Además, las bandas entre $1500-1800$ corresponden a los enlaces

de grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$) y, por último, alrededor de $1200\text{--}980\text{ cm}^{-1}$ indican las vibraciones asimétricas del grupo éster ($\text{C}-\text{O}$). Entre 2400 y 2300 cm^{-1} se observa una señal ancha, poco intensa y en forma de meseta, la cual se relaciona con la presencia de agua en las muestras; datos similares a los reportados en la literatura (Krystyjan, M., Gumul, D., Areczuk, A., & Khachatryan, G., 2022; Hernández, M., & López, G. Y. (2007).

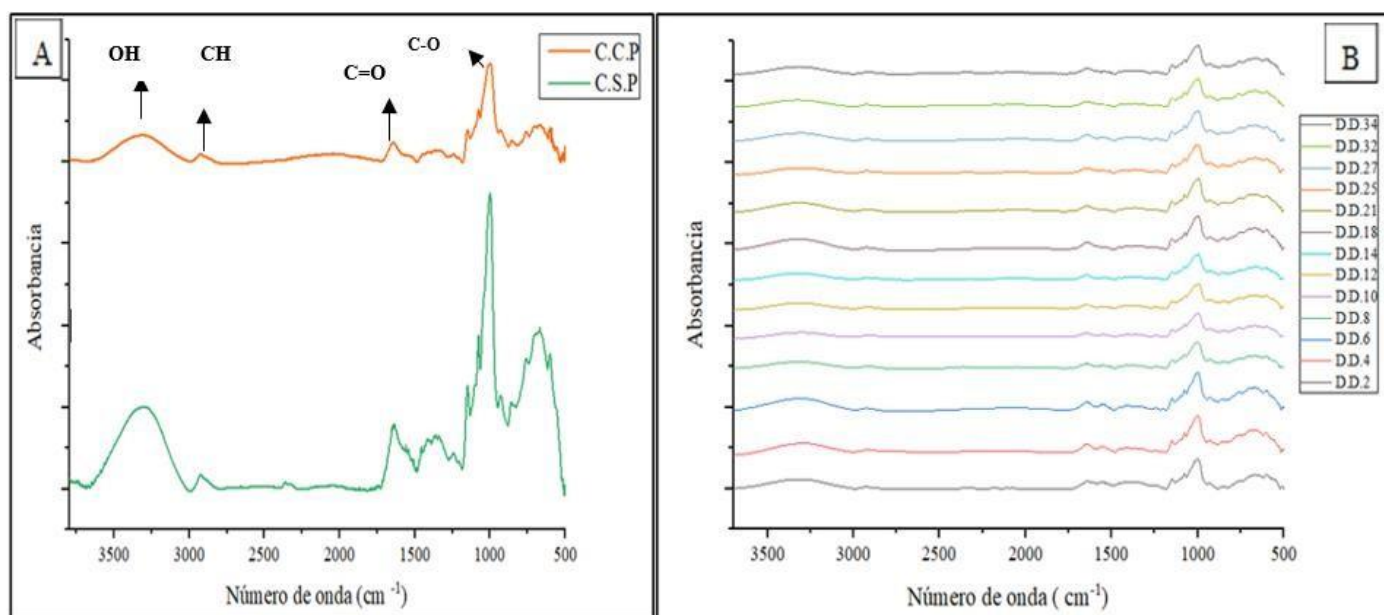


Figura 17. (A) Comparación de espectros IR del peridermis del del *solanum tuberosum* sin y con probiótico. (B) Comparación de espectros IR del peridermis del *solanum tuberosum* a diferentes días de degradación. con probiótico.

Al analizar las posibles variaciones en la relación de áreas de las señales $\text{OH}/\text{C}=\text{O}$ y $\text{C}-\text{H}/\text{C}-\text{O}$ (Ver Figura 18), para el sólido obtenido después de cada extracción se evidencia una estabilidad, mostrando que no aumenta o disminuye estas relaciones de manera significativa, lo que indica que la degradación anaeróbica se centra en las moléculas pequeñas, almidón, celulosa y hemicelulosa, manteniendo parte de la fibra representada en la lignina (Ornaghi, H. L et al., 2014).

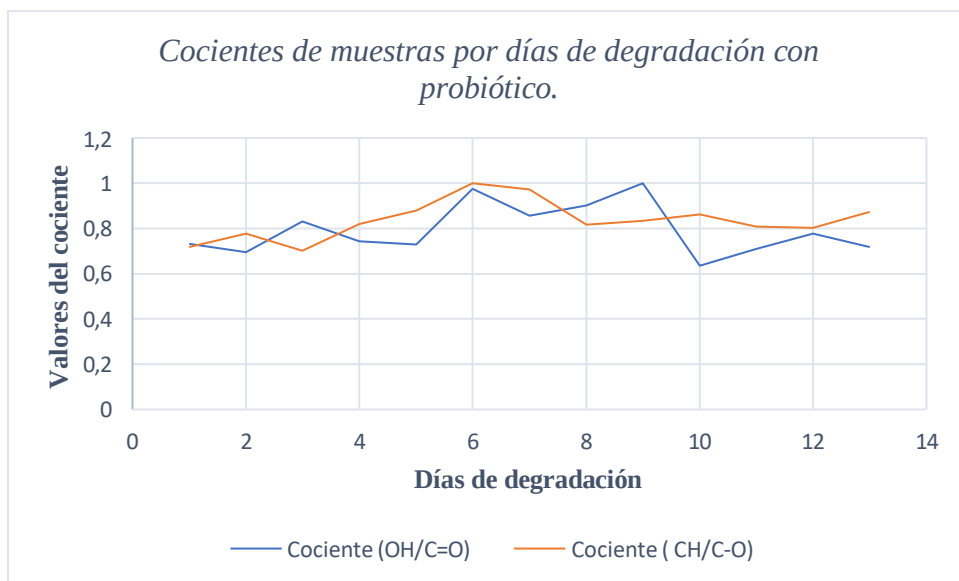


Figura 18. Comparación de cocientes de las muestras por días de degradación con probiótico.

4.3.3. DQO

Como se puede deducir de los resultados obtenidos mediante la técnica de DQO, según se observa en la Figura 19, se destaca que en los primeros días se registró una mayor presencia de oxígeno y una menor presencia de materia orgánica. Sin embargo, a medida que transcurren los días, se observa un aumento en la carga orgánica, alcanzando su punto máximo en los días 27 y 32. En este punto, los probióticos pierden eficacia debido a la saturación por el sustrato, lo que provoca que la curva presente comience a declinar. Lo anterior demuestra que la degradación genera compuestos de bajo peso molecular que constantemente migran de la fase sólida a las fases líquidas y gaseosas contenidas en la autoclave.

El aumento de la fracción orgánica en el líquido facilita su uso como aportador de nutrientes al suelo para el desarrollo de plantas (Roslan, S. et al., 2021).

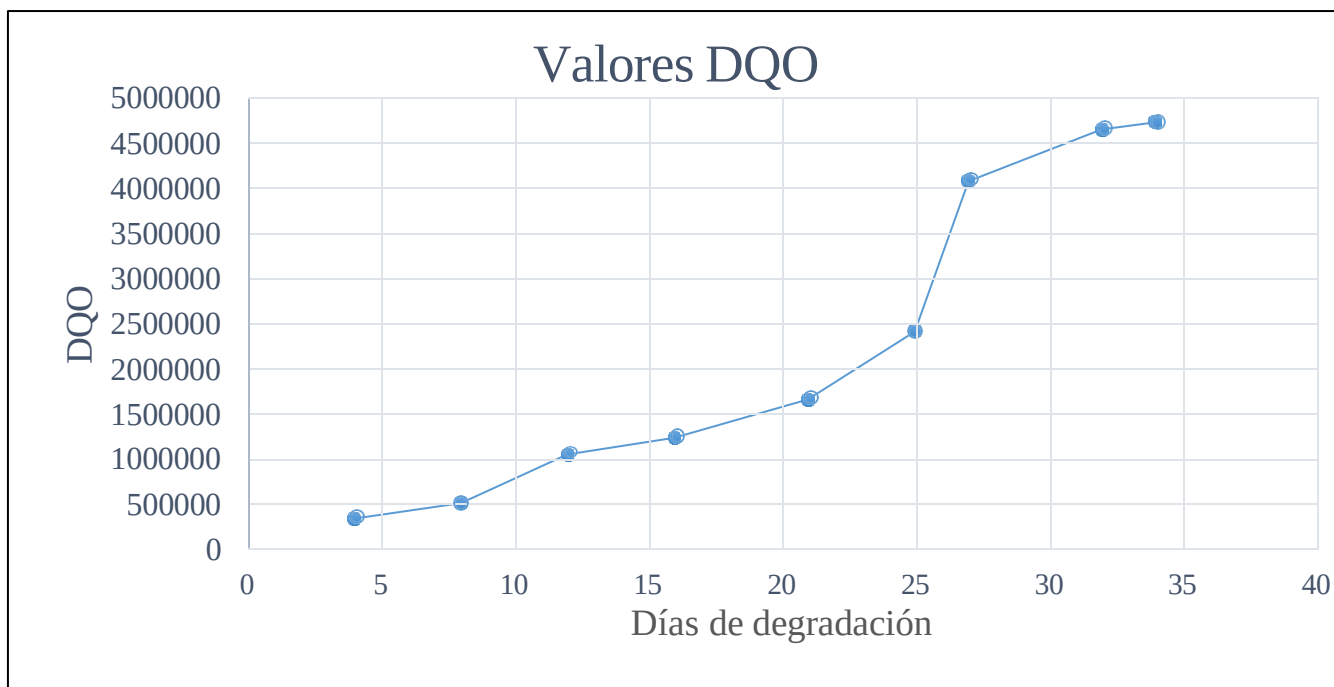


Figura 19. DQO Lixiviado del perdermis del *solanum tuberosum* Con Probiótico a diferentes días de degradación.

Con el objeto de continuar la caracterización del nutriente, contenido en la fase disuelta de la autoclave, se realizó su análisis por AA.

4.3.4. Absorción Atómica

La caracterización mediante absorción atómica, reflejó diversas mediciones que se detallan en la Tabla 5, se evidencia que a los 21 días de degradación en la autoclave, las muestras con probióticos alcanzan una mejor solubilidad de elementos esenciales para la generación de abonos líquidos, el estudio se prolongó en los autoclaves con probióticos con el fin de conocer el estado en el que se satura estos elementos en la fase líquida, logrando establecer que calcio y el zinc aumentan hasta el día 32 de tratamiento, mientras que los otros elementos tienden a permanecer estables, lo que indica que, la degradación se satura y cerca del día 30, la presencia de estos metales

son importantes como micronutrientes para generar mayor calidad en cultivos, ya que las concentraciones observadas en la presente investigación, se han reportado como útiles en la mejora de la floración y el aumento de las cosechas (Khoshgoftarmanesh, A. H., & Kalbasi, M. (2002; Paskuliakova, A., et al., 2018; Thakur, P., & Kumar, P. 2020)

Tabla 5. Absorción atómica del lixiviado del peridermis del *solanum tuberosum* sin y con probiótico, para los diferentes elementos.

Concentración (ppm)							
Tratamiento	Días de degradación	Calcio Ca	Hierro Fe	Magnesio Mg	Potasio K	Manganeso Mn	Zinc Zn
Lixiviado sin Probiótico.	21	0,6000	8,9833	47,59	59,570	1,1533	0,6000
Lixiviado con probiótico.	21	0,9670	16,8287	64,380	59,570	1,174	0,8067
	25	1,3800	26,8487	66,570	204,01	1,2053	1,6593
	27	1,5913	27,4073	64,433	234,46	1,1533	1,8247
	32	1,6107	29,0447	64,390	239,295	1,1587	2,4527
	34	2,1500	30,1847	64,648	239,233	1,1487	2,4573

4.3.5. Cromatografía de Gases

La Figura 20, presenta el cromatograma de los compuestos volátiles obtenidos tanto con cómo sin la adición de probióticos. En este cromatograma se muestran los tiempos de retención asociados a cada pico, permitiendo la identificación de 14 señales distintas. La resolución de estas señales es adecuada para su identificación.

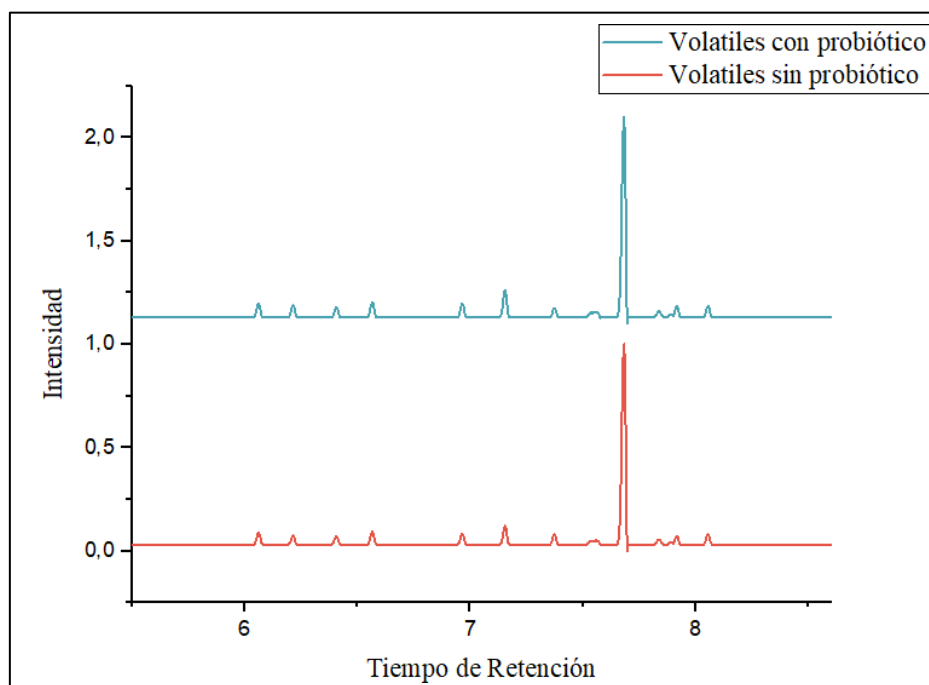


Figura 20. Cromatograma de volátiles con y sin probiótico a los 21 días.

A partir de los cromatogramas, se determinó que el pico 10 está asociado con el solvente utilizado, que es acetonitrilo. La identificación de las demás señales se detalla en la Tabla 6. Se encontró que los compuestos 1 y 4 son de naturaleza carboxílica, mientras que los picos 2, 3 y 5 corresponden a ésteres y aldehídos. Los componentes de los picos 6, 7, 8, 9 y 14 se clasificaron como alcoholes, mientras que las señales 11, 12 y 13 se identificaron como fenoles. Además, se observó que no hay una variación significativa en la abundancia relativa de las muestras entre aquellas tratadas con y sin probiótico, lo anterior muestra que la degradación es posible recolectar sus compuestos volátiles, al usar una trampa con agua, se recolectan moléculas polares de bajo peso molecular, las cuales tiene características de antioxidantes y que serían útiles en la incorporación de nutrientes al suelo en concentraciones moderadas (Yaashikaa, P. R. et al 2022).

Tabla 6 .Análisis del cromatograma de los volátiles sin y con probiótico, 21 días.

Numero de pico	Nombre del compuesto	Resultados de muestras volátiles sin probiótico		Resultados de muestras volátiles con probiótico	
		Abundancia Relativa	Tiempo de Retención	Abundancia Relativa	Tiempo de Retención
1	Ácido acético	9,652	6,059	9,406	6,068
2	Propanal	8,051	6,218	8,515	6,221
3	Butanal	7,112	6,407	8,515	6,413
4	Ácido propanoico	8,839	6,563	9,406	6,572
5	Acetato de etilo	7,925	6,968	9,406	6,959
6	Metanol	7,925	7,151	7,921	7,151
7	Etanol	8,738	7,379	7,921	7,379
8	n-propanol	6,096	7,529	5,545	7,526
9	Isopropanol	6,909	7,565	5,545	7,571
11	fenol	7,823	7,829	8,812	7,841
12	p-cresol	6,096	7,886	4,752	7,895
13	Tiofenol	7,010	7,922	7,129	7,913
14	Terpineol	7,823	8,048	7,129	8,06

La Figura 21 exhibe el cromatograma de los componentes presentes en el lixiviado, obtenidos tanto con y sin la adición de probióticos. Este gráfico muestra los tiempos de retención relacionados con cada pico, lo que facilita la identificación de un total de 30 señales diferentes. La resolución de estas señales es suficiente para su reconocimiento.

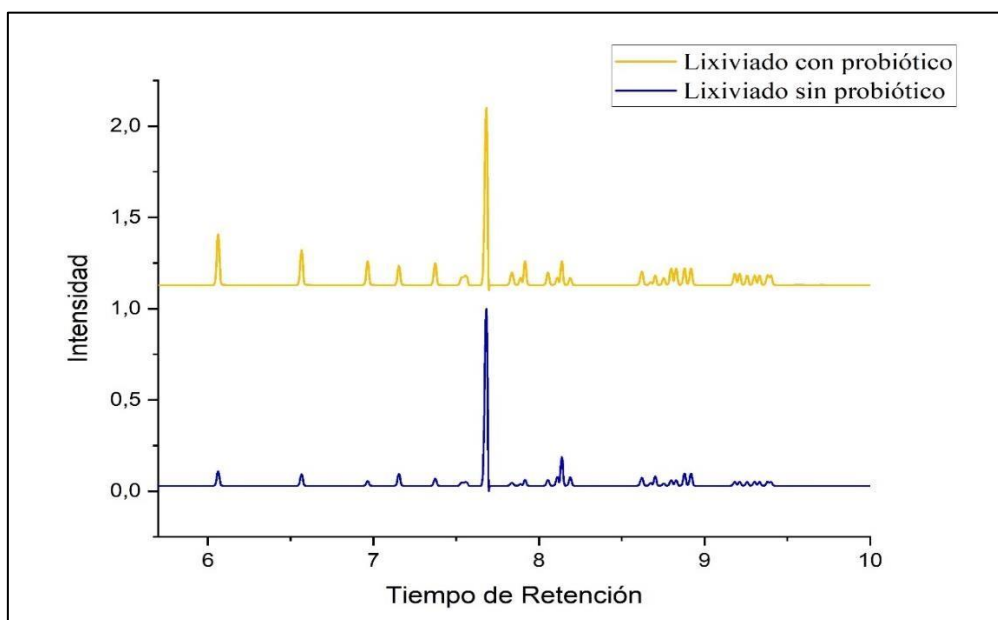


Figura 21. Cromatograma del lixiviado sin y con probiótico.

A partir del análisis de los cromatogramas, se estableció que el pico 8 está relacionado con el solvente utilizado, que en este caso es acetonitrilo. La identificación de las otras señales se encuentra detallada en la Tabla 7. Se determinó que los picos 1, 2 y del 21 al 29 corresponden al grupo carboxílico, mientras que los picos 3 y 20 se identificaron como ésteres. Los picos 4, 5, 6, 7 y 12 fueron clasificados como alcoholes, y las señales 9, 10 y 11 fueron reconocidas como fenoles. Las señales 13, 14, 15, 16, 17 y 19 se asignaron a compuestos orgánicos con heteroátomos, mientras que el pico 18 fue identificado como un éter y el pico 30 como un ácido graso insaturado. En ambos cromatogramas, tanto para las muestras con y sin probiótico, se observa la misma cantidad de picos, con una variación mínima en el porcentaje de abundancia relativa.

Lo anterior indica que los dos métodos generan una ruta de degradación similar del residuo de concha de papa, estos compuestos ya sean identificado en trabajo de concha de papa pura y sin residuos del suelo, pero con días de degradación de 100 a 120, lo que indica que dejar componentes del suelo o usar probióticos favorece su degradación (López, N. A. P. en 2019).

Tabla 7. Análisis del cromatograma de lixiviado sin y con probiótico.

Numero de pico	Nombre de los compuestos	Resultados de muestras de lixiviado sin probiótico		Resultados de muestras de lixiviado con probiótico	
		Abundancia Relativa	Tiempo de Retención	Abundancia Relativa	Tiempo de Retención
1	Ácido acético	5,669	6,068	6,605	6,065
2	ácido propanoico	5,669	6,572	5,223	6,563
3	acetato de etilo	4,434	6,959	5,223	6,962
4	Metanol	5,015	7,16	4,685	7,151
5	Etanol	4,361	7,379	4,685	7,371
6	n-propanol	3,125	7,538	3,994	7,529
7	isopropanol	3,125	7,568	3,994	7,568
9	Fenol	3,779	7,823	3,994	7,832
10	<i>p</i> -cresol	2,544	7,904	3,303	7,883
11	Tiofenol	3,271	7,925	3,994	7,913
12	Terpineol	3,053	8,048	3,763	8,06
13	Pirazina	3,707	8,108	2,611	8,108
14	3-metilindol	4,361	8,135	3,303	8,135
15	DEET (<i>N,N</i> -dietil-metatoluamida)	3,707	8,195	3,303	8,195
16	Bisfenol A	3,091	8,615	4,301	8,627
17	Alcanfor	3,053	8,669	2,458	8,681
18	Difeniléter	3,053	8,696	2,304	8,696
19	Difenílsulfona	3,053	8,751	2,304	8,747
20	Trietilfosfato	3,053	8,792	2,304	8,795
21	Ácido Butírico	3,053	8,834	2,304	8,825
22	Ácido hidroxibutírico	3,707	8,873	3,226	8,873
23	Ácido adípico	3,271	8,912	3,226	8,924
24	Ácido heptanoico	3,271	9,173	2,535	9,176
25	Ácido pentanoico	2,762	9,218	2,535	9,209
26	Ácido ftálico	2,762	9,263	2,765	9,263
27	Ácido octanoico	2,762	9,293	2,765	9,308
28	Ácido fenílbútrico	2,762	9,323	2,765	9,338
29	Ácido palmítico	2,276	9,374	2,765	9,377
30	Ácido linoleico	2,253	9,392	2,765	9,404

La gama química de componentes identificados en la degradación de la concha de papa, tanto de micronutrientes como la fracción de compuestos orgánicos disueltos lo postulan como un posible fertilizante líquido, para testear esta posible investigación se realizó un ensayo de manera preliminar, para evaluar si afecta el crecimiento de plantas, un test aplicado por agrónomos es verificar su accionar en el desarrollo de plántulas de rábano.

4.4 SEMBRADO

Esta aplicación tiene como objetivo evaluar la capacidad citotóxica al introducir compostaje y lixiviado en diversas muestras de suelo, como se puede apreciar en la Figura 22, donde se observa el desarrollo de hojas, tallos y raíces. Estos resultados indican que nuestros productos de lixiviado y abono sólido son efectivos para el cultivo de plantas de alta exigencia, como el rábano. Esto es crucial, ya que, en suelos tóxicos y con bajos nutrientes, el crecimiento del rábano puede ser deficiente y no desarrollarse, según López Salmerón, G. J., & García Espinoza, C. A. (2020).



Figura 22. Control, muestras de lixiviado y solido del día inicial y final del sembrado.

Como se puede evidenciar en la Figura 23 (a) los suelos a los que se les agregó lixiviados y las fracciones sólidas obtenidos del día 21 de degradación en la autoclave, no presentaron inhibición

del desarrollo de la plántula, es decir que no son citotóxicas para el desarrollo del rábano, lo que demuestra que el material obtenido se puede aplicar al suelo y se abre una línea de investigación que permita evaluar la calidad de su contribución a nivel nutricional.

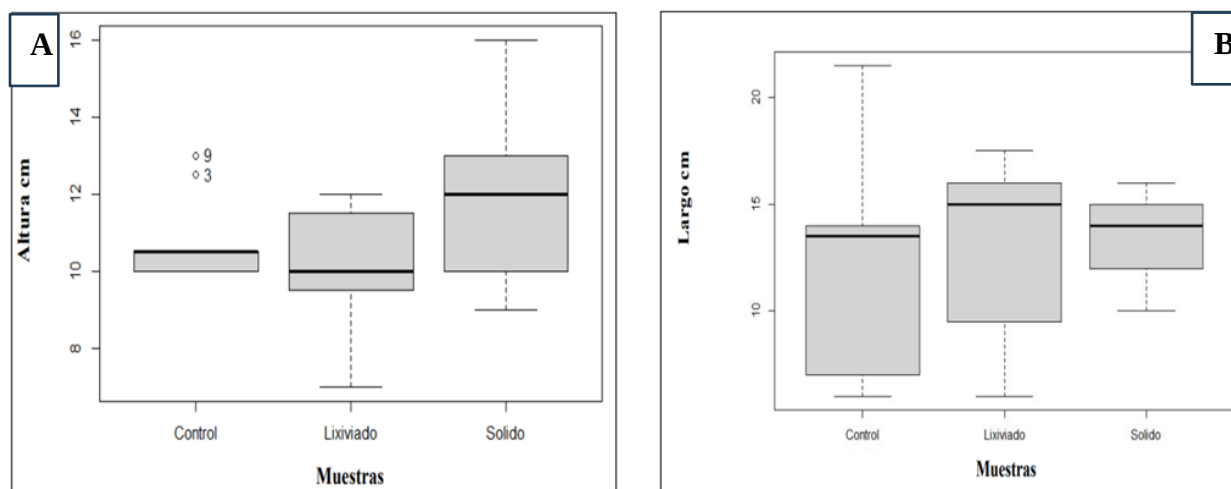


Figura 23. A Boxplot del crecimiento de plantas de rábano con lixiviado y solido de peridermis del *solanum*. B. Boxplot del crecimiento de raíces.

CONCLUSIONES

- Se logró establecer que la degradación del peridermis del *Solanum tuberosum* con y sin probiótico genera una amplia gama de nutrientes orgánicos e inorgánicos en las fracciones solubles de sus volátiles, en los lixiviados y sólido.
- La fracción líquida obtenida de la autoclave presenta una mayor proporción de materia orgánica disuelto, cantidad de micronutrientes y una mejor estabilidad del pH lo que lo hace más estable para su uso como abono orgánico.
- Los productos líquidos y sólidos de las degradaciones de la concha de papa, demostraron que no inhiben el desarrollo de plántulas de rábano, lo que demuestra su baja citotoxicidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de lixiviado de cada uno de los días de degradación a la totalidad del crecimiento del cultivo de rábano, con el objeto de evaluar la cantidad de nutrientes que le aporta al desarrollo de la planta.

Investigar a fondo los mecanismos bioquímicos que permiten explicar los metabolitos observados en cada una de las fases obtenidas durante el proceso de degradación bajo condiciones anaeróbicas.

BIBLIOGRAFÍA

ANABELL, A. Y. J. (2021). OBTENCIÓN DE HARINA A BASE DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) SAZONADA (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).

Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157.

Camacho-Oviedo, H., Campos-Núñez, D., Martinez, I. M., Cubillán-Acosta, N., & Castellar-Ortega, G. (2020). Uso de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum* L) en la clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo. *Investigación e innovación en ingenierías*, 8(1), 100-111.

Capezio Silvia (2018). Generalidades: Morfología de la planta de papa (*solanum tuberosum*)

Carmona, L. N. A. (2012). Uso de las cáscaras de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la Planta "La Diana". *Publicaciones e Investigación*, 6, 115-121.

Carrasco Vergara, A. L. (2016). Generación de energía eléctrica mediante el reaprovechamiento de biomasa (cáscara de papa y aguas residuales) por medio de bioceldas, Lima, 2016.

Cerón, L., & López, I. (2013). Extracción y cuantificación de compuestos con actividad antioxidante a partir de cáscaras de tres variedades de papa (*Solanum Tuberosum*) en el departamento de Nariño.

Chang KC. 2011. Polyphenol antioxidants from potato peels: Extraction optimization and application to stabilizing lipid oxidation in foods. In *Proceedings of the National Conference on Undergraduate Research (NCUR)*, New York, NY, USA.

Comandini, P., Cerretani, L., Blanda, G., Bendini, A. y Toschi, TG (2011). Caracterización de sabores de papa: una descripción general de perfiles volátiles y procedimientos analíticos. *Patata V. Comida*, 5, 1-14.

Comandini, P., Cerretani, L., Blanda, G., Bendini, A. y Toschi, TG (2011). Caracterización de sabores de papa: una descripción general de perfiles volátiles y procedimientos analíticos. *Patata V. Comida*, 5, 1-14.

Datos y cifras de la papa. (2017, 21 de septiembre). Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org/es/potato/potato-datos-y-cifras/>

Deublein D., Steinhäuser A. 2008. Biogas from waste and renewable resources: An Introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 443 p.

DPN. (2016). pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas. departamento nacional de planeación.

Dreyer, H. (2017). Hacia una producción sostenible de papa: asociarse para apoyar a los agricultores familiares en África. *Investigación de la papa* , 60 , 237-238.

Ebrahimian, F., Denayer, JF y Karimi, K. (2022). Biorrefinería de residuos de cáscaras de patata para la producción sostenible de biocombustibles, bioplásticos y biosorbentes. *Tecnología de biorecursos* , 127609.

Escobal, A., Martel, K., Patiño, Í., & Rofner, N. F. (2020). Obtención de alimento balanceado extruido con cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). *Livestock Research for Rural Development*, 32.

G., J. L. A. (2016, septiembre 13). Quién es el nuevo “dueño” de la papa.

González, DG (2019, 25 de noviembre). ENTEROGERMINA: Qué Es, Para Qué Sirve, Dosis, Contraindicaciones. Recuperado el 11 de julio de 2023, web de onsalus.com: <https://www.onsalus.com/enterogermine-que-es-para-que-sirve-dosis-contraindicaciones-21678.html>

González-Martínez, B. E., Gómez-Treviño, M., & Jiménez-Salas, Z. (2003). Bacteriocinas de probióticos. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 4(2). Guamán Bravo, J. M. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Hasbún, J., Esquivel, P., Brenes, A., & Alfaro, I. (2009). Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 33(1), 77-89.

Hernández, M., & López, G. Y. (2007). Síntesis de carboximetil almidón. In *Memorias del VII Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería*.

Inquilla Mamani, J., Pauro Flores, L., Ortiz Calcina, N., & Bravo Portocarrero, R. I. (2022). Producción de tubérculos de yemas presentes en cáscara de papa con abonamiento de cepas de *Trichoderma* sp. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 122-130

Isique Valverde, M. J., & Sing Lezama, J. L. (2017). Influencia de la hidrólisis química en las características físico-químicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca.

Kamyab, B., Zilouei, H., & Rahmadian, B. (2019). Investigation of the effect of hydraulic retention time on anaerobic digestion of potato leachate in two-stage mixed-UASB system. *Biomass and Bioenergy*, 130, 105383.

Khoshgoftarmanesh, A. H., & Kalbasi, M. (2002). Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(13-14), 2011-2020.

Krystyjan, M., Gumul, D., Areczuk, A. y Khachatryan, G. (2022). Comparación de parámetros físico-químicos y propiedades reológicas del almidón aislado de papa coloreada (*Solanum tuberosum* L.) y papa amarilla. *Hidrocoloides alimentarios*, 131, 107829.

Labomersa, W. by. (s/f). ¿Por qué los biorreactores son esenciales en las industrias y laboratorios? Labomersa.com. Recuperado el 22 de noviembre de 2022, de <https://labomersa.com/2020/09/03/por-que-los-biorreactores-son-esenciales-en-las-industrias-y-laboratorios/>.

López, N. A. P. CAROTENOIDES: OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIONES. Editores: H. Espinosa Andrews. E. García Marquez.

Marcial iza José Alfonso (2013) Obtención de diferentes productos alimenticios (hamburguesas y embutidos) a partir de residuos orgánicos (cáscara de papa). <http://file:///C:/Users/LENOVO/Documents/R3/PROPUESTA%20DE%20TESIS/ARTICULOS%20CONCHA%20DE%20PAPA%20TESIS%202023-1/articulo%201.pdf>

Martínez, C. V. V., Murillo, X. S. Z., Demera, M. H. D., Briones, G. A. B., & Palacios, C. A. C. (2021). Almidones de cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) y papa (*Solanum tuberosum*) para producción de bioplásticos: propiedades mecánicas y efecto gelatinizante. *Revista Bases de la Ciencia*, 6(2), 137-152.

Orduño, G. R. D., Santana, T. J. M., Amavizca, R. M., Vega, A. F., Torreblanca, J. N. S., Escalante, A. S., & Urrutia, G. R. T. (2018). Composición y actividad antioxidante de extractos de cáscara de papa esterilizados con autoclave e irradiación. *Biotecnia*, 20(2), 51-58.

Ornaghi, H. L., Poletto, M., Zattera, A. J., & Amico, S. C. (2014). Correlation of the thermal stability and the decomposition kinetics of six different vegetal fibers. *Cellulose*, 21, 177-188.

Ortiz-Rojas, V. J., Bernuy-Osorio, N. D., Zea-Mendoza, O. A., & Vílchez-Perales, C. (2020). Efecto de la cáscara o pulpa de *Solanum tuberosum* sobre el peso de órganos y estrés oxidativo hepático en ratas obesas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 36, 681-686.

Pabon Patiño, J. C., & Rosas Arevalo, W. A. (2016). Determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco.

Paredes, C., Bustos, A. S., Debiec, M., Calisaya, J. C., & Peñarrieta, J. M. (2013). Determinación de diferentes tipos de almidón en *Solanum tuberosum*, papa proveniente del altiplano de La Paz. *Revista Boliviana de Química*, 30(1), 5-12.

Paskuliakova, A., McGowan, T., Tonry, S., & Touzet, N. (2018). Microalgal bioremediation of nitrogenous compounds in landfill leachate—The importance of micronutrient balance in the treatment of leachates of variable composition. *Algal research*, 32, 162-171.

Polo, L. A. T., Arroyo, E., & Vegetal, F. (2006). MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES.

PotatoPro. <https://www.potatopro.com/es/news/2016/qui%C3%A9n-es-el-nuevo-due%C3%B1o-de-la-papa>

PRÁCTICA 3 – UTILIZACIÓN DEL AUTOCLAVE. (2016, 14 de diciembre). Prácticas de Microbiología. <https://fiestadelosmicroorganismos.wordpress.com/2016/12/14/practica-3-utilizacion-de-la-autoclave/>

Prada Ospina, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa Bogotá, 180-192. *Revista EAN*, (72), 182-192.

Pysarenko, P. V. (2021). Investigation of the possibility of probiotic use for remediation of contaminated soil of solid domestic waste landfills. *ПИЛОК ППОСА В УКРАЇНІ*.

Quispe Centeno, J. G. (2014). Obtención y caracterización de la fibra dietética a partir de los residuos de papa (*solanum tuberosum*)

Quito, f. d.-U.-I. (2017). Obtenido de <file:///C:/Users/LENOVO/Documents/R3/PROPUESTA%20DE%20TESIS/ARTICULOS%20CONCHA%20DE%20PAPA%20TESIS%202023-1/fertilizante%20pag%2017.pdf>

Rodríguez, J. M. (2015). Probióticos: del laboratorio al consumidor. *Nutrición hospitalaria*, 31(1), 33-47.

Roslan, S., Zahid, A. Z. M., Baharudin, F., & Kassim, J. (2021, March). TakaFert: Biofertilizer of leachate sludge and food wastes by Takakura Composting. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 685, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

RURAL, M. D. (2019). Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Normatividad/Plan%20de%20Ordenamiento%20papa%202019-2023.pdf>

Sampaio, SL, Petropoulos, SA, Alexopoulos, A., Heleno, SA, Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, IC (2020). Cáscaras de papa como fuente de compuestos funcionales para la industria alimentaria: una revisión. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos* , 103 , 118-129.

Sánchez-Castelblanco, E. M., & Heredia-Martín, J. P. (2020). Evaluación de residuos de cáscaras de papa como sustrato para la producción de amilasas a partir de *Bacillus*

amyloliquefaciens A16. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 44(172), 794-804.

Schieber Andreas; Saldaña Marleny D. (2009). Potato peels: A source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds - A review.

SIC. (s.f.). Obtenido de CADENA PRODUCTIVA DE LA PAPA: <https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/PAPA.pdf>

Singh, P. P., & Saldaña, M. D. A. (2011). Subcritical water extraction of phenolic compounds from potato peel. Food Research International (Ottawa, Ont.), 44(8), 2452–2458.

Spooner, D.M. y W.L.A. Hetterscheid. 2005. Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. pp. 285-307. En: Motley, T.J., N. Zerega y H. Cross (eds.). Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution and conser

Teow VD, Truong RF, McFeeters RL, Thompson KV, Pecota GC, Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours, Food Chem. 103(3): 829–838.

Thakur, P., & Kumar, P. (2020). Leaching Losses of Micronutrient: A Review. In Biol. Forum–Int. J (Vol. 9, pp. 13-21).

Toapanta, E. G., Abarca, S. V., García, M. J., & Sánchez, E. C. (2019). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). Ciencia Digital, 3(2.6), 115-126.

Urdaci, MC, Bressollier, P. y Pinchuk, I. (2004). Cepas probióticas de *Bacillus clausii*: actividades antimicrobianas e inmunomoduladoras. Journal of Clinical Gastroenterology, 38 (Suplemento 2), S86–S90. <https://doi.org/10.1097/01.mcg.0000128925.06662.69>

Valverde, F., & Alvarado Ochoa, S. P. (2009). Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: Experiencias del DMSA

Valverde, F., Córdova, J. J., & Parra, R. (1998). Fertilización del cultivo de papa.

Van den Berg, R.G. y M.J. Jacobs. 2007. Capítulo 4: Molecular taxonomy. pp. 55-74. En: Vreugdenhil, D. (ed.). Potato biology and biotechnology advances and perspectives. Elsevier, Amsterdam.

VARNERO-MORENO, MT (2011). Manual de biogás.

Vega, N. P. (2020). Propiedades químicas, físicas y tecnofuncionales de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para uso como extensor en productos cárnicos frescos picados (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.).

Villarreal-Delgado, MF, Villa-Rodríguez, ED, Cira-Chávez, LA, Estrada-Alvarado, MI, Parra-Cota, FI, & De los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus impresiones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología: la revista oficial de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, 36 (1), 95–130. doi:10.18781/r.mex.fit.1706-5

Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Nhung, T. C., Hemavathy, R. V., Jawahar, M. J., Nishaanthini, J. P., & Rangasamy, G. (2022). A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. *Chemosphere*, 136627.