



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos):
SEMILLA

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas X

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria

DEPARTAMENTO: Departamento de Ingeniería Química

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Recursos Orgánicos, Área: Recursos Naturales
(verificable en el SAEW)

1 Proyecto de Investigación

Título:

Obtención y caracterización de materiales termoplásticos a partir de polivinil alcohol y almidón de achira (*Canna edulis*).

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La evidente problemática ambiental asociada al consumo de materiales plásticos tradicionales ha fortalecido el interés por el desarrollo e innovación de materiales termoplásticos a partir de polímeros sintéticos biodegradables como el polivinil alcohol (PVA) [1] [2]. De igual manera, otra alternativa desplegada durante las últimas décadas ha sido el uso de almidones en la formulación de biopolímeros [3] [4]. No obstante, la información relativa al estudio de mezclas de almidón de achira (*Canna edulis*) con polímeros biodegradables para la sustitución de los plásticos tradicionales, aún es escasa.

Dentro de este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo obtener un material termoplástico a partir de mezclas de PVA y almidón de achira (*Canna edulis*). En primer término, se evaluará el efecto de la concentración de polivinil alcohol y almidón en la formulación de materiales termoplásticos así como también la concentración de otros componentes y aditivos que permitan mejorar sus propiedades. Se caracterizará la morfología estructural, comportamiento mecánico y permeabilidad al oxígeno de los materiales termoplásticos obtenidos por medio de diferentes técnicas con el objetivo de disponer de información suficiente sobre las propiedades funcionales de este tipo de materiales.

Palabras clave (3-5):

Almidón termoplástico, polímeros biodegradables, polivinil alcohol, almidón de achira



4	<p>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <ul style="list-style-type: none">- Objetivos<ul style="list-style-type: none">○ Evaluar el efecto de la concentración de los componentes en la formulación de materiales termoplásticos a partir de polivinil alcohol y almidón de achira (<i>Canna edulis</i>).○ Caracterizar la morfología estructural de los materiales termoplásticos obtenidos.○ Estudiar el comportamiento mecánico y de permeabilidad al oxígeno de los materiales termoplásticos obtenidos. - Hipótesis<ul style="list-style-type: none">○ La mezcla polivinil alcohol/almidón de achira (<i>Canna edulis</i>) permite obtener materiales con características termoplásticas. - Resultados esperados<ul style="list-style-type: none">○ Formulación(es) para la obtención de materiales termoplásticos.○ Características morfológicas, mecánicas y de permeabilidad de los materiales termoplásticos obtenidos.○ Proyecto de titulación, artículo científico. - Potenciales Usuarios<ul style="list-style-type: none">○ Investigadores dedicados al desarrollo de biomateriales con base en recursos renovables○ PYMES y demás organizaciones productoras de almidón de achira.○ Usuarios de materiales alternativos, biodegradables, biomateriales.○ Estudiantes en general.○ Futuros proyectos de investigación y desarrollo de materiales alternativos a los plásticos tradicionales.
----------	---



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



5	Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.
	<p>Los materiales plásticos desempeñan un papel importante en la industria debido a que brindan propiedades de resistencia, ligereza y flexibilidad que los metales y cerámicos no siempre pueden ofrecer [5]. Sin embargo, el efecto ambiental causado por los materiales plásticos tradicionales ha promovido el desarrollo de materiales sostenibles con aceptación comercial y ambiental [6]. Como resultado de esta tendencia, el mercado de los biopolímeros y biocomposites se ha incrementado significativamente. De acuerdo a European Bioplastics se estima que la producción mundial de bioplásticos será superior a 6 millones de toneladas para el 2017 [7]. Una alternativa atractiva es el desarrollo de biopolímeros a partir de materias primas biodegradables de bajo costo y de amplia disponibilidad. En este sentido, los materiales con base en almidón constituyen un enfoque viable para obtener productos amigables con el medio ambiente y sobretodo de potencial uso masivo [3].</p> <p>El Departamento de Ingeniería Química y particularmente el Centro Textil Politécnico (CTP) desarrolla diversas líneas de investigación entre las cuales se encuentra el aprovechamiento de recursos naturales. El presente estudio tiene como objetivo reforzar esta línea de investigación y en especial la referida a los recursos orgánicos. Es importante mencionar que la ejecución de este proyecto se realizará en conjunto con el Centro de Investigación Aplicada a Polímeros (CIAP) del Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología puesto que los estudios realizados por esta unidad académica en la línea de nuevos materiales proporcionarán un aporte pertinente al desarrollo la presente investigación.</p> <p>La relevancia de esta propuesta radica en la posibilidad de potencializar el desarrollo e innovación de biopolímeros con base en recursos naturales nativos del Ecuador, como es el caso del almidón de achira (<i>Canna edulis</i>) el cual proviene de una planta de cultivo potencialmente extensible a grandes espacios de producción con reducido desgaste de los suelos [8]. Estudios a nivel nacional consideran que la producción de achira es de alrededor de 2,27 toneladas de almidón por hectárea, el cual presenta contenido de amilosa similar al de otros tubérculos como papa, mashua, melloco y superior al almidón de camote y yuca [8]. Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, el desarrollo de esta propuesta es de gran relevancia puesto que se busca la promoción de organizaciones campesinas y empresas familiares de sectores populares que producen esta variedad de almidón. De manera que se favorezca a la diversificación productiva de materiales con mayor valor agregado, con la finalidad de contribuir al cambio de la matriz productiva ecuatoriana a través del uso sistematizado de productos autóctonos.</p> <p>Finalmente, se proyecta que los resultados de esta investigación constituyan la base para el desarrollo de investigaciones de mayor escala tanto en el campo del aprovechamiento y valorización de recursos naturales como en la síntesis de biopolímeros con propiedades avanzadas.</p>

6	Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido
---	--



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE

INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

Durante la última década se han desarrollado diversos tipos de biopolímeros con base en almidones nativos y modificados [9] [4]. Literatura especializada muestra la creciente innovación de materiales que incorporan mezclas de almidón con diferentes polímeros sintéticos tales como: poliácido láctico/almidón, polibutilen succinato/almidón, poli(3-hidroxibutirato)/almidón [1] [10]. Específicamente, se ha reportado que el polivinil alcohol (PVA) constituye un material biodegradable ampliamente utilizado en aplicaciones de empaques, biotecnología y biomédica debido a su amplia versatilidad, excelentes propiedades físico-químicas, facilidad de procesabilidad y baja toxicidad [1] [2]. De igual forma, la naturaleza hidrofílica del PVA favorece la compatibilidad con otros materiales biodegradables, proporcionando de esta manera un medio de soporte estable para la formulación de materiales termoplásticos [11].

El PVA es un polímero que presenta buenas propiedades de barrera, flexibilidad y resistencia al rasgado, se ha reportado que la presencia de PVA mejora el comportamiento mecánico y la resistencia a la intemperie de las mezclas PVA/almidón. Sin embargo, exhibe deficiencias en su estabilidad dimensional debido a su alta susceptibilidad de absorción de humedad [12].

Los materiales termoplásticos de PVA/almidón son formulados generalmente por gelatinización del almidón con PVA en la presencia de aditivos como plastificantes, agentes de entrecruzamiento, y refuerzos cuya función es favorecer la compatibilidad entre el PVA y almidón. No obstante, los procesos térmicos de fabricación requieren especial cuidado ya que la temperatura de degradación del PVA es ligeramente superior a su temperatura de fusión [13].

Bajo este marco referencial, el presente proyecto busca obtener un material termoplástico a partir de mezclas de PVA y almidón de achira (*Canna edulis*). En primer término, se pretende evaluar el efecto de la concentración de polivinil alcohol y almidón de achira (*Canna edulis*) en la formulación de materiales termoplásticos. Adicionalmente, es de especial interés estudiar el efecto de la concentración de otros componentes como plastificantes, humectantes, agentes desmoldantes que permitan mejorar sus propiedades y procesabilidad. Finalmente, se busca caracterizar los materiales termoplásticos obtenidos por medio de técnicas térmicas, microscópicas, mecánicas y de permeabilidad con el objetivo de disponer de información suficiente sobre las propiedades funcionales de este tipo de materiales.

- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

Para la obtención de materiales termoplásticos en base a PVA/almidón de achira se realizará pruebas preliminares bajo el esquema de un diseño experimental exploratorio de media fracción con la finalidad de definir la influencia de la temperatura y tiempo de procesamiento, así como también la concentración de PVA, almidón, agua, glicerol y aceite vegetal.

Los resultados del diseño experimental exploratorio de media fracción conjuntamente con los ensayos de Calorimetría Diferencial de Barrido del almidón de achira constituirán la base para plantear el diseño experimental definitivo. Con base en el diseño experimental definitivo se prepararán formulaciones con concentraciones determinadas de cada uno de los componentes mediante el uso de equipos de mezclado como agitador, reómetro de torque electrónico y/o molino de rodillos.

Con cada una de las formulaciones se elaborarán placas mediante el método de moldeo por compresión con el propósito de elaborar probetas normalizadas para la realización de ensayo tracción-deformación (ASTM D 882 o equivalente) y resistencia al desgarre (ASTM D 1004 o equivalente).

De igual forma, se evaluarán las propiedades térmicas de las formulaciones obtenidas por medio de ensayos de Calorimetría Diferencial de Barrido y ensayos de identificación en base a Espectroscopia FTIR. Se complementará el ensayo microestructural por medio de análisis morfológicos con Microscopía Electrónica de Barrido y Difracción de Rayos X.

Finalmente, se desarrollarán pruebas de permeabilidad al oxígeno (ASTM D 3985), así como también grado de hinchamiento y solubilidad en agua de cada una de las formulaciones procesadas.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE

INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Referencias

- [1] S.-D. Yoon, M.-H. Park and H.-S. Byun, "Mechanical and water barrier properties of starch/PVA composite films by adding nano-sized poly(methyl methacrylate-co-acrylamide) particles," *Carbohydrate Polymers*, vol. 87, pp. 676-686, 2012.
- [2] R. Jayasekara, I. Harding, I. Bowater, G. Christie and G. Loneragan, "Preparation, surface modification and characterisation of solution cast starch PVA blended films," *Polymer Testing*, pp. 17-27, 2004.
- [3] J. Gironès, J. López, P. Mutjé, A. Carvalho, A. Curvelo and F. Vilaseca, "Natural fiber-reinforced thermoplastic starch composites obtained by melt processing," *Composites Science and Technology*, vol. 72, pp. 858-863, 2012.
- [4] X. Cao, Y. Chen, P. R. Chang and M. A. Huneault, "Preparation and Properties of Plasticized Starch/Multiwalled Carbon Nanotubes Composites," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 106, no. 2, pp. 1431-1437, July 2007.
- [5] M. Kutz, *Handbook of Environmental Degradation of Materials*, Waltham: Elsevier, 2012.
- [6] A. Soroudi and I. Jakubowicz, "Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review," *European Polymer Journal*, 2013.
- [7] European Bioplastics e.V, "Facts and Figures-European Bioplastics," Diciembre 2013. [Online]. Available: http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2013/publications/EuBP_FactsFigures_bioplastics_2013.pdf.
- [8] Barrera, V.; C. Tapia y A. Monteros (eds.). 2004. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Quito, Ecuador - Lima, Perú. 176 p.
- [9] X. Xu, R. G. Visser and L. M. Trindale, "Starch Modification by Biotechnology: State of Art and Perspectives," in *Starch Polymers from genetic engineering to green applications*, P. Halley and L. Avérous, Eds., Newnes, 2014, pp. 79-102.
- [10] W.-L. Chai, J.-D. Chow, C.-C. Chen, F.-S. Chuang and W.-C. Lu, "Evaluation of the Biodegradability of Polyvinyl Alcohol/Starch Blends: A Methodological Comparison of Environmentally Friendly Materials," *Polymer Environmental*, vol. 17, pp. 71-82, 2009.
- [11] N. Rescignano, E. Fortunati, S. Montesano, C. Emiliani, J. Kenny, S. Martino and I. Armentano, "PVA bio-nanocomposites: a new take-off using cellulose nanocrystals and PLGA nanoparticles," *Carbohydrate Polymers*, 2013.
- [12] B. Priya, V. Kumar Gupta, D. Pathania and A. Singh Singha, "Synthesis, characterization and antibacterial activity of biodegradable starch-PVA composite films reinforced with cellulosic fibre," *Carbohydrate Polymers*, vol. 109, pp. 171-179, 2014.
- [13] X.-L. Wang, K.-K. Yang and Y.-Z. Wang, "Properties of Starch Blends with Biodegradable Polymers," *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, vol. C43, pp. 385-409, 2003.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X
Adquisición de materias primas, materiales y equipos	X	X				
Caracterización térmica de almidón nativo de achira		X				
Formulación de materiales termoplásticos		X	X	X		
Caracterización mecánica			X	X	X	
Caracterización térmica, FTIR y microscopía			X	X	X	
Pruebas de permeabilidad			X	X	X	
Evaluación de resultados			X	X	X	X
Elaboración de artículo					X	X
Presentación de resultados					X	X
Informe final						X

- Justificación del equipo requerido

Agitador de hélice completo: La preparación de mezclas de PVA/almidón requieren de etapas de agitación previa que pueden ir desde velocidades bajas (aprox. 50 rpm) hasta velocidades altas (aprox. 2000 rpm). Los procesos de agitación deben ser controlados adecuadamente pues se requiere disponer de una mezcla homogénea de todos los componentes, siendo por tanto necesario la disponibilidad de este equipo.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



7	Fecha de inicio (Indique cuando iniciaría este proyecto de investigación) 01 de Agosto del 2014
8	Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales. <ul style="list-style-type: none">- Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. (Máximo 200 horas por semestre para el Director y 100 horas por semestre para los docentes colaboradores)<ul style="list-style-type: none">o Director del Proyecto: Omar Fernando Bonilla Hidalgo (Ing., M.Sc.) Horas de dedicación: 220 horas/semestreo Docente colaborador: Lauro Vladimir Valle Alvarez (Ing., M.Sc.) Horas de dedicación: 160 horas/semestreo Colaborador 1: José Iván Chango Villacís (Qco.) Horas de dedicación: 80 horas/semestreo Pasante: Horas de dedicación: 800 horas/semestre - Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto<p>El CTP conjuntamente con el CIAP dispone de infraestructura física y equipamiento especializado para realizar ensayos y pruebas sobre materiales poliméricos. Para el caso particular del desarrollo del presente proyecto, se cuenta con:</p><ul style="list-style-type: none">o Molino de rodillos marca Collin para el procesamiento de mezclas de PVA/almidón y demás aditivos.o Reómetro de torque electrónico con cámara de mezclado de rotores Bámbury o Rolex, que permite la realización de mezclas.o Espectrómetro Infrarrojo por Transformadas de Fourier y accesorio HATR, para la identificación de materiales poliméricos.o Calorímetro Diferencial de Barrido marca Netzsch, modelo DSC 204 F1 Phoenix, que permite la realización de pruebas de caracterización desde temperaturas de -150°C.o Máquina Universal de ensayos marca Instron modelo 1011 para ensayos mecánicos de tracción y rasgado.o Máquina universal de ensayos marca Lloyd, modelo J100So Medidor de permeabilidad de oxígeno PERME OX2/231 marca Labthink.o Prensa marca Calver para la fabricación de placas para probetas de ensayos.o Estufas con circulación de aire para el secado de materiales termoplásticos. - Otros fondos de otros organismos (si los hubiere) N/A



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto	
Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, estén sustentados con proformas actuales:	
Año 1	
Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
1. Contratación de pasante	2500,00
Subtotal	2500,00 ✓
2. Equipos Agitador	1.200,00
Subtotal	1.200,00 ✓
3. Reactivos y materiales de laboratorio Almidón de achira Polivinil alcohol Glicerol Vasos de precipitación y desecadores Sílicagel	1.600,00 160,00 600,00 1400,00 180,00
Subtotal	3940,00 ✓
4. Literatura especializada Libros	800,00
Subtotal	800,00 ✓
5. Viajes técnicos y de muestreo	0,00
Subtotal	0,00
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	1.500,00
Subtotal	1.500,00 ✓
TOTAL	9940,00 ✓
10	 Nombre: Omar Fernando Bonilla Hidalgo CC: 1711500122
DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento <u>ING. QUÍMICA</u> en Sesión del <u>22 MAYO/14</u> mediante Resolución No. <u>012-14</u> y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.	
 JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Ing. Marcelo Albuja CC: <u>1300589937</u>	 <u>22 MAYO 2014</u> (lugar y fecha)