

# SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA



Mariana Lorbach<sup>1</sup>, Rosana García<sup>2</sup>, Trinidad Manrique<sup>2</sup>, Salvador Parra<sup>3</sup>, Carmen García<sup>3</sup>, Carlos Parra<sup>4</sup>, Samir Sayadi<sup>4\*</sup>  
<sup>1</sup>Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA), Almería; <sup>2</sup>AGAPA, Córdoba; <sup>3</sup>Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Almería; <sup>4</sup>IFAPA Granada. \*samir.sayadi@juntadeandalucia.es



## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El proyecto REINWASTE, tiene como objetivo la reconstrucción de la cadena de valor de alimentos mediante la **demonstración de soluciones innovadoras** para alcanzar **cero residuos inorgánicos**, respetando el principio de jerarquía de residuos (prevención, reutilización, reciclado, valorización y eliminación). El proyecto está financiado por el Programa INTERREG-MED, cuenta con diez socios de cuatro países y un plazo de ejecución de treinta meses, que finaliza en agosto de 2020. Se desarrolla en **tres sectores estratégicos** de la cuenca mediterránea, el hortícola en Andalucía (España), el cárnico en Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur (Francia) y el sector lácteo en Emilia-Romagna (Italia). Los plásticos son un problema medioambiental mundial, acumulándose el 79% en vertederos y en el medio ambiente, el 12% es incinerado y tan sólo el 9% es reciclado.



## METODOLOGÍA

### ESTIMACIONES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN HORTICULTURA:

Estimaciones realizadas a partir del **conocimiento de los sistemas productivos**:

- Información sobre el uso de materiales, técnicas y tecnología agronómica y su nivel de implementación en estudios de campo (Valera et al., 2014; Castilla, 2004).
- Características de los materiales usados actualmente (Serrano, 2011).
- Peso y volumen de los materiales (Dupuis, 2006) y su sustitución según la vida útil de los distintos elementos y sistemas a través del período de amortización y renovación (Cabello et al., 2004).

### ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS INORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA E IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES INNOVADORAS PARA SU REDUCCIÓN:

Metodología mixta cualitativa y cuantitativa basada en:

- **Fuentes de información abiertas de ámbito europeo:**
  - Resultados de proyectos europeos
  - Resultados públicos de institutos de I+D+i así como informes y estadísticas oficiales sobre residuos en el sector hortícola.
  - Proveedores de servicios y fabricantes de materiales innovadores
  - Webs especializadas en producción hortícola, innovación, bioeconomía y economía circular.
- **Consulta a un panel de 27 expertos:**
  - El número de expertos consultados es adecuado pues resulta comúnmente aceptado en la investigación socioeconómica que este número debería estar por encima de 17 (Dalkey, 1969; García Ruiz et al., 2019; Salazar y Sayadi, 2007) y por debajo de 50 (Landeta, 1999).
  - Se recomienda el uso de un panel de expertos en estudios en los que hay poca información con evidencia empírica previa (Asselin et al., 2014)
  - Perfil diverso de los expertos (centros tecnológicos de plástico, de innovación y tecnología, de industria auxiliar; organizaciones de gestión de residuos, empresas de transformación de material plástico, proveedores de estructuras de invernadero, asociaciones de materiales plásticos, empresas de valorización de residuos y producción de combustible, empresas de soluciones biológicas para la sanidad vegetal, asociaciones de productores hortícolas y consultores agrarios)
  - Consultas principalmente presenciales (45 min) y también por medios telemáticos realizadas en enero de 2019.
  - Remisión de un cuestionario previo a la reunión presencial, recopilando información sobre los principales residuos inorgánicos y la identificación de las mejores tecnologías disponibles, alternativas y soluciones para reducir los residuos inorgánicos en el proceso de producción hortícola.

### INCORPORACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE INNOVACIÓN Y PROSPECTIVA ENTRE LOS ACTORES CLAVE DEL SECTOR:

- **Laboratorio de Innovación Abierta (Open Innovation Lab):**
  - Organizado el 23 de mayo de 2019, en el marco de la feria Infoagro Exhibition en Almería, en el que participaron 31 agentes de distintos perfiles en la cadena de valor hortícola (empresas, agricultores, expertos) para discutir y consensuar las posibles soluciones innovadoras para el sector hortícola, incluyendo una previsión de su potencial implantación y monitorización a corto y medio plazo.

### IMPLEMENTACIÓN DE LAS DEMOSTRACIONES:

Se ha llevado a cabo mediante dos etapas cronológicas:

- **Emparejar las necesidades de las empresas hortícolas con las mejores soluciones innovadoras para la reducción de residuos:**
  - Selección de 15 empresas del sector productor hortícola de invernadero (+15 empresas del sector agroindustrial. Total 90 empresas: 30 empresas por región)
  - Selección de centros de conocimiento (expertos) para el asesoramiento a empresas: 2 centros de conocimiento para el sector productor y uno para el sector agroindustrial hortícola.
  - Realización de reuniones (b2b) entre expertos y empresas para la identificación de sus residuos inorgánicos así como los problemas y necesidades para su reducción.
  - Asesoramiento personalizado y recomendaciones adaptadas a las necesidades de cada empresa para la reducción de residuos inorgánicos basado en la identificación previa de soluciones innovadoras.
- **Acciones piloto: Demostración de las soluciones innovadoras para la reducción de residuos en las empresas hortícolas:**
  - Selección de 5 de las 15 empresas del sector productor hortícola para la demostración de las soluciones innovadoras (+5 empresas del sector agroindustrial. Total: 30 empresas: 10 empresas por región)
  - La selección de empresas se realiza en base a criterios técnicos, su tendencia a la innovación y predisposición a implementar soluciones para adaptar el proceso productivo para la reducción de residuos.
  - Puesta en marcha de 5 soluciones innovadoras en las empresas seleccionadas con asesoramiento experto completo y su correspondiente plan de negocio y viabilidad.

## PRINCIPALES RESULTADOS EN EL SECTOR HORTÍCOLA

### ESTIMACIONES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS EN HORTICULTURA:

Tabla 1: Distribución (año/ha) de los residuos inorgánicos por función productiva

Función	Peso		Volumen	
	(Tm)	%	(m <sup>3</sup> )	(%)
Cubierta de Invernadero	39.215	43,2%	49.798	26,6%
Sustratos	1.219	1,3%	1.598	0,9%
Almacenamiento de agua	576	0,6%	730	0,4%
Desinfección de suelos	21.061	23,2%	24.066	12,9%
Sombreo	10	0,0%	10	0,0%
Trasplante	698	0,8%	40.714	21,8%
Túneles	2.259	2,5%	2.429	1,3%
Acolchado	4.900	5,4%	5.065	2,7%
Entutorado	6.448	7,1%	4.891	2,6%
Irrigación	4.967	5,5%	20.760	11,1%
Sanidad	4.034	4,4%	17.333	9,3%
Polinización	2.469	2,7%	26	0,0%
Recolección	2.883	3,2%	19.630	10,5%
<b>Total</b>	<b>90.738</b>	<b>100%</b>	<b>187.050</b>	<b>100%</b>

Tabla 2: Distribución (año/ha) de los residuos inorgánicos por materiales

Material	Peso		Volumen	
	(Tm)	%	(m <sup>3</sup> )	(%)
Poliétileno AD	8.669	9,6%	36.599	19,6%
Poliétileno BD	34.034	37,5%	55.249	29,5%
Metal	36.921	40,7%	27.969	15,0%
EVA	700	0,8%	761	0,4%
Polipropileno	4.813	5,3%	21.200	11,3%
Poliestireno	191	0,2%	40.159	21,5%
PVC	140	0,2%	112	0,1%
Mixto ©	438	0,5%	1.872	1,0%
Mixto	2.917	3,2%	428	0,2%
Madera	284	0,3%	231	0,1%
Latex (1)	58	0,1%	647	0,3%
Hormigón	288	0,3%	169	0,1%
Lana de roca	768	0,8%	1.097	0,6%
Fibra de coco	452	0,5%	502	0,3%
Arena	67	0,1%	56	0,0%
<b>Total</b>	<b>90.738</b>	<b>100%</b>	<b>187.050</b>	<b>100%</b>

(1) Guantes usados en la recolección

Mixto©: Plásticos y otros elementos que se pueden encontrar en sistemas de riego

Fuente: Estimaciones realizadas por IFAPA para el proyecto REINWASTE para 35.000 ha de horticultura intensiva de Almería

La información relativa a la producción de residuos inorgánicos está muy dispersa o es inexistente. En general, los plásticos utilizados como materiales de protección, suponen aproximadamente el 6% sobre el total de los residuos generados, correspondiendo el resto a residuos orgánicos.

Con una superficie de producción de más de 35.000 hectáreas invernadas, el sector hortícola genera un total de **90.738 t y 187.050 m<sup>3</sup> de residuos inorgánicos** cada año, destacando el peso de los plásticos de cubierta (43%) y los plásticos finos de desinfección (23%). Los materiales utilizados para llevar a cabo estas tareas son principalmente el metal (41%) y el polietileno de baja densidad (38%). Es de destacar que un 5% del peso de los residuos generados corresponde a polipropileno (rafia y elementos de entutorado) que plantea graves dificultades en la gestión pues debe separarse de los restos de cultivo (residuos orgánicos).

Para más detalle sobre la tipología y cuantificación de los residuos así como las mejores soluciones innovadoras (BATs: Best Available Techniques) para prevenir y reducir dichos residuos inorgánicos puede verse Sayadi et al., (2019).

### IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS INNOVADORAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS (BATs, BEST AVAILABLE TECHNIQUES)

#### 24 SOLUCIONES PRODUCCIÓN HORTÍCOLA

- ✓ Materiales alternativos para reemplazar plástico
- ✓ Prácticas culturales para reducir o reutilizar o facilitar la valorización
- ✓ Gestión, mejora y optimización de los sistemas de gestión de residuos
- ✓ Valorización de residuos de difícil gestión

#### 29 SOLUCIONES AGROINDUSTRIA

- ✓ Ecodiseño de envasado y empaquetado
- ✓ Reducción de residuos en la paletización
  - Reducción de gramaje
  - Tamaño del envase
  - Evitar envases secundarios
- ✓ Uso de material biodegradable

### DEMOSTRACIONES: EJECUCIÓN DE 5 PILOTOS EN EMPRESAS HORTÍCOLAS



#### Alternativas al plástico fino convencional para acolchado

Sustitución del film acolchado convencional por dos tipos de film **acolchado**, uno **biodegradable** y otro **compostable**. Otras alternativas son llevar a cabo **técnicas para el acondicionamiento de los films** plásticos convencionales para su correcta gestión y valorización en las plantas gestoras de residuos.

#### Alternativas al uso convencional de tutores plásticos:

Reemplazar la rafia y clips plásticos utilizados para el entutorado de las plantas por **rafias y clips biodegradables y compostables**. Permite la no separación de rafia y clips de los restos vegetales y permite al agricultor realizar su propio compost. Otras alternativas son **técnicas de separación** del entutorado y los restos vegetales que permitan la **reutilización** de los tutores y/o seguir una línea de valorización.

#### Opciones de valorización de residuos de difícil gestión

Estudio técnico, socioeconómico y ambiental para la valorización de residuos de difícil gestión (plástico de bajo espesor, rafia plástica, envases no retornables, sacos, colmenas, polifibril cubresuelos, etc.) obteniendo hidrocarburos a través de tecnología de **pirólisis**. Se puede utilizar el combustible con posible uso agrícola, contribuyendo así a la economía circular. Se evaluará los residuos a gestionar, su acondicionamiento, logística necesaria, capacidad de la planta de pirólisis, tarifas de gestión, usos de los hidrocarburos generados.

#### Optimización de la gestión de residuos agrícolas a través de sistemas de trazabilidad documental

Implantación de un sistema de trazabilidad documental de la explotación a la planta de tratamiento, por **medios telemáticos**, con el objetivo de estudiar su viabilidad e impacto a corto y medio plazo. Permite aumentar la inspección y el control por parte de las administraciones competentes sobre la gestión de residuos inorgánicos para evitar su abandono y asegurar una correcta gestión. Así mismo permite reducir el tiempo empleado en la generación y transferencia de los documentos necesarios, un control de los costes de gestión y logística, así como compartir información a tiempo real entre productores, transportistas y gestores de residuos.

#### Modelo para la gestión de residuos a nivel asociativo

Organización de un modelo de gestión de residuos a nivel cooperativo que puede abarcar **distintos niveles de cooperación**, desde niveles más básicos (acuerdos con empresas de transporte, con plantas gestoras, coordinar la recogida a través de un gestor, organizar la logística) a uno más complejo en el que los productores actúen como gestores de residuos.

Las prácticas innovadoras anteriores que se van a implementar se van a monitorizar y cuantificar mediante datos experimentales en invernaderos y del empleo de métodos multicriterio en base a conocimiento de expertos utilizando el método **proceso de análisis jerárquico** (AHP, Analytic Hierarchy Process).

## CONCLUSIONES

La amplitud de las soluciones tecnológicas identificadas, en línea con las exigencias normativas europeas, unida al interés mostrado por las empresas intervinientes en la cadena de valor hortícola, hacen prever una satisfactoria implantación de las mismas a la finalización del proyecto.

Hay que destacar que existen **grandes oportunidades de mejora** para conseguir una producción hortícola más eficiente, produciendo más con menos recursos y con menor impacto. Se trata de una necesidad de **gestionar adecuadamente el flujo de residuos** generados en el sector, ya que constituyen un riesgo para la sostenibilidad económica, ambiental y social del modelo productivo actual en la cadena de valor hortícola.

En definitiva, la productividad y la gestión de residuos son los retos del presente, y dibujarán el futuro de una producción hortícola eficiente y sostenible, que debe satisfacer las nuevas demandas del mercado y aplacar las preocupaciones de los consumidores, cada vez más exigentes, formados e informados.

Los resultados obtenidos se están divulgando a todos los agentes de la cadena de valor hortícola, las instituciones regionales implicadas, así como a las autoridades europeas competentes, para el diseño de estrategias y políticas más eficientes, que favorezcan una adecuada gestión de los residuos inorgánicos, conforme a los principios de la bioeconomía circular.

## BIBLIOGRAFÍA

- Valera, D.L.; Belmonte, L.J.; Molina, F.D.; López, A. Los Invernaderos de Almería. Análisis de su Tecnología y Rentabilidad, 1ª ed.; Fundación Cajamar: Almería, España, 2014; p. 504.
- Castilla, N. Invernaderos de Plástico. Tecnología y Manejo, 1ª ed.; Mundi-Prensa: Madrid, España, 2004.
- Serrano, Z. Guía Práctica del Empleo de Materiales Plásticos en Agricultura y Ganadería, 1ª ed.; Zoilo Serrano: Madrid, España, 2011; p. 200.
- Dupuis, I. Estimación de los Residuos Agrícolas Generados en la Isla de Tenerife, 1ª ed.; Cabildo Insular de Tenerife: Tenerife, España, 2006; p. 20.
- Cabello, A.; Barbero, J.; Martín, R.; Escobar, A. Contabilidad Agraria e Introducción a la Informática, 2ª ed.; Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca: Sevilla, España, 2004; p. 145.
- Dalkey, N.C. The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion, 1ª ed.; Rand Corporation: Santa Monica, CA, USA, 1969.
- García-Ruiz, M.E.; Lena-Acebo, F.J. Application of the Delphi Method in the Design of a Quantitative Investigation on the FABLABS. Revista de Metodologías de Ciencias Sociales. Disponible online: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6411277.pdf> (acceso el 10 Junio 2019).
- Salazar, O.M.; Sayadi, S. La Revisión Intermedia de la PAC. ¿Acuerdo, desacuerdo o incertidumbre?. Libro: Agricultura Familiar en España; Fundación de Estudios Rurales: Madrid-España, 2007; p. 48-58.
- Landeta, J. El Método Delphi. Una Técnica de Previsión Para la Incertidumbre, 1st ed.; Ariel: Barcelona, España, 1999.
- Asselin, M.E.; Harper, M. Revisiting the Delphi technique: Implications for nursing professional development. J. Nurses Prof. Dev. 2014, 30, 11–15.
- Sayadi, S.; Rodríguez, C.R.; Rojas, F.; Parra, C.; Parra, S.; García, M.C.; García, R.; Lorbach, M. B. y Manrique, T. Inorganic Waste Management in Greenhouse Agriculture in Almería (SE Spain): Towards a Circular System in Intensive Horticultural Production. Sustainability, 2019; 11(14), 37-82; <https://doi.org/10.3390/su11143782>.