

# TRILOGÍA

CIENCIA · TECNOLOGÍA · SOCIEDAD

## ARTÍCULOS

### ■ PRESENTACIÓN

#### > ESTUDIO DE CASO EN EDUCACIÓN

- IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE EXPERIENCIA DE USUARIO A TRAVÉS DEL DISEÑO MULTISENSORIAL

#### > ARTÍCULO

- PROCESO DE BIOBASADO DE LA CÁSCARA DE NUEZ. BIONUT

#### > ARTÍCULO

- CONTROL DE CALIDAD POR MEDIAS MÓVILES PONDERADAS EXPONENCIALMENTE PARA VARIABLES CUALITATIVAS

#### > NOTA TÉCNICA

- SOBRE EL RELATIVE STRENGTH INDEX (RSI) Y EL MOVING AVERAGE CONVERGENCE-DIVERGENCE (MACD) EN EL TRADING DE ACTIVOS DE RIESGO

#### > RESEÑA

- ELEMENTOS DE HISTORIA Y ECONOMÍA AGROINDUSTRIAL

#### Dossier Trilogía:

ARQUITECTURA Y ESTUDIOS URBANOS (TEMAS ACTUALES):  
TERRITORIO, ESPACIO Y SOCIEDAD.

#### > ENSAYO

- EL TRABAJO VISIBLE. LAS INFRAESTRUCTURAS RESIDENCIALES Y LA ARTICULACIÓN DE LO MATERIALMENTE COLECTIVO

#### > COMUNICACIÓN BREVE

- NUESTROS RÍOS: ENTRE EL EXTRACTIVISMO Y EL ESPACIO PÚBLICO

#### > ARTÍCULO

- MUSEOGRAFÍA DE LOS RELATOS FEMENINOS DE LA DICTADURA EN CHILE. ANÁLISIS ESPACIAL Y SENSORIAL DE LA OBRA 'LAS ARPILLERAS'

#### > ARTÍCULO

- CIUDADES NÓMADES. EL LEGADO DE RON HERRON EN EL SIGLO XXI

#### > ENTREVISTA

- EL PROYECTO COMO DISCIPLINA. CONVERSACIÓN CON NIEVES BALBONTÍN GUBBINS, DIRECTORA DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA UTEM ENTRE 2008 Y 2018

#### > ESTUDIO DE CASO

- FRAGMENTACIÓN SOCIAL Y GENTRIFICACIÓN: NUEVOS ESPACIOS DE CONSUMO EN BARRIO SANTA ISABEL, SANTIAGO.



UTEM

UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA

del Estado de Chile

DICIEMBRE 2023 /  
JULIO 2024

Vol. 39 · Nº 50

**Constanza Madrid Elgueta\***

Universidad Tecnológica Metropolitana,  
Santiago, Chile

**Romina Cayunao Duarte\*\***

Universidad Tecnológica Metropolitana,  
Santiago, Chile

**Pedro Vergara Vera\*\*\***

Universidad Tecnológica Metropolitana,  
Santiago, Chile



<https://orcid.org/0000-0001-5914-8251>

## Artículo

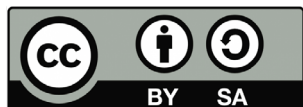
# PROCESO DE BIOBASADO DE LA CÁSCARA DE NUEZ. BIONUT

WALNUT SHELL BIO-BASED PROCESS. BIONUT

Recibido: 16 de noviembre 2023 | Versión final: 15 de diciembre de 2023 | Publicado: 31 de julio de 2024

### Cómo citar este artículo:

Madrid Elgueta, C.; Cayunao Duarte, R. y Vergara Vera, P. (2023). Trilogía (Santiago), 39(50), 24-41. Santiago de Chile: Ediciones UTEM.



\* Egresada de la Escuela de Administración UTEM.

Correo electrónico: [cmadrid@utem.cl](mailto:cmadrid@utem.cl).

\*\* Egresada de la Escuela de Administración UTEM.

Correo electrónico: [rcayunao@utem.cl](mailto:rcayunao@utem.cl).

\*\*\* Doctor en Ciencias Matemáticas, Universidad Politécnica de Cataluña-España. Departamento de Estadística y Econometría, Universidad Tecnológica Metropolitana.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5914-8251>.

Correo electrónico: [pvergara@utem.cl](mailto:pvergara@utem.cl).

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es utilizar el residuo cáscara de nuez, para elaborar un innovador material biodegradable. Se pretende con ello ser un aporte al medio ambiente al reutilizar este desecho orgánico, en la elaboración de un material biobasado, se trata de generar una alternativa amigable con el medio ambiente, para ser una alternativa novedosa y rentable en la agroindustria. Este producto que se genera, denominado BioNut, es un aporte sostenible para el medio ambiente, que en su producción reutiliza la cáscara de nuez.

La creación del material biobasado que se realiza en este trabajo extiende las posibilidades y cualidades que posee este residuo, lo que se puede extrapolar en la utilización de variados sustratos para generar nuevos productos a partir de desechos orgánicos que se producen en los procesos agroindustriales.

El material biobasado cumple con los criterios para el desarrollo de un material sostenible; es decir, los residuos de esta materia prima al ser transformados, permiten reducir el impacto negativo que provocan los residuos, se genera un producto a partir de recursos renovables, se optimiza el rendimiento de los recursos, se utilizan materiales inofensivos para la salud, se utilizan materiales biodegradables, y se realiza reciclaje o compostaje que permiten minimizar los desechos y descartes con su reutilización.

**Palabras clave:** cáscara de nuez, biobasado, diseño sostenible, residuo orgánico, sostenibilidad

## ABSTRACT

The main objective of this work is to use the waste, walnut shells, to elaborate an innovative biodegradable material. It is intended to be a contribution to the environment by reusing this organic waste, in the elaboration of a bio-based material, it is to generate an environmentally friendly alternative, to be a novel and profitable alternative in agribusiness. This product, called BioNut, is a sustainable contribution to the environment since the walnut shells are reused in its production.

The creation of the bio-based material carried out in this work extends the possibilities and qualities of this waste, which can be extrapolated to the use of various substrates to generate new products from organic waste produced in agro-industrial processes.

The bio-based material developed meets the criteria for the development of a sustainable material, i.e., the residues of this raw material when transformed, allow reducing the negative impact caused by waste, a product is generated from renewable resources, the yield of resources is optimized, materials that are harmless to health are used, biodegradable materials are used, and recycling or composting is carried out, which allow minimizing waste and discards with their reuse.

**Key words:** Walnut shells, bio-based, sustainable design, organic waste, sustainability

## INTRODUCCIÓN

Es importante resaltar que la cáscara de nuez es un residuo agroindustrial, ya que es descartada una vez que se ha extraído la nuez de su interior. Sin embargo, este residuo se ha convertido en un biomaterial altamente valorado por su versatilidad y aplicaciones en diversos sectores.

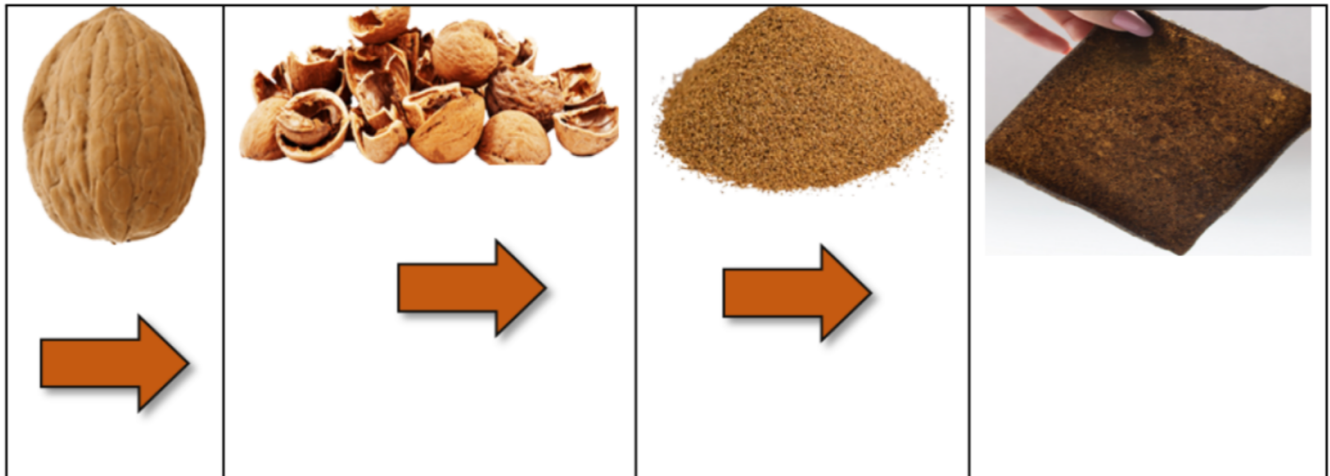
La cáscara de nuez ha demostrado ser un excelente material para la fabricación de un biobasado. Estos productos son una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que se degradan fácilmente y no generan residuos tóxicos. Además, presentan propiedades mecánicas y térmicas superiores a las del plástico o de un material más convencional, lo que los hace ideales para su uso en la industria de envases y embalajes. El aprovechamiento de la cáscara de nuez como biomaterial no sólo tiene beneficios medioambientales, sino también económicos, al convertir un residuo agroindustrial en un material innovador de alto valor agregado, se generan nuevas oportunidades de negocio y fomenta el desarrollo de sectores industriales más sostenibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Todo el estudio se ha centrado en la búsqueda de un sistema de consolidación de la cáscara de nuez, se realizó una exploración por diferentes conceptos significativos con el fin de elegir criterios de diseño para componer un material de bajo impacto y respetuoso con el medio ambiente (Bustamante, 2020). Para esto se realizó un análisis documental a través de la revisión de literatura y trabajo de campo para conocer in situ el material y sus procesos (Parodi, 2016). En el apartado de Métodos, se especifican los detalles de la preparación de cada experimento, de la preparación del biomaterial empleados para la consolidación

de la cáscara de nuez y así como de todos los procedimientos y normas de análisis utilizados.

**Figura 1. Diferentes técnicas de cáscara de nuez**



Fuente: elaboración propia.

## ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Las primeras aproximaciones a la experimentación con materiales biobasados, desde la perspectiva del diseño y de la cáscara de nuez, se realizó en Innova UTEM de biomateriales. En esta experiencia se hizo un reconocimiento teórico y práctico de distintas recetas de materiales, enfocada principalmente en las bioláminas a partir de algas y gelatinas, en algunas recetas eran parte del desarrollo y otras presentes en la base de datos de Materiom.

Estas muestras fueron realizadas en cocinillas eléctricas y a gas, controlando sus variables de temperaturas, utilizando vasos precipitados y petris, para luego experimentar en distintos moldes que había a disposición. Los resultados fueron distintos materiales biobasados y el dominio básico para la elaboración de bioláminas a partir de agar agar, alginato y gelatina con la posibilidad de crear o generar distintas muestras para la experimentación.

Experimentar con la cáscara de nuez como un residuo, es debido a que su cáscara es de unas de las más gruesas dentro de los frutos secos, su alta calidad de sustrato para su experimentación y realización de pruebas que se han desarrollado.

El objetivo de esta investigación es trabajar en la aproximación a la creación de un material utilizando el residuo de la nuez, pero a su vez, no generar más contaminación en su proceso de producción, por eso se decide trabajar con los biomateriales, usando aglomerantes naturales para su producción.

Un aglomerante natural es aquel que proviene de tejidos o secreciones de plantas o insectos, los cuales se utilizan para unir distintos elementos de una mezcla. Al usar aglomerantes naturales, una vez que se degrada el material, todo vuelve a la naturaleza.

**Tabla 1. Componentes**

Componente	Descripción
Glicerina	Este componente otorga plasticidad al material. Esto depende de la cantidad que puede ser más o menos flexible.
Gelatina	Es un aglomerante en el cual se disuelve por completo al estar expuesto a temperatura sobre 95%.
Propionato de calcio	Conservante / preservante. Es un fungicida que previene el desarrollo de hongos, moho y bacterias.
Materia orgánica (cáscara de nuez)	Está conformada por componentes naturales que tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente.
Agar agar	Es un polisacárido que es extraído de las algas verdes, pardas y rojas. Este es un aglutinante muy utilizado en los biomateriales, ya que es termorreversible y soluble en agua caliente.
Alginato	Polisacárido que se extrae de la pared celular de las algas pardas y que entra en contacto con el calcio, se forma un hidrogel en el cual una vez gelificado es irreversible térmicamente.

Fuente: elaboración propia.

A partir de las experimentaciones realizadas para un prototipo de biobasado, se hicieron cuatro tipos de pruebas, donde se adaptaron las recetas con diferentes aglomerantes, para poder compararlos entre sí, y observar los resultados finales de cada una de las pruebas realizadas.

Es por esto, que los aglomerantes definidos en cada una de las pruebas cuentan con su aprobación o rechazo, observando los resultados y conclusiones que mejor se adaptan a la elaboración final del prototipo.

## PRIMERA PRUEBA

**Tabla 2. Receta para lámina, primera experimentación**

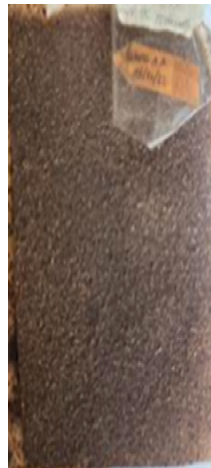
Cantidad	Ingrediente	Descripción
150 ml	Agua	Reducción de cantidad de agua, disminuye la cantidad de la aglomerante
4 g	Aglomerante (alginato)	Reducción del aglomerante para ver la reacción de la mezcla y sus variaciones
10 ml	Glicerina	Se agrega para dar flexibilidad al material
2 g	Propionato de calcio	Es un conservante o preservante, aún mejor es un fungicida.
3 g	Sustrato	Es la materia prima

Fuente: elaboración propia.

**Figura 2. Lámina compacta**



**Figura 3. Lámina oscura y firme**



La primera lámina (Figura 2) se muestra compacta, pero es frágil, al estirla se puede romper y su volumen se redujo aproximadamente un 30%, el color se aclara respecto de la mezcla inicial, donde se ve en su apariencia manchas negras, producto de que al cocinarla se dejó mucho tiempo y se aglomeraron los ingredientes quedando estas manchas negras durante su proceso de secado.

En la segunda lámina (Figura 3) se ve más oscura y firme, donde la mezcla quedó muy bien con

una buena resistencia del material, se secó sin ningún problema, al estirarla no se rompe pero, de igual manera, es flexible. No se redujo el material quedando muy bien esparcido todos los ingredientes dentro del molde.

### **Conclusión**

Los primeros resultados de este primer experimento, se aprecia que el comportamiento del material, en este caso el aglomerante y la diferencia de los moldes que se utilizaron, las muestras tomaron distinto color cada una y diferentes volúmenes. Por otro lado, la estandarización de las mezclas al sacarlas de los moldes, que son distintos y en su llenado fueron las mismas cantidades, se pudo analizar de forma óptima cada una y compararlas entre sí.

Los resultados de las pruebas con distinto tamaño de moldes, se observó una diferencia de color y flexibilidad entre ellas, en esta etapa de experimentación se nota una diferencia en la forma de procesar las materias primas, ya que la muestra que fue preparada en un molde con mayor tamaño, quedó con un color uniforme y más frágil en comparación con la otra, a pesar de que los resultados aún no están cerca de lograr y de llegar a un biomaterial adecuado, se observa un avance en cuanto a las muestras en las que se utilizó el alginato como aglomerante, pero se toma en consideración el comportamiento de este aglomerante como opción potencial en las muestras. Sin embargo, el volumen sigue siendo un problema, ya que estas se reducen más de la mitad de su tamaño o se concentra la carga más en un lado que en el otro.



## SEGUNDA PRUEBA

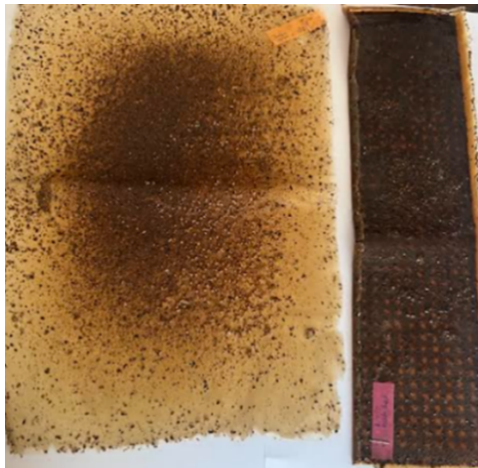
**Tabla 3. Receta para lámina, segunda experimentación**

Cantidad	Ingrediente	Descripción
250 ml	Agua	Reducción de cantidad de agua, disminuye la cantidad de la aglomerante.
30 g	Aglomerante (gelatina)	Reducción del aglomerante para ver la reacción de la mezcla y sus variaciones.
20 ml	Glicerina	Se agrega para dar flexibilidad al material.
30 ml	Vinagre	Es un fungicida.
10 g	Sustrato	Es la materia prima.

Fuente: elaboración propia.

En esta etapa se tomó como referente el aglomerante de gelatina como un agente que otorga volumen al material sin aumentar su masa.

**Figura 4. Lámina de gelatina molde cuadrado**



En la primera prueba de lámina de gelatina (Figura 4) se utilizó un molde cuadrado, para la elaboración se utilizó un gramaje menos triturado de cáscara de nuez, se puede observar que su color es más claro en los bordes y más oscura en el centro, el material se concentró al centro de la lámina donde quedó más gruesa, en cambio quedó más delgada en sus bordes; al estirar la lámina se puede romper por su fragilidad.

**Figura 5. Lámina de gelatina molde rectangular**



En la segunda prueba de esta lámina de gelatina (Figura 5) se utilizó un molde rectangular, en el cual su gramaje de cáscara de nuez fue menos triturado, quedando esta más porosa, también, se observa que el material se distribuyó en toda la lámina, quedando mucho más resistente y gruesa en su interior y todos sus bordes, el color de esta lámina fue mucho más oscura que la primera, aun así, mantuvo su flexibilidad y su color.

**Figura 6. Lámina de gelatina molde circular**



La última lamina realizada con gelatina (Figura 6), en un molde circular con un mismo gramaje que las otras dos láminas anteriores, se puede observar que la lámina es más porosa de color café oscuro, se logró mayor resistencia sin perder su textura y flexibilidad, quedando

con todos sus bordes e interiores las mismas proporciones del material bien esparcidas dentro de ella.

### **Conclusión**

Esta experimentación fue el primer acercamiento real al biomaterial que se quiere obtener. La granulometría no fue tan beneficiosa, pero el comportamiento del aglomerante fue muy bueno, sumada a este efecto, dio paso a un material de superficie homogénea que mantiene los colores de la muestra inicial. Además, por su resistencia y flexibilidad puede ser cortada y manipulada sin ningún problema.

### TERCERA PRUEBA

**Tabla 4. Receta para lámina, tercera experimentación**

Cantidad	Ingrediente	Descripción
70 ml	Agua	Reducción de cantidad de agua, disminuye la cantidad de la aglomerante.
3 g	Aglomerante (agar agar)	Reducción del aglomerante para ver la reacción de la mezcla y sus variaciones.
2 ml	Glicerina	Se agrega para dar flexibilidad al material
2 g	Propionato de calcio	Es un fungicida.
12 g	Sustrato	Es la materia prima.
3 g	Azúcar	Es un conservante natural.

Fuente: elaboración propia.

**Figura 7. Compuesto con gramaje de cáscara de nuez gruesa**



La primera prueba realiza con agar agar, con una granulometría de cáscara de nuez más gruesa (Figura 7), se puede observar que redujo su tamaño, quedando un color entre amarillento y café oscuro, también, el producto quedó muy duro sin ninguna flexibilidad, el material quedó muy rígido y al presionarlo se puede romper con facilidad.

**Figura 8. Compuesto con gramaje de cáscara de nuez mixta**



La segunda prueba se realizó con una granulometría mixta, 50% granos triturados más gruesos y el otro 50% más fino de la cáscara de nuez (Figura 8), se pudo observar que el material quedó de color café oscuro y con una textura rígida no flexible y se puede romper con facilidad.

**Figura 9. Compuesto con gramaje de cáscara de nuez fina**



La última prueba se realizó con una granulometría más fina (Figura 9), quedó de un color café más claro y con mejor apariencia que los otros resultados, quedando aún rígida pero más flexible que las anteriores, esto dio paso a un material de superficie homogénea que mantiene los colores de la muestra inicial sin perder su volumen.

### **Conclusión**

En las tres muestras realizadas con el aglomerante agar agar, se puede concluir que el material obtenido resultó muy resistente y sólido. Se puede manipular con facilidad, pero se puede quebrar o sufrir algún daño de otro tipo. Por otro lado, al haber estandarizado las mezclas al sacarlas todas en moldes iguales y rellenos con una misma cantidad, se pudo analizar de forma óptima y compararlas entre sí. Su volumen se redujo menos de un 50%, mejor resultado que en las pruebas anteriores. Las muestras fueron desmoldadas al séptimo día de secado, lo que al parecer ocasionó que se curvaran en los bordes de la base, como también hubo diferencia de granulometría entre ellas. La mayoría de las mezclas tuvo acabados que visualmente se pueden relacionar con una galleta, lo cual no es el objetivo del proyecto.

## CUARTA PRUEBA

**Tabla 5. Receta para lámina, cuarta experimentación**




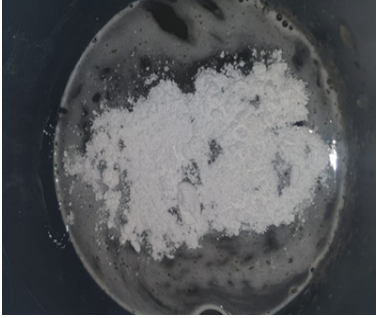
Cantidad	Ingrediente	Descripción
125 ml	Agua	Reducción de cantidad de agua, disminuye la cantidad de aglomerante.
20 g	Aglomerante (gelatina)	Reducción del aglomerante para ver la reacción de la mezcla y sus variaciones.
10 ml	Glicerina	Se agrega para dar flexibilidad al material.
4 g	Propionato de calcio	Es un fungicida.
10 g	Sustrato	Es la materia prima.

Fuente: elaboración propia.

En la última prueba se utilizó como aglomerante la gelatina, las muestras fueron preparadas en moldes de dos tamaños, para determinar si existe diferencia en el resultado con esta receta.

Se obtuvo un color similar al residuo natural, se observa un gran avance en cuanto a las muestras en las que se utilizó la gelatina, se obtuvo un volumen adecuado para el producto que se busca como prototipo útil, sostenible y biodegradable.

**Tabla 6. Proceso de elaboración de lámina en experimento final**

Proceso de lámina experimento final	
Imagen	Descripción
	<p>En la primera parte se realizó una recolección de implementos por utilizar y los ingredientes.</p>
	<p>Primero se incorpora el agua y la aplicación de la gelatina.</p>
	<p>En este paso se realiza la incorporación de la glicerina.</p>
	<p>En este paso se incorpora el propionato.</p>



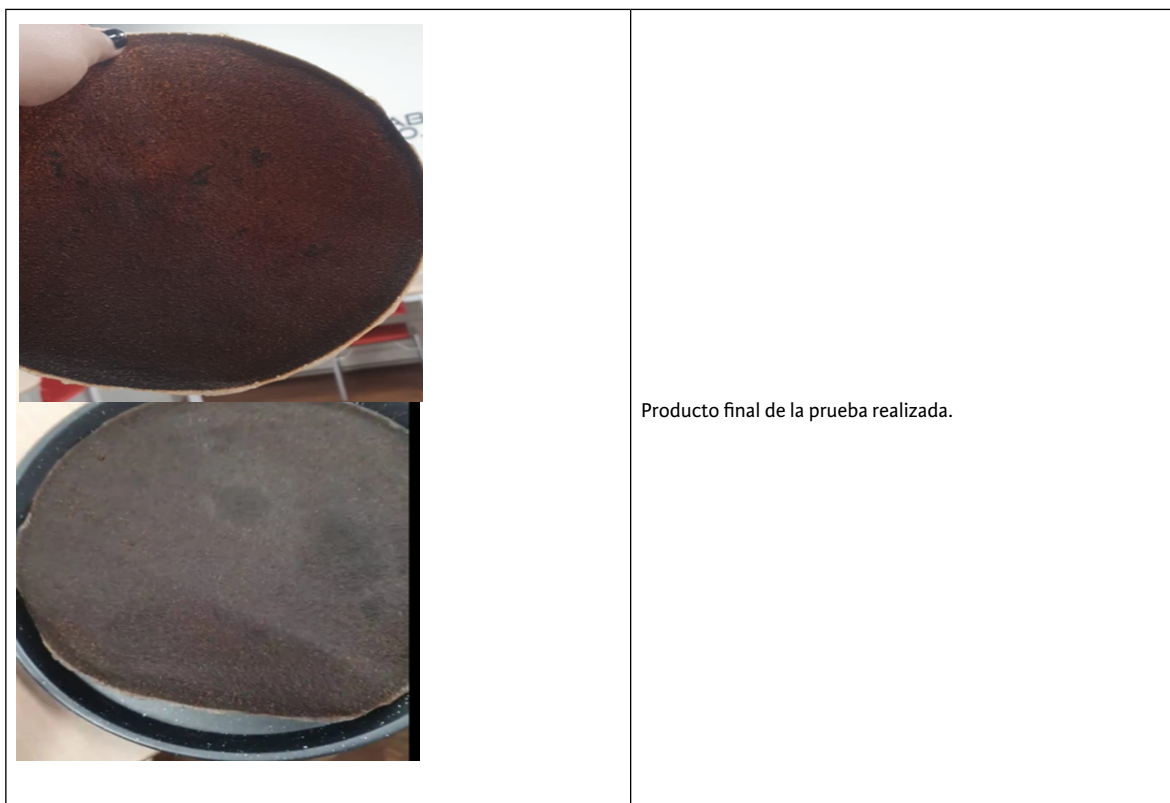
Este es el paso en el cual se incorpora la materia prima (cáscara de nuez).



Se juntan todos los ingredientes anteriores y se comienza a revolver.






En este último paso se pasa toda la mezcla al molde.



En esta última fase se puede observar que con esta receta se logró obtener un producto con buena textura, color y la flexibilidad adecuada, al momento de estirarla no se rompe, se puede manipular sin problema. Logrando así darle una proyección al residuo de la nuez, transformándolo en un producto beneficioso y sostenible para el medio ambiente. En general, la granulometría más fina fue la adecuada para lograr la lámina más resistente, con todo el material bien esparcido en todo el molde.



**Tabla 7. Pruebas de resistencia**

Pruebas de resistencia	
Imagen	Tipo de resistencia y descripción
	<p><b>Tijeras</b> La primera prueba de resistencia fue cortar las láminas con una tijera.</p>
	<p><b>Agua</b> Segunda realización de prueba fue colocar la lámina en un recipiente de agua, en el cual se comportó bien pero su textura cambia, se vuelve más pegajosa, pero después de unos minutos expuesto al sol, vuelve a su estado inicial.</p>
	<p><b>Fuego</b> En la tercera prueba se quema el material, cambiando su color a negro; sin embargo, este no se desprende.</p>



En la Figura 10, se muestran los prototipos de BioNut resultado de esta investigación, se puede apreciar la calidad del material obtenido y que permite reutilizar el residuo cáscara de nuez en un producto comercializable y amigable con el medio ambiente.

**Figura 10. Resultado de prototipo tarjetero BioNut**



## Conclusión

El desarrollo y caracterización del residuo de la cáscara de nuez, tiene como objetivo el conformar un material biobasado a partir de este elemento. Esta motivación surge con el propósito de reducir los impactos generados por la industria de la nuez, donde se ve una oportunidad de darle un nuevo uso o una alternativa a este residuo.

La creación de material biobasado se podría extender al uso de otros residuos orgánicos reduciendo el impacto que ellos generan al medio ambiente.

El material biobasado cumple con los criterios para el desarrollo de un material sostenible; es decir, los residuos de esta materia prima local se pueden transformar y reducir el impacto negativo que pueden provocar, preferir recursos renovables, optimizar el rendimiento de los recursos, utilizar materiales inofensivos para la salud y biodegradables, considerar reciclaje o compostaje y minimizar los desechos y descartes.

Finalmente se obtiene un material biobasado amigable con el medioambiente, el cual posee cualidades tales como baja densidad, alto porcentaje de contracción, estabilidad dimensional frente a la humedad, degradación en tierra.

Respecto de la utilización de este material biobasado, dentro de los métodos explorados, se obtuvieron mejores resultados con el corte y grabado láser, con el uso de punzón y aguja metálica de una máquina de coser. Se destaca su cualidad de ser moldeable, adquiriendo diversas formas. Entonces, es percibido como material natural, ligero, útil, sostenible, artesanal, biodegradable e innovador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bustamante Puel, D. (2020). *Desde el residuo: al rescate de la cáscara de nuez*. Tesis para optar al título de Diseñador Industrial de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178074>

Parodi Miranda, D. (2016). *Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez*. Tesis para optar al título de Diseñador Industrial de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143532>



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional. Atribución: debe otorgar el crédito apropiado a la Universidad Tecnológica Metropolitana como editora y citar al autor original. Compartir igual: si reorganiza, transforma o desarrolla el material, debe distribuir bajo la misma licencia que el original.



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
*del Estado de Chile*

# TRILOGÍA

CIENCIA · TECNOLOGÍA · SOCIEDAD



EDICIONES UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA METROPOLITANA