

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno <input checked="" type="checkbox"/>	Proyecto Semilla <input checked="" type="checkbox"/>	Proyecto Junior <input type="checkbox"/>	Proyecto Multi e Interdisciplinario <input type="checkbox"/>
Fecha de presentación (dd/mm/aa): 01/09/2017 → ?			

Título del proyecto: <i>(Revisar la guía para la presentación de las propuestas de los proyectos de investigación)</i> Caracterización preliminar de los residuos provenientes de las cubiertas plásticas de los racimos de bananas (<i>Musa paradisiaca</i>)

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica <input type="checkbox"/>	Investigación aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUCIÓN: DECAB ✓	
LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW): TECNOLOGÍA DE MATERIALES ✓	

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Cadena Villota Francisco Xavier	1707150387	3 ✓	DECAB	PhD

Codirector <i>(Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)</i>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Valle Alvarez Lauro Vladimir	1803249539	1 ✓	DECAB	MÁSTER

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

Datos Personales					
Nombre completo:	FRANCISCO XAVIER CADENA VILLOTA				
No. de identificación:	1707150387	Nacionalidad:	ECUATORIANO		
Fecha de nacimiento:	17 Mayo 1962	Celular:	0995389835	Ext. EPN:	2129
Correo institucional:	francisco.cadena@epn.edu.ec				
Cargo actual en la EPN:	Profesor Principal a TC				
Facultad:	FIQA				



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Departamento:	DECAB
----------------------	-------

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., M.Sc., Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
PhD	1999	Universidad Politécnica de Cataluña	Barcelona/España	Química Macromolecular
Ing	1992	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Diseño de Plantas

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2012/ 2013	Corrosión atmosférica en ambientes internos, Proyecto Semilla EPN	Director
2009/ 2010	Determinación de la corrosión atmosférica en puntos de alta contaminación en la ciudad de Quito, CORPAIRE	Director
2006/ 2009	Obtención de sistemas de pinturas anticorrosivas libres de cromatos, CONESUP-SENASCYT	Director

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Loyo C., Arroyo C., Cadena F., Aldás M. (2016). Materiales Compuestos Producido por Resina Poliéster y la Fracción no Metálica de las Tarjetas de Circuitos Impresos. <i>Revista Politécnica, Vol. 37.</i>
2.	Cadena, F. (2012). Quiroz F., Irusta L., Fernández-Berridi Manual de Reciclaje de plásticos de invernadero. (primera edición). Quito, Ecuador. <i>Ediciones EPN-Universidad del País Vasco</i> , ISBN: 978-9978-383-21-6.
3.	Cadena F., Carranza N., Cazar A., Fernández-Berridi M., Irusta L., Quiroz F., Terán A. (2012). Reciclaje mecánico de residuos plásticos de invernaderos. <i>Rev. Iberoamericana de Polímeros. Vol. 13(No. 1),1-10.</i>
4.	Cadena, F., Irusta, L., Fernandez-Berridi, M.J. (2013). <i>Performance evaluation of alkyd coatings for corrosion protection in urban and industrial environments: Progress in Organic Coatings</i> , 1273–1278.
5.	Quiroz, F., Cadena F. (2012) Estudio de la degradación en polímeros biodegradables. <i>Revista Politécnica, Quito: EPN, 12 (1),150- 154.</i>

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)	
✓	Trabajos de análisis al medio externo en el campo de los materiales plásticos, durante 10 años en CIAP
✓	Postdoctorado en la Universidad del País Vasco 2011-2012
✓	Pasantía de investigación Departamento de Materiales, Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL), Suiza, septiembre 1993- Octubre 1994.
✓	Profesor invitado de: Universidad País Vasco, Universidad de la Habana y Universidad de Holguín
✓	Premio Swiss Contact 2006
✓	Jefe Departamento Materiales 2000-2010
✓	Miembro Comité Técnico Latincorr NACE 2012, Lima
✓	Presidente CEAACES 2013 a 2017
✓	Consejero CES 2012-2013

HOJA DE VIDA DEL CODIRECTOR DEL PROYECTO

Datos Personales					
Nombre completo:	Lauro Vladimir Valle Alvarez				
No. de identificación:	1803249539	Nacionalidad:	Ecuatoriana		
Fecha de nacimiento:	07/06/1981	Celular:	0958881968	Ext. EPN:	2124
Correo institucional:	vladimir.valle@epn.edu.ec				
Cargo actual en la EPN:	Profesor Auxiliar a Tiempo Completo Grado 1, Nivel 1				



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Facultad:	Ingeniería Química y Agroindustria
Departamento:	Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., M.Sc., Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Máster en Ciencia e Ingeniería de Materiales Avanzados	Sept. 2011 – Sept. 2013	Escuela Europea de Materiales/Universidad Politécnica de Cataluña – Lulea University of Technology	Barcelona-Lulea/España-Suecia	Fatigue behavior and associated binder deformation mechanisms in WC-Co cemented carbides
Magister en Administración de Empresas con mención en Gerencia de la Calidad y Productividad	Sept. 2009 – Sept. 2011	Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Quito/Ecuador	Diseño del Cuadro de Mando Integral como herramienta de Gestión Administrativa en el Centro de Investigación Aplicada a Polímeros de la Escuela Politécnica Nacional
Ingeniero Químico	Feb. 2000 – Marz. 2007	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Determinación de la Influencia de la Corrosividad Atmosférica de la ciudad de Quito sobre Sistemas de Pinturas Anticorrosivas Libres de Cromatos

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
Abril 2017 - actualidad	Desarrollo de adhesivos y encolantes formulados a partir de almidón modificado y polivinil alcohol	Director/ Planificación, coordinación, ejecución
Marzo 2016 - actualidad	Obtención, caracterización y evaluación de la biodegradabilidad de biopolímeros formulados a partir de poliácido láctico y almidón termoplástico	Director/ Planificación, coordinación, ejecución
Septiembre 2014 - Febrero 2016	Obtención y caracterización de materiales termoplásticos a partir de polivinil alcohol y almidón de achira (<i>Canna edulis</i>).	Colaborador/ Formulación de biopolímeros Diseño de procesos
Noviembre 2013 – Diciembre 2014	Recuperación del PVC (policloruro de vinilo) a partir de tarjetas plásticas de identificación y similares	Colaborador/ Reciclaje mecánico y químico. Diseño de procesos
Noviembre 2013 – Diciembre 2014	Efecto de la incorporación de plásticos aditivados con prodegradantes en el reciclaje de polietileno	Colaborador/ Caracterización mecánica y térmica

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Encalada K, Valle L, Bonilla, O. (2015) <i>Effect of achira starch, PVA, and ethylene glycol contents on biopolymeric films properties: A constrained mixture design approach</i> . 8th European Symposium on Biopolymers. Roma-Italia, Septiembre 15-18. ISBN: 979-12-200-0433-6



2.	Viteri V, Valle V, Quiroz F. (2015). <i>Biodegradable films based on poly (vinil alcohol) and hidrolized collagen from post-tanned leather shavings: effect of plasticizers contents on mechanical properties</i> . 8th European Symposium on Biopolymers. Roma-Italia, Septiembre 15-18. ISBN: 979-12-200-0433-6
3.	Viteri V, Valle V, Quiroz F. (2015). <i>Estudio térmico de la influencia del plastificante en mezclas poli (vinil alcohol)/ colageno hidrolizado proveniente de virutas de cuero post-curtición</i> . XI Simposio Argentino de Polimeros - SAP 2015. Santa Fe – Argentina, Octubre 20 – 23.
4.	Encalada K, Valle L. y Chango J. (2015) <i>Estudio térmico de mezclas de poli (vinil alcohol) y almidón de achira por calorimetría diferencial de barrido</i> . CUMBRES, Revista Científica. 1(2) 49 – 54. ISSN 1390-9541
5.	Viteri V, Valle V, Quiroz F. (2015). <i>Evaluación preliminar de la incorporación de virutas de cuero como refuerzo en matriz polimérica de poli (vinil alcohol)</i> . Revista Ciencia e Ingeniería. 3(36) 159-166. ISSN: 2244-8780
6.	Tarragó J.M., Roa, J.J., Valle V., Marshall, J.M., Llanes, L. (2015) <i>Fracture and fatigue behavior of WC-Co and WC-CoNi cemented carbides</i> . International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, (49)184–191. doi:10.1016/j.ijrmhm.2014.07.027
7.	Valle V., Tarragó J.M., Llanes L. (2014) <i>Fatigue behavior and associated binder deformation mechanisms in WC-Co cemented carbides</i> . Revista Politécnica. Vol.34.
8.	Cadena F., Quiroz F., Aldás M., Lascano L., Valle V. (2014) <i>Corrosión Metálica en Ambientes Exteriores e Interiores en las ciudades de Quito y Esmeraldas</i> . Revista Politécnica, Vol.33

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

Vladimir Valle Álvarez, tiene experiencia docente en educación media y superior; ha participado en investigaciones sobre corrosión atmosférica y reciclaje de materiales poliméricos. Adicionalmente, ha formado parte de equipos de investigación sobre materiales compuestos para SWEREA-SICOMP de Suecia y Sanvik Hard Materials de Inglaterra en cooperación con la Escuela Europea de Materiales.

Desde 2013 está a cargo de la línea de biopolímeros del Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros. Actualmente, es Profesor Auxiliar a Tiempo Completo de la EPN y forma parte del equipo de consultores del Centro Ecuatoriano de Producción más limpia del MIPRO-ONUDI

Handwritten signature

AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
FRANCISCO CADENA	Caracterización preliminar de los residuos provenientes de las cubiertas plásticas de los racimos de bananas (<i>Musa paradisiaca</i>)

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación				\$ -	\$ -	\$ -
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)						
Subtotal 1					\$ -	\$ -
2 Maquinaria equipos						
2.1 EQUIPO ACONDICIONAMIENTO RECICLADO						
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)					\$ -	
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)					\$ -	
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)					\$ -	
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)					\$ -	
Subtotal 2					\$ -	
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Determinación de propiedades mecánicas	90	20		\$ 1.800,00	\$ -	
3.2 Determinación de propiedades reológicas	50	20		\$ 1.000,00	\$ -	
3.3 Análisis por FTIR-ATR	85	20		\$ 1.700,00	\$ -	
3.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)					\$ -	
3.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)					\$ -	
Subtotal 3					\$ -	
4 Literatura especializada						
4.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)					\$ -	
4.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)					\$ -	
4.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)					\$ -	
4.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)					\$ -	
4.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)					\$ -	
Subtotal 4					\$ -	
5 Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior						
5.2 Viáticos al interior						
Subtotal 5					\$ -	
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior					\$ -	
6.2 Viáticos al exterior					\$ -	
6.3 Pago de inscripción y publicaciones					\$ -	
Subtotal 6					\$ -	
TOTAL				\$ 4.500,00		

SE REALIZAN ANÁLISIS EN EL CIAP CON COSTOS REFERENCIALES DE SU OFERTA AL MEDIO EXTERNO



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno (FIQA) Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Discipli

Investigación Básica Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:
1. DECAB

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:
1. Tecnología de Materiales

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)	
Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)	
Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	X
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	

Handwritten signature



1 Proyecto de Investigación
Título: Caracterización preliminar de los residuos provenientes de las cubiertas plásticas de los racimos de banano (<i>Musa paradisiaca</i>)
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>La producción de banano (<i>Musa paradisiaca</i>) tiene para nuestro país una importancia trascendental tanto en el orden económico, industrial como social; Ecuador ha llegado a ser el primer productor de bananas en el mundo. No obstante; esta actividad no está exenta de problemas, que deben ser enfrentados y resueltos para que se constituya en una actividad verdaderamente sustentable; uno de los problemas es la gran cantidad de plásticos que se generan producto de su empleo como elementos protectores al racimo del fruto, la situación se complica particularmente por el nivel de degradación (el plástico se expone a la atmósfera aproximadamente un año) y, particularmente, por el grado de contaminación por la presencia de agroquímicos, algunos de ellos se formulan conjuntamente con el plástico de tal manera que éste se libere paulatinamente durante el periodo de maduración de la fruta; además el plástico se contamina debido a las fumigaciones que, sistemáticamente, se realizan sobre los cultivos.</p> <p>Hasta la actualidad, no existe ningún estudio en el país que de cuenta del grado de deterioro y contaminación que caracteriza este residuo, esta caracterización debe ser el punto de partida para su su potencial aprovechamiento posterior.</p>
Palabras clave (4-6): CONTAMINACIÓN AGROQUÍMICOS, BANANAS, POLIETILENO, RESIDUOS PLÁSTICOS



2 **Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

2.1 **Objetivos**

✓ 2.1.1 **Objetivo General**

- **Caracterizar los residuos del plástico usados en la protección de racimos de banano (*Musa paradisiaca*).**

✓ 2.1.2 **Objetivos Específicos**

- a. Determinar las zonas de estudio que abarcaría el proyecto, en función de la relevancia de la producción, de la generación de desechos, del uso de agroquímicos, entre otras.
- b. Estudiar el grado de contaminación del material plástico de partida,
- c. Analizar el grado de degradación de los residuos plásticos mediante la determinación de sus espectros de FTIR-ATR, sus propiedades mecánicas y reológicas.

2.2 **Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)**

- a. El proyecto se limita a la envoltura principal del cuerpo de protección que es polietileno, otros aditamentos de protección, por el momento quedan fuera del alcance, pues la parte seleccionada es la de mayor interés y uso.
- b. Aunque los datos podrían ser, en principio, extrapolables a otras regiones, el trabajo se centra en la provincia de El Oro, por ser una de las de mayor producción bananera.

2.3 **Hipótesis (Responden al problema de investigación)**

- a. Es posible determinar el grado de degradación de los residuos plásticos usados en la protección de los racimos de las bananas mediante la determinación de las características mecánicas, reológicas y sus espectros de FTIR-ATR.
- b. Se puede establecer adecuadamente el grado de contaminación por agroquímicos de los residuos plásticos usando las técnicas de cromatografía de gases y espectroscopia de masas.

✓ 2.3 **Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)**

- a. Residuos plásticos caracterizados midiendo: su nivel de contaminación, sus propiedades mecánicas y su grado de degradación.

✓ 3 **Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación**

El Ecuador es el primer exportador de banano del planeta a quien corresponde cerca de un tercio de la producción mundial [1]; la producción de banano es la principal fuente de exportación no petrolera del país, en el año 2016 la Industria Bananera Ecuatoriana, exportó cerca de 5,8 millones de toneladas que representan cerca del 4 % del PIB [1]. La industria genera trabajo, directo e indirecto, principalmente en las provincias de



los Ríos, Guayas, El Oro y en menor proporción en las provincias de Cañar, Cotopaxi, Bolívar, Esmeraldas, Pichincha y Manabí. Son aproximadamente 200.000 hectáreas sembradas de este vegetal, de las cuales casi un tercio se encuentra en El Oro, provincia a la cual pertenecen alrededor del 40% de los productores a nivel nacional [2, 3]. Se ha seleccionado esta zona por ser la de mayor concentración de productores a nivel nacional, pero los resultados podrían ser usados para establecer comparaciones con lo que sucede en otras regiones del país [4].

Los agroquímicos utilizados en las tareas agrícolas bananeras, a más de las implicaciones de salud que pueden conllevar su almacenamiento y aplicación, provocan un serio problema por la generación de residuos plásticos contaminados; en el país este material se entrega aproximadamente en un 35% a las empresas recicladoras y el resto (65%) se arroja indiscriminadamente a la naturaleza [5] constituyéndose en un agente de contaminación muy importante y de afectación a la salud humana [6,7]. Incluso, la fracción que es reciclada se la realiza de manera completamente antitécnica pues no se parte del conocimiento apropiado de su estado de contaminación ni degradación por lo cual no se establece adecuadamente las etapas de selección, lavado y menos de los posibles productos a ser obtenidos como en el caso del reciclado mecánico (con el alto riesgo de que se fabriquen objetos que vayan a tener contacto con alimentos: recipientes, cubiertos plásticos, etc.). Para el caso de la Provincia de El Oro, al parecer el porcentaje de reciclado es muy bajo, llegando apenas al 5% [4]

Por otra parte, los estándares de los países que realizan la importación son cada vez más exigentes (sobre todo el mercado europeo con el cual se han abierto renovadas oportunidades de negocios), particularmente en el cuidado medioambiental de los productos que ellos consumen y una de esas exigencias es que se produzca bajo la Filosofía de la Producción Más Limpia. Este contexto determina la importancia del proceso productivo que da lugar al residuo plástico objeto del presente proyecto.

La normativa ecuatoriana sobre la disposición de los residuos de esta industria es muy general [8] y hace referencia más explícita al destino final sobre los recipientes que contienen los agroquímicos antes que al plástico de envoltura del racimo, por eso a más de la información científico tecnológica que se pueda obtener del proyecto es completamente factible incidir sobre la política pública para elaborar documentos técnicos más sustentados que permitan precautelar la salud humana y un manejo ambiental adecuado.

El equipo de trabajo del CIAP ha trabajado, desde hace algunos años en la línea del análisis de la degradación y corrosión de materiales y del reciclaje de polímeros, entre éstos el polietileno proveniente de residuos de empaques y particularmente en los residuos de los plásticos de invernaderos. Nuestros resultados han sido publicados en artículos de revistas internacionales, nacionales, libros, memorias de congresos y han tenido impacto para el entorno social [9,10]. Por ejemplo, en función de los proyectos y trabajos en los que nos hemos involucrado, los plásticos de invernadero que, años atrás estaban prohibidos de reciclarse, actualmente pueden procesarse bajo la calificación de "residuo especial" lo cual implica que puede ser reciclado pero únicamente por gestores debidamente calificados.

La realización de este proyecto es indispensable para establecer el punto de partida para estructurar un futuro proyecto de aprovechamiento de este material mediante reciclaje.

- [1] Asociación de Exportadores de Banano. (2017). Exportaciones de banano. Recuperado de: www.aebe.com.ec/estadisticas (Agosto, 2017)
- [2] Ministerio de Agricultura y Ganadería, SINAGAP. (2016). Reporte de Resultados Censo Nacional Completo. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-nacional/file/591-reporte-de-resultados-censo-nacional-completo> (Agosto, 2017)
- [3] Ledesma, E. (2011). La Industria Bananera Ecuatoriana Año 2010. Publicaciones de la Asociación de Exportadores de Banano, AEBE.
- [4] León, M. (2017). La Sostenibilidad Ambiental en el Sector Productivo Bananero del Cantón Machala. Conference Proceedings, 1(1). ISSN 2588-056X
- [5] Roibás, L., Elbehri, A y Hospido, A. (2015). Evaluating the sustainability of Ecuadorian bananas: Carbon footprint, water usage and wealth distribution along the supply chain. Sustainable Production and Consumption, 2. 3-16. doi: 10.1016/j.spc.2015.07.006
- [6] Barraza, D., Jansen, K., Van Wendel de Joode, B., y Wesseling, C. (2011). Pesticide use in banana and plantain production and risk perception among local actors in Talamanca. Environmental Research. 111 (5). 708-717. doi: 10.1016/j.envres.2011.02.009



- [7] Doan, K., van den Berg, F., Houbraken, M y Spanoghe, P. (2015). Volatilisation of pesticides after application in vegetable greenhouses. Science of The Total Environment. 505(1). 670-679. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.10.036
- [8] Ministerio del Ambiente. (29 de abril de 2013). Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola. Acuerdo Ministerial 021 (Agosto, 2017)
- [9] Cadena, F., Quiroz, F., Irusta, L y Fernández, M. (2012). Manual de Reciclaje de plásticos de invernadero. (1ed.). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional - Universidad del País Vasco.
- [10] Cadena F., Carranza, N., Cazar, A., Fernández, M., Lourdes, I., Quiroz, F y Terán, A. (2011). Reciclaje mecánico de residuos plásticos de invernaderos. Revista Iberoamericana de Polímeros, 13(1). 1-10.

4 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio); <i>en revista Polimeros</i>	X ✓ <i>obligatorio</i>
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X ✓
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X ✓

5 Descripción, metodología y diseño del proyecto

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El racimo del banano se protege tanto de las inclemencias del tiempo como del ataque de plagas e insectos con una cobertura plástica de polietileno por un tiempo aproximado de 12 meses, con la particularidad (y complejidad desde el punto de vista ambiental) de que este plástico se formula incorporándole insecticidas piretroides (nombre comercial: Bifentrin, 2-metilbifenil-3-ilmetil (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato) y organofosforados (Clorpirifós, nombre de la IUPAC: O, O-dietil O-3,5,6-trichloropyridin-2-il fosforotioato). Además, las plantaciones de banano son periódicamente fumigadas vía aérea y manualmente con agroquímicos de diversa índole [11].

El plástico presentará un grado de degradación y de contaminación residual por lo cual es necesario verificar si sus propiedades permiten su aprovechamiento posterior. Las más reciente investigaciones que se han realizado en el país se han focalizado en el impacto de la huella de carbono, del uso del agua y de afectaciones a la salud [5,12]; en América Latina en se han encontrado publicaciones sobre el reciclado mecánico pero sin que se mencionen las condiciones de partida de contaminación [13,14,15]. Por tanto, se



puede afirmar que, en las revistas científicas de circulación mundial y regional, son muy pocas las referencias de trabajo en este campo y aquellas que la tratan sobre el asunto, no consideran las particulares características de este plástico, sobre todo en lo referente a su contenido de agroquímicos, aspecto que se considera crítico para determinar con precisión las potencialidades de su reciclaje [16].

Metodología y diseño del proyecto

Las estadísticas que permiten contextualizar apropiadamente el problema, no son completas, están dispersas y no han sido procesadas apropiadamente, por ello es necesario empezar sistematizando la información que se dispone en diversas entidades sobre producción de los cultivos, tipos de plásticos que se utilizan, cantidad de residuos generados, etc. Con el procesamiento de la información mencionada, se seleccionarán las zonas y cantidades de muestras a caracterizar, tomando en cuenta su importancia ponderada, pero también de los recursos económicos disponibles, de tal manera de poder precisar y enfrentar la problemática desde un punto de vista científico-tecnológico [17].

Una de las características más importantes es el contenido de agroquímicos remanente, el proceso de extracción de estos compuestos del plástico usado ha sido desarrollado con éxito en investigaciones con otros materiales como el plástico de invernadero [18]. La detección y cuantificación se realizará por medio de las técnicas de cromatografía de gases y espectroscopia de masas, en la actualidad la EPN no realiza esos análisis por lo cual se requiere del apoyo de una institución que realice este tipo de análisis, el coordinador de los laboratorios de Agrocalidad ha comprometido su apoyo para la realización, sin costo, de estos análisis.

El nivel de degradación sufrido por los plásticos se determinará por:

- ✓ Espectroscopia de infrarrojo con la técnica de Reflexión Total Atenuada, que da cuenta de los posibles cambios que se presentan a nivel de la superficie en la estructura química del plástico y posible detección de presencia de agroquímicos.
- ✓ Las propiedades mecánicas de las muestras plásticas inicial y al final del proceso, se medirán mediante un equipo universal de ensayos utilizando las normativas ASTM [19] correspondientes; se evaluará: módulo de elasticidad, porcentaje de elongación a la ruptura y esfuerzo máximo. El porcentaje de elongación a la ruptura, es de especial interés para determinar si el plástico se ha degradado tanto que su reciclaje no es posible o se complica, pues es una medida que caracteriza directamente el grado de fragilidad que han alcanzado las moléculas del polietileno y por tanto las restricciones en su procesamiento posterior y uso [20]. El índice de fluidez se medirá mediante un plastómetro usando las normas ASTM [21].

[11] Polidoro, B., Dahlquist, R., Castillo, L., Morra, M., Somarriba, E y Bosque, N. (2008). Pesticide application practices, pest knowledge, and cost-benefits of plantain production in the Bribri-Cabécar Indigenous Territories, Costa Rica. *Environ Res.* 108(1). 98-106. doi: 10.1016/j.envres.2008.04.003

[12] Iriarte, A., Almeida, M y Villalobos, P. (2014). Carbon footprint of premium quality export bananas: Case study in Ecuador, the world's largest exporter. *Science of The Total Environment.* 472. 1082-1088. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.072

[13] París, L y González, S. (2009). Caracterización de los materiales plásticos reciclados provenientes de la industria bananera empleados para la elaboración de madera plástica. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales.* S1(4). 1451-1460.

[14] Quirola, A., Saltos, V y Centeno, V. (2010). Proyecto de Producción y Comercialización de Perfiles Plásticos a Base de Materia Prima Reciclada para Compañías Exportadoras de Banano en la Ciudad de Guayaquil. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Empresarial Internacional). Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

[15] Abarca, L. (1996). Evaluación del impacto ambiental de los desechos sólidos producidos en la actividad bananera. *Tecnología en Marcha.* 12(4). 17-24.

[16] Briassoulis, D., Hiskakis, M y Babou, E. (2013). Technical specifications for mechanical recycling of agricultural plastic waste. *Waste Management.* 33. 1516-1530. doi: 10.1016/j.wasman.2013.03.004



- [17] Briassoulis, D., Hiskakis, M., Babou, E., Antihijos, S y Papadi, C. (2012). Experimental investigation of the quality characteristics of agricultural plastic wastes regarding their recycling and energy recovery potential. Waste Management. 32(6). 1075-1090. doi: 10.1016/j.wasman.2012.01.018
- [18] Tzankova, N., La Mantia, F., Acierno, D., Di Maio, L., Camino, G., Trotta, F., Luda, M y Paci, M. (2001). Characterization and reprocessing of greenhouse. Polymer Degradation and Stability. 72. 141-146. doi:
- [19] American Society for Testing and Materials. (2012). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin. ASTM D882 – 12
- [20] Asociación Española de Normalización.(2017). Películas termoplásticas para cubiertas para su utilización en agricultura y horticultura. UNE-EN 13206:2017
- [21] American Society for Testing and Materials. (2013). Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. ASTM D1238 - 13

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio ZZ		
CIAP	Espectrofotómetro de Infrarrojo por Transformadas de Fourier con accesorio HATR de SeZn	CIAP DECAB
CIAP	Máquina Universal de ensayos	CIAP DECAB
CIAP	Plastómetro de extrusión para la determinación de índice de fluidez	CIAP DECAB

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

6.3 Fondos Adicionales

No existen fondos adicionales pero se han hecho los contactos del caso, con productores bananeros y con académicos de la Universidad Técnica de Machala para acceder a las plantaciones y recolectar el residuo plástico. Y, se ha conseguido que se hagan los análisis de contaminación del plástico sin costo.