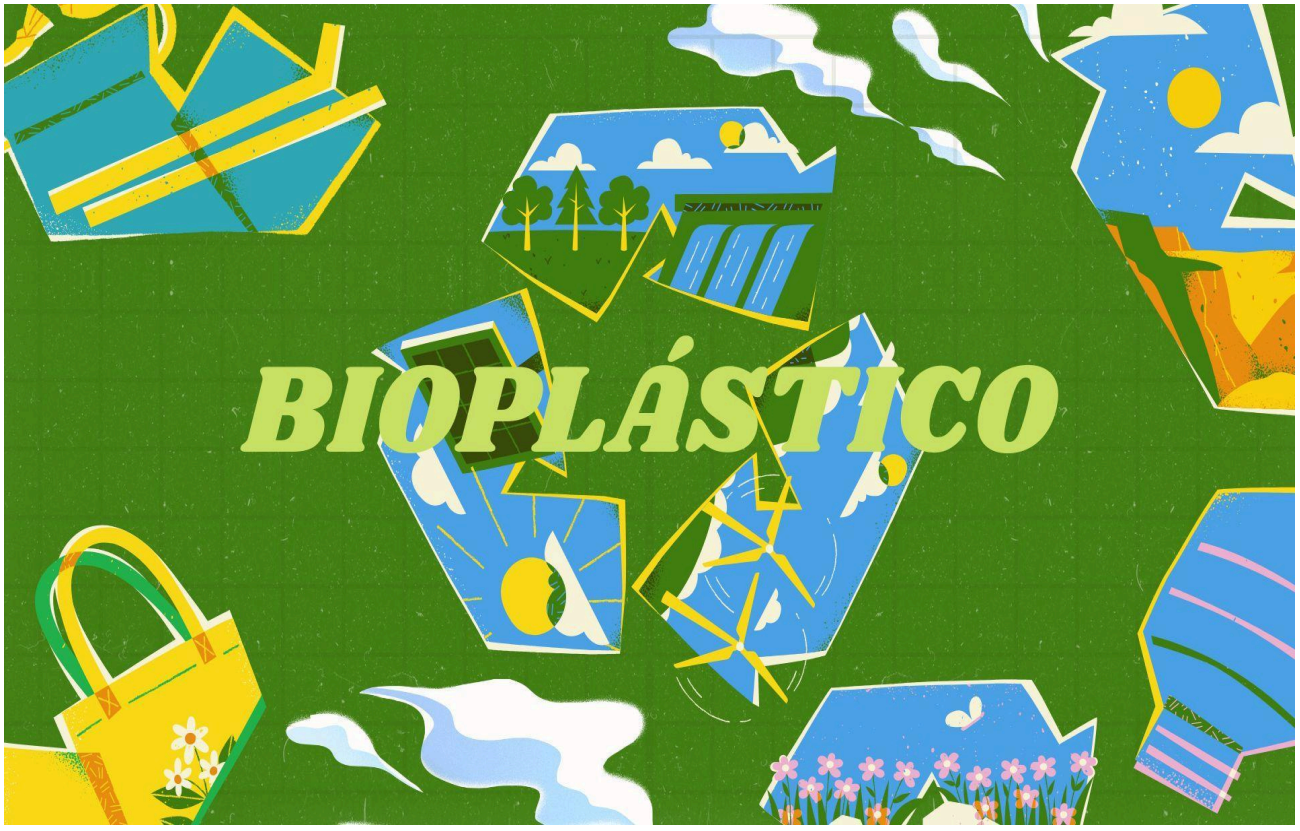
PROYECTO INTEGRADOR FINAL

BIOPLÁSTICO

Laboratorio de Análisis Microbiológico - Química Industrial - Organización y Gestión Industrial – Laboratorio de Técnicas Industriales y Analíticas – Laboratorio de Industrias



o Resumen ejecutivo:

El presente proyecto propone el desarrollo de un tipo de bioplástico biodegradable a partir de residuos orgánicos domésticos, en este especial caso, cáscaras de papa y banana. La propuesta surge frente a la problemática ambiental asociada a la acumulación de plásticos convencionales y al desaprovechamiento de biomasa que podría reutilizarse como materia prima. El objetivo es obtener un material de origen orgánico y evaluar sus características físicas para explorar su posible aplicación en productos escolares, específicamente reglas.

A lo largo del trabajo se elaboraron ensayos preliminares con distintas formulaciones y procedimientos reproducibles a escala de nuestro laboratorio escolar, utilizando biomasa rica en almidones y compuestos orgánicos. Posteriormente se analizaron propiedades físicas como flexibilidad, resistencia y textura, para descartar pruebas poco eficientes y encontrar la fórmula y tipo de ejecución adecuados a los objetivos propuestos.

Nuestra propuesta abarca contenidos de química orgánica y biológica, sustentabilidad en procesos y productos industriales, el análisis económico de producción y marca, el estudio de riesgos y seguridad en laboratorio y la evaluación del impacto ambiental. De esta forma promovemos la aplicación práctica de conocimientos técnicos de nuestra modalidad en la resolución de una problemática ambiental actual.

Alumnos: Ariza, Candela – Bicchi, Victoria – Etchegaray, Lucila – Gambino, Uma – Lagaronne, Lara
Profesores: De Rosa, Florencia – Giampieri, Kevin – Guzman, Nicolás - Orso, Cristian
Curso: 7º Química
Año: 2026
Instituto Leonardo Murialdo

Índice

1. Plan de ejecución del proyecto (PEP)
1.1 Presentación del proyecto
1.2 Objetivos
General
Específico
1.3 Presupuesto estimado
2. Fundamentación teórica
3. Impacto ambiental
Impactos positivos
Posibles impactos negativos
Medidas de mitigación
4. Diseño de proyecto
4.1 Descripción del procedimiento de formulación definitiva
4.2 Materiales y reactivos
4.3 Medidas de seguridad
Elementos de Protección Personal (EPP)
Seguridad durante el proceso
4.4 Variables
Variables independientes
Variables dependientes
Variables controladas
5. Análisis del público
5.1 Público objetivo
5.2 Localización
5.3 Factores de localización
5. 4 Plano de la planta
6. Descripción del proceso productivo
6.1 Almacenamiento
6.2 Instalación
6.3 Maquinaria
7. Análisis de la marca
7.1 Nombre y significado
7.2 Producto comercial
7.3 Identidad de la marca
7.4 Logotipo y Eslogan
8. Hipótesis
Pregunta de investigación

9. Ensayos preliminares
10. Resultados y discusión
11. Conclusiones
12. Recomendaciones y aplicación técnica
Bibliografía
Diagrama de Gantt
FODA
Bitácora

1. PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO (PEP)

1.1 Presentación del proyecto

Nuestro proyecto integrador tiene como finalidad desarrollar y evaluar un material bioplástico a partir de residuos orgánicos domésticos, en particular cáscaras de banana y papa. La propuesta se enmarca en la búsqueda de alternativas que contribuyan a disminuir la dependencia de materiales plásticos convencionales derivados de recursos fósiles y, al mismo tiempo, promuevan el aprovechamiento de residuos que habitualmente se descartan.

La biomasa residual de las frutas mencionadas contienen distintos compuestos orgánicos que pueden aprovecharse en el desarrollo de materiales. En este proyecto se estudian formulaciones que combinan distintos reactivos y procedimientos para la correcta ejecución de un bioplástico con las características de la típica "regla flexible". El trabajo se realiza a escala de laboratorio escolar, por lo que sus resultados constituyen una primera aproximación experimental y no una validación industrial.

La propuesta contempla tanto la obtención del material como la evaluación de sus propiedades observables, la documentación de los ensayos, el análisis de costos y la planificación de una posible aplicación real.

1.2 Objetivos

- *Objetivo General*

  Desarrollar reglas biodegradables elaboradas a partir de residuos orgánicos domésticos, principalmente cáscaras de papa y banana, mediante procedimientos experimentales controlados, y analizar sus propiedades físicas y su potencial como alternativa real de origen biológico.

- *Objetivos Específicos*

  Aprovechar compuestos presentes en residuos orgánicos para la elaboración de bioplásticos.

  Comparar propiedades físicas como flexibilidad, resistencia, textura y uniformidad.

  Evaluar el comportamiento de los materiales frente a la humedad y la biodegradación.

  Analizar la viabilidad técnica, ambiental y económica del proceso.

  Aplicar principios de química verde y economía circular en el aprovechamiento de biomasa residual.

  Integrar conocimientos teóricos y prácticos de las distintas materias involucradas en la tecnicatura.

1.3 Presupuesto estimado

Reactivo	Cantidad	Costo estimado (ARS)
Cáscaras de papa/banana	Necesaria	$0
Vinagre	1L	$1400
Gelatina de cereza	80g	$1300
Glicerina líquida	120mL	$4000
Papel manteca	Rollo 1kg	$8200
Total	-	$14900

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los bioplásticos son materiales plásticos que pueden distinguirse por su origen biológico, su capacidad de biodegradación o ambas, según su composición. Por esta razón, no todo material de origen natural es necesariamente biodegradable en cualquier ambiente ni se degrada a la misma velocidad. La posibilidad de sustituir parcialmente a los plásticos convencionales depende de las propiedades del material, las condiciones de uso y las condiciones de disposición al final de su vida útil.

Los residuos de frutas constituyen una fuente potencial de biomasa. Las cáscaras de papa y banana contienen almidón en proporciones variables, además de fibras, agua y otros compuestos orgánicos. La composición de estos residuos varía según el grado de maduración, el almacenamiento y el procesamiento previo, por lo que no puede suponerse que cada lote produzca resultados idénticos.

El almidón es un polisacárido formado por unidades de glucosa organizadas en las macromoléculas amilosa y amilopectina. Cuando se calienta en presencia de agua, los gránulos pueden absorber líquido, hincharse y perder parte de su organización, fenómeno conocido como gelatinización. Este proceso favorece la formación de una matriz que, bajo condiciones apropiadas de composición y secado, puede originar una película resistente.

En la formulación elegida, la gelatina cumple una función importante como material formador de estructura, debido a su naturaleza proteica y a su capacidad de formar una red al enfriarse y secarse. Además, al ser de cereza nos aporta un olor agradable y un atractivo color.

La glicerina actúa como plastificante: aumenta la movilidad relativa de las cadenas del material y puede reducir su fragilidad, aumentando la flexibilidad del producto. Sin embargo, una proporción elevada de glicerina puede producir películas blandas o pegajosas y aumentar su sensibilidad al agua.

El vinagre comercial contiene ácido acético diluido y modifica las condiciones químicas de la mezcla; su efecto concreto depende de la composición total y no debe interpretarse, sin mediciones, como garantía de conservación o de formación de una película. Igualmente, el objetivo de la utilización del mismo en este proyecto es generar un balance ácido en el pH del producto, y así evitar el crecimiento de posibles microorganismos patógenos.
El calentamiento permite integrar y disolver los componentes, mientras que el secado reduce el contenido de agua y posibilita que la película adquiera consistencia. La homogeneidad de la mezcla, el espesor depositado, la temperatura, el tiempo de calentamiento y las condiciones ambientales durante el secado pueden afectar significativamente el resultado. Por eso, para comparar formulaciones es necesario registrar y mantener constantes las variables que no se desean estudiar.
El proyecto se relaciona con la química verde y la economía circular al explorar la valorización de residuos y su transformación en un material de posible utilidad. No obstante, el impacto ambiental total debe evaluarse considerando también el consumo de agua y energía, los reactivos añadidos, la vida útil del producto y su disposición final.

3. IMPACTO AMBIENTAL

El proyecto presenta un impacto ambiental positivo al promover el aprovechamiento de residuos orgánicos y reducir el consumo de plásticos derivados del petróleo.

Impactos positivos

- Reduce el uso de plásticos convencionales.
- Favorece la utilización de materias primas renovables.
- Promueve la economía circular mediante el aprovechamiento de residuos.
- Fomenta la educación ambiental en escuelas y comedores.
- Reduce la huella ambiental al transformar un residuo en un producto útil.

Posibles impactos negativos

- Consumo de agua durante el lavado de las cáscaras.
- Consumo de energía durante el calentamiento y secado.

Medidas de mitigación

- Reutilización del agua cuando sea posible.
- Uso eficiente de la energía.
- Separación y correcta disposición de los residuos.

4. DISEÑO DEL PROYECTO

4.1 Descripción del procedimiento de formulación definitiva

Obtención de bioplástico a partir de cáscaras de papa/banana

1. *Recepción y lavado*
   Las cáscaras de papa/banana recibidas son lavadas con abundante agua para eliminar impurezas superficiales y reducir la presencia de contaminantes en los futuros bioplásticos.
2. *Calentamiento*
   Las cáscaras ya limpias son colocadas en un vaso de precipitados junto con agua. Luego, las colocamos al fuego para poder extraer el almidón mediante el calor.
3. *Filtración*
   La mezcla obtenida se filtra mediante un colador para separar las partículas sólidas (cáscaras de papa/banana) de gran tamaño y recuperar el líquido rico en almidón.
4. *Preparación de la mezcla*
   Se mezclan 100 ml del líquido extraído, 8 ml de vinagre, 8g de glicerina y 10g de gelatina de cereza.
5. *Calentamiento II*
   La mezcla se calienta sobre el mechero utilizando trípode y tela metálica, manteniendo agitación continua hasta obtener una mezcla homogénea.
6. *Secado*
   La mezcla caliente se vierte sobre papel manteca -previamente colocado sobre un molde- distribuyendo de forma uniforme para formar una película de espesor constante. Las muestras se dejan secar durante 14 días (7 días de cada lado) a temperatura ambiente hasta alcanzar la consistencia deseada.
7. *Evaluación del producto*
   Se analizan características como flexibilidad, resistencia, textura, uniformidad y comportamiento frente a la humedad.

4.2 Materiales y reactivos

Materias primas

Material	**Función**
Cáscaras de papa	Fuente de almidón.
Cáscaras de banana	Fuente de almidón.

Reactivos

Reactivo	**Función**
Agua	Solvente y medio de dispersión.
Vinagre comercial	Fuente de ácido acético que favorece la estabilidad de la mezcla y no permite el crecimiento de microorganismos.

Glicerina líquida	Plastificante que aumenta la flexibilidad del material.
Gelatina de cereza	Plastificante que aumenta la consistencia del material.

Materiales y equipos

Material/Equipo	**Función**
Papel manteca	Superficie no adherente para el secado.
Vasos de precipitados	Preparación de soluciones y calentamiento.
Colador	Filtración.
Varilla de vidrio	Agitación de mezclas.
Balanza	Medición de masas.
Mechero	Fuente de calor.
Trípode	Soporte para calentamiento.
Tela metálica	Distribución uniforme del calor.
Molde rectangular	Forma para el producto final.

4.3 Medidas de seguridad

Durante el proceso de elaboración del bioplástico y la fabricación de las reglas biodegradables se deberán aplicar normas de seguridad e higiene para proteger a los trabajadores y garantizar la calidad del producto.

Elementos de Protección Personal (EPP)

- Guardapolvo o ropa de trabajo.
- Guantes de nitrilo para manipular la biomasa y los reactivos.
- Cabello recogido y sin accesorios que puedan interferir con las tareas.

Seguridad durante el proceso

- Verificar el correcto funcionamiento del mechero o sistema de calentamiento antes de utilizarlo.
- Manipular recipientes calientes utilizando elementos de protección adecuados.
- Mantener el área de trabajo limpia y en orden.
- Rotular correctamente todos los recipientes que contengan reactivos o mezclas.
- Descartar los residuos generados siguiendo las normas ambientales vigentes.

4.4 Variables:

Variables independientes:
Tipo de biomasa utilizada (cáscara de papa y cáscara de banana).

Variables dependientes:
Flexibilidad del bioplástico.
Resistencia mecánica.
Textura.
Tiempo de secado.
Capacidad de biodegradación.

Variables controladas:
Cantidad de agua utilizada.
Temperatura de calentamiento.
Tiempo de secado.
Cantidad de glicerina.
Cantidad de vinagre.
Método de preparación.

---

5. ANÁLISIS DEL PÚBLICO

5.1 Público objetivo

El público objetivo está conformado por instituciones educativas y comedores que generan residuos orgánicos aprovechables y que, a su vez, pueden beneficiarse con la utilización de materiales escolares sustentables.
La empresa implementará un sistema de intercambio planeado que consiste en que las instituciones participantes separen y entreguen cáscaras de banana y papa que normalmente serían descartadas. A cambio, recibirán reglas biodegradables fabricadas a partir de esos mismos residuos.
Este modelo fomenta la participación de estudiantes y docentes en prácticas sustentables, fortaleciendo la educación ambiental dentro de las instituciones.

5.2 Localización

Macrolocalización
La empresa estará ubicada en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, por su concentración de instituciones educativas, conectividad y disponibilidad general de servicios necesarios para actividades productivas.

Microlocalización

- La planta se localizará en Caseros, Partido de Tres de Febrero, Provincia de Buenos Aires, cuya cercanía a escuelas y comedores podría facilitar la recolección de residuos y la distribución de productos. Además, es una zona con gran cantidad de fábricas y lotes a disposición de las mismas.

5.3 Factores de localización

Disponibilidad de materia prima

Las escuelas y comedores de Caseros generan diariamente residuos orgánicos, especialmente cáscaras de papa y banana, que constituyen la materia prima principal del proyecto.

Cercanía al público objetivo

La ubicación permite mantener contacto directo con las instituciones participantes y facilita la distribución de las reglas biodegradables.

Transporte y accesibilidad

Caseros posee importantes vías de circulación que permiten el traslado eficiente de materias primas y productos terminados.

Servicios básicos

La zona dispone de: energía eléctrica, agua potable, internet, recolección de residuos y servicios de comunicación.

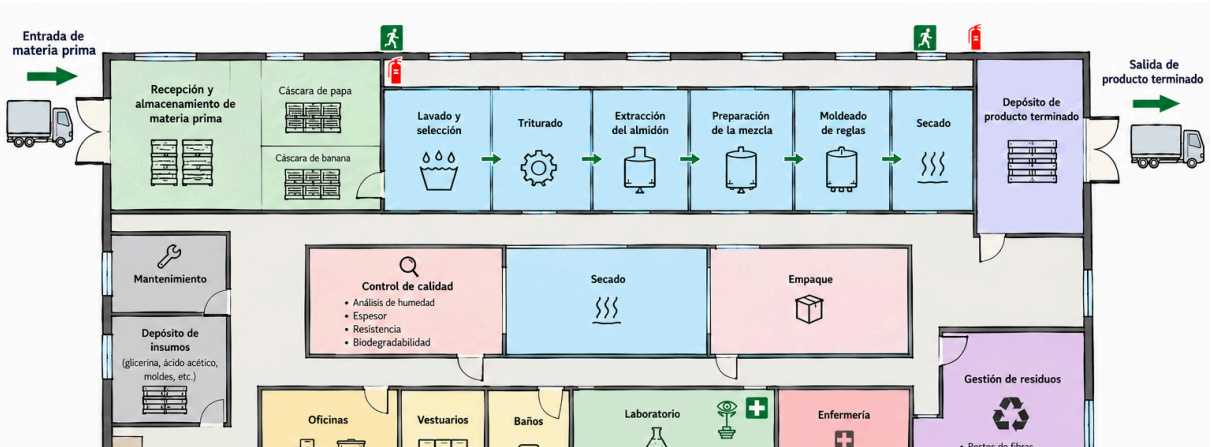
Costos operativos

La instalación de una planta de pequeña escala en Caseros presenta costos accesibles y adecuados para el desarrollo del proyecto.

Impacto educativo

La cercanía con las escuelas favorece la realización de campañas de concientización ambiental y actividades educativas relacionadas con el reciclaje y la sustentabilidad.

5. 4 Plano de la planta



6. Descripción de proceso productivo

6.1 Almacenamiento

Almacenamiento de materia prima

Las cáscaras de papa y banana se almacenan temporalmente en recipientes plásticos cerrados y refrigerados para evitar la descomposición de la biomasa.

Condiciones de almacenamiento

- Temperatura entre 4 °C y 8 °C.
- Ambiente limpio y ventilado.
- Identificación de cada lote recibido.
- Rotación continua de stock.

Almacenamiento de reactivos

La glicerina, el vinagre y la gelatina se conservan en estanterías secas, protegidas de la humedad y de fuentes de calor.

Almacenamiento del producto terminado

Las reglas biodegradables se almacenan en cajas de cartón reciclado ubicadas en un depósito seco.

Condiciones de almacenamiento

- Temperatura ambiente.
- Baja humedad relativa.
- Protección contra la luz solar directa.
- Correcta identificación de lotes.

6.2 Instalación

La planta estará organizada en diferentes sectores para optimizar el flujo de trabajo y garantizar la seguridad de los operarios.

Área de recepción

Sector destinado a la descarga, pesaje y registro de la materia prima.

Área de lavado

Espacio equipado para la limpieza de las cáscaras antes de su procesamiento.

Área de preparación de mezclas

Lugar donde se incorporan los reactivos y se formula la mezcla bioplástica.

Área de calentamiento

Sector destinado a la gelatinización del almidón y formación de la matriz polimérica.

Área de secado
Espacio destinado a la eliminación de humedad del producto.

Laboratorio de control de calidad
Sector donde se realizan ensayos físicos y controles del producto terminado.

Depósito
Área para almacenamiento de materias primas, reactivos y productos terminados.

Oficina administrativa
Sector encargado de la gestión operativa y administrativa de la empresa.

6.3 Maquinaria

Equipo	Función
Balanza digital.	Medición precisa de materias primas y reactivos.
Sistema de calentamiento.	Gelatinización de la mezcla bioplástica.
Ollas.	Preparación y calentamiento de mezclas.
Moldes para regla.	Conformación del producto final.
Heladera.	Conservación de la materia prima orgánica.
Computadora.	Gestión administrativa y registro de datos.
Sistema de ventilación.	Mantener condiciones adecuadas de trabajo y seguridad.

7. ANÁLISIS DE LA MARCA

7.1 Nombre y significado

El nombre Bionana surge de la combinación de las palabras *bio* y *nana*. El término “bio” hace referencia a la vida, la naturaleza y los materiales de origen biológico, mientras que “nana” alude a la banana, cuya cáscara constituye la materia prima principal de nuestro proyecto.
El nombre representa la transformación de residuos orgánicos en nuevos materiales

destinados a la elaboración de productos escolares, promoviendo el aprovechamiento de recursos y el cuidado del medio ambiente.

7.2 Producto comercial

Bionana se dedica al desarrollo experimental y la fabricación de productos escolares a partir de biomateriales elaborados con cáscaras de banana y papa.
Nuestro producto inicial es una regla escolar elaborada con plástico de origen orgánico, que busca ofrecer una alternativa más sustentable a los útiles fabricados con plásticos convencionales.
La propuesta consiste en establecer una colaboración con instituciones educativas, que aporten sus residuos orgánicos para utilizarlos como materia prima en el proceso de elaboración. De esta manera, se busca transformar un desecho en un recurso útil y fomentar la participación de la comunidad educativa en la economía circular.

7.3 Identidad de la marca

La identidad de Bionana se basa en cuatro valores fundamentales.

- *Sustentabilidad*: aprovechar residuos orgánicos y promover un uso más responsable de los recursos.
- *Innovación:* desarrollar materiales alternativos mediante la aplicación de conocimientos químicos.
- *Educación ambiental:* fomentar la separación de residuos y la participación de los colegios.
- *Economía circular:* reintroducir materiales descartados en un proceso productivo para obtener nuevos productos.

7.4 Logotipo y Eslogan

Bionana
Biomateriales escolares sustentables

8. HIPÓTESIS

Los residuos orgánicos domésticos buenos en almidones y polisacáridos pueden utilizarse para producir bioplásticos. Se espera que el bioplástico elaborado a partir de cáscara de papa presente mayor uniformidad y resistencia debido a su mayor contenido de almidón, mientras que el elaborado con banana podría presentar mayor flexibilidad y textura fibrosa.

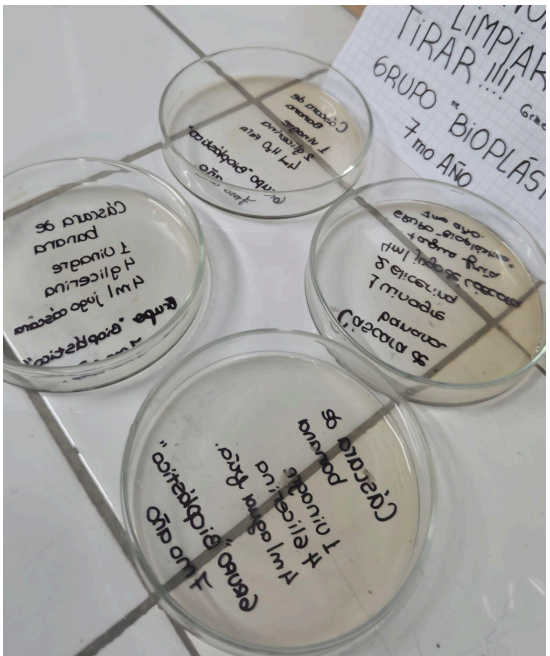
Pregunta de investigación:
¿Es posible obtener bioplásticos funcionales y biodegradables utilizando residuos orgánicos domésticos como cáscaras de banana y papa?
¿Cuál de las dos biomasas permite obtener un material con mejores propiedades físicas y funcionales?

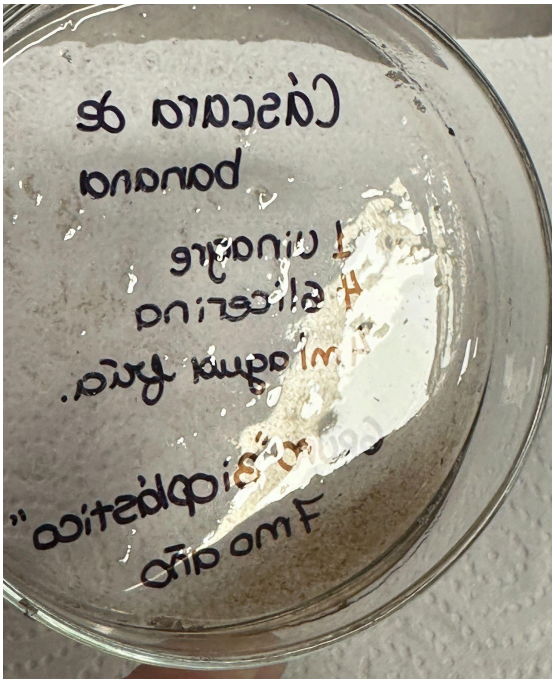
9. ENSAYOS PRELIMINARES

Durante la etapa inicial del desarrollo experimental, se llevaron a cabo varios ensayos preliminares con el objetivo de establecer las proporciones óptimas de los reactivos para la síntesis del bioplástico final. Las formulaciones evaluadas fueron las siguientes:

Ensayo 1: Licuamos las cáscaras de banana/papa junto con agua para formar una especie de materia prima biomásica que luego filtramos con gasa. El filtrado fue separado en dos y le agregamos a cada uno una cucharada de vinagre (ácido acético) y, en caso del primero, dos cucharadas de glicerina (plastificante) y, para el segundo, una. Después de obtener las mezclas líquidas y uniformes, las traspasamos a placas de petri para dejarlas secar a temperatura ambiente por 7 días.

- *Resultados Observados:* El producto obtenido presentó una consistencia excesivamente líquida y de baja resistencia en ambos casos. No obtuvimos los resultados esperados, aunque pudimos concluir que a mayor cantidad de glicerina, menor era la resistencia del plástico.



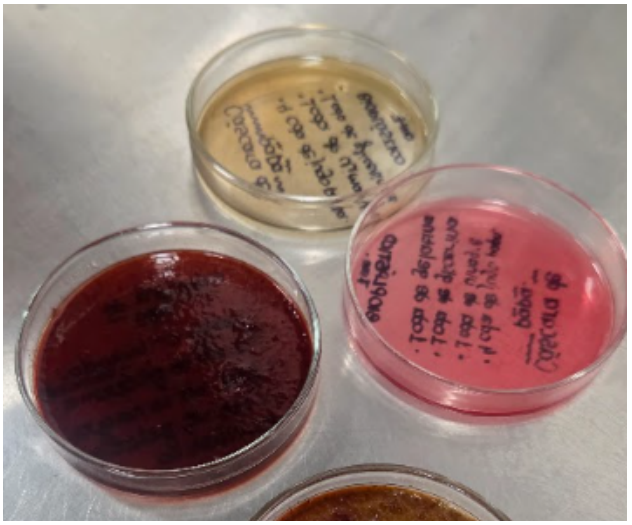


Ensayo 2: Utilizamos el mismo procedimiento que para el ensayo 1, pero realizamos una única mezcla final con una cucharada de glicerina. Esta vez los cambios implementados fueron a la hora del secado. Separamos la mezcla en dos placas y dejamos una en la heladera y otra en la estufa a 37°C, luego de 4 horas comprobamos el progreso.

- *Resultados Observados:* Obtuvimos los mismos resultados que en el ensayo 1, concluyendo que la temperatura de secado no influía en la consistencia del producto y que era momento de probar un procedimiento diferente.

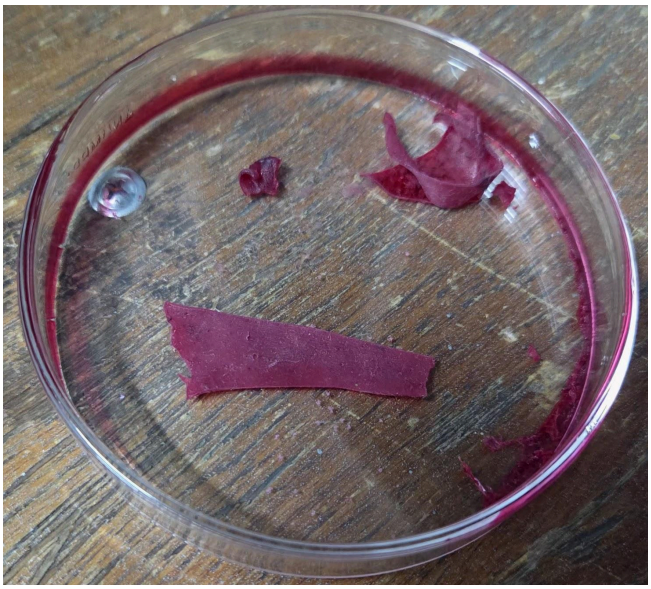
Ensayo 3: Esta vez probamos con hervir las cáscaras y colar el líquido rico en almidón para utilizarlo como biomasa plástica. A esta le agregamos una cucharada de glicerina y otra de vinagre, e implementamos, a su vez, la incorporación de una cucharada de gelatina ya preparada (líquida) para darle más resistencia a la mezcla. Por último, volcamos la mezcla en las placas y las dejamos secar a temperatura ambiente durante 7 días.

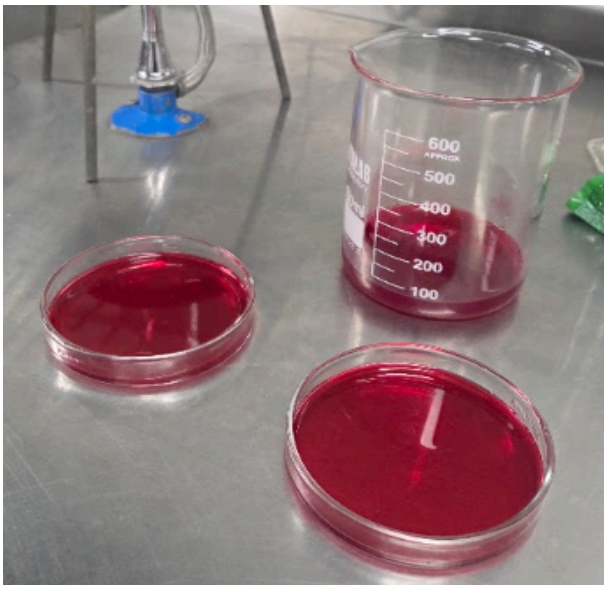
- *Resultados Observados:* Esta vez obtuvimos una mejor consistencia, mucho más cercana a lo esperado, aunque no perfecta. La mezcla seguía siendo bastante pegajosa así que decidimos utilizar mayor cantidad de gelatina y concretar las cantidades para obtener mayor precisión en el proceso.



Ensayo 4: Colocamos las cáscaras de papa/banana en un vaso de precipitados con 100 ml de agua para hervir al mechero. Luego, colamos el líquido rico en almidón para agregar 8 ml de vinagre, 8 g de glicerina líquida y 10 g de gelatina de cereza en polvo. Esta mezcla fue directa al fuego hasta lograr una consistencia líquida y homogénea. Por último, la colocamos en placas para su secado durante 14 días (7 días de cada lado) a temperatura ambiente. Medidas de espesor: 0,4mm

- *Resultados Observados:* Con este ensayo concretamos la fórmula definitiva para nuestras reglas biodegradables. Obtuvimos un polímero con estructura, flexibilidad y resistencia deseadas.

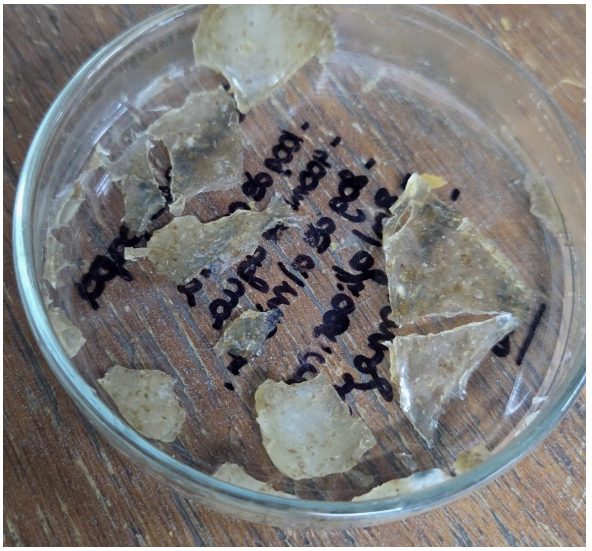




Ensayo 5: En simultáneo al ensayo 4, realizamos otro tipo de procedimiento empleando maicena para dar mucha más estructura. Hervimos con agua 100 g de cáscaras de papa/banana para luego licuar la mezcla. Filtramos para retirar las grandes partículas y obtener el líquido almidonado. A esta misma mezcla le agregamos 40 g de maicena y volvió al fuego hasta ebullición. Lo retiramos e incorporamos 8 mL de glicerina líquida y 8 mL de vinagre, agitamos hasta homogeneizar. Como último paso, lo dejamos en las placas de petri para terminar con el secado a temperatura ambiente por 7 días. Medidas de espesor: 1mm

- *Resultados Observados:* En este caso, no obtuvimos un resultado deseado. La mezcla quedó con una textura viscosa y redujo considerablemente su tamaño ya que observamos en la placa una gran división entre trozos del bioplástico. Automáticamente descartamos el procedimiento.





10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La etapa de experimentación preliminar fue fundamental para determinar la viabilidad del polímero y ajustar de forma precisa las variables independientes de formulación y procesamiento. Los primeros dos ensayos evidenciaron que el procesamiento directo de la biomasa mediante licuado en frío no permitía la liberación eficiente del almidón, generando mezclas excesivamente líquidas y sin estructura. Asimismo, estas pruebas permitieron establecer una relación inversamente proporcional entre la concentración de plastificante y la resistencia mecánica, concluyendo que un exceso de glicerina debilita la matriz del material. De igual manera, se demostró que las variaciones en el entorno de secado inicial (heladera a baja temperatura frente a estufa a 37 °C) no corregía las deficiencias de una mezcla base mal estructurada, lo que obligó a replantear el método de obtención de la materia prima.
El verdadero punto de inflexión ocurrió en el ensayo 3 con la introducción del tratamiento térmico por ebullición para lograr la gelatinización de los gránulos de

almidón y la incorporación de gelatina como agente estructurante de naturaleza proteica. Aunque este intento resultó pegajoso por la falta de precisión en las magnitudes, sentó las bases para el ensayo 4. Esta última formulación se consolidó como la definitiva al fijar proporciones estrictas, se logró obtener un polímero homogéneo con la estabilidad, flexibilidad y resistencia mecánica requeridas para formar una regla flexible escolar.

---

11. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto integrador permitió cumplir satisfactoriamente con el objetivo general de diseñar y evaluar reglas escolares biodegradables a partir de la valorización de biomasa residual doméstica, específicamente de cáscaras de papa y banana.

A través de un enfoque sustentable alineado con la química verde y la economía circular, se demostró experimentalmente que los componentes orgánicos y polisacáridos de estos desechos pueden sustituir la dependencia de recursos fósiles en aplicaciones escolares de baja exigencia mecánica. La investigación no solo validó la hipótesis de que es posible obtener un biomaterial funcional a escala de laboratorio escolar, sino que también permitió caracterizar sus propiedades físicas observables frente a variables críticas como la dosificación de reactivos y el tiempo de secado.

Más allá de los resultados netamente analíticos, el proyecto reflejó la esencia de nuestra formación técnica al integrar de manera interdisciplinaria conocimientos de química orgánica, gestión industrial, análisis de costos y evaluación de impacto ambiental. El nacimiento de la marca Bionana y la propuesta de su modelo económico de intercambio planificado con escuelas y comedores demuestran que la sustentabilidad puede pasar de la práctica experimental a un plano de responsabilidad comunitaria y concienciación ecológica. A pesar de reconocer las debilidades del material frente a la humedad y su menor resistencia comparada con los plásticos convencionales derivados del petróleo, el balance del proyecto es altamente positivo, consolidándose como una base sólida para futuras investigaciones en el campo de los materiales obtenidos por desechos orgánicos.

12. RECOMENDACIONES Y APLICACIÓN TÉCNICA

Para aquellos laboratorios escolares que deseen replicar nuestras reglas biodegradables bajo la fórmula definitiva de Bionana, se aconseja seguir estrictamente una serie de pautas operativas para garantizar la homogeneidad del producto:

- *Control estricto en la extracción de almidón:* El lavado inicial de las cáscaras de papa y banana debe ser profundo para eliminar impurezas superficiales que puedan desestabilizar el polímero o favorecer la contaminación fúngica. La

ebullición debe prolongarse lo suficiente para asegurar que el líquido recuperado tras la filtración con colador posea una alta concentración de almidón.

- *Rigurosidad en el pesaje y volumetría:* Es necesario respetar las proporciones propuestas. Variaciones mínimas en la glicerina alterarán drásticamente la flexibilidad (volviéndolo quebradizo o demasiado pegajoso), mientras que la reducción de la gelatina impedirá que el material adquiera la consistencia rígida necesaria de la regla.
- *Uso de aditivos y descarte de almidones comerciales:* Se recomienda utilizar gelatina en polvo saborizada (como la de cereza empleada en el proyecto), ya que sus propiedades proteicas actúan eficazmente como red estructural, aportando simultáneamente color y propiedades organolépticas agradables que omiten los olores residuales de la biomasa. Se debe evitar por completo la adición de maicena en combinación con el extracto natural, dado que acelera la deshidratación incorrecta, tensiona la matriz polimérica y produce grandes grietas.
- *Protocolo de vertido y secado prolongado:* Al ejecutar el paso de vertido, la mezcla homogénea caliente debe distribuirse de forma inmediata sobre el papel manteca dispuesto en el molde rectangular. Se debe nivelar de forma manual para asegurar un espesor constante en toda la película, evitando burbujas de aire. El periodo de secado debe ser estrictamente a temperatura ambiente durante un mínimo de 14 días, realizando un volteo manual exacto al séptimo día; bajo ningún concepto se debe acelerar este proceso mediante estufas u hornos, ya que la evaporación abrupta del agua arruinará la estabilidad de la regla.
- *Condiciones de almacenamiento y bioseguridad:* Durante toda la manipulación en el mechero, es obligatorio el uso de los Elementos de Protección Personal (EPP), incluyendo guardapolvo y guantes de nitrilo. El uso de vinagre comercial es indispensable para mantener el balance de pH ácido y mitigar el crecimiento de microorganismos patógenos durante las dos semanas de secado ambiental. Finalmente, las reglas terminadas deben conservarse en un espacio con baja humedad y protegidas de la luz solar directa, preferentemente empacadas en cajas, para evitar deformaciones higroscópicas antes de su uso final.

BIBLIOGRAFÍA

Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. Journal of Macromolecular Science.

Shogren, R. L. (1999). Preparation and properties of biodegradable starch-based plastics. Journal of Environmental Polymer Degradation.

Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005). Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. CRC Press.

European Bioplastics. (2024). What are bioplastics? Recuperado de https://www.european-bioplastics.org

Food and Agriculture Organization (FAO). Biomass Energy and Bioenergy. Recuperado de https://www.fao.org

United Nations Environment Programme (UNEP). Plastic Pollution Overview. Recuperado de https://www.unep.org

Stevens, E. S. (2002). Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics. Princeton University Press.

ANEXOS

Diagrama de Gantt

Actividad	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Noviembre
Investigación y marco teórico	X	X				
Diseño experimental		X				
Obtención de materiales		X	X			
Elaboración de bioplásticos			X	X	X	
Ensayos y análisis			X	X	X	
Informe	X	X	X	X	X	
Presentación oral						X

FODA

- *Fortalezas:*
  Proyecto ecológico y sustentable.
  Bajo costo de producción.
  Aprovechamiento de residuos orgánicos.
  Aplicación práctica de conocimientos químicos.
- *Oportunidades:*

Crecimiento de materiales biodegradables.
Interés social por alternativas ecológicas.
Posibilidad de ampliar el proyecto hacia aplicaciones industriales.

- *Debilidades:*
  Baja resistencia frente a plásticos industriales.
  Sensibilidad a la humedad.
  Tiempo limitado de conservación.
- *Amenazas:*
  Competencia con materiales industriales.
  Dificultad de escalado productivo.
  Variabilidad en la composición de la biomasa.

Bitácora

- **FASE 1 (04/05 al 29/05):**
  Investigación inicial.
  Selección del tema.
  Definición de objetivos.
  Elaboración de hipótesis.
  Desarrollo del marco teórico.

- **FASE 2 (01/06 al 26/06):**
  Diseño experimental.
  Elaboración de diagramas de flujo.
  Definición de materiales y variables.
  Organización metodológica.
  Elaboración del diagrama de Gantt.

- **FASE 3 (29/06 al 02/10):**
  Obtención de materiales.
  Elaboración de bioplásticos.
  Ensayos experimentales.
  Correcciones de fórmulas.
  Registro fotográfico.
  Evaluación de propiedades físicas.
  Análisis de costos y resultados.

- **FASE 4 (05/10 al 30/10):**
  Elaboración del informe final.
  Preparación de gráficos.
  Diseño de presentación oral.
  Preparación de presentación y defensa.

- **FASE 5 (02/11 al 13/11):**
  Correcciones finales.
  Ajustes metodológicos.
  Entrega definitiva.