



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 Egea¹ y C Richard Glass²

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 Egea¹ y C Richard Glass²

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

¹ Cátedra Cajamar-UAL de Bioeconomía Circular, CAESCG, Universidad de Almería, 04120, Almería, España
² Crop Health and Protection, United Kingdom, 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

Estrategia Europea de Bioeconomía 2018
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

Farm to Fork Strategy 2020 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

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