



# **RECICLAJE MECÁNICO DE LA COBERTURA PLÁSTICA DEL RACIMO DE LAS BANANAS (*Musa Paradisiaca*)**

Alex Aguilar, Francisco Cadena, Vladimir Valle y Francisco Quiroz

Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP)  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador

# Contenido

1. Introducción
2. Metodología y resultados
3. Conclusiones

# 1. Introducción

Datos y problemática del sector bananero en Ecuador

# 1.1. Datos del sector bananero

- Ecuador es el 1er exportador del planeta.
  - 1/3 de la producción mundial.
- Tiene una participación aproximada del 2% del PIB.
- Representa a cerca de 13000 productores.
- Beneficia a más de 2,5 millones de personas.



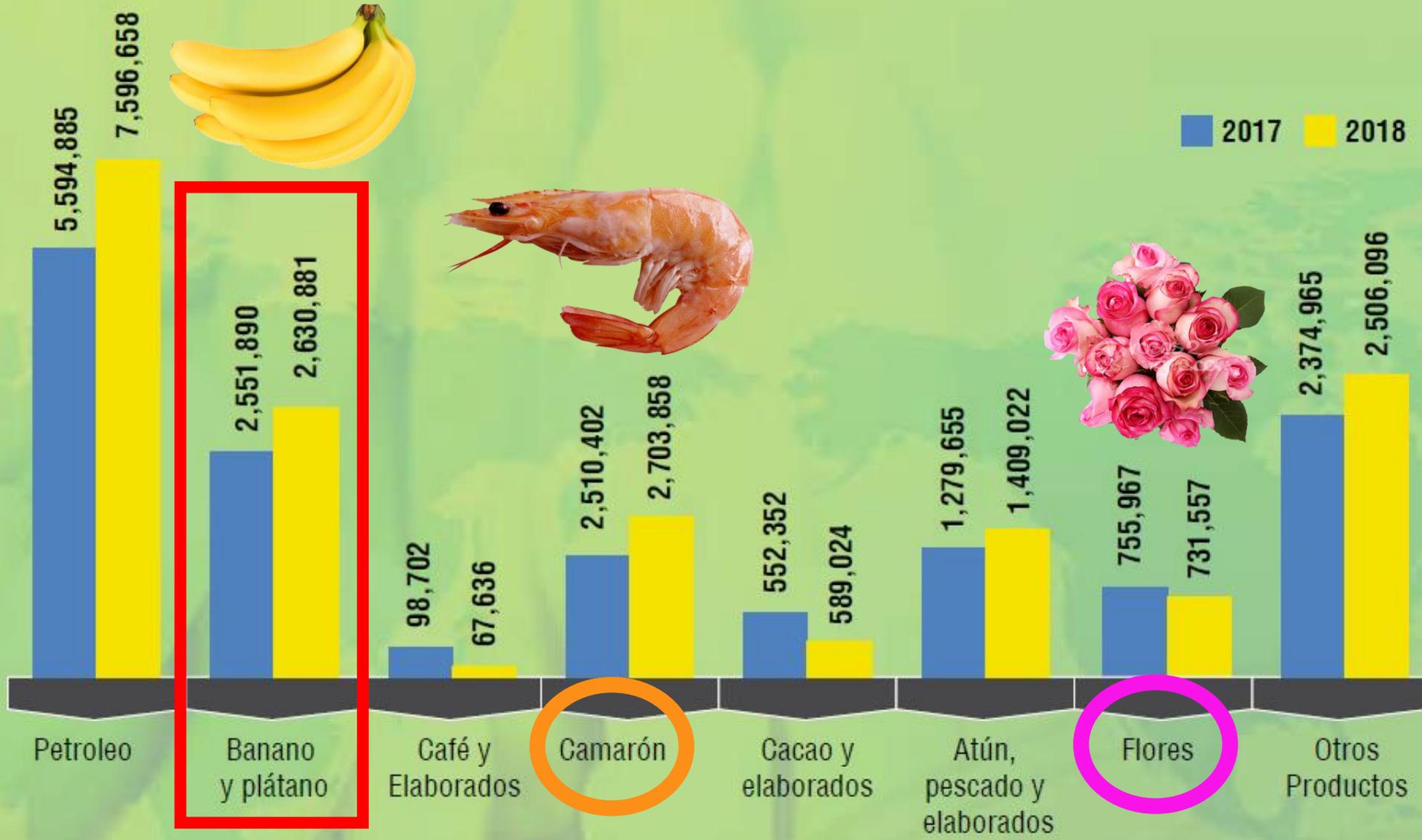
# EXPORTACIONES POR PRODUCTO PRINCIPAL

## ACUMULADA A JUNIO

2017 - 2018  
en miles de dólares



Fuente: Banco Central del Ecuador



## 1.2. Problemática del sector bananero

- Eficiencia

- $37,5 \frac{\text{tons}}{\text{ha} \cdot \text{año}} \rightarrow \text{Ecuador}$

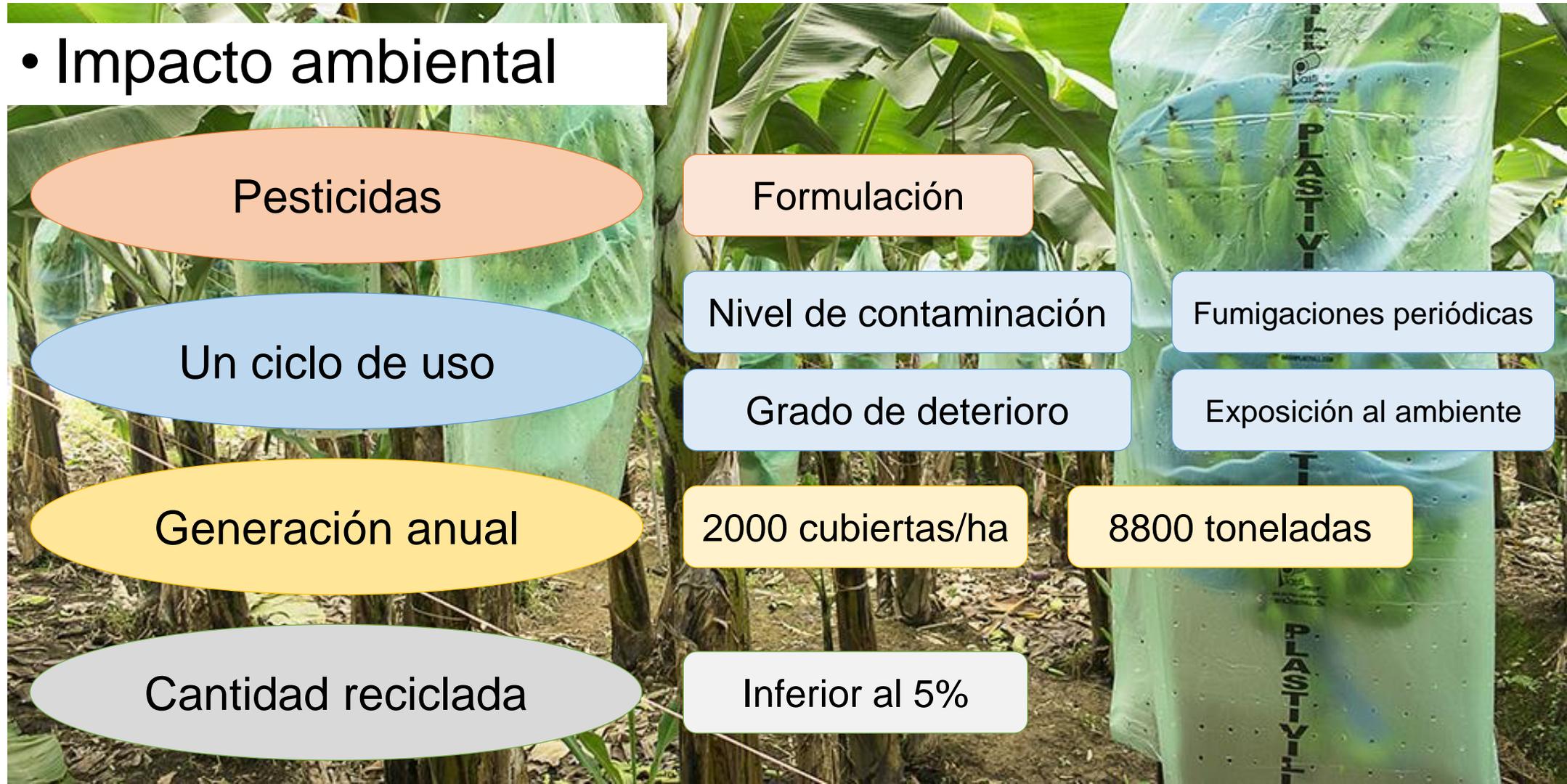
- $52,5 \frac{\text{tons}}{\text{ha} \cdot \text{año}} \rightarrow \text{Costa Rica}$

- Políticas del mercado Internacional



# 1.2. Problemática del sector bananero

## • Impacto ambiental



# 1.2. Problemática del sector bananero

- Impacto ambiental

Ausencia de normativa

Riesgo en productos

Juguetes

Recipientes

Alimentos

Fármacos



# 2. Metodología y resultados

Esquema, caracterización, etapas y productos

## 2.1. Esquema de la investigación



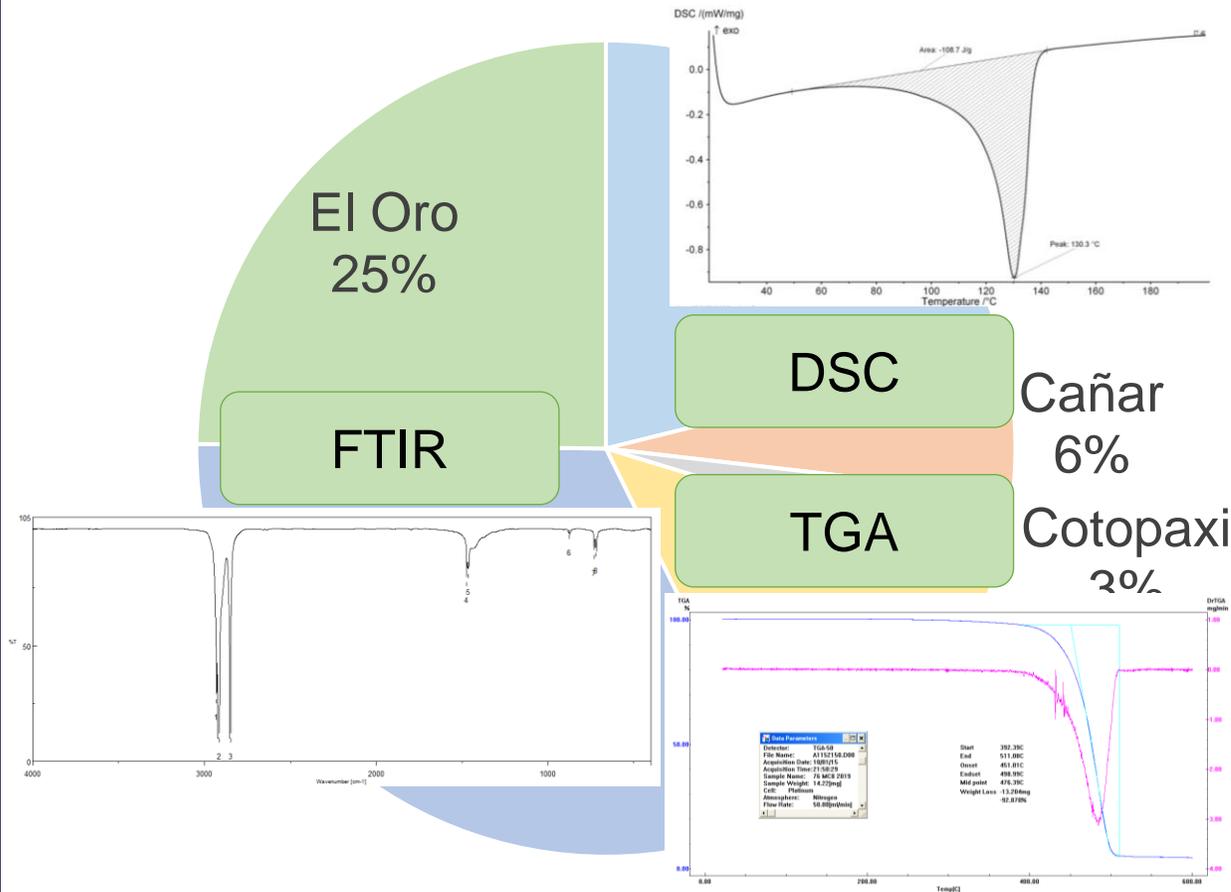
- Identificación del material
- Nivel de contaminación
- Grado de deterioro

- Selección y Clasificación
- Reducción de tamaño
- Lavado
- Secado
- Aglutinado
- Procesamiento

- Mezclas de matriz reciclada con material virgen
- Perfiles de extrusión
- Efecto del tratamiento termomécanico de la extrusión

## 2.2. Caracterización de los residuos

- Identificación del material

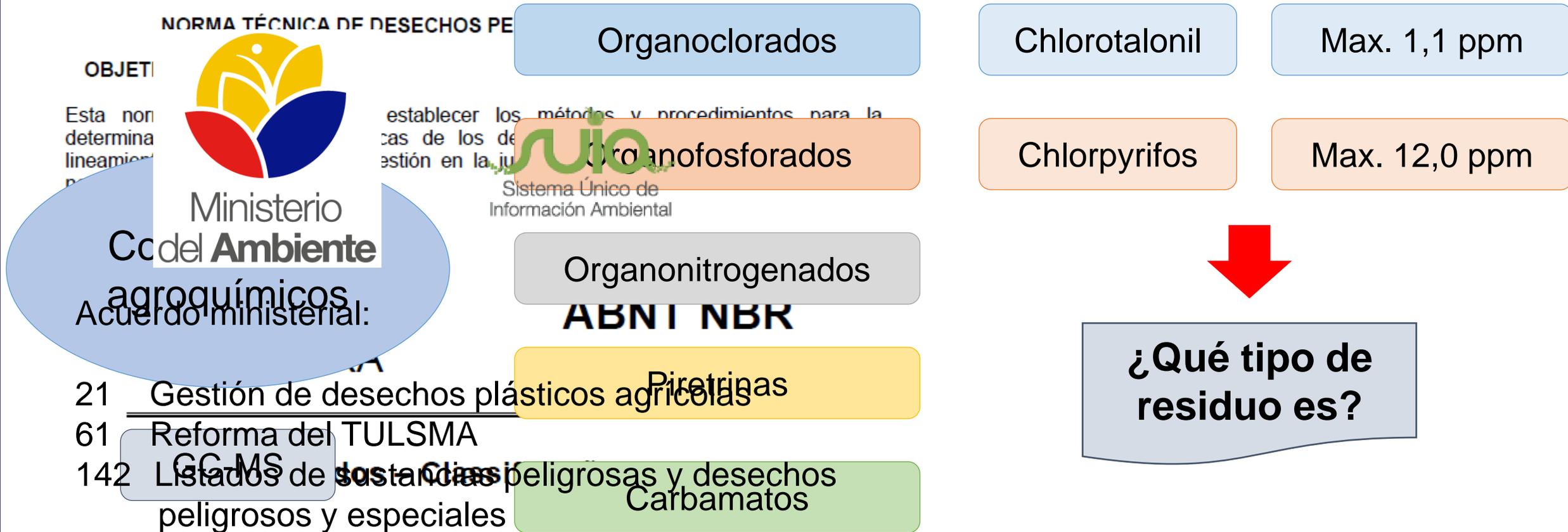


**Tabla 1.** Muestras seleccionadas de las cubiertas plásticas de los racimos de las bananas

Muestra	Provincia de Origen	Material Plástico
MC1	Guayas	HDPE
MC2	Guayas	HDPE
MC3	Pichincha	HDPE
MC4	El Oro	HDPE
MC5	El Oro	LDPE
MC6	El Oro	HDPE
MC7	El Oro	HDPE
MC8	El Oro	HDPE
MC9	Los Ríos	HDPE
MO	Guayas	HDPE

# 2.2. Caracterización de los residuos

## • Nivel de contaminación



## 2.2. Caracterización de los residuos

- Nivel de contaminación

**Tabla 2.** Análisis de pesticidas en las cubiertas plásticas de los racimos de las bananas

Agroquímico	Máximo detectado (ppm)	Norma de Alimentos (Límites máximos permisibles, ppm)	
		Japonesa	Estadounidense
Chlorotalonil	1,1	25,00 (en duraznos)	15,00 (en apio y papaya)
Chlorpyrifos	12,0	10,00 (en té)	20,00 (en aceite cítrico)

**Se pueden considerar como residuos  
“no peligrosos o especiales”**

# 2.2. Caracterización de los residuos

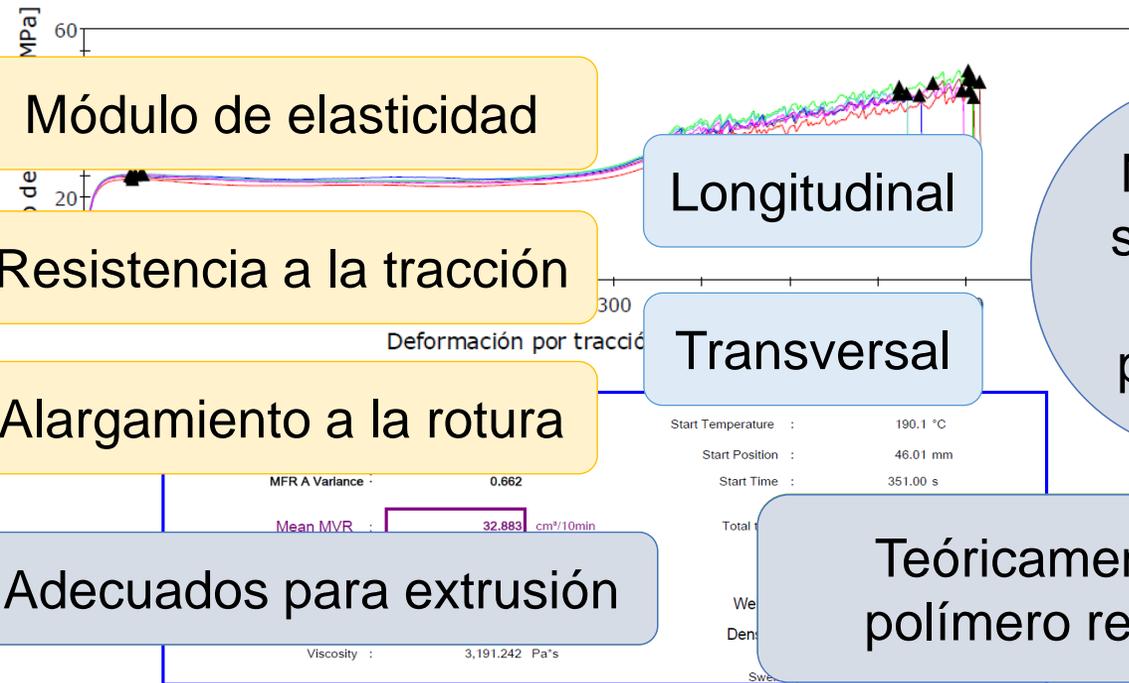
- Grado de deterioro

Propiedades mecánicas a tracción

MFI

FTIR-ATR

ASTM D 882-02: Stress-strain curve (Specimen 1 to 6)



Módulo de elasticidad

Resistencia a la tracción

Alargamiento a la rotura

Adecuados para extrusión

1795, 1737 y 1648  $\text{cm}^{-1}$

Índice de carbonilo  $<0,5$

Avance de la oxidación no es significativo

## 2.3. Etapas de reciclaje

Selección y clasificación



HDPE

Reducción de tamaño



d80 = 3,3 mm

## 2.3. Etapas de reciclaje

### Lavado



40 min

### Secado



6 horas

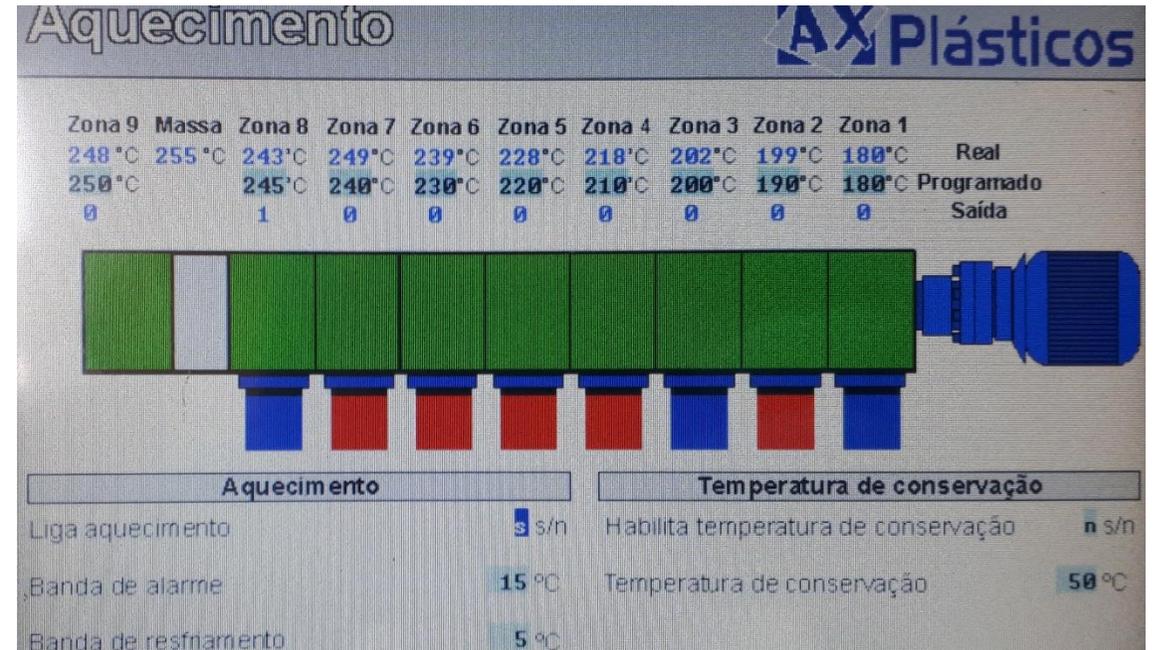
## 2.3. Etapas de reciclaje

### Aglutinado



>>  $\delta_{Aparente}$

### Procesamiento



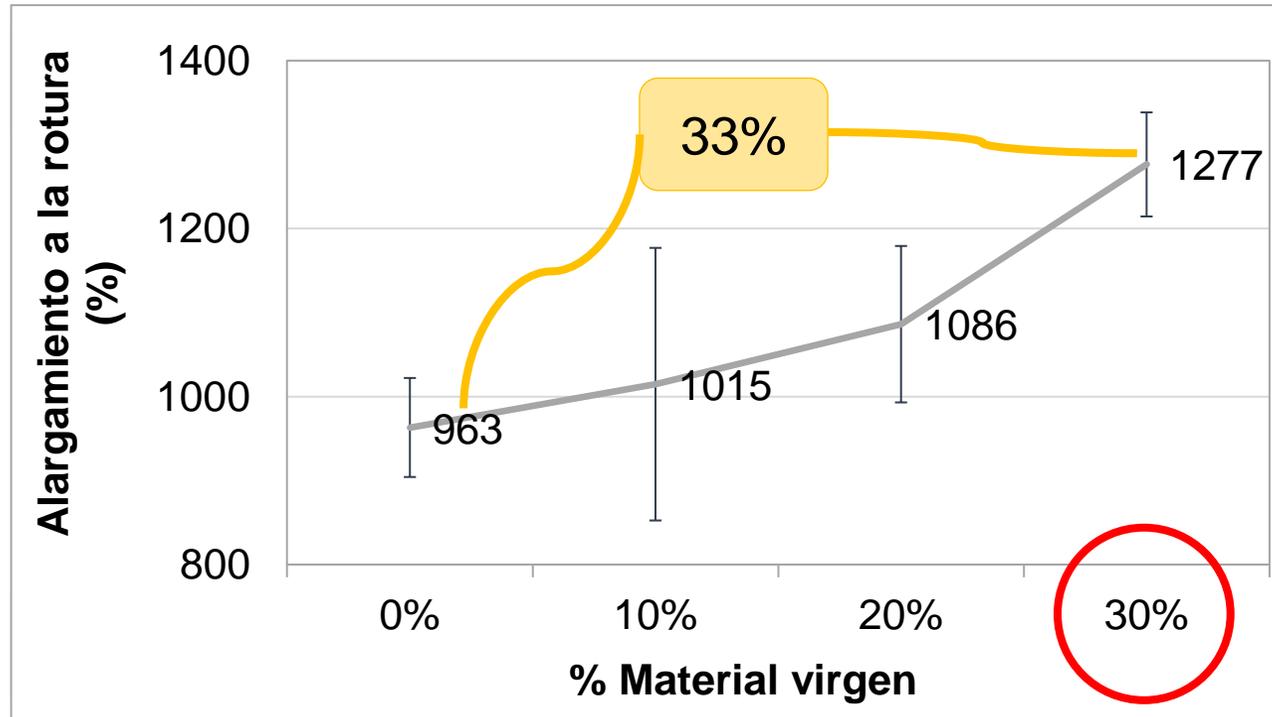
T: 180-250 °C

Vh = 50 r.p.m

## 2.4. Productos de material reciclado

### Mezclas de matriz reciclada con material virgen

Propiedades mecánicas a tracción MC8



Módulo de elasticidad

Resistencia a la tracción

Alargamiento a la rotura

Diseño  
Experimental  
Completamente  
al Azar (DCL)

## 2.4. Productos de material reciclado

### Perfiles de extrusión

Zuncho



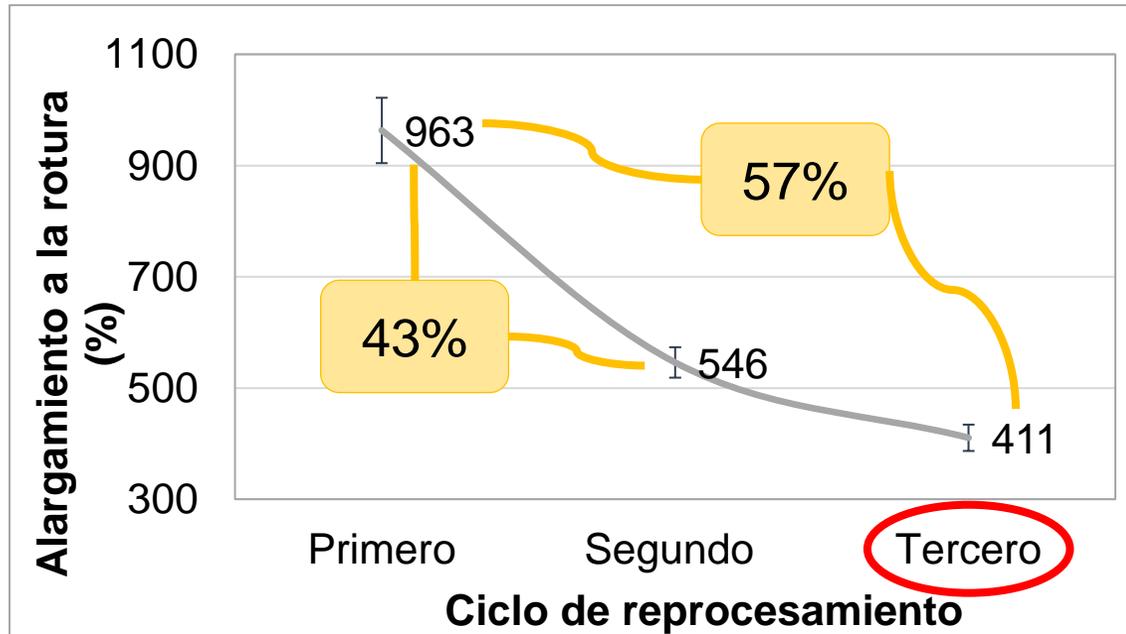
Pellets



# 2.4. Productos de material reciclado

## Tratamiento termomecánico de la extrusión

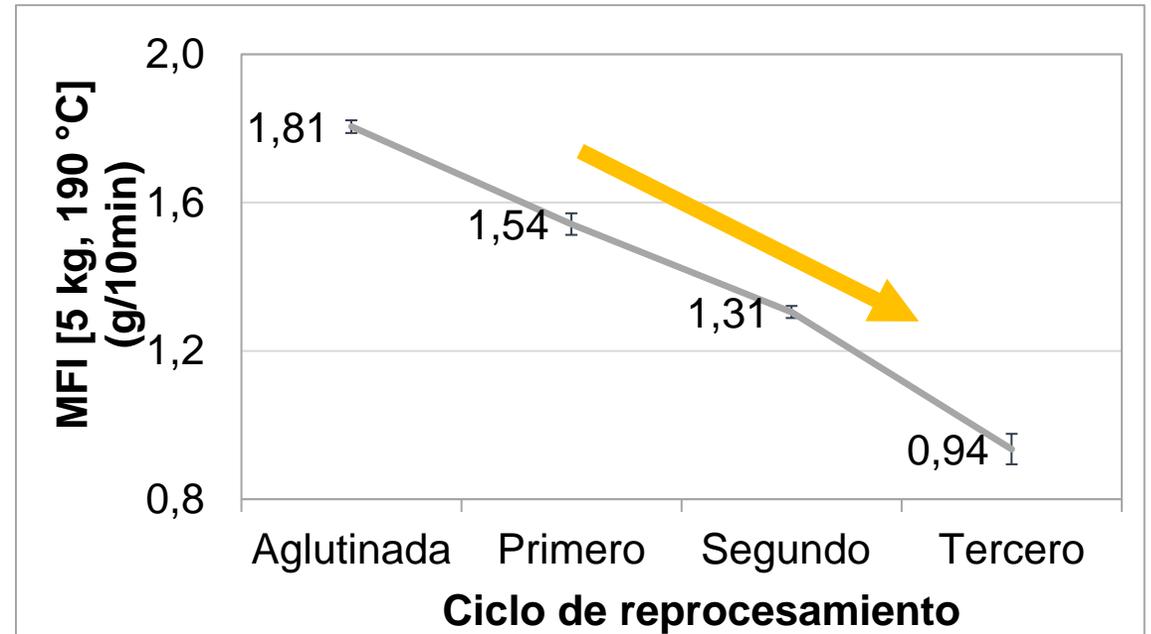
Propiedades mecánicas a tracción



Norma española  
UNE-EN 13206

Material degradado

Índice de fluidez (MFI)



Teóricamente el polímero  
retícula

# 3. Conclusiones

- La caracterización de los residuos reveló que el material plástico corresponde a HDPE.
- La determinación del nivel de contaminación confirmó la categorización del residuo como no peligroso, e indican la presencia de solo 2 pesticidas, chlorotalonil y chlorpyrifos.
- La evaluación del nivel de degradación evidenció que la pérdida de propiedades mecánicas a tracción es inferior al 50 %, que, de acuerdo con el criterio de la Norma Española UNE-EN 13206, el material no está degradado y es factible su reciclado directo.

- Se establecieron seis etapas del proceso de reciclaje mecánico a escala laboratorio, entre ellas: selección y clasificación, reducción de tamaño, lavado, secado al ambiente, aglutinado y reprocesamiento por extrusión.
- El procesamiento de mezclas de matriz reciclada con material virgen mostró el mejor resultado con la muestra MC8 al adicionar 30 % en masa de material virgen, reportando un incremento estadísticamente significativo en el alargamiento a la rotura del 33 % respecto del primer reprocesado del material.

- Se obtuvieron dos tipos de perfiles de extrusión, en forma de cinta y de sección transversal circular.
- La evaluación de las propiedades mecánicas de tracción bajo dos ciclos de reprocesado mostró que el material llega a perder el 50 % de su alargamiento a la rotura en el tercer ciclo, que, de acuerdo con el criterio de la Norma española UNE-EN 13206, el material se considera degradado.

# Gracias CIAP!!!



Auspiciado por: Proyecto Semilla EPN-PIS-17-07