

Document ID: **CAS-SIMJ-Vol.2.N.4.001.2025**

Artículo de Revisión

Biomaterial: Productos biodegradables hechos a base de cáscara de huevo como alternativa para sustitución de plásticos comunes.

Biomaterial: Biodegradable products made from eggshells, to replace common plastics.

Autores:

Lenin Vicente Loayza Peñaranda¹, Delly Maribel San Martín Torres², Madlen Michelle Balcázar Añazco³, Ivanna Carolina Galarza Miranda⁴

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Ingeniería Química, Machala, Ecuador. lloayza@utmachala.edu.ec <https://orcid.org/0000-0003-2750-1748>

²Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Ingeniería Química, Machala, Ecuador. dsanmartin@utmachala.edu.ec <https://orcid.org/0000-0002-4680-4042>

³Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Ingeniería Química, Machala, Ecuador. mbalcazar4@utmachala.edu.ec <https://orcid.org/0009-0008-5606-3437>

⁴Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Ingeniería Química, Machala, Ecuador. igalarza3@utmachala.edu.ec <https://orcid.org/0009-0005-6324-2407>

Autor de Correspondencia: Lenin Vicente Loayza Peñaranda, lloayza@utmachala.edu.ec

Reception dates: 01-April-2025 **Acceptance:** 26-May-2025 **Published:** 01-July-2025

Como citar este artículo:

Loayza Peñaranda, L. V., San Martín Torres, D. M., Balcázar Añazco, M. M., & Galarza Miranda, I. C. (2025). Biomaterial: Productos biodegradables hechos a base de cáscara de huevo como alternativa para sustitución de plásticos comunes. SAPIENS International Multidisciplinary Journal, 2(4), 1-17. <https://doi.org/10.71068/ycy8d108>

Resumen

Con el fin de disminuir la contaminación que generan las grandes cantidades de plásticos convencionales usados diariamente como el poliestireno expandido que dado su origen a base de petróleo no tiene la capacidad de biodegradarse con el paso del tiempo, surge la necesidad de mitigar el impacto ambiental causado por la utilización de estos materiales. Por esta razón, nace la idea de crear un biomaterial a partir de desechos orgánicos como la cáscara de huevo el cual, como principal componente biológico le otorga rigidez, resistencia y mayor capacidad de descomposición, gracias a su alta concentración de entre un 96-98% de carbonato de calcio (Krystala, 2020); como aditivo se empleó gelatina sin sabor, que influye mucho en la consistencia, solidificando la mezcla, además el agua, que facilita la homogeneización de los ingredientes durante la cocción a baja temperatura. Se realizaron tres pruebas, en dos de estas se identificó sensibilidad a la fragilidad como la principal falencia en el desarrollo. Para obtener una mejora en la estructura se agregó una mayor proporción de cáscara de huevo, lo cual otorgó la firmeza deseada en el biomaterial. Con el uso de un esclerómetro se realizó un análisis de resistencia, obteniéndose un 86 % de desempeño.

Palabras clave: biodegradable; cáscara de huevo; plásticos; contaminación.

Abstract

In order to reduce the pollution generated by the large quantities of conventional plastics used daily such as expanded polystyrene which, given its petroleum-based origin, does not have the ability to biodegrade over time, the need arises to mitigate the environmental impact caused by the use of these materials. For this reason, the idea of creating a biomaterial from organic waste such as eggshell was born, which, as the main biological component, gives it rigidity, resistance and greater decomposition capacity, thanks to its high concentration of between 96-98% calcium carbonate (Krystala, 2020); flavorless gelatin was used as an additive. which greatly influences the consistency, solidifying the mixture, as well as the water, which facilitates the homogenization of the ingredients during cooking at low temperature. Three tests were performed, in two of which sensitivity to frailty was identified as the main developmental failure. To obtain an improvement in the structure, a higher proportion of eggshell was added, which gave the desired firmness in the biomaterial. With the use of a sclerometer, a resistance analysis was performed, obtaining 86% performance.

Keywords: biodegradable; eggshell; plastic; pollution.

1. INTRODUCCIÓN

El plástico es un invento crucial en el proceso de industrialización, pero su producción en cantidad no proporciona necesariamente beneficios. En realidad, se ha convertido en uno de los principales contaminantes que agravan el aumento de desechos sólidos a tratar, impactando de forma directa al cambio climático, además de ser el material más utilizado en nuestra vida diaria (Plastics, G. O. N., 2024). Aun así, es ampliamente empleado en todo el mundo gracias a su precio accesible, durabilidad y multifuncionalidad. No obstante, estas mismas propiedades lo transforman en una de las principales fuentes de polución, dado que puede demorar siglos en descomponerse y emitir compuestos perjudiciales como el metano, que es un gas que genera impacto directo sobre el ambiente. De 1990 a 2019, la producción global de plásticos se cuadruplicó, ocasionando un notable incremento de desechos que exceden las capacidades de gestión vigentes (Banco Mundial, 2021).

Asimismo, los micro plásticos—partículas de menos de 5 milímetros— generados a partir del uso de estos productos constituyen un peligro silencioso, pues pueden ser consumidos por peces, moluscos y otros seres marinos, afectando así en la cadena trófica. Se han identificado microplásticos en tejidos humanos como la sangre, la placenta y el intestino, lo que podría causar problemas inflamatorios y afectar la salud respiratoria (Prime, 2022).

La elaboración de materiales que se descomponen de manera natural es de vital importancia en un contexto donde se generan alrededor de 300 millones de toneladas de plástico anualmente; de esta cantidad, ocho millones terminan afectando nuestros océanos y mares. Para el año 2050, se proyecta que habrá 30 toneladas de plástico por cada persona en el planeta. La preocupación por la sostenibilidad es un movimiento que vemos crecer día a día en nuestra sociedad y que ha llegado para convertirse en una forma de vida que tiene como prioridad el cuidado de la naturaleza y el consumo responsable de recursos utilizados en nuestro día a día (Gutiérrez, 2020).

Los bioplásticos son sustancias producidas a partir de recursos como residuos orgánicos, que pueden descomponerse más rápidamente que los plásticos tradicionales. Estos recursos presentan una opción más ecológica y menos perjudicial. Como lo menciona Luis Angulo Orozco (2020), que según la firmeza del biomaterial plástico se puede biodegradar a partir de dos semanas y perdurar hasta después de los tres meses, esto siendo posible también en un medio acuoso (Gutiérrez, 2020).

Por lo tanto, el uso de residuos orgánicos, como la cáscara de huevo en la producción de bioplásticos favorece la economía circular, otorgando valor a materiales que comúnmente terminarían en la basura y contribuyendo a disminuir la acumulación de desechos plásticos y la contaminación ambiental (Mata, 2020).

2. DESARROLLO

2.1 Plásticos convencionales

El plástico está entre los materiales más usados del planeta debido a su bajo coste, amplia cobertura y robustez, pero estas propiedades que lo hacen tan deseables han de significar una amenaza para el entorno, ya que la escasa degradación de los plásticos lleva a la acumulación en los ecosistemas donde impactan de manera severa en la flora y fauna. La producción de plástico origina gases de efecto invernadero que impactan directamente al calentamiento global, además de que millones de toneladas de residuos plásticos en los océanos, ríos o suelos resultan en un daño ambiental terrible, comprometiendo la salud de los organismos en sus ecosistemas y el de los recursos naturales (Gálvez, 2021).

Tabla 1

Datos a destacar de los plásticos comunes y sus variables.

Aspecto	Plásticos Convencionales
Tiempo de descomposición	Hasta 500 años
Fuente de materia prima	Derivados del petróleo (no renovables).
Impacto ambiental	Alta huella de carbono y contaminación.
Biodegradabilidad	No biodegradable.

Fuente: *Elaboración propia*

2.2 Envases biodegradables

Los recipientes biodegradables son creados para descomponerse naturalmente a través de la acción de microorganismos, agua y sol, sin producir residuos tóxicos ni microplásticos (Zapata, 2024). Estos envases pueden ser igualmente biobasados, es decir, hechos con recursos renovables. En general, los envases que son compostables deben cumplir con normas específicas como la UNE EN 13432, la cual exige que se descompongan en menos de seis meses en condiciones industriales controladas, convirtiéndolos en una alternativa más ecológica en comparación con los plásticos convencionales (Prime Biopolymers, 2022).

Se producen a partir de biopolímeros, que son moléculas que se encuentran en organismos vivos, como las proteínas y la celulosa. Por lo que, bajo investigación, los componentes que se encuentran dentro de la cáscara son aptos para la producción de materiales biodegradables. (Posso, 2020). Un ejemplo de esto son los envases eco amigables, que cumplen con su capacidad de no contaminar nuestro ecosistema y a su vez están hecho de residuos renovables (Envases del Mediterráneo, 2020).

Tabla 2

Datos a destacar de los envases biodegradables y sus variables.

Aspecto	Envases biodegradables
Tiempo de descomposición	2 – 3 meses
Fuente de materia prima	Residuos orgánicos (cáscara de huevo).
Impacto ambiental	Baja huella de carbono y aprovechamiento de residuos.
Biodegradabilidad	Completamente biodegradable

Fuente: *Elaboración propia*

2.3. ¿Por qué se eligió la cáscara de huevo como materia prima?

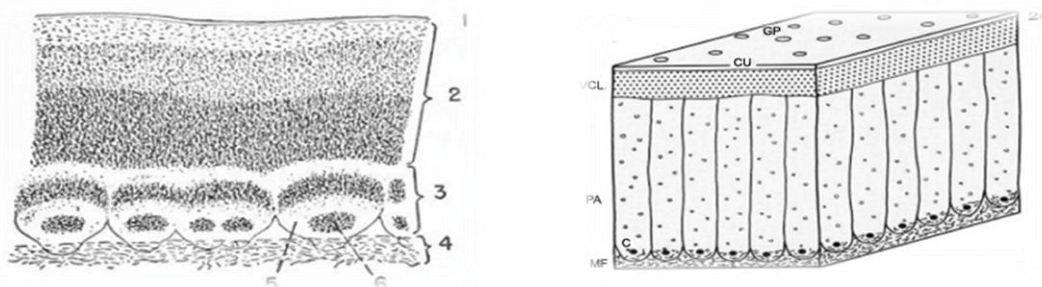
La cáscara de huevo es la fina y dura envoltura que protege el interior blando del huevo de las aves, siendo este componente no solo un recurso biodegradable, sino que su alta concentración de carbonato de calcio de hasta un 96-98%, le otorga una variedad de utilidades, destacando la dureza (Krystala, 2020).

El colágeno extraído de la cáscara presenta propiedades importantes: es compatible con el cuerpo humano, se descompone de forma natural sin causar efectos tóxicos, y tiene una estructura que permite retener agua. Además, según el entorno (como el pH), puede asumir distintas cargas, lo que facilita su uso en diferentes procesos (Castañeda., Stechina., 2013).

Sabemos de la estructura general de la cáscara de huevo gracias al científico holandés Von Nathusius quién publicó sus análisis realizados en 1881 y 1882, que muestran la superficie del albumen y las dos membranas de la cáscara que forman la base de esta. Sobre la superficie de la membrana externa, se generan los nódulos mamilares, la etapa inicial en la formación de la concha, y a partir de ellos, se desarrolla la capa principal, conocida como capa en empalizada. Una delgada capa exterior, conocida como cutícula, es la que recubre la concha (Hunton, 2005).

Figura 1.

Estructura de la cáscara de huevo



Nota: *Imágenes muy similares a la de las publicaciones del siglo XX.*

Fuente: Hunton, P. (2005).

Dejando a un lado sus características químicas y físicas, la cáscara de huevo es una gran oportunidad desde el punto de vista socioambiental, en sitios donde la producción de aves genera muchos restos orgánicos, usarlas puede dar pie a planes de producción que beneficien al planeta, lo que aporta a la economía circular y a que surjan negocios baratos. Así, algo que se tira en casa o en las fábricas se vuelve algo útil, viendo a los restos orgánicos como cosas que valen la pena. Además, de su fácil obtención con procesos como secado, hacerla triturado y tamizado, hace que no sea necesario el uso de máquinas caras, lo que es bueno para pequeñas industrias, escuelas o laboratorios (Posso, 2020). Por todo esto, la cáscara de huevo es muy útil, no solo por lo que tiene, sino porque se puede usar sin gastar prácticamente nada.

La Tabla 3 presenta la composición química promedio del huevo, que incluye una variedad de vitaminas, minerales y otros compuestos significativos.

Tabla 3

Composición química del huevo

Componentes	Unid.	Huevo (100g)	1 huevo (50 g)
Energía	Kcal	143	72
Agua	g	76,2	38,1
Proteína	g	12,6	6,3
Grasa	g	9,5	4,8
Carbohidratos	g	0,7	0,4
Vitaminas	A, D, B2, Biotina, B12		
Minerales	Selenio, Yodo, Hierro y Zinc		
Fitoquímicos	Carotenoides en yema (Luteína y Zeaxantina)		

Fuente: Araneda M. (2022). Huevos y derivados.

2.4 Composición de la gelatina sin sabor y su uso como componente.

La gelatina es considerada una sustancia capaz de absorber líquidos y ser gelificante, esto manteniendo sus características que la representan como la de no tener color (a no ser que se le agregue posteriormente), sin sabor y ser soluble en agua caliente e insoluble en agua fría (Arguello, 2020). Dependiendo de si es calentada en agua fría, donde las partículas se hinchan e hidratan, o en agua caliente donde se disuelven para formar una solución, la cual suele ser afectada según el pH, el método de obtención, la temperatura empleada para su obtención como disolución, y su concentración (GelMachine, s.f.).

Por lo general, se consigue comúnmente de la piel de cerdo que es el 46% de la gelatina, el cuero bovino que es del 29,4%, y los huesos de carne de res que conforman el 23,1% (Leslie et al., 2022). En comparación con otros polímeros de origen natural como el almidón, la celulosa, y el quitosano, la gelatina sin sabor presenta mayor flexibilidad y

resistencia mecánica en especial con agentes de reticulación, además como principal característica demuestra favorable solubilidad en disolventes acuosos, como también en orgánicos comunes (Madkhali, 2023).

3. METODOLOGÍA

Para este proyecto se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda de información de fuentes académicas como parte preliminar en la revisión bibliográfica, esto con el propósito de crear un biomaterial que se pueda descomponer con el tiempo, aprovechando residuos naturales como la cáscara de huevo y la gelatina sin sabor.

Para la creación de este biomaterial se elaboraron diversas mezclas de tipo experimental, alterando las proporciones de cáscara de huevo molida y gelatinas usadas en cada prueba, con el objetivo de analizar las diferentes combinaciones de composición en la textura, resistencia y flexibilidad del producto final.

En este caso, la variable independiente fue la cantidad de cáscara de huevo añadida a la mezcla, y como variables dependientes se tomaron en cuenta las propiedades físicas del biomaterial, como su aspecto, resistencia y elasticidad al tacto. A lo largo del proceso, se mantuvieron estables varios factores clave, como el tipo de gelatina empleada, que en este caso utilizamos la que no tiene sabor, la técnica de secado y las condiciones ambientales del entorno. Todas las muestras se prepararon en un entorno controlado, y se anotaron meticulosamente las observaciones para contrastar los resultados entre las distintas formulaciones.

3.1. Materiales y equipos utilizados para la producción de envases biodegradables.

Componentes:

- El cascarón de huevo
- Gelatina sin sabor
- Agua

Equipos/utensilios:

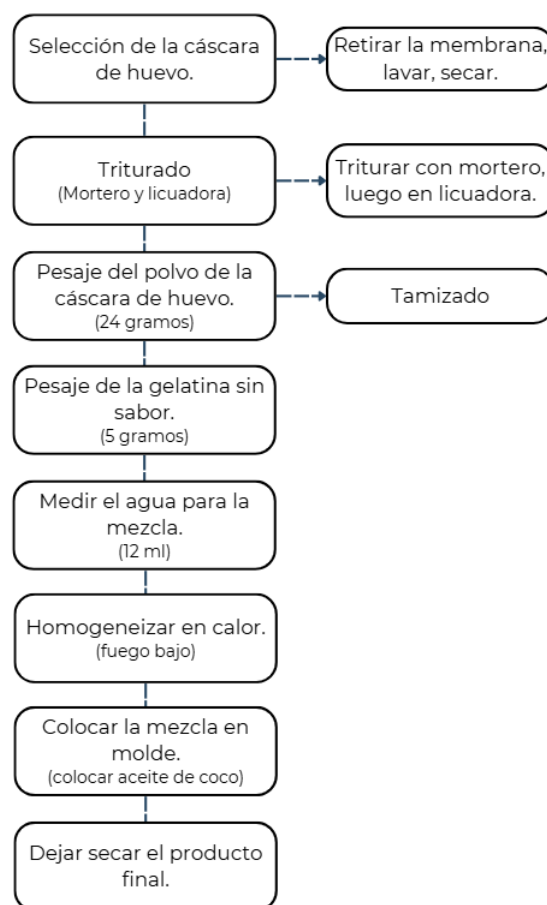
- Gramera pequeña
- Licuadora o trituratora
- Envases de vidrio
- Taza medidora (ml)
- Cocineta
- Moldes de goma o aluminio
- Olla metálica
- Colador

3.2. Proceso de elaboración

Como primer paso y con el propósito de hallar una alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de la cáscara de huevo, se ha decidido separar la membrana de la cáscara, esta técnica permitirá utilizarla de forma exclusiva, lo que resulta en la obtención de un producto final de mayor calidad. Para entenderlo mejor realizamos el siguiente diagrama de flujo:

Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso de preparado de materiales y elaboración de los envases.



Fuente: Elaboración propia

3.3. Preparación paso a paso

Figura 3.

Retirar membrana y lavarlas



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.

Cáscaras secas y trituradas (polvo)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.

Pesos de los componentes



Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

Para poder obtener los resultados deseados se realizaron tres pruebas en las cuales variamos en las cantidades de cada uno de los ingredientes requeridos.

4.1. Cálculos para la prueba uno

Tabla 4

Ingredientes y cantidades utilizadas en la primera muestra

Primera muestra (consistencia gelatinosa)

22g Cáscara de huevo (polvo)

Sapiens International Multidisciplinary Journal 9 Gelatina sin sabor

15ml

Agua

Fuente: *Elaboración propia*

Observaciones:

Las proporciones que se usaron no lograron la consistencia esperada después de secarse por 2 días. Esto se debió a la poca cantidad de polvo de cáscara de huevo y a la gran cantidad de agua, lo que resultó en una gelatina normal, gelatinosa y frágil. Se hizo una segunda prueba con otra relación.

4.2. Resultados de prueba dos

Tabla 5

Ingredientes y cantidades utilizadas en la segunda muestra

Segunda muestra (consistencia flexible)

24g Cáscara de huevo (polvo)

9g Gelatina sin sabor

12ml Agua

Fuente: *Elaboración propia*

Observaciones:

Aquí se hizo la mezcla con un poco más de gelatina sin sabor por lo que al aumentar la cantidad de gelatina, obteniendo proporciones iguales con los demás componentes, se obtuvo una masa flexible, la cual no era el resultado deseado. Prosiguiendo a una tercera prueba.

4.3. Resultados de prueba tres

Tabla 6

Ingredientes y cantidades utilizadas en la tercera muestra

Tercera muestra (consistencia deseada)

24g Cáscara de huevo (polvo)

9g Gelatina sin sabor

12ml Agua

Fuente: *Elaboración propia*

Observaciones:

Las cantidades en la tabla fueron las correctas, ya que al mezclar y calentar se logró la textura deseada tras un breve secado. Se pesaron los ingredientes en una balanza. Luego, se calentó la olla metálica a fuego bajo, añadiendo los 12ml de agua, medidos anteriormente en la taza, los 5g de gelatina sin sabor, para finalmente agregar poco a poco los 24g del polvo de la cáscara de huevo, así mezclando continuamente hasta que la mezcla quede homogenizada y de una consistencia líquida. Se vertió la mezcla en un molde engrasado para evitar que se adhiriera, y se dejó secar al sol.

Figura 6.

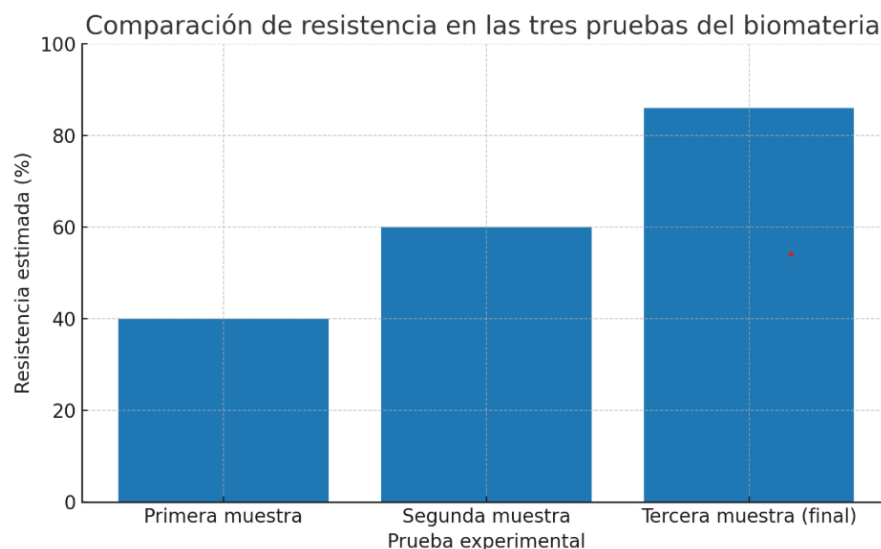
Producto final siendo usado



Fuente: *Elaboración propia*

Una vez conseguido el producto final deseado, se dio uso a un esclerómetro que, por medio del rebote de una pesa, como el golpe de un martillo, determina la dureza o resistencia de, en este caso el biomaterial. En base a esta medición se puede determinar

una resistencia estimada de las anteriores muestras obtenidas que no resultaron en la consistencia deseada: **Figura 7. Diagrama de barras: comparación de resistencia**



Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN

Los resultados que obtuvimos a partir de las tres pruebas experimentales evidencian una relación directa entre la proporción de gelatina sin sabor, cáscara de huevo en polvo y agua con las propiedades físicas del biomaterial elaborado. En la primera muestra, la cantidad elevada de cáscara (22 g) con una proporción relativamente baja de gelatina (5 g) y 15 ml de agua generó una mezcla gelatinosa, con consistencia poco firme y baja resistencia mecánica. Esto sugiere que el exceso de cáscara sin una matriz polimérica adecuada (en este caso, la gelatina) no favorece la formación de una consistencia sólida ni homogénea.

En la segunda muestra, se aumentó la gelatina a 9 g, manteniendo proporciones similares en los demás componentes. Este cambio produjo una masa más compacta, sin embargo, no se alcanzó el resultado esperado. Es probable que el incremento de la gelatina sin ajustar adecuadamente los niveles de agua y cáscara afectara la estructura interna, generando un material con textura intermedia, menos gelatinosa pero aún no ideal en términos de flexibilidad o rigidez.

La tercera muestra, que utilizó 24 g de cáscara de huevo, 5 g de gelatina y 12 ml de agua, demostró ser la más eficiente en cuanto a textura, rigidez y apariencia general. La baja cantidad de agua y el equilibrio entre los componentes permitieron una adecuada cohesión del material tras el secado, lo cual se reflejó en una mayor resistencia.

Ciertas empresas subrayan que, para que un producto biodegradable sea realmente útil, no solo debe descomponerse, sino que debe cumplir con normas específicas, como la

capacidad de degradarse en menos de medio año sin dejar residuos tóxicos. En este sentido, nuestro biomaterial muestra una clara ventaja frente a los plásticos de siempre, ya que no genera microplásticos ni subproductos peligrosos al degradarse, lo cual cumple con las exigencias modernas de sostenibilidad industrial (INFINITIA, 2021).

En cuanto a su aplicación real, un caso notable es el que reporta Induambiente (2024), donde fabricaron películas biodegradables a partir de cáscara de huevo con propiedades parecidas a las del plástico común. Aunque no detallan exactamente las proporciones que usaron, mencionan que el producto final era flexible y resistente al tacto, muy parecido a lo que vimos en nuestra tercera muestra. Lo interesante de este ejemplo es que se hizo una película de uso práctico a partir del mismo desecho que usamos en nuestro biomaterial.

Otro caso sería el de la Universidad de Antioquia (2022), que, a diferencia de nuestro biomaterial hecho mayoritariamente por cáscara de huevo, el de ellos se elaboró principalmente de almidón de yuca. Sin embargo, ambos proyectos coinciden en que la cáscara de huevo aporta firmeza al producto final, y en el caso de los cubiertos se logró una mayor rigidez gracias a la combinación con otros aditivos, pero también se presentaron dificultades frente a la humedad. Nuestro biomaterial, aunque menos rígido, presenta una textura más flexible y homogénea cuando se usa la proporción adecuada como en la segunda muestra, lo que podría ser más favorable para ciertos tipos de envases o recubrimientos biodegradables. Esta comparación muestra que la cáscara de huevo es un recurso versátil, y que el tipo de polímero que se utilice como base influye significativamente en las propiedades del producto final.

Por otro lado, Guarieiro y su equipo (2022), plantean desde una perspectiva más amplia, que integrar desechos orgánicos en la industria es fundamental para solidificar la química circular. Esto concuerda con el objetivo de nuestro proyecto, que busca no solo crear un producto biodegradable, sino también impulsar una modificación en la mentalidad colectiva sobre el manejo responsable de residuos, fomentando prácticas tanto innovadoras como ecológicas.

Entonces se podría decir que los datos conseguidos demuestran una concordancia con estudios anteriores y ratifican la factibilidad técnica del biomaterial creado, y aunque todavía hay puntos a perfeccionar, como la adaptabilidad del producto y su aguante con el agua, el progreso logrado confirma que se puede reemplazar parcialmente plásticos dañinos usando materiales hechos con residuos asequibles y ecológicos. Esto coloca al bioplástico hecho a base de cáscara de huevo como una solución ecológica.

Con el fin de evaluar la eficacia de nuestro biomaterial, se realizó un análisis de resistencia utilizando un esclerómetro para así poder compararlo con otro prototipo, en este caso el elaborado por la Universidad EAN. Ambos experimentos utilizaron cáscara de huevo como materia prima principal, pero variaron en la elección del agente aglutinante y la proporción de agua, lo que permite analizar cómo estos factores influyen en la resistencia y desempeño del producto final. La Tabla 7 muestra un resumen de la composición utilizada en cada caso y el porcentaje de resistencia alcanzado.

Tabla 7

Comparación de resistencia de diferentes prototipos

Proyecto - Estudiantes de la Universidad EAN		
Prototipo	Composición	Resistencia
	- 20g de polvo de cáscara. - 200ml de agua. - 4g de alginato de sodio grado alimenticio.	22.6%. Por la cantidad de agua, pero presenta buena resistencia. (Baja aproximación de tiempo en biodegradarse)
Proyecto - Estudiantes de la UTMACH		
Prototipo	Composición	Resistencia
	- 24g de polvo de cáscara. - 5g de gelatina sin sabor. - 12ml de agua.	86%. Por la poca cantidad de agua, contiene más polvo y la composición de la gelatina al endurecer (tarda más en biodegradarse).

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 7, el biomaterial desarrollado en nuestro proyecto alcanzó una resistencia del 86 %, la cual es significativamente superior al 22,6 % logrado por el grupo de la Universidad EAN. Esta diferencia puede atribuirse a la menor cantidad de agua empleada en la mezcla, lo que permitió una mayor compactación del material, así como a la elección de la gelatina sin sabor como aglutinante, que al endurecer aporta firmeza estructural. En contraste, el uso de alginato de sodio y agua en grandes volúmenes en el proyecto comparado resultó en un producto con menor cohesión. No obstante, cabe destacar que esa formulación favorece una biodegradación más rápida, lo cual también puede ser ventajoso en ciertos contextos. Esta comparación evidencia que la composición del biomaterial debe adaptarse según el uso previsto, buscando un equilibrio entre resistencia, tiempo de degradación y funcionalidad.

Con el objetivo de valorar la calidad y el desempeño del biomaterial elaborado en este proyecto, se realizó una comparación con otros prototipos desarrollados previamente por distintas instituciones, todos ellos utilizando como base la cáscara de huevo. A continuación, la Tabla 8 presenta un cuadro que resume los principales materiales utilizados, los resultados obtenidos y una comparación puntual con nuestro producto.

Tabla 8

Comparación de calidad de los biomateriales estudiados

Proyecto	Materiales principales	Resultados	Comparación
----------	------------------------	------------	-------------

Universidad EAN (Mateus y Galindo, 2022)	Cáscara de huevo + alginato de sodio + agua	22.6 % resistencia; biodegradable rápido	de Menor resistencia. Más débil que el nuestro.
Induambiente (2024)	Cáscara de huevo (sin fórmula detallada)	Flexible y resistente al tacto	Similar en textura. Nuestro diseño es replicable.
U. de Antioquia (2022)	Cáscara de huevo + almidón de yuca	Alta rigidez; problemas con humedad	El nuestro es más flexible y homogéneo.
UTMACH (2025)	Cáscara de huevo + gelatina sin sabor + agua	86 % resistencia; buena textura	Mayor equilibrio entre rigidez y biodegradabilidad.

Fuente: *Elaboración propia*

6. CONCLUSIÓN

Los productos biodegradables a partir de biomateriales como cáscara de huevo, gelatina sin sabor y agua muestran un prometedor avance en la lucha contra la contaminación ocasionada por los plásticos. Al analizar el impacto negativo del uso excesivo de plásticos, se confirma que estos materiales sintéticos contribuyen significativamente a la degradación ambiental, afectando los ecosistemas y la vida silvestre.

Las pruebas realizadas en condiciones naturales a los biomateriales, indican que estos se descomponen de manera eficiente, en comparación con los plásticos tradicionales que pueden tardar siglos en desintegrarse. Además, el desempeño y aceptación por parte de los consumidores revelan que, aunque existe un margen de mejora en cuanto a durabilidad y flexibilidad, surge un interés creciente en el uso de productos biodegradables como sustitutos de los plásticos de un solo uso.

Durante el proceso de creación y caracterización del biomaterial, se identificaron diversas dificultades, principalmente debido a las limitaciones, como la falta de dispositivos especializados para la realización de ensayos. A pesar de esto, se realizó un análisis cuantitativo, complementado con un análisis cualitativo, que permitió comprender el comportamiento del material y su relación con la microestructura.

De forma experimental, se observó y aprendió sobre la interacción entre los componentes y la contribución que puede brindar cada uno de ellos, por ende, permitió ser conscientes de la importancia de las proporciones de cada ingrediente usado en la mezcla, ya que al modificar su composición se obtuvieron materiales con propiedades diferentes y, por lo tanto, aplicaciones distintas.

Además, los ensayos que se emplearon a los limitados recursos disponibles proporcionaron, sorprendentemente, datos muy valiosos que permitieron medir propiedades mecánicas como la tensión a rotura, el módulo tangente y la resistencia a la flexión. También, se pudo respaldar la fiabilidad de los experimentos, ya que se realizaron análisis de errores en las mediciones, obteniendo resultados satisfactorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Plastics, G. O. N. (2024, diciembre 21). *La evolución de los plásticos y los polímeros: de la invención a la innovación*. Gonplastics.com. <https://www.gonplastics.com/es/a-the-evolution-of-plastics-and-polymers-from-invention-to-innovation.html>
- Banco Mundial. (2021). *Hacia una economía circular para los plásticos en América Latina y el Caribe*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36207>
- Prime. (2022, mayo 17). Todo lo que debes saber sobre los envases biodegradables para alimentos. *Prime Biopolymers*. <https://primebiopol.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-los-envases-biodegradables-para-alimentos/>
- Gutiérrez, M. (2020, febrero 13). Plástico ecológico a partir de la cáscara de huevo: Innovación sustentable. *Centro Universitario de los Altos (CUAltos), México*. <https://avinews.com/plastico-ecologico-a-partir-de-la-cascara-de-huevo-innovacion-sustentable/>
- Mata Loera, M. E. (2020, febrero 10). Bioplástico con cáscaras de huevo. *Gaceta UDG*. <https://www.gaceta.udg.mx/bioplastico-con-cascaras-de-huevo/>
- Gálvez, M. (2021, julio 8). Descubre: El impacto del plástico en nuestro planeta. *Futuro Verde*. <https://futuroverde.org/2021/07/descubre-el-impacto-del-plastico-en-nuestro-planeta/>
- Zapata Castro, A. (2024). Desarrollo de cubertería biodegradable a base de cáscara de huevo y almidón de papa como alternativa a los utensilios de un solo uso elaborados con polímeros sintéticos [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. *Repositorio Institucional Universidad de Antioquia*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/eb5caedd-5dd8-47fc-bc1a-fece16a2c7f9/content>
- Prime Biopolymers. (2022, 8 de julio). *Todo sobre la norma EN 13432*. Prime Biopolymers. <https://primebiopol.com/todo-sobre-la-norma-en-13432/>
- Carteles: Biomateriales. (2020, marzo 11). *Krystala*. <https://krystala.fundaciondescubre.es/carteles/biomateriales/>
- Posso Vergara, A. R. (2020). Método de reutilización de la cáscara de huevo [Trabajo de grado, Universidad Católica de Pereira]. *Repositorio Institucional UCP*. <https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/54b63744-a2e3-4064-b5c6-64e24b5d6a85/content>
- Envases del Mediterráneo. (2020, noviembre 23). Características de los envases biodegradables para un consumo responsable. *Envases del Mediterráneo*. <https://www.envasesdelmediterraneo.com/blog/caracteristicas-de-los-envases-biodegradables-para-un-consumo-responsable/>

- Castañeda, M., & Stechina, D. (2013). Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos. *Universidad Nacional de La Plata*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49186>
- Hunton, P. (2005). Research on eggshell structure and quality: An historical overview. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(2), 67–71. <https://doi.org/10.1590/s1516-635x2005000200001>
- Araneda, M. (2024, mayo 29). Huevos: Composición y propiedades. *Edualimentaria*. <https://www.edualimentaria.com/huevos-composicion-y-propiedades>
- Arguello, S. (2020, junio 17). Materias primas básicas (gelatina) [PDF]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/465951544/MATERIAS-PRIMAS-BASICAS-gelatina>
- GelMachine. *Propiedades físicas y químicas de la gelatina*. GelMachine. https://www.gelmachine.com/es/propiedades-fisicas-y-quimicas-de-la-gelatina_a2967.html
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, Article 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Madkhali, O. A. (2023). Drug delivery of gelatin nanoparticles as a biodegradable polymer for the treatment of infectious diseases: Perspectives and challenges. *Polymers*, 15(21), 4327. <https://doi.org/10.3390/polym15214327>
- Mateus, D. M., & Galindo, N. F. (2022). Estudio para el desarrollo de un biomaterial de cáscara de huevo [Trabajo de grado, Universidad EAN]. *Repositorio Institucional Universidad EAN*. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/faf7c4e6-d667-470a-923b-61c6bbc3959d/content>
- INFINITIA. (2021, marzo 8). Biodegradación de un producto: Análisis y normativa. *INFINITIA Industrial Consulting*. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/biodegradacion-de-un-producto-analisis-y-normativa/>
- Induambiente. (2024, 12 de junio). Elaboran películas biodegradables a partir de cáscaras de huevo para reducir uso del plástico. Induambiente. <https://www.induambiente.com/actualidad/noticias/elaboran-peliculas-biodegradables-a-partir-de-cascaras-de-huevo-para-reducir-uso-del-plastico>
- Universidad de Antioquia. (2022). Cubiertos comestibles: un emprendimiento que se preocupa por el medio ambiente. *Biblioteca Digital Universidad de Antioquia*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/eb5caedd-5dd8-47fc-bc1a-fece16a2e25c/content>
- Guarieiro, L., Rezende, M., Barbosa, W., da Rocha, G., Pereira, P. A., Fernandes, D., Lopes, W., Mota, C., & de Andrade, J. (2022). Reaching circular economy through circular chemistry: The basis for sustainable development. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 33(12), 1353–1374. <https://doi.org/10.21577/01035053.20220119>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista.

Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista