

**DESARROLLO DE BIOPELICULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA
EXTRAIDA DE CASCARILLA DE CAFÉ.**

**Investigador Principal
DARLEY JOHANNA FLOREZ VILLAMIZAR
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

Grupo de Investigación BIOINGENIERÍA ALIMENTARIA



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA – 2022**

**DESARROLLO DE BIOPELICULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA
EXTRAIDA DE CASCARILLA DE CAFÉ.**

**Investigador Principal
DARLEY JOHANNA FLOREZ VILLAMIZAR
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos

**Director
DIEGO ENRIQUE OCHOA FLOREZ
Ingeniero de alimentos
Universidad de Pamplona**

Grupo de Investigación en BIOINGENIERÍA ALIMENTARIA



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA – 2022**

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de fortaleza, a mi Madre y a Marcelino Ortiz quienes han velado por mi bienestar y educación, por concederme la oportunidad de formarme con valores y competencias profesionales, por ser mi inspiración para ser cada día mejor, y ser ese apoyo incondicional ayudándonos a ser mejores en el ámbito personal y profesional. A mis hermanos y demás familiares por haber creído en mí y porque de una u otra manera han contribuido en el cumplimiento de una de mis más importantes metas. A mi pareja por no dejarme rendir, por impulsarme todos los días, por tantas ayudas y aportes a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente a Dios por la vida y concederme la oportunidad de estudiar una carrera tan importante.

A mi tutor Diego Enrique Ochoa Florez, Ingeniero de Alimentos por su orientación, paciencia, constancia, consejos a lo largo de la realización de esta investigación, su compañía y apoyo durante las adversidades, sin él esto no hubiese sido posible.

A la Universidad de Pamplona y a su personal académico que forman parte del programa ingeniería de alimentos por sus conocimientos impartidos dentro y fuera del aula.

A mi Madre por ser el motor de mi vida, por cada tacita de té en las noches de insomnio, por su apoyo en los días que creía que no podía, cada uno de mis logros son por y para Usted.

A Marcelino Ortiz por ser ese pilar fundamental y apoyarme en este proyecto tan importante.

A mis compañeros, por cada granito de arena, por cada orientación, consejo, palabra e impulso.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN DEL PROYECTO	1
2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	2
2.1. BIOPELÍCULAS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.	2
2.1.1. Características de las biopelículas comestibles.	3
2.1.1.1. Propiedades físicas	5
2.1.1.2. Propiedades químicas y funcionales.	6
2.1.1.3. Propiedades mecánicas	7
2.1.1.4. Propiedades sensoriales	7
2.2. USO DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	7
2.2.1. Biopelículas comestibles en el manejo postcosecha de alimentos	7
2.2.2. Alimentos potenciales para el uso de películas comestibles	11
2.3. CASCARILLA DE CAFÉ Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.	13
2.3.1. Producción de café y cascarilla en la industria.	13
2.3.2. Propiedades químicas y físicas de la cascarilla de café.	14
2.3.3. Industrialización de la cascarilla de café	18
2.3.4. Estudios previos de recubrimientos comestibles en la industria alimentaria.	19
3. OBJETIVOS	23
3.1. OBJETIVO GENERAL	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	24
4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CASCARILLA DE CAFÉ PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPELICULAS COMESTIBLES.	24
4.2.1. Obtención de la cascarilla de café.....	24
4.2.2. Preparación de la cascarilla de café	26
4.2.3. Determinación del contenido de cascarilla de café para la elaboración de biopelículas según su capacidad de dilución.	27
4.3 OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA EXTRAÍDA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA.....	27
4.3.1. Extracción de la pectina de cascarilla de café mediante hidrolisis acida.	27

4.3.2. Determinación del grado o porcentaje de metoxilación de las soluciones hidrolizadas.....	27
4.3.3. Elaboración de las biopelículas a partir de la pectina extraída de la cascarilla de café.....	28
4.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LAS BIOPELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ.....	28
4.4.1. Determinación de Humedad	28
4.4.2. Determinación de solubilidad en agua	29
4.4.3. Determinación de Transmisión de vapor de agua	29
4.4.4. Determinación de Microestructura	30
4.4.5. Determinación de Biodegradabilidad aerobia	30
4.4.6. Determinación de resistencia a la tracción y deformación	30
4.4.7. Determinación del porcentaje de elongación	31
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1. OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA EXTRAÍDA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA.....	32
5.1.1. Selección del contenido de cascarilla según su capacidad de dilución y elaboración de las biopelículas.	32
5.1.2. Grado o porcentaje de metoxilación de las soluciones hidrolizadas.	32
5.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LAS BIOPELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CAFÉ.....	33
5.2.1. Contenido de Humedad.....	34
5.2.2. Porcentaje de solubilidad en agua.	35
5.2.3. Porcentaje de Transmisión de vapor de agua	36
5.2.4. Microestructura.....	37
5.2.5. Porcentaje de biodegradabilidad aerobia	38
5.2.6. Resistencia a la Tracción y deformación	40
5.2.7. Porcentaje de elongación	41
5.2.8. Análisis de correlación y conglomerado	42
6. CONCLUSIONES	47
7. RECOMENDACIONES	48
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
9. ANEXOS	53

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Aplicaciones y efectos del uso de biopelículas en alimentos.....	11
Tabla 2. Granulometría de la cascarilla de café.....	15
Tabla 3. Diseño experimental del proyecto.....	24
Tabla 4. Porcentaje de humedad de las biopelículas.	34
Tabla 5. Porcentaje de solubilidad de las biopelículas	35
Tabla 6. Porcentaje de transmisión de agua de las biopelículas.	36
Tabla 7. Seguimiento de la biodegradabilidad de las biopelículas.	38
Tabla 8. Porcentaje de biodegradabilidad aerobia de las biopelículas.	39
Tabla 9. Tracción y deformación de los diferentes % de cascarilla de café. ...	40
Tabla 10. Comparación de la media y desviación estándar de la prueba de elongación de los diferentes % de cascarilla de café.....	41

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Transferencias que se evitan en el producto por el uso de las biopelículas.	3
Figura 2. Afectaciones postcosecha en frutas.	8
Figura 3. Propiedades de las biopelículas para el control postcosecha.	10
Figura 4. Efectos de los recubrimientos comestibles en la industria de alimentos.	10
Figura 5. Estructura del fruto y grano de café.	14
Figura 6. Industrialización de la cascarilla del café.	19
Figura 7. Macro-localización de la materia prima.	25
Figura 8. Extensión del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.	26
Figura 9. Porcentaje de metoxilación de las soluciones de cascarilla de café hidrolizadas.	33
Figura 10. Microestructura de las biopelículas.	37
Figura 11. Correlograma para la biopelícula al 5% de cascarilla de café.	42
Figura 12. Correlograma para la biopelícula al 10% de cascarilla de café.	43
Figura 13. Correlograma para la biopelícula al 20% de cascarilla de café.	44
Figura 14. Correlograma para la biopelícula al 30% de cascarilla de café.	44
Figura 15. Dendograma de las biopelículas elaboradas.	45

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Determinación grado o porcentaje de metoxilación.....	28
Ecuación 2.	Determinación Contenido de Humedad.	29
Ecuación 3.	Determinación porcentaje de solubilidad.	29
Ecuación 4.	Determinación del porcentaje de biodegradabilidad.	30
Ecuación 5.	Determinación resistencia a la tracción y deformación	30
Ecuación 6.	Determinación del porcentaje de elongación	31

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del Glicerol.....	53
Anexo 2. Ficha técnica del ácido cítrico.	56

1. RESUMEN DEL PROYECTO

La cascarilla de café es uno de los subproductos de mayor producción en la industrialización del café, pero de bajo aprovechamiento. Sin embargo, dado a su alto contenido de polisacáridos ha sido últimamente vista como una materia prima para el desarrollo de nuevas alternativas. El objetivo de investigación fue desarrollar biopelículas comestibles a partir de pectina extraída de cascarilla de café con el fin de aprovechar este subproducto en la industria de alimentos. Para esto se evaluó la capacidad de disolución de la cascarilla de café elaborando soluciones al 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% de cascarilla de café en agua p/v. Posteriormente, se seleccionaron las contracciones de mejor aptitud para extraer pectina mediante hidrólisis ácida. Una vez hidrolizadas las soluciones se mezclaron con glicerol al 3% y se sirvieron en cajas de Petri secándolas por 24 horas a 40°C. Tras el secado, las biopelículas fueron evaluadas midiendo los siguientes parámetros: humedad, solubilidad en agua, transmisión de vapor de agua, microestructura, biodegradabilidad aerobia, tracción/deformación y elongación. Dentro de los resultados obtenidos se encontró que las formulaciones al 5, 10, 20 y 30% fueron las de mejor aptitud para la elaboración de las biopelículas. Del análisis de los parámetros fisicoquímicos se obtuvo que conforme aumentaba la concentración de cascarilla de café, los resultados indicaban mayor firmeza y estabilidad dado al contenido de pectina extraído presente en cada muestra. El análisis estadístico mostró diferencias en todos los parámetros exceptuando biodegradabilidad aerobia, sin embargo, la muestra al 30% presentó mejor correlación de los parámetros analizados. Finalmente, las muestras al 5 y 10% mostraron ser débiles, de baja firmeza y estabilidad, mientras que las muestras al 20 y 30% presentaron mejor aptitud. Por lo tanto, dado a que estadísticamente la muestra al 20% presentó una alta similitud con la muestra al 10% se seleccionó la muestra de biopelícula al 30% de cascarilla de café como la mejor para su potencial uso en matrices alimentarias.

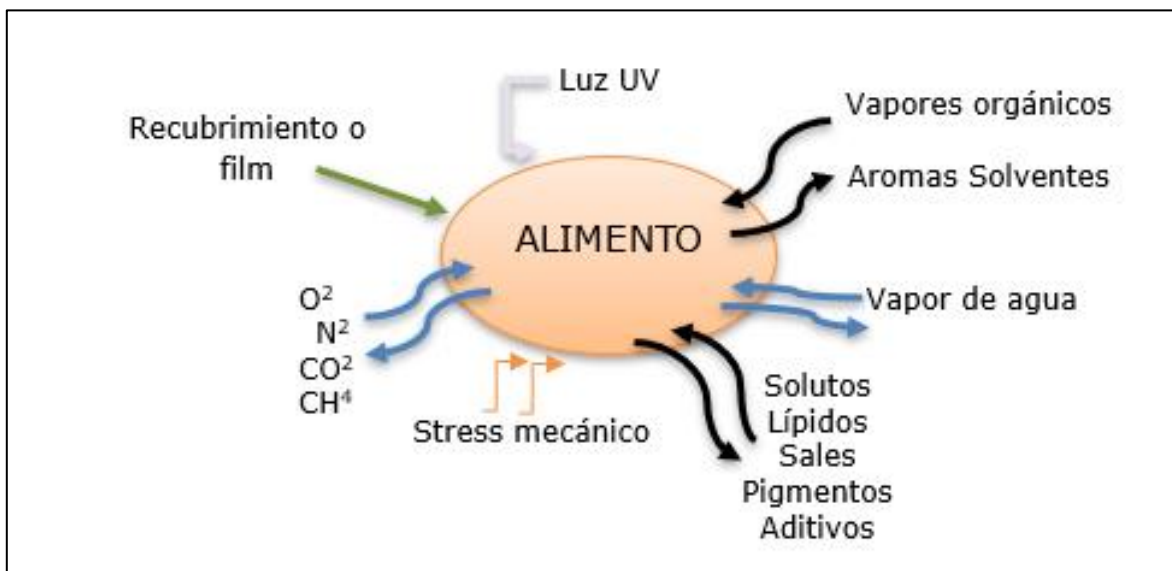
Palabras clave: Cascarilla de café, hidrólisis, pectina, biopelícula.

2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. BIOPELÍCULAS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

Las biopelículas se definen como una capa fina que puede ser utilizada como material para cubrir frutas y vegetales. Las biopelículas se producen principalmente a partir de biopolímeros y aditivos que incluyen proteínas, polisacáridos tales como: los carbohidratos, gomas, pectinas y lípidos. Adicionalmente, para mejorar las propiedades mecánicas, se añaden plastificantes como glicerol, monoglicéridos acetilados, polietilenglicol y sacarosa al igual que otros aditivos como emulsificantes durante la producción de estos materiales (Orduz *et al.*, 2018). Estos biomateriales han sido considerados gracias a investigaciones, para proteger y alargar la vida de anaquel de los alimentos y así evitar que pierdan sus propiedades organolépticas y ayudar a mejorar la calidad física y microbiológica. También pueden ser utilizadas para organizar zonas e ingredientes, formar una barrera contra el oxígeno, aromas, entre otros. Estas biopelículas son denominadas como transportadoras de agentes funcionales como lo son los antioxidantes y sustancias antimicrobianas, permitiendo así mejorar la seguridad y estabilidad de las frutas y vegetales postcosecha. En la figura 1 se observa la transferencia de compuestos que se evitan en alimentos al ser recubiertos con estos biomateriales. Estas se elaboran extrayendo compuestos que se encuentran en las cascaras de frutas y/o verduras, caracterizándolas y procediendo a crear laminas con estas sustancias que permiten el control y regulación de la maduración en alimentos (González Cuello *et al.*, 2017).

Las biopelículas son para la industria una solución a la problemática de contaminación al medio ambiente dado que se aprovechará un biocompuesto de mayor generación de residuos y cuyo propósito es alargar la vida útil de los alimentos tras su manejo postcosecha. Así mismo, estas limitan el contacto de la humedad, el oxígeno y disminuyen el crecimiento microbiano ayudando a mantener la apariencia fresca de los productos dando una firmeza, brillo, olor agradable y calidad al consumidor (Castellano, 2017).



Fuente: Castellano, (2017).

Figura 1. Transferencias que se evitan en el producto por el uso de las biopelículas.

2.1.1. Características de las biopelículas comestibles.

Una biopelícula comestible, se caracteriza por ser una matriz continua, preformada, de capa delgada, de material comestible, que se crea y se ubica alrededor de un alimento como recubrimiento. Dichas soluciones pueden ser elaboradas por residuos de alimentos que están conformadas por un polisacárido de manera natural, ya sea proteica, lipídica o mezcla de los mismos. Las películas poseen propiedades mecánicas, las cuales generan efecto frente al transporte de gases y otros factores que afectan al alimento, así mismo adquieren diversas propiedades funcionales (Falguera *et al.*, 2017). Por otra parte, Velazquez *et al.*, (2011) indican que la composición de las biopelículas comestibles es muy compleja, siendo que los componentes principales que se aprovechan para elaborarlal, son proteínas, polisacáridos y lípidos, pero estos presentan características propias que benefician en diferentes aspectos a determinados alimentos.

Fernández *et al.*, (2017) manifiestan que los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de biopelículas, pero presentan una pobre capacidad de barrera haciendo referencia a la humedad, lo cual afecta dado que implicaría una disminución de tasa de respiración en frutas, vegetales y hortalizas. Situación que no ocurre con los lípidos debido a sus propiedades

hidrofóbicas. Más, sin embargo, presentan simples propiedades mecánicas que deben mejorar con el uso de aditivos. Además de los componentes básicos que presentan, las biopelículas poseen otros ingredientes como agentes antioxidantes, nutrimentos adicionales, compuestos antimicrobianos y componentes que ayudan a incrementar la calidad e integridad mecánica, valor nutricional, inocuidad, funcionalidad y aceptabilidad del producto final (Velásquez *et al.*, 2011).

Dentro de los componentes de gran importancia para la elaboración de recubrimientos comestibles, son los plastificantes y emulsificantes. En el caso particular de los plastificantes son moléculas pequeñas, de bajo peso molecular, que se adicionan con la finalidad de mejorar la flexibilidad y funcionabilidad de los recubrimientos, ayudándolos a ser menos frágiles. Dentro de los agentes plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras y otros. Mientras que, los emulsificantes mejoran la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y reducen la actividad de agua superficial, también se emplea la adición de antioxidantes con el fin de mejorar las propiedades que ya presentan las biopelículas y su acción sobre la matriz alimentaria (Daybelis *et al.*, 2015).

Dado a que las biopelículas son consideradas aditivos alimenticios, es necesario que posean determinadas propiedades de barrera para la preservación de los productos, Zamudio-Castellano, (2017) resaltan ciertas propiedades fundamentales, dentro de las cuales se encuentran:

- Poseer propiedades nutricionales y organolépticas que sean compatibles con el alimento a recubrir.
- Presentar propiedades mecánicas adecuadas para evitar pérdidas por roturas o quiebre del material.
- Ser estables frente a las distintas condiciones de almacenamiento.
- Poder adherirse fácilmente a la superficie de los alimentos a tratar.
- Responder a la reglamentación vigente (aditivos alimentarios).
- Requerir de tecnologías sencillas y de bajo costo para su fabricación y posterior aplicación.

Según la Norma Técnica Colombiana (NTC 1007), los recubrimientos comestibles deben estar libres de burbujas, de motas, de arrugas, de ojos de pescado, de partículas extrañas, de agujeros, de agentes tóxicos o contaminantes químicos, entre otros.

Los recubrimientos comestibles (RC) ayudan a reducir los procesos metabólicos, retardando el crecimiento microbiano y formando una barrera protectora que sirve para disminuir la respiración vegetal, deteniendo el proceso de senescencia y preservando la calidad (Ramos *et al.*, 2018). Las biopelículas deben promover barreras semipermeables, además de transportar ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento, creando una envoltura protectora y una atmosfera modificada (Fernández *et al.*, 2017).

Dentro de las propiedades de mayor importancia que poseen las biopelículas y recubrimientos comestibles se encuentran:

2.1.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes, dentro de estas se encuentran: color, opacidad aparente, espesor, transparencia, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y a los gases (oxígeno, monóxido de carbono, etileno), y las relacionadas con la resistencia mecánica (Canovas, 2020).

El color de las películas está influenciado por el tipo y la concentración del material agregado y la opacidad está relacionada con el aspecto visual de la película. Estas deben ser agradables para los consumidores y no deben influir en el color del producto. La transparencia y opacidad del polímero se debe a la morfología o la estructura química relacionada con el peso molecular del material empleado para su elaboración (Escobar, 2020).

La mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrofílica. Se ha encontrado una relación dependiente positiva entre la permeabilidad al vapor del agua y el espesor de los recubrimientos. Se considera que a medida que el espesor aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través del recubrimiento, por lo que la presión parcial de vapor del agua de equilibrio en la superficie inferior de la cubierta se incrementa. La solubilidad por su parte es de gran importancia para determinar la funcionalidad de la biopelícula. La resistencia al agua de las biopelículas portadoras de antimicrobianos es deseable para mantener su integridad, si esta se utiliza para la conservación de alimentos de humedad intermedia a alta. Una biopelícula antimicrobiana con pobre resistencia al agua se disuelve rápidamente en contacto con altos contenidos de humedad, provocando que la biopelícula libere el agente antimicrobiano disminuyendo su efecto conservador (Escobar, 2020).

2.1.1.2. Propiedades químicas y funcionales.

Las biopelículas se caracterizan por producir una atmósfera modificada en la fruta, reducen el deterioro, retrasan la maduración de frutas climatéricas, reducen la pérdida de agua, retardan los cambios de color, mejoran la apariencia, disminuyen la pérdida de aromas, reducen el intercambio de humedad entre trozos de frutas y transportan compuestos antioxidantes y estabilizantes (Canovas, 2020). Estas han demostrado no poder reemplazar los materiales de empaquetamiento tradicional, pues sus propiedades químicas no son aptas. Pero pueden desarrollar una función complementaria por sus atributos funcionales creando una barrera por su baja permeabilidad al oxígeno, permitiendo usar envases tradicionales de menor espesor, contribuyendo al impacto ambiental que se ha generado en los últimos años (Miramont *et al.*, 2012). Según Canovas, (2020) de las propiedades químicas que estas deben poseer se encuentran:

- A. Soportar aditivos alimentarios: las biopelículas se usan para incorporar agentes antimicrobianos, antioxidantes y otros, en localizaciones específicas de los alimentos. Así, se puede conseguir exaltar una propiedad funcional en forma localizada sin elevar excesivamente la concentración general del aditivo en el alimento.
- B. Retardar la migración de humedad: si el alimento es recubierto por una película, puede reducir la velocidad de transferencia de humedad entre el alimento y la atmosfera a la cual está expuesto, como por ejemplo el uso de ceras para recubrir frutas y vegetales.
- C. Retardar la migración de aceites y grasas: las películas constituidas por polímeros hidrofílicos tienen el atributo de ser altamente impermeable a grasas y aceites, retardando la absorción del aceite en el freído, mejorado la calidad nutricional y organoléptica.
- D. Retener compuestos volátiles del flavor: películas basadas en hidrocoloides pueden desarrollar este efecto.
- E. Retardar el transporte de gases (O_2 , CO_2): Las películas disminuyen la velocidad de la respiración aeróbica de frutas frescas y vegetales.

Reduciendo el deterioro de los alimentos que involucra la oxidación de lípidos, vitaminas, componentes del flavor o pigmentos.

- F. Retardar el transporte de solutos: las coberturas comestibles pueden mantener una alta concentración de distintos compuestos sobre la superficie del alimento. Esto ha servido, para mantener altas concentraciones de sorbato de potasio en la superficie de alimentos, retardando el crecimiento microbiano. O también puede utilizarse esta propiedad para minimizar la difusión de solutos hacia el interior del alimento, en la deshidratación osmótica.

2.1.1.3. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas que mayormente caracterizan a las biopelículas comestibles son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la habilidad de la película a estirarse. Las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Castellano, 2017).

2.1.1.4. Propiedades sensoriales

Las biopelículas o también llamados recubrimientos comestibles deben ser transparentes, lisos y no ser detectados durante su consumo. La transmisión de residuos olfativos y aromas debe ser reducida o nula, dado a que estas pueden alterar las características propias de las matrices en las que sean aplicadas (Canovas, 2020).

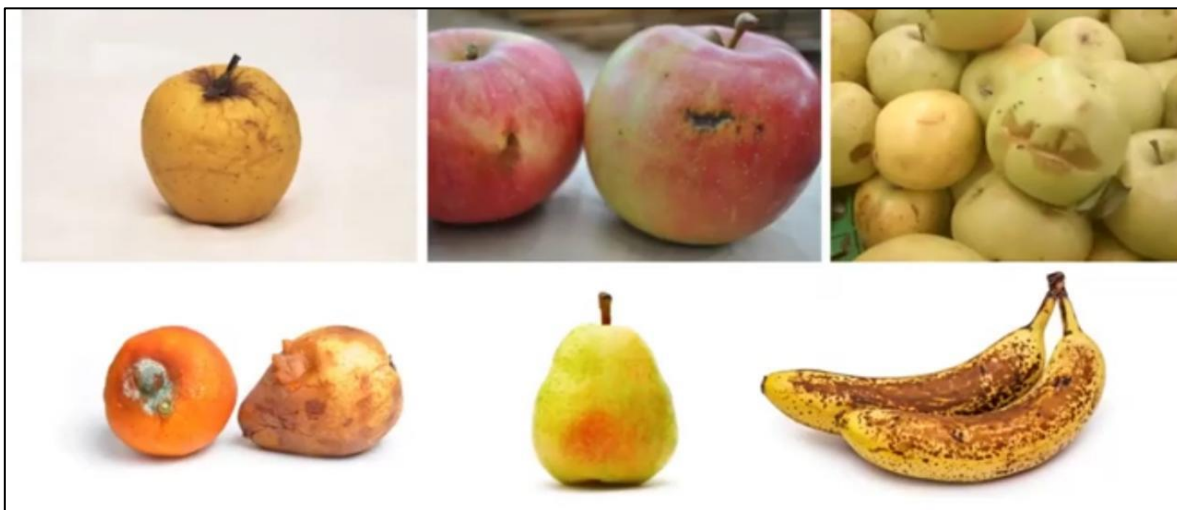
2.2. USO DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

2.2.1. Biopelículas comestibles en el manejo postcosecha de alimentos

Un buen manejo del sistema de postcosecha incluye la realización de prácticas de acondicionamiento del producto, como secado, limpieza, selección,

clasificación, almacenamiento y control de plagas, las cuales se efectúan a partir del momento de su recolección en el campo hasta su comercialización (Alargan *et al.*, 2013). Sin embargo, las biopelículas pueden ser una alternativa para la conservación postcosecha de frutas, las cuales sufren alteraciones fisiológicas durante la fase de postcosecha que ocasionan pérdidas de calidad afectando las características organolépticas que perciben los consumidores, como su apariencia, sabor, textura, pérdida de peso, traduciéndose a su vez en pérdidas económicas (López, 2016).

Existen pérdidas de postcosecha debido al deterioro microbiano como se observa en la figura 2, pero gracias a estos recubrimientos se disminuye en gran parte. La lámina que se crea en la industria alimentaria puede ser consumida directamente con el producto ya que proviene de polímeros biodegradables que no son tóxicos, el mecanismo de los recubrimientos conservan la calidad de las frutas y vegetales creando una barrera física y permitiendo así modificar la atmósfera interna de la fruta para retardar la maduración.



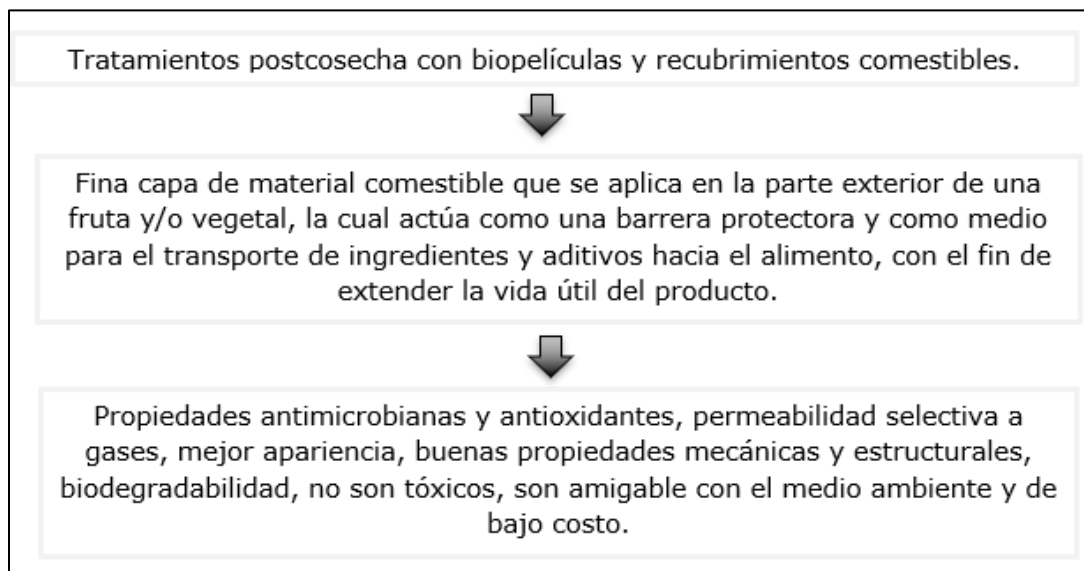
Fuente: Escobar, (2020)

Figura 2. Afectaciones postcosecha en frutas.

Las biopelículas, son una tecnología postcosecha que se viene implementando ya desde hace muchos años hasta la actualidad. Estos se han ido perfeccionando y analizando, con el fin de identificar cuáles son los aspectos que han permitido esos avances que ahora constituyen una de las principales alternativas cuando se trata de conservación de productos. La industria Fruver ha sido la más

perjudicada por las pérdidas postcosecha. Por ejemplo, las frutas manchadas, arrugadas, marchitas, magulladas con inicios de proceso de deterioro microbiológico, cambios de coloración, frutos donde se ha acelerado su proceso de deterioro dado que no se recolectó en el estado adecuado. Además de tener una anomalía se busca identificar que independientemente del deterioro que presentan, han perdido su valor comercial, siendo esto un aspecto que a nivel de postcosecha desde hace muchos años ha tratado de estudiarse para poder atacar y abordar estas problemáticas que causan grandes pérdidas económicas (Alargan *et al.*, 2013). La disminución del valor comercial en frutos tiene como consecuencia una pérdida de calidad que se da durante la postcosecha, ocasionado por un manejo inadecuado dado a que se desconoce de las tecnologías que se deben implementar una vez el producto haya sido recolectado. Hoy en día se busca garantizar cierto grado de sostenibilidad para evitar este tipo de situación. Llegando así al consumidor con productos de calidad principalmente sensorial, más idóneos para que ellos puedan consumir y con buenos índices microbiológicos. En la figura 3, se observan las características generales que se han establecido para las biopelículas y recubrimientos comestibles, donde al momento de elaborar y diseñar estos biomateriales se deben tener en cuenta dichos parámetros.

Por lo anteriormente expuesto, la función principal de estos biomateriales es frenar y controlar los cambios físicos que pueden sufrir los alimentos. Establecer las características que estos biomateriales deben cumplir, indica que estos deben llevar a cabo una función fundamental para que el producto no adquiera ese aspecto observado en la figura 2. Los recubrimientos comestibles que se aplican fundamentalmente en la capa exterior de las frutas y vegetales son con el fin de contribuir una barrera protectora. Estos constituyen un medio de transporte de ingredientes y aditivos al constituir dicha barrera a través de los alimentos. Por lo consiguiente, la función principal de estos biomateriales es frenar y controlar los cambios físicos que pueden sufrir los alimentos.



Fuente: Arias Velázquez & Toledo Hevia, (2007).

Figura 3. Propiedades de las biopelículas para el control postcosecha.

Dentro de los efectos que estos recubrimientos presentan, se encuentra su efecto sobre las propiedades fisiológicas, se relacionan con el control del arrugamiento, aminoran la pérdida de peso y la transferencia de vapor de agua desde el interior del producto hacia el exterior (figura 4). Reduciendo la maduración y senescencia de las frutas ya que respiración acelerada del producto conlleva una aceleración de la maduración y una senescencia rápida. Es por esto, por lo que el empleo de biopelículas se usa con el fin de controlar e incluso retardar la maduración en frutas y verduras (Arias Velázquez & Toledo Hevia, 2007).



Fuente: Arias Velázquez & Toledo Hevia, (2007).

Figura 4. Efectos de los recubrimientos comestibles en la industria de alimentos.

2.2.2. Alimentos potenciales para el uso de películas comestibles

Las películas comestibles están diseñadas para envasar frutas, verduras, aves, carnes y mariscos. Estas biopelículas comestibles se pueden aplicar en frutos intactos y en productos mínimamente procesados; la selección de una formulación dependerá de la utilidad de la película y la matriz en la que se aplique (Alargan *et al.*, 2013). Las biopelículas han sido una tecnología utilizada desde hace varios años. En los años 60 este tipo de tecnología era muy poco comercial y estaba limitada principalmente a capas de cera en las frutas, no obstante, un mayor aprovechamiento de los componentes encontrados en los recursos naturales ha permitido a esta mantenerse y diversificarse en una amplia gama de productos. Más de 90 patentes y artículos científicos sobre la fabricación de envases comestibles se han publicado desde 1990. Actualmente, las biopelículas se aplican en alimentos frescos, mínimamente procesados y ultra procesados. Estos incluyen a las frutas y vegetales; carnes, aves y pescados, ya sea congelados y ahumados; lácteos como helado y queso, granos de panificación y botanas, confitería y frutos secos como las nueces. Las potencialidades de las biopelículas dependerán de acuerdo con la aplicación específica, el tipo de producto alimenticio y sus principales mecanismos de deterioro. En la Tabla 1, se observan las aplicaciones que han tenido las biopelículas comestibles, el material de fabricación, la matriz y el efecto respectivo (Escobar, 2020).

Tabla 1. Aplicaciones y efectos del uso de biopelículas en alimentos.

MATERIALES PARA BIOPELÍCULAS	ALIMENTOS	EFFECTO
FRUTAS Y VEGETALES		
Alginato	Seta	Mantener firmeza, retrasa oscurecimiento y apertura de capa.
Almidón de Yuca	Fresa	Retraso del deterioro.
Ésteres de sacarosa y cera	Aguacate, manzanas, melones, cítricos	Proteger, aumentar el brillo y extender la vida útil.
Proteína de soya	Manzanas	Cambios retardados en firmeza, color y acidez.
Pectina	Mango	Reducción tasa del color, textura y aumento de vida útil.

Quitosano	Pimientos y pepinos	Respiración reducida, pérdida de color, marchitamiento e infección por hongos.
Quitosano	Cítricos	Barrera de O ₂ /H ₂
Quitosano	Brócoli	Reducción de microorganismos mesófilos y psicotrópicos.
CARNES, AVES Y PESCADOS		
Colágeno	Salchicha	Costo reducido y mayor uniformidad.
Gelatina + aceite de orégano	Pez Bagre	Inhibición de S. typhimurium, y E. coli a 4°C.
Proteína de suero	Salmón	Reducir pérdida de humedad y oxidación de lípidos.
Quitosano	Carpa plateada	Buenas características fisicoquímicas, microbiológicas y mayor vida útil.
Zeína	Bola de pescado	Conservar alimento rico en lípidos.
LÁCTEOS Y SNACKS		
Almidón	Nueces	Retraso en la rancidez.
Cera o ácidos grasos	Queso	Evitar el crecimiento del moho.
Pectina/Celulosa	Patatas fritas	Reducción de la absorción de grasa.

Fuente: Escobar, (2020).

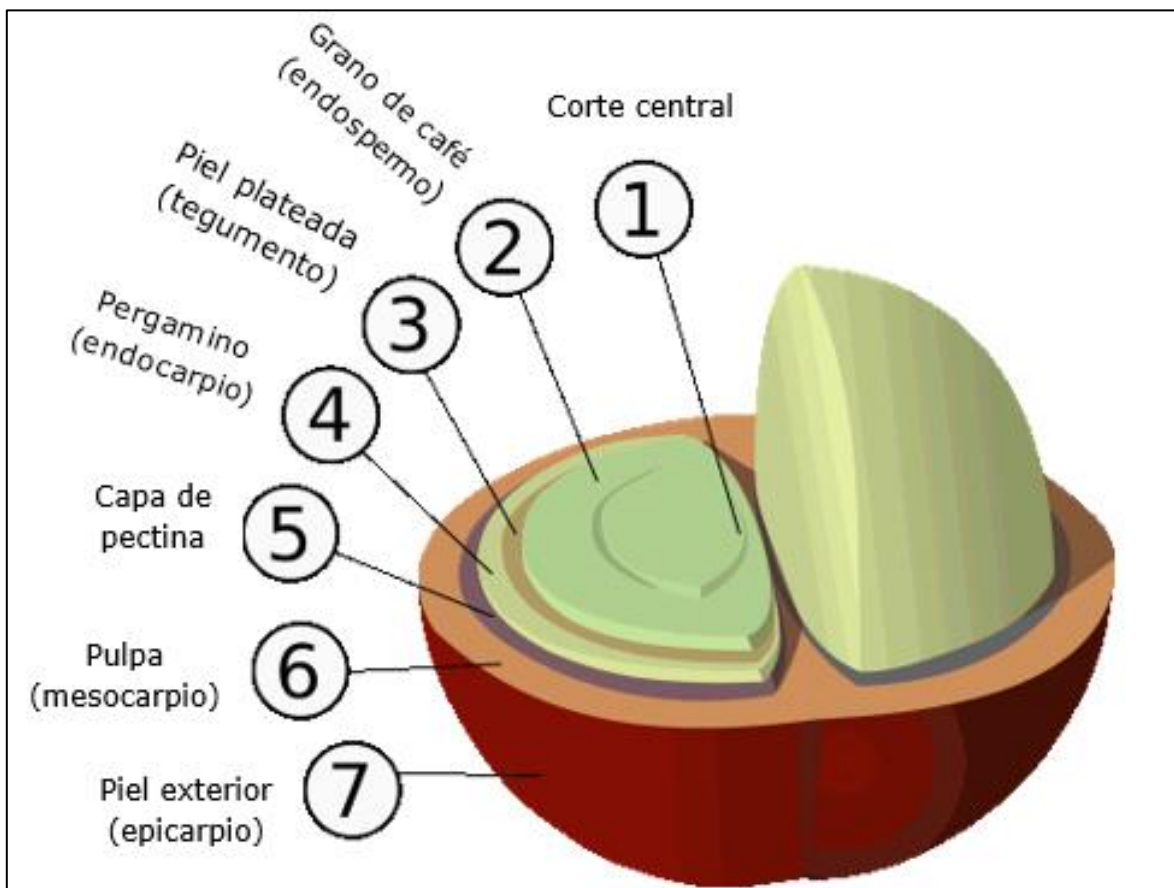
Dentro de los mayores beneficios de la aplicación de biopelículas es que estas continúan protegiendo al alimento incluso después de que el envase principal haya sido abierto. Es una barrera contra los microorganismos, contra migración de agua, frente a gases, entre otros. De igual forma atrasa la alteración del alimento. Impide la pérdida de aromas y a la vez impide que aromas indeseados se adhieran al producto; preserva el aspecto atractivo del alimento y sirve para incorporar sustancias activas (Agle, 2007).

2.3. CASCARILLA DE CAFÉ Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

2.3.1. Producción de café y cascarilla en la industria.

La cascarilla de café es un subproducto de mayor obtención en la cadena productiva del mismo. Constituye cerca del 6% del café seco de trilla y tiene un 12% de humedad. También está presente en la pulpa y la cascara del café en una concentración de aproximadamente de 1.3% en base al peso seco. En la figura 5 se observa la estructura general del grano de café, donde las estructuras 4, 5, 6 y 7 equivalen a subproductos como la cascarilla (pergamino) (Vasquez., 2020). El pergamino de café o cascarilla es la capa posterior a la de pectina que forma parte de las capas exteriores que cubren el fruto de café. Esta cascarilla de café aporta una excelente fuente de celulosa, lignina, pentosanos, sílice, cenizas y gran cantidad de pectina, al igual que otros componentes, pero en menor proporción. Se debe conocer primero las propiedades tanto físicas como químicas que presente este subproducto para poder así determinar su posterior aprovechamiento al que se pueda llevar (Penedo-Medina, 2018).

Según la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), en 2018 se produjeron alrededor de 13,5 millones de sacos de café con un peso neto de 60 kilos. De estos granos cosechados, cerca del 44 % del peso del fruto es pulpa, y el restante es residuo que se obtiene por vía húmeda para extraer el café. En este proceso se obtienen altas cantidades de residuos que arrojan a los vertederos, donde se desarrolla una elevada actividad contaminante a nivel medioambiental, dado que los disponen en sitios inadecuados, como fuentes de agua superficial o de suelos. Por lo anterior, emplear estos residuos en otros campos, como el de la elaboración de biopelículas comestibles, representa una solución a esta problemática (FNC, 2019).



Fuente: Vasquez., 2020.

Figura 5. Estructura del fruto y grano de café.

Para poder establecer los posibles usos de este subproducto en la industria, se hace necesario identificar las propiedades que esta posee, dentro de las cuales se encuentran:

2.3.2. Propiedades químicas y físicas de la cascarilla de café.

- **Propiedades químicas.** La composición química de la cascarilla de café es la siguiente: contenido de humedad de 11,45%, lignina 41,86%, cenizas 0,95%, grasas 5,83%, pentosas 25,5% y furfural 14,76%. También contiene polisacáridos de alto peso molecular.
- **Propiedades físicas.** La cascarilla del café tiene una densidad a 26°C de 1,323 gr/cm³, una densidad bruta de 0,323 gr/cm³ y el calor de combustión es de 4500 cal/°C g.

- **Análisis granulométrico de la cascarilla de café.** En la tabla 2 se presenta la granulometría en diferentes tamices de la cascarilla de café. La cascarilla de café se puede considerar como materia prima apta para la elaboración de biopelículas comestibles dado a su alto peso molecular capaces de formar una matriz estructural, dado a su riqueza de nutrientes (Patel, 2019).

Tabla 2. Granulometría de la cascarilla de café.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% CASCARILLA RETENIDA	% CASCARILLA ACUMULADA
6	3.36	7.60	7.60
10	2.00	27.80	35.40
14	1.41	21.90	57.30
20	0.84	12.70	70.00
30	0.59	6.20	76.20
50	0.297	13.9	90.10
60	0.25	1.10	91.20

Fuente: Vasquez., (2020).

La cascarilla de café es rica en polisacáridos como la pectina, estos son los carbohidratos más abundantes que existen en la naturaleza. Cumplen algunas funciones principales al nivel estructural, reserva nutritiva y agentes específicos. La pectina es una sustancia de polisacáridos que se encuentra en determinados alimentos especialmente en frutas y vegetales, tales como hortalizas, bananos, manzanas y también en las cascaras de alguno de ellos, como el plátano y el café. La pectina es un heteropolisacárido de origen vegetal compuesto, principalmente, por ácido D-galacturónico, unido mediante enlaces α -(1,4) glucosídicos, que componen la cadena principal. La esterificación que presenta, indica el porcentaje de residuos del ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo y se clasifican en pectinas de bajo (<50%) y alto metóxilo (>50%). Las pectinas forman geles en presencia de iones de calcio y de azúcar, en condiciones de bajo pH, característica importante para su utilización como aditivo en procesos de gelificación (Mendoza Vargas *et al.*, 2017). Se obtienen de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba dulce, tomate de árbol, maracuyá y remolacha. Los subproductos de la industria de zumos de frutas, bagazo de

manzanas y albedos de cítricos (limón, limón verde, naranja, toronja), constituyen básicamente las fuentes industriales de pectinas (Flood, 2017). Al ser tan rica en pectina, la cascarilla aporta beneficios para la salud, tales como:

- A la hora de eliminar toxinas del organismo, actuando como acción depurativa. Además, se encuentra de forma procesada o bien de forma natural.
- Elimina el colesterol, la pectina absorbe los jugos segregados por el hígado y con ello acaba eliminando el colesterol malo, dejando en el organismo solo el colesterol bueno.
- Aporta una gran cantidad de fibra. La pectina tiene la capacidad de aumentar la excreción de ácidos biliares y con esto se reduce la presión arterial.
- Solo se recomienda consumir 15 g de pectina diaria.

Así mismo, algunas propiedades fisicoquímicas de la pectina son:

- **Solubilidad:** El agua es el mejor solvente para las pectinas también es soluble en formamida, dimetilformamida y glicerina caliente. La pectina es insoluble en solventes orgánicos y en soluciones de detergentes cuaternarios, polímeros, proteínas y cationes polivalentes; estos agentes se emplean para precipitar la pectina de las soluciones después de un proceso de hidrólisis por tratamiento de la materia prima (Pingback, 2018).
- **Acidez:** Las pectinas son neutras en su estado natural, en solución tienen carácter ácido el cual depende del medio y del grado de esterificación. El pH de las soluciones de pectina varía entre 2.8 y 3.4 como función del grado de esterificación. La pectina tiene una constante de disociación de 0.1 a 10×10^{-4} a 19°C (Profesional *et al.*, 2020).
- **Viscosidad:** Las pectinas forman soluciones viscosas en agua, esta propiedad depende del grado de polimerización de la pectina, el pH, la temperatura, la concentración y la presencia de electrolitos. En las pectinas con alto grado de esterificación, la viscosidad por efecto de su presencia aumenta al aumentar el peso molecular, los grupos laterales y la concentración de la pectina en solución. El calcio y otros iones polivalentes aumentan la viscosidad de las soluciones de pectinas y algunas pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar si la concentración de calcio supera un cierto límite (Pingback, 2018).

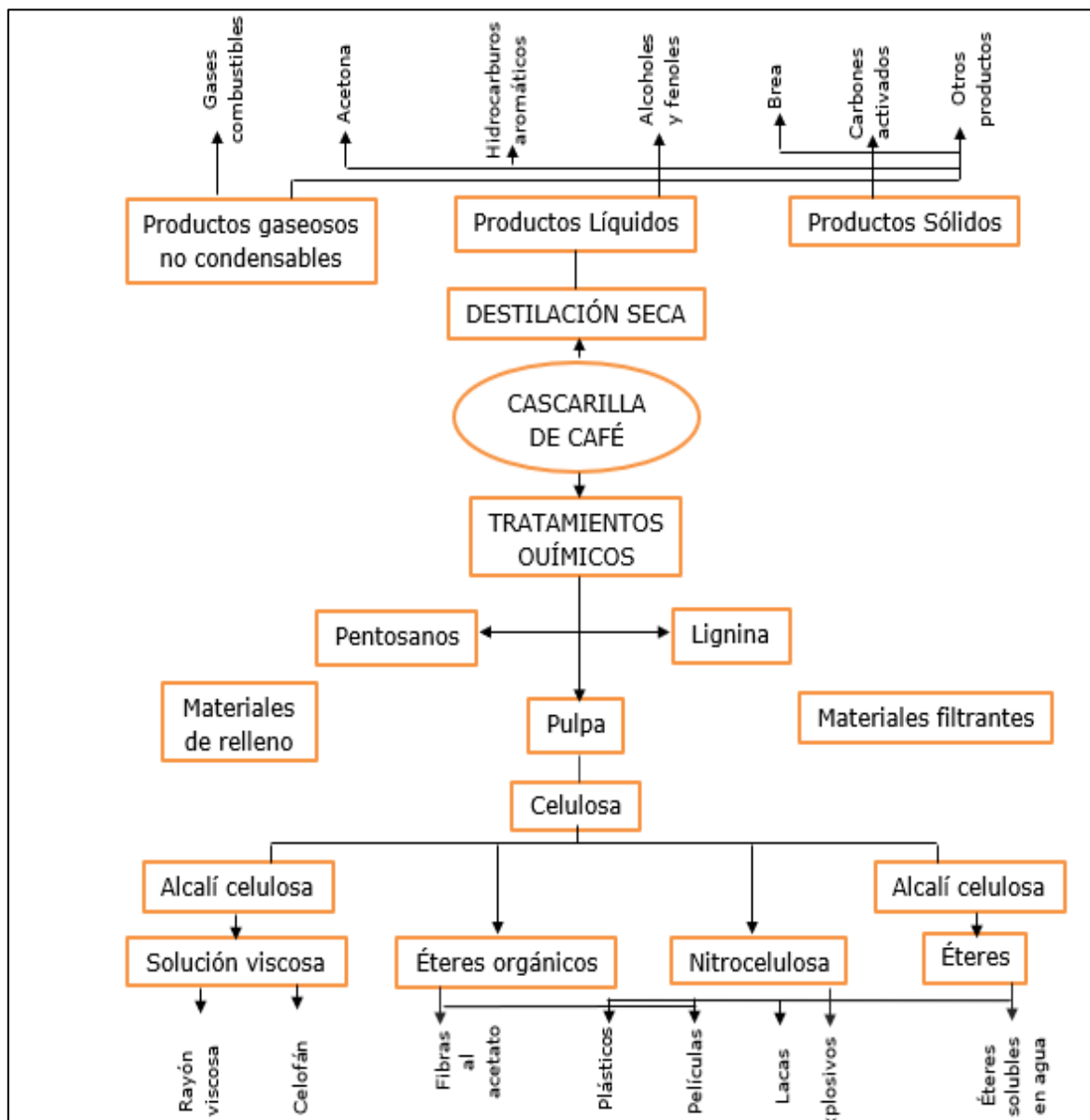
- **Poder de gelificación:** Para las pectinas con alto metoxilo, se considera que a un pH de 3.4 por lo menos un 40% de los ésteres metílicos están desesterificados y por lo tanto será difícil lograr la formación de un gel estable con presencia de concentraciones de 65% de azúcares. Un exceso en la concentración del azúcar puede producir cristalización en el almacenamiento. En el caso de las pectinas de bajo metoxilo, los geles son menos rígidos y se pueden trabajar con menos sólidos solubles, no dependen tanto del pH, de hecho, se pueden obtener buenos geles entre valores de pH de 2.5 y 6.5, pero requieren calcio en una concentración adecuada que varía entre 0.01 y 0.1% p/p en base húmeda. Una mayor concentración de calcio puede conducir una sinéresis excesiva. Un gel de pectina puede considerarse como un sistema en el cual el polímero está en una forma entre completamente disuelto y precipitado. Segmentos de la cadena molecular están juntos por cristalización limitada para formar una red tridimensional, en la cual el agua, el azúcar y otros solutos se mantienen (Cáceres Castellon & Rivas Castro, 2004).
- **Peso molecular:** El peso molecular de la pectina está relacionado con la longitud de la cadena, es una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en la gelificación de las jaleas. La determinación cuidadosa del peso molecular es difícil, parcialmente debido a la extrema heterogeneidad de las muestras y a la tendencia de las pectinas a agregarse, aún bajo condiciones no favorables a la gelación (Silvateam, 2022).
- **Acción de las bases:** Se refiere a la adición de hidróxido de sodio que permite obtener primero las sales ácidas, luego los pectinatos neutros y por último ocurre el fenómeno de metoxilación o sea rompimiento de los ésteres metílicos. Los grupos éster pueden ser separados de la molécula aun a baja temperatura, sin despolimerización (Leviman, 2015).
- **Acción de los ácidos:** Solubilizan la protopectina, por esta razón se emplea medio ácido controlado en los procesos de extracción de la pectina; aceleran la separación de los metoxilos, si su efecto se continúa se afectan los enlaces glicosídicos 1 – 4 y se pueden romper, y a un pH fuertemente ácido, temperaturas altas y tiempos largos, se presenta la descarboxilación con formación de CO₂ y furfural. A bajas temperaturas predomina la saponificación y altas temperaturas la despolimerización (Leviman, 2015).
- **Acción de las enzimas:** Sobre las pectinas pueden actuar la pectinmetilesterasa (PME) y la poligaractunosa (PG). La primera ataca a

los grupos carboxilo esterificados con metanol liberando los grupos ácidos y el metanol, y la PG ataca las uniones de las unidades de ácido galacturónicos disminuyendo el peso molecular, cambiando así todas las propiedades que dependen de estas características. Las enzimas pectinolíticas son producidas por hongos y bacterias, para fabricar industrialmente pectinas con características especiales. Se han desarrollado enzimas que son capaces de degradar las conchas de las diferentes frutas para la separación de la pectina, entre éstas está la endopoligalacturonasa producida por el hongo *Aspergillus niger* que degrada con alta eficiencia las cáscaras, logrando liberar un alto porcentaje de material péctico (Leviman, 2015).

2.3.3. Industrialización de la cascarilla de café

El aprovechamiento de la cascarilla se debe a que los caficultores no la desechan, sino que la usan como abono, pero en muchas ocasiones esta termina en el cauce de los ríos lo cual genera la contaminación de los afluentes. El proceso de industrialización de los desechos del café y contaminación que este genera al medio ambiente lleva a varios investigadores a la conclusión de que la cascarilla presenta una elevada actividad prebiótica y antioxidante, que es incluso 500 veces mayor a la de la vitamina C. Hoy gracias a estas nuevas tendencias e investigaciones sobre los componentes que tiene la cascarilla, se ha logrado visibilizar el impacto ambiental que se ocasionaba antes y se ha preferido usar de forma más eficiente y respetuosa con la naturaleza, elaborando así biocompuestos para diversos usos al nivel industrial (Gutierrez, 2018).

En Colombia no se le ha dado a la cascarilla o cisco de café un uso diferente al de combustible para alimentar hornos o usurparla como abono. Se han hecho investigaciones donde se ha evidenciado que de este material se pueden obtener plásticos, cartones, y si se combina con la pulpa se podría obtener acetona, alcohol metílico, amoníaco, carbón y ácido acético. Ahora, recientes investigaciones se han centrado en evaluar las diversas propiedades biológicas de dicho residuo, de forma que se puedan utilizar para elaborar alimentos funcionales haciendo uso de sus propiedades beneficiosas para la salud humana (Escobar, 2020). En la figura 6 se observa la industrialización que se le ha dado a este subproducto.



Fuente: Patel, 2019.

Figura 6. Industrialización de la cascarilla del café.

2.3.4. Estudios previos de recubrimientos comestibles en la industria alimentaria.

Ramírez & Troyes, (2019) determinaron la formulación de un recubrimiento comestible haciendo uso del mucílago del café para aplicación en manzanas Red

Delicious como método de conservación. Realizaron diferentes formulaciones de mucilago y gelatina (F1: 94 y 6%; F2: 92 y 8%; F3: 90 y 10%; F4: 88 y 12%). La aplicación la realizaron por inmersión de las manzanas en cada una de las formulaciones preparadas durante 1 minuto, las secaron a temperatura ambiente y almacenaron 15 días en las mismas condiciones. Seguidamente evaluaron las características fisicoquímicas, como pérdida de peso, brix, Ph, acidez titulable, e índice de madurez, además realizaron un análisis microbiológico y sensorial al final del tiempo gastado en almacenamiento. Las características fisicoquímicas y sensoriales las determinaron mediante un análisis de varianza ANOVA y prueba Tukey al 95%. Los resultados mostraron que el Recubrimiento Comestible en sus diferentes formulaciones ayuda a controlar las características fisicoquímicas y es microbiológicamente segura su aplicación. Finalmente, del análisis sensorial mostraron que la formulación F1, de 94% de mucilago y 6% de gelatina, presentó mejor aceptación, según la Prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%, dado que dicha formulación no alteró las características sensoriales y no retrasa la maduración ni deterioro y preservó sus atributos comerciales y alimenticios.

Bernedo & Sierra, (2019) elaboraron un recubrimiento comestible a base de mucilago de nopal al 15%, 20% y 25 % p/v como componente principal, cada tratamiento lo mezclaron con 5% de glicerol, 0.75% de ácido cítrico y 0,5% de tween. Primeramente, desinfectaron los mangos y los separaron en dos grupos, ubicando unos con recubrimiento y otros sin recubrimiento. Realizaron inmersión durante 30 minutos, con un posterior secado y conservaron a 8°C y 18°C. Evaluaron por 15 días, con sección de cada tres días: firmeza (kg/cm²), pérdida de peso (%), sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, índice de madurez y tasa de respiración (mg CO₂/kg.h.). Adicionalmente en el día 15 realizaron un análisis microbiológico. Concluyeron que el recubrimiento permitió retrasar 3 días el proceso de maduración. También establecieron un tiempo de vida útil del mango con recubrimiento a 8°C de 15 días y a 18°C de 9 días aproximadamente.

Moncada., (2021) elaboró las biopelículas mediante el método de casting utilizando un diseño factorial multinivel 2x2x3 con una réplica, siendo los factores: la concentración de plastificante sorbitol (60% y 80%), temperatura de proceso (85°C y 95°C) y proporciones de almidón de papa (P) y almidón de maíz (M): 0%M:100%P, 25%M:75%P y 50%M:50%P, realizó la evaluación de dichos factores para la determinación de la mejor formulación en base a sus propiedades mecánicas: Resistencia a la tracción (RT) (MPa) y Elongación (E)

(%). Los resultados fueron aceptados con un nivel de 95% de confianza ($p < 0.05$) y mediante comparación de medias LSD. El tratamiento seleccionado fue conformado por sorbitol al 60%, temperatura de proceso al 95°C y la proporción de mezcla al 50%P:50%M (almidón de maíz: almidón de papa), dicho tratamiento obtuvo 6.23 de Resistencia a la Tracción (MPa) y 14.67 de E (%).

Mayhuire *et al.*, (2019) elaboraron biopelículas a base de cascara de naranja, pectina extraída de la misma y glicerina variando los porcentajes de cascara de naranja y pectina añadida. Experimentalmente, encontraron que una formulación adecuada de biopelículas contiene los porcentajes máxicos siguientes de: 15 para cáscara de naranja; 5 celulosa bacteriana; 40 de pectina y 40 de glicerina. Dicha biopelícula presenta una resistencia a la tensión de 5,53 N/mm², elongación de 51,60 % y permeabilidad de 0,0273 g.mm/ (h. kPa.m²). Determinaron que el contenido de pectina afecta significativamente las propiedades de las biopelículas, debido a su interacción con el glicerol. La celulosa bacteriana contribuye a incrementar la resistencia a la tensión de las biopelículas, pero reduce su elongación, y permeabilidad, Por ello se constituye en un agente reforzante efectivo cuya producción es sencilla y segura. En la siguiente imagen, se muestra la variación por efecto de la pectina.

Escobar, (2020) caracterizó biopelículas a base de quitosano y almidón de maíz. Planteando diferentes formulaciones para posteriormente elaborarlas y evaluar las propiedades físicas, ópticas y mecánicas. Logró que la adición de almidón de maíz en las películas provocará que el porcentaje de solubilidad en agua disminuyera de 61.44% a 56.17%. Determinó que las propiedades físicas y mecánicas de las biopelículas fueron aceptables comparadas con estudios analizados donde hicieron uso de quitosano y almidón de maíz. La microscopía óptica mostró que la adición de partículas de almidón de maíz provocó irregularidades en las biopelículas debido a la aglomeración de las mismas. Concluyó que al aumentar la concentración de partículas aumentaron las irregularidades, sin embargo, esto no tuvo un efecto significativo en el espesor de las biopelículas, estas fueron delgadas y homogéneas de 0.05 mm de espesor. Las propiedades mecánicas indicaron que la adición de partículas de almidón disminuye la resistencia a la tracción de 5 MPa hasta 4.3 MPa de las biopelículas. Lo que significa que la adición de las partículas de almidón hace que las biopelículas se estiren menos y se rompan con menor fuerza aplicada.

Finalmente, a partir del estado del conocimiento actual sobre las biopelículas comestibles en la industria alimentaria, se observa que esta es una de las técnicas usadas con el fin de aumentar la conservación de alimentos. Estos biomateriales, pueden ser elaborados a partir de diversos subproductos los cuales deben tener características específicas con el fin de otorgar las condiciones correctas para su formación y protección en la matriz alimentaria en el que sean aplicados. Sin embargo, en la literatura actual se encuentra el bajo uso actual de la cascarilla de café para la elaboración de estos biomateriales, donde son escasos los estudios y no se tiene reporte de las características que posean biopelículas elaboradas con este compuesto. Por lo anterior, se hace necesario indagar y experimentar en su uso, con el fin de aportar nuevos conocimientos a la industria que permitan dar alternativas de uso para este subproducto contaminante. Generando una alternativa de uso conociendo sus características y matrices alimentarias factibles de aplicación, para de esta manera solventar el impacto ambiental y las pérdidas actuales postcosecha prevalentes en la industria de alimentos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar biopelículas comestibles a partir de pectina extraída de cascarilla de café con el fin de aprovechar este subproducto en la industria de alimentos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las concentraciones de cascarilla de café para la elaboración de biopelículas comestibles a partir de su capacidad de disolución.
- Obtener biopelículas comestibles a partir de pectina extraída de la cascarilla de café mediante hidrólisis ácida.
- Evaluar las características fisicoquímicas de las biopelículas comestibles elaboradas a partir de pectina extraída de cascarilla de café.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se describen las actividades pertinentes que conllevaron al desarrollo y alcance de los objetivos propuestos.

4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental multifactorial donde se partió de 4 formulaciones de biopelículas, las cuales presentaron diferentes contenidos de cascarilla de café con respecto al disolvente (agua).

Tabla 3. Diseño experimental del proyecto.

BIOPELICULAS A PARTIR DE LA PECTINA EXTRAIDA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ	PORCENTAJE DE CASCARILLA	PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICOS
	Según los porcentajes seleccionados de acuerdo a su capacidad de disolución.	• Humedad • solubilidad en agua • Transmisión de vapor de agua • Microestructura • Biodegradabilidad aerobia • Tracción y deformación • Elongación

Cada uno de los análisis se realizó por triplicado con el objetivo de realizar un análisis estadístico de datos.

4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CASCARILLA DE CAFÉ PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPELICULAS COMESTIBLES.

4.2.1. Obtención de la cascarilla de café

El residuo de café se obtuvo de la subregión suroriental de Norte de Santander (figura 7) teniendo en cuenta que este departamento tiene aptitud caficultora. Sin embargo, se eligió la subregión suroriental por su facilidad de acceso, además de destacarse como productora de café con calidad y cantidad. Mas puntualmente se recolectaron a baja escala los residuos del predio agrícola "La Despensa" ubicada en la vereda San José del municipio de Ragonvalia, Departamento de Norte de Santander. La selección del predio fue debido a la

producción anual que esta finca produce, siendo alrededor de 1.200 kilos de residuos por hectárea, lo cual permitió la recolección de este para una prueba piloto y posteriormente elaborar las biopelículas (Grind, 2021).



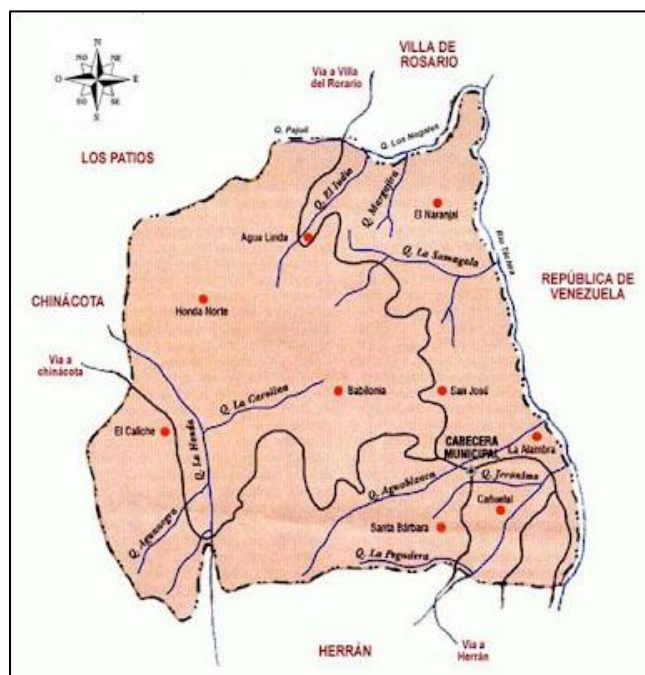
Fuente: GOV.CO, (2021).

Figura 7. Macro-localización de la materia prima.

Norte de Santander es uno de los 32 departamentos de Colombia. Está ubicado en la zona nororiental del país, sobre la frontera con Venezuela. Se localiza geográficamente entre los $06^{\circ}56'42''$ y $09^{\circ}18'01''$ de latitud norte y los $72^{\circ}01'13''$ y $73^{\circ}38'25''$ de longitud oeste. Tiene una extensión de 22.130 km², que equivalen al 1.91% del millón ciento cincuenta y nueve mil ochocientos setenta y un kilómetros cuadrados (1.159.871,41 km²) del territorio nacional. Limita al norte y al este con Venezuela, al sur con los departamentos de Boyacá y Santander, y al oeste con Santander y Cesar.

El municipio de Ragonvalia se localiza geográficamente entre los $72^{\circ}29'$ de longitud al oeste de Greenwich y $7^{\circ}35'$ de latitud norte. Limita al norte con los Patios y Villa del Rosario, sur con Herrán, al oriente con la República Bolivariana de Venezuela y al occidente con Chinácota. El municipio de Ragonvalia, norte de Santander se encuentra a una altitud de 1.550 metros sobre el nivel del mar,

con una extensión de 102 kms². a una distancia de la Ciudad de Cúcuta de Norte de Santander de 70 Kms.



Fuente: Cristancho, (2009).

Figura 8. Extensión del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

La recolección de los residuos se realizó después del respectivo descascarillado de la pulpa el cual retira todas las capas exteriores de las cerezas secas, estas se separan, se clasifican y se meten en sacos; pasado este proceso se llevó a una trilladora de café donde se separó el fruto y la cascarilla de café. Seguidamente se tomó las cantidades necesarias de cascarilla, se lavaron previamente con agua corriente para eliminar impurezas, se dejó secar y se procedió a la selección de cascarilla de café. Finalmente se envasó en un frasco de vidrio y se mantuvo a temperatura ambiente como método de almacenamiento hasta que se llevó a cabo la elaboración de las biopelículas en la Universidad de Pamplona sede Villa del Rosario (Manals-cutiño *et al.*, 2019).

4.2.2. Preparación de la cascarilla de café

La materia prima se cortó en trozos pequeños, fue retirada de suciedades u se almacenó con el fin de evitar su degradación (Ordúz *et al.*, 2018).

4.2.3. Determinación del contenido de cascarilla de café para la elaboración de biopelículas según su capacidad de dilución.

A partir de la cascarilla obtenida, se diluyó en agua en relación p/v al 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100%. Para poder determinar las concentraciones adecuadas de cascarilla en la formación de las biopelículas, se tuvo en cuenta la capacidad de estas para disolverse en agua sometiénolas a calentamiento a $90\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 1.5 horas. Dado a que la cascarilla presenta alto volumen, tras el calentamiento la mezcla se filtró y se obtuvo una solución residual libre de bagazo de cascarilla. Según la capacidad de dilución y la obtención de una solución limpia sin residuo se seleccionaron las concentraciones de cascarilla viables para el estudio.

4.3 OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA EXTRAÍDA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA.

4.3.1. Extracción de la pectina de cascarilla de café mediante hidrolisis acida.

Se preparó una solución de cascarilla en agua en relación p/v según las concentraciones seleccionadas. Las soluciones fueron estandarizadas con ácido cítrico hasta un pH de 2.5 de acuerdo con lo reportado por Silva et al., (2008). Sin embargo, Guerrero *et al.*, (2017) manifestaron que el pH de la solución para la extracción de pectina a partir de subproductos puede ser de 2.0 o 3.0, por lo anterior se eligió el valor promedio del rango anteriormente reportado. Posteriormente, se realizó el proceso de hidrolisis sometiendo la mezcla a calentamiento por $90\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 1.5 horas (Garavito, 2019). Se dejó enfriar la solución y se llevó a una licuadora manual hasta homogenización, esta se filtró a través de un lienzo (Sánchez, 2021), realizando presión con el fin de obtener una solución limpia sin presencia de bagazo de cascarilla (Agle, 2007).

4.3.2. Determinación del grado o porcentaje de metoxilación de las soluciones hidrolizadas.

Se determinó el grado o porcentaje de metoxilación de las soluciones obtenidas según el método reportado por Miguel & Sánchez, (2021). Se pesó 0,2 g de cada solución y se mezcló con 3 mL de etanol a 96%. La mezcla resultante se disolvió en 20 mL de agua destilada con una agitación de 150 rpm. Posteriormente se añadió dos gotas de fenolftaleína a la disolución y se valoró

con 0.1 M de hidróxido sódico (V_1). Seguidamente, se añadió 10 mL de NaOH al 0.1 M y se agitó durante 15 minutos con el fin de favorecer la reacción. Finalmente se añadió 10 mL de ácido clorhídrico al 0.1 M y se agitó hasta la completa eliminación del color rosado. Las muestras fueron nuevamente valoradas con NaOH 0.1 M (V_2) hasta que se presentó de nuevo el color rosado. El porcentaje de grado de metoxilación se determinó según la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Determinación grado o porcentaje de metoxilación.

$$DM(\%) = \frac{V_2}{V_1 + V_2} * 100$$

DM: Grado de metoxilación (%).

V_1 =Primer volumen NaOH (mL) usado en la valoración.

V_2 = Segundo volumen NaOH (mL) usado en la valoración.

4.3.3. Elaboración de las biopelículas a partir de la pectina extraída de la cascarilla de café.

Las soluciones hidrolizadas se mezclaron al 3% de glicerol (v/v) según lo planteado por González, (2016). Sin embargo, autores como Moreno *et al.*, (2012) describen que el contenido de glicerol puede estar entre el 5 y 15% pero dado a que la pectina extraída de la cascarilla de café tiene propiedades gelificantes se le agregó dicho porcentaje en relación a los reportado por González, (2016). Posteriormente, se mezcló hasta obtener una solución homogénea y se sirvió 15 mL en cajas de Petri y se dejó secar en un horno a 45°C por 48 horas (Silva *et al.*, 2008), hasta obtener una película seca que pueda presentar separación de la respectiva caja (Castellano, 2017).

4.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS BIOPELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ.

Una vez obtenidas las biopelículas comestibles de cascarilla de café, se les realizaron las siguientes determinaciones analíticas:

4.4.1. Determinación de Humedad

Las biopelículas se cortaron en cuadros, registrando el peso de cada una. Las piezas se ubicaron en recipientes de aluminio y se colocaron dentro de una

balanza de humedad, hasta que se obtuvo un peso constante. Para calcular el porcentaje de humedad, se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Determinación Contenido de Humedad.

$$\text{Cont. Hum. (\%)} = \left[\frac{P_i - P_f}{P_f} \right] * 100$$

Donde: P_i es el peso inicial de la muestra, y P_f el peso final de la misma (Espejel-Gaspar et al., 2020).

4.4.2. Determinación de solubilidad en agua

Se cortaron dos círculos con diámetro de 15 mm de las biopelículas elaboradas. Uno de ellos se secó por 24 horas a 105 °C y luego se pesó. El otro se llevó a un tubo de ensayo de 50 mL con agua destilada durante 24 horas a temperatura ambiente y se agitó suavemente cada tres horas. Luego para obtener la solubilidad, el círculo húmedo fue sacado del tubo de ensayo y se llevó a secar a 105 °C por 24 horas y finalmente se pesará. El porcentaje de solubilidad se determinó según la Ecuación (Melendrez, 2021).

Ecuación 3. Determinación porcentaje de solubilidad.

$$\% \text{Solubilidad} = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial (g).

P_f = Peso final (g).

4.4.3. Determinación de Transmisión de vapor de agua

Se empleó el método desecante con modificaciones, donde se utilizó gel de sílice previamente seca a 105°C por 24 horas. Se llenó las $\frac{3}{4}$ partes de los tubos de ensayo, se cortó las biopelículas en dimensiones de 2,5 x 2,5 cm para cada muestra, estas películas se ubicaron en la boca de los tubos de ensayo, se selló de manera fija y se pesaron respectivamente. Los tubos se sometieron al ambiente por 24 horas llevando registro de la humedad relativa y temperatura, posteriormente se pesaron y se determinó el porcentaje de transmisión de vapor de agua por la diferencia en peso según la absorción del gel de sílice (Cúrcuma et al., 2021).

4.4.4. Determinación de Microestructura

Para el análisis microestructural de las biopelículas, se llevó a cabo mediante un microscopio binocular, lo cual permitió determinar la presencia de ojos de pescado o burbujas de oxígeno en biopelículas (Cúrcuma *et al.*, 2021).

4.4.5. Determinación de Biodegradabilidad aerobia

Se tomaron biopelículas y se cortaron en círculos exactos, se midió su diámetro y se realizó registro fotográfico. Seguidamente en una caja de Petri se ubicaron y se dejó al ambiente por 15 días haciendo registro de la humedad relativa y temperatura. Al paso de 15 días se volvió a tomar sus dimensiones junto con el registro fotográfico (Cúrcuma *et al.*, 2021). La biodegradabilidad se calculó según la diferencia o cambios en sus dimensiones y apariencia.

Ecuación 4. Determinación del porcentaje de biodegradabilidad.

$$\%B = \frac{D1 - D2}{D1} * 100$$

4.4.6. Determinación de resistencia a la tracción y deformación

Esta determinación se realizó de acuerdo con la norma D882-02, la Resistencia a la Tracción se evaluó utilizando el equipo texturómetro CT3, marca Brookfield a una humedad relativa constante de 50 % $\pm$ 5%. Las biopelículas se cortaron en tiras de 2 cm de ancho x 10 cm de largo determinando el espesor. Se programaron los parámetros del Test como: Identificación de Muestra (Nombre de producto y de Lote), Tipo de Test (Tensión), Objetivo Test (Tipo Objetivo: Distancia, Valor meta: 50 mm). Después de la programación, las tiras de la biopelícula serán colocadas en el equipo quedando ubicada de forma simétrica entre los rodillos. Se procedió a ejecutar la opción Iniciar Test esperando que el equipo emita los datos graficados y un informe en formato PDF. El resultado se obtiene a partir del promedio de 8 medidas. Del informe que emite el texturómetro (Moncada., 2021), se utilizan los valores de Pico Carga para ser remplazados en la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Determinación resistencia a la tracción y deformación

$$\text{Resistencia a la tracción} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Área (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Fuerza (N)} = \text{Masa} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Masa (kg)} = \text{Pico carga} \times 10^{-3}$$

$$\text{Área (mm}^2\text{)} = \text{Espesor} \times \text{Ancho de la muestra}$$

4.4.7. Determinación del porcentaje de elongación

La elongación de las biopelículas se determina mediante la norma D882-02 (ASTM, 2002) con algunas modificaciones mencionadas, utilizando un texturómetro CT3 (Brookfield) de acuerdo al análisis 4.3.9. El resultado se obtiene a partir del promedio de 8 medidas. Del informe emitido por el texturómetro, se utilizan los valores de Deformación según pico fuerza para ser remplazados en la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Determinación del porcentaje de elongación

$$\text{Porcentaje de elongación} = \frac{\text{deformación segun pico de fuerza}}{\text{largo de la muestra}} * 100$$

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Los resultados obtenidos fueron consolidados en una hoja del paquete Microsoft Excel. Seguidamente fueron analizados mediante el software IBM SPSS Statistics. El análisis se realizó mediante un análisis de comparación ANOVA multifactorial con un nivel de significancia del 95% de confianza. Posteriormente, se realizó un análisis correlacional entre pruebas con el fin de determinar entre formulaciones. Finalmente, mediante un análisis de conglomerado, se evaluó el porcentaje de similitud entre formulaciones según las pruebas, con el fin de establecer la formulación de biopelícula de mayor potencial para su uso en la industria alimentaria según sus características fisicoquímicas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados y discusión de las diferentes pruebas en base a las formulaciones previamente seleccionadas.

5.1. OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS COMESTIBLES A PARTIR DE PECTINA EXTRAÍDA DE LA CASCARILLA DE CAFÉ MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA.

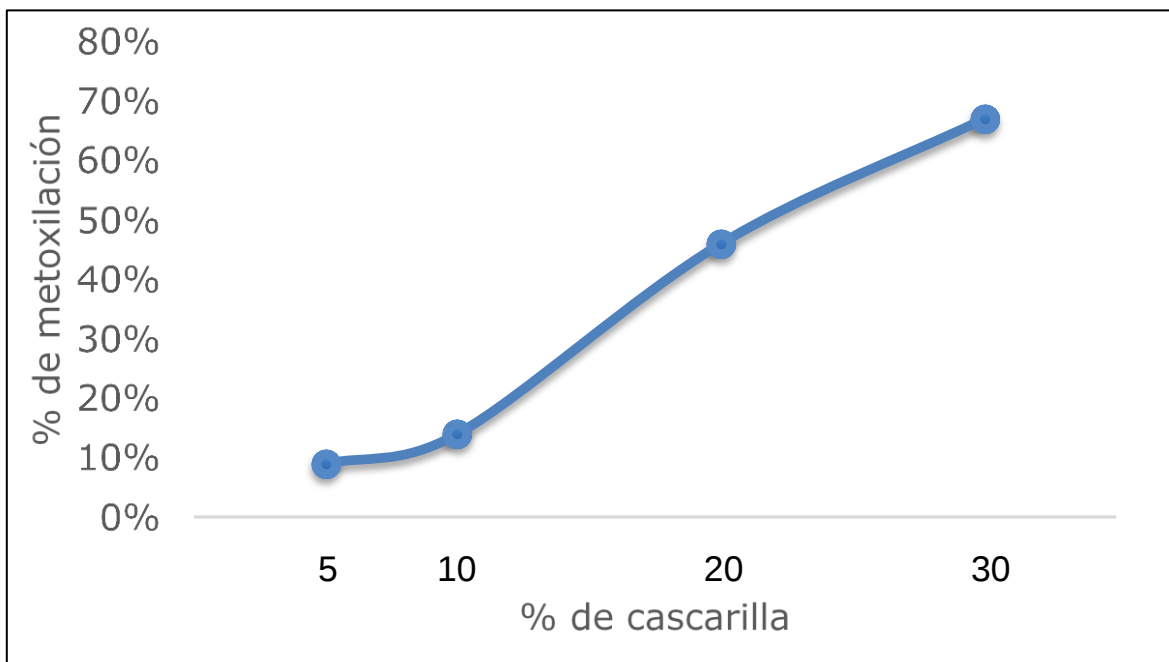
5.1.1. Selección del contenido de cascarilla según su capacidad de dilución y elaboración de las biopelículas.

Tras los ensayos a 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% de cascarilla, se encontró que las concentraciones de 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% absorbían toda el agua de la mezcla formándose una masa húmeda mas no una solución. Dado a que la cascarilla de café presenta alto volumen, cuando se mezclaba con el agua esta absorbía por completo el agua. Tras el calentamiento se filtraron a presión con el finde obtener alguna solución residual, pero en ninguna de las contracciones anteriormente expuesta se logró tal objetivo. Sin embargo, en las pruebas al 5, 10, 20 y 30% sucedió el comportamiento contrario, las soluciones se obtuvieron de manera exitosa con variaciones de color, esto dado a conforme aumentaba el contenido de cascarilla el color de las soluciones era más pronunciado. Finalmente, tras los resultados obtenidos en las pruebas se seleccionaron las concentraciones al 5, 10, 20 y 30% para la elaboración de las biopelículas.

De la elaboración de las biopelículas, se observó que estas requirieron más tiempo de secado para su formación. Tardando las contracciones de 5 y 10% 72 horas mientras que las contracciones de 20 y 30% si tardaron el tiempo expuesto en la metodología del numeral 4.3.3.

5.1.2. Grado o porcentaje de metoxilación de las soluciones hidrolizadas.

Una vez obtenidas las soluciones hidrolizadas, se determinó el grado de metoxilación con el fin de conformar la extracción de pectina. En la figura 9 se observan los resultados del grado de metoxilación por cada porcentaje de cascarilla elaborada en biopelículas.



Fuente: propia.

Figura 9. Porcentaje de metoxilación de las soluciones de cascarilla de café hidrolizadas.

El grado de metoxilación, quiere decir la cantidad de pectina que hay en la solución, en esta prueba se observó que entre más cascarilla hay más pectina se extrae en el proceso de hidrolisis. En base a esto, y como era de esperarse, en los resultados obtenidos infirió que la solución al 5% de cascarilla fue una de las más débiles y la del 30% de cascarilla generó más firmeza en la biopelícula elaborada dado al contenido de pectina extraída. Según García *et al.*, en el 2021 las biopelículas con bajo contenido de pectina son débiles y difíciles de formar, indicando que este porcentaje puede variar según origen de la materia prima y método de extracción de la pectina. Así mismo, pueden incidir variables como: la temperatura, la humedad relativa, el pH, sales disueltas y la presencia de azúcares.

5.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS BIOPELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CAFÉ.

Una vez obtenidas las biopelículas comestibles de cascarilla de café, se obtuvieron los siguientes resultados de cada determinación analítica.

5.2.1. Contenido de Humedad

En la tabla 4 se encuentran los resultados finales del contenido de humedad de las biopelículas elaboradas

Tabla 4. Porcentaje de humedad de las biopelículas.

Biopelícula según el contenido de cascarrilla de café	Porcentaje de humedad
5%	10,085 $\pm$ 0, 120 ^a
10%	7,595 $\pm$ 0,134 ^b
20%	6,980 $\pm$ 0,28 ^c
30%	5,47 $\pm$ 0,042 ^d
p-valor significancia	0,000

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

Fuente: Propia.

En la tabla 4 se observa que el contenido de humedad de la concentración de 5% es alta, presenta mayor contenido de humedad, esto se da a que hay menor pectina, y si una biopelícula tiene demasiada humedad es fácil al quiebre, mientras que las del 20 y 30% fueron las de menor contenido de humedad porque hay mayor pectina, mayor grado de gelificación, las biopelículas se forman más sólidas. De acuerdo al análisis estadístico se observa que no hay diferencias mínimas significativas porque se obtuvo un p valor del 0.00. Según *Silva et al., 2008* el contenido de humedad afecta directamente la estabilidad de las biopelículas, siendo que por medio de sus características químicas permite el desarrollo y crecimiento de microorganismos tales como el hongo. Así mismo Biodegradáveis & Amido, (2012) consideran que el contenido de humedad de las biopelículas, debe encontrarse entre un rango de 5 y 8%, dado que un porcentaje mayor de humedad no genera una película con características mecánicas, uniforme y continua. Finalmente, en cuanto al contenido de humedad, se infiere que las biopelículas al 20% y 30%, siendo las más aptas, dado que al presentar menor contenido de agua presentan mayor estabilidad.

5.2.2. Porcentaje de solubilidad en agua.

En la tabla 5 se observa los resultados de análisis estadístico para la prueba de solubilidad.

Tabla 5. Porcentaje de solubilidad de las biopelículas

Biopelícula según el contenido de cascarilla de café	Porcentaje de solubilidad en agua
5%	91,500 ± 2,121 ^a
10%	81,500 ± 2,121 ^b
20%	77,500 ± 0,707 ^b
30%	33,350 ± 0,070 ^c
p-valor significancia	0,000

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

Fuente: Propia.

Para determinar el grado de solubilidad se tomó la muestra en 100 mL de agua y se sumergió, si la muestra se diluía indicaba la baja calidad de la misma, dado a factores como: humedad por lluvia, por vapores, la humedad relativa, fenómenos termodinámicos y ambientales, que podrían causar la degradación de esta y no sería viable para su uso. En base a lo anteriormente dicho, se encontró que la solubilidad fue alta en las concentraciones del 5%, 10% y 20%. Según el análisis estadístico, la muestra de 5% presentó diferencias con respecto a las demás dado a su alta solubilidad en agua. Sin embargo, las muestras al 10 y 20% no presentaron diferencias entre sí, pero su porcentaje de solubilidad fue muy alto para lo que reporta Moncada, (2021) quien indica que un porcentaje mayor del 40% en biopelículas infiere baja calidad en las mismas. Por su parte, la muestra al 30 % presentó diferencias con respecto a las demás muestras dado a que fue la de menor contenido de solubilidad. Según Moreno *et al*, (2012) manifiestan que la solubilidad de las biopelículas se ve afectada por la presión, la temperatura atmosférica, en este caso la temperatura atmosférica del Municipio de Villa del Rosario (Lugar donde fueron elaboradas las biopelículas) fue de 23°C y la presión de 1013 hPa, lo cual pudo haber influido sobre la estabilidad de las mismas. Así mismo Orduz. *et al*., (2018) señalan la importancia de la solubilidad en las biopelículas comercializadas a nivel industrial

ya que se elabora por soluciones concentradas. Así mismo determinaron que la pectina es soluble en agua, y que los factores que alteran estos componentes son los grupos carboxílicos, el peso molecular, el pH, la temperatura y la naturaleza de la materia prima. Por lo anterior, la muestra al 30% al tener mayor grado de metoxilación le confiere mayor estabilidad frente al medio húmedo expuesto. Por lo anterior, con respecto a este parámetro, la muestra al 30% fue la de mejor comportamiento para su posible uso.

5.2.3. Porcentaje de Transmisión de vapor de agua

En la tabla 6, se observa los resultados dados en la determinación de transmisión de vapor de agua, comparación de la media y desviación estándar de los diferentes porcentajes de cascarilla de café.

Tabla 6. Porcentaje de transmisión de agua de las biopelículas.

Biopelícula según el contenido de cascarilla de café	Porcentaje de transmisión de agua
5%	$2,532 \pm 0,0028^a$
10%	$2,520 \pm 0,000^b$
20%	$2,510 \pm 0,000^b$
30%	$2.500 \pm 0,000^c$
p-valor significancia	0,000

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

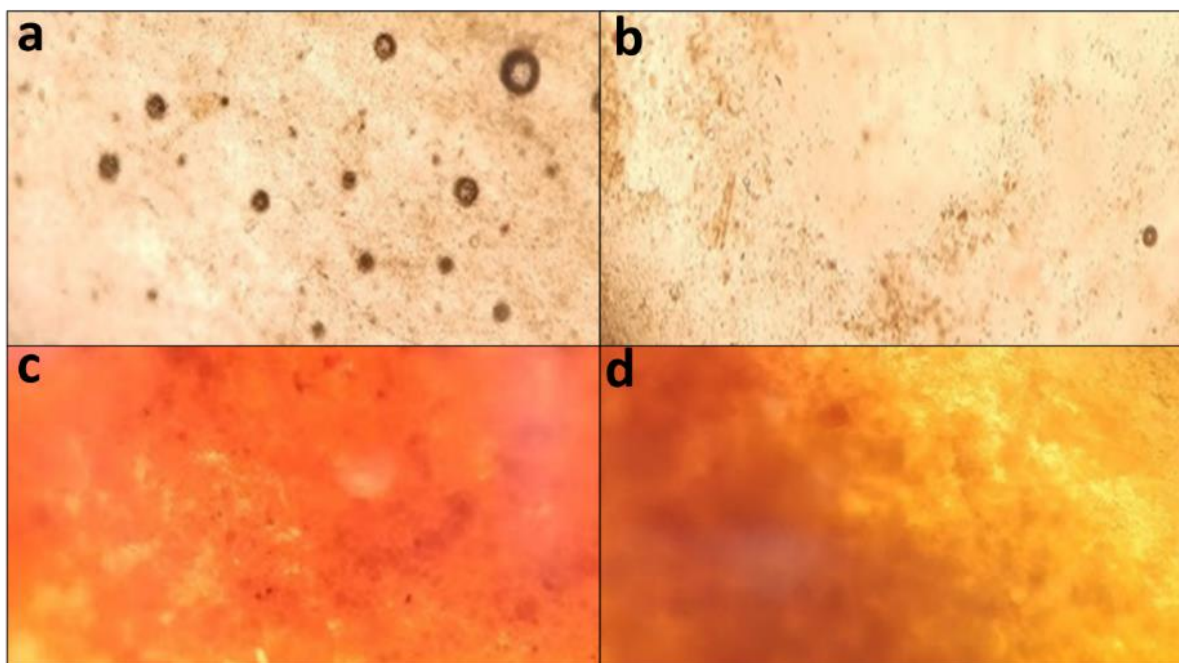
Fuente: Propia.

La transmisión de vapor de agua, se evalúa dado que por medio de esta se analiza la propiedad mecánica de las biopelículas, características reológicas como, plastificante, elástica. Cuando no queda bien elaborada, ella queda con pequeños poros, si hay estos poros vapor de agua que puede acelerar procesos fisiológicos en frutas a las que se desee aplicar el biomaterial. Con respecto al porcentaje de transmisión de agua se obtuvo que en promedio todas las biopelículas tuvieron un porcentaje de transmisión del 2,5. Sin embargo, en el análisis estadístico se observa que la muestra al 5% es diferente, al 10 y 20% son iguales y 30% es diferente de las demás. Según Moncada, (2021) la

transmisión de agua se relaciona con el transporte de solutos e intercambio de compuestos desde el exterior hacia el interior de la matriz recubierta con la biopelícula. Aunque la variable es similarmente aparente, estadísticamente no, por lo cual se establece que la muestra al 30% es mejor, dado que fue la que presentó menor porcentaje de transmisión, infiriendo una posible mayor protección si se aplica en matrices alimentarias.

5.2.4. Microestructura

En la figura 10, se observa la estructura analizada en el microscopio marca Olympus de la Universidad de Pamplona, sede Villa del Rosario.



(a- biopelícula al 5%, b- biopelícula al 10%, c- biopelícula al 20%, d-biopelícula al 30%)

Fuente: Propia.

Figura 10. Microestructura de las biopelículas.

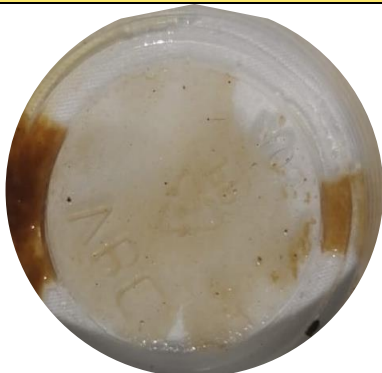
Se observó que la biopelícula del 5% presenta pequeños aros, estos podrían identificarse como oxígeno atrapado, quiere decir que la biopelícula es de baja calidad que no queda 100 % lisa, sino que atrapa oxígeno y si esto ocurre de cierta manera acelera los procesos fisiológicos de las frutas. En la del 10% se observa que es una biopelícula mucho más limpia, pero sin embargo mirando por todo lo que abarca el lente óptico del microscopio, se observó que hay un pequeño aro, lo cual incide en su calidad. A diferencia de la de 20 y 30% observamos que la microestructura es casi perfecta, en la c y d, como se puede

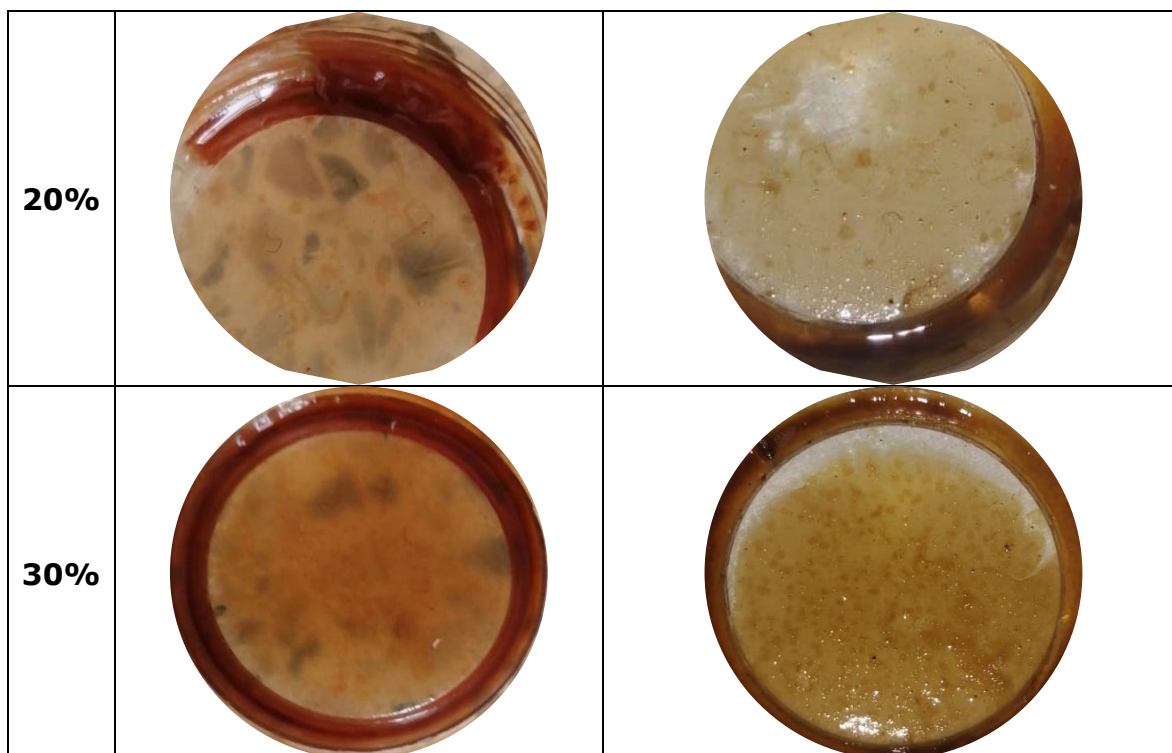
observar son completamente lisa y claras. Conforme aumenta el contenido de pectina la biopelícula queda más lisa sin porosidad, no queda oxígeno atrapado, no hay burbujas de oxígeno que puedan afectar la calidad de las biopelículas. Se observa también que hay diferencias de color dado al contenido de cascarilla, la cual transmite el color característico del café a la solución. Por ejemplo, en la de 20% se ven pequeños trazos de cascarilla, mientras que la biopelícula de 30% está mucho más limpia, lisa y firme. En este parámetro, se infiere que las concentraciones del 20 y 30% son las más óptimas para su uso.

5.2.5. Porcentaje de biodegradabilidad aerobia

En la tabla 7 se observa el seguimiento de biodegradabilidad realizado a las biopelículas en el día 1 y 15 respectivamente. La prueba se realizó con la temperatura de Villa del Rosario entre los 22°C y 28°C y humedad relativa 66%.

Tabla 7. Seguimiento de la biodegradabilidad de las biopelículas.

Días	Día 1	Día 15
5%		
10%		



Fuente: Propia.

Según el seguimiento de la tabla 7 se observó que las biopelículas se hidrataron dado a las condiciones medio ambientales a las que fueron expuestas. Se observó que al día 1, la biopelícula al 5% presentó cierto quiebre y conforme avanzaron los días fue la que presentó mayor degradación a comparación de las demás. Conforme avanzaron los días, las muestras fueron degradándose de manera exponencial, confirmado tal comportamiento con el seguimiento del peso de las mismas. En la tabla 8, se observan los porcentajes de biodegradabilidad aerobia calculados tras el seguimiento del parámetro.

Tabla 8. Porcentaje de biodegradabilidad aerobia de las biopelículas.

Biopelícula según el contenido de cascarilla de café	Porcentaje de biodegradabilidad aerobia
5%	8,730 ± 0,721 ^a
10%	7,935 ± 0,233 ^a
20%	6,875 ± 4,603 ^a

30%	7,450 ± 1,994 ^a
p-valor significancia	0,777

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

Fuente: Propia.

Mayhuire *et al.*, (2019) exponen que la biodegradabilidad de las biopelículas está relacionada con la capacidad de las mismas en soportar los ambientes a los que se someten las matrices alimentarias. Una biopelícula se define como una capa protectora, así que esta debe mantenerse y mantenerse al punto de no biodegradarse ya que su efecto protector se ve afectado. Los resultados indican que la biopelícula al 20% es la más estable dado a que tiene menor porcentaje de biodegradabilidad. Sin embargo, el análisis estadístico mostró que no se presentaron diferencias entre las muestras, pero el seguimiento fotográfico indicó que las muestras al 20 y 30% son las que mantienen su estructura en los 15 días de análisis. Siendo estas dos biopelículas las más estables infiriendo mayor efecto protector si se usan en la industria alimentaria.

5.2.6. Resistencia a la Tracción y deformación

En la tabla 9, se presentan los valores obtenidos en la prueba de tracción y deformación para las diferentes biopelículas.

Tabla 9. Tracción y deformación de los diferentes % de cascarilla de café.

Biopelícula según el contenido de cascarilla de café	Porcentaje de resistencia a la tracción y deformación
5%	2,130 ± 0,085 ^a
10%	3,470 ± 0,0848 ^b
20%	3,909 ± 0,847 ^b
30%	5,110 ± 0,084 ^c
p-valor significancia	0,010

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

Fuente: Propia.

La tracción y deformación hace referencia a la fuerza que poseen las biopelículas para mantenerse firmes al quiebre. Dentro de los resultados, la biopelícula que presenta mayor tracción es la del 30% frente a las demás. Esto indicando que las biopelículas poseen mayor resistencia a la deformación cuando se someten a fuerzas de 10 Newtons. Según Herrera & Hernández, (2019) mencionan que la pectina tiene un efecto positivo siendo que aumenta la fuerza de tensión, esto se debe a que la pectina forma estructuras con enlaces entrecruzados, que permiten una mayor compactación en la estructura. Por lo cual, al tener mayor grado de metoxilación, esta biopelícula posee mayor resistencia en comparación a las demás. El análisis estadístico indicó que se presentaron diferencias entre muestras siendo la muestra al 10 y 20% similares entre sí, dado a que el valor del parámetro fue similar entre ambas. Mientras que la muestra al 30% presentó diferencias, siendo la formulación de mayor firmeza para su potencial uso.

5.2.7. Porcentaje de elongación

En la tabla 10 se observan los resultados obtenidos para el parámetro analizado. Se observó que el porcentaje de elongación aumenta proporcionalmente con el contenido de cascarilla en la formulación de cada biopelícula.

Tabla 10. Comparación de la media y desviación estándar de la prueba de elongación de los diferentes % de cascarilla de café.

Biopelícula según el contenido de cascarilla de café	Porcentaje de elongación
5%	5,500 ± 0,707 ^a
10%	12,500 ± 0,707 ^b
20%	15,785 ± 0,304 ^b
30%	29,500 ± 0,707 ^c
p-valor significancia	0,000

Letras diferentes presentan diferencias mínimas significativas en un nivel del 0,05.

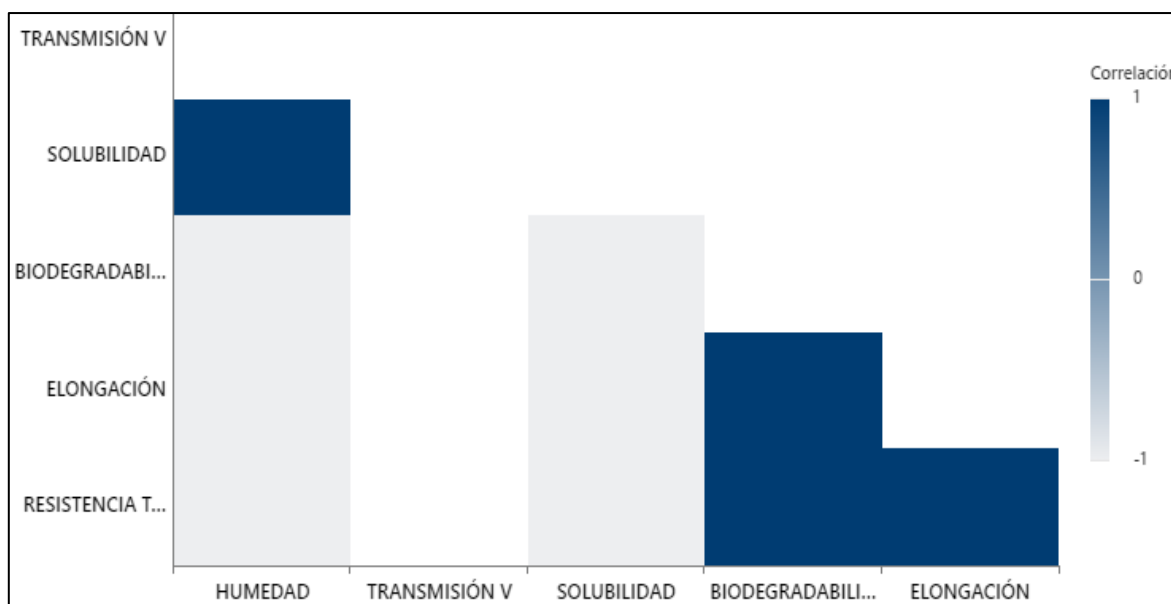
Fuente: Propia.

El porcentaje de elongación refiere a que tanto se estira la biopelícula, se obtuvo que la de mayor elongación es la de 30%, dado a su alto contenido de pectina

la cual tiene propiedades de formar geles firmes con dicha propiedad. Según estudios realizados por Melendrez, (2021) encontró que entre mayor sea la pectina presente en las biopelículas, mayor será el porcentaje de elongación dado a que estos polisacáridos son forman geles de alta firmeza. Por su parte, Herrera & Hernández, (2019) indican que el empleo de plastificantes como el glicerol aumenta la propiedad de elongación de las biopelículas. Esto dado que, en el secado, el plastificante une los enlaces presentes haciéndolos más firmes, permitiendo así que la fuerza de elongación sea mayor.

5.2.8. Análisis de correlación y conglomerado

A partir de los resultados obtenidos, se elaboró un análisis de correlación de Pearson para cada formulación de biopelícula a partir de los parámetros analizados. En las figuras 11, 12, 13 y 14 se observan los correlogramas respectivos para cada muestra. De manera general, en todas las muestras se encontró que la transmisión de vapor de agua presentó una correlación nula frete a los demás parámetros, siendo no este no significativo en el análisis.



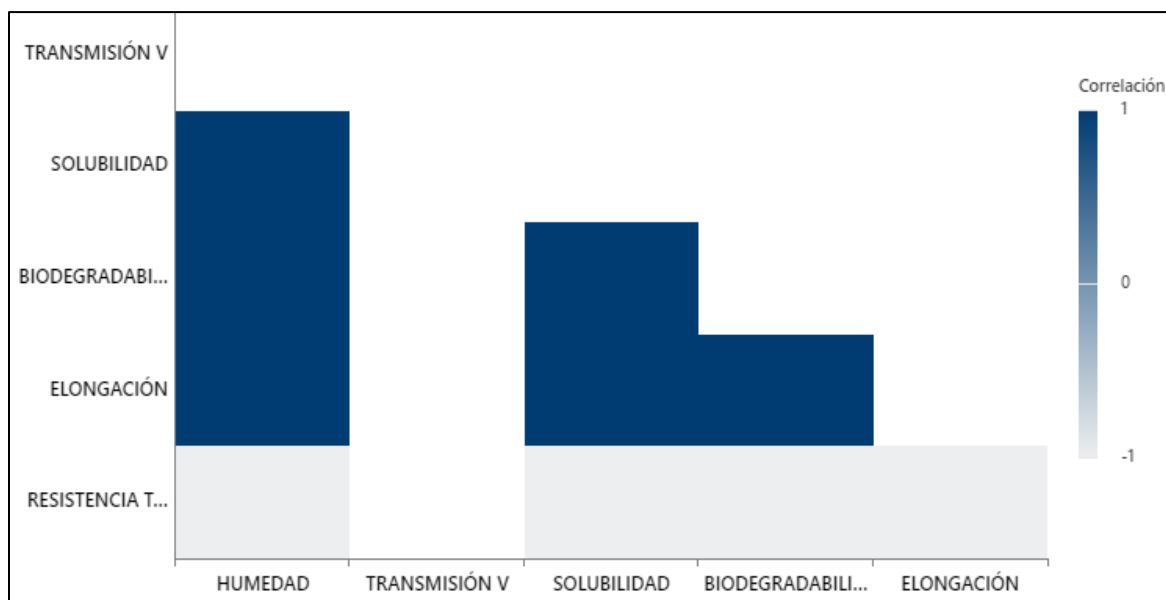
Fuente propia.

Figura 11. Correlograma para la biopelícula al 5% de cascarilla de café.

En la biopelícula al 5% de cascarilla de café (figura 11) se observa una correlación negativa alta entre la humedad y solubilidad con respecto a la resistencia a la tracción y deformación, elongación y biodegradabilidad. Indicando que cuando uno de los parámetros disminuye los otros también, esto afecta la calidad de la biopelícula, dado a que una biopelícula con baja resistencia

y elongación es débil y fácil de quebrar en ambientes con baja humedad. Así mismo, cuando la biodegradabilidad y elongación aumentan la resistencia a la deformación aumentan dado a que poseen una correlación positiva alta. Esto infiere que la biopelícula al 5% no es recomendable, ya que esta debe biodegradarse para que sea firme, lo cual tampoco es recomendable, dado a que una biopelícula que presente alta biodegradabilidad no tiene alta capacidad de protección en matrices alimentarias.

Con respecto a la biopelícula con 10% de cascarilla de café (figura 12), se encontró una correlación negativa alta entre la resistencia la tracción y deformación con respecto a los demás parámetros. Sin embargo, entre elongación, humedad, biodegradabilidad y solubilidad se presentó una correlación positiva alta. Eso ultimo infiere que los parámetros aumentan proporcionalmente, lo cual indica que la formulación al 10% presenta una estabilidad baja, dado a que parámetros como solubilidad y biodegradabilidad no pueden aumentar de manera proporcional ya que causan perdida en la estabilidad y firmeza de la biopelícula.

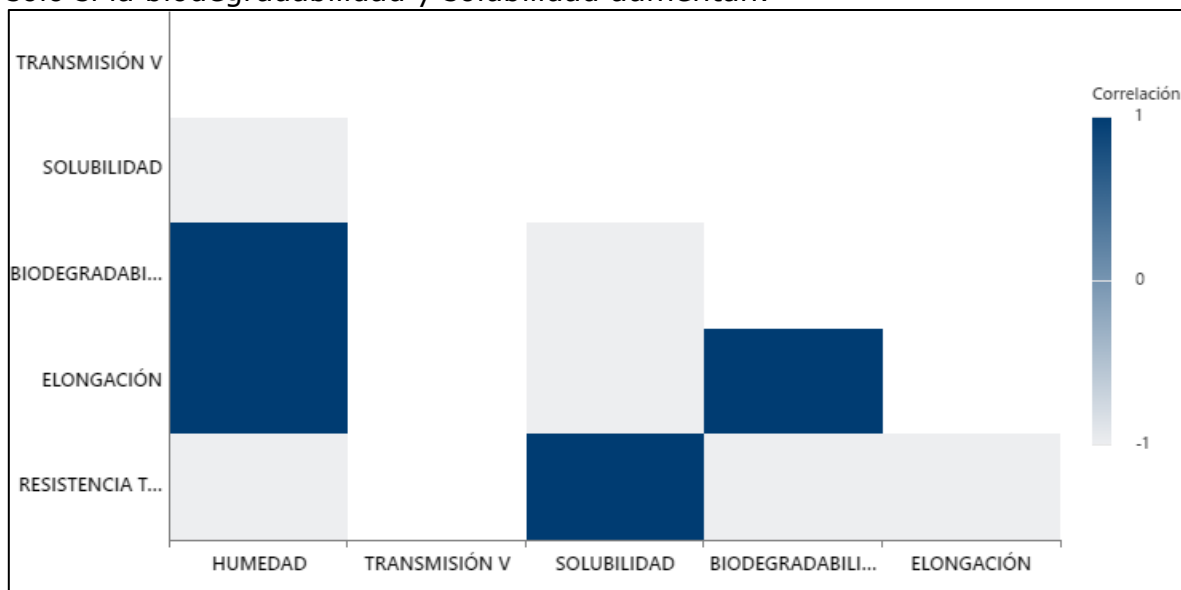


Fuente: Propia.

Figura 12. Correlograma para la biopelícula al 10% de cascarilla de café.

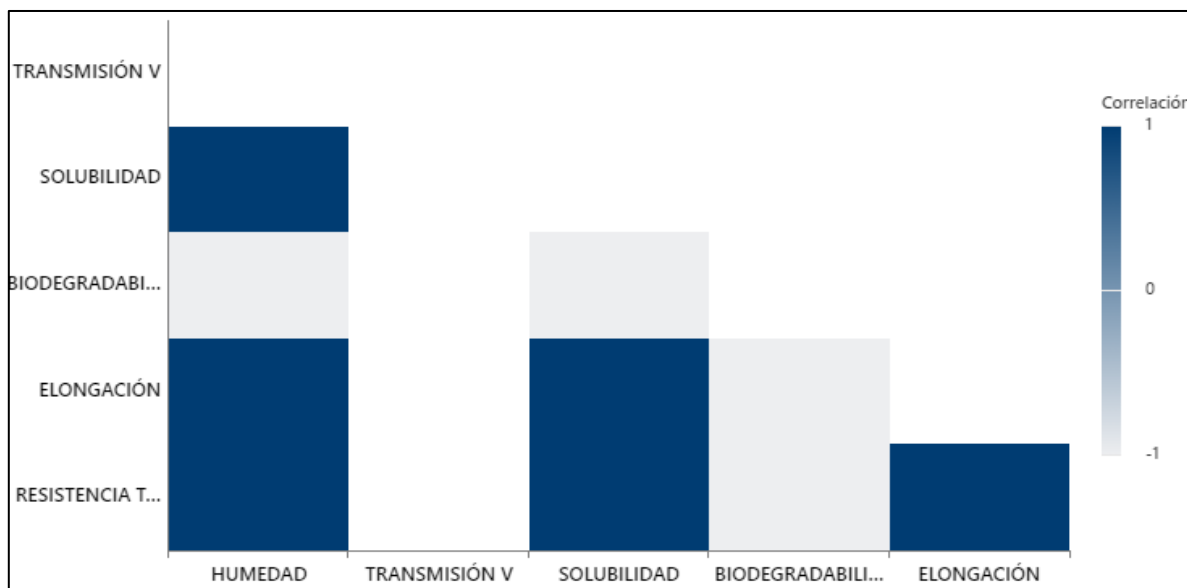
La biopelícula al 20% de cascarilla de café (figura 13) se obtuvo una correlación negativa alta entre la solubilidad con respecto a la humedad, elongación y biodegradabilidad. Así mismo, entre la resistencia a la deformación con respecto a la humedad, biodegradabilidad y elongación. Lo anterior indica que los parámetros disminuyen proporcionalmente, estos resultados infieren una biopelícula mucho más estable, dado a que si la humedad disminuye la

solubilidad también siendo más estable frente a las condiciones atmosféricas. Sin embargo, se observan afectaciones sobre las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y deformación y la elongación. Las cuales aumentan solo si la biodegradabilidad y solubilidad aumentan.



Fuente propia.

Figura 13. Correlograma para la biopelícula al 20% de cascarilla de café.

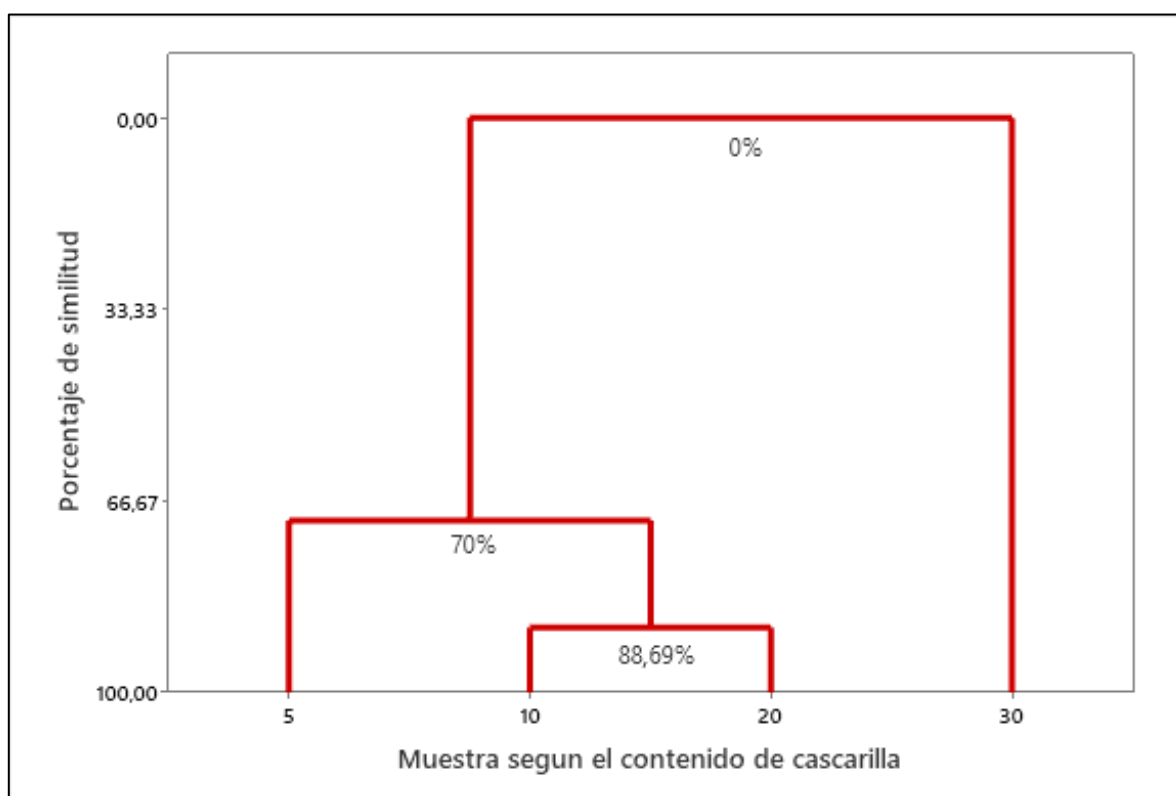


Fuente. propia

Figura 14. Correlograma para la biopelícula al 30% de cascarilla de café.

Seguidamente, la biopelícula al 30% de cascarilla de café presentó una correlación positiva alta entre la humedad con respecto a la resistencia a la tracción y deformación, elongación y solubilidad. Eso hace que en ambientes de alta humedad esta se mucho más estable mecánicamente y además tenga baja biodegradabilidad ya que la correlación de este último parámetro es negativa alta.

Posteriormente, tras los resultados de los parámetros analizados se realizó un análisis de conglomerado con el fin de estimar el porcentaje de similitud entre las muestras. En la figura 15 se observa el dendograma obtenido.



Fuente: propia

Figura 15. Dendograma de las biopelículas elaboradas.

De acuerdo con los resultados observados en el dendograma se encontró que las muestras de biopelículas al 10 y 20% de cascarilla de café fueron las que obtuvieron mayor porcentaje de similitud con un 88,69%. Lo anterior infiere que, estas dos biopelículas según poseen similares características de acuerdo con los parámetros medidos. Posteriormente, la muestra al 10% de cascarilla de café presentó un 70% de similitud con las dos anteriormente mencionadas, dicha similitud se asocia a que en factores como solubilidad y las propiedades



mecánicas estas presentan resultados similares. Sin embargo, hay 30% de diferencias entre sí, dado a que la muestra al 5% es más débil y menos estable en comparación con las demás. Finalmente, la muestra al 30% se caracterizó por no estar agrupada con ninguna de las demás, presentando un 0% de similitud con respecto a las demás. Esta biopelícula fue la que presentó mejores resultados de acuerdo a los parámetros analizados, siendo la más viable para su uso potencial en matrices alimentarias.



6. CONCLUSIONES

Las concentraciones de cascarilla de café seleccionadas a partir de su capacidad de disolución en agua fueron al 5, 10, 20, y 30% en relación p/v, dado a que mayores porcentajes impedían la extracción de una solución líquida sin la presencia de residuos de este subproducto. Posteriormente, tras la extracción e pectina mediante hidrólisis ácida se obtuvo que el grado de metoxilación de las soluciones elaboradas aumentó proporcionalmente según el contenido de cascarilla en formulación, resultado obtenido por el contenido de pectina presente de cada solución. Con respecto a la elaboración de las biopelículas, en el secado se obtuvo que las soluciones al 5 y 10% requirieron más de 24 horas de secado, esto dado a que al tener bajo contenido de pectina la formación de la biopelícula fue más lenta a comparación de las otras concentraciones.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos en las biopelículas obtenidas permitió obtener que conforme aumenta el porcentaje de cascarilla en la formulación, la biopelícula aumenta en su resistencia a la tracción deformación, elongación y disminuye el contenido de humedad, solubilidad, transmisión de vapor de agua y biodegradabilidad. Lo anterior dado a que entre mayor fue el contenido de cascarilla en la elaboración de las biopelículas mayor fue el contenido de pectina de las mismas, polisacárido causal de los resultados encontrados. Tras el análisis estadístico realizado a los parámetros, se encontró que en todas las pruebas presentaron diferencias mínimas significativas a excepción de biodegradabilidad aerobia. Sin embargo, se obtuvo que la biopelícula al 30% de cascarilla presentó en los parámetros resultados con mayor confianza según lo reportado, siendo la formulación de mayor estabilidad y firmeza. Así mismo, dentro del análisis correlacional entre los parámetros, se obtuvo que las correlaciones eran de mayor confianza en la biopelícula al 30%, seguida por la de 20, 10 y 5%. Finalmente, en análisis de conglomerado, agrupo con mayor similitud las biopelículas al 10 y 20%, indicando que estas poseen mayor similitud en sus propiedades. Mientras que la muestra al 30% no presentó porcentaje de similitud con respecto a las demás, indicando que estadísticamente, sus propiedades son distintas. Por lo anterior, se concluye que la biopelícula al 5, 10 y 20% no son recomendables para su uso en matrices alimentarias, a comparación de la biopelícula al 30% de cascarilla, la cual mostró ser más estable, firme y con mejores propiedades para su potencial uso.



7. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar la formulación al 30% en matrices alimentarias y evaluar su efecto sobre la calidad microbiológica, sensorial, fisicoquímica y fisiológica de las matrices usadas con el fin de delimitar su efecto y posibles aplicaciones.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agle, M. E. (2007). Biofilms in the Food Industry. Biofilms in the Food Environment, 3–18. <https://doi.org/10.1002/9780470277782.ch1>
- Alargan, Q. U. E., Vida, L. A., & Alimento, P. E. L. (2013). Recubrimientos comestibles • alimentos y perecibilidad – Un concepto.
- Arias Velázquez, C. J., & Toledo Hevia, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas Tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación* (FAO), 1, 50.
- Bernedo Martinez, P., & Sierra Aymachoque, E. M. (2019). Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.).
- Biodegradáveis, F., & Amido, À. B. D. E. (2012). Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192.
- Cáceres Castellon, K., & Rivas Castro, M. V. (2004). Comparación del poder de Gelificación de la Pectina comercial con pectina extraída de la cascara de naranja variedad valencia. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/161457>
- Canovas. (2020). Principales propiedades recubrimientos comestibles. <https://1library.co/article/principales-propiedades-recubrimientos-comestibles.zx5dp4oq>
- Castellano, G. (2017). Aplicaciones de las biopelículas comestibles en la industria alimentaria. *Revista Industria Y Alimentos*, 22–27. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17676/0519674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cristancho, L. (2009). Ragonvalia: Mapa Político. <https://yoamoraragonvalia.blogspot.com/2009/05/ecologia.html>
- Cúrcuma, C., La, P., & Textil, I. (2021). Obtención de colorante natural a partir de cascarilla de café. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Escobar, J. (2020). Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón. *Universidad Autónoma Del Estado De México*, 1–66.
- Espejel-Gaspar, X., Hernández-López, G., Chirino-Galindo, G., & Palomar-Morales, M. (2020). Elaboración y evaluación de una biopelícula comestible con el uso de grenetina, miel y cera de abeja, para la conservación de tres

- variedades de *Vitis vinifera* (uva). *Universidad Autónoma Metropolitana Revista Tediq*, 6(6), 592–598.
- Falguera et al. (2017). Características generales de los recubrimientos comestibles. <https://1library.co/article/características-generales-de-los-recubrimientos-comestibles.nq7m2koq>
- Flood, J. H. and I. (2017). Extracción de pectina através de cáscaras de Platano. *Экономика Региона, Kolisch* 1996, 49–56.
- FNC. (2019). Federación Nacional de Cafeteros - Sitio de la Federación Nacional de Cafeteros. <https://federaciondecafeteros.org/>
- Garavito, E. C. A. (2019). Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (ananas comosus) por el método de hidrólisis ácida. 2, 1–13.
- González Cuello, R. E., Urbina, N. A., & Alcázar, L. M. (2017). Caracterización viscoelástica de biopelículas obtenidas a base de mezclas binarias. *Informacion Tecnologica*, 26(3), 71–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300011>
- GOV.CO. (2021). Información General: Departamento Norte de Santander. <https://www.nortedesantander.gov.co/Gobernación/Nuestro-Departamento/Información-General-Norte-de-Santander>
- Grind, P. D. (2021). El resurgimiento de la caficultura de Norte de Santander, Colombia. <https://perfectdailygrind.com/es/2021/10/20/el-resurgimiento-de-la-caficultura-de-norte-de-santander-colombia/>
- Guerrero, G. E., Suárez, D. L., & Orozco, D. M. (2017). Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Revista Temas Agrarios*. *Temas Agrarios*, 22(1), 87–92. <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/919/1167>
- Gutierrez, M. (2018). La cáscara del café, una nueva fuente de ingresos para Colombia. <http://gastrolaboratorio.es/blog/2018/08/04/la-cascara-del-cafe-una-nueva-fuente-de-ingresos-para-colombia/>
- Herrera, A. P. O., & Hernandez, K. D. R. (2019). Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banano y fibra natural. *Carbohydrate Polymers*, 6(1), 5–10.
- Leviman, R. (2015). PECTINAS: Propiedades de la pectina. https://pectinas.blogspot.com/2015/11/propiedades-de-la-pectina_20.html

- López, et al. (2016). Efecto del uso de biopelículas sobre calidad poscosecha de tomate nativo "ojo de venado" (*Solanum lycopersicum* L var. *cerasiforme*). *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 405–411.
- Manals-cutiño, E. M., Salas-tort, D., & Penedo-medina, D. C. M. (2019). Characterization of vegetable biomass coffee husk 1, 192–208.
- Mayhuire, E., Cuadros Huamaní, Y., Zanardi, L., & Medina De Miranda, E. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. 85(2), 231–241.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000200010&script=sci_arttext&tlng=en
- Melendrez, K. S. S. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja. 44.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7011/1/AGI-2021-T045.pdf>
- Mendoza Vargas, L., Jiménez Forero, J., & Ramírez Niño, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 131–138.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.70>
- Miguel, & Sánchez, G. (2021). Caracterización de la pectina extraída de residuos y subproductos agroalimentarios.
- Moncada. (2021). Elaboración y caracterización de biopelículas a base de una mezcla de almidón de maíz - papa , sorbitol y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*). 109.
- Moreno, A., Garay, R., & Guerrero, J. (2012). Obtaining of biopelículas from the glycerin product of the process of transesterificación of oil of white pinion (*Jatropha curcas* L.). 1–8.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/870>
- Orduz A., L. M., Nitola O., J. C., Ramírez-G, M. ., & Cely-N, V. . (2018). Aprovechamiento de la proteína κ -caseína presente en la leche bovina para la elaboración de una biopelícula plástica comestible. 1–3.
- Patel. (2019). Cáscarilla de café. 9–25.
- Penedo-Medina, E. M. M.-C. D. S.-T. M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal "cascarilla de café".
<https://www.redalyc.org/journal/4455/445558421013/>

- Pingback. (2018). Pectina. <https://todoenpolimeros.com/2018/11/07/pectina/>
- D. E. I., Angel, L., & Muñoz, D. (2020). Tecnologías de transformación agroindustrial. *Universidad nacional autónoma de chota facultad de ciencias agrarias*.
- Ramírez Flores, M. E., & Troyes Nuñez, W. (2019). Recubrimiento comestible a partir del mucílago del café(coffee arábica) para la conservación de manzanas.
- Rodrigo Garcia Motta, Angélica Link, Viviane Aparecida Bussolaro, G. de N. J., Palmeira, G., Riet-Correa, F., Moojen, V., Roehe, P. M., Weiblen, R., Batista, J. S., Bezerra, F. S. B., Lira, R. A., Carvalho, J. R. G., Neto, A. M. R., Petri, A. A., Teixeira, M. M. G., Molossi, F. A., de Cecco, B. S., Henker, L. C., Vargas, T. P., Lorenzetti, M. P., Bianchi, M. V., ... Alfieri, A. A. (2021). Evaluación del proceso de obtención de una biopelícula a partir de pectina extraída de la pulpa de café arábica. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 26(2), 173–180. <http://www.ufrgs.br/actavet/31-1/artigo552.pdf>
- Segura González, E. A. (2016). Diseño, caracterización y comportamiento en servicio de materiales basados en ácido poliláctico (PLA) con potencial utilidad en el empaquetado de alimentos. Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química. Universidad Carlos III de Madrid., 265. <http://hdl.handle.net/10016/23514>
- Silva, N. C., Benites, E. A., & Gomero, J. C. M. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, 26, 175–199. <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=337428492010>
- Silvateam. (2022). ¿Qué es la pectina? | Aditivos alimentarios | Silvateam. <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/aditivos-alimentarios/pectina/qu-es-la-pectina.html>
- Vasquez., Y. H. (2020). Cascarilla de Café | PDF | Papel de pulpa) | café. <https://es.scribd.com/document/412155080/Cascarilla-de-Cafe>
- Zamudio-Castellano, G. (2017). Aplicaciones de las biopelículas comestibles en la industria alimentaria. *Revista Industria Y Alimentos*, 22–27. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17676/0519674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del Glicerol.

 DQI DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A. "Líderes en Calidad, Cumplimiento y Servicio"	DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A www.dqisa.com																				
FICHA TÉCNICA GLICEROL IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO <table><tr><td>Nombre Químico</td><td>Glicerol USP.</td></tr><tr><td>Formula Química</td><td>$C_3H_5(OH)_3$</td></tr><tr><td>Peso molecular</td><td>92.09 g/mol</td></tr><tr><td>Sinónimos</td><td>Glicerol Alcohol glicílico 1,2,3-propanotriol</td></tr></table> DESCRIPCIÓN Líquido siruposo, claro, incoloro e inodoro, sabor dulce, higroscópico Soluble en agua y alcohol (las soluciones acuosas son neutras), insoluble en éter, benceno, cloroformo y aceites fijos y volátiles. Combustible, poco tóxico. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO <table><tr><td>Glicerol</td><td>99 % mín.</td></tr><tr><td>Cloruros</td><td>10 ppm máx.</td></tr><tr><td>Ácidos grasos y ésteres</td><td>1 máx (ml de 0.5 N NaOH/ 50g)</td></tr><tr><td>Sulfatos</td><td>20 ppm máx.</td></tr><tr><td>Metales pesados</td><td>5 ppm máx.</td></tr><tr><td>Compuestos clorados</td><td>30 ppm máx.</td></tr></table>		Nombre Químico	Glicerol USP.	Formula Química	$C_3H_5(OH)_3$	Peso molecular	92.09 g/mol	Sinónimos	Glicerol Alcohol glicílico 1,2,3-propanotriol	Glicerol	99 % mín.	Cloruros	10 ppm máx.	Ácidos grasos y ésteres	1 máx (ml de 0.5 N NaOH/ 50g)	Sulfatos	20 ppm máx.	Metales pesados	5 ppm máx.	Compuestos clorados	30 ppm máx.
Nombre Químico	Glicerol USP.																				
Formula Química	$C_3H_5(OH)_3$																				
Peso molecular	92.09 g/mol																				
Sinónimos	Glicerol Alcohol glicílico 1,2,3-propanotriol																				
Glicerol	99 % mín.																				
Cloruros	10 ppm máx.																				
Ácidos grasos y ésteres	1 máx (ml de 0.5 N NaOH/ 50g)																				
Sulfatos	20 ppm máx.																				
Metales pesados	5 ppm máx.																				
Compuestos clorados	30 ppm máx.																				

Aldehídos	5 ppm máx
Compuestos halogenados	35 ppm, máx
Índice de refracción a 20°C	1.470 – 1.475
Azúcar	negativo
Cenizas sulfatadas	0.01% máx
Agua	0.5% máx
Residuos por ignición	0.01% máx

PROPIEDADES

Apariencia	Líquido siruposo
Color (APHA)	10 máx.
Olor	inoloro
Punto de inflamación	177° C
Punto de fusión	17° C
Punto de ebullición	290° C
Gravedad específica (a 25/25 °C)	1.249 mín.
Temperatura de autoignición	393° C

APLICACIONES

Resinas alquídicas, celofán, explosivos, gomas de éster, productos farmacéuticos, perfumería, plastificante para celulosa regenerada, cosméticos, productos alimenticios, acondicionamiento de tabaco, licores, disolventes, rollos para tinta de imprenta, agente emulsionante, sellos de goma y tintas de copia, ligante para cementos y mezclas, revestimientos de papeles y acabados, jabones especiales, lubricantes y reblandecedor, fluido hidráulico, humectante.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, **DISTRIBUIDORA DE QUIMICOS INDUSTRIALES** no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares.



FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020

Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín,
Colombia.

Anexo 2. Ficha técnica del ácido cítrico.

 DQI DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A. "Líderes en Calidad, Cumplimiento y Servicio"	DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A www.dqisa.com																						
FICHA TÉCNICA ÁCIDO CÍTRICO ANHIDRO U.S.P. BP IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Nombre Químico Ácido cítrico anhidro Formula Química $C_6H_8O_7$ Peso molecular 192 g/mol. Sinónimos Ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico DESCRIPCIÓN Cristales o polvo translúcidos, incoloros, inodoro, fuerte sabor ácido Muy soluble en alcohol y agua, soluble en éter, no tóxico. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS <table> <tr> <td>Pureza</td> <td>99.5% mín.</td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td>0.5% máx.</td> </tr> <tr> <td>Sulfatos</td> <td>150 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Metales pesados</td> <td>10 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>50 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Ceniza sulfatada</td> <td>0.05% máx.</td> </tr> <tr> <td>Acido oxálico</td> <td>350 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Calcio</td> <td>200 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Cloruros</td> <td>50 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Arsénico</td> <td>1 ppm máx.</td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>0.2 ppm máx.</td> </tr> </table>		Pureza	99.5% mín.	Humedad	0.5% máx.	Sulfatos	150 ppm máx.	Metales pesados	10 ppm máx.	Hierro	50 ppm máx.	Ceniza sulfatada	0.05% máx.	Acido oxálico	350 ppm máx.	Calcio	200 ppm máx.	Cloruros	50 ppm máx.	Arsénico	1 ppm máx.	Aluminio	0.2 ppm máx.
Pureza	99.5% mín.																						
Humedad	0.5% máx.																						
Sulfatos	150 ppm máx.																						
Metales pesados	10 ppm máx.																						
Hierro	50 ppm máx.																						
Ceniza sulfatada	0.05% máx.																						
Acido oxálico	350 ppm máx.																						
Calcio	200 ppm máx.																						
Cloruros	50 ppm máx.																						
Arsénico	1 ppm máx.																						
Aluminio	0.2 ppm máx.																						

PROPIEDADES

Apariencia	Cristales
Color	Blanco
Olor y sabor	Fuerte ácido
Densidad	1.665 g/cm ³
Punto de fusión	153°C
Punto de ebullición	175 °C Se descompone
Solubilidad en agua	56.7 gr/100 ml H ₂ O
Solubilidad en etanol	100 mg/ml
Mercurio	1 ppm
Plomo	1 ppm

APLICACIONES

Preparación de citratos, extractos de aromas, confecciones, bebidas refrescantes, sales efervescentes, acidificante, agente dispersante, medicina, antioxidante en alimentos, agente secuestrante, agente acondicionador de agua y constructor de detergente, agente limpiador y pulimentador para acero inoxidable y otros metales, resinas alquídicas, mordiente.

Información Adicional

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, **DISTRIBUIDORA DE QUIMICOS INDUSTRIALES** no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares.

FECHA REALIZACIÓN	REALIZÓ	ACTUALIZÓ I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020



Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín,
Colombia.

