



# **C3-BIOECONOMY**

**Circular and Sustainable Bioeconomy**

*International Journal of Circular and Sustainable Bioeconomy*

N° 3 (2022)





## Índice

EDITORIAL .....	3
Cuantificación de los recursos biomásicos del sector oleícola en Andalucía: una aproximación actualizada .....	7
Visiones y discurrir histórico del término 'Desarrollo Sostenible' .....	35
El ecosistema para la Bioeconomía en Argentina: experiencia Rosario .....	53
Desarrollo de Nuevas Tecnologías que impulsan Avances en Agricultura de Precisión para optimizar insumos y reducir la huella ambiental. ....	69
MONOGRÁFICO: Desafíos de la Bioeconomía Circular para la Seguridad Alimentaria desde la perspectiva de la Química Analítica .....	76
Biorizon Biotech, I+D biotecnológica y bioeconomía circular como palanca de crecimiento.....	91
Transformando Residuos de Aguas Residuales en Fertilizantes: la planta de compostaje de Agropolo Campinas-Brasil.....	106
Prácticas sobre la gestión de residuos orgánicos e inorgánicos procedentes de la agricultura: el proyecto Recicland.....	124





**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## EDITORIAL



**Manuel Torralbo Rodríguez**

**Presidente del Consejo Rector del ceiA3 y Rector de la Universidad de Córdoba**

Este año 2022 lanzamos el tercer número de Revista C3-BIOECONOMY, *Circular and Sustainable Bioeconomy*, que aborda diferentes perspectivas y casos exitosos en la innovación en Bioeconomía Circular y Sostenible, prestando especial atención al sector agroalimentario pero desde una perspectiva multisectorial.

Con este tercer número C3-BIOECONOMY se está consolidando como una plataforma para compartir conocimiento científico técnico vinculado con la Bioeconomía agroalimentaria y ofrece asimismo la oportunidad de conocer ejemplos prácticos de diferentes zonas geográficas. A lo largo de este número cabe destacar el equilibrio entre los artículos científicos y los casos prácticos, así como el balance geográfico focalizado principalmente en Europa e Iberoamérica y resaltar su alineamiento con el Compromiso Verde Europeo.

En esta ocasión diferentes autores abordan conceptos como son la circularidad y la sostenibilidad de las producciones, por un lado, se aborda un análisis crítico y actualizado de cuantificación del volumen de biomasa que genera el sector del olivar que se hace necesario ante el incremento de superficie y la intensificación de este sistema agrario en Andalucía, para soportar la toma de decisiones, públicas y privadas, en relación con el desarrollo de actividades de

bioeconomía circular orientadas a la valorización de esta producción. Se propone una visión más global y holística del término 'Desarrollo Sostenible', cada día más presente, teniendo en cuenta tanto sus diferentes acepciones como su evolución en las últimas décadas. Se presenta además el potencial de Argentina y los desafíos por resolver en materia de bioeconomía, a través de un análisis del ecosistema bio argentino, con foco en la experiencia de Rosario. Por último, se aborda una reducción del impacto de la agricultura moderna en el medioambiente, aportando datos interesantes sobre cómo algunas tecnologías pueden reducir la huella ambiental en la agricultura.

Por otro lado, se enriquece con un monográfico sobre los desafíos a nivel de inocuidad alimentaria que se asocian a la Bioeconomía Circular, y las metodologías analíticas disponibles para abordarlos.

El número se complementa, con tres casos de éxito fruto implementación de innovaciones que dan respuesta a problemáticas del sector a través de una colaboración con agentes del conocimiento. Estos casos de éxito proceden de sector productivo tanto de Europa como de Iberoamérica y muestran soluciones como la producción de soluciones naturales bioestimulantes y bioprotectores, basadas en el uso de microalgas y bacterias como materia prima natural y de valor, en el caso de la empresa Biorizon, la plataforma cooperativa Agropolo Campinas-Brasil, creada con el objetivo de promover la innovación tecnológica en la bioeconomía tropical, o el caso del proyecto Recicland, cuyo objetivo ha sido la gestión sostenible de los residuos generados en los procesos productivos de la agricultura protegida que se desarrolla principalmente en el litoral oriental andaluz.

Reciban un cordial saludo.

Manuel Torralbo Rodríguez

Presidente del Consejo Rector del ceiA3 y Rector de la Universidad de  
Córdoba



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## EDITORIAL



**Manuel Torralbo Rodríguez**

**President of ceiA3 and Rector of University of Cordoba**

ceiA3 launch the third issue of the journal C3-BIOECONOMY, *Circular and Sustainable Bioeconomy*, that addresses innovation in Circular and Sustainable Bioeconomy, with special attention to its impact on the agri-food and forestry sectors with a clear multisectoral vocation.

The third C3-BIOECONOMY issue aims to become an indispensable instrument to upgrade the state of the art in the field of Bioeconomy, to promote reflections and exchanges on this matter as a scientific and technical bioeconomy bridge among countries and continents. At this point, it should be noted the issue balance between the articles from Europe and Latin America with representation from a wide spectrum of countries and areas such as Latin America, Argentina, or Andalusia (Spain), addressing issues in the field of policy analysis, socioeconomic and technological aspects related to the Bioeconomy.

On the one hand, a critical and updated analysis of the quantification of the volume of biomass generated by the olive grove sector, as realistic as possible, is addressed, which is necessary in view of the increase in surface area and the intensification of this agricultural system in Andalusia, to support public and private decision-making in relation to the development of circular bioeconomy activities aimed at the valorisation of this production. A more global and holistic vision of the term 'Sustainable Development' is proposed, taking into account both its different meanings and its evolution in recent decades. It also presents

Argentina's potential and the challenges to be met in terms of bioeconomy, through an analysis of the Argentinean bio-ecosystem, with a focus on the experience of Rosario. Finally, a reduction of the impact of modern agriculture on the environment is addressed, providing interesting data on how some technologies can reduce the environmental footprint of agriculture.

On the other hand, this issue includes three case studies of successful resulting from research and innovations developed by knowledge agents to respond to and provide innovative solutions to the bioeconomy sector's problems. These case studies of successful come from companies in both Europe and Latin America and show solutions such as the production of natural biostimulant and bioprotective solutions, based on the use of microalgae and bacteria as natural and valuable raw materials, in the case of the company Biorizon; the cooperative platform Agropolo Campinas-Brazil, created with the aim of promoting technological innovation in the tropical bioeconomy; or the case of the Recicland project, whose objective has been the sustainable management of waste generated in the production processes of protected agriculture, mainly on the eastern coast of Andalusia.

The issue also includes a monograph on the food safety challenges associated with the Circular Bioeconomy and the analytical methodologies available to address them.

Sincerely,

Manuel Torralbo Rodríguez

President of ceiA3 and Rector of University of Cordoba



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## Cuantificación de los recursos biomásicos del sector oleícola en Andalucía: una aproximación actualizada

David Polonio<sup>1</sup>, Anastasio J. Villanueva<sup>2</sup> y José A. Gómez-Limón<sup>3</sup>

---

Autor de Correspondencia: [pg2pobad@uco.es](mailto:pg2pobad@uco.es)

---

### Resumen:

La tendencia creciente de la superficie y la intensificación productiva del olivar en Andalucía ha supuesto un incremento en la generación de subproductos en este sistema agrario. En este contexto, resulta necesario actualizar la cuantificación del volumen de biomasa producido, habida cuenta de la ausencia de estimaciones recientes. Existe una extensa literatura que proporciona diferentes estimaciones de índices de producción de biomasa en el sector, tanto en la fase agrícola como en la industrial. No obstante, las estimaciones basadas en estos trabajos proporcionan resultados muy heterogéneos. El objetivo de este estudio es analizar críticamente las propuestas de cuantificación de los subproductos del olivar y la industria oleícola, identificando cuáles deben tomarse como referencia para una estimación lo más realista posible. Para ello, se analizan las principales publicaciones científicas y se aplican los resultados a los datos medios de las últimas 5 campañas del sector oleícola andaluz. Esto ha permitido cuantificar el potencial biomásico medio del sector del olivar en Andalucía en 2,6 Mt/año en la fase agrícola, 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras. Esta cuantificación resulta útil para soportar la toma de decisiones, públicas y privadas, en relación con el desarrollo de actividades de bioeconomía circular orientadas a la valorización de esta producción.

**Palabras clave:** Biomasa, Subproductos olivar, Alpeorujo, Economía circular, Bioeconomía.

## Measurement of the biomass resources from the olive grove sector in Andalusia: An updated approach

David Polonio<sup>1</sup>, Anastasio J. Villanueva<sup>2</sup> and José A. Gómez-Limón<sup>3</sup>

### Abstract:

The growing trend in olive groves area and intensification of olive farms in Andalusia has led to an increase in the production of olive by-products. In this context, an updated quantification of the

---

<sup>1</sup> Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA) y Grupo WEARE (España), [pg2pobad@uco.es](mailto:pg2pobad@uco.es).

<sup>2</sup> Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) y Grupo WEARE (España), [anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es](mailto:anastasioj.villanueva@juntadeandalucia.es); <https://orcid.org/0000-0002-1384-8372>.

<sup>3</sup> Universidad de Córdoba y Grupo WEARE (España), [iglimon@uco.es](mailto:iglimon@uco.es); <https://orcid.org/0000-0002-6364-0027>.



volume of these biomass resources is utterly needed, especially considering that recent estimations are lacking. There is an extensive literature that provides different estimates of biomass production rates for this sector, both in the agricultural and industrial phases. However, the estimates based on these studies yield very heterogeneous results. This study aims to critically analyze the proposals for the quantification of by-products in the Andalusian olive sector, identifying which ones should be taken as a reference for a realistic estimation. For this purpose, the main scientific publications are evaluated, and the results are applied to the average data of the last 5 olive growing seasons of the Andalusian olive sector. This has made it possible to quantify the biomass potential of the olive sector in Andalusia at 2,6 Mt per year in the agricultural stage, 5,4 Mt per year in olive mills, 1,6 Mt per year in pomace olive oil extraction industries and 0,006 Mt per year in table olive processing plant. This quantification is useful to support public and private decision-making about the development of circular bioeconomy activities oriented to the valorization of this production.

**Key Words:** Biomass, Olive by-products, Olive pomace, Circular economy, Bioeconomy.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector del olivar y de los aceites de oliva es clave para la economía andaluza. Se trata del principal cultivo a nivel regional, con 1,65 millones de hectáreas (40% de la superficie agraria útil regional), cuya producción anual ronda los 3.500 millones de euros, lo que supone algo más del 30% del valor de la producción vegetal andaluza (CAGPDS, 2019; Analistas Económicos de Andalucía, 2021). La producción media anual de aceite de oliva virgen supera ampliamente el millón de toneladas, suponiendo más de un cuarto de la producción mundial, constituyéndose, así, como la principal región productora a nivel mundial.

La tendencia creciente en la superficie de olivar en Andalucía, con incrementos anuales superiores al 1% en el periodo 1984-2015 (Berbel & Delgado-Serrano, 2017), así como la intensificación de su producción (Guerrero-Casado et al., 2021), ha llevado aparejado un incremento en la generación de subproductos, tanto en la fase agrícola (restos de poda), como industrial (hojín, hueso, orujillo y alpeorujos<sup>4</sup>). En concreto, la producción de estos subproductos excede ampliamente la producción de aceite de oliva, a razón, aproximadamente, de 5 kg de subproductos por kg de aceite producido (AAE, 2011; AGAPA, 2015).

---

<sup>4</sup> En Andalucía predomina ampliamente el sistema de extracción en dos fases (Alburquerque et al., 2004).

La valorización de estos subproductos presenta un elevado potencial de generación de riqueza y empleo, en la medida que la cantidad producida es elevada y con una tendencia creciente, y que existe un escaso desarrollo de las alternativas asociadas a un mayor valor añadido, prevaleciendo actualmente aquellas situadas en la base de la "pirámide de valor" de la biomasa, especialmente las relacionadas con el aprovechamiento energético (Berbel & Posadillo, 2018).

A pesar de este potencial de valorización, no existe consenso en la literatura sobre la cuantificación de los subproductos del olivar valorizables en Andalucía. En efecto, si bien ha habido varias propuestas en lo que respecta tanto a la fase agrícola (SODEAN, 2003; Terrados & Sánchez, 2003; AAE, 2013; Manzanares et al., 2017); como a la fase industrial (Cruz-Peragón et al., 2006; AGAPA, 2015; Manzanares et al., 2017), se observa una gran disparidad en la estimación de los recursos biomásicos. Sirva como ejemplo las estimaciones realizadas en la fase agrícola a partir de SODEAN (2003) y Terrados y Sánchez (2003), siendo las segundas prácticamente el doble de las primeras. Estas discrepancias justifican la necesidad de hacer el análisis crítico de las estimaciones de los subproductos realizados hasta la fecha en este sector, especialmente de cara a identificar las limitaciones derivadas de las metodologías seguidas y de los datos empleados. Así, el análisis propuesto pretende servir para identificar de forma específica aquellos parámetros que requieren de una mejor evaluación, de cara a poder realizar estimaciones más precisas sobre la disponibilidad de subproductos del olivar. De esta forma, a través de una estimación robusta de los volúmenes producidos de estos subproductos se podría apoyar de manera más adecuada la toma de decisiones para la implementación de instrumentos de política que fomenten de manera eficiente el desarrollo del conjunto de las actividades de bioeconomía circular en el sector oleícola.

Por ello, el objetivo principal de este estudio es analizar críticamente las propuestas de cuantificación de los subproductos del olivar e industria oleícola,

de cara a identificar cuáles ofrecen estimaciones más precisas y, por lo tanto, deben tomarse como referencia para una estimación rigurosa del potencial biomásico del sector. Si bien el estudio se centra en Andalucía, el interés del trabajo excede de este ámbito geográfico, ya que la mayor parte de los resultados obtenidos pueden extrapolarse a otras regiones productoras.

Para alcanzar el objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar críticamente las principales publicaciones científicas relacionadas con la cuantificación de los subproductos procedentes del sector del olivar.
- Aplicar sus propuestas metodológicas a los datos medios de las últimas 5 campañas del sector oleícola andaluz, comparando las estimaciones resultantes.
- Determinar cuáles de ellas se adaptan mejor a las características andaluzas y realizar recomendaciones para la mejora en las estimaciones del potencial biomásico del sector.

## 2. MÉTODO

La metodología empleada en este trabajo se basa en la revisión bibliográfica de las principales propuestas de cuantificación de los recursos biomásicos producidos en la fases agrícola e industrial, y su aplicación para las últimas cinco campañas. De esta manera, seguidamente se exponen los antecedentes de estimación de producción de recursos biomásicos en la fase agrícola – centrándonos fundamentalmente en la producción de restos de poda– y en la fase industrial. Esta sección aborda asimismo la descripción de los datos utilizados para la cuantificación de los subproductos en ambas fases para el caso de Andalucía.

## 2.1 Antecedentes en la cuantificación de biomasa residual procedente de la poda de olivar

En la literatura científica son varias las publicaciones que abordan la producción de biomasa residual procedente de la poda de olivar<sup>5</sup> como consecuencia de su importancia, tanto a nivel de volumen residual, como por su valor energético. En esta línea se observan dos tipos de trabajos, los que emplean metodologías más directas o menos elaboradas, como Civantos (1981), Terrados y Sánchez (2003), SODEAN (2003), Vera et al. (2014) o Manzanares et al. (2017), y otras que presentan metodologías más elaboradas, entre las que cabe destacar los trabajos de Spinelli y Picchi (2010), AAE (2011) y Velázquez-Martí et al. (2011).

Civantos (1981) propuso las siguientes expresiones para cuantificar los restos de poda de olivar:

$$y_1=0,88x + 4,76 \quad y_2=0,74x - 6,48$$

donde,  $y_1$  es el peso de los ramones obtenidos en la poda bienal del olivo,  $y_2$  es el peso de la leña obtenida en la poda bienal del olivo, ambas medidas en kg por olivo y año, y  $x$  es la producción media anual de aceituna, medida igualmente en kg por olivo y año. En este trabajo no se aporta ningún tipo de información agronómica sobre la metodología seguida para la obtención de estas fórmulas las cuales, además, son para poda bienal, lo que no representa a la totalidad del olivar andaluz. A pesar de ello, éstas han sido referenciadas en diversos estudios posteriores, como los de Medina y Hernandez (2006) y Berbel y Delgado-Serrano (2017).

Terrados y Sánchez (2003) evalúan el potencial biomásico de los residuos de la poda de olivar, distinguiendo entre superficie aprovechable y no aprovechable<sup>6</sup>; y entre biomasa procedente del ramón de poda (fracción fina, por debajo de 10-15 cm de diámetro) y biomasa procedente de la leña de

---

<sup>5</sup> En la fase agrícola no se ha considerado la producción de otros potenciales subproductos, como por ejemplo los relativos a las cubiertas vegetales, dado que se recomienda la permanencia de la biomasa seca en el propio suelo (Gómez & Giráldez, 2009).

<sup>6</sup> Aquella que por sus características no presenta condiciones de rentabilidad para su aprovechamiento como residuo.

poda (fracción gruesa). En la Tabla 1 se pueden consultar los parámetros propuestos por estos autores.

Tabla 1. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha ·año).

Comarca	Residuo ramón	Residuo leña	Residuo total
S <sup>o</sup> Morena	2,05	1,13	3,18
El Condado	1,72	0,91	2,63
S <sup>o</sup> de Segura	1,60	0,71	2,30
Campiña del Norte	2,03	1,13	3,16
La Loma	2,19	1,25	3,44
Campiña del Sur	1,87	1,04	2,91
S <sup>o</sup> Mágina	1,88	0,91	2,79
S <sup>o</sup> de Cazorla	1,88	0,93	2,80
S <sup>o</sup> Sur	1,94	0,99	2,93
Total, Jaén	1,96	1,06	3,02

Fuente: Terrados y Sánchez (2003)

Este trabajo no cuantifica toda la biomasa procedente del olivar, sino solo aquella cuyo aprovechamiento puede ser rentable a juicio de los autores, dejando fuera (en el caso de Jaén) el 26% de la superficie.

Por otro lado, SODEAN (2003) propone unos índices de producción de biomasa por hectárea de cultivo de olivar, diferenciando entre seco y regadío y, en cada caso, para olivar intensivo y extensivo (ver Tabla 2). En el estudio no se aporta información sobre las plantaciones muestreadas, ni tampoco sobre aspectos agronómicos del olivar analizado, como la variedad, edad de la plantación, marco, rendimiento, etc.; cuya diferenciación permitiría una mejor aplicación a nivel andaluz.

Tabla 2. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha ·año).

Tipo de olivar	Secano	Regadío
Intensivo	1,710	1,713
Extensivo	1,446	1,712

Fuente: SODEAN (2003)

Vera et al. (2014) analizan la viabilidad y rentabilidad de una planta generadora de energía eléctrica y térmica instalada en una almazara de Úbeda (Jaén). En la publicación se aporta un índice de producción de restos

de poda entre 2,5 y 3,0 t/ha·año, sin tener en cuenta aspectos como la pendiente, la variedad o el tipo de cultivo (secano/regadío) (ver Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha·año).

Prod. biomasa mínima	Prod. biomasa máxima
2,5	3,0

Fuente: Vera et al. (2014)

Por último, Manzanares et al. (2017) aporta índices de producción de biomasa en las principales comunidades autónomas españolas productoras de aceites de oliva (Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Cataluña) para olivar en secano y en regadío, diferenciando si la pendiente es mayor o menor del 10% (ver Tabla 4). Su aplicación se realiza para olivares con pendiente inferior al 20%, lo que dejaría fuera al 30% de la superficie andaluza de olivar (CAPDS, 2015)

Tabla 4. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha·año).

Tipo de olivar	Secano	Regadío
Pendiente<10%	1,6	1,7
Pendiente>10%	1,4	1,6

Fuente: Manzanares et al. (2017)

Entre las publicaciones con metodologías más elaboradas, Spinelli y Picchi (2010) analizan 7 parcelas de olivar en la zona de Palenciana (Córdoba). El objetivo del trabajo es la evaluación técnico-económica de dos tipos de maquinaria de triturado y recogida de restos de poda, aportándose información de cantidad de biomasa generada por hectárea. Se debe indicar que el trabajo, al no perseguir la cuantificación directa de la biomasa, sino el comportamiento de la maquinaria de recolección de restos de poda, no diferencia entre variedades de olivo, ni se evalúan parcelas con pendientes superiores al 10%, lo que excluye aproximadamente a dos terceras partes del olivar andaluz (CAPDS, 2015). Así, solo se muestran datos medios de cuantificación de restos de poda, tanto seca como húmeda, por unidad de superficie (ha) y unidad productiva (árbol).

Tabla 5. Indicadores de producción de biomasa procedentes de restos de poda.

Indicador	Parcela							Media
	1	2	3	4	5	6	7	
Marco de plantación	9×7	14×14	14×14	14×14	14×14	10×9	7×5	
Superficie (ha)	6,57	1,61	7,04	8,61	12,9	10,2	18,44	9,72
Biomasa húmeda (t/ha ·año)	1,613	1,988	7,031	2,067	1,767	1,078	1,236	1,63
Humedad (%)	25	35	35	26	30	27	26	28
Biomasa seca (t/ha ·año)	1,210	1,292	4,570	1,530	1,237	787	915	1,16

Nota: los datos de la parcela 3 no son tenidos en cuenta, ya que no se trató de una poda, sino de la sustitución de una plantación.

Fuente: Spinelli y Picchi (2010)

La Agencia Andaluza de la Energía (AAE, 2011) aporta unos índices máximos, mínimos y medios de producción de biomasa procedente de restos de poda de olivar, distinguiendo entre seco y regadío (ver Tabla 6). Sin embargo, no se aporta información sobre aspectos agronómicos, ni se especifican los niveles de producción de los olivares analizados. Asimismo, aunque los indicadores se han obtenido a partir de experiencias de campo de la propia Agencia, no se aporta información sobre la localización y procedimiento de la toma de muestras realizada.

Tabla 6. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha ·año).

	Secano	Regadío
Olivar de poca producción	0,6726	0,7859
Olivar de producción media	1,7701	2,0682
Olivar de mucha producción	2,4250	2,8334

Fuente: AAE (2011)

Por último, el estudio más exhaustivo encontrado sobre la producción de restos de poda en olivar es el realizado por Velázquez-Martí et al. (2011). Estos autores analizan la poda de más de 2.100 olivos, considerando las siguientes variables agronómicas: variedad, marco de plantación, rendimiento, edad, tipo de poda, intensidad de poda y regadío/secano (ver Tabla 7). El estudio se realizó en una selección de parcelas distribuidas geográficamente en Cataluña, Valencia, Murcia, Albacete y Andalucía, cuantificándose en ellas la cantidad de biomasa producida por árbol y por hectárea para cada una de las variedades estudiadas. Igualmente, se analizó la influencia de distintas variables

agronómicas en la producción anual de biomasa, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas respecto de la variedad, edad de la plantación, rendimiento y régimen (regadío/secano). De lo mostrado en la Tabla 7 se puede extraer una media ponderada de la biomasa húmeda con hojas y seca sin hojas y para la poda anual de 2,31 y 1,31 t/ha ·año, respectivamente.

Tabla 7. Indicadores de producción de biomasa procedente de restos de poda (en t/ha ·año).

Tipo de poda	Variedad	Biomasa húmeda con hojas (t/ha año)	Biomasa seca sin hojas (t/ha año)
Anual	Arbequina	3,303	1,003
	Blanqueta	5,101	1,549
	Cornicabra	1,940	0,589
	Frantoio	2,384	0,724
	Grossal	1,222	0,371
	Manzanilla	6,751	2,05
	Picual	4,337	1,317
	Royal	1,439	0,437
	Serrana	9,345	2,838
	Villalonga	5,072	1,54
Bienal	Cornicabra	4,547	1,381
	Farga	9,829	2,985
	Manzanilla	11,624	3,53
	Marons	15,114	4,59
	Morrat	9,707	2,948
	Regne's	5,687	1,727
	Royal	4,310	1,309

Fuente: Velázquez-Martí et al. (2011)

Este trabajo contempla un amplio abanico de variedades agronómicas, sin embargo, al no estar hecho íntegramente en Andalucía, de las 10 variedades analizadas para poda anual, tan solo 3 se encuentran entre las 15 principales variedades andaluzas, lo que deja fuera el 34% de la superficie andaluza.

Finalmente, ninguno de los trabajos analiza el sistema de olivar de aceituna de mesa<sup>7</sup>, cuyas condiciones específicas de cultivo y variedades

<sup>7</sup> Tan solo Velázquez-Martí et al. (2011) considera en su estudio algunas variedades que en Andalucía producen aceituna de mesa, como la manzanilla, pero no considera otras relevantes como gordal u hojiblanca. Tampoco se indica si la recogida de datos se realizó en olivares destinados a aceituna de mesa (lo cual puede presentar relevancia por el diferente manejo de la poda).

hacen que posea unos índices de generación de biomasa específicos y diferentes a los del olivar para aceite.

## **2.2 Antecedentes en la cuantificación de la biomasa residual procedente de la industria oleícola**

Antes de mostrar las aproximaciones a la estimación de biomasa residual procedente de la industria oleícola, conviene aclarar los subproductos biomásicos generados en la producción de aceite de oliva virgen, los cuales son:

- Hojín: restos de hojas y ramas que se generan en la limpieza de la aceituna en las almazaras, aunque también se genera en las entamadoras. Sus principales usos son el compostaje, la incorporación directa al suelo como enmienda orgánica y la alimentación ganadera (AGAPA, 2015).
- Hueso de aceituna: se extrae en la gran mayoría de las almazaras y se utiliza como combustible en la caldera de biomasa.
- Alpeorujo/alperujo u orujo graso húmedo: es el subproducto mayoritario que se genera como consecuencia de la obtención de aceite de oliva virgen. El alpeorujo puede ser considerado un subproducto intermedio, ya que su principal uso es la obtención de aceite de orujo en las extractoras a través de procedimientos físicos y/o químicos; o un subproducto final, ya que se puede realizar compostaje con él (AGAPA, 2015).

Los subproductos biomásicos generados en las extractoras son:

- Hueso de aceituna: se extrae mediante un procedimiento físico previo a la obtención del aceite de orujo de oliva. Su principal uso es el autoconsumo térmico en las propias extractoras.
- Orujillo: es el subproducto generado tras la obtención de aceite de orujo por procedimientos físicos y químicos. Sus aprovechamientos son: la generación de la energía térmica necesaria para el secado del alpeorujo (en aquellas extractoras que no disponen de cogeneración); la

generación de energía eléctrica y, en algunos casos, la extracción de componentes de alto valor.

La producción de estos subproductos depende del tipo de empresa extractora y de los procesos de extracción que se realicen en ella (CAP, 2010).

Las publicaciones científicas que abordan la cuantificación de la biomasa residual procedente de la industria oleícola, al igual que ocurría con la biomasa de la fase agrícola, muestran una importante heterogeneidad en los índices aportados. A continuación, se analizan las principales publicaciones organizadas en dos grupos, donde se documentan los indicadores mostrados en la Tabla 8.

Un primer grupo está compuesto por los trabajos de Cruz-Peragón et al. (2006), AAE (2013), Vera et al. (2014), Romero-García et al. (2014) y García et al. (2020). Todos tienen la característica común de no indicar la metodología para la obtención de los índices, de no analizar los restos de hojín en las entamadoras (y dos de ellos tampoco en las almazaras); y, en los casos de Romero-García et al. (2014) y García et al. (2020), de mostrar solo la información en un gráfico de balance.

El segundo grupo es el compuesto por los estudios realizados por CAP (2010), AAE (2011), AGAPA (2015) y Manzanares et al. (2017). CAP (2010) y AGAPA (2015) son dos trabajos elaborados por la administración andaluza, basados en una encuesta a una muestra de almazaras, extractoras y entamadoras<sup>8</sup>. En ambos trabajos se aportan indicadores para hojín (tanto en almazaras como en entamadoras), hueso (en almazaras y extractoras), alpeorujo y orujillo. A pesar de utilizar métodos de estimación similares, metodológicamente difieren respecto a los cálculos en relación con el orujillo.

Tabla 8. Indicadores de producción de biomasa en la fase industrial.

Unidad	Almazaras		Entamadoras		Extractoras	
	Alpeorujo	Hueso	Hojín	Hojín	Hueso	Orujillo

<sup>8</sup> En CAP (2010) se obtiene la información a través de encuestas al 26% de las almazaras, el 88% de las extractoras y el 39% de las entamadoras en Andalucía, mientras que en AGAPA (2015) estos porcentajes son del 15% en almazaras, el 29% en extractoras y el 32% en entamadoras.

Cruz-Peragón et al. (2006)	(1)	0,773						
	(2)					0,11		0,285
CAP (2010)	(1)	0,819	0,05	0,09	0,018			
	(2)					0,045		Balance
AAE (2011)	(3)	3,21	0,57	0,38				
AAE (2013)	(1)	0,73				0,083		0,197
Romero-García et al. (2014)	(1)	0,8						
	(2)					0,2		0,13
Vera et al. (2014)	(1)	0,625	0,095	0,09				
AGAPA (2015)	(1)	0,805	0,081	0,094	0,017			
	(2)					0,077 <sup>9</sup>		Balance
Manzanares et al. (2017)	(1)			0,066				
	(2)							0,25
García et al. (2020)	(1)	0,83				0,22		
	(2)							0,25

Nota sobre las unidades: (1) (t biomasa/t aceituna); (2) (t biomasa/t alpeorujo); (3) (t biomasa/t aceite).  
Fuente: Elaboración propia a partir de las diferentes publicaciones.

En el trabajo de la AAE (2011) también se realiza una encuesta a 192 almazaras (el 22,5% del total) y 13 entamadoras (el 5% del total), aportándose indicadores de producción de hueso, alpeorujo y hojín en almazaras y solo hueso en entamadoras.

Manzanares et al. (2017) cuantifican el hojín y el orujillo producido en las almazaras a partir de una encuesta a 230 almazaras (el 17% del total) repartidas entre Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Cataluña; mientras que para obtener el índice de producción de orujillo se encuestó al total de empresas extractoras de estas Comunidades Autónomas (N=69). Cabe señalar que en el cálculo del orujillo, Manzanares et al. (2017) y AGAPA (2015) siguen metodologías diferentes; mientras que en el segundo trabajo la cantidad de orujillo se obtiene por balance de masas, en el primero se obtienen unos indicadores de producción de orujillo en función del alpeorujo que entra en la extractora.

La aplicación de los resultados de estos trabajos a Andalucía se ve limitada por la disparidad en los mismos. Así, la producción de orujillo en extractoras se mueve en un rango entre 0,13 y 0,29 t de biomasa por t de

<sup>9</sup> Solo el 24% de las extractoras producen hueso (AGAPA, 2015).

alpeorujo, y la producción de hueso en almazaras entre 0,05 y 0,11 t de biomasa por t de aceituna.

### **2.3. Datos para la estimación biomásica del sector del olivar andaluz**

Para la elaboración de este estudio, se han recopilado los datos a nivel provincial de superficie, producción y rendimiento, tanto para olivar de almazara como para olivar de mesa, y según secano y regadío, para las campañas 2015/16 a 2019/20, a partir de anuarios publicados por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. De esta fuente se han obtenido, igualmente, datos sobre producciones de aceituna aderezada, aceite de oliva virgen y aceite de orujo de oliva.

Otros datos relacionados con la distribución superficial de algunas variables clave se han obtenido de CAPDS (2015). En concreto, la distribución de superficie de olivar para las distintas tipologías<sup>10</sup> y para las diferentes orientaciones productivas (almazara, mesa y mixtas), según variedad y según estratos de pendiente, así como la densidad de plantación provincial según orientaciones productivas. Los datos de orujo graso húmedo, orujo graso seco, aceite de orujo de extracción física y aceite de orujo de extracción química proceden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Finalmente, debe señalarse que, ante la falta de índices de producción de biomasa específicos para el olivar destinado a aceituna de mesa en la fase agrícola, se han aplicado a este tipo de olivar los mismos índices que al olivar destinado a aceite, como mejor aproximación disponible.

---

<sup>10</sup> Olivar de bajo rendimiento, olivar de alta pendiente, olivar extensivo de densidad menor de 150 árboles/ha, olivar extensivo de densidad media, olivar intensivo y olivar superintensivo; con desglose según secano/regadío.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fase agrícola

La Tabla 9 muestra las estimaciones de biomasa en la fase agrícola para cada una de las provincias andaluzas, así como para el conjunto de la Comunidad Autónoma, considerando para ello las propuestas metodológicas de los trabajos comentados previamente, incluyendo olivar de mesa y de almazara, tomando como referencia los datos medios del sector para el período 2015/16-2019/20. Como puede observarse, existe una gran disparidad de resultados. A nivel andaluz los resultados se mueven en un rango entre 1,7 y 6,0 Mt (i.e. ratio de 3,4 valor máximo/valor mínimo), con un dato medio de 3,7 Mt y una desviación típica de 1,4. A nivel provincial, Sevilla muestra una horquilla mayor, con un mínimo de 0,3 y un máximo de 0,9 Mt; aunque la mayor dispersión de datos la muestra Huelva, con un coeficiente de variación de 0,5.

#### 3.2. Fase industrial

Análogamente, la Tabla 10 muestra las estimaciones de producción de alpeorujo, hueso y hojín procedentes de las almazaras; de orujillo y hueso procedente de las extractoras; y de hojín procedente de las industrias entamadoras; elaboradas todas ellas a partir de las propuestas metodológicas indicadas en apartados anteriores. El análisis de la Tabla 10 pone de manifiesto que, aun existiendo disparidad de resultados al aplicar los índices de las diversas publicaciones, ésta es menor que en el caso de la biomasa agrícola.

##### 3.2.1 Alpeorujo

Los resultados obtenidos en el caso del alpeorujo se encuentran entre 3,4 y 4,5 Mt anuales, con una media de 4,1 y una desviación típica de 0,4 Mt/año (véase Tabla 10 y Tabla 11). Esta variabilidad se reduce drásticamente para 6 de los 8 estudios analizados, mostrando resultados entre 4,0 y 4,5 Mt/año.

Tabla 9. Producción media anual de biomasa procedente de restos de poda de olivar para las campañas 2015/16–2019/20 (t/año).

Provincia	Civantos (1981)	SODEAN (2003)	Terrados y Sánchez (2003)	Spinelli y Picchi (2010)	AAE (2011)	Velázquez-Martí et al. (2011)	Vera et al. (2014)	Manzanares et al. (2017)	Media	Desv. típica	Coef de variación
Almería	56.917	29.571	57.609	31.025	41.197	71.076	52.501	21.159	45.132	16.021	0,35
Cádiz	43.040	39.866	77.667	41.827	46.160	95.831	70.780	26.681	55.232	21.952	0,40
Córdoba	1.151.523	531.808	1.036.064	557.970	658.409	1.278.054	944.194	360.288	814.789	310.397	0,38
Granada	404.523	316.888	617.360	332.478	381.597	761.750	562.617	217.681	449.362	169.605	0,38
Huelva	34.091	50.334	98.061	52.811	22.525	120.678	89.366	35.939	62.976	33.018	0,52
Jaén	1.808.979	936.745	1.824.961	982.828	1.145.398	2.251.794	1.663.137	650.110	1.407.994	519.367	0,37
Málaga	309.453	210.565	410.221	220.923	257.350	505.584	373.845	144.929	304.109	111.769	0,37
Sevilla	729.309	365.834	712.716	383.831	405.363	872.750	649.518	289.189	551.064	200.986	0,36
Andalucía	4.537.835	2.481.611	4.834.659	2.603.694	2.957.999	5.957.518	4.405.957	1.745.976	3.690.656	1.352.711	0,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Producción media anual de biomasa procedente de la industria oleícola para las campañas 2015/16 – 2019/20 (t/año).

Industria	Sub-producto	Cruz-Peragón et al. (2006)	CAP (2010)	AAE (2011)	AAE (2013)	Romero-García et al. (2014)	Vera et al. (2014)	AGAPA (2015)	Manzanares et al. (2017)	García et al. (2020)
Almazara	Alpeorajo	4.240.192	4.491.938	3.514.294	4.003.803	4.387.729	3.427.914	4.415.153		4.524.846
	Hueso		286.930	624.033			521.043	444.258		
	Hojín		513.858	416.022			493.620	515.558	361.439	
Extractora	Orujillo	1.208.455	1.818.961		1.080.478	771.869		2.080.031	1.484.363	1.497.970
	Hueso	634.565	268.967		455.227	1.187.490		108.353		1.206.626
Entamadora	Hojín		6.189					5.874		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Producción máxima, mínima y media anual de biomasa procedente del sector oleícola para las campañas 2015/16 – 2019/20 (t/año).

Fase	Sub-producto	Máximo	Mínimo	Media	Desv. Típica	Coef de variación
Agrícola	Restos poda	5.957.518	1.745.976	3.690.656	1.352.711	0,37
	Alpeorujo	4.524.846	3.427.914	4.125.733	408.439	0,10
Almazara	Hueso	624.033	286.930	469.066	122.989	0,26
	Hojín	515.558	361.439	460.099	61.263	0,13
Extractora	Orujillo	2.080.031	1.080.478	1.528.376	340.242	0,22
	Hueso	1.206.626	108.353	643.538	423.324	0,66
Entamadora	Hojín	6.189	5.874	6.032	157	0,03

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2 Hueso

Las estimaciones de producción de hueso<sup>1</sup> realizadas para las 5 campañas consideradas muestran igualmente una gran disparidad. En almazara los resultados se mueven entre 0,3 y 0,6 Mt/año con una media de 0,5 y una desviación típica de 0,1 Mt/año; mientras que en extractora el rango es mayor, entre 0,1 y 1,2 Mt/año, con una media de 0,6 y una desviación típica de 0,4 Mt/año.

### 3.2.3 Hojín

En las almazaras los resultados son bastante homogéneos, moviéndose en un rango entre 0,4 y 0,5 Mt/año, con una media de 0,46 y una desviación típica de 0,06 Mt/año. En el caso del hojín en entamadoras, aplicando las únicas dos propuestas de cálculo disponibles, se obtienen valores muy parecidos, en torno a 0,006 Mt/año.

### 3.2.4 Orujillo

Respecto al subproducto principal de las extractoras, el orujillo, cabe apuntar que la estimación obtenida a partir de Romero-García et al. (2014) se ha considerado anormalmente reducida, por lo que se ha decidido ignorar en el análisis. Si se excluye este resultado, las estimaciones de producción de este

<sup>1</sup> Los datos de producción de hueso hacen referencia al hueso total producido en las almazaras, sin detraer la parte que posteriormente autoconsumen.

subproducto se encontrarían entre 1,1 y 2,1 Mt/año con una media de 1,5 y una desviación típica de 0,3 Mt/año.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Biomasa residual procedente de la poda de olivar

En los resultados de las distintas propuestas analizadas existe una elevada heterogeneidad. Por ejemplo, dentro del grupo de publicaciones con metodologías menos elaboradas, Terrados y Sánchez (2003) y Vera et al. (2014) aportan índices de producción de biomasa entre 2,5 y 3,0 t/ha ·año; mientras que los resultados de SODEAN (2003) y Manzanares et al. (2017) se encuentran entre 1,4 y 1,7 t/ha ·año.

Por otro lado, Terrados y Sánchez (2003) y Civantos (1981) son los dos únicos estudios que establecen indicadores parciales de residuo de ramón y residuo de leña, lo que contrasta con los trabajos de SODEAN (2003) y Manzanares et al. (2017), en los que se distingue entre seco y regadío, el primero incorporando la diferenciación entre intensivo y extensivo, y el segundo incluyendo la pendiente como elemento diferenciador (mayor o menor del 10%). Es decir, en general, no hay homogeneidad en el establecimiento de los criterios agronómicos relevantes para la obtención de los índices.

El grupo de publicaciones con metodología más detallada (Spinelli & Picchi, 2010; AAE, 2011; Velázquez-Martí et al., 2011) también muestra disparidad de resultados, seguramente derivadas de las diferencias metodológicas existentes. Spinelli y Picchi (2010) aportan un indicador medio de producción de biomasa de 1,6 t/ha ·año, sin establecer diferenciaciones; la AAE (2011) diferencia entre seco y regadío y distintas intensidades productivas, con resultados entre 0,7 y 2,8 t/ha ·año; y, finalmente, Velázquez-Martí et al. (2011) aporta datos entre 1,2 y 9,3 t/ha ·año, dependiendo de la variedad.

En cualquier caso, para el conjunto de propuestas metodológicas, independientemente de su complejidad, se observan tres grupos de propuestas según cantidades estimadas; por un lado, Manzanares et al. (2017), SODEAN (2003) y Spinelli y Picchi (2010), todos ellos en un rango entre 1,4 y 1,7 t/ha ·año; por otro lado, Terrados y Sánchez (2003) y Vera et al. (2014), que se sitúan en unas estimaciones más elevadas, entre 2,5 y 3,0 t/ha ·año; y, finalmente, las propuestas de (AAE, 2011) y Velázquez-Martí et al. (2011), cuyos resultados se distribuyen entre los dos rangos anteriores.

También es reseñable la diferencia entre la biomasa producida por el olivar intensivo en regadío del trabajo de SODEAN (2003) (1,7 t/ha ·año) y la del olivar de mucha producción en regadío del trabajo de la AAE (2011) (2,8 t/ha ·año).

La metodología expuesta por Velázquez-Martí et al. (2011) se podría considerar adecuada para obtener la biomasa agrícola. Sin embargo, la existencia de información solo para 3 de las principales variedades andaluzas y que el resultado a nivel andaluz sea el mayor de todos los calculados (6 Mt/año), recomienda tener cautela en su aplicación.

Finalmente, los índices aportados por Spinelli y Picchi (2010) parecen los más razonables: son el resultado de experiencias de campo detalladas y son similares a los resultados de otros autores como AAE (2011) o SODEAN (2003). Sin embargo, los ensayos de campo se realizaron solo en explotaciones con pendiente inferior al 10%. A pesar de ello, de los índices analizados, parece que los aportados por estos autores deberían servir como referencia principal para la estimación de subproductos de olivar en la fase agrícola.

#### **4.2 Biomasa residual procedente de la industria oleícola**

Existen diferencias en los trabajos analizados en cuanto al tipo de recursos biomásicos considerados (alpeorujo, hueso, hojín u orujillo) y el número de industrias analizadas (almazaras, extractoras o entamadoras).

Así, AAE (2011) y Vera et al. (2014) solo analizan las almazaras, aunque de una forma bastante completa. Cruz-Peragón et al. (2006), AAE (Agencia Andaluza de la Energía) (2013), Romero-García et al. (2014) y García et al. (2020) abordan el estudio de las almazaras y las extractoras, pero en las primeras la información de los subproductos no es completa. Finalmente CAP (2010) y AGAPA (2015), analizan, además de las almazaras y extractoras, las entamadoras, aportando información sobre todos los subproductos.

#### 4.2.1 Alpeorujo

En este apartado los índices de las diferentes publicaciones se encuentran en una horquilla entre 0,6 y 0,8 t/t de aceituna. Sin embargo, las 6 publicaciones que muestran más homogeneidad aportan resultados entre 0,7 y 0,8 t/t de aceituna. Así, el índice aportado por AGAPA (2015) (0,8 t/t de aceituna) se puede considerar el más adecuado para estimar la producción de alpeorujo, debido a su mayor actualidad y representatividad.

#### 4.2.2 Hueso

Los resultados para este subproducto se deben de analizar en función de cómo se han obtenido los índices en las diferentes publicaciones. Un primer grupo formado por (AAE, 2011) y Vera et al. (2014) ha considerado que todo el hueso se produce en las almazaras, aportando índices similares cuya aplicación muestra una producción de hueso entre 0,6 y 0,5 Mt/año. Un segundo grupo en el que se encuentran los trabajos de (Cruz-Peragón et al., 2006), (AAE, 2013), Romero-García et al. (2014) y García et al. (2020), consideran que todo el hueso se produce en las extractoras, obteniendo resultados muy heterogéneos entre 0,5 y 1,2 Mt/año. Finalmente, un tercer grupo formado por CAP (2010) y AGAPA (2015) analiza tanto el hueso que se produce en almazara, como el que se produce en las extractoras, obteniéndose en ambos trabajos, un montante total de hueso de aceituna de 0,5 Mt/año.

Los resultados totales de la producción de hueso de aceituna (producido tanto en almazara como en extractora) se encuentran entre 0,5 y 1,2 Mt/año. Sin embargo, si se eliminan del análisis los datos aportados por Romero-García et al. (2014) y García et al. (2020), dada la excesiva divergencia respecto del resto de trabajos (seguramente por presentar metodologías menos elaboradas), los resultados muestran bastante homogeneidad, encontrándose las estimaciones en un rango entre 0,5 y 0,6 Mt/año, con una media de 0,6 y una desviación típica menor de 0,1 Mt/año.

De todos estos últimos trabajos, se considera que los aportados por aquellos estudios que tienen en cuenta la extracción de hueso en almazara, esto es, CAP (2010) y AGAPA (2015), deberían servir como referencia para el cálculo de este subproducto.

#### 4.2.3 Hojín

En este subproducto de las almazaras existe cierta homogeneidad de resultados, con índices que se encuentran entre 0,07 y 0,09 t/t de aceituna. El índice aportado en el trabajo de CAP (2010) se puede considerar el más adecuado para calcular la producción andaluza de hojín, al ser el que está elaborado con una encuesta de mayor representatividad (el 26% de las almazaras andaluzas).

En cuanto a la producción de hojín en entamadoras, los resultados de CAP (2010) y AGAPA (2015) son similares, aproximadamente 6.000 t/año. Ambos índices se pueden considerar adecuados para este tipo de subproducto, si bien se recomienda el uso de CAP (2010) por ser el estudio con la muestra más elevada (el 39% de las entamadoras andaluzas).

#### 4.2.4 Orujillo

Analizados los diferentes enfoques metodológicos de AGAPA (2015) y Manzanares et al. (2017), este último se considera el más adecuado, dada su completa representatividad de las industrias extractoras que producen orujillo

en las principales comunidades autónomas productoras de aceite. No obstante, hubiera sido deseable que el resultado se diese a nivel regional y no solo agrupado a nivel nacional.

### 4.3 Potencial biomásico del sector del olivar andaluz

La selección de los trabajos que aportan los mejores resultados supone la cuantificación actualizada más realista del potencial biomásico de Andalucía, obteniéndose un resultado de 2,6 Mt/año en la fase agrícola, 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras.

Tabla 12. Potencial biomásico del sector del olivar en Andalucía (t/año) en la fase agrícola y en almazara

Fase	Subproducto	Biomasa(t/año)
Agrícola	Restos de poda	2.603.694
Almazara	Alpeorujo	4.415.153
	Hueso*	444.258
	Hojín	513.858
Total		5.373.268

\* Incluye hueso autoconsumido en almazaras, que supone el 19% del total (AGAPA, 2015).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Potencial biomásico del sector del olivar en Andalucía (t/año) en extractoras y entamadoras

Fase	Subproducto	Biomasa(t/año)
Extractora	Orujillo	1.484.363
	Hueso*	108.353
Total		1.592.716

Fase	Subproducto	Biomasa(t/año)
Entamadora	Hojín	6.189

\* Incluye hueso autoconsumido en almazaras, que supone el 19% del total (AGAPA, 2015).

Fuente: Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

El análisis de los diferentes trabajos científicos que abordan la cuantificación de la biomasa procedente del olivar y su aplicación a los datos medios de las campañas oleícolas 2015/16-2019/20, pone de manifiesto una elevada disparidad de resultados en función de la propuesta metodológica utilizada para dicha cuantificación.

En el caso de la biomasa procedente de la poda del olivar, y ante los resultados expuestos, se concluye que el trabajo realizado por Spinelli y Picchi (2010) es la mejor referencia de entre las disponibles para el cálculo de esta biomasa. Así, la cuantificación más realista en Andalucía para este tipo de biomasa se cuantifica en 2,6 Mt/año.

A pesar de ello, parece obvio que la cuantificación de los restos de poda del olivar representa un ámbito de conocimiento todavía abierto a investigación, especialmente en lo que respecta a aportar datos de campo que permitan realizar una estimación más precisa y concluyente.

Como recomendación para mejorar los indicadores actuales, se deberían seguir los pasos metodológicos de Velázquez-Martí et al. (2011) aplicados solo a la poda anual, pero con las siguientes consideraciones:

- En el análisis se deberían incluir las principales variedades andaluzas para olivar de mesa y de almazara expuestas en el plan director del olivar (CAPDS, 2015).
- Se deberían obtener índices de producción de biomasa para explotaciones en plena producción, con distintos estratos de pendiente, según secano/regadío, diferentes densidades de plantación y técnicas de producción (convencional, integrado y ecológico), asegurándose en todo caso una distribución espacial representativa de los contextos productivos que caracterizan al olivar andaluz.

- Los índices de producción de biomasa deberían distinguir entre la fracción fina o “ramón” (por debajo de 10-15 cm de diámetro) y, la fracción gruesa o “leña” (que presenta un diámetro superior).

En el caso de la biomasa industrial, los trabajos que se pueden considerar más adecuados para estimar los subproductos del olivar son: para el alpeorujo, los indicadores propuestos por AGAPA (2015), para el hueso los trabajos de CAP (2010) y AGAPA (2015); para el hojín, los indicadores propuestos por CAP (2010); y para el orujillo los resultados de Manzanares et al. (2017).

Así, la mejor cuantificación de la biomasa procedente de la industria oleícola andaluza alcanzaría los valores de 5,4 Mt/año en almazaras, 1,6 Mt/año en extractoras y 0,006 Mt/año en entamadoras.

A pesar de ello, las diferencias metodológicas y disparidad de resultados nos llevan a plantear la necesidad de abordar trabajos con las siguientes características:

- en el caso del alpeorujo, aplicaciones de mayor actualidad y cuya muestra represente un porcentaje elevado de la producción;
- en cuanto al hueso, que cuantifiquen su producción, tanto en almazaras (al alza en los últimos años) como en extractoras y en entamadoras (en estas últimas la revisión bibliográfica no ha aportado ningún resultado que permita cuantificar la producción de hueso);
- finalmente, para el orujillo, trabajos cuyo indicador sea el resultado de encuestas a nivel andaluz.

Las especificaciones tecnológicas deberían ser tenidas en cuenta al abordar nuevos trabajos, no tanto en almazaras (la gran mayoría trabajan con el sistema de dos fases), como en extractoras, donde los procesos pueden ser más diversos.

Teniendo en cuenta el análisis realizado, se concluye que la mejor cuantificación de los subproductos biomásicos procedentes del olivar andaluz se cifra en 8 Mt/año a la salida de las almazaras (considerando el alpeorujo como un subproducto final y finalizando la cadena de valor del aceite de oliva en las almazaras) o en 5,2 Mt/año considerando el alpeorujo como un subproducto intermedio que es destinado íntegramente a la obtención de aceite de orujo en las extractoras. Estas cuantías incluyen los subproductos de la fase agraria, que presentan aprovechamientos especialmente relacionados con la conservación del suelo, a través de picado y esparcido de los restos de poda, y de energía térmica, siendo una parte quemados en la propia explotación. Asimismo, debe apuntarse que estas cuantías se refieren a biomasa con cierto contenido de humedad, de manera que habría que realizar la estimación posterior de biomasa seca (que es la proporción que se aprovecha en la mayoría de los casos).

Esta información se considera clave para el desarrollo de actividades de bioeconomía circular en la región. Asimismo, del análisis se deriva igualmente la necesidad de información a nivel regional para poder estimar los subproductos del sector oleícola, dadas las especificidades de los sistemas de cultivo e industriales de cada región. En efecto, en este trabajo se ha contado con el caso de estudio de Andalucía, posiblemente uno de los que más información disponible presenta, si bien los resultados se antojan extrapolables a regiones con características parecidas (predominio de sistema de dos fases, condiciones edafoclimáticas parecidas, etc.). Sin embargo, a pesar de haberse estudiado la producción de subproductos de olivar de forma extensa en esta región, parece evidente la necesidad de aportar estimaciones de recursos biomásicos a nivel regional más actuales, precisas y con mayor rigor metodológico.

## REFERENCIAS

- AAE (AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA). (2011). *Potencial de biomasa en Andalucía. Metodología*. Sevilla: Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, Junta de Andalucía.
- AAE (AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA). (2013). *La biomasa en Andalucía*. Sevilla: Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, Junta de Andalucía.
- AGAPA (AGENCIA DE GESTIÓN AGRARIA Y PESQUERA DE ANDALUCÍA). (2015). *Evaluación de la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Andalucía*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14921.39520>.
- ALBURQUERQUE, J. A., GONZÁLVEZ, J., GARCÍA, D., & CEGARRA, J. (2004). Agrochemical characterisation of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*, 91(2), 195-200. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00177-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00177-9).
- ANALISTAS ECONÓMICOS DE ANDALUCÍA. (2021). *El sector agrario en Andalucía 2020*. Málaga: Unicaja.
- BERBEL, J., & DELGADO-SERRANO, M. M. (2017). La economía y la bioeconomía en el sector del olivar y del aceite. En J. A. Gómez-Limón & M. Parras Rosa (Eds.), *Economía y comercialización de los aceites de oliva. Factores y perspectivas para el liderazgo español del mercado global* (pp. 397-412). Almería: Cajamar.

- BERBEL, J., & POSADILLO, A. (2018). Review and analysis of alternatives for the valorisation of agro-industrial olive oil by-products. *Sustainability*, 10(1), 237. doi: <https://doi.org/10.3390/su10010237>.
- CAGPDS (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA GANADERÍA PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE). (2019). *Anuario 2019*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía.
- CAP (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA). (2010). *Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- CAPDS (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE). (2015). *Plan director del olivar*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía.
- CIVANTOS, L. (1981). Aprovechamiento de ramones y leña en el olivar. *Agricultura: Revista Agropecuaria y Ganadera*, 585, 180-181.
- CRUZ-PERAGÓN, F., PALOMAR, J. M., & ORTEGA, A. (2006). Ciclo energético integral del sector oleícola en la provincia de Jaén (España). *Grasas y Aceites*, 57(2), 219-228. doi: <https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i2>.
- GARCÍA, J. F., CUEVAS, M., FENG, C., MATEOS, P., TORRES, M., & SÁNCHEZ, S. (2020). Energetic valorisation of olive biomass: Olive-tree pruning, olive stones and pomaces. *Processes*, 8(5), 511. doi: <https://doi.org/10.3390/pr8050511>.
- GÓMEZ, J. A., & GIRÁLDEZ, J. V. (2009). Erosión y degradación de suelos. En J. A. Gómez (Ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía* (pp. 68-125). Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- GUERRERO-CASADO, J., CARPIO, A. J., TORTOSA, F. S., & VILLANUEVA, A. J. (2021). Environmental challenges of intensive woody crops: The case of super

high-density olive groves. *Science of The Total Environment*, 798, 149212.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149212>.

MANZANARES, P., RUIZ, E., BALLESTEROS, M., NEGRO, M. J., GALLEGO, F. J., LÓPEZ, J. C., & CASTRO, E. (2017). Residual biomass potential in olive tree cultivation and olive oil industry in Spain: Valorization proposal in a biorefinery context. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3), e0206.  
doi: <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10868>.

MEDINA, M. A., & HERNANDEZ, J. C. (2006). La biomasa procedente de las podas del olivar en Mágina. *Sumuntán*, 23, 89-108.

ROMERO-GARCÍA, J. M., NIÑO, L., MARTÍNEZ-PATIÑO, C., ÁLVAREZ, C., CASTRO, E., & NEGRO, M. J. (2014). Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. *Bioresource Technology*, 159, 421-432. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.062>.

SODEAN (SOCIEDAD PARA EL DESARROLLO ENERGÉTICO DE ANDALUCÍA). (2003). *Potencial y aprovechamiento energético de la biomasa del olivar en Andalucía*. Sevilla: SODEAN.

SPINELLI, R., & PICCHI, G. (2010). Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass. *Bioresource Technology*, 101(2), 730-735. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.039>.

TERRADOS, J., & SÁNCHEZ, F. J. (2003). Recursos biomásicos del olivar: Un modelo logístico para su aprovechamiento. En Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (Ed.), *Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos* (pp. 1282-1290). Pamplona: Universidad Pública de Navarra.

VELÁZQUEZ-MARTÍ, B., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E., LÓPEZ-CORTÉS, I., & SALAZAR-HERNÁNDEZ, D. M. (2011). Quantification of the residual biomass obtained



from pruning of trees in Mediterranean olive groves. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 3208-3217. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.042>.

VERA, D., JURADO, F., MARGARITIS, N., & GRAMMELIS, P. (2014). Experimental and economic study of a gasification plant fuelled with olive industry wastes. *Energy for Sustainable Development*, 23, 247-257. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.esd.2014.09.011>.



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## Visiones y discurrir histórico del término 'Desarrollo Sostenible'

Claudia Isabel Sánchez Pérez<sup>1</sup>, Concepción Martínez Alcalá<sup>2</sup>

---

Autor de Correspondencia: ciperez@ujaen.es

---

### Resumen:

En este trabajo se pretende indagar en el significado del concepto de 'Desarrollo Sostenible' que cada día está más presente en las agendas internacionales, en la gestión de las políticas europeas, en los planes de fomento de la agricultura, de la industria, en la creación de nuevos productos, etc. La finalidad es ofrecer una visión de esta terminología más global y holística, sin descartar las críticas, teniendo en cuenta tanto sus diferentes acepciones como su evolución en las últimas décadas. Avanzando en las conclusiones se tratará de advertir que un uso erróneo o utilización sesgada puede afectar a la comprensión del mismo por diferentes sectores sociales y, por ende, a llevar a cabo acciones menos coherentes y más parceladas en torno a la sostenibilidad. De ahí que el conocimiento de una expresión tan clave como esta -junto con la educación y la sensibilización en sostenibilidad- sea decisiva para encauzar adecuadamente los cambios y procesos socioeconómicos que fraguan el futuro.

**Palabras clave:** desarrollo sostenible, cambio global, biodiversidad, sobrexplotación, foro mundial

## Visions and history of the term 'Sustainable Development'

Claudia Isabel Sánchez Pérez<sup>1</sup>, Concepción Martínez Alcalá<sup>2</sup>

### Abstract:

The aim of this paper is to investigate the meaning of the concept of 'Sustainable Development', which is increasingly present in international agendas, in the management of European policies, in plans to promote agriculture, industry, in the creation of new products, etc. The aim is to offer a more global and holistic vision of this terminology, without discarding criticism, taking into account both its different meanings and its evolution in recent decades. Moving on to the conclusions, the aim is to point out that erroneous or biased use can affect the understanding of the term by different social sectors and, therefore, lead to less coherent and more fragmented actions in relation to sustainability. Hence, knowledge of such a key expression as this - together with education and awareness-raising in sustainability - is decisive in order to adequately channel the socio-economic changes and processes that are forging the future.

**Key Words:** sustainable development, global change, biodiversity, overexploitation, world forum.

---

<sup>1</sup> Universidad de Jaén, España, ciperez@ujaen.es.

<sup>2</sup> Universidad de Jaén, España, cmalcala@ujaen.es.

## 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de 'Desarrollo Sostenible' es un término en pleno vigor, sin ir más lejos, es común encontrarlo en carteles, programas, iniciativas de todo tipo, públicas, privadas, de asociaciones ciudadanas, o de entidades rurales, implicando a universidades, institutos y colegios y todo tipo de centros educativos. También, aparece plasmado su rótulo en los llamados ODS, los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, cuyas campañas de difusión y aproximación al tejido social están siendo, sin lugar a duda, meritorias, tanto en la comunidad andaluza como en el resto de España.

Sin embargo, hay que recordar que la noción de 'Desarrollo Sostenible' no es algo novedoso. Ese concepto existía hace varias décadas. En concreto, se puede fijar su origen hace 35 años. E incluso retrocediendo un poco más en el tiempo, encontrar sus raíces o antecedentes en 1970 en el Club de Roma (Meadows et al., 1972, 1992). Los reunidos en aquel foro hace poco más de medio siglo ya hicieron una advertencia crucial: no es viable a largo plazo para la humanidad un modelo de crecimiento basado en producir/consumir/desechar pues lleva al agotamiento de los recursos. También un antecedente significativo del concepto 'Desarrollo Sostenible', es el de 'ecodesarrollo', formulado en 1973 por el director ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Maurice Strong. Asimismo, ese concepto que apunta a un desarrollo "socialmente justo, ecológicamente compatible y económicamente viable" (Riechmann, 1995), lo elabora y difunde el economista Ignacy Sachs (1980), director de La École des Hautes études en Sciences Sociales (EHESS), en París, en donde dirige el Centro Internacional de Investigación sobre el Medio Ambiente y del Desarrollo (CIRED).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se hace una búsqueda de la información relevante teniendo en cuenta que lo ambiental es un problema sociopolítico y ecológico, y considerando la interrelación entre poblaciones humanas y medio ambiente. El objetivo es obtener una visión rigurosa, comprensiva y epistemológica, del concepto de 'Desarrollo Sostenible', con perspectiva histórica y comparativa de los argumentos a favor y en contra de dicho concepto.

Más detalladamente, en el proceso de búsqueda y selección de documentación sobre este tema se han consultado los recursos disponibles en el servicio de Biblioteca de la Universidad de Jaén, esto es, revistas, libros y base de datos disponibles en distintos formatos. A través de acceso virtual se ha accedido a bases de datos de Ciencias Sociales y Jurídicas, concretamente a bases de datos como ABI/Inform, Encolif, Emerald Journals, REPEC para la especialidad de Economía y, Sociological Abstracts y Social Services Abstracts para Sociología. Adicionalmente, se han empleado herramientas de búsqueda de carácter multidisciplinar, entre las que se encuentran: ínDICEs CSIC, Dialnet Plus, Scopus, WOS y plataforma ProQuest. Los resultados de la búsqueda obtenidos, alrededor de las veinte referencias más recientes y relevantes, se han ordenado y examinado, descartando referencias en las que se apreciaba una escasa aportación por reiterar ideas de otras obras o artículos de calidad contrastada. Asimismo se obvió bibliografía que abordaba el concepto de sostenibilidad de manera muy técnica, acrítica y restringida, o que describía casos concretos de experiencias de desarrollo sostenible pero sin ir acompañados de una base teórica, por todo ello se consideraron dichas fuentes secundarias, poco pertinentes o adecuados al objeto de estudio que nos incumbe, que es más de carácter epistemológico que empírico, y que pretende ir en la línea de una discusión con rigor científico.

Los términos de búsqueda empleados tienen que ver con los conceptos de 'Desarrollo Sostenible', 'Desarrollo Sustentable', 'Desarrollo Perdurable', 'Economía Verde', 'Objetivos de Desarrollo Sostenible', 'Economía Circular', 'Objetivos del Buen Vivir', 'Crecimiento Verde', 'Decrecimiento Sostenible', fundamentalmente. La selección de estos términos de búsqueda y no otros, se debe a que tras una primera revisión de las fuentes seleccionadas se encontraron terminologías próximas, adicionales y/o que se usaban como sinónimo de 'Desarrollo Sostenible', que podrían aportar un valor agregado al concepto elegido. De forma complementaria se han consultado las páginas web de los principales organismos e instituciones internacionales relacionados con la promoción del 'Desarrollo Sostenible' como ONU (División de Desarrollo Sostenible), PNUD, ILO, UNESCO, FAO, OMS, UNICEF, OCDE y PNUMA.

En Scopus concretamente se han puesto como filtro las siguientes materias: Ecology, Evolution, Behavior and systematic; Natura and Landscape Conservation; Pollution; Development Y se han obtenido 1557 resultados. Entre ellos, las principales fuentes consultadas han sido: Nature Sustainability; Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics; Ecological Monograph; Reviews in Environmental Science and Biotechnology, Frontiers in Ecology and Environment; Sustainability Science; Sustainable Development; y World Development.

En esa búsqueda contrastada de fuentes que abordan el concepto de 'Desarrollo Sostenible', hay obras sobre las que se profundiza más en su análisis por ofrecer un enfoque multidisciplinar y social; cabe destacar aquí la coordinada por Carlos Duarte (2009), junto a otros autores, que hace un estudio del cambio global desde la perspectiva científica de diferentes expertos; y, el estudio sobre Medio ambiente y sociedad: la civilización industrial y los límites del planeta, de Ernest García (2006). Se presta especial atención por ser un documento clave al Informe Brundtland, ya que ahí se encuentran las bases del concepto en cuestión. Y de cara a las conclusiones y reflexión final también se

tiene en cuenta otros autores que mantienen vigente la discusión sobre el tema y aportan soluciones bien fundamentadas tales como Jorge Riechmann (1995), Yayo Herrero, Fernando Cembranos y Marta Pascual (2019), Heman Daly (1991) o María Mies y Vandana Shiva (2014).

El método de análisis consta de varias etapas, primero, la selección bibliográfica; en segundo lugar, la comprensión del concepto de 'Desarrollo Sostenible' desde las distintas perspectivas, en tal sentido, se lleva a cabo la recopilación de las distintas acepciones sin perder de vista la dinámica histórica y la evolución temporal, además, se tiene en cuenta su marco institucional dentro de conferencias mundiales y de informes con alcance internacional; finalmente, se apuntan algunas de las voces críticas que de forma razonada y justificada detectan las ambigüedades del concepto de 'Desarrollo Sostenible', con el fin de favorecer la discusión científica sobre el mismo.

### **3. DESARROLLO: DINÁMICA INSTITUCIONAL Y CIENTÍFICA DEL CONCEPTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

El nombre de 'Desarrollo Sostenible' tal como hoy lo conocemos apareció en el Informe Brundtland, en el año 1987. Y el concepto de 'Desarrollo Sostenible o Sustentable' (cómo se le dice en América) desde finales de los años 80 del siglo pasado no ha perdido vigencia y el aumento de su popularidad tal vez tuvo que ver con la amplia difusión que le dio la Carta de la Tierra en 1992 en la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro. Precisamente, al término se alude en el primer Principio –algo genérico y ambiguo- de esta cumbre: "Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el 'Desarrollo Sostenible'. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza". Sin embargo, en esa Conferencia, como en todas las citas mundiales precedentes y posteriores, no faltaron tampoco desacuerdos y polémicas, en especial, al abordar las negociaciones sobre la preservación de los bosques y de la

biodiversidad. Así como un encuentro en paralelo menos institucional, el llamado Foro Global, que reunió a cientos de ONGD<sup>3</sup> de todo el planeta.

Dos años después, en 1997 se celebra la Conferencia de Kyoto y la Agenda 21 con un catálogo de 800 propuestas sobre los programas de acción de CNUMD (Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo), tratando de reflejar un consenso mundial y transfronterizo en la protección medioambiental y apoyo de propuestas y colaboración solidaria entre Estados para el 'Desarrollo Sostenible'; todo ello, en pro de mejorar la gestión y tener menos pobreza y más prosperidad para todos. También en 1997, tiene lugar un período extraordinario de sesiones de la Asamblea General dedicado al medio ambiente, conocido como Cumbre para la Tierra +5, donde se examinó la implementación del Programa 21 y se propuso un Plan para la ulterior ejecución del Programa 21. Tres años después, en 2000, la Cumbre del Milenio estableció los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) . En 2002, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo dio origen a un nuevo Plan de Acción. En 2005, 2008 y 2010, los Objetivos de Desarrollo del Milenio se revisaron en reuniones de alto nivel en Nueva York. A esto le siguió en 2012, en Río, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, también denominada Río +20. En 2013, dos años antes de la fecha límite fijada para cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio, se celebró un acto especial en Nueva York, en el que los Estados Miembros acordaron convocar una Cumbre de alto nivel en septiembre de 2015 para adoptar un nuevo conjunto de objetivos sobre las bases establecidas por los Objetivos de Desarrollo del Milenio. De esta manera, en 2015, en el marco de la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que dio origen a la Agenda 2030, se volvió al término original, cuyos ecos seguían resonando en la memoria colectiva: 'Desarrollo Sostenible', con la novedad de antecederlo con la palabra 'Objetivos'. Precisamente, se concretaron diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible; objetivos que en coloridos recuadros aparecen como brújula,

---

<sup>3</sup> Organizaciones No Gubernamentales de Cooperación al Desarrollo.

camino y meta de miles de actuaciones actuales englobadas como de 'Desarrollo sostenible' que se encuentran en proceso de consecución.

Hecho este esbozo histórico del concepto, llega el momento de centrarse en el Informe Brundtland. También hay que buscar dónde está el origen de ese informe y lo hayamos en 1983, cuando se constituye con la aprobación de las NNUU la CMMAD (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo) presidida por la doctora y exministra sueca Gro Harlem Brundtland, aunque el momento fundacional del término 'Desarrollo Sostenible', es cuando NNUU publica el Informe Brundtland en 1987.

Ese texto que se llamó en un principio "Our Common Future" advierte del coste ambiental del desarrollo económico. En el informe Brundtland de la CMMAD (1988: 29) hay una frase muy célebre y reiterada en infinidad de ocasiones: "Está en manos de la humanidad hacer que el Desarrollo sea Sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las capacidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias". Ilustramos este análisis con otras frases destacadas que aluden directamente al concepto.

Por ejemplo ésta que dice así: "Que el 'Desarrollo Sostenible' requiere la satisfacción de las necesidades básicas de todos y extiende a todos la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones a una vida mejor", en la que refleja su talante inclusivo al reiterar la palabra -todos-, aunque no matiza mucho sobre el tema de las aspiraciones a una vida mejor, lo cual es una cuestión delicada introducirla así porque el logro de las aspiraciones individuales de algunas personas pueden ir en contra de satisfacer las necesidades básicas de otros individuos. En la interpretación que hace Riechmann (1995:4) se refiere a que el modo de satisfacer las necesidades y aspiraciones humanos por medio del desarrollo está sometido, entre otras, a dos tipos de restricciones ecológicas y restricciones morales. Estas restricciones morales irían en el sentido de no dañar la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

U otra de las expresiones que enuncia lo siguiente: “Pero el crecimiento no es suficiente en sí mismo. Altos niveles de productividad pueden coexistir con pobreza general y poner en peligro el medioambiente”, reconociendo con ello el peligro de crecer y aumentar la productividad, pero sin aún trazar un nexo entre crecimiento y pobreza, al utilizar la palabra neutra y poco vinculante “coexistir”.

Dicho informe introduce la preocupación malthusiana por el crecimiento demográfico: “Únicamente se puede fomentar el desarrollo sostenible si la evolución demográfica está en armonía con el cambiante potencial productivo del ecosistema”. También advierte que “el desarrollo sostenible no significará el fin del crecimiento económico. El objetivo del mismo sería asegurar que este desarrollo no suponga un despilfarro de recursos ni una amenaza al medio ambiente, y que por fin se busque un progreso económico con la debida consideración a sus raíces ecológicas”. Por lo que se puede deducir que crecimiento económico y sostenibilidad en este Informe no son contradictorios.

#### **4. RESULTADOS: EL QUID DE LA CUESTIÓN ESTÁ EN SI SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO (ECONÓMICO) SON COMPATIBLES**

Muchas fueron pronto las críticas que recibió el Informe Brundtland, aunque sólo nos remitiremos a varias de ellas; cabe citar literalmente lo afirmado por Meadows y Rangers, en 1992: “es dudoso que se pueda lograr un desarrollo mundial si la tasa de crecimiento en los países industrializados continúa aumentando al ritmo sugerido en el Informe Brundtland, ... la sociedad sostenible nunca surgiría dentro de una economía mundial que reposara exclusivamente sobre el funcionamiento de las fuerzas del mercado, por importantes que puedan ser éstas para el mantenimiento de la vitalidad y la innovación creativa”. Esta idea incide en la imposibilidad de compatibilizar el crecimiento económico y la sostenibilidad. Unos años después, en 1997, en la misma dirección, pero de una forma quizás más contundente, en el Informe Goodland, Goodland Daly, El Serafy y Droste argumentan que ya no es

defendible hacer del crecimiento económico el objetivo de la política de desarrollo. Aquí además ya se habla de dos propuestas una la de 'Desarrollo Sostenible' a un ritmo más lento y otra la de desarrollo sin crecimiento. Se distingue entre crecimiento (aumentar de tamaño y acumular más, sentido cuantitativo de crecer en cantidad) y desarrollo (expandir la capacidad potencial, sentido cualitativo, de mejorar en calidad).

La cuestión durante los años 90 gira en torno a considerar que el término 'Desarrollo Sostenible' es un concepto problemático, que es tildado de ambiguo, contradictorio, paradójico; de modo que Georgescu-Roegen en 1993 indica que la noción a efectos prácticos es equívoca; por su parte, en 1996, Naredo constata que el concepto está rodeado de malentendidos; y Sachs (2000) advierte que hay algo que anda mal y que la noción de desarrollo está ya muy usada y es conflictiva y se intenta corregirla añadiéndole al desarrollo los calificativos de 'humano', 'social' o 'sostenible'. Además, se justifica así que no hay modelo alternativo al vigente, que no hay proceso de mejora de forma de vida que no adopte la forma de desarrollo.

Lo curioso es que este concepto, que da tantos problemas siga siendo el utilizado y el escogido, tal vez tenga algo que ver cómo la califica Sequeiros (1998) el haberse convertido en una especie de palabra mágica o talismán, o quizás cómo dicen otros autores que su vaguedad teórica y su ambigüedad política puede haber sido una de las razones de tener éxito esta expresión. También, Iván López (2015: 5) incide en "la capacidad del concepto para conciliar posturas, o por el contrario de generar disenso". Riechmann (1995:3) muestra en ese sentido su preocupación por el uso de un término que justifique el que continúe el crecimiento económico tanto en los países del Norte como del Sur y ve preciso su inminente clarificación: "Urge, pues, un esfuerzo de elucidación conceptual que será al mismo tiempo un esfuerzo de clarificación política". En concreto, Riechmann advierte de posturas interesadas de los políticos, que en los años noventa del siglo pasado sustituían el término

'Desarrollo Sostenible' por 'Desarrollo Sostenido' en sus intentos dice él de "ecologizar la producción". Siguiendo su lectura del Informe Brundtland indica que el 'Desarrollo Sostenible' requiere como mínimo "el crecimiento económico en los lugares donde no se satisfacen las necesidades básicas, el control consciente de la demografía y un uso lo más austero posible de los recursos no renovables" (Riechmann, 1995:8), aunque ya ahí encuentra una laguna importante: el Informe no dice nada sobre el tipo de estructuras económicas y sociales que serían 'sostenibles'. Ernert García (2006: 147) lo justifica así: "Desarrollo es la reafirmación de que el camino ha sido el acertado: Sostenible es la promesa de un futuro sin restricciones ni decadencias". Y así con esta expresión se produce el consenso social e incluso mucha gente opina que su vaguedad es una gran ventaja. Alfonso Aguado (2018) en su tesis sobre los 30 años de evolución desde el Informe Brundtland profundiza en la legislación europea en torno al Desarrollo Sostenible y aprecia una falta de definición oficial y de pérdida de referencia y a menudo de consenso hasta en la propia Organización de Naciones Unidas (2018: 275) y arguye cómo la fragmentación de las políticas se debe también a una falta de claridad del concepto de Desarrollo Sostenible (2018: 462) llegando a señalar que el concepto se encuentra deformado siendo usada la definición de una forma excesivamente mercantil y primando el objetivo de desarrollo económico a corto plazo y perdiendo peso las consideraciones ambientales (2018: 644-648).

En esa misma dirección, García (2006: 149) no deja de advertir que la noción de desarrollo se asocia ante todo a una dimensión económica. Por lo que se considera que desarrollo implica crecimiento. Incluso todavía en 1990 la propia ONU reconocía que el 'Desarrollo Sustentable' no implica el cese del crecimiento económico, hasta el punto de llegar a afirmar que sin vigoroso crecimiento económico no se pueden resolver los problemas ambientales ni el subdesarrollo. Sin querer reconocer que ya vivimos en un momento "de suelos degradados y sobreexplotación de fuentes, los bosques primarios se reducen, la biodiversidad disminuye, las aguas pierden calidad, la capacidad atmosférica

de absorber dióxido de carbono se ve rebasada" (García, 2006: 173). Mies y Shiva (2014: 399) advierten que el modelo de desarrollo industrial es insostenible, ya que cada vez produce más desperdicios y residuos tóxicos. Y estas autoras también recuerdan que los países del Norte consumen más energía y contaminan más, -hace unas décadas Riechman (1995) señalaba ya cómo el estilo de vida de los países desarrollados estaba creando una situación insostenible-, lo que conduce según estas afirmaciones a deducir que los países más contaminantes son en realidad los más tecnológicos, y los más desarrollados, y los más insostenibles. En el mismo sentido la investigadora Yayo Herrero constata: "El olvido y la negación de los límites ha provocado el desarrollo de un sistema insostenible" (Herrero, Cembranos y Pascual, 2019: 28).

No se puede terminar de comentar el Informe Brundtland y la noción de "Desarrollo Sostenible" sin aludir también a lo positivo del concepto. Un aspecto favorable es que al menos, al fin con este concepto se llegó a reconocer que la expansión de la civilización industrial tiene límites naturales que es mejor no ignorar. Otro punto positivo es que ya no dejó lugar a dudas de que cabe la posibilidad de que la productividad en crecimiento pueda no resolver la pobreza y además poner en peligro el medio ambiente. Y, en tercer lugar, cabe destacar positivamente del mismo informe el haber sido capaz de resaltar la importancia del largo plazo, al aludir tanto al presente como a las generaciones futuras.

En medio de esta encrucijada, donde más contras que pros, rodean el polémico concepto de 'Desarrollo Sostenible' y en un intento de aclarar posturas cada vez más variadas al respecto por unos y otros teóricos, ambientalistas, investigadores de las Ciencias Sociales,... Ernert García muestra que según se combinen estas visiones de desarrollo teniendo en cuenta sus ámbitos económicos, sociales y políticos, dice García (2006: 154) producirán centenares de acepciones de 'Desarrollo Sostenible' y tratando alumbrar este

complejo debate, en un esquema sintetiza el concepto de 'Desarrollo Sostenible' en tres posturas (2006: 55-157):

- a) 'Desarrollo Sostenible' como un proyecto de crecimiento sostenido que incorporaría regulaciones para compensar costes sociales y ambientales. En este modelo se mantiene la expansión de la producción y el consumo, y la desigualdad se entiende que se reduciría creando más riqueza a repartir y aumentando la dependencia mundial. Mikesell (1992: 15-16) formula esta acepción.
- b) 'Desarrollo Sostenible' con crecimiento cero en un contexto de interdependencia global. Que conllevaría intervención estatal que garantice las necesidades básicas y transición ecológica hacia fuentes renovables.
- c) Sostenibilidad abandonando el Desarrollo, pues este es la causa de la desigualdad, la pobreza y de la degradación medioambiental. La propuesta es ir hacia una economía más integrada en los ciclos naturales. Con una cultura de subsistencia y con instituciones de igualitarismo comunitario (conservacionismo bioeconómico), con acciones de desglobalización.

Próxima a la primera opción (a) aunque posiblemente más en consonancia con la segunda postura (b) se podría conectar la visión de Najjar (2022). Este argumenta que la definición clásica de sostenibilidad ha fracasado y apuesta por adoptar una definición más integral, manifestando que repensar el enfoque al aplicar el concepto de sostenibilidad es más urgente ahora que nunca. En ese sentido, Najjar (2022) propone una nueva definición 'la sostenibilidad espacial de cuatro dimensiones', la dimensión principal sería el factor de justicia social que controlaría y mejoraría las otras dimensiones: económica, ambiental y cultural-histórica. Según este autor desde ese modelo con un concepto de desarrollo sostenible más dinámico y multidisciplinar se podría conjugar la economía verde y la solidaridad social, sin abandonar la idea

de crecimiento o prosperidad a nivel planetario, a esa sostenibilidad la denomina 'sostenibilidad utópica a escala global'.

Otro autor anterior, Heman Daly (1991) más cercano a la postura (b) que incluso parece acercarse a la opción (c) aludía a la "economía sin crecimiento" o "desarrollo sin crecimiento". Daly además, en un intento de concreción, propuso seis criterios para hacer más operativo el concepto de Desarrollo Sostenible: principio de irreversibilidad, principio de recolección sostenible, principio de vaciado sostenible, principio de emisión sostenible, principio de selección sostenible de tecnologías y principio de precaución. Y enfatiza en que para que se cubran las necesidades básicas de toda la población del planeta de forma equitativa hay que centrarse mucho más en redistribuir que en crecer.

El análisis realizado indica que si el sistema económico forma parte de un sistema superior como es la Biosfera, la transición hacia modelos económicos diversos y 'sostenibles' supone incorporar las leyes de la naturaleza en los análisis económicos y recuperar las ideas innovadoras de Boulding (1966), Georgescu-Roegen (1993), entre otras, y apostar por una nueva cultura que incorpore la perspectiva de la economía circular (Pearce y Turner, 1995; Fundación Ellen MacArthur, 2014; Jiménez y Pérez, 2019), concepto que tampoco está exento de controversia.

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se aprecian a través de numerosos autores que han analizado el concepto de 'Desarrollo Sostenible' los temores de que la ambigüedad de este término, en medio del éxito de difusión a nivel socio-político y del hecho de hallarse ya interiorizado en la mentalidad social a nivel planetario, haya conducido o siga llevando a una sobreexplotación de la vida y de naturaleza y a considerar que la sostenibilidad y el desarrollo económico convencionales son compatibles.

En los fragmentos recogidos aquí del Informe *Brundtland* se pueden observar sus generalidades y cómo ya empiezan a estar sobre la mesa muchos temas que preocupan hoy, tales como la sostenibilidad, la pérdida de biodiversidad, los límites del crecimiento económico, etc., pero que en discursos políticos, en cumbres celebradas en los últimos años, siguen jugando con esa indeterminación inicial.

Ya hace más de medio siglo que el Club de Roma alertó de los límites del planeta y unos treinta años que *Georgescu-Roegen* (1993) avisó de que nada puede durar eternamente en un medio finito y de que todos, todos los recursos son limitados, tanto los no renovables como los renovables que están limitados en tiempo geológico según la cantidad total disponible. Y hace ya varias décadas que las propuestas bioeconómicas están advirtiendo que cualquier actividad productiva provoca una degradación entrópica que puede ser irreversible; y que las economías humanas no se integran en los ciclos naturales.

Entonces, la confusión continuada en torno a la definición del término 'Desarrollo Sostenible' nos lleva a dilemas como seguir tomando el PIB como indicador sintético de la evolución de la actividad económica y esperar su crecimiento y a la vez reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la deforestación de los bosques, la pérdida de biodiversidad, etc. A esto podíamos añadir el panorama actual de concentración de poder de mercado en las empresas multinacionales, la elusión fiscal de las mismas en las distintas naciones en las que operan, los efectos de la pandemia de la COVID-19, los nuevos conflictos bélicos, entre otros. Estas situaciones hacen indispensable una actuación diligente y eficaz en las políticas públicas a distintos niveles, que requieren la precisión del concepto de 'Desarrollo Sostenible'.

Y se sigue creyendo que más cantidad es mejor, y la abundancia consumista sigue siendo el ideal hegemónico, en el que se continúa educando y socializando hoy por hoy a todos los habitantes del planeta. Cuando la clave estaría en combinar con sostenibilidad otra palabra, tal vez la palabra equidad,

‘Equidad Sostenible’ -equidad en diversos sentidos: social, económica, de género, laboral, etc.- y orientar las políticas socioeconómicas y culturales hacia una menor desigualdad en la distribución de los recursos, en las rentas y la riqueza. Cambiando también el modo de adquirir y consumir recursos, haciendo patente que lo suficiente es lo mejor. En tal sentido está actuando favorablemente la economía circular, cada vez más difundida y aplicada en muchos ámbitos empresariales, tratando de que no se generen desperdicios y convirtiendo lo desechable en un recurso valioso. Pero, el endiosamiento de lo científico también nos hace a veces no ser capaz de ver que muchas innovaciones tecnológicas pueden estar forzando los ritmos de la naturaleza.

Para finalizar mostramos la preocupación de qué hoy por hoy en los medios de comunicación, en las conferencias mundiales, en los discursos políticos se sigue sin hablar claro y sólo el hecho de escoger como bandera un término polémico estimamos que ya es algo sospechoso. Desde nuestro pensar crítico nos preguntamos: ¿Por qué seguir con el vocablo tan discutido que puede conducir a seguir actuando de forma errada, con un doble filo, de ‘cuidar sobreexplotando’, de ‘crecer sin la adecuada sostenibilidad’, o de ‘ser insostenibles’ muchas acciones ‘de desarrollo’?

## REFERENCIAS

- AGUADO, A. (2018). *El desarrollo sostenible: 30 años de evolución desde el informe Brundtland*. [Tesis Doctoral Inédita]. Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/81489>.
- BOULDING, K. E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. En H. Jarrett (ed.). *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- BRUNDTLAND G. H., & KHALID, M. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Nota del secretario general. Recuperado de: <https://cutt.ly/2RoavCL>
- DALY, H. E. (1991). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. *Debats. Revista de cultura, poder i societat*. 35-36, 38-41.
- DUARTE, C. M. (coord.). (2009). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: Ed. CSIC.
- FUNDACIÓN ELLEN MACARTHUR (2014). *Hacia una economía circular Vol. 2*. McKinsey Center for Business and Environment. Recuperado de: [https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF\\_Spanish\\_exec\\_pages-Revise.pdf](https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf).
- GARCÍA, E. (2006). *Medio ambiente y sociedad. La civilización industrial y los límites del planeta*. Madrid: Ed. Alianza
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1993). *Looking back. Entropy and bioeconomics. First international Conference of the EABS. Proceedings. European Association for Bioeconomic Studies*. Milán: Nagard. 11.21.
- HERRERO, Y., CEMBRANOS, F., y PASCUAL, M. (Coords.). (2019). *Cambiar las gafas para mirar el mundo: una nueva cultura de la sostenibilidad*. Madrid: Ed. Libros en Acción.
- JIMÉNEZ, L. M. y PÉREZ, E. (Coords.) (2019). *Economía circular-espiral. Transición hacia un metabolismo económico cerrado*. Madrid: Ecobook.
- LÓPEZ, I. (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, (20), 111-128. Recuperado de: <https://www.revistabarataria.es/web/index.php/rb/article/view/16>

- MEADOWS, D. H., et al. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MEADOWS, D. H., et al. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*. Madrid: El País, Aguilar.
- MIES, M. y SHIVA, V. (2014). *Ecofeminismo*. Barcelona: Ed, Icaria.
- MIKESELL, R. F. (1992). *Economic development and the environment: A comparison of sustainable development with conventional development economics*. Londres: Ed. Mansell.
- NACIONES UNIDAS CONFERENCIAS (1972-2015) sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/es/conferences/environment>
- NAJAR, R. (2022). Four dimensional spatial sustainability (4DSS): a revolutionary approach toward utopian sustainability. *Discover Sustainability*, 3 (21). doi: <https://doi.org/10.1007/s43621-022-00090-x>.
- NAREDO, J. M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término 'sostenible'. *Documentación Social*, 102, 129-148.
- PEARCE, D. W., y TURNER, R. K. (1995). *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Celeste Ediciones.
- RIECHMANN, J. (1995). Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación. En J. Riechmann et al. *De la economía a la ecología*, (pp. 11-36). Madrid: Trotta. Recuperado de: [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-30\\_10-56-06111186.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-30_10-56-06111186.pdf) 1-20
- SACHS, I. (1980). Ecodesarrollo. Concepto, aplicación, implicaciones. *Comercio Exterior*, Vol. 30 (7), 718-725.



SACHS, W. (2000). Development: the rise and decline of an ideal. An article for the Enciclopedia of Global Environmental Change. *Wuppertal Papers*, 108. Recuperado de: <https://d-nb.info/1049675908/34>

SEQUEIROS, L. (1998) De la III Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) al fracaso de la Conferencia de Kioto (1997): Claves para comprender mejor los problemas ambientales del Planeta. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 6(1), 3-12. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/88465>



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## El ecosistema para la Bioeconomía en Argentina: experiencia Rosario

Patricia Melina Acetta<sup>1</sup>, Sol Gonzalez De Cap<sup>2</sup>, Celestina Brenes Porras<sup>3</sup> y Hugo Chavarría Miranda<sup>4</sup>

---

Autor de Correspondencia: [pacetta@fca.unl.edu.ar](mailto:pacetta@fca.unl.edu.ar)

---

### Resumen:

La formación de capacidades técnicas sobre bioeconomía por medio de alianzas estratégicas es una de las formas en la que se puede apoyar en el desarrollo de profesionales capacitados para enfrentar los retos del siglo XXI, a su vez, la virtualidad facilita el intercambio de conocimiento con personas internacionales expertas. En ese sentido, este documento describe los resultados del trabajo conjunto entre el Ministerio de Educación argentino y el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) en la creación de una metodología mixta para el posgrado internacional "Bioeconomía para la Agroindustria y los Territorios Rurales: buenas prácticas y lecciones aprendidas", haciendo especial énfasis en la gira de campo a la ciudad de Rosario, uno de los polos que ha desarrollado diferentes iniciativas en innovación bioeconómica.

Dar a conocer estos proyectos permite que se (re)conozca el trabajo que ha realizado el Estado argentino en la materia y además que se visibilice la valía de continuar construyendo profesionales en bioeconomía por medio de la cooperación técnica. Además, facilita que se puedan replicar estas oportunidades de aprendizaje en otras latitudes. Finalmente, gracias a la metodología implementada se visibiliza el potencial con el que cuenta Argentina para adoptar una estrategia basada en bioeconomía.

**Palabras clave:** Bioeconomía, Innovación, Rosario, Ecosistema, Capacidades, Cooperación Técnica.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral, (Argentina). [pacetta@fca.unl.edu.ar](mailto:pacetta@fca.unl.edu.ar)

ORCID: <https://orcid.org/+0000-0002-8026-9397>

<sup>2</sup> Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo de la Nación Argentina, (Argentina), [scap@produccion.gob.ar](mailto:scap@produccion.gob.ar)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2611-1983>

<sup>3</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Costa Rica). [celestina.brenes@iica.int](mailto:celestina.brenes@iica.int) ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-8830-0451>

<sup>4</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (Costa Rica). [hugo.chavarria@iica.int](mailto:hugo.chavarria@iica.int)





## **Bioeconomy ecosystem in Argentina: Rosario city experience**

Patricia Melina Acetta<sup>1</sup>, Sol Gonzalez De Cap<sup>2</sup>, Celestina Brenes Porras<sup>3</sup> y Hugo  
Chavarría Miranda<sup>4</sup>

### **Abstract:**

The development of technical capabilities in the bioeconomy through strategic alliances is one of the ways in which support can be provided for the development of professionals trained to face the challenges of the 21st century, while virtuality facilitates exchanges of knowledge with international experts. This document describes the results of the joint work between the Argentine Ministry of Education and the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) in the creation of a mixed methodology for the international postgraduate course "Bioeconomy for Agroindustry and Rural Territories: good practices and lessons learned," with special emphasis on the field trip to the city of Rosario, one of the centers that has developed various initiatives in bioeconomic innovation.

Publicizing these projects allows the work done by the Argentine State in this area to be (re)known and makes visible the value of continuing to build professionals in bioeconomics through technical cooperation. It also facilitates the replication of these learning opportunities in other latitudes. Finally, thanks to the methodology implemented, Argentina's potential to adopt a bioeconomy-based strategy is made visible.

**Key Words:** Bioeconomy, Innovation, Rosario, Ecosystem, Capabilities, Technical cooperation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Consolidar la institucionalidad en bioeconomía requiere la formación de capacidades que permitan construir políticas, proyectos y atraer inversiones para su desarrollo. La Bioeconomía se entiende como la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía (IICA, 2019). Por lo que, propiciar la formación de capacidades técnicas y gerenciales en diferentes sectores como el público, privado y académico resulta medular y la cooperación tiene la facilidad de poder formar/instruir a diferentes públicos meta. Lo que favorece el avance conjunto en temas legales, políticos, intelectuales y económicos facilitando el desarrollo bioeconómico.

Aunque, Argentina cuenta con diferentes iniciativas en la materia, aún quedan algunos desafíos por resolver, por lo que para crear la institucionalidad bioeconómica en todo el Estado el Ministerio de Educación y el IICA se unieron para dictar el curso de posgrado internacional<sup>5</sup> *"Bioeconomía para la Agroindustria y los Territorios Rurales: buenas prácticas y lecciones aprendidas"*. El curso se llevó a cabo por medio de una metodología mixta estuvo compuesto por 7 módulos con sesiones asincrónicas y sincrónicas con la participación de docentes de Argentina, Uruguay, Costa Rica, Colombia y España. El módulo 6 se realizó de forma presencial en la ciudad de Rosario, uno de los polos que ha desarrollado diferentes iniciativas en innovación bioeconómica.

Este inició con un abordaje general<sup>6</sup> y conforme avanza aumentaba su profundidad<sup>7</sup>. Gracias a la virtualidad se pudo contar con un cuerpo docente internacional de alto nivel y gran trayectoria en bioeconomía en sus distintos países<sup>8</sup>. El curso de posgrado contó con participantes de diversas disciplinas

---

<sup>5</sup> tuvo 120 horas virtuales y una semana presencial en Rosario

<sup>6</sup> potencialidades y retos de la bioeconomía y sus senderos

<sup>7</sup> políticas, tecnologías, bionegocios, entre otros.

<sup>8</sup> el Director del curso fue Hugo Chavarría M. y el Coordinador académico Marcelo Regunaga, entre el cuerpo docentes se encontró Abigail Napsuciale, Agustín Torroba, Carlos Pomareda, Claudia Betancur, Edith

como la agronomía, relaciones internacionales, economía, biotecnología, pedagogía, entre otras, así como de diversas regiones argentinas, lo que permitió dotar de un enfoque multidisciplinario y territorial a las discusiones y aprendizajes. El presente artículo mostrará los resultados de la experiencia de este posgrado internacional, haciendo hincapié en el caso argentino en general y en la experiencia de la ciudad de Rosario en particular con la finalidad de que tanto el curso, como las innovaciones desarrolladas en este país puedan ser replicadas y (re)conocidas en diferentes zonas geográficas. A su vez, apostar por el desarrollo de este tipo de actividades de formación facilita que los sectores de cada país puedan tomar las decisiones necesarias para propiciar el avance de la bioeconomía.

## **2. MÉTODO/DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN**

Esta investigación se encuentra orientada por la naturaleza cualitativa de los datos abordados con un enfoque descriptivo donde se expone la experiencia de las giras a campo -visitas a plantas y laboratorios-, es decir, espacios que componen el ecosistema bioeconómico argentino. En ese sentido, el objeto de estudio es entendido de acuerdo con la realidad desarrollada por quienes participaron en la semana presencial del curso (Sampieri, 2014). Los resultados se presentarán por medio de las siguientes categorías analíticas empresas consolidadas, startups, aceleradoras y sector público.

Ahora bien, la metodología implementada durante las sesiones presenciales fue la teoría del cambio la cual permitió la construcción de políticas, estrategias, proyectos y planes de negocios para la bioeconomía sus resultados destacaron el papel estratégico que han desempeñado las innovaciones genéticas en Argentina desde el siglo XX hasta la actualidad, a su vez se rescató las buenas prácticas y las lecciones aprendidas en sus

---

Obschatko, Eduardo Trigo, Federico Bert, Federico Marque, Lucía Pittaluga, Manuel Laínez, Dolores de Toro, Marta Macías, Marvin Blanco, Pablo Nardone, Pedro Rocha, Rafael Aramendis, Roberto Bisang, Sabine Papendieck, Santiago Lorzetti, Vitor Bomtempo, especialistas en las diversas áreas involucradas en el desarrollo del curso.

bioemprendimientos y se brindaron diferentes herramientas para fortalecer los modelos de negocios en el agro.

Entre los objetivos del módulo 6 se destacan 1) el fomento a la aplicabilidad de herramientas y metodologías que habían sido analizados durante las clases virtuales y 2) conocer las experiencias<sup>9</sup> relativas a casos de éxito, retos y necesidades tecnológicas, financieras e institucionales que viven los entes públicos, privados y académicos que fomentan las innovaciones para la bioeconomía.

### **3. RESULTADOS**

La bioeconomía es un modelo que promueve la industrialización de lo biológico y favorece la diversificación productiva, la agregación de valor en cascada, la generación de empleos e ingresos locales, la resiliencia ambiental y la descarbonización. Es un terreno en el que Argentina, al igual que otros países de América Latina y el Caribe, tiene un enorme potencial, debido a la abundancia y riqueza de sus recursos naturales.

De hecho, la integración de los sistemas públicos y privados en Argentina bajo este modelo han permitido la creación de un ecosistema innovador bioeconómico único en toda la región. Las capacidades de su sistema de CyT, la existencia de un sector agrícola altamente competitivo y algunos casos de éxito reconocidos a nivel global como el desarrollo de las tecnologías HB4<sup>10</sup> son algunos de los elementos que dan cuenta de la oportunidad que representa la bioeconomía como modelo de desarrollo sostenible.

Este hecho, más allá de ser una premisa, apunta a ser una realidad la cual se está empezando a desarrollar ampliamente en algunos de los territorios de la Argentina a partir del crecimiento y surgimiento de empresas, *startups*, centros

---

<sup>9</sup> Las cuáles serán descritas en la próxima sección.

<sup>10</sup> Se trata de una plataforma tecnológica patentada por CONICET Argentina que permite obtener semillas tolerantes al estrés hídrico.

de investigación e instituciones de apoyo. Un claro ejemplo de ello es el ecosistema bioeconómico de la provincia de Santa Fe, el cual se focaliza en tres nodos, el nodo Santa Fe (ciudad), el nodo Rosario y el nodo del corredor Sunchales-Rafaela. Estos territorios, se identifican como nodos del *Hub Bio* de Santa Fe y se caracterizan por los siguientes elementos:

- **Talento:** Cuenta con más de 166.000 estudiantes universitarios provenientes de universidad públicas y privadas<sup>11</sup>, cinco sedes de la Universidad Tecnológica Nacional y seis privadas. A nivel posgrado, el ecosistema cuenta con 975 investigadores CONICET radicados en más de treinta institutos.
- **Infraestructura:** Cuenta con 15 centros, Polos y Clusters tecnológicos. Además de contar con laboratorios públicos de universidades públicas y privadas, entre otros espacios.
- **Financiamiento:** Existen 14 instituciones<sup>12</sup> (incubadoras y aceleradoras) dedicadas al apoyo del bioemprendimiento por medio del financiamiento y la formación de capacidades en el tema.



**Figura 1:** Nodos del ecosistema bioeconómico de la provincia de Santa Fe. **Fuente:** Elaboración propia en base a Baima (2022).

**Notas: Rafaela/Sunchales:** Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf), INTA, Centro de Innovación Tecnológica Empresarial y Social (CITES), INCUINTA.

**Rosario:** Universidad Nacional de Rosario (UNR), Universidad Católica Argentina (UCA), Centros de Ciencia y Tecnología, Aceleradora Litoral, Fondo SF500, Glocal, BCR Innova, UOVO, UNR Incuba,

<sup>11</sup> entre ellas la Universidad del Litoral, la Universidad de Rosario y la Universidad de Rafaela

<sup>12</sup> Entre estas se pueden encontrar UOVO, Cites, Aceleradora Litoral, Glocal, UNR Innova, el PTLC y el SF 500 - una iniciativa público-privada inédita.

**Santa Fe (ciudad):** Universidad Nacional del Litoral (UNL), Centros de Ciencia y Tecnología, Aceleradora Litoral, Parque Tecnológico Litoral Centro, Innventure.

La suma de estas características conforma un ecosistema de empresas de trayectoria, organismos públicos y fondos y aceleradoras que incuban, acompañan y se relacionan con incipientes emprendimientos y startups. A continuación, se presentan los principales actores del ecosistema bioempresarial del nodo de Rosario:

### **Empresas consolidadas**

Son empresas con capacidades tecnológicas, financieras e infraestructura consolidadas, con trayectoria local en biotecnología y ciencias relacionadas. Estas capacidades les permiten asociarse con otros actores, especialmente con el sistema de ciencia y tecnología local y bioemprendimientos biotecnológicos, con quienes conforman una red o ecosistema. Durante la gira se entrevistó a los representantes y se visitó las instalaciones de algunas de ellas:

- **Grupo Bioceres:** El Grupo Bioceres se dedica a canalizar inversiones en empresas enfocadas al avance de soluciones de alto impacto con base científica. Entre sus principales logros se encuentra la patente HB4®, el cual se le otorga a aquellos cultivos de trigo y soja tolerantes a la sequía y a la salinidad. Una de sus subsidiarias es Bioceres Crop Solutions, está presente en el mercado norteamericano y cotiza en NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotation) gracias a las variantes HB4® de trigo resistentes a la sequía. En la gira a campo se visitó INDEAR, del grupo Bioceres. Esta es una empresa de servicios de investigación, provee servicios de I+D de última generación, contribuyendo al proceso de desarrollo de productos y tecnologías, tanto de Bioceres como de terceros, para el agro y la industria. Cuenta con las plataformas de biotecnología más avanzadas de Latinoamérica, amplia experiencia y trayectoria, lo que atrae grupos de investigación locales e internacionales que buscan acelerar sus descubrimientos tecnológicos.

- **Terragene S.A. y Protergium.** Es una empresa de capitales nacionales argentinos, exporta el 95% de su producción a todo el mundo. Produce insumos de sanidad y desinfección hospitalaria y quirúrgica con procesos de desarrollo biotecnológico desde una planta modelo que incluye todos los insumos en integración vertical, incluidos los envases y el packaging ('Terragene S.A.', 2012). El éxito de Terragene generó su propio *spin off*. El dominio de la plataforma biotecnológica propició la investigación y desarrollo de fitoterápicos biológicos (bioestimulantes, fitovacunas, biofungicidas, bioinsecticidas, bionematicidas) que terminaron en transformarse en Protergium<sup>13</sup>.

- **Rosario Bioenergy SA:** Produce biocombustibles líquidos (biodiesel) a partir de materias primas obtenidas de la producción agropecuaria y del reciclado de aceites vegetales usados. Acorde a la normativa cambiante de un mercado regulado y con tendencia a los combustibles fósiles, hay muy poco margen para planificar, invertir, crecer.

- **ACA BIO:** Es la Asociación de Cooperativas Argentinas, la cual cuenta con 63 cooperativas asociadas. Un bioemprendimiento industrial para la producción de bioetanol de almidón de maíz, DDGS –granos secos destilados y solubles con destino a la alimentación animal-, CO<sub>2</sub>. El destino de los productos se centra en el mercado local, excepto los DDGS destinado a la exportación. La Planta industrial cogenera toda la energía eléctrica que consume y la producción de bioetanol y CO<sub>2</sub> a partir de materias primas renovables genera un favorable balance ambiental.

### **Startups**

El surgimiento de emprendimientos de base biotecnológica ha crecido exponencialmente en Argentina en los últimos años, según Ciccía (2022), se calculan más de 70 startups bio en distintas etapas de crecimiento. La existencia

---

<sup>13</sup> actualmente se encuentra en la fase final de construcción de una planta modelo de unos 4.000 metros cuadrados ubicada dentro del Micro Parque Industrial de Alvear, cercano a Rosario

de capacidades científicas apalancadas en la trayectoria biotecnológica de la Universidad de Rosario<sup>14</sup>, sumado a otros factores como la presencia local de incubadoras, aceleradoras y empresas consolidadas, explican que Rosario sea un epicentro para su surgimiento. Durante la gira a campo se visitaron los laboratorios de la sede de la Universidad Católica que hospedan a tres *startups*:

- **ArgentAG:** Impulsados por el desafío de secuenciar el virus (SRAS-CoV-2) del COVID-19 aceleraron una técnica de secuenciación innovadora que permite mapear volúmenes de información genética con equipamiento y operación de muy bajo costo. El producto, ya escalado en Estados Unidos, se le proyecta diferentes aplicaciones con incidencia en diversos mercados, por lo que se espera resultados de alto impacto tanto científicos como económicos.

- **Michroma:** Es una plataforma<sup>15</sup> de biotecnología para producir ingredientes naturales tanto sustentables como escalables con costos razonables. Aún no han llegado al mercado, pero se encuentran en prueba de producción en escala comercial<sup>16</sup>. Desarrollan colorantes naturales producidos por hongos modificados biotecnológicamente mediante CRISPR<sup>17</sup>, logrando que estos sobreexpresen la producción de moléculas colorantes y posteriormente, son fermentados en biorreactores fácilmente escalables. Este bioemprendimiento sobresale por salir del paradigma químico del petróleo, los colorantes desarrollados por Michroma tienen mucho menor costo, mayor efecto colorante y menor efecto contaminante.

---

<sup>14</sup> La licenciatura en Biotecnología fue creada en 1989 en el ámbito de la Facultad de Ciencias bioquímicas y Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), como una carrera independiente a la química constituyéndose como la primera del país.

<sup>15</sup> Conjunto de equipamiento y técnicas que permiten aplicar las nuevas tecnologías de alta complejidad de la ciencia moderna.

<sup>16</sup> Los productos que han desarrollado van directo al impacto de sustentabilidad que la bioeconomía que el siglo XXI requiere.

<sup>17</sup> En inglés clustered regularly interspaced short palindromic repeats, en español repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas. Es la tecnología más avanzada de edición genómica.

- **Nat4Bio:** Utilizan microorganismos seleccionados para desarrollar recubrimientos comestibles que se aplican en la superficie de la fruta fresca. Estos recubrimientos son transparentes, inodoros e insípidos, y regulan el intercambio de gases entre la fruta y el ambiente, retrasando el proceso de maduración y protegiéndolos contra los patógenos. Pretende impactar sobre un problema apremiante: el desperdicio de alimentos ya que un tercio de los alimentos producidos nunca se consume, teniendo un impacto más agravante en frutas y verduras, donde casi la mitad se desperdicia.

### **Aceleradoras**

El surgimiento de bioemprendimientos de base biotecnológica, depende en gran medida del apoyo institucional que existe para su desarrollo. Las aceleradoras, en particular aquellas dedicadas al segmento agri-food, son los actores del ecosistema que se han dedicado a invertir y acompañar a las *startups* en las distintas etapas de su ciclo de vida. Durante la gira a campo se visitaron las siguientes:

- **SF500: fondo de inversión:** Es un fondo público privado, invertido por Grupo Bioceres y el Gobierno de la Provincia de Santa Fe. Su propósito es favorecer la co-creación entre científicos y emprendedores de productos y servicios innovadores y de impacto global. El fondo busca impulsar las capacidades de construcción de activos de propiedad intelectual del ecosistema de ciencias de la vida argentino.
- **GridX:** Es un fondo de venture capital, recorre universidades y laboratorios, buscando personas e ideas sobresalientes para transformar ciencia en *startups*. Forman equipos de científicos con bioemprendedores y les ayudan en la creación de nuevas empresas de biotecnología de nueva generación. Han llegado a invertir hasta 200K USD en los bioemprendimientos con mayor potencial, uno de sus proyectos ha sido Nat4Bio.

- **BCR Innova:** Es un proyecto de la Bolsa de Comercio de Rosario que busca potenciar y transformar el ecosistema innovador nacional para contribuir al crecimiento económico, social y cultural de la región y del país, promoviendo las relaciones internacionales y su posicionamiento a nivel global. Para ese fin convocan a *startups* vinculadas a Agri-Food Tech, Fintech y Biotech y a empresas interesadas en conocer, co-desarrollar y/o invertir en proyectos disruptivos. Promueven la sostenibilidad con foco en la innovación y los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas y al mismo tiempo alientan la creatividad y la mejora continua de los equipos a través del trabajo en red y desarrollo de comunidad.

- **Glocal:** Se trata del primer fondo de *Venture Capital* del mundo, enfocado en *AgriFoodTech*, en lograr la certificación que acredita su Triple Impacto<sup>18</sup>. La certificación como Empresa B garantiza que todas las acciones, proyectos e inversiones de GLOCAL cumplan con los más altos estándares de desempeño social y ambiental, transparencia y responsabilidad empresarial sin sacrificar su rentabilidad.

- **Innventure Agri-Food Tech:** Es un fondo de inversión desarrollado por un grupo de productores, empresas y expertos que buscan contribuir a transformar la Argentina en líder global de tecnologías agroalimentarias y al agro en el sector más eficiente y sostenible del mundo.

## Sector Público

El sector público es el actor del ecosistema encargado de crear institucionalidad en la materia, impulsando la creación de políticas que fomenten la infraestructura, generación de talentos, creación de marcos regulatorios favorables en el desarrollo de la bioeconomía. En el ecosistema de Rosario se conoció las siguientes experiencias:

---

<sup>18</sup> Impacto económico, ambiental y social

- **Parque Industrial Alvear:** Es una iniciativa de la Provincia de Santa Fe, administrada por un Consorcio de Copropietarios. En este territorio conviven altos grados de flujos económicos del Parque contrastado con la falta de motivación de los jóvenes para insertarse en la demanda del trabajo que existe en su distrito. El parque es un agente dinamizador de los sectores productivos, posee un sistema de fácil y rápido acceso para llegar en minutos al puerto, aeropuerto, el puente Rosario-Victoria, a los centros comerciales de la ciudad o hacia otros centros urbanos (Parque Industrial Alvear, 2022).

- **Políticas de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Santa Fe:** La secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación de Santa Fe impulsa una serie de políticas que facilitan que exista y se desarrolle una institucionalidad de apoyo a la bioeconomía con programas como *Biohackaton*, un concurso de proyectos para la resolución de problemas sociales a través de la biotecnología, destinado a estudiantes de grado de carreras afines; SF500 el fondo público privado mencionado; Financiamiento EBT, destinado a financiar proyectos de base tecnológica al cual aplican proyectos de temáticas relacionadas a ciencias de la vida; Misiones Comerciales Inversas, donde diplomáticos, empresas y aceleradoras extranjeras visitan el ecosistema local, entre otras iniciativas.

A partir de este recuento parece innegable el potencial que está desarrollando en Santa Fe, en términos bioeconómicos. Al no existir estos *clusters* de innovación bioeconómico en todo el Estado, sino de forma regionalizada, muestra la agenda pendiente que tienen las autoridades para consolidar la bioeconomía a nivel nacional. En ese sentido, algunos componentes<sup>19</sup> a ser desarrollados son:

**Gobernanza:** Fomento al desarrollo de la bioeconomía ya sea vía: i) creación de nuevos marcos regulatorios y arreglos institucionales que apunten a la simplificación de los mecanismos de registro, puesta en marcha de incentivos a

---

<sup>19</sup> Estos componentes se desprenden del intercambio con los distintos actores del ecosistema.

la inversión en innovación y nuevos desarrollos; generación de nuevos mercados, compras públicas para la innovación ii) la generación de infraestructura física y científica-tecnológica que requiere el nuevo modelo de desarrollo planteado iii) desarrollo de proyectos público-privados para el financiamiento

**Capacidades en ciencia y tecnología:** Creación de más y mejores ofertas académicas orientadas al desarrollo de capacidades en bioeconomía; incentivos orientados hacia la dedicación de tiempo a proyectos bioeconómicos por parte de investigadores y becarios; potenciación de mecanismos transversales y multidisciplinarios en la investigación y desarrollo.

**Consumidores:** Toma de consciencia del triple impacto de la bioeconomía, en el ámbito social, económico, y ambiental; mayor exigencia traccionada por nuevas preferencias que apuntan a la mitigación del cambio climático; producción de alimentos saludables y sostenibles.

**Sector privado:** Apuesta en inversiones destinadas a innovaciones promisorias en negocios tanto emergentes como tradicionales, orientados a un nuevo modelo menos dependiente de recursos fósiles.

La parcial instalación del modelo bioeconómico en las agendas pública y privada, la asimetría de las capacidades de la distribución territorial en CyT de las actividades de procesamiento industrial de la biomasa y el insuficiente abordaje integral en las políticas públicas de apoyo al desarrollo del modelo productivo bioindustrial, son parte de las debilidades de Argentina para consolidar una institucionalidad nacional en bioeconomía. Cabe destacar que el desarrollo bioeconómico, aunque regionalizado, representa un importante sector de la economía argentina y ha generado 86,695 millones de dólares en 2017; es decir, el 16.1% del PIB de su la economía (IICA, 2022b).

#### 4. DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

El curso de posgrado internacional en Bioeconomía arrojó resultados superiores a los esperados en su planteamiento inicial, ya que esta asignatura, además de mostrar casos de éxito y formar capital humano con incidencia en la temática, generó aprendizajes para Argentina que pueden ampliarse para otros territorios. Un ejemplo de esto es el caso de Santa Fe, que cuenta con el potencial para convertirse en una referencia de la bioeconomía latinoamericana.

El caso de Santa Fe demuestra cómo el trabajo conjunto entre las instituciones de C+T+i con los gobiernos y la empresa privada puede tener resultados exitosos, desde el punto de vista social, económico y ambiental, este ecosistema tiene oportunidades, gracias a la disponibilidad de recursos biológicos y capacidades productivas, tecnológicas y recursos humanos capacitados con los que cuenta. Por otro lado, debido a la suma de iniciativas que crecen en los nodos del ecosistema bioeconómico de la provincia de Santa Fe (figura 1), posicionan a la bioeconomía como una apuesta estratégica para el desarrollo de Argentina, debido a sus condiciones de biomasa, el desarrollo de su entramado de ciencia y tecnología (CyT) y su trayectoria industrial. Aprovechar la nueva frontera de conocimiento que brinda la bioeconomía incide en el fomento de su crecimiento económico, social y ambiental en el sentido, que permite disminuir los gases de efecto invernadero (GEIs) y alinearse con el cumplimiento de la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (Ministerio de Agroindustria, 2017). A través de esta es posible no solo incrementar la eficiencia y sostenibilidad en la producción y aprovechamiento de la biomasa (incluidos los desechos y residuos), sino también desarrollar nuevos bioproductos de alto valor agregado (como los nutracéuticos, bioenergía, biocosméticos, bioquímicos, etc.) así como generar – valorizar los servicios biológicos y ambientales que ocurren dentro de los sistemas agroalimentarios y de los territorios rurales (IIICA, 2022a). La bioeconomía aparece para Argentina, como una oportuna vía de desarrollo dado que

implica el inicio de un cambio estructural hacia una matriz productiva sustentable en términos ambientales y sociales; abre las puertas a replantear la compleja matriz de industrialización dependiente a la energía fósil. Finalmente, es preciso resaltar que América Latina y el Caribe precisan de este tipo de iniciativas para seguir capacitando a sus recursos humanos. Este tipo de ofertas formativas son claves para el desarrollo de una masa crítica lo suficientemente potente para lograr un impacto en la agenda pública de los países latinoamericanos y, paralelamente, para el posicionamiento de la región en la agenda global.

## **REFERENCIAS**

- Ciccía, G. (2022). 1º Cumbre de Bioeconomía. Rosario, Consejo Federal de Inversiones de Argentina
- Baima, M. (2022). Clase Virtual en el marco del curso de posgrado. Rosario, IICA.
- IICA. (2019). Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo. Retrieved 20 September 2022 from <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7909>
- IICA. (2022a). Bioeconomía para la agroindustria y los territorios rurales: buenas prácticas y lecciones aprendidas. Unidad 1.1. Retos de ALC en el nuevo contexto y potencialidades de la región para el desarrollo socio - económico. IICA.
- IICA. (2022b). Bioeconomía para la agroindustria y los territorios rurales: buenas prácticas y lecciones aprendidas. Unidad 1.3. La bioeconomía como nueva apuesta estratégica para el desarrollo regional. IICA.
- Ministerio de Agroindustria. (2017). Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria. Retrieved 25 September 2022 from [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/\\_archivos/000000\\_Bioeconomia%20Argentina.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/_archivos/000000_Bioeconomia%20Argentina.pdf)



Parque Industrial Alvear. (2022). Parque Industrial Alvear. Retrieved 29 September 2022, from <https://www.pialvear.com.ar/>

Sampieri, H. (2014). Metodología de investigación. México, McGraw Hill.

Terragene S.A. (2012). Retrieved 29 September 2022 from <https://polotecnologico.net/blog/terragene-s-r-l/>



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## **Desarrollo de Nuevas Tecnologías que impulsan Avances en Agricultura de Precisión para optimizar insumos y reducir la huella ambiental.**

C Richard Glass<sup>1</sup>, Francisco J Egea González<sup>2</sup>

---

Autor de Correspondencia: [richard.glass@chap-solutions.co.uk](mailto:richard.glass@chap-solutions.co.uk)

---

### **Resumen:**

Avances en el sector de la agrotecnología ofrecen la oportunidad de que los sistemas agroalimentarios contribuyan a conseguir objetivos políticos mundiales como lograr sistemas de carbono neto cero y reducir la huella ambiental mediante la eliminación de emisiones nocivas y el aumento de la biodiversidad. Una serie de sensores puede detectar la salud y el estrés de los cultivos debido a amenazas bióticas y abióticas. La detección precoz permite tomar medidas adecuadas antes de que el rendimiento de los cultivos se vea afectado o la presión de plagas y enfermedades no pueda controlarse sin el uso de pesticidas sintéticos. La tecnología de detección utiliza técnicas de imagen o detección de compuestos volátiles mediante e-nose y diagnóstico molecular en tiempo real, identificando patógenos vegetales recogidos en muestras de aire. Los datos generados por estas tecnologías proporcionan a los agricultores información temporal y espacial. Permite identificar plantas individualmente, incluso desde satélite, lo que posibilita aplicar con precisión fertilizantes y pesticidas, directamente a la planta o a la zona de cultivo afectada con técnicas de pulverización controladas a partir utilizando los datos adquiridos.

**Palabras clave:** Agricultura de precisión, aplicación de precisión, carbono neto cero, conectividad, sostenibilidad

## **Developing of New Technologies Driving Advances in Precision Agriculture to optimise inputs and reduce environmental footprint.**

C Richard Glass<sup>1</sup>, Francisco J Egea González<sup>2</sup>

### **Abstract:**

Technological advances in the agri-tech sector offer the opportunity for food production systems to contribute to achieving global policy aims such as achieving net zero carbon systems and reducing environmental footprint through eliminating harmful emissions and increasing biodiversity. A range of sensors can detect crop health and stress due to biotic and abiotic threats, often with an early detection which permits appropriate action to be taken before crop yield is affected or pest and disease pressure cannot be controlled without the use of synthetic pesticides. Detection

---

<sup>1</sup> Crop Health and Protection, United Kingdom, [richard.glass@chap-solutions.co.uk](mailto:richard.glass@chap-solutions.co.uk), YO10 5DG

<sup>2</sup> Cátedra Cajamar-UAL de Bioeconomía Circular, CAESCG, Universidad de Almería, 04120, Almería, España [fegea@ual.es](mailto:fegea@ual.es)



technology uses imaging techniques, often beyond the visible spectrum, detection of volatile compounds using e-nose techniques and real time molecular diagnostic techniques to identify plant pathogens collected in air samples. The data generated by such technologies relies on connectivity of the hardware and subsequent analytical processes to provide growers with temporal and spatial information. It is possible to identify plant locations with great accuracy, even with satellite systems, which permits precision application of crop inputs, such as fertilisers and pesticides, directly to the plant or crop area as required. Spray application techniques can now treat individual plants, both crop and weeds, using data acquired to control the flow to individual nozzles.

**Key Words:** Precision agriculture, precision application, net zero carbon, connectivity, sustainability

## 1. INTRODUCTION

Technology is advancing in the agricultural sector, from automated sensing with ground based systems to remote satellite systems, with connectivity ranging from simple Bluetooth networks to 5G and LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks). Early detection systems were developed for tree and bush fruit crops with simple detection of trees and canopy to allow the sprayer to be turned on or off so that only foliage was treated as the sprayer passed along the rows. This was introduced to reduce the pesticide waste but also was part of an approach to reduce spray drift with orchard airblast sprayers by preventing spray droplets being released above the canopy and so prone to drift. The detection of weeds between the rows of crops was also another early development allowing targeted spray application or mechanical weeding. Precision agriculture relies on an appropriate detection technique to identify and locate the area needing treatment, followed by an application technique or treatment system to rectify the problem. Application techniques have developed with spray nozzle and delivery systems and weeds can be removed mechanically or destroyed by heat from a range of sources including electrical currents.

## **2. METHOD/DEVELOPMENT OF INNOVATION EXPERIENCE**

### **2.1. Weed sensing technology**

The use of RGB (Red Blue Green) imaging has been common to detect the location of crop foliage or weeds and volunteer plant such as potatoes in a cereal crop. Biller et al. developed one of the initial systems which looked at location specific spraying of herbicides, but using electronic sensors to identify and locate the weeds. The sensors being able to distinguish the plants green colour and the difference with the background soil.

Miller et al. (2012) was successful in developing a system for the spot treatment of volunteer potatoes in vegetable crops with real-time identification and treatment based on a conventional hydraulic boom sprayer. Gerhards et al. (2022) recently reviewed the advances that have been made with weed identification in crops to allow for precision application and treatment.

### **2.2. Canopy sensing technology**

The characterisation of crop canopies is critical to allow the correct dose and spray volume to be applied to the appropriate parts of the crop or plant. Great advances have been made with tree crops in particular to prevent the waste of pesticides by spraying the whole orchard in a uniform manner. The development of Tree Row Volume (TRV) and Tree Wall application allows to dose and spray volume to be matched to leaf area index or foliar density. However, by detecting the location of trees and foliage the sprayer nozzles can be controlled, so reducing the total amount of spray needed to treat the whole orchard. Giles et al. describes early work with orchard spraying using electronic sensing of target characteristics. A simple approach to orchard spraying with the modern smaller trees was developed using the tunnel sprayer, which reduced the spray volume needed and reduced the amount of drift, an important consideration for environmental safety. The sprayer has a canopy which covers the crop with spray

nozzles directed at the crop, and collects any spray passing through the foliage in the canopy on the opposite side. Pergher et al. (2013) have assessed the spray deposition on the crop and the extent to which the spray liquid can be recycled in vineyards with such an air-assisted tunnel sprayer.

### **2.3. Pest and disease detection**

Monitoring the pest and disease development in crops can be time consuming and require specialist knowledge, especially with large farm areas. The fields and crops are rarely homogeneous, with ranging fertility and pest and disease pressures depending on the microclimate or presence of soil-borne pests and diseases. The monitoring of crops and the need to deal with problems at an early stage is critical to allow follow up treatments to be done in a timely manner, and prevent crop losses.

Satellite and drone based crop monitoring has become a tool allowing rapid assessment of large crop areas to identify crop stress and vegetation density, however the imaging technology currently does not have the granularity to allow pest locations and pre-symptomatic detection to be done. Using ground based autonomous robotic platforms allowing a greater detail to be collected. The Slugbot project described by Campbell (2021) is an example of how the detection of two species of slugs in oilseed rape can be done to allow a follow treatment with a biological control treatment directly to the slug, all with autonomous robots.

Plant phenotyping has used spectral imaging and has now evolved with multispectral systems for early detection system for visually asymptomatic disease phases. Veys et al. (2019) describes the early detection of light leaf spot in oilseed rape using machine learning able to detect light leaf spot infection with 92% accuracy. The structure of the plant is recorded using photometric stereo, the leaf angle and surface texture to allow for any reflection to be taken into account.

## **2.4. Vegetation density and crop health**

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is commonly used by both ground based and satellite imagery and serves as an indicator of the health of plants. Such monitoring of fields identifies problems before symptoms are visible to match the crop inputs to the exact need as identified. This has been done with fertiliser variable dose application in particular. The NDVI index measures the difference between visible and near-infrared reflectance of the vegetation, taking into account leaf area and chlorophyll content. It is now often used with satellite imagery, making NDVI more accessible to farmers as it now uses high-resolution aerial photography.

## **2.5. Spray application technology**

Spray application for arable crops is traditionally done with horizontal boom hydraulic sprayers using flat fan nozzles and cone nozzles for tree crops. Such nozzles have a time delay to produce the required spray angle, pattern and droplets. With variable rate application nozzles need to be able to be opened and closed at regular intervals without affecting the droplet size distribution. The development of pulse width modulation described by authors such as Ramón Salcedo et al. (2022) allows the control of flowrates of the nozzles on variable-rate air-assisted orchard sprayers. Pulse-width modulation (PWM) sprays have been shown to improve the flow accuracy (Longlong et al., 2022), which is done by controlling the relative proportion of opening time of the solenoid valve. The use of PWM allows low flow rates to be used in the field while maintaining the droplet distribution, critical for efficacy and drift control.

## **3. DISCUSSION/CONCLUSIONS**

Precision farming is becoming increasingly urgent due to the ever increasing demands for food production and the need for sustainable systems which make efficient use of the crop inputs and have a low impact on the environment through

contamination of natural resources. The need to move towards net zero carbon requires a more targeted approach to crop production with reduced synthetic inputs such as pesticides and fertilisers.

The technology now exists to gather real-time data in the field using a wide range of mobile and static sensors available through the Internet of Things (IOT) and rapid analysis of the data to give the farmer information in a timely manner. Monitoring with satellites and drones, are particularly useful for large areas of land, however static sensors can be used in greenhouses.

Early detection of problems and crop stress through pest and disease pressure or environmental factors allows early intervention which is more cost effective. The increasing automation of data collection is matched by the development of robotic platforms to monitor the crop and apply appropriate inputs. The move away from synthetic pesticides towards biologicals requires a timely approach to intervention, before pests and disease pressures become too great.

#### **4. BIBLIOGRAPHY**

BILLER, R. H., HOLLSTEIN, C. & SOMMER, C. Precision application of herbicides by use of optoelectronic sensors. *Precis. Agric.* 2, 451–458 (1997).

CAMPBELL, C. (2021) SlugBot — How AI Is Addressing a Slimy Problem  
<https://catriona-campbell.medium.com/slugbot-how-ai-is-addressing-a-slimy-problem-8c60b7277c41>

G. PERGHER, R. GUBIANI, S.R.S. CIVIDINO, D. DELL'ANTONIA, C. Lagazio  
Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer *Crop Prot.*, 45 (2013), pp. 6-14

GERHARDS, R., ANDÚJAR SANCHEZ, D., HAMOUZ, P., PETEINATOS, G.G., CHRISTENSEN, S., FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. Advances in site-specific

- weed management in agriculture—A review (2022) *Weed Research*, 62 (2), pp. 123-133.
- GILES, D.K., DELWICHE, M.J. & DODD, R.B. Control of orchard spraying based on electronic sensing of target characteristics *Trans. ASABE*, 30 (1987), pp. 1624-1630
- LONGLONG, L, CHEN, L, ZHANG, R, TANG, Q, YI, T., LIU B & DENG, W. Spray drift characteristics of pulse-width modulation sprays in wind tunnel. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. Volume 15, Issue 4, Pages 7 - 15 July 2022
- MILLER, P C H, TILLET, N D, HAGUE, A & LANE, A G (2012) The development and field evaluation of a system for the spot treatment of volunteer potatoes in vegetable crops. *Aspects of Applied Biology* 114, *International Advances in Pesticide Application*, pp. 113-120.
- SALCEDO, R., ZHU, H., JEON, H., OZKAN, E., WEI, Z & GIL, E. Characterisation of activation pressure, flowrate and spray angle for hollow-cone nozzles controlled by pulse width modulation. *Biosystems Engineering* Volume 218, June 2022, Pages 139-152
- VEYS, C., CHATZIAVGERINOS, F., ALSUWAIDI, A., HIBBERT, J., HANSEN, M., BERNOTAS, G., SMITH, M., YIN, H., ROLFE, S. & GRIEVE, B. Multispectral imaging for presymptomatic analysis of light leaf spot in oilseed rape. *Plant Methods*, Volume 15, Issue 124 January 2019 Article number 4



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## **MONOGRÁFICO: Desafíos de la Bioeconomía Circular para la Seguridad Alimentaria desde la perspectiva de la Química Analítica**

Francisco J Egea<sup>1</sup> y C Richard Glass<sup>2</sup>

---

Autor de Correspondencia: fegea@ual.es

---

### **Resumen:**

La Bioeconomía Circular (BEC) puede dar lugar a una serie de vulnerabilidades para la seguridad (entendida como inocuidad) de los alimentos, piensos, salud humana, animal y medioambiente. En el marco de la Bioeconomía Circular se extienden prácticas relacionadas con la obtención y reciclado de materiales, nuevos ingredientes de origen biológico usados junto con nuevas tecnologías para producir alimentos y piensos, nuevos bioestimulantes, bioplaguicidas y biofertilizantes, en definitiva una serie de nuevos insumos y procesos cuyo potencial riesgo para la cadena alimentaria, salud humana y medioambiente debe ser evaluados. La caracterización de residuos, migración de productos químicos y contaminantes en los diversos compartimentos ambientales constituyen nuevos problemas analíticos que deben ser abordados con nuevas metodologías, en donde la espectrometría de masas de alta resolución, la digitalización y el análisis de datos cobra una mayor relevancia.

**Palabras Clave:** Bioeconomía Circular, Riesgos Emergentes, Seguridad Alimentaria, Química Analítica

## **MONOGRAPH: Challenges of the Circular Bioeconomy for Food Security from an Analytical Chemistry Perspective**

Francisco J Egea<sup>1</sup> y C Richard Glass<sup>2</sup>

### **Abstract:**

The Circular Bioeconomy (CBEC) can give rise to a number of vulnerabilities for food and feed safety human and animal health and the environment. Within the framework of the Circular Bioeconomy, practices related to the sourcing and recycling of materials, new bio-based ingredients used together with new technologies to produce food and feed, new biostimulants, biopesticides and biofertilisers, in short a series of new inputs and processes whose potential risk to the food chain, human health and the environment must be assessed. The characterisation of residues, migration of chemical products and pollutants in the various environmental

---

<sup>1</sup> Cátedra Cajamar-UAL de Bioeconomía Circular, CAESCG, Universidad de Almería, 04120, Almería, España  
<sup>2</sup> Crop Health and Protection, United Kingdom, [richard.glass@chap-solutions.co.uk](mailto:richard.glass@chap-solutions.co.uk), YO10 5DG

compartments constitute new analytical problems that must be tackled with new methodologies, where high resolution mass spectrometry, digitalisation and data analysis become more relevant.

**Key Words:** Circular Bioeconomy, Emerging Risks, Food Safety, Analytical Chemistry

## 1. BIOECONOMÍA CIRCULAR Y RIESGOS EMERGENTES

El uso intensivo de los recursos y sus consecuencias sobre el clima, el medioambiente, la biodiversidad y la salud humana ha generado una demanda de cambios en los actuales modelos lineales de producción hacia modelos circulares más sostenibles. Los conceptos de Bioeconomía y Economía Circular pretenden contribuir a los objetivos estratégicos del Pacto Verde por Europa (Pacto Verde 2019) en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Especial atención merecen aquellos aspectos que afectan a los sistemas agroalimentarios. Si bien el concepto de Bioeconomía hacía, en su origen, más hincapié en aspectos tecnológicos y de innovación, el de Economía Circular lo hace en la escasez de recursos, la necesidad de alargar la vida de los productos, con el objetivo del “residuo cero”. Ambos tienen en común que consideran la totalidad de las cadenas de valor, la sostenibilidad de los sistemas productivos, el aprovechamiento en cascada de la materia prima de origen biológico mediante las biorrefinerías. A partir de la revisión de 2018, la Estrategia Europea de Bioeconomía, sin abandonar su origen en la investigación y la innovación, hace énfasis en la dimensión social, la generación de empleos y el objetivo ambicioso de protagonizar la transición hacia una sociedad más sostenible, este enfoque global de sostenibilidad, incluyendo impactos sobre la biodiversidad y poniendo a la naturaleza en el centro de los sistemas productivos es una característica de la Bioeconomía. El Plan de Acción de Economía Circular 2020, por su parte, hace más hincapié en aspectos como el ecodiseño, la gestión de los residuos, sea cual sea su naturaleza, el reciclado, la reducción de residuos y los cambios de

hábitos sociales, por lo tanto ambas complementadas son una fortaleza en las políticas encaminadas a cumplir los objetivos del Pacto Verde.

La agricultura, la silvicultura y la pesca tienen un impacto enorme sobre la calidad del suelo, el agua, aire, biodiversidad y paisaje. La demanda mundial de alimentos, piensos, biomateriales y bioenergía puede comprometer en el futuro la disponibilidad de tierras para la producción de alimentos, biomateriales o bioenergía. Una bioeconomía sostenible y circular mantendría los recursos en su máximo valor durante el mayor tiempo posible mediante el uso y el reciclaje en cascada de la biomasa, garantizando al mismo tiempo la conservación del capital natural mediante acciones coordinadas e incluso considerando la necesidad de posibles compensaciones. La Estrategia de la Granja a la Mesa (2020) establece la necesidad de avanzar hacia modelos de bioeconomía circular para afrontar los desafíos de la crisis climática, la falta de gestión de residuos, sobre todo la contaminación por plásticos y los recursos naturales cada vez más escasos y degradados. Por lo tanto, es prioritaria la reducción de los residuos al mínimo, así como minimizar la contaminación, mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible, hacer que los materiales biológicos vuelvan a entrar en la biosfera de forma segura, facilitar la transición a materiales renovables (biomateriales), fuentes de energía y contribuir a la regeneración de los sistemas naturales dañados.

Asociado a esta prolongación de la vida de los materiales con el mismo o distintos usos para los que fueron diseñados, En la transición hacia una bioeconomía circular, será crucial identificar los posibles riesgos emergentes para el medio ambiente y la seguridad de los alimentos y los piensos desde una perspectiva amplia y multidisciplinar. A modo de ejemplo, la sustitución de material no renovable por biomateriales renovables en el marco de la bioeconomía circular puede añadir un riesgo emergente, ya que puede estimular cambios de uso de la tierra fértil, incrementar la presión sobre los recursos naturales, sobre la biodiversidad y provocar la pérdida de servicios ecosistémicos. No es avanzar hacia un modelo sostenible sustituir el uso de la

tierra fértil para la obtención de biomateriales en detrimento de la producción de alimentos o la generación de energía.

Es necesario garantizar que la seguridad de la cadena alimentaria, humana y animal, así como las consideraciones de salud medioambiental, se incorporen en una fase temprana de la investigación o de las iniciativas políticas vinculadas al reciclaje, a la economía circular y la bioeconomía. La contaminación química y biológica también debe prevenirse desde el eslabón inicial de la cadena, siguiendo el principio de "safety by design", poniendo el centro de atención en la seguridad, especialmente en procesos donde no se garantice la adecuada limpieza durante el reacondicionamiento o reciclado.

Cuando consideramos riesgos emergentes podemos referirnos a:

- Un peligro de reciente aparición que pueda dar lugar a una exposición significativa
- La aparición de una nueva susceptibilidad o aumento de la exposición, a un peligro ya existente.

Pueden existir factores naturales o antropogénicos que provocan cambios, relacionados entre sí y con la capacidad de potenciar o modular la aparición de riesgos. Es necesario identificar estos "drivers" con suficiente antelación para prevenir futuros problemas relacionados con la seguridad de alimentos, piensos o medioambiente. Tienen la capacidad de modular la aparición de un problema pudiendo amplificar o atenuar la gravedad de riesgos emergentes así como su duración y efectos potenciales.

La Bioeconomía Circular está en consonancia con los drivers que impulsan la transición de los sistemas económicos. Hasta la segunda década de este siglo los riesgos relacionados con la seguridad de alimentos y piensos se consideraban de un modo acotado y cerrado a un reducido número de disciplinas. Sin embargo es necesario considerar la seguridad de los alimentos y

piensos en función de los factores que pueden provocar cambios complejos e interrelacionados y que desafían al sistema agroalimentario europeo.

Entre estos podemos destacar:

- Crecimiento demográfico
- Globalización,
- Escasez de recursos y energía
- Ralentización de la productividad de alimentos
- La concentración de la cadena de suministro
- Volatilidad de los precios
- Cambio de las tendencias en el consumo de alimentos
- Crisis de los residuos
- Aparición de resistencias a antimicrobianos

En este contexto hay que tener en cuenta que ciertos principios de la Bioeconomía Circular entran en conflicto con algunas consideraciones exigidas en materia de seguridad de alimentos y piensos pudiéndose generar nuevas rutas de exposición a sustancias químicas tóxicas o la aparición y acumulación de microorganismos patógenos a través de los flujos de material contaminado comprometiendo la salud humana, animal, vegetal y medioambiente.

## 2. ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN ASOCIADOS A LA BIOECONOMÍA CIRCULAR

Según se ha descrito anteriormente algunos principios de la BEC, como alargar la vida y el uso de los materiales, pueden acarrear un riesgo para la seguridad de los alimentos, piensos y medioambiente. Otro de los principios muy en el ámbito de la economía circular es la reducción de residuos y por citar una de las acciones prioritarias es la **reducción del desperdicio alimentario**. La Comisión Europea ha promovido diversas iniciativas que van desde la eliminación de fechas de caducidad de alimentos o la extensión de fechas de consumo

preferente y (considerando los cambios en el comportamiento de los consumidores) el consumo colaborativo, promover la donación de alimentos con fechas cercanas a su fin de vida, compartir los alimentos o reutilizarlos cuando ya no son aptos para el consumo humano como materia prima para piensos.

Si los citados cambios en el comportamiento del consumidor pueden dar lugar a riesgos emergentes, otros escenarios de exposición están asociados al desarrollo de **biorrefinerías**. Los nuevos modelos de negocio que dan lugar las biorrefinerías se basan en diseños para valorizar diferentes corrientes de biomasa y crear productos biobasados entre los que podemos encontrar desde bioenergía hasta nuevos alimentos, piensos, ingredientes y aditivos. En numerosos casos el aprovechamiento de residuos de la industria agroalimentaria industrias solo se había considerado en procesos puntuales. Actualmente se promueve el uso de biomasa que pueden provenir de lodos, subproductos de desecho de la pesquera, cárnica, insectos, algas, parte no comestible de plantas como biomasa de cultivos hortícolas de invernadero, etc. Incluso aquí tienen cabida el uso de cultivos multifuncionales, entre los que la propia DG-AGRI destaca el cáñamo (Agriculture and rural development-Hemp) como materia prima para la obtención de fibra, compuestos de interés farmacéutico y piensos, a lo que se añade beneficios ambientales como son el secuestro de carbono, la reducción de la erosión del suelo o el ser refugio de biodiversidad. Sin embargo, el uso de estas materias primas procedentes de residuos de otras industrias y procesos, puede suponer un riesgo de propagación de contaminación microbiana, acumulación y transferencia de metales pesados, toxinas o sustancias tóxicas, transmisión de proteínas alérgicas etc. Estas sustancias tóxicas no tienen por qué estar inicialmente en la materia prima sino que también pueden formarse en los bioprocesos para su transformación que puedan requerir, por ejemplo altas temperaturas.

Muchas estrategias de valorización terminan en la elaboración de biofertilizantes o bioestimulantes procedentes de multitud de materias primas posibles como residuos de la propia industria agroalimentaria y ganadera hasta basura urbana o aguas residuales urbanas tratadas. Esta búsqueda de fuentes de nitrógeno y fósforo alternativas a las minerales puede dar lugar a riesgos emergentes que no son eliminados en los procesos de tratamiento o transformación, la presencia de productos farmacéuticos o plastificantes son ejemplos de riesgos asociados a este sector.

Finalmente, la Directiva Europea sobre Plásticos de un solo uso (DIRECTIVA 2019/904), está incentivando la puesta en el mercado de nuevos materiales para el packaging de alimentos que no habían sido testados y que pueden suponer un riesgo para la seguridad alimentaria por la presencia de sustancias migrantes no deseadas. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el packaging no sólo está diseñado para proteger el alimento de peligros externos, sino que en muchos casos está diseñado para prolongar su ciclo de vida, por lo que su sustitución puede derivar en un aumento del desperdicio. Es necesario evaluar el riesgo de que nuevos materiales entendidos para el packaging, en el ámbito de la bioeconomía circular, procedentes de material reciclado o nuevas materias primas de origen bio, no contengan sustancias peligrosas, como por ejemplo: sustancias no-intencionadamente añadidas (NIAS); sustancias perfluoro o polifluoroalquiladas (PFAS); ftalatos; bisfenol A; aceites minerales o metales pesados provenientes de tinta de papel reciclado; los biopolímeros con base proteica, de carbohidrato o lipídica puede ocasionar respuestas inmunes; el reciclado de plásticos varias veces puede dar lugar a la acumulación de aditivos tóxicos, azufre o cloratos, incluso los plásticos biodegradables y/o compostables no lo son en su totalidad y se desconoce en gran medida los productos de degradación que pueden acumularse en suelos, aguas y alimentos.

### **3. APLICACIONES ANALÍTICAS EN BIOECONOMÍA CIRCULAR**

El problema analítico que plantea para la seguridad alimentaria y el medioambiente la Bioeconomía Circular requiere del mismo enfoque multidisciplinar y holístico que hemos puesto en evidencia a lo largo de este artículo. Una de las industrias que más se ha desarrollado en los últimos quince años ha sido la industria de los biofertilizantes, bioestimulantes y biopesticidas. El uso masivo desde los años setenta del siglo pasado de fertilizantes minerales y fitosanitarios de síntesis en la producción agrícola ha dado lugar a problemas relacionados con la salud humana, tanto de los trabajadores agrícolas como de los consumidores y del medioambiente. Sin embargo, la necesidad de combatir plagas e incrementar la producción de alimentos utilizando cada vez menos insumos está dentro de las prioridades de las políticas y estrategias europeas por lo que actualmente coexisten distintas prácticas agrícolas con la meta común de evolucionar a sistemas agroalimentarios sostenibles.

Existen publicaciones que resaltan el aspecto positivo de la consolidación de industrias biobasadas que forman parte de las cadenas de valor relacionadas con la producción agrícola, entre las que destacan las productoras de bioestimulantes y bioplaguicidas. (EGEA 2021).

Desde la publicación de la Directiva Europea 91/414 (DIRECTIVA DEL CONSEJO 91/414/EEC) para la autorización y puesta en el mercado de productos fitosanitarios, los avances en el conocimiento relacionado con los riesgos asociados a su uso en alimentos, salud humana y medioambiente han primado la evolución de las políticas hacia usos cada vez más sostenibles. De hecho, si la citada directiva hacía hincapié en el control de materias activas y el desarrollo de metodologías analíticas para la caracterización de peligros, a partir de la Directiva Europea de Uso Sostenible de Fitosanitarios (DIRECTIVA 2009/128/CE) ya se incorpora un concepto más multidisciplinar, a lo que se le une revisiones en los procesos de autorización y una cada vez más exigente legislación en materia de límites máximos de residuos. Los fitosanitarios presentes en el mercado evolucionan de un perfil generalista y persistente a sustancias

activas cada vez más específicas de la plaga que pretenden combatir y menos persistentes. Esta especificidad permite el desarrollo de métodos de Control Integrado de Plagas, donde conviven determinados fitosanitarios con fauna auxiliar que no es afectada o polinizadores. Con los objetivos del Pacto Verde, la Estrategia de la Granja a la Mesa, Zero-Waste y la estrategia de biodiversidad, la Unión Europea establece un compromiso de evolucionar a agricultura ecológica (un 30 % de la agricultura para el año 2030) evitando en lo posible el uso de plaguicidas de síntesis. Junto con políticas de I+D en sintonía con esos objetivos, actualmente, el marco de Bioeconomía Circular ha sido favorable a la generación de empresas fabricantes de bioplaguicidas con origen en materias primas de origen biológico, como pueden ser extractos de plantas, microalgas, hongos, bacterias o incluso muy específicos basados en mRNA.

Dado que la Química Analítica es una ciencia que proporciona información acorde a la resolución de un problema bien definido, la metodología analítica ha evolucionado de igual forma que lo ha hecho la normativa y las prácticas agrícolas de facto. Al igual que el uso de fitosanitarios ha evolucionado para adaptarse a la legislación, la I+D en química analítica ha permitido afrontar en cada momento los retos que se planteaban para garantizar la inocuidad química de los alimentos producidos.

La química analítica relacionada con el control de residuos de plaguicidas en alimentos también se ha hecho cada vez más verde, desde que se utilizaban para los tratamientos de muestra grandes cantidades de disolventes perjudiciales para el medioambiente y la salud del trabajador, como eran diclorometano, acetona, acetato de etilo, éter de petróleo o n-hexano, hasta los actuales métodos de extracción miniaturizados que utilizan escasos mililitros de disolventes se ha ganado en alcance, fiabilidad y rapidez. El desarrollo de las técnicas cromatográficas acopladas a espectrometría de masas ha permitido ampliar el alcance de los métodos analíticos ganando en fiabilidad y rapidez. De esta forma los métodos analíticos implementados en laboratorios de control de residuos de plaguicidas, con frecuencia, presentan

alcances de varios cientos de materias activas en numerosas matrices vegetales en límites de cuantificación entre la ppb y la ppm y tiempos de análisis muy razonables, obtenidos con cromatografía de gases o de líquidos acopladas a detectores de masas de triple cuadrupolo. En la mayor parte de los casos se trata de enfoques “targeted” es decir los métodos analíticos buscan materias activas potencialmente presentes en las muestras a priori.

La Bioeconomía Circular plantea nuevos retos a la Química Analítica, uno de ellos viene derivado del concepto de que lo que antes eran residuos desechables ahora son materias primas con un potencial de valorización y por lo tanto de prolongación de su vida en las cadenas de valor. La falta de conocimiento sobre la composición química de estas materias primas, de su degradación en el medioambiente o del resultado de aplicar bioprocesos supone un gran reto para la química analítica, que demanda, como todo en Bioeconomía Circular, el concurso de múltiples disciplinas. Al igual que la genómica se ha desarrollado a la par que lo hacía la bio-informática, en química analítica la metabolómica supone un nuevo enfoque basado fuertemente en el tratamiento informático, no solo a los resultados analíticos sino también al tratamiento de señales instrumentales. En este sentido los avances en la tecnología de espectrometría de masas hacia la alta resolución, permite la caracterización cada vez más selectiva de los compuestos presentes en muestras complejas, con aproximaciones “non-targeted”, es decir, permite identificar compuestos que no son buscados a priori.

Esta metodología es fundamental para garantizar la seguridad de los bioprocesos y de la valorización de materias primas de múltiples orígenes y que suponen riesgos, como se comentó en el apartado anterior. Por citar algunas de las aplicaciones desarrolladas:

- La química analítica, aplicada a la caracterización metabolómica permite obtener información relevante con múltiples propósitos:

- Es fundamental para la caracterización de materias primas que en realidad pueden ser residuos de diversa procedencia
- Permite caracterizar los bioproductos obtenidos en las biorrefinerías
- Permite caracterizar los desechos procedentes de los bioprocesos.
- Proporciona información completa del destino que los nuevos bioproductos (bioestimulantes, biopesticidas) pueden tener en distintos compartimentos ambientales, caracterizando no solo compuestos padre sino también los metabolitos.
- Los perfiles metabolómicos permiten a las bioindustrias caracterizar y proteger la propiedad de bioproductos puestos en el mercado, contribuyendo a reducir el contrabando de productos destinados a cadenas de valor agroalimentarias.

#### **4. METODOLOGÍA NON-TARGETED Y DIGITALIZACIÓN EN BIOECONOMÍA CIRCULAR**

Se han comentado con anterioridad los desafíos que presenta para la química analítica la puesta en el mercado de nuevos bioproductos de los que se desconoce su composición y sus productos de degradación, como puede suceder en los sectores de bioestimulantes o bioplásticos, en ambos casos con sustancias añadidas como estabilizantes o aditivos necesarios para que cumplan su función o estén dotados de resistencia, flexibilidad etc.

La presencia de estos compuestos en muestras ambientales, alimentarias o en el propio producto final tras un bioproceso, donde para la mayoría de ellos se desconocen los productos de transformación, se requiere de la aplicación de espectrometría de masas de alta resolución (HRMS) acoplada a GC o LC, a fin de elucidar posibles metabolitos generados durante dichos procesos. Este tipo de analizadores trabajan en la modalidad de barrido completo o *full-scan*, por lo que toda sustancia ionizada en la fuente podrá ser monitorizada en el analizador, y por tanto, el número de compuestos a determinar teóricamente es ilimitado. Por lo tanto, además de las aproximaciones tradicionales basadas

en análisis dirigido (*targeted analysis*) es posible llevar a cabo análisis no dirigido (*non-targeted analysis*), realizando tanto análisis retrospectivo como de desconocidos, por lo que es posible identificar sustancias no incluidas inicialmente en el estudio (ROMERO ET AL 2017). Esto es especialmente relevante en el caso de la identificación de productos de transformación (metabolitos) que puedan formarse en el sustrato ambiental dado o bien durante el bioproceso y que no hayan sido previamente identificados. Para ello hay que aplicar una metodología que permita identificar dicha sustancia con una fiabilidad, que dependerá de las herramientas empleadas para ello. Así, para aquellos compuestos de los que no se disponga patrón, se puede hacer una asignación tentativa mediante la evaluación del ion característico, perfil isotópico y fragmentos característicos, obtenidos tras aplicar diversos procedimientos, como adquisición dependiente o independiente, comparando los espectros obtenidos con bases de datos como METLIN (<http://metlin.scripps.edu>), HMDB (<http://hmdb.ca>) o KEGG (<http://genome.jp/kegg>). El nivel más elevado de fiabilidad se consigue mediante la inyección del patrón correspondiente si éste está comercialmente disponible o puede ser sintetizado.

El proceso de búsqueda de metabolitos (*unknown metabolites*) puede verse facilitado mediante el empleo de programas informáticos. Aunque hay distintas casas comerciales que disponen de estos programas como Metabolynx (Waters), MetWorks (Thermo), la búsqueda no está automatizada y requiere de mucho tiempo de trabajo especializado. Sin embargo, en los últimos años, se han desarrollado diversos programas como MassChemSite (BONN ET AL 2010, AHLQVIST ET AL 2015) que posibilitan la automatización del proceso, aunque básicamente se ha aplicado en el ámbito farmacéutico y de péptidos, siendo escaso hasta la fecha su estudio en el área de bioestimulantes, bioplaguicidas o bioplásticos, Este software, combina el procesamiento de los espectros de MS y MS/MS con la predicción de las posibles transformaciones metabólicas de la sustancia original, pudiéndose distinguir tres etapas:

- Detección automática de los picos cromatográficos relacionados con el compuesto original y sus metabolitos
- Propuesta de una estructura del metabolito potencial basada en el patrón de fragmentación para cada pico detectado en el paso anterior
- Para todas las estructuras de metabolitos potenciales compatibles con la información del fragmento extraído realizar una clasificación empleando un algoritmo de predicción.

De esta forma se puede aplicar un proceso inverso al desarrollado por los software comerciales antes citados (Metabolynx y MetWorks), y mediante MassChemSite comenzar con la estructura propuesta del compuesto padre y decidir si los datos espectrales son compatibles con las propuestas estructurales de los posibles metabolitos.

## 5. CONCLUSIÓN

En general la aplicación de estas nuevas metodologías a la caracterización de bioproductos, bioprocesos y al destino/degradación de dichos bioproductos no está suficientemente sistematizado y supone un reto muy estimulante para el avance de esta ciencia. Al igual que la química analítica aplicada, como hasta ahora, al control de residuos de plaguicidas contribuye a dotar de valor a los productos agrícolas producidos con buenas prácticas y a garantizar al consumidor la confianza en su consumo, en el ámbito de la bioeconomía circular, también da soporte científico para la aceptación por parte de la sociedad de todo lo relativo a la seguridad de los nuevos bioproductos. La digitalización está destinada a jugar un papel muy importante, especialmente asociada al uso de señales analíticas de HRMS, desde la sustracción de señales no relevantes hasta la optimización de perfiles metabolómicos característico de un bioproducto. Otro aspecto es el interés de la compilación de bases de datos asociados a bioproductos, por ejemplo, extractos de plantas con efecto

bioplaguicida o bioestimulante o sustancias producidas por hongos, bacterias, microalgas o residuos procesados que sirvan de base al emprendimiento de nuevos modelos de negocio en el ámbito de la bioeconomía circular.

## REFERENCIAS

European Green Deal [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)

Estrategia Europea de Bioeconomía 2018  
[https://commission.europa.eu/research-and-innovation\\_en?pg=policy&lib=strategy](https://commission.europa.eu/research-and-innovation_en?pg=policy&lib=strategy)

Circular Economy Action Plan 2020  
[https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)

Farm to Fork Strategy 2020 [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en)

Hemp [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en)

EGEA F.J., LÓPEZ RODRÍGUEZ M.D., OÑA-BURGOS, P, CASTRO, A.J. GLASS C.R  
Bioeconomy as a transforming driver of intensive greenhouse horticulture in SE Spain. *EFB Bioeconomy Journal* 2 (2021) 50-56. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.010>

DIRECTIVA 2019/904 RELATIVA A LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE DETERMINADOS PRODUCTOS DE PLÁSTICO EN EL MEDIOAMBIENTE

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN>



DIRECTIVA DEL CONSEJO 91/414 RELATIVA A LA COMERCIALIZACIÓN DE  
PRODUCTOS FITOSANITARIOS

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:31991L0414>

DIRECTIVA 2009/128/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO SOBRE USO SOSTENIBLE DE  
PLAGUICIDAS

[https://eur-lex.europa.eu/legal-  
content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=ES)

ROMERO, R., GARRIDO, A. Applications in High Resolution Mass Spectrometry.  
Food Safety and Pesticide Residue Analysis. Ed. Elsevier. 2017

BONN, R., LEANDERSON, C., FONATAINE, F., ZAMORA, I., Rapid Communication in  
Mass Spectrometry 24 (2010) 3127-3138.

AHLQVIST, M., LEANDERSSON, C., HAYES, M.A., ZAMORA, I., THOMPSON R.A. Rapid  
Communication in Mass Spectrometry. 29 (2015) 2083-2089



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## **Biorizon Biotech, I+D biotecnológica y bioeconomía circular como palanca de crecimiento**

Joaquín Pozo Dengra<sup>1</sup>

---

Autor de Correspondencia: [jpozo@biorizon.es](mailto:jpozo@biorizon.es)

---

### **Resumen:**

Una población mundial creciente, las cada vez más exigentes demandas de los consumidores, el cambio climático, la estrategia europea del "Pacto Verde" y los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por Naciones Unidas, nos empujan a buscar modelos de producción agrícola sostenible, rentable y productiva.

Biorizon Biotech nace como compañía biotecnológica centrada en la producción de soluciones naturales bioestimulantes y bioprotectores, basadas en el uso de microalgas y bacterias como materia prima natural y de valor, convirtiéndose en la pionera mundial y líder de mercado en la producción y comercialización de productos para la agricultura basados en microalgas.

Como estrategia de respuesta ante el reto de una nueva y moderna agricultura sostenible, Biorizon Biotech ha basado su desarrollo en una I+D intensiva centrada en el desarrollo de procesos de economía circular, nuevos productos sustitutivos de químicos en agricultura y el uso de herramientas naturales para la mejora de la productividad.

**Palabras clave:** Biomasa, Subproductos olivar, Alpeorajo, Economía circular, Bioeconomía.

## **Biorizon Biotech, biotech R&D and circular bioeconomy as a lever for growth**

Joaquín Pozo Dengra

### **Abstract:**

A growing world population, increasingly demanding consumer demands, climate change, the European strategy of the "Green Pact" and the Sustainable Development Goals set by the United Nations, push us to seek models of sustainable, profitable and productive agricultural production. Biorizon Biotech was born as a biotechnology company focused on the production of natural biostimulant and bioprotective solutions, based on the use of microalgae and bacteria as natural and valuable raw materials, becoming the world pioneer and market leader in the production and commercialisation of microalgae-based products for agriculture.

As a response strategy to the challenge of a new and modern sustainable agriculture, Biorizon Biotech has based its development on intensive R&D focused on the development of circular

---

<sup>1</sup> Biorizon Biotech [jpozo@biorizon.es](mailto:jpozo@biorizon.es)



economy processes, new chemical substitutes in agriculture and the use of natural tools to improve productivity.

**Key Words:** Biomass, Olive by-products, Alpeorajo, Circular economy, Bioeconomy.

## 1. INTRODUCCIÓN

Biorizon Biotech, S.L. es una compañía biotecnológica nacida en Almería a finales del año 2010 con el objetivo de desarrollar y comercializar productos para la agricultura basados en microalgas, convirtiéndose en la pionera mundial en desarrollar y comercializar un producto destinado al mercado agrícola basado en esta particular materia prima, las microalgas.

La compañía surge a partir de la apuesta que hace un grupo de emprendedores por el conocimiento desarrollado por un equipo de tecnólogos y científicos, expertos en el cultivo de microalgas y en la investigación para la obtención de productos de valor añadido a partir de estas. De hecho, este equipo técnico es el autor responsable del considerado el primer bioestimulante comercial basado en microalgas, ALGAFERT®.

A partir de aquel primer producto bioestimulante, Biorizon Biotech comienza a construir un camino y una trayectoria creciente basada en la I+D y la sostenibilidad, siempre con la vista puesta en el desarrollo de productos novedosos, naturales y sin residuos dentro de sus principales bloques de productos bioestimulantes, nutricionales y bioprotectores.

Actualmente, desde la sede principal ubicada en el Parque Científico y Tecnológico de Almería, la compañía se encuentra inmersa en un ambicioso plan de internacionalización alimentado por la entrada minoritaria del fondo tecnológico MOIRA Capital Partners en diciembre de 2021. En la actualidad se trabaja en más de 34 países alrededor del globo, con especial énfasis en Sudamérica, Asia y Europa.

La compañía después de estos primeros 11 años de historia cuenta con más de 60 empleados y filiales en Italia, México, Chile, Perú y Emiratos Árabes.



Figura 1. Instalaciones principales de Biorizon Biotech en el Parque Tecnológico de Almería

### **Sostenibilidad y economía circular**

Desde sus inicios, Biorizon Biotech ha puesto el foco en el desarrollo de productos naturales para la agricultura, bioestimulantes y bioprotectores que contribuyan a alcanzar unas prácticas agrícolas más sostenibles, persiguiendo la reducción de los productos químicos de síntesis en prevención de la salinización de los suelos, eutrofización de aguas superficiales y contaminación de los acuíferos. Además, la producción de las microalgas, la principal materia prima para la formulación de los productos de la compañía es en sí un proceso de gran sostenibilidad ya que las microalgas se consideran el principal sumidero natural de CO<sub>2</sub>, siendo capaces de capturar hasta 2 Kg de CO<sub>2</sub> por cada kg de biomasa producida, a la vez que se produce oxígeno.

Desde el año 2014, Biorizon Biotech investiga procesos de producción para la producción de microalgas y cianobacterias basados en el uso de aguas

residuales y otras fuentes de nutrientes residuales como son las deyecciones ganaderas, para la recuperación de nitrógeno y fósforo y su bioconversión mediante la producción de biomasa, obteniéndose así agua limpia y una biomasa que se aprovecha de forma integral mediante su transformación en bioestimulantes y bioplaguicidas, mediante procesos con residuo cero.

La labor de Biorizon Biotech en la investigación de procesos biotecnológicos de economía circular le llevo a ser una de las seis únicas empresas invitadas por el Ministerio de Ciencia a participar con stand propio en la cumbre del clima de Naciones Unidas (COP25), celebrada en Madrid durante diciembre de 2019.

### **Planta de producción de microalgas más grande de Europa para la agricultura.**

En septiembre de 2019, gracias a la financiación europea del Proyecto H2020-SABANA, Biorizon Biotech inauguró lo que es la planta más grande de Europa bajo cubierta, 100% dedicada a la producción de microalgas como materia prima para su procesado hasta productos bioestimulantes y bioplaguicidas.

Una planta de casi 2 ha de superficie total equipada con fotobiorreactores abiertos tipo raceway que van desde los 100 m<sup>2</sup> de superficie hasta los 5.000 m<sup>2</sup>, columnas de burbujeo y fotobiorreactores tubulares cerrados, tanto horizontales como verticales.



Figura 2. Raceway 1.000 m<sup>2</sup> de la Planta ÁGORA-SABANA.



Figura 3. Fotobiorreactores tubulares de la Planta ÁGORA-SABANA

La planta se encuentra totalmente monitorizada y automatizada, pudiéndose llevar a cabo los procesos de operación con un personal mínimo gracias al sistema de control y gestión, tanto para el manejo de los fotobiorreactores como para las tareas de preparación y suministro de medio de cultivo, como para el cosechado.



Figura 4. Sistema de control de la Planta ÁGORA-SABANA.

## 2. INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA Y BIOECONOMÍA CIRCULAR: PROYECTOS DE I+D+i DE BIORIZON BIOTECH

Biorizon Biotech nace estableciendo como pilar fundamental de su desarrollo la I+D+i, tanto es así que al año siguiente de su constitución presenta y se le concede su primer proyecto financiado por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, a través de la Agencia de Desarrollo e Innovación de Andalucía. Desde entonces, hasta la actualidad, se ha labrado una trayectoria sobresaliente en el ámbito de la investigación, tanto por el número de proyectos ejecutados, como por las convocatorias en las que le han sido financiados,

destacando las convocatorias Retos Colaboración (MICINN), FEDER-INNTERCONECTA (CDTI) o los tres proyectos financiados por la Comisión Europea, con temáticas siempre orientadas a la bioeconomía, la economía circular, la sostenibilidad y la biotecnología azul.

## **2.1. BIOPEST: Formulación y ensayos de un bioplaguicida ecológico compatible con lucha biológica para cultivos hortícolas**

BIOPEST: Formulación y ensayos de un bioplaguicida ecológico compatible con lucha biológica para cultivos hortícolas (Orden de Incentivos 2008-2013, Consejería de Economía, Innovación y Ciencia; Agencia IDEA), tiene como objetivo del desarrollo de un nuevo bioplaguicida basado en una formulación eficaz, y medioambientalmente sostenible, para la elaboración de un bioplaguicida ecológico, compuesto por materias primas naturales e inocuas de actividad insecticida contrastada como, aceites esenciales, ciertos polisacáridos, extractos naturales, flavonoides, etc, para la lucha contra las plagas hortícolas que a su vez sea respetuoso con los enemigos naturales que se emplean comúnmente en las explotaciones bajo control biológico. El trabajo de desarrollo se centró en el uso de extractos ricos en carbohidratos procedentes de algas a partir de los cuales se creó una formulación que fue probada frente a mosca blanca bajo diferentes condiciones agronómicas. Finalmente se obtuvo un producto, actualmente en comercialización, eficaz frente a la mosca blanca, sin residuo ni fitotoxicidad, 100% compatible con las actuales prácticas de lucha integrada, el cual supone una parte importante de la facturación de los bioprotectores de Biorizon Biotech.

## **2.2. REGENERA: Tratamiento de aguas residuales y producción de biofertilizantes a través del cultivo de microalgas**

El Proyecto REGENERA: Tratamiento de aguas residuales y producción de biofertilizantes a través del cultivo de microalgas (Orden de Incentivos 2008-

2013, Consejería de Economía, Innovación y Ciencia; Agencia IDEA), fue un proyecto cooperativo entre Aqualia y Biorizon Biotech, con la participación como entidad subcontratada del Grupo de Investigación "BIO173: Biotecnología de microalgas marinas", desarrollado entre 2014 y 2015. El proyecto tenía como objetivo el estudiar el proceso de valorización de la biomasa de microalgas procedente del proceso de tratamiento de aguas residuales desarrollado en la Estación de Depuración de Aguas Residuales de Chiclana (Cádiz), operada por Aqualia, hasta biofertilizantes a través de un proceso de economía circular y como vía de mejorar la rentabilidad del proceso de tratamiento del agua residual.

A partir del proyecto REGENERA, Aqualia estudió la operación de tratamiento de aguas residuales con microalgas enfocando su manejo hacia la maximización de la calidad de la biomasa, sobre todo en cuanto a su contenido en proteína, base esencial a la hora de poder procesar esta biomasa hasta biofertilizantes. Cabe destacar que el uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales reduce significativamente el coste de operación de una EDAR y contribuye a la recuperación del nitrógeno y fósforo presente en el agua, lo cual no es posible a través de los actuales procedimientos basados en fangos activos. Biorizon Biotech, a partir de la biomasa microalgal facilitada por Aqualia, estudió los diferentes pre-tratamientos para la ruptura de la biomasa, y así liberar el contenido celular para su posterior procesado. Finalmente, el producto formulado y estabilizado, fue evaluado como biofertilizante frente a estrategias tradicionales de fertilización, comprobándose como un biofertilizante obtenido de biomasa microalgal procedente de un proceso de tratamiento de aguas residuales, pudo aportar unas mejores propiedades nutricionales a un cultivo de tomate, reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental que produce el uso de nitratos y fosfatos en los cultivos.

### **2.3. BACAGRO: Producción de bacterias para uso agrícola como mejoradores de la fertilidad del suelo y agentes protectores frente a fitopatógenos**

El Proyecto BACAGRO (RTC-2015-3897-2), financiado en la convocatoria Retos Colaboración (MINECO) del año 2015, estaba liderado por Biorizon Biotech y fue ejecutado en consorcio junto a la Universidad de Almería y Fundación Cajamar. Tuvo como objetivo el aislamiento, identificación y caracterización de bacterias con actividad promotora del crecimiento vegetal y bacterias con actividad antagonista frente a fitopatógenos como bacterias y hongos. De forma paralela al proceso de aislamiento, identificación y caracterización, llevado a cabo entre Biorizon Biotech y la Universidad de Almería, se ha trabajado en el escalado industrial del proceso, habiéndose desarrollado un sistema totalmente novedoso para la producción de bacterias, tanto a nivel del sistema de producción, como del medio de cultivo desarrollado ya que este fue formulado a partir de subproductos de los procesos de Biorizon Biotech. Del proyecto BACAGRO se obtuvieron como resultado 4 bacterias con actividad bioestimulante y bioplaguicida, las cuales se encuentra ahora mismo finalizando el proceso de registro en el Ministerio de Agricultura.

#### **2.4. METinGREEN: Tecnología inteligente para la metanización del biogás**

METinGREEN: Tecnología inteligente para la metanización del biogás, financiado por el Centro para el Desarrollo Industrial y Tecnológico (CDTI) en la modalidad de proyectos de I+D, tuvo como objetivo el desarrollo de un sistema para la limpieza del biogás que se obtenía de los digestores anaerobios, ya fuera de una EDAR, o de cualquier otro sistema de digestión anaerobia de residuos agroalimentarios a partir de los cuales se obtiene biogás, hasta biometano con calidad vehicular, reduciendo tanto el coste de la tecnología como el coste de operación en alrededor de un 80% con respecto a los sistemas actuales operativos. El proyecto fue validado en la EDAR de Guadalajara, obteniéndose gas metano que se usó para la alimentación de los coches de flota del Ayuntamiento de Guadalajara.

## **2.5. SABANA: Sustainable Algae Biorefinery for Agriculture and Aquaculture**

El Proyecto SABANA (Grant Agreement No. 727874), financiado en la convocatoria H2020-BG-2016-2017 *Blue Growth: Demonstrating an ocean of opportunities*, supuso un punto de inflexión en el desarrollo de Biorizon Biotech, no solo por ser el primer proyecto europeo competitivo, sino por el presupuesto y envergadura del proyecto, así como por la infraestructura que Biorizon Biotech pondría en marcha a partir de la ejecución del proyecto, la Planta de Microalgas más grande de Europa.

H2020-SABANA tenía como objetivo desarrollar una biorrefinería integrada a gran escala basada en microalgas para la producción de bioestimulantes, bioplaguicidas y aditivos para acuicultura, como productos de alto valor, además de biofertilizantes y piensos acuícolas, como productos de bajo valor, utilizando solo agua marina y nutrientes procedentes de corrientes residuales (aguas residuales y purines). El objetivo era poner en marcha y validar un proceso de cero residuos a una escala demostrativa de 5 ha, sostenible tanto ambiental como económicamente. Para demostrar la tecnología, evaluar las características operativas del sistema, evaluar el impacto ambiental y la rentabilidad, la planta de demostración fue operada en continuo consiguiendo no solo validar el concepto, sino el desarrollo de nuevos productos para la agricultura y la acuicultura basados en microalgas, los cuales fueron evaluados y validados a su vez por centros de referencia y usuarios finales.

Para la ejecución del proyecto SABANA se constituyó un consorcio europeo formado por 11 instituciones y empresas de referencia, estando el consorcio liderado por la Universidad de Almería. Además de esta institución académica participó el Instituto de Tecnología de Karlsruher (Alemania), la Universidad de Milán (Italia), la Universidad Széchenyi István Egyetem (Hungría), el Centro Algatech (República Checa), el Banco Español de Algas de la Universidad de Gran Canaria (España), además de las empresas FCC-Aqualia

(España), GEA (Alemania) y Agrícola Italiana Alimentare (Italia), junto a Biorizon Biotech.

El proyecto H2020-SABANA, con una duración de cuatro años (2016-2020), tuvo un presupuesto total de 10,6 M€ de los que 1,4 M€ correspondieron a Biorizon Biotech. El proyecto fue considerado por la Comisión Europea siendo presentado en Bruselas como ejemplar, en el marco del día de la Bioeconomía.

## **2.6. BIOREFINA: Biorefinería a pequeña escala de aplicación *in-situ* en entornos rurales con actividad mixta agrícola y ganadera**

bioREFINA (ITC-20161161) fue financiado por CDTI en la convocatoria FEDER-INNTERCONECTA del año 2016 con el objetivo de desarrollar un modelo sostenible de aprovechamiento de subproductos vegetales y su conversión en productos de valor añadido, emplazada de forma directa en las explotaciones agroganaderas, para minimizar el impacto y huella ambiental. El sistema demostrativo consistía en una pequeña planta de producción y procesado compuesta por un digestor anaerobio, un biorreactor para la producción de microalgas y un sistema de compostaje. Los residuos vegetales se picaban y digestaban junto a purines empleando bacterias termófilas. Los digestatos líquidos obtenidos se usaban como fuente nutriente para la producción de microalgas que a su vez se procesaban hasta biofertilizantes y, los digestatos sólidos se mezclaban con restos vegetales y se compostaban mediante el empleo de bacterias con propiedades promotoras del crecimiento para mejorar y enriquecer el compost. El proyecto tuvo un presupuesto de 1,3 M € y fue liderado por la empresa AZUD, junto a Biorizon Biotech, JB Ingenieros y Grupo La Caña.

## **2.7. CONTROLBAC: Aislamiento de nuevas bacterias extrémofilas promotoras del crecimiento vegetal y antagonistas para su uso como biofertilizantes y agentes de control biológico**

CONTROLBAC (INNO-20171087), proyecto liderado por Biorizon Biotech y financiado por la convocatoria INNOGLOBAL DE CDTI, ejecutado de forma bilateral bajo el Programa de Investigación Conjunta Rusia-España (RUSSIP) durante los años 2017 y 2018, en cooperación con la empresa rusa de Kemerovo, Selhozs nab, LLC. El proyecto tuvo como objetivo el aislamiento de bacterias extremófilas en Siberia (Rusia), con actividad bioestimulante y antagonista frente a microorganismos fitopatógenos. Con la asistencia del Instituto de Biotecnología de la Universidad de Kemerovo, se llevaron a cabo campañas de aislamiento, identificación y caracterización, siempre con la idea de poder buscar bacterias resistentes al frío para el desarrollo de productos bioestimulantes y bioplaguicidas que contribuyeran a la reducción del uso de productos químicos en la agricultura, pero buscando que estos fueran eficaces también en climatologías frías. A partir de la colección obtenida, se evaluó a diferentes temperaturas tanto la actividad promotora del crecimiento vegetal como la capacidad de inhibir bacterias y hongos fitopatógenos, seleccionando y llevando la producción a escala industrial los de mayor interés entre los evaluados. Se puso a punto el proceso de producción a escala industrial, así como los productos obtenidos se testaron a nivel de semi-campo mediante la realización de ensayos controlados con diferentes tipos de cultivos.

## **2.8. ALGAE4CONTROL: Producción de bioplaguicidas a partir de cianobacterias para su uso en agricultura**

Al igual que con los bioestimulantes de microalgas, buscando estar siempre a la vanguardia, Biorizon Biotech estudia e investiga las características bioplaguicidas de microalgas y cianobacterias para el desarrollo de productos naturales para la lucha frente a las plagas agrícolas. En este sentido, nace el proyecto ALGAE4CONTROL (RTC-2017-6444-2), financiado en la convocatoria Retos Colaboración 2017 del Ministerio de Ciencia e Innovación, con un presupuesto de 515.000,00 € y 18 meses de periodo de ejecución. El proyecto

ALGAE4CONTROL fue ejecutado en consorcio liderado por Biorizon Biotech junto a la Universidad de Almería y a la Fundación Cajamar.

Las cianobacterias son unos microorganismos procariotas fotosintéticos que poseen la particularidad, muchos de ellos, de contener metabolitos que actúan como bioplaguicidas naturales frente a distintos tipos de hongos y bacterias fitopatógenas.

El objetivo de ALGAE4CONTROL fue el desarrollo de un bioplaguicida natural basado en una cianobacteria, para el tratamiento de algunas de las principales enfermedades agrícolas causadas por hongos o bacterias. Para ello, se llevó a cabo una campaña de aislamiento de muestras procedentes de diferentes ambientes naturales de toda la geografía española. Las muestras obtenidas fueron cultivadas y las microalgas y cianobacterias obtenidas, aisladas e identificadas. Una vez identificadas, cada una de las muestras fue ensayada *in vitro* frente a diferentes fitopatógenos de interés, evaluando su capacidad de inhibir los hongos y bacterias frente a los que cada una de las muestras fue enfrentada.

Aquellas tres cepas identificadas con mejor actividad, fueron evaluadas en ensayos, tanto en cámara controlada como en invernadero, frente a diferentes tipos de cultivos intensivos.

Se ha podido identificar y evaluar, diferentes cepas de cianobacterias con actividad bioplaguicida. De todas ellas se han seleccionado dos, para las cuales fue escalado el proceso de producción a escala industrial, así como desarrollado y optimizado el tratamiento y procesado para la obtención de extractos activos.

## **2.9. ALQUABIOTIC: Mejora de la calidad nutricional de alimentos para acuicultura mediante la incorporación de hidrolizados de microalgas enriquecidos en microorganismos probióticos**

Aunque la línea principal de trabajo de Biorizon Biotech es el desarrollo de productos nutricionales y bioplaguicidas sin residuos basados en microalgas y bacterias, a nivel de I+D se exploran otras aplicaciones de interés de las microalgas aplicadas a la alimentación animal, con especial interés en la acuicultura. ALQUABIOTIC (ITC-20181099): Mejora de la calidad nutricional de alimentos para acuicultura mediante la incorporación de hidrolizados de microalgas enriquecidos en microorganismos probióticos, fue un proyecto financiado por CDTI en la convocatoria competitiva FEDER-INNTERCONECTA 2018, enfocado al desarrollo de nuevos piensos de acuicultura basados en microalgas y enriquecidos en microorganismos probióticos y enzimas mejoradoras de la asimilación del fósforo. El proyecto, con un presupuesto de 1,1 M € y un periodo de ejecución de 25 meses, en el que además de Biorizon Biotech participaron las empresas Global Feed, S.L. y DMC Research Center, junto a las Universidades de Almería y Granada como entidades subcontratadas.

Biorizon Biotech fue la encargada de seleccionar microalgas de interés para la alimentación acuícola, caracterizar la biomasa nutricionalmente, así como llevar a escala industrial las cepas de interés, hasta la producción de los piensos, con la ayuda de la Universidad de Almería. Los piensos fueron enriquecidos con organismos probióticos que la empresa DMC Research Center investigó, y con una enzima fitasa que desarrolló la empresa Global Feed. Los piensos desarrollados consiguieron reducir la mortalidad de los peces en el proceso de cría, así como mejorar el sistema digestivo de los peces, incrementando el número y longitud de las microvellosidades intestinales, lo que se tradujo en una mejora general del bienestar animal. Además, la carne del pescado obtenido con esta alimentación se asemejaba más al pez criado en libertad.

## **2.10. ALGABELLUM: Producción y uso integral de la microalga BZN4 para la obtención de un nuevo bioplaguicida y biofertilizante**

ALGABELLUM: Producción y uso integral de la microalga BZN4 para la obtención de un nuevo bioplaguicida y biofertilizante, proyecto financiado por CDTI en su convocatoria de I+D, se centra en el escalado del proceso de producción de biomasa microalgal de una nueva cepa aislada y caracterizada por Biorizon, la cual ha demostrado *in vitro* el poseer excelentes cualidades bioplaguicidas frente a hongos fitopatógenos como *Fusarium* o *Botrytis*. A partir de cultivos de laboratorio se ha trabajado en la puesta a punto de un proceso industrial de producción a la vez que se ha desarrollado un método para la obtención de extractos con actividad bioplaguicida y su formulación acorde a la legislación de aplicación. Asimismo, a partir de la biomasa residual se estudió la capacidad bioestimulante para la formulación de un biofertilizante. El proyecto llevado a cabo entre enero de 2021 y junio de 2022, está en su fase final de análisis, previéndose la puesta en mercado de dos productos novedosos que contribuirán a la reducción del uso de químicos en agricultura, obtenidos en un proceso productivo sin residuos

### **2.11. ALGAENAUTS: Eco-friendly and sustainable new family of biopesticides based on microalgae via circular economy approach**

El Fondo Europeo Marítimo Pesquero (EMFF), a través de la convocatoria Blue Economy Window 2020, un programa similar al Instrumento PYME, pero centrado en proyectos de economía azul, aprobó y financió el proyecto ALGAENAUTS (Grant Agreement nº 101038250) el pasado año 2021, dando comienzo el proyecto el 1 de octubre del mismo año. El proyecto con 1,4 M € de presupuesto total y 1 M € de apoyo directo de la Comisión Europea a Biorizon Biotech como único beneficiario del Proyecto, tiene como objetivo el escalado industrial del proceso de producción de bioplaguicidas a partir de 5 cepas seleccionadas, previamente caracterizadas durante el Proyecto H2020-SABANA, así como la evaluación pre-comercial de una nueva línea de bioplaguicidas basada en estas nuevas cinco cepas. El modelo ALGAENAUTS, diseñado en base a un

proceso circular de aprovechamiento de nutrientes residuales para la producción de estas cepas de microalgas, dará lugar además a la producción de biofertilizantes mediante el aprovechamiento integral de la biomasa residual de obtención de los bioplaguicidas, obteniéndose un proceso sin residuo y de aprovechamiento integral de la biomasa.

## **2.12. REALM: Reusing Effluents from Agriculture to unLock the potential of Microalgae**

Al amparo del Nuevo marco europeo de investigación Horizonte Europa, 10,4 M € de presupuesto y 48 meses de ejecución, el proyecto REALM (Grant Agreement nº 101060991) ha sido el último conseguido por Biorizon Biotech bajo el programa "Horizon Europe - Cluster 6 - Destination 3: Circular Economy and Bioeconomy Sectors". El proyecto liderado por la empresa portuguesa Necton, tiene el objetivo de construir y validar dos instalaciones demostrativas para la producción de microalgas a partir de los nutrientes de los rechazos de los sistemas hidropónicos de cultivo, y su transformación en nuevos productos para la acuicultura y para la agricultura. Biorizon Biotech con 2 M € de presupuesto será la responsable de la construcción y operación de uno de los centros demostrativos a ubicar en Almería, donde se implementarán los más modernos sistemas de monitorización y control para la producción de microalgas, además de trabajarse en la transformación de la biomasa hasta nuevos productos para la agricultura, empleando modelos de economía circular sin residuo.



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## **Transformando Residuos de Aguas Residuales en Fertilizantes: la planta de compostaje de Agropolo Campinas-Brasil**

S.A.M. Carbonell<sup>1</sup>; E.D. Paulella<sup>2</sup>; M.A. dos Santos<sup>3</sup>; H. Cantarella<sup>1</sup>; A. Gonçalves<sup>4</sup>; M.O. Santos<sup>5</sup>; D. Dias<sup>4</sup>; L.A.B. Cortez<sup>6</sup>

---

Autor de Correspondencia: [labarbosacortez@gmail.com](mailto:labarbosacortez@gmail.com)

---

### **Resumen:**

Agropolo Campinas-Brasil fue creado en Campinas, Brasil como una plataforma colaborativa entre algunas instituciones públicas (Instituto Agronómico de Campinas-IAC, Universidad Estadual de Campinas-UNICAMP, Instituto de Tecnología de Alimentos-ITAL, Prefectura de Campinas y TECHNO PARK) con el objetivo de cambiar la forma de hacer investigación y promover innovaciones tecnológicas en el área de la bioeconomía tropical. Este artículo presenta el Proyecto de Compostaje (Usina Verde) creado por el consorcio IAC-Prefectura de Campinas-SANASA-CEASA. El objetivo de este proyecto es promover el compostaje con los residuales verdes urbanos y los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Campinas, Brasil. El composto resultante es usado como abono orgánico en la agricultura de la región.

**Palabras clave:** Agropolo, residuales, compostaje, biofertilizante.

## **Transforming Sewage Residues in Fertilizers: the Agropolo Campinas-Brasil compost plant**

S.A.M. Carbonell<sup>1</sup>; E.D. Paulella<sup>2</sup>; M.A. dos Santos<sup>3</sup>; H. Cantarella<sup>1</sup>; A. Gonçalves<sup>4</sup>; M.O. Santos<sup>5</sup>; D. Dias<sup>4</sup>; L.A.B. Cortez<sup>6</sup>

### **Abstract:**

Agropolo Campinas Brasil was created in the City of Campinas, Brazil as a cooperative platform between public institutions (Agronomic Institute of Campinas-IAC, State University of Campinas-

---

<sup>1</sup> Senior Researcher, Agronomic Institute of Campinas - IAC

<sup>2</sup> Secretary of Public Services, City of Campinas

<sup>3</sup> Technical Director, SANASA Water and Sewage Company of Campinas

<sup>4</sup> Engineer, City of Campinas, Secretary of Public Services

<sup>5</sup> Engineer, SANASA Water and Sewage Company of Campinas

<sup>6</sup> Ilum School of Science – Brazilian Center for Research in Energy and Materials – CNPEM, R. Lauro Vannucci, 1020 – CEP 13087-548, Campinas – SP, Brazil



UNICAMP, Institute of Food Technology-ITAL, City of Campinas, and TECHNO PARK) with the objective to promote technology innovation in tropical bioeconomy. The present article aims to present the Compost Project (Usina Verde) developed between the IAC, City of Campinas, SANASA Water and Sewage Treatment company of Campinas, and CEASA wholesale market. The objective of this project is to recycle mainly green urban residues with sewage mud to produce organic fertilizer.

**Key Words:** Agropolo, residues, composting, biofertilizer

## 1. INTRODUCCIÓN

The Agropolo Campinas-Brasil<sup>7</sup> cooperative platform was created in 2015 with the objective of introducing a different interdisciplinary research approach, focusing on higher value products.

The Agropolo Campinas-Brasil is an initiative of the following institutions:

- The Agronomic Institute of Campinas-IAC ([www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br))
- The State University of Campinas-UNICAMP ([www.unicamp.br](http://www.unicamp.br))
- The Food Technology Institute-ITAL ([www.ital.sp.gov.br](http://www.ital.sp.gov.br))
- The City of Campinas ([www.campinas.sp.gov.br](http://www.campinas.sp.gov.br))
- TECHNO PARK Campinas ([www.technopark.com.br](http://www.technopark.com.br))

Investigators from different institutions would have a common objective to overcome existing difficulties aiming a final product with quality and sustainability.

The City of Campinas with a population of 1.2 million habitants, situated about 100 km from São Paulo City and is considered the second economic pole in the State, the most developed in Brazil. Campinas is a traditional city in agronomic research with institutions such as the Agronomic Institute of Campinas – IAC with more than 100 years of existence. Campinas is considered the third best business, research, and innovation environment in Brazil.

---

<sup>7</sup> <http://www.agropolocampinasbrasil.org/>

In the Agropolo Roadmap conducted few years ago the area of Agricultural and Urban Residues was considered of high priority (Cortez, 2019; Carbonell et al., 2021a, 2021b, and 2021c). Agricultural residues in the city may have different sources, including material collected from houses, streets, and gardens. The city also has several sewage treatment plants producing important quantities of sewage mud. With the objective of using these materials was conceived the Compost Project between IAC-City of Campinas-SANASA-CEASA Campinas.

The motivation was to recycle residues and their use in agriculture is related to fertilizers. Particularly after the Russian-Ukraine War there was a sudden rise in the costs of fertilizers in Brazil. The country imports considerable amount of fertilizers from Russia, Canada, China, and Nigeria and depend on these inputs to satisfy the needs of growing agribusiness sector (Zafalon, 2022<sub>a</sub> and 2022<sub>b</sub>).

Therefore, the present Agropolo Compost Project represents a great hope not only for the environment but also to alleviate the dependence of producing fertilizers from fossil fuels.

## **2. The Compost Project Stakeholders and Responsibilities**

The City of Campinas, through its Secretary of Public Services, is the responsible for the Compost Plant technical operation. The Secretary has a specific contract with an engineering company contracted to manage the plant operation.

The Agronomic Institute of Campinas - IAC is the responsible to execute the laboratory analysis to control and monitor the biological processes that integrate the composting process. The IAC also authorized the use of an area inside the Santa Elisa Farm to implement and operate the Compost Plant.

The SANASA Water and Sewage Company is the responsible for the acquisition of equipment related to the Compost Plant (grinder, composter, and screen). SANASA maintains an engineer to contribute technically to maintain the equipment and operate the Compost Plant. There is also the participation of CEASA Campinas, the main fruit, vegetable, and flower wholesale market in the metropolitan area of Campinas. The CEASA Campinas will also provide residues to the project.

The Project Operation Team is composed of Eng. Alexandre Gonçalves - Director of Urban Cleaning Dept. - The City of Campinas, and Eng. Matias Oliveira Santos -SANASA, Responsible for the Compost Plant operation.

### **3. The Compost Project Description**

The main objective of the Compost Project is to operate an organic residue composting system based on green residues obtained by municipal trimming and green areas gardening service, sewage mud from SANASA sewage treatment stations, and residues of fruits, vegetables, and flowers from CEASA wholesale market.

The sewage mud is produced by anaerobic treatment using UASB reactors originated from two SANASA sewage plants: Sewage Treatment Plant (ETE) of Capivari River, and Sewage Treatment Plant (ETE) of Piçarrão River.

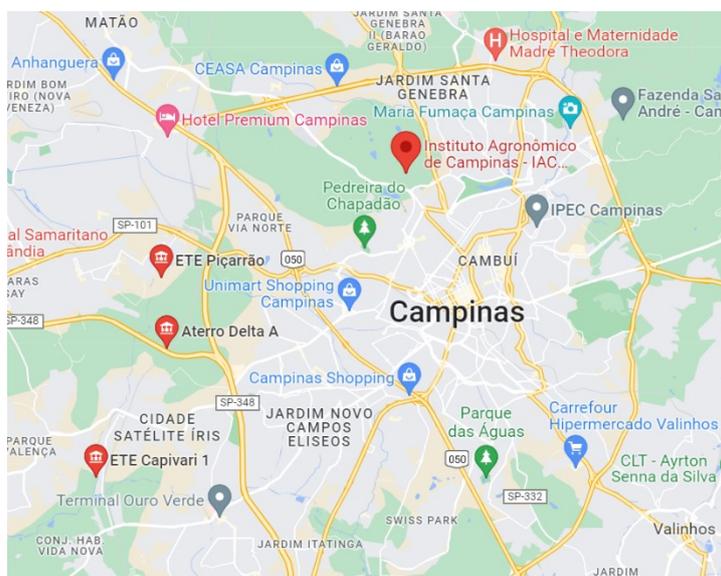


Figure 1: SANASA ETEs, Delta A landfill and IAC (Compost Project) locations.

The total volume to be processed daily by the Compost Plant is 100 tons/day of organic residues being 45 tons/day of green municipal residues<sup>8</sup> and 33 tons/day of dehydrated sewage mud<sup>9</sup> from SANASA sewage treatment plants (ETE) and 22 tons/day of residues from fruits and vegetables residues<sup>10</sup> from CEASA wholesale market. Presently, the Compost Plant is only using the green material and the sewage mud.

The related monitoring services includes: a) Engineering to monitor biological composting process, b) Laboratory analysis of composting material (including relation C/N), c) Laboratory analysis of underground waters (including DD 256/14 CETESB), d) Loading and transporting of bio-cake, as well as the wood chips and material rejected from screening cycle, until 25 km (IAC, Delta A, IAC), e) Loading and transporting percolating liquids from composting plant to the SANASA's sewage treatment plants.

The green residues are weighted at the Delta A Sanitation Landfill or at the Compost Plant. Then, they are unloaded at the Compost Plant where they are

<sup>8</sup> Branches, trunks, and roots

<sup>9</sup> 75% solid content

<sup>10</sup> 60% moisture content

segregated to remove the inert material. Then, the material is grinded, homogenized in piles, then goes to an anaerobic composting process (windrows) and through screening the compost. Last, the material is let to mature in open field and eventually stays in "buffer areas" before being transported.

The SANASA sewage treatment plants (ETE) dehydrated mud is initially sent to the Delta A Sanitation Landfill to be weighted. Then this material receives dolomitic limestone and wood chips in different proportions and pre-determined by the contractor. At this step, the mix or homogenized material becomes the "bio bake" constituted by the SANASA mud, dolomitic limestone, and woody fractions. This material will constitute the windrows to be submitted to the removal of the inert and hazardous material.

The anaerobic composting process is composed of organic material bio-oxidation exothermic reactions with the objective to eliminate pathogenic organisms present in the residues, therefore eliminating risks to environment and public health.

The composting process is composed in four steps:

- the organic matter presents ambient temperature (20-25°C), cryophilic phase,
- the temperature slowly rises from 25 to 55°C, mesophilic phase,
- the temperature reaches 55°C, thermophilic phase,
- the temperature reaches 65°C, maturity phase, in which the organic matter biologically stabilizes and slowly cools down to ambient temperature.

The Compost Plant was installed in an area of 67 thousand m<sup>2</sup>, being 44 thousand m<sup>2</sup> to receive the material and house the windrows and 23 thousand m<sup>2</sup> for temporary stocking or maturing of compost material.

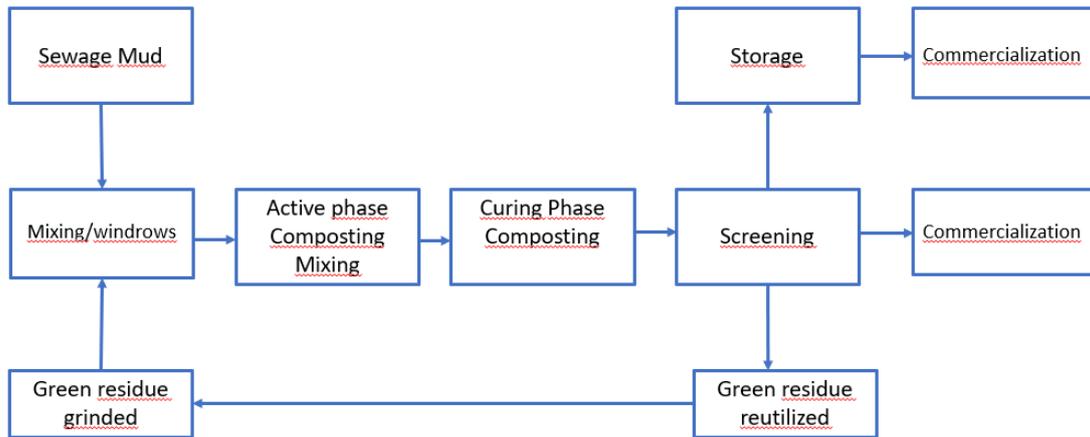


Figure 2: Schematic composting process flow of the Compost Plant.

#### 4. Compost Plant Operating System

The Compost Plant is composed of the following steps:

##### a. Grinding operation

The municipal green residues are received at the Compost Plant, and preliminarily will pass by a primary segregation. This comprehends separation of materials that can't be decomposed, and removal of visible impurities, considered inert material. In the sequence a tractor discharges the residues and completes the separation to prepare the material to be grinded. Then, the grinding process of trunks and branches begins, and two piles are created, one for the wood chips and the other for the dehydrated sewage mud. These materials will then be mixed in order to form a homogeneous mixture to allow the composting process.



Figure 3: Green urban residues received at the Compost Plant.

The grinding is performed until wood chips maximum of 150 mm size are obtained, so to allow air circulation inside the pile. The material needs to be well mixed with the objective to maintain an equal C/N ratio and increase the contact between the particles for the beginning of the composting process. The grinded material will be mixed with the dehydrated sewage mud. The wood grinder is a “HAAS / BRUNO INDUSTRIAL”, model TYRON 2000 XL, low rotation with two axes, self-propelled with tracks. Its main features: power 400 HP, width between axes: 2,000mm, axes diameter: 700mm, dimensions: L – 10.7 m; W – 2.55 m; H – 3.15 m, rotation until 41 rpm, and granulometry until 150 mm.



Figure 4: The HAAS / BRUNO INDUSTRIAL", model TYRON 2000 XL wood grinder.

The grinded material is then transported using wheel-loaders and trucks to make the windrows. The quantity handled daily is around 45 tons of green material and 33 tons of dehydrated sewage mud, totaling around 78 tons/day.

#### *b. Forming and unforming of composting windrows*

The composting windrows are made with the homogenized grinded material. The windrows are about 2-3m high and built with help of trucks and wheel-loaders. In the windrows the material starts the initial phases of anaerobic composting, passing by the phases of phytotoxicity, bio stabilization, and humidification. The final product (matured organic compost) will be analyzed to determine its N-P-K composition, moisture content, texture, and C/N ratio.



Figure 5: Compost windrows being aerated.

The Compost Project received a license emitted by CETESB, the São Paulo State company responsible by controlling, inspecting, monitoring, and licensing pollution-related activities. This license determines the compost quality certification. The compost registration is presently in process at the Brazilian Ministry of Agriculture (MAPA) as “organic fertilizer compost or B class soil conditioner” according to the legislation applied to the use of organic compost in agriculture. During the anaerobic composting several parameters should be monitored, such as moisture, curing time, color, and specially the organic matter temperature. Initially the windrow should be around ambient temperature, increasing during the other phases (mesophilic and thermophilic) reaching between 45 to 65°C. The homogeneous composting material is then transported by 12m<sup>3</sup> trucks to the next process step, which involves screening. All segregated material is transferred back to the Delta-A Landfill.

### *c. Aeration process of windrows*

The next step in the composting process involves the aeration of composting windrows. This aeration process uses a windrow revolving mixer which supplies oxygen to the organic matter creating adequate conditions for aerobic decomposition. This aeration process allows the organic matter to fully stabilize. This windrow turner supplied by MENART, model SPM-55, is self-propelled, with tires, and capacity to handle a minimum of 4,000 tons/hour, with a minimum tunnel height of 2.0 m and minimum tunnel width of 4.5 m. The equipment has automatic lubrication and forward speed of 1,200 m/hour. The daily quantity of material to be handled in the Compost Project first phase is around 80-100tons.



Figure 6: The Compost Plant aerial view.

Besides aeration, there is a need for a daily and systematic humidification. Tank truck of 10m<sup>3</sup> sprays water over the compost windrows to maintain the moisture. For the windrows, the humidification process is necessary to optimize the biological processes.



Figure 7: the compost windrows being humidified.

*d. Screening operation of compost material*

During the maturity step, the composting windrows are systematically aerated by the mixer device (windrow turner shown in the above picture) with the objective of creating the favorable aerobic conditions. The maturity step lasts about 30-45 days. The figure below shows the compost material in the windrows.

The next step in generating a homogenous compost is the screening process in which are separated particles based on granulometry. The objective of this segregation is to eliminate larger fractions that could disturb the manipulation of organic material in its application. These larger fractions are recycled back in the beginning of process (grinding step) with the objective to activate the biological conditions, considering the material rich microorganism content. After the screening process is completed, the material will rest to gradually lose its heat until reaching ambient temperature. This thermal equilibrium is an indication that the organic compost will not cause any harm to its recipient, and the compost is then ready to be used/commercialized. The screen has a fast-replacing drums to handle materials with higher moisture content. This equipment is supplied by Bruno Industrial, model RODO PRB-06, with the following features: drum diameter 2,000 mm, length 6,000 mm, production capacity until 130m<sup>3</sup>/hour, rotary brush for cleaning.



Figure 8: The compost screening operation.

*e. Charging and transporting the bio cake*

The dehydrated sewage mud produced by the SANASA sewage treatment plants of Capivari and Piçarrão are produced in UASB reactors. Before its transportation by SANASA, the mud is dehydrated by centrifuges and mixed with limestone and woody residues. This mixture, named now "bio cake", is then transported to the Compost Plant. The average distances from the SANASA sewage treatment plants to the landfill and the Compost Plant is 25 km.

## 5. Laboratorial analysis and monitoring

### *a. Monitoring Carbon/Nitrogen ratio*

The biological composting process technical control indicates the organic matter decomposition (temperature and C/N ratio) defining the time for each process phase. At the moment, because only the green residues and sewage mud are used, there is a high carbon content in the compost. The C/N ratio is the most important parameter related to the organic matter decomposition by microorganisms. The monitoring of this parameter allows the better understanding of the entire composting process. Two samples are analyzed monthly to verify its C/N ratio.

There is also the underground water analysis which consists of collecting and analyzing underground water in the project area. Presently, the windrows site is dry (no slurry is produced). There are 4 sampling wells in the project area. The samples are taken every three months performing 16 samples per year. The objective here is to identify any pollution contaminating the underground aquifer.

The parameters follow CETESB recommendation (Directory Directive n° 256/2016/E): bicarbonate alkalinity, carbonate alkalinity, hydroxide alkalinity, aluminum, antimony, arsenic, barium, cadmium, calcium, lead, cyanite, chloride, cobalt, copper, conductivity, color (true), chromium, total hexavalent, DBO, COD, water hardness, phenol, iron, fluoride, total phosphate, magnesium,

manganese, mercury, molybdenum, nickel, nitrogen, ammonia, nitrogen nitrate, nitrogen nitrite, nitrogen albuminoids, consumed oxygen, potassium, silver, total solids, selenium, sulphate, turbidity, zinc, Total Organic Carbon (TOC), total coliforms, fecal coliforms, Bacteria Standard Counting, pH, and temperature.

*b. Final compost quality control and composition*

**Mud quality control:** The sewage mud to be used as raw material for composting, will be analyzed monthly. The analyzed parameters are agronomic and heavy metals.

Agronomic parameters: pH, density, moisture(65°C), organic matter, organic carbon, nitrogen, phosphor, potassium, calcium, magnesium, sulfur, C/N ratio, manganese, boron, and sodium. Heavy metals: arsenic, barium, cadmium, lead, copper, total chrome, chrome+6, mercury, molybdenum, nickel, selenium, zinc

**Compost quality control:** Each compost batch characterized either as organic fertilizer or soil conditioner, is analyzed in relation to its agronomic parameters, Water Retention Capacity (WRC)%, Cationic Change Capacity (CCC), ratio CCC/C.org and C/N ratio

Agronomic parameters and heavy metals the same as described in mud quality control. Inert materials: glass, metals, and stones. Pathogenic microorganisms: thermos-tolerant coliforms, helminth, and salmonella viable eggs.

A typical compost analysis can be found in Table 1, below.

Table 1: Typical Compost analysis produced by the Campinas Compost Plant.

Parameter	Method	Unit	Result
Arsenic	(a)	mg/kg	< 1.0 <sup>(2)</sup>
Barium	(a)	mg/kg	1.2
Mercury	(a)	mg/kg	< 1.0 <sup>(2)</sup>
Ammoniacal Nitrogen	(b)	mg/kg	126

Inorganic Nitrogen (nitrate+nitrite)	(b)	mg/kg	17.9
Kjeldahl Nitrogen	(b)	g/kg	9.7
Organic Carbon	(b)	g/kg	269
pH (1:10)	(b)	---	8.7
pH in CaCl <sub>2</sub>	(c)	---	7.8
Potassium	(a)	mg/kg	4452
Selenium	(a)	mg/kg	< 1.0 <sup>(2)</sup>
Sodium	(a)	mg/kg	1753
Total Solids	(b)	%(m/m)	30.5
Volatile Solids	(b)	%(m/m)	36.7
Moisture Content	(b)	%(m/m)	69.5

(a) Metals: EPA-SW-846-3051, with determination by ICP-AES, according to EPA-SW-846-6010 and potassium and sodium by flame photometry; (b) Total nitrogen: Kjeldahl method; ammoniacal nitrogen, nitrate and nitrite: distillation by vapor drafting; Moisture and Volatile solids: mass loss at 60 and 500°C, respectively; pH, determination in aqueous extract in proportion 1:10 (residue:water), according to methods described by "de Andrade, J.C.; de Abreu, M.F. (eds), Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Editora IAC, Campinas, 2006, 178p.";(c) Manual de métodos analíticos para fertilizantes e corretivos (Brasil, 2017).

1. all results are expressed in dry basis; 2. not quantified, less than the quantifying limit

## 6. Compost Project economic assessment

Naturally, the most important impact of this project is the elimination or reduction of pollutant agents, such as the sewage muds and green urban residues. Important direct investments were made by the City of Campinas and the SANASA water and sewage company. Basically, the project costs are related to fixed costs such as the acquisition of necessary machinery (grinder, compost mixer, screener, and other auxiliary equipment such as the humidification truck, wheel-loaders, trucks) and variable costs for the acquisition of diesel, and labor. The present equipment shown in the above picture are oversized and can handle larger volumes. Therefore, it is not recommended to use them to conduct a project cost/benefit analysis.

Regarding the benefits, they can be divided as: a) an avoided cost of sparing the city landfills, b) the future commercialization of the compost as organic fertilizer or soil conditioner; and c) the future commercialization of carbon credits derived from the organic material recycling and fossil fertilizer mitigation. It has been estimated that the avoided costs of disposing the green urban residues and sewage mud are in the order of US\$ 200,000/month. The other benefits have not yet been calculated.

Presently, the compost is utilized inside the public administration. After the Compost Project receives the registration by the Brazilian Ministry of Agriculture, the compost will be sold to another company for commercialization.

## 7. Conclusions

The objective of this article is to present the Compost Project (Usina Verde) organized between the Agronomic Institute of Campinas – IAC, the City of Campinas, the SANASA Water and Sewage Company of Campinas and CEASA Campinas. This project was a result of the Agropolo Campinas-Brasil cooperative platform to increase the value of agriculture and rural residues and improve the environment conditions in the metropolitan region of Campinas.

Another impact of this project is to generate a compost that can be used as fertilizer substitute among the rural producers in the region. Fertilizer is becoming more expensive and a great concern among producers in Brazil.

Now, the idea is to replicate this experience in other cities in Brazil. The country has around 6,000 cities and a powerful agribusiness sector very interested to adopt sustainable solutions.

## Acknowledgements

The initial *Roadmap* of the Agropolo Project was financed by the São Paulo State Research Foundation FAPESP (Project 2016 / 50198-0 - Agropolo Campinas-Brasil: *roadmap* for strategic areas in bioeconomy).

## References

- Carbonell, S.A.M; L.A.B. Cortez; L.F.C Madi; L.C. Anefalos; R. Baldassin Junior; R.L.V. Leal. (2021a) Bioeconomy in Brazil: opportunities and guidelines for research and public policy for regional development. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Biofpr Journal*. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bbb.2263>
- Carbonell, S. A. M.; Cortez, L. A. B.; Madi, L. F. C.; Anefalos, L. C.; Baldassin Jr., R.; Leal, R. L. V. (2021b) Políticas Públicas y Bioeconomía en Brasil: la estrategia del Agropolo Campinas-Brasil. *C3-Bioeconomy*, v. 2, p. 115-127. Available at: <https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/bioeconomy/article/view/13501>
- Carbonell, S.A.M; L.A.B. Cortez; L.F.C Madi; L.C. Anefalos; R. Baldassin Junior; R.L.V. Leal. (2021c) Bioeconomía Tropical, *Roadmaps e Diretrizes para o Desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil*. ISBN 978-65-994280-0-5, 163p. available at: [http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/agropolo\\_bioeconomia\\_tropical\\_eng.pdf](http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/agropolo_bioeconomia_tropical_eng.pdf)
- Cortez, L. (2019) Políticas Públicas y Bioeconomía en Brasil. Presentación en el IX Encuentro de la Red Innovagro – Bioeconomía Circular y Ecosistemas de Innovación, Córdoba, España, junio 2019. Available at: <https://www.redinnovagro.in/pdfs/5Luis%20Cortez.pdf>

Zafalon, M. (2022a) Gasto com importação de fertilizantes cresce 147% no primeiro trimestre. Folha de São Paulo Newspaper, May 17<sup>th</sup>, page A22.

Zafalon, M. (2022b) Brasil descuidou da política nacional de fertilizantes, diz associação do setor. Folha de São Paulo Newspaper, May 24<sup>th</sup>, page A21.



**C3-BIOECONOMY**  
Circular and Sustainable Bioeconomy

## Prácticas sobre la gestión de residuos orgánicos e inorgánicos procedentes de la agricultura: el proyecto Recicland

MCarmen García-García<sup>1</sup>, MRosa Granados García<sup>1</sup>, Encarnación Samblás Punzano<sup>1</sup>, Miguel Talavera Rubia<sup>2</sup>, MTeresa Soriano Vallejo<sup>3</sup>, MLuz Segura Pérez<sup>1</sup>, Samir Sayadi Gmada<sup>3</sup>, Salvador Parra Gómez<sup>1</sup>, Dirk Janssen<sup>1</sup>, Evangelina Medrano Cortés<sup>1</sup>, MMilagros Fernández Fernández<sup>3</sup>, Francisco de Cara García<sup>1</sup>, Rafael Baeza Cano<sup>1</sup>, José Manuel Torres Nieto<sup>4</sup>, Isidoro Carricondo Martínez<sup>5</sup>, MMar Téllez Navarro<sup>1</sup>

---

Autor de Correspondencia: mmar.tellez@juntadeandalucia.es

---

### Resumen:

La agricultura protegida que se desarrolla principalmente en el litoral oriental andaluz es una actividad de gran importancia económica y social para Andalucía. Sin embargo, el crecimiento exponencial de la superficie de invernadero ha dado lugar a un incremento del volumen de residuos agrarios. Además, este sistema agrícola está evolucionando hacia nuevas técnicas de cultivo que implican, no sólo la generación de residuos, sino también una mayor diversificación que hace más complicada su gestión.

El principal problema para la gestión de estos residuos agrarios no está sólo en su dispersión geográfica, sino también en su estacionalidad, ya que se genera gran cantidad en determinados periodos anuales, coincidiendo con la finalización de las campañas agrícolas. Por este motivo, la capacidad máxima de recogida y almacenamiento y el proceso de gestión están condicionados por el volumen generado al finalizar los ciclos de cultivo.

En este contexto, surge el proyecto RECICLAND que pretende paliar dichos problemas y contribuir a la gestión sostenible de los residuos generados en los procesos productivos. Concretamente, el objetivo general de este proyecto es desarrollar actividades demostrativas piloto, informando de modo práctico sobre diferentes técnicas para la gestión específica de residuos inorgánicos y restos vegetales. Para ello, se ha establecido un área de reciclaje, junto con actividades de transferencia (jornadas prácticas, visitas, vídeos demostrativos y publicaciones) en el Centro IFAPA La Mojónera (Almería).

**Palabras clave:** agricultura intensiva, residuos agrícolas, gestión de residuos, sostenibilidad, economía circular.

---

<sup>1</sup>IFAPA La Mojónera, Almería; <sup>2</sup>IFAPA Alameda del Obispo, Córdoba; <sup>3</sup>IFAPA Camino del Purchil, Granada (IFAPA, CAGPDS, Andalucía, España); <sup>4</sup>Intecnatur; <sup>5</sup>Casur SCA



## Recicland, demonstration on the management of organic and inorganic waste from agriculture

MCarmen García-García<sup>2</sup>, MRosa Granados García<sup>1</sup>, Encarnación Samblás Punzano<sup>1</sup>, Miguel Talavera Rubia<sup>2</sup>, MTeresa Soriano Vallejo<sup>3</sup>, MLuz Segura Pérez<sup>1</sup>, Samir Sayadi Gmada<sup>3</sup>, Salvador Parra Gómez<sup>1</sup>, Dirk Janssen<sup>1</sup>, Evangelina Medrano Cortés<sup>1</sup>, MMilagros Fernández Fernández<sup>3</sup>, Francisco de Cara García<sup>1</sup>, Rafael Baeza Cano<sup>1</sup>, José Manuel Torres Nieto<sup>4</sup>, Isidoro Carricondo Martínez<sup>5</sup>, MMar Téllez Navarro<sup>1</sup>

### Abstract:

Protected agriculture, which takes place mainly on the eastern coast of Andalusia, constitutes the major economic and social activity for this region. However, greenhouse area exponential growth has led to an increase in the volume of agricultural waste. In addition, this agricultural system is evolving towards new cultivation techniques that not only involve the generation of waste, but also a greater diversification that makes its management hard to tackle.

The main issue regarding management of this agricultural waste is not only its geographical dispersion, but also its seasonality, as a large quantity is generated during certain periods of the year, coinciding with the end of agricultural campaigns. Indeed, the maximum collection and storage capacity and the management process itself are conditioned by the volume generated at the end of cropping cycles.

In this context, the RECICLAND project arises, which aims to alleviate these problems and contribute to the sustainable management of the waste generated in the production processes. Specifically, the general objective of project is to develop pilot demonstration activities, providing practical information on different techniques for the specific management of inorganic waste and plant debris. For this purpose, a recycling area has been set up, where transference activities such as practical workshops, guide visits, demonstration, videos, and publications are being carried out in IFAPA La Mojonera (Almería).

**Key Words:** intensive agriculture, agricultural waste, waste management, sustainability, circular economy.

---

<sup>1</sup>IFAPA La Mojonera, Almería; <sup>2</sup>IFAPA Alameda del Obispo, Córdoba; <sup>3</sup>IFAPA Camino del Purchil, Granada (IFAPA, CAGPDS, Andalucía, España); <sup>4</sup>Intecnatur; <sup>5</sup>Casur SCA

## 1. INTRODUCCIÓN

La horticultura protegida, que se desarrolla en las 35.000 ha del litoral oriental andaluz y que comprende las provincias de Almería (90%) y Granada (10%), supone una importante actividad económica y social para la toda Comunidad Andaluza. Sin embargo, el crecimiento continuo de la superficie de cultivo y los cambios en el manejo de los cultivos, así como la alta dependencia de insumos, han hecho que el volumen de residuos agrarios no solo se haya incrementado, sino que además se ha diversificado, haciendo difícil su gestión.

La estimación realizada para 35.000 ha dedicada a la horticultura muestra que se producen 90.738,27 t de residuos inorgánicos y un volumen de 187.050 m<sup>3</sup> anualmente (Sayadi y col., 2019). El mantenimiento de la estructura de abrigo (43,22%) y el plástico para desinfección (23,21%) son las funciones productivas con un mayor porcentaje de producción de residuos inorgánicos. Asimismo, según Cajamar, (2016), anualmente, se producen 2 millones de toneladas de restos vegetales frescos en la provincia de Almería.

La problemática asociada a los residuos agrarios deriva principalmente de su estacionalidad, ya que en determinados momentos se genera una elevada producción de restos, que condiciona su recogida y almacenamiento, y como consecuencia su gestión (Sayadi y col., 2019; Cajamar, 2016). La gestión de residuos supone una complicación para el agricultor de pequeñas explotaciones, debido a su heterogeneidad y a las normas específicas que regulan cada uno de ellos. Por tanto, es necesario el desarrollo de estrategias específicas que permitan establecer procedimientos claros y sencillos para su correcta gestión y que, además, permitan al agricultor su valorización, considerando su contribución a los principios de la bioeconomía circular en sus procesos productivos.

En este contexto, se ha puesto en marcha el proyecto de transferencia de tecnología RECICLAND, acrónimo de “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida”, a iniciativa de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, y gestionado a través del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) con financiación FEADER, y que actualmente está en fase de ejecución.

El objetivo general de este proyecto es transferir mediante actividades formativas y demostrativas aquellas prácticas agrícolas en consonancia con la reutilización o reciclado de materiales inorgánicos y orgánicos generados en los cultivos de invernadero. Estas actividades de transferencia van dirigidas principalmente a todos los agentes de la cadena de valor hortícola y también a la propia sociedad para concienciar de que la gestión de los restos agrarios debe contemplarse desde la perspectiva de la bioeconomía circular.

## 2. MÉTODO/DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN

**Título del proyecto:** “Actividades de demostración e información para la gestión de residuos sólidos derivados de la horticultura protegida (RECICLAND)”.

**Convocatoria:** Reutilización de subproductos y reducción de residuos y emisiones.

**Áreas temáticas asociadas:** Protección de cultivos, Agricultura y Medio Ambiente, Economía de la Cadena Alimentaria, Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria.

**Centros IFAPA principal/participantes:** Centro La Mojonera (Almería), Centro Camino del Purchil (Granada) y Centro Alameda del Obispo (Córdoba).

**Fecha Inicio/Fin :** 28-10-2019 hasta 31-10-2022 **Financiación:** FEADER

**Presupuesto Total:** 835.235,77€

El proyecto cuenta con un área de demostraciones, de 1.5 ha de superficie, ubicada en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería). En este espacio se han diseñado diferentes zonas para el desarrollo de las actividades: una planta de compostaje (Figura 1a), una estación de clasificación y reducción de residuos agrarios (Figura 1b), un invernadero de ensayos y demostraciones con sistema de monitorización de clima y riego (Figura 1c), que permite definir las condiciones en las que se desarrollan los cultivos, y finalmente, un área de biodiversidad y reutilización de restos agrarios (Figura 1d).



Figura 1. Planta de compostaje (a), estación de gestión de residuos (b), invernadero experimental (c) y jardín de biodiversidad (d)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han establecido 5 líneas de trabajo que incluyen diferentes actividades como talleres, demostraciones y seminarios, en los que se mostrarán de forma práctica a los agentes del sector agrícola las diferentes técnicas para la gestión específica de residuos plásticos y de restos vegetales:

## **Prácticas de gestión e incorporación de restos vegetales**

Los restos de cultivo aportan fertilidad al suelo, siendo un mecanismo regulador de la presencia de patógenos. El momento de aplicación, el origen del material vegetal, y el tipo de incorporación al suelo son factores clave a evaluar, ya que pueden afectar a cultivos posteriores. Para ello, desde el comienzo del proyecto se vienen realizando demostraciones de las diferentes prácticas de incorporación al suelo de restos vegetales, con distintas especies hortícolas y en diferentes fechas de enterrado cuyo efecto previsiblemente también será diverso sobre el suelo y el cultivo, y determinará su idoneidad para cada caso y explotación.

Para su desarrollo se ha puesto en marcha un invernadero experimental con controlador de clima y compartimentado en 4 módulos. Cada módulo cuenta con tensiómetros y sondas que permiten dosificar el riego evitando drenajes innecesarios y así evaluar el posible exceso de fertilizantes en el suelo. También disponen de sondas para medir de forma continua la temperatura en el suelo donde se incorporarán los restos. Se han planteado ya diversos experimentos con cultivo de pimiento y tomate, donde se están ensayando distintas alternativas de gestión de los restos vegetales, tanto durante como al finalizar sus ciclos de cultivo (figura 2).



Figura 2. Práctica de incorporación de restos de pimiento

### **Prácticas de gestión de residuos vegetales mediante compostaje**

Una de las posibilidades de gestión y valorización de restos vegetales es el compostaje, optimizando costes de transporte y proceso, para obtener un producto que mejora las propiedades físico-químicas del suelo. El compost tiene un gran valor fertilizante y aumenta la capacidad de retención de agua del suelo (Segura y col., 2018). También se reduce la lixiviación y el impacto ambiental sobre los acuíferos.

Se están llevando a cabo talleres para mostrar de forma práctica el proceso de compostaje, considerando: estacionalidad, especie vegetal y mejora del valor fertilizante mezclando con otros materiales (estiércol, restos jardinería, etc.). Se evaluará su valor agrícola como enmienda orgánica, y su aplicación en fertirriego como té de compost, así como la viabilidad económica de pequeñas instalaciones individuales o colectivas.

Con estas prácticas se pretende que los participantes conozcan el proceso de compostaje para que el producto final reúna las mejores condiciones sanitarias para su uso como enmienda y fertilizante. Otro objetivo es que adquieran conocimientos de las instalaciones, equipos y maquinaria

necesarios, así como de las tareas a realizar, y aprender cómo manejar herramientas de control y seguimiento de parámetros físicos, químicos y ambientales que determinen un proceso de compostaje óptimo. Asimismo, se ofrecen datos relativos al coste económico que puede suponer la realización de este modelo de gestión de residuos vegetales frente a otras posibles alternativas.

Para la realización de estas prácticas se dispone, en el área demostrativa, de una planta piloto de compostaje. Se trata de una planta que tiene todas las características y funcionalidades de una planta industrial, donde todo el proceso está controlado y permite la obtención de compost en un periodo de entre 8 y 12 semanas. Incluye una zona de recepción de materiales de 80 m<sup>2</sup>, una zona de proceso de 384 m<sup>2</sup>, con una caseta de control, y una zona de almacenaje de producto final de 120 m<sup>2</sup>. La zona de compostaje tiene 4 líneas de proceso de 10 metros de longitud cada una, un sistema de inyección de aire, y caudalímetros independientes para cada línea. La recogida de lixiviados se realiza en un depósito subterráneo de 5000 litros de capacidad. El control de temperatura e inyección de aire es automático. El volteo de las pilas se realiza con una volteadora autopropulsada (Figura 3).



Figura 3. Volteadora autopulsada

### **Tecnologías para la gestión y aprovechamiento de restos agrarios: compactación de residuos**

El volumen de los residuos puede reducirse utilizando maquinaria específica. Esto hace que los costes de transporte desde la explotación hasta el punto de gestión sean minimizados. Puede ser una "solución verde", efectiva y rentable para las explotaciones agrícolas de consumo intensivo de insumos. Los materiales de compactación pueden ser de diferentes tipos como cartón, tela, plásticos, papel, incluso restos orgánicos. El objetivo de esta actividad es ofrecer la compactación como una solución práctica en la gestión y logística de transporte de los residuos (principalmente plásticos) así como establecer la tipología de los mismos y los tipos de contenedores para su separación, acondicionamiento mediante prensa compactadora y posterior gestión.

Se están realizando talleres donde se informa y se muestra la tipología de residuos, los tipos de contenedores para su separación, así como demostraciones de uso de una prensa compactadora, tras la correcta

separación de los residuos. Se informará mediante paneles explicativos el procedimiento de gestión: normativas, transporte, documentos y trazabilidad del sistema.

Para la realización de esta actividad dentro del área de demostraciones, se cuenta con una estación de reciclaje, que contiene de forma expositiva, los tipos de residuos y sus respectivos contenedores, así como una prensa compactadora (Figura 4).



Figura 4. Estación de reciclaje

#### ▪ **Prácticas de gestión de insumos plásticos y utilización de insumos alternativos**

La generación de residuos plásticos de diferente tipología, tales como plásticos para solarización, acolchados, hilos de entutorado, supone no solo un problema medioambiental sino también un coste adicional para los agricultores. En el caso de las rafias, limitan la gestión de los restos vegetales, tanto si se compostan como si se incorporan al suelo. Su retirada supone un incremento de los costes y de los tiempos de ejecución de esta tarea.

Uno de los objetivos de esta actividad es poner a punto técnicas de entutorado en los cultivos con el fin de minimizar los costes de explotación, bien mediante implementación de técnicas de entutorado que faciliten la posterior

retirada, o bien reutilizando parte de la rafia reduciendo costes además de reducir la cantidad de residuo generado.

Por otra parte, las rafias de entutorado y los plásticos para acolchados de suelos suponen un porcentaje importante de los residuos plásticos que se generan, y además no suelen ser ni biodegradables ni compostables. Las rafias son un problema añadido por la dificultad de compostar los restos vegetales mezclados con estos hilos de rafia. Otro objetivo planteado en esta actividad es sustituir los plásticos de entutorado y de acolchados por materiales biodegradables y/o compostables (OIL REINWASTE, 2019).

Se contemplan diferentes tipos de prácticas mostrando técnicas de entutorado para reutilización de rafias, evaluando tiempos de ejecución de labores de entutorado y retirada de rafia, porcentaje de reutilización y costes asociados. Por otra parte, se están llevando a cabo ensayos demostrativos con cultivos, utilizando diferentes materiales biodegradables y/o compostables para evaluar su viabilidad (Figura 5a).

Estas actividades se están llevando a cabo en el invernadero experimental anteriormente descrito y también se cuenta con un mueble expositor donde se muestran los distintos materiales evaluados junto a sus fichas técnicas como información general (Figura 5b).



Figura 5. Expositor de materiales (a) y ensayo demostrativo de tipos de rafia en campo (b)

## **Valorización de residuos agrarios para mejora del control biológico y la biodiversidad**

La mayoría de los suelos que rodean los invernaderos de Almería son suelos degradados, con muy poca actividad microbiana, por lo que la aplicación de enmiendas orgánicas no solo podría facilitar su recuperación sino aumentar su biodiversidad. Por otra parte, la implantación de infraestructuras ecológicas (setos, bandas florales, refugio de insectos...) ayuda a mejorar la supervivencia de los enemigos naturales (recursos), favoreciendo el control biológico por conservación (Rodríguez y col., 2018). Sin embargo, la implantación de estas infraestructuras no es tarea sencilla en tierras degradadas. El objetivo que se persigue es la valorización de los residuos agrarios utilizando compost para mejorar el suelo donde se establecerán setos, y mediante la reutilización de residuos inorgánicos (palets, cartones, bidones...) para la construcción de nidasles o refugios de enemigos naturales y polinizadores.

En esta actividad se contemplan visitas al Jardín de la biodiversidad que forma parte del área demostrativa del proyecto, donde se exponen distintos materiales, generados como residuos de la actividad agraria, y se muestra cómo pueden ser reutilizados y reciclados para construir distintas infraestructuras ecológicas (figura 6).



Figura 6. Infraestructuras ecológicas: material reutilizable (a), y refugio de insectos para fomentar la biodiversidad (b)

#### 4. CONCLUSIONES

Para acercarnos a una agricultura cada vez más sostenible es necesario transmitir al sector un modelo encaminado hacia una economía circular. De este modo, se han establecido jornadas prácticas, dirigidas a técnicos y agricultores, para mostrar soluciones a la gestión de residuos orgánicos e inorgánicos procedentes de la agricultura.

En las actividades llevadas a cabo en el proyecto Recicland durante 2021 destacan 24 jornadas y 10 visitas guiadas. En total han participado 718 personas, en su mayoría agricultores, técnicos y estudiantes relacionados con el sector agrícola. Otros organismos públicos y empresas afines al sector han supuesto el 10% de las visitas relativas a este proyecto en el que participan varios Centros del IFAPA. El proyecto, por tanto, está divulgando las posibilidades y tecnologías existentes para lograr el objetivo del reciclaje completo de los residuos generados en la horticultura intensiva y producir de manera más eficiente y más sostenible, siguiendo un modelo de producción encaminado hacia una economía más circular. El siguiente paso será la elección de la mejor forma para implementarlo, casi con toda seguridad, de forma colectiva, con la

participación de todos los agentes y administraciones afectadas, y con los conocimientos adquiridos gracias a este proyecto.

## REFERENCIAS

- CAJAMAR (2016). Residuos vegetales procedentes de los invernaderos de Almería. Ficha de transferencia 017, Ed. Cajamar.
- RODRÍGUEZ E., TÉLLEZ M.M., RUANO F., GONZÁLEZ M., FORONDA J., OI F. (2018). Estudio de la diversidad en la horticultura protegida: Crisopas (Biodiversidad III). Almería. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 1-15p. (formato digital e-book).
- SAYADI-GMADA, S.; RODRÍGUEZ-PLIEGUEZUELO, C.R.; ROJAS-SERRANO, F.; PARRA-LÓPEZ, C.; PARRA-GÓMEZ, S.; GARCÍA-GARCÍA, M.C.; GARCÍA-COLLADO, R.; LORBACH-KELLE, M.B.; MANRIQUE-GORDILLO, T., (2019). Inorganic waste management in greenhouse agriculture in Almería (SE Spain): Towards a circular system in intensive horticulture production. Sustainability 11 (14), 3782. <https://doi.org/10.3390/su11143782>
- SEGURA M.L., LLANDEAL A., GARCÍA J.M., FERNÁNDEZ M.M. (2018). Aprovechamiento de los residuos de cultivos hortícolas para reciclar materia orgánica y nutrientes. Revista Horticultura, Interempresas (online), <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/222222-Aprovechamiento-residuos-cultivos-hortícolas-para-reciclar-materia-orgánica-nutrientes.html>
- OIL, LABORATORIO DE INNOVACIÓN ABIERTA del proyecto REINWASTE (2019). Rediseñar la cadena de suministro alimentario testando soluciones Innovadoras para reducir los RESIDUOS inorgánicos. Conclusiones de las mesas temáticas del laboratorio de innovación abierta. Aguadulce, Almería. 23/5/2019.