



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad Politécnica

**CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
2025**

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

PERFIL DEL PROYECTO

1. Título del Proyecto. Investigador/a Principal y Coinvestigadores

Título: Evaluación del ácido cítrico y ácido tánico como agentes reticulantes de películas a base de gelatina y polivinilalcohol para su aplicación como apósitos biodegradables.

Investigador principal: Omayra Beatriz Ferreiro Balbuena

2. Resumen del proyecto

La creciente preocupación por la acumulación de residuos ha impulsado la búsqueda de materiales biodegradables para reemplazar los plásticos derivados del petróleo. Los apósitos son películas que permiten cubrir, proteger y aislar cicatrices. Estos materiales, según su composición y aplicación, favorecen también la cicatrización y evitan las infecciones. La gelatina (GEL), un biopolímero derivado del colágeno animal con gran potencial para ser utilizado en esta aplicación debido a su bajo costo y versatilidad. Sin embargo, la gelatina requiere modificaciones en su estructura que permitan mejorar su flexibilidad y superar su fragilidad. Por otro lado, el alcohol polivinílico (PVA) es un polímero sintético biodegradable con excelentes propiedades formadoras de películas que puede combinarse con la gelatina ofreciendo una solución sostenible y ecológica. Para mejorar las propiedades de los polímeros con relación a su resistencia, estabilidad y flexibilidad se ha propuesto el uso de agentes reticulantes. Para aplicaciones en biomateriales estos agentes deben ser biocompatibles. El ácido cítrico (AC) es un agente reticulante verde y no tóxico que puede mejorar las propiedades de los compuestos de GEL-PVA mediante reticulación química. El ácido tánico (AT) también ha mostrado ser un agente reticulante ecológico, no tóxico y económico para materiales a



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

base de gelatina. De esta forma, este trabajo se centra en la evaluación del uso de ácido cítrico y el ácido tánico como agentes reticulantes para la preparación y caracterización de películas compuestas de GEL-PVA con miras a su aplicación como apósitos biodegradables para el tratamiento de lesiones.

Palabras clave: películas compuestas; gelatina; PVA; ácido cítrico; ácido tánico; apósitos; liberación controlada de fármacos; biodegradabilidad

3. Equipo de investigadores

Nombre	Formación / grado académico	Sede/Grupo de Investigación/Carrera	Función y actividad en el proyecto
Omayra Beatriz Ferreiro Balbuena	DSc. en Ingeniería Química	Central / GBIOMAT	Investigador principal, coordinación del proyecto, responsable de la parte experimental y del procesamiento, análisis y discusión de resultados. Elaboración de artículo e informe.
Anahy Rosa María Méndez Silguero	Universitario	Central / GBIOMAT / Ingeniería en Ciencia de los Materiales	Iniciación científica, ejecución de las actividades de laboratorio, análisis y discusión de resultados, participación en eventos u otras actividades de divulgación del proyecto.

4. Área y especialidad de la propuesta

Este trabajo se alinea con el objetivo estratégico 3 de la Política Nacional de CTI ([Agenda CTI CONACYT](#)): Orientar los conocimientos y capacidades generados en la I+D a la atención de desafíos económicos, sociales y ambientales del Paraguay, específicamente a través de la estrategia 3.3.1. (Incentivar el desarrollo de investigaciones en tecnologías emergentes y nuevos materiales), ya que con este trabajo se busca desarrollar una película que posea características apropiadas para su uso en la liberación controlada de fármacos.



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Asimismo, se alinea con el ODS 3. Salud y Bienestar, ya que con este tipo de materiales se podría mejorar la salud de las personas; al ODS 12. Producción y consumo responsables, ya que la misma promueve la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales, así como la reutilización de residuos. También a largo plazo podría contribuir al ODS9. Industria, Innovación e Infraestructuras, ya que la misma promueve la industrialización sostenible y el aumento de la investigación científica y la capacidad tecnológica de los sectores industriales.

5. Objetivos del proyecto

Objetivo General: Evaluar el ácido cítrico y el ácido tánico como agentes de reticulación de películas de gelatina (GEL) - polivinil alcohol (PVA) para su uso como apósitos biodegradables.

Objetivos específicos:

OE1. Analizar el efecto de la concentración de ácido cítrico y de ácido tánico, así como la temperatura de preparación de las disoluciones en la reticulación de las películas de GEL-PVA.

OE2. Caracterizar las películas de GEL-PVA-AC y GEL-PVA-AT con relación a su hidrofobicidad, morfología, hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a pH diferentes.

OE3. Difundir los resultados del trabajo en eventos y/o artículos científicos.

6. Resultados esperados y los medios para verificarlos

R1. Efecto de la concentración de ácido cítrico y la temperatura de preparación de las disoluciones en la reticulación de las películas de GEL-PVA por medio de los resultados de FTIR-ATR (OE1).

R2. Efecto de la concentración de ácido tánico y la temperatura de preparación de las disoluciones en la reticulación de las películas de GEL-PVA por medio de los resultados de FTIR-ATR (OE1).

R3. Películas de GEL-PVA-AC caracterizadas con relación a su hidrofobicidad, morfología, hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a pH diferentes (OE2).

R4. Películas de GEL-PVA-AT caracterizadas con relación a su hidrofobicidad, morfología, hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a pH diferentes (OE2).

R5. Divulgación de los resultados del trabajo en eventos y/o artículos científicos (OE3).

7. Antecedentes y Justificación

La contaminación por desechos plásticos está generando un daño irreversible al planeta. Más del 90% de los plásticos son obtenidos a partir de combustibles fósiles, contribuyendo significativamente en las emisiones globales de CO₂, y se estima que representarán al menos el 5% de las emisiones de carbono para el 2050. Según lo reportado por Chen & Liu (2023) y Dauvergne (2023), la contaminación por desechos plásticos se ha convertido en un problema global.



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas biodegradables para sustituir parcialmente los plásticos derivados del petróleo. De acuerdo con esto, varios polímeros naturales como proteínas, carbohidratos y lípidos de origen vegetal o animal han sido investigados. Estos materiales destacan en aplicaciones biomédicas debido a su excelente biocompatibilidad, biodegradabilidad, no-toxicidad, disponibilidad y relación costo-efectividad. Los polímeros naturales aprobados por la US Food and Drug Administration (FDA) son considerados seguros para la liberación de fármacos, ingeniería de tejidos y cicatrización de heridas, especialmente aquellas de espesor completo, que son vulnerables a infecciones y requieren apósitos eficaces (Rashid et al., 2023).

Los apósitos de gelatina han sido explorados como una alternativa prometedora para aplicaciones médicas. Esto debido a que la gelatina (Gel), una proteína derivada de la hidrólisis parcial del colágeno, promueve la regeneración celular, posee una buena capacidad de formación de película, tiene un bajo costo y alta disponibilidad. Sin embargo, su alta sensibilidad a la humedad limita su uso, por lo que requiere modificaciones para mejorar su estabilidad y, con ello, sus propiedades funcionales (Sarika et al., 2014). Adoptando un enfoque multicomponente, es posible diseñar una nueva arquitectura polimérica integrando alcohol polivinílico (PVA) y gelatina, combinando así sus ventajas individuales. El PVA es un polímero sintético, no tóxico, con alta resistencia a la tracción (Rashid et al., 2023). Sin embargo, su alta sensibilidad a la humedad y su capacidad de absorción de agua reducen sus propiedades mecánicas. Una estrategia para mitigar este problema es reticular las cadenas poliméricas del PVA. La reticulación (o entrecruzamiento) es un proceso (usualmente químico) en el cual se forman enlaces entre cadenas poliméricas, con el fin de obtener un polímero con propiedades mejoradas. Según Roy & Rhim (2022), el entrecruzamiento polimérico intermolecular mejora las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de un apósito. Para ello, se emplean reactivos químicos con alta afinidad con el polímero que será modificado. En el caso específico de apósitos basados en Gel/PVA, los agentes reticulantes naturales no-tóxicos, como el ácido cítrico y el ácido tánico, representan alternativas ideales. Se considera al ácido cítrico como la mejor opción en relación costo-efectividad, gracias a su fácil obtención a partir de frutas cítricas y su elevada compatibilidad con los sistemas poliméricos como Gel/PVA, además, es biocompatible, no-tóxico y económico. El ácido tánico, es un éster gálico de D-glucosa, de origen vegetal o microbiano, posee un gran potencial antimicrobiano y antioxidante, es ampliamente utilizado en aplicaciones médicas, aprobado como excipiente farmacéutico por la FDA.

Esta investigación amplía el trabajo final de grado realizado por Gerson Pérez dentro del GBIOMAT en 2024, quien estudió la liberación de paracetamol a partir de películas de PVA reticuladas con ácido cítrico. De esta forma, se busca evaluar las características de las películas, cuando gelatina es introducida en la matriz. Por otro lado, la capacidad de reticulación del ácido tánico también será evaluada.



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

8. Materiales y Métodos

Este trabajo será realizado en los laboratorios del Grupo de Investigación en Biomateriales del NIDTEC (FPUNA). El trabajo es experimental con enfoque descriptivo y cuantitativo y se describe a continuación.

Primeramente, serán preparadas las disoluciones acuosas de gelatina (GEL), polivinil alcohol (PVA) con diferentes concentraciones de ácido cítrico o ácido tánico a diferentes temperaturas. Las disoluciones serán vertidas en moldes de silicona para preparar las películas por el método de casting de solución.

Las películas serán caracterizadas por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR-ATR) para determinar las modificaciones en la estructura de las películas de GEL-PVA con ácido cítrico o tánico. Además, serán realizados testes de hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a diferentes pH para evaluar la eficiencia de reticulación de las películas. En esta etapa también será evaluada la hidrofobicidad de las películas mediante la medición del ángulo de contacto utilizando un goniómetro. La morfología de las películas preparadas será analizada por microscopia electrónica de barrido. Finalmente, se analizarán y discutirán los resultados. Los resultados del trabajo serán enviados como resumen a un congreso o publicados como artículo científico en revistas del área.

9. Relevancia de la propuesta

Este trabajo permitirá el fortalecimiento de la línea de investigación del Grupo de Investigación en Biomateriales (GBIOMAT/NIDTEC) relacionada con el estudio de biopolímeros para el uso en sistemas de liberación controlada de fármacos. Los resultados esperados tienen potencial para contribuir a la comprensión del efecto de los agentes reticulantes para la preparación de películas de gelatina y polivinil alcohol con características apropiadas para su uso en apósitos biodegradables.

10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: 5

Inicio del proyecto: Junio

Finalización del proyecto: Octubre



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/ imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
R0. Estado del arte	1. Revisión de la literatura para determinar las condiciones para la preparación de las disoluciones de GEL-PVA con ácido cítrico o tánico	Revisión bibliográfica actualizada sobre el tema de interés	Informe final	Problemas en el acceso a artículos recientes en la plataforma CICC0	1-20
R1. Efecto de la concentración de ácido cítrico y la temperatura de preparación de las disoluciones en la reticulación de las películas de GEL-PVA por medio de los resultados de FTIR-ATR (OE1).	2. Preparación de películas de GEL-PVA con diferentes concentraciones de ácido cítrico y a diferentes temperaturas 3. Evaluación de la estructura química por FTIR-ATR 4. Análisis de las mejores condiciones de reticulación con ácido cítrico	Al menos tres películas de GEL-PVA reticuladas con ácido cítrico con modificaciones en la estructura química determinada por FTIR-ATR	Resultados de FTIR-ATR.	Falta de disponibilidad de insumos y materiales para la preparación de las películas. Equipos en mantenimiento	1-4
R2. Efecto de la concentración de ácido tánico y la temperatura de preparación de las disoluciones en la reticulación de las películas de GEL-PVA por medio de los resultados de FTIR-ATR (OE1).	1. Preparación de películas de GEL-PVA con diferentes concentraciones de ácido tánico y a diferentes temperaturas. 2. Evaluación de la estructura química por FTIR-ATR 3. Análisis de las mejores condiciones de reticulación con ácido tánico.	Al menos tres películas de GEL-PVA reticuladas con ácido tánico con modificaciones en la estructura química determinada por FTIR-ATR	Resultados de FTIR-ATR	Falta de insumos o reactivos. Equipos descompuestos o necesitando mantenimiento	3-6
R3. Películas de GEL-PVA-AC caracterizadas con relación a su hidrofobicidad, morfología, hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a pH diferentes (OE2).	1. Ensayos de hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a diferentes pH 2. Caracterización de la hidrofobicidad mediante la medida del ángulo de contacto. 3. Determinación de la morfología de las películas. 4. Análisis y discusión de resultados.	Al menos tres caracterizaciones de las películas reticuladas con ácido cítrico.	Resultados de % de hinchamiento, % de solubilidad y ángulo de contacto de las películas en buffer de fosfato en al menos 3 valores de pH diferentes; morfología de las películas	Falta de insumos o reactivos. Equipos descompuestos o necesitando mantenimiento	6-11
R4. Películas de GEL-PVA-AT caracterizadas con relación a su hidrofobicidad, morfología, hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a pH diferentes (OE2).	1. Ensayos de hinchamiento y solubilidad en buffer de fosfato a diferentes pH 2. Caracterización de la hidrofobicidad mediante la medida del ángulo de contacto. 3. Determinación de la morfología de las películas. 4. Análisis y discusión de resultados.	Al menos tres caracterizaciones de las películas reticuladas con ácido tánico.	Resultados de % de hinchamiento, % de solubilidad y ángulo de contacto de las películas en buffer de fosfato en al menos 3 valores de pH diferentes; morfología de las películas	Falta de insumos o reactivos. Equipos descompuestos o necesitando mantenimiento	9-14
R5. Divulgación de los resultados en eventos científicos y/o tecnológicos	1. Preparación de resúmenes para eventos 2. Redacción de artículo científico	Participación en evento o envío de artículo a revista	Certificado de participación en eventos o comprobante de envío de artículo a revista	Apoyo financiero no recibido o trabajo con resultados	15-20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
 SAN LORENZO-PARAGUAY

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/ imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
				inesperados o sin éxito	

11. Presupuesto

	Descripción del bien o servicio	Especificaciones básicas	Actividad	Subtotal Guaraníes
1	Materiales de laboratorio	Placas de Petri, tubos Falcon, barras magnéticas, vasos de precipitado	Trabajo en laboratorio. Preparación de películas	800.000
2	Insumos	Guantes de nitrilo, moldes de silicona	Trabajo en laboratorio	600.000
3	Reactivos	Ácido cítrico, ácido tánico, solución calibradora de pH	Trabajo en laboratorio	1.800.000
4	Pago a estudiantes		Trabajo en laboratorio, análisis y discusión de resultados	1.500.000
5	Inscripción a evento científico		Divulgación de resultados	1.000.000
6	Pasaje para participación en evento		Divulgación de resultados	2.500.000
7	Viático para participación en evento		Divulgación de resultados	1.800.000
Total (Guaraníes)				10.000.000

12. Estrategia de comunicación

Se espera que los resultados de este proyecto aporten en la comprensión del uso de ácido cítrico y ácido tánico como agentes de reticulación de películas de gelatina y polivinil alcohol con miras a su aplicación como apósito biodegradable, Los resultados del proyecto serán divulgados a través de eventos científicos y/o a través de la redacción y publicación de artículos científicos en el área de la ciencia e ingeniería de materiales.

13. Referencias bibliográficas

Sethi, S., & Kaith, B. S. (2022). A review on chitosan-gelatin nanocomposites: Synthesis, characterization and biomedical applications. *Reactive and Functional Polymers*, 179, 105362.



- Ahammed, S., Liu, F., Wu, J., Khin, M. N., Yokoyama, W. H., & Zhong, F. (2021). Effect of transglutaminase crosslinking on solubility property and mechanical strength of gelatin-zein composite films. *Food Hydrocolloids*, 116, 106649. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106649>
- Chen, Y., & Liu, H. (2023). Critical Perspectives on the New Situation of Global Ocean Governance. *Sustainability*, 15(14), 10921. <https://doi.org/10.3390/su151410921>
- Dauvergne, P. (2023). The necessity of justice for a fair, legitimate, and effective treaty on plastic pollution. *Marine Policy*, 155, 105785. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105785>
- De Abreu Pereira, V., Mattos, A. L. A., Andrade, F. K., Filho, M. D. S. M. D. S., & Fechine, P. B. A. (2023). Effects of adding curcumin-loaded halloysite nanotubes to Nile tilapia skin gelatin film re-crosslinked with tannic acid. *Applied Clay Science*, 238, 106946. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2023.106946>
- De Oliveira, R., Rigueto, C. V. T., Rosseto, M., Krein, D. D. C., Gomes, K. S., Loss, R. A., & Dettmer, A. (2024). Influence of enzymatic crosslinking on Tambaqui (*Colossoma macropomum*) skin gelatin film properties. *Polymer Bulletin*, 81(5), 4539-4556. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04924-0>
- Graham, C. C. (2024). The role of Geographic Information Systems in mitigating plastics pollution in the Global South—A spatial analysis of recycling facilities in Costa Rica. *Science of The Total Environment*, 937, 173396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173396>
- Hasan, R., Sumnu, G., Sahin, S., Oz, E., & Oz, F. (2023). The Effects of Citric Acid Crosslinking on Fabrication and Characterization of Gelatin/Curcumin-Based Electrospun Antioxidant Nanofibers. *Antioxidants*, 12(7), 1387. <https://doi.org/10.3390/antiox12071387>
- Rashid, N., Khalid, S. H., Ullah Khan, I., Chauhdary, Z., Mahmood, H., Saleem, A., Umair, M., & Asghar, S. (2023). Curcumin-Loaded Bioactive Polymer Composite Film of PVA/Gelatin/Tannic Acid Downregulates the Pro-inflammatory Cytokines to Expedite Healing of Full-Thickness Wounds. *ACS Omega*, 8(8), 7575-7586. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07018>
- Roy, S., & Rhim, J.-W. (2022). Genipin-Crosslinked Gelatin/Chitosan-Based Functional Films Incorporated with Rosemary Essential Oil and Quercetin. *Materials*, 15(11), 3769. <https://doi.org/10.3390/ma15113769>
- Sarika, P. R., Cinthya, K., Jayakrishnan, A., Anilkumar, P. R., & James, N. R. (2014). Modified gum arabic cross-linked gelatin scaffold for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C*, 43, 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.06.042>
- Seligra, P. G., Medina Jaramillo, C., Famá, L., & Goyanes, S. (2016). Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch–glycerol with citric acid as crosslinking agent. *Carbohydrate Polymers*, 138, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.041>
- Sonker, A. K., Rathore, K., Nagarale, R. K., & Verma, V. (2018). Crosslinking of Polyvinyl Alcohol (PVA) and Effect of Crosslinker Shape (Aliphatic and Aromatic) Thereof. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(5), 1782-1794. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-1077-3>
- Stevenson, M., Long, J., Seyfoddin, A., Guerrero, P., Caba, K. D. L., & Etxabide, A. (2020). Characterization of ribose-induced crosslinking extension in gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 99, 105324. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105324>