

## CAPITULO 2. AGROECOLOGÍA Y BIOECONOMÍA CIRCULAR

JAVIER SANZ CAÑADA (*Coordinador, Instituto de Economía, Geografía y Demografía, IEGD*); LORENA GÓMEZ APARICIO (*Coordinadora adjunta, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, IRNAS*); PABLO ALONSO GONZÁLEZ (*Instituto de Ciencias del Patrimonio, INCIPIT*); MARÍA LUZ CAYUELA GARCÍA (*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CEBAS*); JOSÉ ALFONSO GÓMEZ CALERO (*Instituto de Agricultura Sostenible, IAS*); GLORIA GUZMÁN CASADO (*Laboratorio de Historia de los Agroecosistemas, Universidad Pablo de Olavide UPO*); MANUEL GONZÁLEZ DE MOLINA (*Laboratorio de Historia de los Agroecosistemas, Universidad Pablo de Olavide, UPO*); MARÍA PAZ LAVÍN GONZÁLEZ (*Instituto de Ganadería de Montaña, IGM*); FRANCO LLOBERA SERRA (*Red de Municipios Agroecológicos TERRAE, Torremocha del Jarama*); CARMEN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ (*Misión Biológica de Galicia, MBG*); ARANZAZU MORENO LOZANO (*Instituto de Ciencias Agrarias, ICA*); LEONOR PEÑA CHOCARRO (*Instituto de Historia, IH*); PEDRO TOMÉ MARTÍN (*Instituto de Lengua, Literatura y Antropología, ILLA*); FERNANDO VALLADARES ROS (*Museo Nacional de Ciencias Naturales, MNCN*).

### RESUMEN

Los resultados de un panel de expertos reflejan que algunos importantes desafíos que tiene la Agroecología cara al futuro próximo son su contribución a la Acción por el Clima, a la mejora de la biodiversidad o a la co-creación de conocimiento entre investigadores y campesinos, así como la aplicación de criterios de Bioeconomía Circular en la producción y distribución agroalimentarias. El diseño de agroecosistemas a escala de paisaje o la creación de sistemas alimentarios locales agroecológicos que posibiliten un salto de escala de la producción y el consumo constituyen también otros retos destacables.

Palabras clave:

Agroecología; agroecosistemas; paisajes agrarios; Acción por el Clima; biodiversidad; Bioeconomía Circular; co-creación de conocimiento; sistemas alimentarios locales; salto de escala.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

La Agroecología es el enfoque científico transdisciplinar que tiene como objetivo investigar de forma holística las interrelaciones entre los componentes agronómicos, biofísicos, ecológicos, sociales, culturales, económicos y políticos que conforman los agroecosistemas. Como disciplina de investigación, integra tres dimensiones. (i) una primera de carácter técnico-productivo y centrada en el diseño de los agroecosistemas, con la Ecología como marco científico de referencia en diálogo con el saber campesino; ii) una segunda dimensión orientada al análisis cultural y socioeconómico del sistema agroalimentario desde una visión territorial; y iii) una tercera dimensión política, orientada a reinterpretar el análisis del poder (económico, decisional, etc.) en el sistema agroalimentario o la soberanía alimentaria. La Bioeconomía Circular, producto de una simbiosis entre la Ecología y la Economía, adopta una serie de principios compartidos con la Agroecología: usar recursos renovables, maximizar la eficiencia en el uso de los recursos y reutilizar al máximo posible los residuos.

Mediante la aplicación de una metodología basada en un panel de expertos, se definen y especifican cuáles son los desafíos a los que han de responder la Agroecología y la Bioeconomía Circular en el futuro próximo, que se agrupan en seis grandes ejes: i) diseño de agro-ecosistemas sostenibles a escala de paisaje; ii) la Agroecología y la Acción por el Clima; iii) Bioeconomía Circular en los sistemas agroalimentarios; iv) la Agroecología y la mejora de la biodiversidad; v) co-producción y difusión del conocimiento agroecológico; vi) sistemas alimentarios locales agroecológicos y saltos de escala.

Es necesario impulsar la confluencia transdisciplinar de investigadores especializados en diferentes áreas pertenecientes a las Ciencias Ambientales, Agronómicas, Alimentarias y Sociales para la resolución de los problemas socioeconómicos y ambientales de frontera relativos a la agricultura y la alimentación sostenibles. No existe actualmente en el CSIC ningún instituto ni departamento especializado en Agroecología o en Bioeconomía Circular, tras la desaparición en 2010 del departamento de Agroecología del entonces Centro de Ciencias Medioambientales de Madrid. Sin embargo, de cara a lograr los desafíos planteados, sí hay en la institución grupos y expertos en diferentes áreas que podrían tener una vocación de investigación en Agroecología y Bioeconomía Circular si existiera un nexo de articulación científica a nivel de plataforma, programa o proyecto de I+D+i.

## **1-Introducción y descripción general**

La Agroecología es el enfoque científico transdisciplinar que tiene como objetivo investigar de forma holística las interrelaciones entre los componentes agronómicos, biofísicos, ecológicos, sociales, culturales, económicos y políticos que conforman los agroecosistemas. La Agroecología pretende analizar las actividades agroalimentarias desde una perspectiva ecológica, pero además aporta una visión transversal sobre el análisis de los agroecosistemas y los sistemas agroalimentarios locales, que interrelaciona varios campos disciplinares del conocimiento pertenecientes a las ciencias agronómicas, ambientales y sociales.

La Agroecología, como enfoque de investigación, integra, según López y Álvarez (2018), tres dimensiones. (i) una primera de carácter técnico-productivo y centrada en el diseño de los agroecosistemas, con la Ecología como marco científico de referencia en diálogo con el saber campesino; ii) una segunda dimensión orientada al análisis cultural y socioeconómico del sistema agroalimentario desde una visión territorial; y iii) una tercera dimensión política, orientada a reinterpretar el análisis del poder (económico, decisional, etc.) en el sistema agroalimentario o la soberanía alimentaria.

Además de constituir un enfoque científico, la Agroecología implica la aplicación de un conjunto de prácticas conducentes a cultivar y a producir alimentos de forma sostenible, así como un movimiento social que reivindica tanto la mejora en las condiciones objetivas de los agricultores y de las pequeñas agroindustrias rurales como el hecho de que la alimentación sostenible y saludable se convierta en un derecho básico de todos los ciudadanos. Esta triple visión como disciplina, conjunto de prácticas agroalimentarias y movimiento social, es compartida ampliamente por la literatura (Wezel *et al.*, 2009) e incide decisivamente en el carácter eminentemente empírico que tiene la obtención de conocimiento en Agroecología que, como rasgo disciplinar específico, procede de la hibridación entre el conocimiento campesino y el conocimiento científico.

La literatura internacional define una serie de principios a los cuales han de responder las prácticas agroecológicas (Altieri, 1995; Gliessman, 2015; Guzmán *et al.*, 2000; Nicholls *et al.*, 2015). El incremento de la biodiversidad funcional de los agroecosistemas fortalece su “sistema inmunológico” y los hace más resilientes a la hora de enfrentarse a patrones cambiantes de precipitación y temperatura. Partiendo del principio de cierre de ciclos bio-geoquímicos, las mejoras en el reciclaje de la biomasa y en la fertilidad de los suelos son también preceptos clave de la praxis agroecológica, para

lo cual se requiere optimizar la descomposición de la materia orgánica, el reciclado de nutrientes y los balances de humedad que tienen lugar en la explotación agropecuaria. La conservación y mejora de los recursos genéticos, de energía, agua y nutrientes es esencial para el funcionamiento sostenible de los agroecosistemas. Aumentar las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes de la diversidad agrícola constituye otro principio fundamental del cultivo agroecológico. Otro objetivo que han de perseguir las explotaciones agroecológicas es reducir al máximo posible el uso de insumos externos y la dependencia energética, lo que ya de entrada supone que los productores disminuyan su grado de vulnerabilidad económica.

Si nos referimos a los principios que rigen otras prácticas distintas a las de cultivo (comerciales, organizativas, etc.), destacamos que las iniciativas agroecológicas suelen realizar la comercialización en circuitos comercial y geográficamente cortos, pues conviene reducir la gran cantidad de materiales y energía no renovables que consume el sistema alimentario actual, basado generalmente en cadenas largas y en alimentos kilométricos. El fomento de la reconexión entre productores y consumidores siempre figura en el ideario de las experiencias agroecológicas: el bienestar de los agricultores pasa a considerarse un atributo en las preferencias de los consumidores. Las iniciativas locales agroecológicas suelen adoptar modelos de organización flexible y proponen un funcionamiento que responde a criterios de auto-organización, democracia participativa y sistemas ascendentes de toma de decisiones. El fomento de los vínculos con la cultura local o la creación de redes locales de difusión del conocimiento entre productores, consumidores, activistas y académicos, son otros rasgos comunes de muchas experiencias agroecológicas.

La Bioeconomía, como enfoque científico que es producto de una simbiosis entre la Ecología y la Economía, introduce un cambio significativo en el paradigma económico, pues en vez de optimizar de forma exclusiva la competitividad o los beneficios empresariales, adopta también como finalidades prioritarias la conservación de los recursos biológicos más allá del propio ciclo productivo y la optimización ecológica en el uso de los recursos. Esta disciplina tiene como objeto de estudio el conjunto de actividades económicas que emplean como elementos básicos los recursos biológicos: incluye la agricultura, la silvicultura, la pesca, la alimentación y la producción de pasta y papel, así como partes de las industrias química, biotecnológica y energética; por tanto, una parte relevante de las actividades bioeconómicas son agropecuarias, silvícolas o alimentarias. La Bioeconomía tiene como principio rector la sustitución de materiales y

energía de origen fósil por materiales y energía renovables, hecho que está plenamente incorporado al paradigma agroecológico.

Por su parte, la Economía Circular tiene como finalidad la reducción del consumo de recursos, mediante el aumento de la eficiencia en el empleo de materiales y de energía y mediante la reutilización y el reciclado de los residuos. La Agroecología pretende realizar el cierre de ciclos a un máximo nivel de concreción espacial, como es la explotación agropecuaria. Las metas que tiene la Bioeconomía Circular son (D'Amato *et al.*, 2017; World Business Council for Sustainable Development, 2019), en suma, compartidas también por la Agroecología: usar recursos renovables, maximizar la eficiencia en el uso de los recursos y reutilizar al máximo posible los residuos, lo que conduce, todo ello, a una mejora en el balance de emisiones producidas por el conjunto del sistema agroalimentario. Aunque los desafíos para la investigación en Bioeconomía Circular que atañen a la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la alimentación podrían considerarse incluidos en el ámbito de los desafíos de la Agroecología, el hecho de aparecer explícitamente en la denominación de “Agroecología y Bioeconomía Circular” no hace sino reforzar la importancia del empleo de recursos renovables y de la circularidad en el futuro de la agricultura, la alimentación y el planeta.

Con el fin de definir y desarrollar cuáles han de ser los principales desafíos futuros en el campo de la Agroecología y la Bioeconomía Circular, se constituyó un panel con dos investigadores coordinadores y otros doce investigadores expertos en la materia. La búsqueda de expertos se realizó de manera que todos ellos tuvieran una visión transversal próxima a la Agroecología o a la Bioeconomía Circular desde diferentes áreas de especialización, en ámbitos como la Agronomía, la Ecología, las Ciencias de la Alimentación o las Ciencias Sociales: suelos, biodiversidad varietal, sistemas agroforestales, ganadería extensiva, compostaje y reciclaje de residuos, biogeografía, arqueobiología, historia, economía, antropología y sociología. En el conjunto del panel, once son investigadores del CSIC y tres externos; a estos últimos les fue especialmente requerida su participación por ser reconocidos expertos en Agroecología con gran experiencia en el trabajo transdisciplinar inherente a esta disciplina.

Se realizaron dos rondas de consulta a los expertos por escrito. En la primera de ellas, se envió a los expertos una breve entrevista en la que se solicitaba que indicaran los tres grandes desafíos a los que, en su opinión, se enfrenta el conocimiento científico relativo a la Agroecología y a la Bioeconomía Circular, con una breve justificación de su elección. Tras recopilar e integrar las respuestas de todos ellos, los coordinadores

redactaron un primer informe, en el que los desafíos propuestos fueron agrupados racionalmente en seis grandes desafíos, subdivididos a su vez en sub-desafíos. Este informe constituyó la base de la segunda ronda de consultas, que consistió en solicitarles que desarrollaran y especificaran más los sub-desafíos enunciados y, en segundo lugar, que aportaran información sobre el posicionamiento y los recursos de investigación en el CSIC. Además, los coordinadores contactaron en varias ocasiones con expertos específicos del panel para desarrollar o aclarar aspectos concretos del trabajo. Por último, la versión preliminar del trabajo fue revisada por los expertos.

## **2-Impacto en ciencia básica y potenciales aplicaciones**

Conceptuando la ciencia básica como investigación fundamental que se lleva a cabo sin fines prácticos inmediatos, sino con el fin de incrementar el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza o de la realidad, la Agroecología y la Bioeconomía Circular pueden considerarse ubicadas fundamentalmente en el ámbito de la ciencia aplicada. La Agroecología, por su carácter de enfoque transdisciplinario, tiene vocación de ejercer una función relacional de interconexión entre Ciencias Básicas, tales como la Biología, la Agronomía o la Economía, entre otras, por lo que recibe como insumos las innovaciones procedentes de dichas disciplinas. La co-producción de conocimiento científico y campesino implica que el desarrollo conceptual de la Agroecología se realice a partir de los resultados que ofrece la realidad empírica. El análisis comparativo de múltiples experiencias empíricas se convierte en el insumo necesario para la formulación de cualquier análisis teórico, pues los agroecosistemas y los sistemas agroecológicos locales responden a un entorno de gran diversidad multivariable, lo que implica diferentes combinaciones de variables ambientales, agrológicas, agroindustriales, culturales o socioeconómicas.

Los desafíos en materia de Agroecología y Bioeconomía Circular propuestos en este trabajo se alinean con los objetivos y prioridades científico-técnicos, sociales y de innovación del RETO 2 de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013-2020 (EECTI), denominada “*Seguridad y calidad alimentaria; actividad agraria productiva y sostenible; sostenibilidad de recursos naturales, investigación marina y marítima*”. Dicho reto resalta la especial relevancia que para nuestro país tienen los aspectos vinculados con la gestión sostenible y la protección de los recursos agrícolas, ganaderos y forestales, así como la necesidad de fomentar la innovación y colaboración con las pequeñas empresas del sector agroalimentario, de cara a la adopción de un modelo

de producción sostenible y eficiente de los recursos. Los desafíos planteados pueden contribuir además a dar respuesta a algunas prioridades temáticas del RETO 5 “*Acción sobre cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas*”, que señala al cambio climático como una de las principales amenazas de nuestra sociedad y apela a la necesidad de reforzar el conocimiento científico sobre sus causas y efectos en España, debido a la alta vulnerabilidad climática de nuestro país. Concretamente, los desafíos se alinean con los objetivos del Reto 5 que hacen referencia a la investigación aplicada a la adaptación al cambio climático de sistemas agrícolas y forestales, a la lucha contra la erosión y desertificación y a la conservación de la biodiversidad y del patrimonio natural.

En el marco europeo, los desafíos de investigación propuestos contribuirán a cumplir los objetivos y compromisos identificados en el Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*, COM/2019/640 final), que es la gran estrategia de la UE en materia de gestión y conservación de los recursos naturales, cuya finalidad es lograr que la UE sea climáticamente neutra en 2050. Específicamente, dicho pacto engloba la Estrategia sobre Biodiversidad para 2030 (*Bring nature back into our lives*), que plantea un Plan de Recuperación de la Naturaleza entre cuyos objetivos está extender las prácticas agroecológicas de forma significativa, incrementando el porcentaje de tierras agrarias gestionadas en régimen de agricultura ecológica y fomentando el empleo local. Asimismo, la Comisión propone que el 10% de la superficie agraria vuelva a estar ocupada por elementos paisajísticos de gran diversidad, poniendo de manifiesto la necesidad de compatibilizar producción agraria y conservación de la biodiversidad, lo que concuerda con los principios de la Agroecología. Los desafíos recogidos en el presente trabajo pretenden contribuir a avanzar también en otra de las grandes estrategias incluidas en el Pacto Verde Europeo, denominada “De la granja a la mesa” (*From farm to fork strategy*) y destinada a la creación de un sistema alimentario saludable y sostenible. Entre los objetivos de dicha estrategia se encuentran el desarrollo de un plan de gestión integrada de nutrientes que reduzca el uso de fertilizantes y fomente el reciclado de residuos orgánicos, así como un plan de acción sobre agricultura ecológica que contribuya a estimular tanto la oferta como la demanda de productos ecológicos. Todos ellos son aspectos recogidos en los desafíos científicos identificados a continuación.

### **3. Desafíos científicos**

#### *3.1. Diseño de agroecosistemas sostenibles a escala de paisaje*

En aras de incrementar la sostenibilidad de los agroecosistemas, se requiere, por un lado, mejorar la calidad de sus componentes de carácter biofísico, que han ido transformándose a lo largo del tiempo mediante las interrelaciones mantenidas con el entorno cultural y socioeconómico. Pero, por otro lado, los agroecosistemas han de lograr la capacidad de mantener a largo plazo la producción de biomasa sin aumentar los insumos de energía externa, lo que sólo puede lograrse si se aborda mediante una reordenación del territorio que permita cerrar los principales ciclos biogeoquímicos a escala de paisaje. Las metodologías de investigación/acción basadas en el planeamiento participativo que propone la Agroecología son esenciales para abordar el diseño a escala de paisaje, avanzando en la co-producción de sistemas de indicadores que permitan comparar comarcas y sistemas agroalimentarios locales muy diversos. El avance en este tipo de metodologías tendría una gran utilidad para las políticas de ordenación del territorio de las administraciones locales y regionales como, por ejemplo, la ubicación óptima de estructuras logísticas asociativas de última milla.

##### *3.1.1. Mejora de la calidad de los elementos fondo de carácter biofísico, socioeconómico y cultural*

Reordenar los usos de la biomasa de un territorio con criterios agroecológicos significa que los flujos de energía, nutrientes y agua que sostienen la producción agraria han de permitir reproducir los bienes fondo biofísicos del agroecosistema, tales como el suelo, la biodiversidad o el ciclo del agua. Sigue siendo necesaria la investigación con criterios agroecológicos en temas como la corrección de la erosión, el riesgo de desertificación o la fertilidad de los suelos. En este contexto, la aplicación de métodos de bio-intensificación y de extensificación puede ofrecer una gran variedad de respuestas adaptativas versátiles. Asimismo, un mayor empleo de leguminosas en nuestros agroecosistemas sería muy necesario por motivos de aporte de nitrógeno y de restitución de la fertilidad de los suelos.

En segundo término, también es preciso mejorar la calidad de los elementos fondo de carácter socioeconómico y cultural del agro-ecosistema, que se encuentran estrechamente interconectados con los factores biofísicos. Un objetivo crucial de los productores es adquirir capacidad de decisión sobre los precios, pues en los sistemas convencionales mayoritarios de distribución, los agricultores y muchas agroindustrias

pequeñas y medianas son precio-aceptantes, pues un oligopolio concentrado de grandes enseñas de la Gran Distribución tiene un poder de negociación muy superior al que tienen sus proveedores. Otro logro al que deben aspirar los agricultores y las pequeñas agroindustrias es acceder al control de los flujos de información de la cadena alimentaria. El control del material genético apropiado para la siembra, lo que incluye intercambiar y comercializar libremente las semillas tradicionales, es una aspiración de los productores para lograr autonomía económica: una misión crucial de la investigación en Agroecología es trabajar en mejora genética participativa con los productores, pues las variedades de cultivo y razas de ganado autóctonas contienen los flujos de información adaptados a las condiciones agroambientales locales.

### *3.1.2 Investigación sobre el cierre de ciclos biogeoquímicos a escala de paisaje*

La agricultura convencional intensiva ha simplificado y degradado la calidad de los paisajes agrícolas, lo que ha supuesto una pérdida de biodiversidad y patrimonio biocultural. Es necesario impulsar la prestación de servicios ambientales básicos desde el interior de los agroecosistemas, ya que funciones tales como la conservación de la diversidad genética, el control de plagas y enfermedades o la reposición de la fertilidad, entre otras, son provistas generalmente en la actualidad desde el exterior de los mismos. Prestar de manera óptima estos servicios sólo se podrá cumplir si, además de llevar a cabo una gestión sostenible de las explotaciones agrarias, se consigue emprender un rediseño de los paisajes agrarios, lo que requiere que las sociedades locales alcancen una serie de compromisos y acuerdos colectivos de forma estable.

Sin embargo, el diseño y la gestión del territorio a mayor escala que la explotación agrícola requieren la aplicación de un conjunto articulado de conocimiento agroecológico empírico que apenas está comenzando a ser generado durante la última década. Para abordar este desafío, es necesario consolidar y extender una propuesta agroecológica anclada en las Ciencias del Paisaje, cuyo enfoque geográfico incorpore también aproximaciones agronómicas, alimentarias, ambientales, culturales, sociales y económicas. Este objetivo, coherente con el compromiso de la Comisión Europea y de la mayoría de los gobiernos europeos en favor de la Bioeconomía Circular, corresponde a la tercera prioridad de las cinco estrategias definidas por la Comisión Europea en la *European Strategy for Agricultural Research and Innovation*: se apela a la necesidad de "enfoques ecológicos integrados desde el nivel de la granja hasta el nivel del paisaje".

### *3.2. La Agroecología y la Acción por el Clima*

El cambio climático implica un incremento de la temperatura, una disminución de la precipitación, un incremento de los fenómenos climáticos extremos y una mayor duración de la temporada de incendios: todo ello afectará severamente a la productividad de los sistemas agrícolas, forestales y ganaderos, lo que puede acarrear la modificación drástica o la desaparición de sistemas productivos y socioecosistemas. De hecho, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) afirma que los ecosistemas mediterráneos serán unos de los ecosistemas del mundo más vulnerables en los próximos años. Por tanto, es un desafío prioritario investigar el papel de la Agroecología tanto en la adaptación de los agroecosistemas mediterráneos a futuros escenarios climáticos como en su contribución a la mitigación del cambio climático.

#### *3.2.1 Diseño de estrategias de adaptación a futuros escenarios climáticos*

Ante un futuro claramente más cálido y seco, resulta prioritario diseñar estrategias de producción primaria que impliquen un menor y más eficiente uso de los recursos hídricos. Para ello, se ha de dar prioridad al uso de especies y variedades de cultivo con estrategias conservativas de uso del agua, concediendo un papel clave a los cultivos de secano, así como a razas ganaderas adaptadas al clima mediterráneo. La adecuada selección de especies y variedades ha de ir acompañada de toda una batería de prácticas agroecológicas encaminadas a mejorar el almacenamiento de agua en los suelos, tales como la corrección de pendientes (terrazas), el aporte de materia orgánica, el uso de cultivos de cobertura o la implantación de sistemas agroforestales donde se aprovechen beneficios de la vegetación arbórea tales como una mayor infiltración, una menor erosión o una mejora del microclima. Será prioritario impulsar la investigación sobre la adaptación de los diferentes sistemas de manejo agroecológico a un menor consumo de agua.

#### *3.2.2. Diseño de estrategias agroecológicas de mitigación del cambio climático*

El sistema agroalimentario es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según el último Inventario Nacional de GEI (Ministerio para la Transición Ecológica 2020, con datos de 2018), sólo el sector agropecuario representa ya el 12% del total de las emisiones nacionales; en la Unión Europea, la agricultura y ganadería son responsables del 10% de los GEI (European Environment Agency, datos de 2017), cifra que a nivel mundial es del 10,8 % (FAOSTAT, datos de 2017). Sin embargo, este porcentaje tiene en cuenta sólo las emisiones directas de suelos agrícolas y

del ganado. Si considerásemos adicionalmente las emisiones relacionadas con el transporte y la logística de materias primas agrarias y alimentos, con la industria alimentaria, con la transformación de bosques en tierras de cultivo o con la energía gastada en la producción de insumos y maquinaria agrícola y en otros insumos alimentarios, aumentaría muy sensiblemente el porcentaje de emisiones que corresponde al conjunto del sistema agroalimentario. De hecho, FAOSTAT estima para 2017 que, a escala mundial, si sumamos a las emisiones del sector agrario únicamente las relativas a la silvicultura y otros usos de la tierra, lo que incluye la roturación de bosques, constituyen en conjunto el 19,8% de los GEI.

La Agroecología tiene como objetivo lograr que la agricultura se convierta en un sumidero que compense las emisiones que genera el resto del sistema agroalimentario, las cuales, a su vez, requieren ser minimizadas (Altieri *et al.* 2005, Aguilera *et al.* 2020). Dentro de dicha estrategia, es necesario investigar, potenciar y medir las prácticas agroecológicas que minimizan las emisiones de GEI, lo que implica a su vez maximizar la capacidad de los *suelos agrícolas de actuar como sumideros de carbono* mediante, por ejemplo, la reutilización de residuos orgánicos o el incremento de la biodiversidad en la finca. Varios organismos internacionales muestran un interés creciente en la investigación sobre el análisis de las reservas y sobre las alternativas territorializadas de secuestro de carbono en los suelos agrícolas: una de las iniciativas que está teniendo mayor repercusión es la iniciativa 4x1000, que fue lanzada en la COP-21 por el gobierno francés y a la que se han adherido numerosos países, entre ellos España. Este desafío tiene su clara vertiente política y económica, que se puede ser canalizada mediante políticas de subsidios directos a las prácticas agroecológicas que promuevan el secuestro de carbono sin incrementar las emisiones de N<sub>2</sub>O ni de CH<sub>4</sub>.

### *3.2.3 Interacción del cambio climático con otros factores bióticos de estrés: plagas y enfermedades*

El cambio climático puede afectar a la producción primaria no sólo de forma directa, mediante la alteración de los patrones de precipitación y temperatura, sino de forma indirecta mediante sus impactos en los organismos causantes de plagas y enfermedades. Es un desafío evaluar las consecuencias indirectas del cambio climático sobre la producción primaria que se derivan de un previsible incremento de las pérdidas asociadas a un mayor riesgo e incidencia de agentes patógenos. Asimismo, resulta prioritario basar las posibles soluciones en un enfoque holístico que vaya más allá del tradicional estudio

de interacciones aisladas hospedador-patógeno y que tenga en cuenta la salud del ecosistema en su conjunto. Dicho enfoque ha de considerar aspectos tales como la conservación de la diversidad de las interacciones tróficas o el papel del microbioma como regulador y promotor de la salud de plantas y animales en condiciones de estrés.

### *3.3. Bioeconomía Circular en los sistemas agroalimentarios*

La circularidad propone avanzar en el objetivo de alcanzar un estadio de “residuos cero” para el conjunto del sistema agroalimentario, mediante la recirculación de los nutrientes que integran los residuos producidos en diferentes fases de la cadena agroalimentaria (residuos agrícolas y estiércoles, así como residuos orgánicos de la industria agroalimentaria, la distribución y el consumo alimentario) y del agua. El carbono, el nitrógeno, el fósforo, el potasio o el azufre (CNPKS) son algunos de los elementos básicos integrantes de la vida que actúan como macronutrientes, con un rol esencial en la nutrición vegetal y en la producción agroalimentaria. Esta recirculación de nutrientes es esencial a la hora de sustituir el empleo de fertilizantes de síntesis. Algunos de estos nutrientes, como el fósforo, provienen de una minería no renovable y otros, como el nitrógeno, requieren una gran intensidad energética en su obtención, generando numerosos problemas ambientales, como la contaminación de acuíferos o las emisiones de N<sub>2</sub>O. El desafío general es, por tanto, identificar y difundir las mejores técnicas y prácticas sobre reciclaje de biomateriales residuales y recuperación de los respectivos nutrientes, así como investigar sus correspondientes implicaciones y oportunidades socioeconómicas.

#### *3.3.1 Realización de estimaciones de circularidad a escala territorial*

Cualquier modelo de economía circular que pretenda ser perdurable en un planeta con recursos limitados tendrá que abordar el comportamiento de los flujos de CNPKS, intentando responder a la pregunta de cómo se obtienen y a qué coste. En este sentido, se propone estimar la materia orgánica y los nutrientes que entran y salen de un espacio geográfico determinado, como es el caso de los núcleos urbanos grandes o pequeños. Los insumos agroalimentarios representan el contenido sustancial de los flujos de entrada en el metabolismo del territorio a considerar. En cuanto a los flujos de salida, se distinguen varias vías principales, como los biorresiduos procedentes de los desechos y el desperdicio agrícola, ganadero y alimentario, pero también los excrementos de los habitantes encauzados por los sistemas de alcantarillado hacia las estaciones de

depuración, así como los restos de poda y siega de la agricultura y de los parques públicos y privados. A partir de la información sociodemográfica, cruzada con estadísticas municipales, se pueden estimar los flujos de entrada y salida de materia orgánica y de nutrientes. En este sentido, el principal desafío es profundizar en la investigación sobre el diseño de modelos de estimación cuantitativa de los flujos de entrada y de salida en un territorio en los que se implementen de mecanismos de monitorización real de los flujos de CNPKS mediante mediciones, lo que resultará esencial para el diseño de políticas locales cuyo objetivo sea avanzar en la circularidad de los materiales y los nutrientes. Este tipo de investigación permitirá conocer mejor las ventajas de diferentes opciones productivas de un territorio en términos de consumo energético o de reducción de emisiones de GEI.

### *3.3.2 Obtención de nuevos aprovechamientos de residuos y subproductos agropecuarios y alimentarios.*

Es especialmente recomendable investigar sobre los aprovechamientos novedosos de los residuos y subproductos agropecuarios y alimentarios, con el fin de diversificar las actividades agroalimentarias de un modo económica y ecológicamente más eficiente y, en particular, de ampliar la gama de aprovechamientos más habitualmente empleados en la actualidad, como son la elaboración de compost en finca o la recogida de materia orgánica para la elaboración centralizada de compost. Entre otras, podemos referirnos a líneas siguientes, en cuyo proceso de investigación hay que incorporar una evaluación de su ecoeficiencia: i) optimización de los sistemas de aprovechamiento energético de los residuos, como la digestión anaerobia, la hidrólisis enzimática o los tratamientos térmicos como la pirólisis o la carbonización hidrotermal; ii) producción de fertilizantes a partir de residuos orgánicos mediante nuevos procesos bio-nanotecnológicos, como los relativos al empleo de microorganismos, insectos y anélidos, la extracción de fósforo de aguas residuales y cenizas o la utilización de membranas para la recuperación de nutrientes de lodos; y iii) uso de residuos orgánicos como alimento en granjas de invertebrados para la producción de proteína para consumo animal.

### *3.4. La Agroecología y la mejora de la biodiversidad*

Las estrategias de intensificación y especialización en la producción de alimentos han implicado una disminución drástica de la biodiversidad específica y genética de los sistemas agrícolas, forestales y ganaderos. Dicha reducción no es debida tan sólo al uso

mayoritario de un número muy reducido de variedades agrícolas o forestales, o de razas ganaderas, sino también a la eliminación de otras especies que de forma natural habitan los agroecosistemas, que han sido consideradas tradicionalmente sólo como competidoras de las especies de interés productivo. Existen claras evidencias científicas de que los sistemas más diversos son más resilientes a perturbaciones como eventos climáticos extremos, plagas o enfermedades, por lo que es un desafío general restaurar y conservar la biodiversidad general y cultivada de los agroecosistemas.

#### *3.4.1 Puesta en valor de la biodiversidad del pasado*

Los entornos actuales son el resultado de una larga evolución de períodos anteriores de explotación humana. Por tanto, la Arqueología y la Historia son disciplinas de especial interés para aproximarnos a los procesos de cambio y evolución de los sistemas agrarios y de los paisajes, mediante la posibilidad de mirar al pasado mediante el análisis de sus restos (biológicos, materiales o escritos). La Arqueobiología permite explorar con una amplia perspectiva diacrónica la variedad de comportamientos, motivaciones y decisiones de los grupos humanos, que han inducido a que las sociedades mutasen, resistiesen o se adaptasen a condiciones cambiantes, e incluso a sobrevivir a crisis e impactos de gran intensidad, tales como hambrunas, plagas o crisis económicas. El desafío consiste en entender cómo la recuperación de los sistemas de manejo agropecuarios que han conformado históricamente el paisaje y la biodiversidad de un entorno geográfico concreto, podría contribuir a compatibilizar producción primaria y conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, resulta fundamental evitar la pérdida de biodiversidad asociada a los paisajes tradicionales en mosaico que son consecuencia del abandono rural.

#### *3.4.2 Puesta en valor de la biodiversidad del presente*

Con respecto a la biodiversidad actual, debemos hacer prevalecer como sociedad el objetivo de evitar la desaparición de la gran diversidad de recursos genéticos agrarios, ganaderos y silvícolas de los que disponemos. Hay que trascender la fase de conservación en bancos de germoplasma, cultivando y reproduciendo en fincas experimentales las variedades de cultivo y las razas de ganado tradicionales e impulsando su puesta en valor. La diversificación de los cultivos resulta un desafío fundamental de cara a incrementar su resistencia frente a plagas y patógenos, así como a sequías y eventos climáticos extremos asociados al cambio climático. Estas estrategias han sido recomendadas a escala mundial

por el Tratado de Nagoya (2014), complementario en temas agrarios y ganaderos a la Convención de Diversidad Biológica, así como por el Reglamento de la UE 2018-848 sobre materiales de reproducción vegetal. La investigación en experimentación sobre polinización está comenzando a obtener resultados prometedores para la Agroecología.

### *3.5. Co-producción y difusión del conocimiento agroecológico*

Habíamos mencionado que los enfoques agroecológicos aportan como rasgo particular la co-producción de conocimiento entre productores, consumidores, científicos y administración pública. En primer lugar, es urgente continuar adoptando el desafío de impulsar *redes coordinadas entre distintos tipos de actores* para solucionar problemas específicos, localizados, cambiantes y dinámicos. En Agroecología, el conocimiento científico y la praxis no sólo han de estar unidos secuencialmente en una sola dirección, sino bidireccionalmente. También resulta de especial interés para la Agroecología el reto de fomentar la *co-producción de conocimiento* que tienen lugar *entre productores y consumidores*: estos últimos recaban información sobre la lógica productiva del enfoque agroecológico y se empoderan con los productores y su situación personal, mientras que los productores recaban información sobre las necesidades y deseos de los consumidores, que así pueden adaptar su oferta a la demanda.

La co-creación de conocimiento híbrido entre el conocimiento campesino y el científico resulta esencial a la hora de investigar los mecanismos de puesta en valor de la biodiversidad a lo largo de la historia. El conocimiento agroecológico tiene como desafío *incorporar plenamente los conocimientos históricos y culturales* en la investigación sobre las producciones locales de alimentos, la biodiversidad cultivada o los agroecosistemas locales. La Arqueobiología, la Historia Agraria, la Etnografía o la Antropología sirven no sólo para ofrecer una visión diacrónica de la evolución de las prácticas y los saberes tradicionales, sino también para aportar información sobre el origen de las especies, así como de sus usos, prácticas y tecnologías apropiadas en diferentes escenarios ambientales y culturales. Por otra parte, dado que el cambio climático introduce toda una serie de incertidumbres en los agricultores, que disminuyen su capacidad de planificar a corto, medio y largo plazo, otro reto esencial ha de ser *generar flujos de información relativos a las prácticas agroecológicas y el cambio climático* que, traspasando el ámbito científico, emitan mensajes claros a los agricultores.

La resolución de este tipo de retos requiere que se complemente la investigación con *políticas públicas* de diversa índole. Desde el punto de vista del intercambio de

conocimiento agroecológico, constituye un desafío de cierta magnitud *impulsar acuerdos de experimentación en métodos de cultivo agroecológico* entre la Administración local o regional y los agricultores, pues la gran variabilidad de condiciones ambientales y de tipologías de cultivos, variedades, especies y razas ganaderas contrasta con la escasísima dotación en España de centros públicos o comunitarios dedicados a este fin. Resulta también un desafío investigar desde las Ciencias Sociales *cómo mejorar el reconocimiento social de las políticas de conservación de la biodiversidad agraria*, que son a menudo costosas, pero escasamente conocidas por los ciudadanos.

Asimismo, asistimos al objetivo prioritario de *sensibilizar a la población* en materia de Agroecología y Bioeconomía Circular, identidad local alimentaria, paisajes agrarios o canales cortos, entre muchos otros temas. Existe en muchos segmentos de la sociedad una percepción bastante positiva sobre los valores inherentes a la Agroecología (ecológico, local, etc.), pero que no se traducen aún en una demanda efectiva de productos procedentes de redes alternativas de producción y comercialización. Las Estrategias Alimentarias de las ciudades, surgidas a partir del Pacto de Milán de 2015, son un ejemplo significativo de estrategias de sensibilización, empoderamiento y participación de la ciudadanía en torno a la alimentación sostenible.

### *3.6. Sistemas alimentarios locales agroecológicos y saltos de escala*

#### *3.6.1 Concepto y diseño de sistemas alimentarios locales agroecológicos*

Numerosos nichos de innovación social no alcanzan los beneficios sociales esperados por falta de economías de escala y de alcance. Un principio básico de la Agroecología es poner en el centro del análisis y de la acción la cooperación, frente a la competencia, entre distintos agentes próximos territorialmente que pertenecen a distintos eslabones de la cadena alimentaria. La obtención de sinergias derivadas de la acción colectiva entre agentes con proximidad territorial y con vocación agroecológica es el principal remedio para superar el aislamiento y la fragmentación que acaece habitualmente en muchas experiencias innovadoras. Ante esta situación, resulta un desafío desarrollar teórica y empíricamente un nuevo concepto sobre “sistemas alimentarios locales agroecológicos” (SIALA): tejido local difuso y especializado de explotaciones agrarias, agroindustrias y empresas comerciales de orientación agroecológica. En este tipo de investigación, es necesario aunar como criterios a optimizar el análisis territorial de los factores vinculados a la identidad alimentaria local y la especificidad territorial de los alimentos, con principios agroecológicos tales como el cierre de ciclos bio-geoquímicos, el fomento de

la biodiversidad, la conservación del capital biofísico o la comercialización mediante circuitos cortos.

Una finalidad de los SIALA es ampliar y abastecer el consumo local con productos saludables y accesibles en precio y ubicación física, cultivados de manera sostenible en el propio territorio y con una remuneración justa. También es objetivo de los SIALA recuperar los usos culturales vinculados a la dieta como forma de preservación activa del patrimonio cultural de un territorio. Existen bastantes experiencias empíricas y una literatura consolidada sobre los sistemas alimentarios locales, que aúnan enfoques territoriales con enfoques de cadena de valor (Sanz-Cañada, 2016), pero no existen propuestas que definan o propongan criterios para la orientación agroecológica de dichos sistemas. La tarea de sistematización de experiencias, definición, diseño y categorización de SIALAs constituye un gran desafío conceptual y metodológico que pretende ser de utilidad para el diseño de políticas y para las acciones que emprenda la sociedad civil.

### *3.6.2 Los food hubs agroecológicos: acción colectiva, gobernanza y saltos de escala*

En los últimos años han proliferado por todo el territorio español una cantidad muy apreciable de experiencias de producción y consumo alternativas con una clara orientación agroecológica. Sin embargo, estas redes alternativas, a menudo vinculadas a movimientos sociales, han tenido en no pocas ocasiones vidas relativamente efímeras o no han crecido lo suficiente, no llegando a implicar a capas más amplias de la población. En este ámbito, el desafío de la Agroecología es *saltar o ampliar la escala* de la producción y del consumo. Si este cambio de escala se canaliza mediante la acción colectiva de los pequeños productores, se pueden generar a medio plazo no sólo economías de escala en la producción y la transformación agroindustrial, sino también importantes sinergias en el ámbito de la distribución y la comercialización. Sin embargo, abordar el salto de escala requiere resolver colectivamente un importante punto de estrangulamiento: los problemas de logística y distribución física de los alimentos, que actualmente responden a un modelo de almacenamiento, picking o transporte fragmentados, con unos altos costes y una elevada huella de carbono. Las estrategias de optimizar el transporte han de afectar no sólo a los flujos de alimentos desde el campo a la mesa, sino también, en dirección inversa, a los flujos de biorresiduos domésticos hacia los lugares de concentración y elaboración de agrocompostaje.

En este contexto, uno de los principales desafíos, tanto a nivel de investigación como de políticas, es la creación de *food hubs*, o centros logísticos asociativos de

pequeños productores, transformadores y distribuidores de alimentos locales y ecológicos. La finalidad de los food hubs no es sólo erigir centros de acopio en lugares que optimicen el almacenamiento y el intercambio de mercancías, sino también integrar cooperativamente toda otra serie de funciones encaminadas a la disminución de costes y de la huella de carbono o a la ampliación de las carteras de clientes, como son: la realización del transporte en común; abordar colectivamente la promoción y la comercialización; la planificación conjunta de la producción en el caso de los productos hortofrutícolas; o la reutilización conjunta y logística inversa de biorresiduos que garanticen una economía circular. Por el hecho de ser experiencias innovadoras, es conveniente investigar, entre otros, aspectos tales como los modos de organización y los sistemas de gobernanza, las estrategias de disminución de la huella de carbono o bien la asunción colectiva de funciones de marketing comercial. Los modelos de organización, logística y distribución han de ser flexibles y escalables, en aras de poder adaptarse a demandas tales como la compra pública de hospitales o de centros educativos.

#### **4-Posicionamiento del CSIC y multi/interdisciplinariedad**

Podemos afirmar que no existe actualmente en el CSIC ningún instituto ni departamento especializado en Agroecología o en Bioeconomía Circular. Un departamento o instituto de investigación con rasgos holísticos y transversales podría tener una gran repercusión científica, debido su potencialidad a la hora de resolver los problemas socioeconómicos y ambientales de frontera relativos a la agricultura y la alimentación sostenibles. En un instituto de este tipo sería deseable que existieran investigadores especializados en diferentes áreas pertenecientes a las Ciencias Ambientales, Agronómicas, Alimentarias y Sociales que confluyeran en una investigación transdisciplinar. Sin embargo, sí existen en el CSIC grupos y expertos en diferentes áreas de especialización que podrían tener una vocación tendente a la investigación agroecológica si existiera un nexo de articulación científica a nivel de plataforma, programa o proyecto de I+D.

Son muy escasas las iniciativas de investigación conjunta que existen entre los pocos grupos de investigación que, en el ámbito del área global Sociedad del CSIC, abordan problemas de desarrollo rural, desarrollo local agroalimentario o materias conexas. Existe sólo un número muy reducido de investigadores que tienen alguna vinculación directa o indirecta a los enfoques científicos de la Agroecología: podemos citar sólo a miembros de los grupos de investigación que abordan temas de Antropología Social y Cultural, Arqueobiología y Sistemas Agroalimentarios y Desarrollo Territorial

en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS) de Madrid, el grupo que investiga en Estudios Rurales, Agricultura y Medio Ambiente en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA) de Córdoba, el grupo de Estudios Interdisciplinares del Patrimonio Cultural en el Instituto de Ciencias del Patrimonio (INCIPIT) de Santiago de Compostela y el grupo de Etnobotánica del Institut Botànic de Barcelona (IBB-CSIC).

En el área global Vida tampoco existen grupos cuya línea de investigación esté centrada en la Agroecología. Sin embargo, sí existen varios grupos de investigación alineados temáticamente con determinados principios de la Agroecología, por el hecho de tener como objetivo la aplicación de principios básicos de Ecología al diseño y manejo sostenible de sistemas agrícolas, forestales y ganaderos. En el área de Agricultura, Ciencias Forestales y Ciencias del Suelo, cabe mencionar la actividad realizada por al menos seis institutos: el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) de Córdoba, el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), la Estación Experimental del Zaidín (EEZ) en Granada, el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) en Murcia, el Instituto de Ciencias Agrarias (ICA) en Madrid y la Misión Biológica de Galicia en Pontevedra. La investigación desarrollada en estos institutos pretende generar nuevos conocimientos que contribuyan a mejorar la salud y diversidad del sistema planta-suelo: la adaptación de los sistemas agroforestales al cambio climático, el desarrollo de nuevas estrategias de control biológico de plagas y enfermedades, la búsqueda de alternativas para el reciclado de residuos orgánicos en agricultura o la lucha contra la erosión de suelo y la restauración de su fertilidad y diversidad biológica. Por otro lado, en el ámbito de la producción y sanidad animal, cabe destacar la actividad desarrollada por seis institutos del CSIC distribuidos por todo el territorio nacional: Estación Experimental del Zaidín (EEZ) en Granada, Instituto de Ganadería de Montaña (IGM) en León, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA), Instituto de Agrobiotecnología (IDAB) en Navarra e Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC) en Ciudad Real. En conjunto, abarcan investigaciones tanto básicas como aplicadas para generar el conocimiento necesario para el desarrollo de sistemas de producción animal sostenible desde el punto de vista económico, ambiental y social.

## **5-Plan y recursos**

De cara a conseguir los desafíos planteados, se proponen a continuación algunas sugerencias de cara a la formulación de criterios de política científica.

**1. Aumentar la cooperación entre los grupos de investigación del CSIC** cuyo objeto de investigación esté relacionado directa o indirectamente con la Agroecología y la Bioeconomía Circular, no sólo en el ámbito de la investigación, sino también de la difusión de resultados y de la transferencia de conocimientos a las empresas del sector. El carácter multidisciplinar del CSIC, su adscripción a la Administración General del Estado, la ubicación geográfica de sus centros en lugares muy distintos del territorio nacional, el trabajo en entornos naturales y agrarios muy diversos y la búsqueda de soluciones a problemáticas diferentes en cada caso, nos sitúa en una posición privilegiada para el desarrollo de planes ambiciosos.

En aras de solventar, al menos en parte, la inconexión entre grupos de investigación del CSIC, podría impulsarse el lanzamiento de una Plataforma Temática Interdisciplinar (PTI) sobre Agroecología y Bioeconomía Circular. Además de promover la realización de actividades de carácter transdisciplinar, la Plataforma podría erigirse en interlocutor oficial del CSIC en la materia con agentes económicos e instituciones, lo que puede facilitar la adhesión y el liderazgo del CSIC en redes y programas internacionales y nacionales.

**2. Incorporar la infraestructura necesaria** para abordar los desafíos descritos. La investigación en Ciencias Agrarias, Forestales y Ganaderas, que constituye la base experimental de la Agroecología, es altamente dependiente de la existencia de instalaciones y laboratorios modernos que permitan un eficiente seguimiento y evaluación de nuevas técnicas de manejo sostenible de los agroecosistemas. Si bien la renovación de los recursos a escala local (a nivel de grupo o de departamento) es siempre útil y necesaria, consideramos particularmente estratégico un mayor impulso del CSIC en el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras de investigación a escala nacional y a largo plazo. Específicamente, proponemos la creación de redes de parcelas de experimentación agroforestal que compartan objetivos científicos, protocolos, equipamiento y personal. Dichas redes aumentarían enormemente la capacidad del CSIC para proporcionar respuestas a preguntas que requieren incuestionablemente una aproximación espacio-temporal amplia, como la capacidad de adaptación de los agroecosistemas al cambio climático o la aplicabilidad de una misma técnica agroecológica a distintos contextos socioeconómicos.

**3. Aportar recursos humanos** para abordar los desafíos mencionados, en primer lugar, en plazas de investigadores en plantilla, que no sólo se encuentra altamente envejecida

como en otras áreas del CSIC, sino que además ha conllevado la desaparición de departamentos: existió hasta 2010 el departamento de Agroecología, dirigido por Antonio Bello, en el Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC en Madrid, hoy Instituto de Ciencias Agrarias. Además, la puesta en marcha de redes de investigación requiere de nuevos recursos humanos que den apoyo administrativo a la gestión y dinamización de las iniciativas conjuntas y que den lugar a la creación de una plataforma virtual telemática. En cualquier caso, conseguir en las próximas ofertas de empleo público plazas de investigador (Juan de la Cierva, Ramón y Cajal, Científico Titular, etc.), en las cuales se añada al nombre de la disciplina de especialización (Economía, Ecología, Antropología, etc.) los términos “Agroecología” y/o “Bioeconomía Circular”, podría ayudar a impulsar la mencionada estrategia de red en el seno del CSIC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., García-Laureano, R., Reyes-Palomo, C., Guzmán, G.I., Ortolani, L., Sánchez-Rodríguez, M., y Rodríguez-Estévez, FV. (2020). Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems* 181, 102809.
- Alonso González, P. y Parga Dans, E. (2018). The 'terroirist' social movement: The reawakening of wine culture in Spain. *Journal of Rural Studies* 61, 184-196.
- Altieri, M.A. (1995). *Agroecology. The science of sustainable agriculture*. Boulder, Colorado: Westview Press, 2<sup>nd</sup> ed.
- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74, 19-31.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, A., y Lana, M.A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 869-890.
- Benkebia, N. (2015). *Agroecology, ecosystems and sustainability*. Boca Raton: CRC Press.
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., ... Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production* 168, 716-734.
- Gliessman, S.R. (2015). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. Boca Raton: CRC Press (3<sup>rd</sup> ed.).
- González de Molina, M., Petersen, P.F., Garrido Peña, F., & Caporal, F.R. (2019). *Political Agroecology. Advancing the Transition to Sustainable Food Systems*. Boca Raton: CRC Press.
- González de Molina, M., Soto Fernández, D., Guzmán Casado, G., Infante Amate, J., Aguilera Fernández, E., Vila Traver, J., y García Ruiz, R. (2019). *Historia de la agricultura española desde una perspectiva biofísica, 1900-2010*. Madrid: Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (serie *Estudios* 183).
- Guzmán Casado, G., González de Molina, M. y Sevilla Guzmán, E. (2000). *Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid: Mundi-Prensa.

- Labrador Moreno, J. y Altieri, M.A. (eds.) (2001). *Agroecología y desarrollo: aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de los agrosistemas mediterráneos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- López, D. y Álvarez, I. (2018). *Hacia un sistema alimentario sostenible en el Estado Español: propuestas desde la agroecología, la soberanía alimentaria y el derecho a la alimentación 2030/2050*. Madrid: Foro Transiciones.
- Maul, E., Schreiber, T., Carka, F., Cunha, J., Eiras Dias, J.E.J., Gardiman, M...Lacombe, T. (2019). Preservation via utilization: minor grape cultivars on-farm. *ISHS Acta Horticulturae*, 1248.8.
- Migliorini, P., Gkisakis, V., González, V., Raigón, M., & Bárberi, P. (2018). Agroecology in Mediterranean Europe: genesis, state and perspectives. *Sustainability* 10 (8), 2724.
- Nicholls, C.I., Altieri, M.A. y Vázquez, L.L. (2015). Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología* 10 (1), 61-72.
- Ollivier, G., Magda, D., Mazé, A., Plumecocq, G., & Lamine, C. (2018). Agroecological transitions: what can sustainability transition frameworks teach us? An ontological and empirical analysis. *Ecology and Society* 23(2), 5.
- Reed, K. & Ryan, Ph. (2019). Lessons from the past and the future of food. *World Archaeology* 51 (1), 1-16.
- Sanz Cañada, J. (2016) (ed.). Local Agro-Food Systems in America and Europe. Special issue “Territorial anchorage and local governance of identity-based foods”, *Culture & History Digital Journal* 5 (1), special issue.
- Toledo, V. M. y Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona: Icaria.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230, 150–161.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 503-515.
- World Business Council for Sustainable Development (2019). *CEO Guide to the Circular Bioeconomy*. New York: WBCSD. <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Bioeconomy>

## ONE SLIDE SUMMARY FOR EXPERTS

### 6A. DESAFÍOS EN AGROECOLOGÍA Y BIOECONOMÍA CIRCULAR

**Agroecología:** enfoque científico transdisciplinar que tiene como objetivo investigar de forma holística las interrelaciones entre los componentes agronómicos, biofísicos, ecológicos, sociales, culturales, económicos y políticos que conforman los agroecosistemas. Tiene vocación de ejercer una función relacional de interconexión entre ciencias básicas para resolver los problemas de sostenibilidad agroalimentaria

<b>1. Diseño de agroecosistemas sostenibles a escala de paisaje</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1.1. Mejora de la calidad de los elementos fondo de carácter biofísico, socioeconómico y cultural</li><li>• 1.2. Investigación sobre el cierre de ciclos biogeoquímicos a escala de paisaje</li></ul>
<b>2. La Agroecología y la Acción por el Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2.1 Diseño de estrategias de adaptación a futuros escenarios climáticos</li><li>• 2.2. Diseño de estrategias agroecológicas de mitigación del cambio climático</li><li>• 2.3 Interacción del cambio climático con otros factores bióticos de estrés: plagas y enfermedades</li></ul>
<b>3. Bioeconomía Circular en los sistemas agroalimentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3.1 Realización de estimaciones de circularidad a escala territorial</li><li>• 3.2 Obtención de nuevos aprovechamientos de residuos y subproductos agropecuarios y alimentarios</li></ul>
<b>4. La Agroecología y la mejora de la biodiversidad</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4.1 Puesta en valor de la biodiversidad del pasado</li><li>• 4.2 Puesta en valor de la biodiversidad del presente</li></ul>
<b>5. Co-producción y difusión del conocimiento agroecológico</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Co-producción de conocimiento: i) científico y campesino; ii) entre productores y consumidores; iii) que incorpora conocimientos históricos y culturales</li><li>• Políticas de experimentación territorializada en técnicas de cultivo, de sensibilización del consumo, de reconocimiento social de las políticas sobre biodiversidad cultivada...</li><li>• Impulsar redes de agentes locales de difusión del conocimiento</li></ul>
<b>6. Sistemas alimentarios locales agroecológicos y saltos de escala</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 6.1 Concepto y diseño de sistemas alimentarios locales agroecológicos</li><li>• 6.2 Los food hubs agroecológicos : acción colectiva, gobernanza y saltos de escala</li></ul>

## ONE SLIDE SUMMARY FOR THE GENERAL PUBLIC

### 6A. DESAFÍOS EN AGROECOLOGÍA Y BIOECONOMÍA CIRCULAR

#### ¿Qué es la Agroecología?



Enfoque de investigación transdisciplinario sobre las interrelaciones entre los componentes agronómicos, biofísicos, ecológicos, sociales, culturales, económicos y políticos que conforman los agroecosistemas

#### ¿Cuáles son los desafíos?



Agroecología para enfriar el planeta:  
Acción por el Clima



Reutilización y reciclaje de los residuos:  
Bioeconomía Circular



Incremento de la biodiversidad



Co-producción de conocimiento híbrido entre científicos y campesinos



Salto de escala de producción y consumo para distribuir mejor y más barato



Impulso de la expansión territorial del cultivo agroecológico

#### ¿Cómo lo conseguimos?

Poniendo en valor la biodiversidad del presente y el pasado

Fomentando el conocimiento mutuo y las relaciones entre productores y consumidores

Aumentando las interacciones y sinergias biológicas entre los componentes vegetales, animales y microbianos del agroecosistema

Comercializando en circuitos comercial y geográficamente cortos

Reduciendo al máximo posible el uso de insumos y de energía externos a la explotación agropecuaria

Impulsando las redes locales de difusión del conocimiento

Cerrando los ciclos biogeoquímicos

Promoviendo las sinergias derivadas de la cooperación a escala local entre agricultores, agroindustriales, comercializadores, cooperativas, consumidores e instituciones locales vinculadas con la agroecología