

Elaboración de colantes orgánicos para construcción de maceteros biodegradables

Preparation of organic additives for the construction of biodegradable flower pots

Jorge Jacinto Cabrera Ortiz ¹, David Sarango Puma + ²,
jorge.cabrera@tecazuay.edu.ec, david.sarango@tecazuay.edu.ec.

¹²Instituto Superior Universitario Tecnológico del Azuay / Cuenca, Ecuador

DOI 10.36500/atenas.4.008

Resumen

En la elaboración de colantes biodegradables de origen animal y vegetal para su aplicación en trabajos con madera —particularmente en elementos utilizados en la construcción— se resalta la importancia de analizar las propiedades físicas y químicas de los diferentes tipos de colantes, con el propósito de desarrollar maceteros sostenibles. Este estudio no abarca aspectos relacionados con la satisfacción del cliente ni con la responsabilidad corporativa, centrándose exclusivamente en la viabilidad técnica y ambiental del material. La investigación tuvo como objetivo determinar la biodegradabilidad del compuesto resultante de la mezcla entre materiales lignocelulósicos y colantes naturales; así como, su factibilidad para la fabricación de maceteros. Para la fase experimental, se modelaron y construyeron maceteros utilizando adhesivos de origen animal y vegetal, junto con residuos de mecanizado de madera (viruta sin distinción de especie). En cada macetero se sembró una planta ornamental, elegida indistintamente, con el fin de evaluar el comportamiento del material frente a las condiciones ambientales. El proceso de observación se realizó de manera periódica cada 15 días, registrando visualmente el avance de la degradación del material hasta su completa descomposición. Adicionalmente, se efectuaron análisis microscópicos, con el objetivo de identificar las especies de microorganismos responsables del proceso de biodegradación. Los resultados obtenidos permiten validar la hipótesis de que los colantes naturales, combinados con residuos de madera, constituyen una alternativa viable y ecológica para la fabricación de productos biodegradables, promoviendo prácticas sostenibles en la industria de la madera.

Abstract

In the development of biodegradable adhesives of animal and plant origin for use in woodworking—particularly in elements used in construction—the importance of analyzing the physical and chemical properties of different types of adhesives is emphasized, with the aim of developing sustainable flowerpots. This study does not address aspects related to customer satisfaction or corporate responsibility, focusing exclusively on the technical and environmental feasibility of the material. The research aimed to determine the biodegradability of the compound resulting from the mixture of lignocellulosic materials and natural adhesives, as well as its feasibility for the manufacture of flowerpots. For the experimental phase, flowerpots were modeled and built using adhesives of animal and plant origin, together with wood machining residues (shavings without distinction of species). In each flowerpot, an ornamental plant was randomly selected and planted in order to evaluate the material’s behavior under environmental conditions. The observation process was carried out periodically every 15 days, visually recording the progress of material degradation until its complete decomposition. Additionally, microscopic analyses were conducted to identify the species of microorganisms responsible for the biodegradation process. The results obtained validate the hypothesis that natural adhesives, combined with wood residues, represent a viable and ecological alternative for the manufacture of biodegradable products, promoting sustainable practices in the wood industry.

Palabras Claves – colante, macetero, viruta aserrín, microscopio, biodegradación.
Keywords – glue, flower pot, sawdust shaving microscope, biodegradation

I. INTRODUCCIÓN

El problema global en el que se encuentra nuestro planeta como consecuencia de la deforestación y del aumento de gases de efecto invernadero nos obliga y nos compromete a considerar alternativas para la mejora de nuestro hábitat. En este contexto, se evaluó la posibilidad de desarrollar un producto biodegradable a partir de un residuo para reemplazar el uso de bandejas plásticas en las etapas de siembra y trasplante de plántulas de hortalizas, lo que evitaría la generación de grandes cantidades de desechos plásticos. Por su potencial comprobado en la elaboración de materiales compactados, las materias primas principales a ser utilizadas en la investigación son la viruta y el aserrín. Además, la alta producción de estos residuos en la región, su fácil recolección y la ubicación al granel genera un estado de proyección. Con base en estos antecedentes, se llevó a cabo un estudio orientado al desarrollo de macetas biodegradables a partir del colante animal o vegetal, en conjunto con el aserrín o la viruta, destinadas a la producción de plantas. El experimento se realizó en las áreas y laboratorios del Instituto Superior Universitario Tecnológico del Azuay, de la ciudad de Cuenca, Ecuador; y, se utilizaron el aserrín y la viruta generados en el taller de la carrera de Procesamiento Industrial de la Madera.

Para el proyecto se desarrollaron colantes y aglutinantes de tipo animal o vegetal utilizados ancestralmente para el pegado de muebles; el estudio busca determinar si son biodegradables, mediante ensayos de laboratorio y pruebas de campo. La amalgama endurecida de los colantes y los residuos de la madera seleccionados forman un material granulado o pulverizado que, al mezclarse con agua, experimenta transformaciones químicas de descomposición. El estudio no considera costos de elaboración, pues se pretende determinar una alternativa de maceteros biodegradables. Hay estudios experimentales que muestran que maceteros biodegradables hechos con residuos orgánicos y lignocelulósicos (p. ej. cartón, papel, fibra de coco, residuo textil, estiércol + aserrín) tienen resistencia mecánica suficiente para uso de plántulas y se degradan en suelo aportando materia orgánica. (ej.: Juanga-Labayen et al., MDPI 2021; fibra de coco y otras formulaciones). MDPI+1, Investigaciones prueban formulaciones diversas (papel+textil; estiércol+cáscara/ aserrín; residuos de hojas) y reportan que la mejor mezcla depende del objetivo: p. ej. mayor proporción de fibra mejora retención de agua; sin embargo, puede reducir resistencia mecánica; ciertas combinaciones (p. ej. 80% estiércol + 20% aserrín con aglutinantes naturales) dieron buen balance en pruebas físicas. (estudio USDA / Environmental Science & Pollution Research, 2022). US Forest Service.

Estudios de biodegradabilidad y emisiones (ensayos de pérdida de masa, CO₂ del suelo) muestran que algunas macetas fabricadas con residuos degradan rápidamente en suelo; y, aumentan la actividad microbiana y N inorgánico en el suelo; otras —sobre todo bioplásticos tipo PLA/PHA— necesitan condiciones específicas (compostaje industrial) para degradarse eficientemente. Resultado: no todas las alternativas “biodegradables” son iguales. MDPI+1. Las evaluaciones tipo Life Cycle Assessment (LCA) disponibles son mixtas: mientras que la sustitución de macetas plásticas por biopots reduce la problemática del residuo plástico en campo y la gestión final. Algunos estudios LCA señalan impactos ambientales asociados a la producción (uso de energía, insumos agrícolas para bioplásticos, transporte y necesidad de instalaciones de compostaje). En consecuencia, el beneficio neto ambiental depende del material, escala productiva y gestión de fin de vida. ResearchGate+1. Revisiones recientes y trabajos de síntesis recomiendan priorizar maceteros hechos con subproductos locales (residuos agrícolas, cartón, fibras) porque: (a) reducen residuos locales; (b) aportan nutrientes tras la degradación; y, (c) suelen requerir menos proceso industrial que bioplásticos, como PLA. Sin embargo, se requiere estandarizar pruebas de biodegradabilidad en suelo/compost para comparar resultados.

MARCO TEÓRICO

El Engrudo es un material adhesivo, el cual se emplea para pegar carteles, cartón, papel mache y en otras aplicaciones artesanales; lo consideran un material de fácil fabricación, de costo bajo y de larga conservación de propiedades. El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la mecanización, corte y aserrado de la madera de paneles, contrachapados y/o aglomerados; de la transformación de la madera también se produce la viruta que es un fragmento del material residual de la madera, con forma de espiral o lámina curva.

Un macetero biodegradable es un recipiente para plantas construido con materiales que se descomponen naturalmente en el medio ambiente (RestaurAmerica.org, 2022).

METODOLOGÍA Y CÁLCULOS

El presente estudio utiliza la metodología de investigación documental y experimental. Según Constantino (1993), la investigación experimental y documental incluye una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de información de la observación investigativa y de documentos académicamente probados. Se recopiló, analizó y sistematizó la información existente en fuentes bibliográficas. El comparativo podemos observar en la tabla 1.

Etapas 1

En una primera etapa se elaboraron diferentes tipos de colantes de origen animal y vegetal, siguiendo un procedimiento ancestral que consiste en:

- Utilizar la técnica de cocción.
- Recolectar madera residuo de los aserríos o máquinas cortadoras de madera.
- Realizar la mezcla produciendo una amalgama del colante y los residuos.
- Elaborar los maceteros, con la ayuda de un molde.
- Secar al sol (el tiempo de secado dependerá del colante).
- Algunos se colocaron en el horno por 20 minutos, a 150 °C, para un macetero firme y rígido.
- Desmoldar.
- Sembrar una planta de tipo ornamental.

Etapas 2

En la segunda etapa, mediante observación, en el transcurso del tiempo se determinó la degradabilidad; este proceso consistió en:

- Ubicar las plantas en un lugar específico para observación, según el tipo de colante.
- Revisar la muestra cada 15 días.
- Realizar un levantamiento fotográfico cada 30 días, para verificar el avance de la biodegradación.

En la tercera etapa, la muestra se lleva al laboratorio para determinar su biodegradabilidad. El proceso es el siguiente:

- Presentar la nueva información de manera sistemática, coherente y suficientemente argumentada en un documento científico, adjunto a los hallazgos observados en el seguimiento experimental.

- Analizar, examinar y evaluar críticamente los hallazgos de la investigación, producto de visualización de un proceso de descomposición de las muestras en un ambiente controlado.
- Visualizar en el laboratorio, a nivel microscópico a 100x.
- Revisar documentos relevantes que permitan fortalecer la información sobre la temática.
- Generar estadísticas y fotografías del seguimiento.
- Determinar conclusiones.

Tabla 1.

Comparación de tipos de colantes para la elaboración de maceteros biodegradables

Tipo de Colante	Materiales principales	Procedimiento Resumido
Vegetal (Engrudo)	Harina, maicena, sal, vinagre, agua	Cocción de ingredientes a fuego medio hasta espesar. Reposo. Conservación en refrigeración.
Base de leche	Harina, azúcar, leche semidescremada, vinagre, bicarbonato	Mezcla cocida hasta homogeneidad. Reservado sin refrigeración inmediata.
Animal (Piel de pollo)	Piel de pollo, agua, vinagre, alcohol, aserrín	Cocción en olla de barro con leña. Licuado y cocción a baño maría. Conservación en frío.
Animal (Patas de pollo)	Patas de pollo, agua	Cocción prolongada, colado, reposo y refrigeración.
Animal (Hueso de res)	Hueso blanco de res, agua	Cocción en olla de presión, reducción del líquido, colado de gelatina. Moldeo con aserrín.

Nota. Los nombres de los colantes corresponden a su origen principal: vegetal, base de leche y animal, diferenciándose por el tipo de materia prima utilizada. Los procedimientos están resumidos y pueden variar según la fuente o adaptación práctica. Los ingredientes como agua (H₂O), vinagre (ácido acético) y alcohol (etanol) son de uso común en la preparación de adhesivos artesanales.

En la siguiente tabla 2, observamos las cantidades específicas de materiales para la elaboración de colantes.

Tabla 2.*Cantidades específicas de materiales para colantes orgánicos y ecológicos*

Tipo de Colante	Ingredientes	Cantidades Utilizadas	Observaciones	Imagen Sugerida
Vegetal (Engrudo)	Harina	50 g / 1 taza	Base espesa, se cocina con agua	<i>Foto del macetero final + mezcla</i>
	Maicena	30 g / 2 cucharadas	Mejora la viscosidad	
	Sal	25 g / ½ taza	Conservante	
	Vinagre	30 ml (15 ml + 15 ml adicionales)	Acelera degradación orgánica	
	Agua	250 ml	Medio disolvente	
Base de leche	Harina	250 g / 1 taza	Da cuerpo al colante	<i>Foto del macetero desmoronado</i>
	Azúcar	15 ml / 1/3 taza	Endulzante, conserva humedad	
	Vinagre	15 ml / 1 cucharada	Estabilizante	
	Bicarbonato	30 g / 2 cucharadas	Reacción química no controlada	
	Leche semidescremada	1 taza	Genera base cremosa, demora en secar	
Animal (Piel de pollo)	Piel de pollo	2 libras	Fuente proteica gelatinosa	<i>Foto del colante liquido + macetero</i>
	Agua	½ jarra (~500 ml)	Cocción de base	
	Aserrín	Variable	Relleno para moldear	
	Vinagre	1 cucharada	Conserva y estabiliza	
	Alcohol	1 cucharada	Conserva y acelera secado	
Animal (Patas de pollo)	Patas de pollo	2 libras	Fuente de colágeno	<i>Foto del proceso en olla / colado</i>
	Agua	1 litro	Cocción prolongada	
Animal (Hueso de res)	Hueso blanco de res	4 libras	Base gelatinosa firme	<i>Foto del colado y moldeado final</i>
	Agua	2 litros	Cocción prolongada en olla de presión	
	Aserrín	4 tazas	Mezcla con colante para dar forma	

Nota. Las cantidades indicadas son aproximadas y pueden ajustarse según la textura deseada del colante o el tamaño del proyecto artesanal. Las imágenes sugeridas son ejemplos visuales que pueden incluir tanto el proceso como el resultado final (macetero elaborado con cada tipo de colante). Las unidades de medida se expresan en gramos (g), mililitros (ml), tazas (~250 ml) y libras (~454 g), siendo referencias caseras y prácticas.

Estadística del clima en donde se realizaron las pruebas

La variable clima no se consideró un factor determinante para el estudio, por lo que a continuación se mencionan la ubicación de la estación meteorológica y del punto de estudio.

Tabla 3.

Coordenadas geográficas del estudio

Tecnológico del Azuay		Estación Mariscal Lamar	
Coordenadas geográficas	latitud $\approx -2.8953^\circ$, longitud $\approx -78.9963^\circ$	Coordenadas geográficas	latitud -2.8833° longitud -78.9833°
Coordenadas WGS84	UTM: 17S	Coordenadas WGS84	UTM: 17S
	Este (X) $\approx 477,000$ m		Este (X): $\sim 476,900$ m
	Norte (Y) $\approx 6,800,000$ m		Norte (Y): $\sim 6,810,100$ m

Nota. Los datos estadísticos en el periodo de investigación fueron extraídos del INAMHI y estación Mariscal Lamar, considerada la más cercana al punto muestral; la página de referencia es www.tutempo.net. El proyecto fue realizado en las Dirección: Av. Octavio Chacón 1-98 y Primera Transversal, Parque Industrial, Cuenca; Instituto Superior Tecnológico del Azuay.

Tabla 4.

Datos estadísticos del ambiente en el cual se desarrolló el estudio

2023 (Estación Mariscal Lamar)	2023-2024 (Otra estación de Cuenca, datos generales de clima)
Temperatura media anual: 16.6°C	Temperatura media anual: 14.8°C
Temperatura máxima media anual: 23.3°C	Temperatura máxima media anual: 22°C
Temperatura mínima media anual: 11.1°C	Temperatura mínima media anual: 8.4°C
Octubre 2024 (Mariscal Lamar)	Precipitación total anual: ~ 379.66 mm
Temperatura media en octubre-2024: 17.4°C	Días con lluvia: 113 días
Precipitación total en octubre-2024: 35.57 mm	
Humedad relativa promedio: 57.1 %	
Días con lluvia en octubre-2024: 11 días	

Nota. Los datos estadísticos del ambiente en el cual se desarrolló el estudio, obtenidos de la estación meteorológica Mariscal Lamar y de otra estación de referencia en la ciudad de Cuenca durante los años 2023 y 2024.

Estadística para biodegradación

Pérdida de masa durante incubación en suelo: muchos biopots muestran pérdidas de masa significativas en semanas–meses; algunos materiales (residuos vegetales) pueden perder 30–80% de masa, en 2–6 meses, en condiciones de campo/compost. Daegeun Ko, et.al (2023). CO_2 del suelo / respiración: aumento de la mineralización en suelos con biopots degradándose (indicador de descomposición microbiana). Daegeun Ko et.al (2023). Resistencia mecánica (ruptura/compresión): reportada en Newtons o kN; por ejemplo, algunas formulaciones de fibra de coco alcanzaron ~ 0.32 kN compresión;

y, 0.71 kN tracción, en pruebas de laboratorio (valores de referencia para seleccionar formulaciones) Briones Bermeo (2024).

SEGUIMIENTO DE LA EXPERIMENTACIÓN

Colante Vegetal

El macetero elaborado con el colante de origen vegetal conocido como engrudo resultó adecuado a su finalidad de ser resistente y biodegradable, brindando una opción para cultivar cualquier tipo de planta y luego ser trasplantada directamente a la tierra, siendo así, amigable con el medio ambiente.

Tabla 5.

Materiales y procedimiento para elaboración artesanal de un pegamento ecológico de origen vegetal

Materiales para elaborar pegamento casero	Procedimiento para la elaboración de pegamento casero ecológico
● 50 gramos o 1 taza de harina. ● 30 gramos o 2 cucharadas de maicena. ● 25 gramos o 1/2 de taza de sal. ● 15 ml o 1 cucharada de vinagre. ● 250 ml de agua. ● 30 ml o 2 cucharadas de vinagre blanco.	- Colocar en una olla las cantidades indicadas de azúcar y la harina, con 250 ml de agua. - Cocinar a fuego medio hasta que se forme una mezcla espesa. - Agrega el vinagre y dejarlo reposar por 10 minutos a temperatura ambiente. - Colocar la mezcla en un envase de vidrio y ponerlo en el refrigerador para que se conserve. - Elaboración de la amalgama mezclando el material (viruta o aserrín) y el colante. - Moldeado artesanal de la amalgama. (Figura 1)

Nota. Se muestra los materiales y pasos necesarios para la elaboración artesanal de un pegamento ecológico a base de productos naturales. El procedimiento describe la mezcla y cocción de los ingredientes hasta obtener una masa espesa, su conservación y posterior aplicación

Figura 1

Elaboración del colante de tipo vegetal



Nota. Se muestran las etapas del proceso de preparación del pegamento ecológico: mezcla de ingredientes secos, cocción de la mezcla hasta lograr una consistencia espesa y resultado final del colante de tipo vegetal.

Colante de base de leche

El colante fabricado con leche tomó más tiempo en secarse; esto, se debió a la pequeña cantidad de grasa que contiene la leche semidescremada utilizada en su elaboración; se espera que al utilizar leche descremada, el tiempo de secado disminuya. Al contener cierta cantidad de yeso, se esperaba que se solidifique de igual manera que el macetero elaborado con engrudo; sin embargo, no resultó así debido a que se desmoronó al momento de intentar agilizar su proceso de secado; por lo tanto, se concluye que este colante no cumplió con las expectativas. En la elaboración del colante de leche se colocó una cantidad de bicarbonato extra a la requerida, lo cual pudo haber repercutido en los resultados. Además, se estima que el tiempo de secado pudo haber sido superior. Este colante se elaboró de la siguiente manera:

Tabla 6.

Materiales y procedimiento para elaboración artesanal de un pegamento ecológico de origen animal(leche)

Materiales para elaborar pegamento casero a base de leche	Procedimiento para la elaboración de pegamento casero ecológico de leche (Figura 2)
● 250 gramos o 1 taza de harina. ● 15 ml o 1/3 de taza de azúcar. ● 15 ml o 1 cucharada de vinagre. ● 30 gramos o 2 cucharadas de bicarbonato. ● 1 taza de leche semidescremada.	- Colocar en una olla las cantidades indicadas de azúcar, harina y leche. - Mezclar. - Colocar el recipiente en la estufa a fuego medio, hasta conseguir una mezcla homogénea. - Retirar del fuego. - Reservar.

Nota. Detalla los materiales y pasos para elaborar un pegamento ecológico de origen animal a base de leche. El procedimiento incluye la mezcla y cocción de ingredientes naturales como harina, azúcar, vinagre y leche hasta obtener una textura homogénea.

Figura 2

Elaboración del colante de tipo animal(leche)



Notas. El proceso de preparación del pegamento ecológico a base de leche: mezcla inicial de ingredientes, cocción del producto para lograr la consistencia adecuada y aplicación final del colante en un soporte vegetal.

En el estudio se determinará si el compuesto es biodegradable y si se puede utilizar en maceteros. La práctica muestral se realizó construyendo maceteros con colantes de origen animal y vegetal; posteriormente, se sometió a pruebas de comprobación de las propiedades de degradación en el tiempo y pruebas microscópicas de comprobación que permitan verificar la biodegradación; para tal efecto, se elaboraron maceteros con la amalgama de los materiales para los diferentes colantes ancestrales propuestos.

Para la elaboración de las muestras se usó la técnica de cocción; se recolectó madera residuo de los aserríos o máquinas cortadoras de madera. Se elaboró la amalgama del colante y los residuos. Con la ayuda de un molde se elaboraron los maceteros y se los secó al sol (el tiempo de secado depende del tipo de colante); transcurrido el tiempo necesario, se procedió a desmoldar; algunos de ellos, se colocaron al horno por 20 minutos, a 150 °C, para un macetero firme y rígido. Se procedió a sembrar una planta; mediante observación en el tiempo se determinó la biodegradabilidad.

Colante con base en huesos de pollo

El macetero elaborado con maicena dio el resultado adecuado, pues cumplió su finalidad de ser resistente y biodegradable brindando, de esta manera, una opción para cultivar cualquier tipo de planta y luego ser trasplantada directamente a la tierra, siendo así, amigable con el medio ambiente. Con la colocación de café resultó un exquisito olor.

Tabla 7.

Materiales y procedimiento para elaboración artesanal de un pegamento ecológico de origen animal

Utensilios y herramientas	Materiales para elaborar pegamento animal	Procedimiento para elaboración de pegamento animal
▪ Olla de barro ▪ Leña ▪ Parrilla ▪ Cuchara de palo ▪ Jarra	▪ 2 libras de piel de pollo ▪ Media jarra de agua ▪ Aserrín ▪ Vinagre ▪ Alcohol	- Colocar la piel de pollo en una olla de barro para cocinar en leña. - Agregar media jarra de agua (que sobrepase un poco el agua). - Dejar hervir y moverle hasta que se cocine y espese - Licuar y colocar en la estufa, a baño maría. - Poner en un frasco de cristal y guardar en la nevera para que se conserve. - Agregar una cucharada de vinagre y una de alcohol

Nota. Se muestra los utensilios, materiales y pasos necesarios para elaborar un pegamento ecológico de origen animal a base de piel de pollo. El proceso incluye la cocción, licuado y conservación del producto con vinagre y alcohol como conservantes naturales.

La finalidad de este experimento era comprobar si el colante elaborado con base en piel de animal nos iba a dar un buen resultado y saber si con ello podíamos unir o acoplar con otro material; en este caso, el experimento dio el resultado requerido. Preparación de colante orgánico natural con patas de pollo (Figura 3)

Figura 3

Proceso elaboración de macetero, con base en 2 libras de pollo y un litro de agua.



Nota. Se puede ver cómo se cocina la piel para obtener el colágeno natural, que luego se mezcla con aserrín hasta formar una masa moldeable.

Los materiales utilizados: piel de pollo y aserrín, con las cantidades indicadas, resultaron adecuados en la fabricación del macetero; además, proporcionan una excelente alternativa de macetero biodegradable, amigable con el medio ambiente. En la Figura 4, observamos el modelado artesanal con este tipo de colante.

Se dice que no hay mejor manera de prolongar la vida que plantar nuestro corazón en la tierra. Esta es una forma nueva de crear macetas biodegradables para personas que aman sembrar, ya que adelantan ciclos de cultivo; como resultado, se puede realizar sembrado con el macetero. Se eliminan los riesgos adheridos al trasplante y se reduce la mano de obra en retirada de residuos plásticos.

Figura 4

Moldeado del macetero de forma artesanal



Nota. Se observa la mezcla de aserrín y colágeno colocada en un molde hasta darle forma, y el resultado final una vez seco.

Tabla 8.

Materiales y procedimiento para elaboración artesanal de un pegamento ecológico de origen animal

Materiales para colante, con base en hueso de res	Herramientas, equipos y utensilios
4 libras de hueso blanco de res	Olla de presión
2 litros de agua	Cucharas de madera
	Coladera
	Recipientes
	Estufa
	Refrigeradora

Nota. Se utilizan huesos blancos y agua como ingredientes principales, junto con utensilios básicos como olla de presión, coladera y recipientes.

Procedimiento de cocción

Cocinar en una olla de presión los huesos durante una hora, luego cocinando sin presión hasta que se evapore el agua aproximadamente un tercio de lo aplicado. Dejar enfriar hasta que la sustancia esté tibia, pasar por el colador, en donde solo quedó la sustancia gelatinosa. Posteriormente, vaciar la mezcla en un molde o recipiente y llevarlo a la nevera por una hora. Transcurrido ese tiempo, la sustancia está lista para usarla.

Tabla 9.

Materiales y procedimiento para elaboración del macetero ecológico de origen animal

Materiales	Herramientas
- 400 gramos de colante orgánico natural, con partes de animales	- 1 molde
- 4 tazas de aserrín	- 1 espátula
	- Guantes
	- mascarilla
	- funda plástica
	- recipientes

Nota. Fabricación de macetero con materiales orgánicos, para interiores y exteriores

Procedimiento de elaboración

Vaciar el aserrín en un recipiente; agregar el colante orgánico por unos 3 minutos a baño maría, para que se derrita; mezclar con el aserrín hasta conseguir una sustancia acuosa. Vaciar la sustancia en el molde en forma de maceta; prensar con la espátula hasta conseguir paredes de un centímetro. Llevar el macetero a la nevera por una hora, para que la mezcla se enfríe y se endure.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Resultados de la primera fase

Del proceso de elaboración de los colantes con partes de animales se obtuvo resultados favorables, ya que su consistencia tenía propiedades pegajosas como las de un colante artificial. Sobre la fabricación de la maceta con materiales orgánicos, se obtuvo como resultado que la aplicación del colante con aserrín cumple con las propiedades para poder amoldarse, como observamos en la Figura 5; y, luego del secado, su estructura es firme como para soportar la plantación de una especie ornamental.

Figura 5

Proceso Elaboración de macetero



Notas. Se ve la secuencia de la cocción del material, el filtrado del colágeno, la mezcla con aserrín y el moldeado manual de la pieza

Resultados de la segunda Fase: seguimiento de Biodegradabilidad

Los maceteros elaborados con los distintos colantes se consideran biodegradables en su totalidad. En ellos se puede cultivar cualquier tipo de planta y luego ser trasplantada directamente a la tierra, siendo así, un elemento amigable con el medio ambiente.

Mediante visualización microscópica se observa que el responsable de la biodegradación es el microorganismo conocido como piojo del libro; la identificación taxonómica fue determinada mediante similitud fotográfica. En la figura 6, se visualizan de forma gráfica las características; el piojo del libro es un artrópodo, de la clase insecta, orden Psocoptera, suborden troctomorpha, familia liposcelidae. La medida aproximada es de 1-2 mm, tiene antenas largas y delgadas; el abdomen representa la mayor parte de su cuerpo que es de color gris claro y blanco. Se alimenta de hongos y moho, humedad alrededor del 70-75 %. El seguimiento del proceso de biodegradación se sintetiza en la tabla 3, en donde mediante los parámetros del tiempo de biodegradación de la amalgama y el tamaño de la granulometría nos permite aseverar que los maceteros son biodegradables.

Figura 6

Piojo de libro



Notas. Piojo de libro es un pequeño insecto que suele encontrarse en ambientes húmedos y con presencia de papel o cartón, se alimenta de moho y restos orgánicos, y aunque no representa un riesgo para la salud, puede dañar materiales impresos o almacenados en bibliotecas y archivos.

En la tabla 3, se sintetizan los resultados obtenidos de la investigación; se consideraron tres parámetros que nos permitan determinar el tiempo de biodegradación; estos son el tipo de colante sea animal o vegetal; la granulometría aproximada de la madera utilizada para la amalgama y el tiempo de biodegradación.

Tabla 3

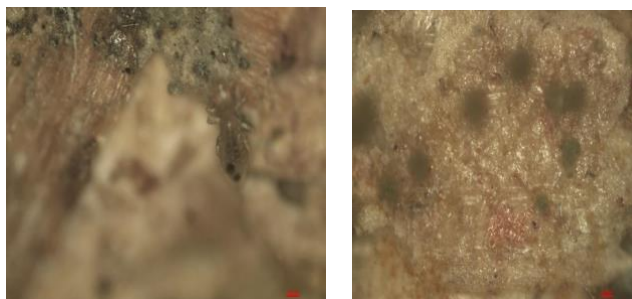
Seguimiento de la biodegradación

Tipo de colante	Estructura de granulometría de la madera	Tiempo de Biodegradacion	Responsable
Origen vegetal	Media 10mm	12 meses	Piojo de libro
Origen vegetal	Media 2mm	7 meses	Piojo de libro
Base de leche	Delgada 2 mm	6 meses	Piojo de libro
Hueso Vacuno	Delgada 2 mm	8 meses	Piojo de libro
Hueso de pollo	Delgada 2 mm	7 meses	Piojo de libro
Hueso de pollo	Delgada 10 mm	no llego a termino	

Nota. mm = milímetros. “No llegó a término” indica que la biodegradación no se completó. El piojo de libro (*Liposcelis spp.*) fue el responsable del proceso. En el anexo 1, se observa el proceso mensual de biodegradación, de forma microscópica.

Figura 7

Fotografías tras microscopio a 100x



Nota. Fotografías tras microscopio a 100x; el piojo de libro en trabajo de biodegradación 10 meses.

En la tabla 4 mediante observación, se determinaron las características de los colantes en la conformación de los maceteros pudiendo obtener los siguientes resultados:

Tabla 4

Resultados y Conclusiones de tipos de colantes para la elaboración de maceteros biodegradables

Tipo de Colante	Materiales principales	Resultados	Conclusiones
Vegetal (Engrudo)	Harina, maicena, sal, vinagre, agua	Macetero resistente y biodegradable. Se puede trasplantar sin afectar el entorno.	Opción amigable con el ambiente, útil para cualquier planta. Buen rendimiento y biodegradabilidad.
Base de leche	Harina, azúcar, leche semidescremada, vinagre, bicarbonato	Tiempos de secado prolongados. El macetero se desmoronó al forzar el secado.	El exceso de bicarbonato y grasa afectó resultados. Mejorar proporciones y tiempo de secado.
Animal (Piel de pollo)	Piel de pollo, agua, vinagre, alcohol, aserrín	Colante resistente. Macetero firme. Buen olor con café añadido.	Alta resistencia y buena adhesión con aserrín. Opción biodegradable viable.
Animal (Patas de pollo)	Patas de pollo, agua	Colante funcional para pegar y moldear. Macetero firme.	Alternativa ecológica funcional. Mezcla con aserrín adecuada para macetas biodegradables. El colante cumple función similar al industrial.
Animal (Hueso de res)	Hueso blanco de res, agua	Mezcla viscosa, con buena adhesión. Estructura sólida tras enfriar y moldear.	Maceteros resistentes ideales para interiores/exteriores.

Nota. Los resultados corresponden a pruebas experimentales en la elaboración de maceteros biodegradables. Las variaciones en ingredientes afectan el tiempo de secado, resistencia y biodegradabilidad final.

CONCLUSIONES

La elaboración de colantes de origen animal y vegetal mediante metodologías artesanales demostró una notable eficiencia en la cohesión estructural de los maceteros experimentales. Los resultados obtenidos en la fase inicial del estudio evidencian que las propiedades adhesivas de estos colantes resultan adecuadas para aplicaciones en bioproductos estructurales, confirmando su utilidad dentro del proceso de fabricación sostenible.

Durante el período de investigación de dos años; y, de manera particularmente significativa en el año de monitoreo del macetero, se registraron resultados altamente favorables de biodegradación. Los maceteros elaborados con amalgamas de colantes naturales y residuos lignocelulósicos (viruta y aserrín) mostraron un porcentaje promedio de biodegradación superior al 80 % al cabo del año, lo que evidencia una alta tasa de descomposición orgánica bajo condiciones ambientales no controladas. Este proceso se vio influenciado principalmente por la naturaleza química del colante empleado y por la granulometría del material de relleno, confirmándose que una menor granulometría acelera la biodegradación debido a un mayor incremento del área superficial expuesta a la acción microbiana.

Las pruebas microscópicas periódicas permitieron identificar la actividad de microorganismos saprófitos, destacando la presencia del *Liposcelis bostrychophila*, comúnmente conocido como “piojo del libro”, como agente biológico participante en la descomposición. Dichas observaciones corroboran que la biodegradación ocurrió por mecanismos biológicos naturales, favoreciendo la conversión progresiva del material en compuestos orgánicos simples.

En consecuencia, los resultados permiten concluir que los maceteros producidos con mezclas de colantes de origen vegetal o animal y residuos de mecanización de madera son altamente biodegradables y ambientalmente sostenibles, representando una alternativa viable para la valorización de residuos lignocelulósicos y la reducción de contaminantes plásticos. Este estudio sienta las bases para el desarrollo de bioproductos aplicables en el ámbito ornamental y agroecológico, promoviendo un modelo de producción circular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cauliez, N. (2010). Los factores de degradación de los documentos de archivo y su conservación
[Traducción del francés: Ivonne Suárez Pinzón].

- Fernández, S. (12 de diciembre de 2022). Casa detalles. <https://casadetalles.com/manualidades-faciles/como-hacer-macetas-de-aserrin/>
- López Gutiérrez, A., Borrego Alonso, S. F., Arenas, P. M., Stampella, P. C., & Cabrera, N. C. (2011). Insectos dañinos al patrimonio documental de archivos y bibliotecas: diagnóstico de dos casos en la República de Cuba y la República Argentina.
- Matías, Z. F., y Quiroga, R. G. (2014). Factores de degradación intrínsecos en los libros: la naturaleza del material bibliográfico. *Textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 32(14).
- Metcalf, C. y Flint, W. F. (1965). *Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y control*. Edición Revolucionaria.
- Miranda, F. (8 de agosto de 2002). Macetas biodegradables. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/68679-Macetas-biodegradables.html>
- Moncel, B. (9 de septiembre de 2020). The spruce eats. <https://www.gourmet4life.com/what-is-corn-starch-1328466>
- unComo. (s.f.). *Cómo hacer engrudo casero*. Mundo Deportivo. Recuperado de <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/artes/articulo/como-hacer-engrudo-7652.html>
- RestaurAmerica.org. (2022). *Contenedores y medios de crecimiento*. Recuperado de <https://restauramerica.org>
- Juanga-Labayen et al., *International Journal of Environmental Research and Public Health* — macetas de papel/textil: evaluación física y viabilidad como semilleros. (ensayos y resultados de resistencia). MDPI
- Manafi-Dastjerdi et al. / *Environmental Science & Pollution Research* (2022) — fabricación con estiércol y aserrín, análisis físico-mecánico y recomendaciones de mezcla (p. ej. 80:20). US Forest Service

Revisiones sobre LCA de bioplásticos en agricultura (capítulos y artículos que discuten ventajas y limitaciones del enfoque LCA aplicado a films y macetas biodegradables). Resultado: LCA es indispensable; resultados no siempre uniformes. ResearchGate+1

Ko et al., MDPI (2023) — macetas de residuos de hojarasca (RWLL): evaluación de biodegradabilidad por pérdida de masa y CO₂ del suelo, buena degradación y efecto en suelo. MDPI

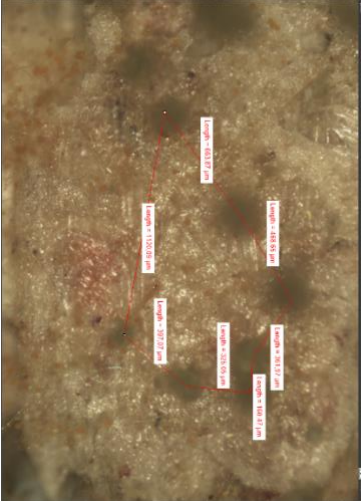
Trabajos y TFGs (España y Latinoamérica) que comparan normas/ensayos de biodegradabilidad (útil si necesitas protocolos de ensayo o criterios normativos).

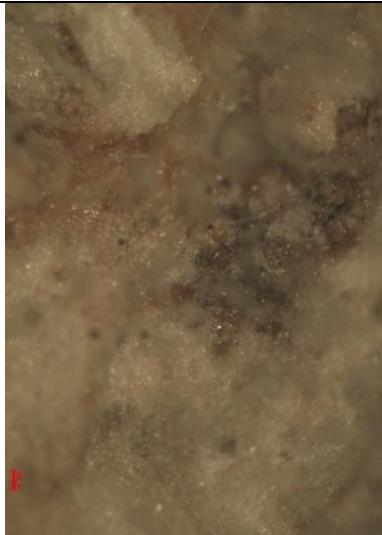
Briones Bermeo , A. J., & Verduga Erazo , J. S. (2024). Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables. *Dominio De Las Ciencias*, 10(2), 1229–1248.

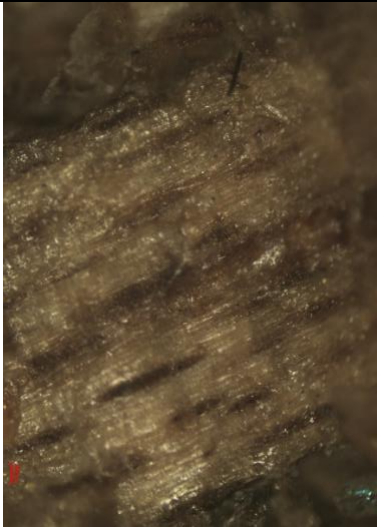
Ko, D.; Chung, H.; Park, J.; Kim, H.; Kang, E.; Lee, S.; Yoon, T.K. Recycled Waste Leaf Litter Pots Exhibit Excellent Biodegradability: An Experimental Analysis. *Horticulturae* 2023, 9, 987. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9090987>

ANEXO 1

Proceso de seguimiento periódico de biodegradabilidad; observación mensual en el proceso de biodegradación. Las fotografías fueron realizadas a 100X

		
Observación microscópica en macetero con colante animal a los 4 meses	Observación microscópica en macetero con colante vegetal 3 meses	Observación microscópica en macetero animal mas mediciones microscópicas de espacio de movilidad de agente de

		desintegración 5 meses
		
Observación microscópica en macetero con colante animal 6 meses	Observación microscópica en macetero con colante vegetal 7 meses	Observación microscópica en macetero con colante animal 8 meses
		
Observación microscópica en macetero con colante animal 9 meses	Observación microscópica en macetero con colante vegetal 10 meses	Observación microscópica en macetero con colante animal 10 meses

		
Observación microscópica en macetero con colante animal 10 meses	Observación microscópica en macetero con colante vegetal 11 meses	Observación microscópica en macetero con colante animal 12 meses