



**EVIDENCIAS AGROECOLÓGICAS  
PARA LA AGRICULTURA DEL FUTURO**



Directores:

Juan José Ruiz Martínez

Santiago García Martínez

María Dolores Raigón Jiménez

Mayo 2017

## RESUMEN

A lo largo de este trabajo se analizan comparativamente los resultados e impactos de los estudios científicos accesibles en las principales bases de datos, que muestran las evidencias a favor de la agricultura ecológica (incluida la ganadería) y a las prácticas agroecológicas, en los beneficios que reportan este modelo a la producción de alimentos y a la sociedad en general, en un sector que se enfrenta a los grandes retos de futuro, tales como el impulso del desarrollo rural, la producción y distribución de alimentos suficientes y sanos, el mantenimiento y mejora de la biodiversidad, el cambio climático y la sostenibilidad general del planeta.

Por ello, se plantea la agricultura y alimentación ecológicas y las prácticas agroecológicas como la agricultura del futuro, capaz de aportar sostenibilidad a los agrosistemas, mantener la base natural productiva y mejorar la biodiversidad necesaria para ello, a través de una investigación más apropiada en la que participan los actores de la misma, superando las polémicas que se han suscitado en torno a este modelo productivo.

Se analizan las contribuciones medioambientales de la producción ecológica, entre las que se resaltan los estudios que concluyen que las prácticas ecológicas incrementan la biodiversidad y la fertilidad del suelo, reduciendo la erosión y disminuyendo la contaminación de suelos, agua y del aire. Destacan también las evidencias que la producción ecológica es un sumidero de carbono que reduce los gases de efecto invernadero, mitigando o adaptándose mejor al cambio climático y reduciendo el consumo energético, a la vez que realiza un mejor uso del agua.

El trabajo se entretiene revisando las contribuciones de este método de producción de alimentos con la calidad de la composición de los mismos y su impacto en la salud, y encuentra que son más seguros, nutritivos y sanos para el ser humano, así como más adecuados sensorialmente para la alimentación, con implicaciones positivas para la salud, aunque ante un planeta cada vez más globalizado, son necesarias investigaciones que pongan de manifiesto como la alimentación ecológica puede enfrentar los retos de soberanía y seguridad alimentaria, y hacer frente a las enfermedades del siglo XXI.

Dentro de las aportaciones de justicia social se hace hincapié en los aspectos de equidad que aporta la producción ecológica y las prácticas agroecológicas, en relación con su mejor productividad y rentabilidad, lucha contra el hambre en el mundo y el principio de respeto.

Las principales contribuciones de la producción y prácticas agroecológicas son globales, por lo tanto, trasladables a los modelos de producción convencional, en miras de obtener un sistema productivo más sostenible y capacitado a sustentar los retos del futuro cambiante. En este sentido aporta resultados para considerar su viabilidad económica y bienestar social, que otros modelos no hacen, implicando prácticas de actividades de transformación y ventas directas, rentas agrarias y alimentación dignas para los productores y la calidad en la calidad productiva, eliminando las exposiciones a productos de alto impacto sobre la salud.

El trabajo concluye que las evidencias encontradas y analizados sistemáticamente sobre la agricultura ecológica deben ser consideradas en el centro de las políticas agrarias que orienten el futuro del sector agroalimentario, fortalezcan el mundo rural y la vida en las ciudades. Para ello será necesario seguir trabajando en modelos de investigación donde los agricultores sean parte activa de la misma, con un intercambio activo entre científicos y profesionales, una evaluación colectiva de los problemas y un co-diseño de soluciones.

## ABSTRACT

In this entire document, the results and impacts of accessible scientific studies in the main databases are analyzed comparatively, showing the evidence in favor of organic farming and agroecological practices. This model of food production is reporting many benefits to the general society, in a sector that faces major future challenges, such as boosting rural development, producing and distributing sufficient and healthy food, maintaining biodiversity, mitigating/adaptating to climate change and to the overall sustainability of the planet.

For this reason, organic agriculture and agroecology practices are being proposed as the agriculture of the future, capable to provide sustainability to the agro-systems, maintaining the natural productive base and improving the biodiversity necessary for this, through a more appropriate investigation in which the main stakeholders are same participating and involved, overcoming the controversies that have arisen around this productive model.

The environmental contributions of organic production are analyzed, including studies that conclude that agroecological practices increase biodiversity and soil fertility, reduce soil erosion, water scarcity and air pollution. There is also evidence that organic production is a carbon sink that reduces greenhouse gases emissions, mitigate or better adapt to climate change scenarios and generally reduce energy consumption, while making better use of water.

The work make a detailed description by reviewing all the contributions of this method of food production with the quality in the composition of the foods and their impact on health, and finds that they are safer, nutritious and healthy for the human being, as well as it's more sensorial adequate for food, with positive implications for health, but before an increasingly globalized planet, research is needed to show how ecological food can meet the challenges of sovereignty and food security, and tackle diseases of the 21st century

Among the contributions in social justice emphasizes the equity aspects of organic production and agroecological practices, in relation to their improved productivity and profitability, the fight against hunger in the world and the principle of (cultural) respect.

The main contributions of agroecological production and practices are global; therefore, transferable to conventional production models, in order to obtain a more sustainable production system capable of sustaining the challenges of the changing future. In this sense, it contributes results to consider its economic viability and social welfare, which other models do not, implying practices of transformation and direct sales activities, agricultural incomes and decent food for the producers and the quality in the productive quality, eliminating the expositions to products with high impact on health.

The paper concludes that the evidence found and analyzed systematically on organic farming should be considered at the center of agrarian policies that guide the future of the agrifood sector, thus strengthening the rural world and life in cities. In order to do this, it will be necessary to continue working on research models where farmers are an active part of it, with an active exchange between scientists and professionals, a collective assessment of problems and a co-design of solutions.

## Agradecimientos

Mi gratitud va sobre todo para mis directores de tesis y muy especialmente a María Dolores Raigón Jiménez, por su enorme y detallada dedicación, entrega y apoyo en el camino de la búsqueda de evidencias, en la revisión, selección y corrección de este trabajo, hasta en el último detalle. Asimismo, transmitirle mi admiración por su tremenda confianza en este enfoque investigador agroecológico, enfrentándose a las corrientes que predominantes en el mundo científico en nuestras universidades y centros de investigación en agricultura, convencida de que la **agricultura de futuro** pasa por retomar los resultados contrastados y las evidencias científicas que demuestran claramente que producción agroalimentaria con base agroecológica, es necesaria y beneficiosa para toda la sociedad en general.

Mi reconocimiento también a la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), y a sus socios y equipo técnico, que me han permitido conocer y tener acceso y contacto con el mundo científico, con expertos, técnicos, operadores- sobretodo agricultores ecológicos-, que ponen en práctica estas técnicas de cultivo día a día con éxito y a las asociaciones que promueven la agricultura ecológica en España, porque me han hecho ver que detrás de estas prácticas y esa “militancia” hay algo más que un interés económico: un deseo expreso de proteger el medio natural y un afán de dignificar la profesión de agricultor.

Especial quiero agradecer a los agricultores ecológicos (y amigos, José Antonio, Jesús, Chus, Vicent y muchos otros) organizados en una organización profesional agraria en su Mesa Sectorial, que me han confirmado que compartir sus experiencias, su saber (problemas, dificultades, soluciones,...), es la mejor forma de aprender y ayudar a encontrar y co-generar innovaciones agroecológicas que enriquece y dignifican la profesión de producir alimentos sanos para todos, poniendo de manifiesto que el conocimiento no es exclusivo de los técnicos que pasamos por la academia, en unos tiempos donde se piensa que “patentar” y sacar rédito del conocimiento debe predominar. Ese agradecimiento lo extiendo a los campesinos y técnicos de América Latina, en especial de Centroamérica, del movimiento agroecológico, con quienes compartí más de una década de mi vida y con quienes sigo en contacto, porque me hicieron entender mejor la **agroecología práctica**, que ellos aplican día a día, en silencio, muchas veces en circunstancias muy adversas, compartiéndolas “de campesino a campesino”, experimentando en su parcela, contra viento y marea, por deseo propio, motivados por el respeto a la madre Naturaleza y su empeño en mejorar sus tierras para producir alimentos sanos.

A mi familia, sobre todo a mis dos hijos Diego y Sol Sinti, a quienes les he robado el tiempo que necesitaban y que han tenido que soportar mis ausencias, por permitirme a su modo, dedicarme a la agroecología.

A mi compañera Leo, que aunque no es su principal campo de atención, se ha interesado y me ha cuidado y dado su cariño incondicional, animándome de esa forma a seguir adelante en los momentos difíciles, de desaliento y me ha “regalado” ese espacio y felicidad que tan necesarios son para la vida misma y para hacer este trabajo.



## **ÍNDICE**

**ÍNDICE GENERAL**

	Página
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 AGRICULTURA Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS	1
1.1.1 LOS RETOS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS	2
1.1.2 ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA: IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO RURAL	3
1.1.3 LA BIODIVERSIDAD HERRAMIENTA DE LA AGRICULTURA	5
1.1.4 AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO	6
1.1.5 LA HUELLA DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS	7
1.1.6 EL DERECHO A LA ALIMENTACIÓN	11
1.2 MARCO AGROECOLÓGICO: DEFINICIONES Y EVIDENCIAS	13
1.3 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA ALTERNATIVA DE FUTURO	16
1.3.1 LAS PRÁCTICAS Y RECURSOS PRODUCTIVOS DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	18
1.3.2 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y LA SOSTENIBILIDAD DEL PLANETA	19
1.3.3 AGRICULTURA ECOLÓGICA Y MANTENIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD	20
1.3.4 POLÉMICA SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	21
1.4 LA INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA ECOLÓGICA	23
1.4.1 LA CIENCIA REDUCCIONISTA PARA MEDIR SISTEMAS VIVOS COMPLEJOS	26
1.4.2 POLÍTICA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA REVISADA POR PARES	27
2 JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	
2.1 JUSTIFICACIÓN	29
2.2 OBJETIVOS	30
2.3 PLAN DE TRABAJO	30
3 METODOLOGÍA	32
4 RESULTADOS	36
4.1 CONTRIBUCIONES MEDIOAMBIENTALES	37
4.1.1 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=INCREMENTO DE LA BIODIVERSIDAD	40
4.1.2 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=INCREMENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y DISMINUCIÓN DE LA EROSIÓN	43
4.1.3 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELO, AGUA Y ATMÓSFERA	45

4.1.4	PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=SUMIDERO DE CARBONO, REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y ADAPTACION/MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	47
4.1.5	PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	58
4.1.6	PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=USO EFICIENTE DEL AGUA	62
4.2	CONTRIBUCIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS Y EN SALUD	65
4.2.1	ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS SEGUROS	67
4.2.2	ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS NUTRITIVOS	69
4.2.3	ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS SENSORIALMENTE ADECUADOS	72
4.2.4	ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS CON IMPLICACIONES EN LA SALUD	74
4.3	CONTRIBUCIONES DE JUSTICIA SOCIAL	77
4.3.1	PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	79
4.3.2	LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y EL HAMBRE EN EL MUNDO	83
4.3.3	LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y EL PRINCIPIO DE RESPETO	84
4.4	CONTRIBUCIONES DE TRABAJOS GLOBALES	90
4.4.1	CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS	91
4.4.2	CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	92
4.4.3	CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA	95
4.4.4	CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE BIENESTAR SOCIAL	95
5	DISCUSIÓN	97
6	CONCLUSIONES	105
7	BIBLIOGRAFÍA	107

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Resumen de aportaciones y contribuciones medioambientales	37
Tabla 2 Resumen de aportaciones en consumo energético y eficiencia del agua	38
Tabla 3 Opciones agrícolas para reducir los flujos de N <sub>2</sub> O	53
Tabla 4 Resumen de las aportaciones en el apartado de contribuciones nutricionales y de salud	66
Tabla 5 Resumen de las aportaciones en el apartado de contribuciones de justicia social	77
Tabla 6 Descriptiva de las aportaciones globales	91



**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Página	
Figura 1	Valor económico perdido, por zonas y grupo de alimentos (billones de dólares EEUU-2012)	10
Figura 2	Distribución porcentual de la investigación en agricultura en el 5PM (arriba), 6PM (medio) y 7PM (bajo) y repercusión en proyectos en biotecnología y agricultura ecológica	25
Figura 3	Esquema para el plan de trabajo	31
Figura 4	Flujo de insumos y procesos ecosistémicos en un modelo integrado de agricultura y ganadería	57
Figura 5	Energía consumida (MJ) al año en función del modelo de dieta	61
Figura 6	Diagramas de pétalos de flores para las dimensiones de productividad, económicas, medioambientales y sociales para el modelo de agricultura convencional (arriba) y ecológica (bajo)	96





# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 AGRICULTURA Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

La agricultura es la principal actividad humana que está directamente expuesta al clima y siempre ha sido sensible al cambio climático. Las sequías y las inundaciones reducen la producción de alimentos. También lo hace, la ocupación de las tierras llanas más fértiles, por las agroempresas para realizar plantaciones mecanizadas, de productos principalmente derivados al mercado de exportación, y que a veces, fuerzan a los agricultores a abandonar estas áreas que habían producido alimentos, en el pasado, en busca de lugares donde subsistir (laderas) o espacios con mejores condiciones de vida. Subsananando estas dificultades, la agricultura industrializada convencional ha desarrollado diferentes tecnologías que han permitido proteger la producción de alimentos y mantener el ritmo de producción de acuerdo a las necesidades de la población creciente. Los costes derivados de este sistema productivo tienen repercusiones sobre el medio ambiente y sobre los alimentos producidos, así como sobre los factores sociales y de justicia que envuelven a la producción de alimentos. Además, en los países más pobres, donde la infraestructura agrícola está menos desarrollada, los servicios técnicos son escasos o no existen, la adaptación al modelo de agricultura industrializada es nula y si ocurre un cambio climático, estos países tendrán serias dificultades para adaptarse al cambio y poder seguir produciendo alimentos en el territorio.

El bienestar humano está directamente relacionado con la disponibilidad de agua y comida. La producción de alimentos, ya sea por agricultura y ganadería o por la caza y recolección silvestre está fuertemente influenciada por las condiciones climáticas, por la disponibilidad de nutrientes fundamentales y en las concentraciones adecuadas y por la presencia de sustancias tóxicas y las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos y las aguas, por lo que las condiciones de los recursos y la situación del clima a nivel global son fundamentales para la obtención de alimentos presentes y futuros.

En el suelo los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre son fundamentales en la producción de alimentos, pero también los que están relacionados con ciertos elementos minoritarios que pueden ser decisivos para la nutrición vegetal, por estar implicados en procesos bioquímicos básicos de las plantas, como la síntesis de enzimas. Las interrelaciones entre los recursos y los procesos biogeoquímicos del suelo serán esenciales para que la agricultura se adapte a los cambios inducidos por las perturbaciones humanas.

Se conoce que los patrones de transmisión de las enfermedades vehiculadas por alimentos están influenciados por varios factores, incluyendo los elementos climáticos y ecológicos. En este contexto, algunos autores (Semenza y Menne, 2009) han indicado que los efectos del cambio climático en Europa estarán asociados con un impacto sobre el patrón de dispersión y transmisión de enfermedades transmitidas por los alimentos. Estos cambios tendrán primero un efecto directo sobre la salud pública de los habitantes sobre un determinado territorio, pero además tendrán también una serie de efectos colaterales que pueden ser perjudiciales para sectores económicos de gran importancia como la agricultura, la pesca y el turismo.

Considerando la creciente preocupación por los elevados niveles de gases de efecto invernadero atmosféricos, la complejidad económica, la disponibilidad de combustibles fósiles, el deterioro de las condiciones ambientales y sanitarias, es posible hoy un cambio que se proyecte para el futuro, dejando a un lado, la intensa dependencia de productos químicos sintéticos para la producción (insumos) y el uso intensificado de maquinaria pesada, para dar paso a un intenso sistema agroalimentario con base biológica.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

A pesar de los daños asociados a la agricultura industrializada o convencional, se argumenta que este sistema agrario es necesario para aumentar los rendimientos, de manera que se pueda alimentar a una población mundial cada vez mayor, sobre todo a la luz de los efectos negativos del cambio climático y la escasez mundial de tierras de cultivo. De hecho, en los últimos 50 años la población mundial se ha duplicado, mientras que la tierra cultivable disponible ha aumentado aproximadamente en un 10% (Köhler y Triebkorn, 2013). La evolución tecnológica en la fabricación de plaguicidas, entre otras innovaciones en materia de agricultura, ha contribuido sin duda a que la producción agrícola haya logrado mantenerse al nivel de los incrementos sin precedentes en la demanda de alimentos. Sin embargo, ello se ha logrado a costa de la salud humana y del medio ambiente, y al mismo tiempo el aumento de la producción de alimentos no ha logrado eliminar el hambre en todo el mundo, ni erradicar algunas de las peligrosas plagas que atañen a la agricultura convencional. La dependencia de plaguicidas peligrosos es una solución a corto plazo que menoscaba el derecho a una alimentación adecuada y el derecho a la salud de las generaciones presentes y futuras. Así lo indica el informe sobre una agricultura de bajo impacto de gases efecto invernadero (Niggli *et al.*, 2009) donde se cita que desde 1945, el consumo de plaguicidas ha aumentado en un 3300%, pero las pérdidas generales causadas por las plagas no han disminuido. De hecho, a pesar de que Estados Unidos (EEUU) consume cada año un millón de toneladas de plaguicidas, las pérdidas agrícolas han aumentado un 20%. Mientras tanto, más de quinientas plagas se han hecho inmunes a los plaguicidas más poderosos.

## 1.1.1 LOS RETOS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

El aumento pronosticado de la población mundial de hasta 9100 millones de personas en 2050 (Naciones Unidas, 2009) requerirá un gran esfuerzo para aumentar la producción de alimentos para otros dos mil millones de personas en comparación con la población actual. Sin tener en cuenta los problemas de asignación, la sobreproducción y los desperdicios de alimentos en algunas regiones del mundo, esto significaría que se necesita alrededor del 30% más de alimentos a nivel mundial. Así, la agricultura mundial se enfrenta a grandes desafíos en la producción de este alimento adicional. Además, en las últimas décadas ha aumentado la demanda no sólo de producir mayores cantidades, sino también de lograr el desarrollo hacia una agricultura sostenible, donde la producción sea al mismo tiempo favorable al medio ambiente, socialmente justa y económicamente viable.

El crecimiento de la población mundial sigue un crecimiento exponencial mientras que la superficie del planeta es limitada, así como los recursos que éste proporciona. La alimentación constituye uno de estos recursos de carácter totalmente necesario para el ser humano, el cual cada día se enfrenta a distintos retos para acceder a ella, dependiendo de su situación en el planeta.

La gran mayoría de personas que padecen hambre en el mundo viven en países en desarrollo (PeD), también denominados Países empobrecidos donde el 12.9% de la población presenta desnutrición. Aunque el problema alimentario se da tanto en PeD como en los desarrollados, la situación en estos últimos es de índole muy distinta. En ellos, uno de los principales problemas radica en el derroche de alimentos, donde a nivel mundial alrededor de un tercio de todos los alimentos que se producen, se pierde o se desperdicia en los sistemas de producción y consumo alimentarios. Si bien la desnutrición sigue siendo un reto para la alimentación global, se ha planteado un segundo reto: la prevención de la sobrealimentación calórica, así la desnutrición y la sobrealimentación calórica son los problemas de preocupan en el presente y desconciertan para el futuro. En consecuencia, se producen suficientes alimentos en el mundo para alimentar

a todos sus habitantes, pero un alto número de estas personas ni siquiera tienen acceso a una comida adecuada al día. Al mismo tiempo, la obesidad está socavando la salud de adultos y niños en todo el mundo desarrollado.

Existe un potente debate muy contrastado en torno a las prácticas de producción agrícola más apropiadas para alcanzar la meta de una producción de alimentos más alta y sostenible (Médiène *et al.*, 2011; Perfecto y Vandermeer, 2010). Las opciones agrícolas van desde prácticas de alta tecnología hasta prácticas basadas en la ecología. Wezel *et al.* (2014) evalúan el uso potencial de las prácticas para la agricultura futura, e indican que algunas acciones como el uso de pesticidas naturales, la asociación y la rotación de cultivos se encuentran escasamente incorporadas en la agricultura actual. Mientras que el uso de biofertilizantes, la agrosilvicultura, el cultivo de frutas o frutos secos, las plantas alelopáticas, la siembra directa en cultivos de cobertura vivos o mantillo y la integración de elementos semi-naturales del paisaje son prácticas agroecológicas con un potencial moderado para ser ampliamente implementadas en la próxima década. Por el contrario, las prácticas de fertilización ecológica, fraccionado del abonado, labranza reducida, riego de alta frecuencia, control biológico de plagas y elección de cultivares locales, ya están incorporadas en el momento actual.

## 1.1.2 ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA: IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO RURAL

El desarrollo rural está dirigido a mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales por medio de la satisfacción de sus aspiraciones socioeconómicas y culturales y el fortalecimiento de su organización social, al tiempo que permite proteger los recursos naturales.

Este desarrollo rural se vuelve incompatible con el sistema intensivista de producción convencional de alimentos, ya que en muchos casos, obliga a las personas a abandonar las áreas rurales. La producción industrializada especializa en la gran escala, donde muchos productores dependen solamente de unos cuantos cultivos que exigen inversiones sustanciales y crean dependencia de insumos agrícolas, que algunas veces no se encuentran disponibles, son ineficaces. Los costos de los insumos son elevados y los precios de mercado de los productos agrícolas siguen disminuyendo, forzando a los productores y trabajadores a abandonar sus parcelas. El abandono conlleva otras implicaciones paralelas, como la pérdida del conocimiento tradicional.

En la búsqueda de medios de vida, los agricultores migran hacia las ciudades aumentando así la vivienda deficiente y el empobrecimiento de las comunidades urbanas marginales. En esos lugares, estas personas tienen poca capacidad para la compra de alimentos de calidad, disminuyen la diversidad de sus dietas y con ello sus posibilidades de tener acceso a una salud nutricional adecuada.

Los alimentos y la agricultura desempeñan un papel fundamental, tanto en la generación de pobreza como en su reducción. La desnutrición es un elemento fundamental de la pobreza y una violación directa de un derecho humano universalmente reconocido (Gómez y Ricketts, 2013). También agrava otros aspectos de la pobreza de las maneras siguientes:

- Deja a las personas más vulnerables a las enfermedades. A su vez, episodios de enfermedad pueden reducir la ingesta y la absorción de alimentos, lo que genera una espiral viciosa descendente en la que el hambre y la enfermedad se alimentan mutuamente.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

- Cuando las mujeres embarazadas y las madres lactantes están desnutridas, nacen niños de peso insuficiente que comienzan a vivir con una desventaja de nutrición que puede afectar a su salud durante el resto de su vida.
- La desnutrición puede afectar al desarrollo cerebral en el útero y a la capacidad de atención en clase y por eso está asociada con unos resultados escolares deficientes.
- Cuando la ingesta de calorías y proteínas es inadecuada para las necesidades del trabajo, pueden reducirse la masa muscular y la productividad en el trabajo.
- Las deficiencias de micronutrientes también pueden reducir la capacidad de trabajo. Por ejemplo, la anemia por deficiencia de hierro está asociada con una pérdida de la productividad del 17% del trabajo manual pesado.

El crecimiento del sector agropecuario desempeña un papel crucial en la reducción de la pobreza y de la desigualdad. El Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) estima que siete de cada diez pobres del mundo siguen viviendo en zonas rurales. Entre ellos se incluyen pequeños propietarios, campesinos sin tierras, pastores tradicionales, pescadores artesanos y grupos marginales como refugiados, poblaciones indígenas y hogares encabezados por una mujer. Gran parte de la población rural pobre trabaja directamente en la agricultura, como pequeños propietarios o trabajadores agrícolas. Sus ingresos se pueden reforzar mediante medidas en pro de los pobres, tales como asegurar un acceso equitativo a la tierra, agua y otros activos e insumos, así como a los servicios, incluidos los educativos y sanitarios.

Análisis detallados indican que, a escala mundial, la tierra, el suelo y el agua existentes son suficientes y que existe igualmente suficiente potencial para hacer crecer los rendimientos, de manera que sea factible la producción necesaria. El crecimiento de los rendimientos será más lento que en el pasado, pero a nivel mundial esto no es necesariamente una razón para alarmarse ya que se necesitará un crecimiento más lento de la producción en el futuro que en el pasado. Sin embargo, lo posible sólo se convertirá en real si el entorno político es favorable para la agricultura.

A nivel mundial, los productores han satisfecho la demanda efectiva del mercado en el pasado, y es muy probable que continúen haciéndolo. Pero la demanda efectiva no representa la necesidad total de alimentos y otros productos agrícolas, ya que centenares de millones de personas carecen de dinero para comprar lo que necesitan o de los recursos para producirlo ellos mismos.

En las zonas urbanas, la inseguridad alimentaria refleja habitualmente ingresos bajos, pero en zonas rurales pobres es con frecuencia inseparable de problemas que afectan a la producción de alimentos. En numerosas zonas del mundo en desarrollo, la mayoría de las personas depende aún de la agricultura local para la alimentación y/o medio de vida, pero el potencial de los recursos locales para apoyar incrementos ulteriores de la producción es muy limitado, al menos bajo las condiciones tecnológicas de la agricultura intensivista. Es necesario desarrollar modelos de producción agraria basada en los recursos locales, para garantizar la seguridad alimentaria (Bruinsma *et al.*, 2015).

Las principales presiones que amenazan la sostenibilidad son probablemente las derivadas de la pobreza rural y el acceso a los recursos. Cuando estos procesos se producen en un entorno de recursos frágiles y limitados y las circunstancias para introducir tecnologías y prácticas sostenibles no son propicias, aumenta el riesgo de que se cree un círculo vicioso de pobreza y

degradación de recursos naturales. En la medida que se apliquen mejoras en sostenibilidad habrá perspectivas para disminuir las presiones sobre los recursos agrícolas mundiales a largo plazo y para que el aumento ulterior de las presiones sobre el medio ambiente debidas a la agricultura sea mínimo. Por ello, es de suma importancia el desarrollo rural sostenible dependiente en gran medida de la agricultura para el empleo y los ingresos y, con frecuencia para mejorar la seguridad alimentaria y reducir la pobreza.

### 1.1.3 LA BIODIVERSIDAD HERRAMIENTA DE LA AGRICULTURA

La diversidad biológica agrícola constituye la despensa generalizada de la humanidad. En un planeta cada vez más globalizado, tanto la pérdida creciente de esta biodiversidad como la dificultad de acceder a la misma son una amenaza para la paz y la seguridad alimentaria. La diversidad genética, tanto animal como vegetal, asociada a la agricultura y ganadería forma parte del mantenimiento de la seguridad alimentaria (FAO, 2007). En los últimos 100 años se estima que se ha perdido cerca el 75% de la diversidad genética de los cultivos. Además, la erosión de la diversidad genética no sólo implica la pérdida de servicios de provisión de alimentos, entre otros recursos, sino también de servicios culturales como el conocimiento agroecológico local o el mantenimiento de la identidad cultural del territorio. La reducción de la base genética no sólo afecta al suministro de alimentos, sino que también influye en que los sistemas agrarios sean más vulnerables a las plagas y a las enfermedades y más dependientes de insumos externos.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2013) en su Lista roja de especies en peligro de extinción, de 46.677 especies estudiadas, la enorme cantidad de 17.291 especies se encuentra actualmente en peligro de extinción (21% de los mamíferos, 30% de los anfibios, 12% de las aves, 28% de los reptiles, 37% de los peces de agua dulce, 70% de las plantas y 35% de los invertebrados). La causa de ello se apunta a la fragmentación de los ecosistemas, la contaminación y el calentamiento global.

El modelo de agricultura industrial convencional genera una pérdida significativa de la biodiversidad, por el abandono de las prácticas tradicionales en el medio rural, la aplicación generalizada del monocultivo, la imposición de las multinacionales en la venta de material híbrido y genéticamente modificado y las limitaciones de la legislación para la comercialización de semilla procedente de pequeños productores, entre otros factores. Los sistemas de monocultivo intensivos hacen uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas químicos provocando desertificación, salinización y contaminación de suelos y agua, dando como resultado la pérdida de tierras productivas y de la biodiversidad de los ecosistemas, así como la extinción de especies. Las estimaciones del coste, por hectárea, de los impactos sobre la biodiversidad *in-situ* o *ex-situ* apuntan a pérdidas de decenas de millones de dólares (Praneetvatakul *et al.*, 2013; Glendining *et al.*, 2009; Tegtmeier y Duffy, 2004).

Quizás el efecto de la pérdida de biodiversidad se profundiza más en el caso de los servicios de regulación. Más del 75% de los cultivos en el mundo dependen de la polinización realizada por animales (Gallai *et al.*, 2009). La degradación del hábitat y el uso de plaguicidas está implicando el deterioro en la cantidad y diversidad de muchas especies polinizadoras, lo que conlleva a una pérdida en la producción de cultivos. Desde 1998, en España se ha registrado una pérdida inusual de colonias de abejas siendo el país europeo con mayor pérdida (Kluser *et al.*, 2010).

Ante este panorama son necesarias medidas para revitalizar los conocimientos tradicionales en conservación e intercambio de semillas, así como potenciar programas participativos de

reproducción de semillas y valorizar los recursos genéticos para aumentar la base genética de la alimentación, ya que las semillas son un tesoro heredado para la producción de comida presente y para alimentar a las generaciones futuras. Para Esquinas Zalazar (2012), la aparición de nuevas tecnologías, la sustitución de variedades locales por otras importadas, la colonización de nuevas tierras, los cambios en los métodos de cultivo, etc., han causado una rápida y extrema erosión genética de las plantas. Lo que afecta tanto a las especies cultivadas como a las silvestres que tienen un uso agrícola directo, indirecto o potencial. De manera que la erosión de los recursos puede conducir a la extinción de material valioso que aún no ha sido explotado. Así que el camino hacia un continuo incremento en la producción y la calidad de los alimentos pasa por la protección y la utilización eficiente de los recursos fitogenéticos, lo que requiere su conservación, evaluación, documentación e intercambio.

Se han generado políticas e instrumentos internacionales para tener en cuenta la importancia de la diversidad biológica agrícola. Sin embargo, siguen existiendo importantes desafíos para lograr el pleno reconocimiento de su importancia, por ejemplo, en las agendas de adaptación al cambio climático y en los debates mundiales sobre seguridad alimentaria. Un objetivo clave de los esfuerzos internacionales de política debería ser asegurar la mayor disponibilidad de la biodiversidad agrícola para los usuarios (Romanelli *et al.*, 2015). Los recursos fitogenéticos locales pueden contribuir a superar la desnutrición, potenciando la agricultura de proximidad frente a las importaciones de alimentos procesados a bajo precio, de la producción subsidiada en los países industrializados, además los agricultores de los países en desarrollo a través del cultivo de sus variedades autóctonas pueden garantizar la aplicación de estrategias integradas de manejo de plagas.

### 1.1.4 AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO

La producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua.

La agricultura afecta también a la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar.

El cambio climático afectará a la agricultura, a las actividades forestales y a la pesca de formas complejas, tanto positivas como negativas. En los tres próximos decenios, no se espera que el cambio climático haga disminuir la disponibilidad global de alimentos, pero puede aumentar la dependencia de los países en desarrollo de las importaciones de alimentos y acentuar la inseguridad alimentaria en los grupos y países más vulnerables (Smith *et al.*, 2007).

También se espera que el clima se haga más variable que en la actualidad, con aumentos de la frecuencia y gravedad de acontecimientos extremos como ciclones, inundaciones, tormentas de granizo y sequías. Esto provocará mayores fluctuaciones en los rendimientos de los cultivos y en la oferta local de alimentos, así como mayores peligros de desprendimientos de tierras y daños por erosión.

Todavía hay incertidumbres considerables en la mayoría de las proyecciones sobre los efectos del cambio climático. Así, sobre la producción de alimentos en 2030 será probablemente pequeño, por ejemplo, está previsto que los rendimientos de cereales disminuyan

aproximadamente el 0.5% para el decenio de 2020. Pero habrá grandes variaciones regionales, ya que los rendimientos se pueden incrementar en las regiones templadas, mientras que en otras regiones en desarrollo lo más probable es que se produzca una disminución de los rendimientos. Por ello se estima que el calentamiento global pueda influir positivamente a la agricultura de países desarrollados situados en zonas templadas y que tenga efectos adversos sobre la producción de muchos países en desarrollo situados en zonas tropicales y subtropicales. Por tanto, el cambio climático podría aumentar la dependencia de los países en desarrollo de las importaciones y acentuar las diferencias existentes entre el norte y el sur en cuanto a seguridad alimentaria. En todos estos casos, el cambio potencial de los rendimientos agrícolas podría oscilar entre el  $\pm 2.5\%$  para el 2030 y del  $\pm 5\%$  para 2050.

Es importante señalar que estos cambios sólo son los que pueden resultar del calentamiento global en ausencia de cualquier otro factor. En la práctica, es probable que los cambios de la tecnología reduzcan o compensen sobradamente los efectos del cambio climático. Entre los cambios tecnológicos más importantes estarán el cambio del modelo y procedimiento agrícola productivo, las mejoras de variedades de cultivos, etc.

La agricultura puede ser también un sumidero para el carbono. Sin embargo, se acepta generalmente que los suelos, igual que otros sumideros biológicos (por ejemplo, vegetación) tienen un límite superior intrínseco para almacenamiento. La cantidad total que se puede almacenar es específica de lugares y cultivos, y la tasa de fijación desciende al cabo de unos cuantos años de crecimiento antes de llegar, en su momento, a alcanzar este límite.

Si se utilizan más métodos de producción sostenible, se podrán atenuar los efectos de la agricultura sobre el medio ambiente (Müller *et al.*, 2016). No cabe duda de que, en algunos casos, la agricultura puede desempeñar una función importante en la inversión de estos efectos, por ejemplo, almacenando carbono en los suelos, mejorando la filtración del agua y conservando los paisajes rurales y la biodiversidad.

El cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) hizo importantes recomendaciones sobre cómo la agricultura podría mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Smith *et al.*, 2007). Las cuatro recomendaciones principales incluyen la realización de rotaciones de cultivos, el manejo de nutrientes y estiércol en el suelo; el manejo de ganado; el mejoramiento de los forrajes y de los pastos; y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, así como la restauración de tierras degradadas.

### 1.1.5 LA HUELLA DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS

La “Huella de Desperdicio de Alimentos” es un informe dirigido por la FAO para aumentar la concienciación sobre los graves impactos del desperdicio de alimentos que se centró en evaluar los impactos de la pérdida de alimentos y los residuos sobre el clima, la tierra, el agua y la biodiversidad, además establece cuantificaciones del costo total de las externalidades sociales del desperdicio de alimentos. Con ello se pretende establecer las bases para la contabilidad de los recursos naturales en el sector alimentario y agrícola, incluido el coste de la degradación de los recursos naturales y su impacto en el bienestar social (El-Hage Scialabba, 2014).

Partiendo de los trabajos de Gustavsson *et al.* (2011) que han cuantificado los volúmenes de desperdicios de alimentos y del trabajo de FAO (2013a) donde se cuantificaron los impactos ambientales del desperdicio, el informe sobre la huella del desperdicio de alimentos proporciona una primera cuantificación de algunos de los costes debidos a estos impactos. La huella de desperdicio de alimentos puede ofrecer una imagen más realista de la aparente

rentabilidad de la producción y el consumo insostenibles, indicando qué costes no se internalizan e informa sobre los riesgos y oportunidades asociados con el agotamiento de los recursos naturales y los ecosistemas. Al proporcionar estimaciones de esos costes externos, el informe pretende aumentar la concienciación sobre los costes sociales totales del desperdicio de alimentos, costes que superan con creces el precio de mercado directo de los productos perdidos.

De esta manera, es posible comprender los verdaderos beneficios que pueden derivarse de la mitigación del desperdicio de alimentos. Para evaluar, en la medida de lo posible, el valor económico total del aire, el agua, la tierra, los ecosistemas, la biodiversidad y otros recursos perdidos, contaminados o consumidos debido al desperdicio de alimentos, se requiere un enfoque económico para hacer una valoración del medio ambiente.

Teniendo en cuenta el ámbito mundial del informe. Los datos de partida existentes no permiten realizar evaluaciones precisas de los costes totales del desperdicio de alimentos. Por ejemplo, los valores de la tierra, que son insumos potencialmente cruciales para priorizar la acción, no están disponibles. Además, el uso de datos de uno o sólo unos pocos países para obtener estimaciones para los otros países a través de la transferencia de beneficios está lejos de ser una ciencia exacta. Teniendo en cuenta las incertidumbres de los datos, cualquier estimación de costes que se generará proporciona una indicación bruta del tamaño de los verdaderos costes totales solamente. Sin embargo, el informe proporciona las estimaciones más sólidas posibles por el momento. Además, los costos ocultos del desperdicio de alimentos son enormes y la monetización, con todas las incertidumbres metodológicas y de datos, da una idea de las distorsiones del mercado debido a los costes externos en el sistema alimentario global. Como resumen general se indica que los costes sociales de los desperdicios de alimentos estimados ascienden a unos 2.6 billones de dólares, de los cuales 700 mil millones de dólares corresponden a los costes sociales de los impactos ambientales, 1 billón de dólares a los gastos derivados de pérdidas económicas y 900 millones son costes debido a las pérdidas individuales de bienestar.

Este informe no sólo da cuenta sobre el grado de desperdicio de alimentos, sino que aumenta la conciencia de los costos sociales que triplican el valor financiero del desperdicio. Este conocimiento no puede sino desencadenar un cambio de comportamiento, incluyendo inversiones de mitigación (ya que informa el retorno de la inversión). También hay que señalar que éstas son sólo primeras aproximaciones de estos costes. Las estimaciones futuras deben ser capaces de completar el cuadro añadiendo aspectos que faltan, como las dificultades adicionales en las personas creadas por la escasez de recursos naturales (por ejemplo, caminar más lejos para recoger agua o combustible) o los vínculos entre la mano de obra y el desperdicio de alimentos. Hasta el momento, esos efectos de equilibrio completo no han sido capturados y las externalidades sociales deben ser exploradas más a fondo.

En dicho informe se definen cinco áreas en las que se necesitarán investigaciones en el futuro, a fin de tener una contabilidad más completa del coste total del desperdicio de alimentos.

- Desarrollar y perfeccionar las bases de datos disponibles. Esto significa agregar datos nacionales o regionales más detallados, si están disponibles, a partir de una revisión más extensa de la literatura, incluyendo la literatura gris, como informes gubernamentales y de organizaciones no gubernamentales, incluyendo aquellos en idiomas nacionales. Por ejemplo, los datos sobre los costes sanitarios del uso de plaguicidas podrían recopilarse de esta manera. Estimaciones nacionales adicionales permitirían refinar y mejorar la transferencia de beneficios para llegar a estimaciones globales más completas y creíbles.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

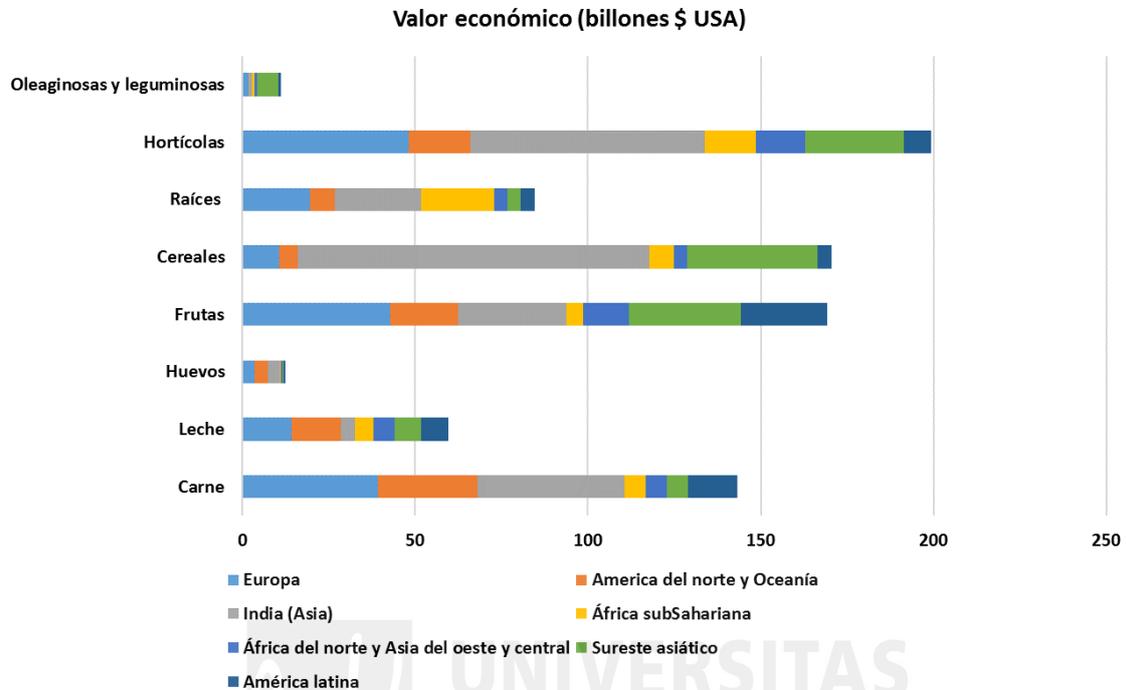
- Desarrollar el marco de valoración en línea con el enfoque de bienestar para todas las categorías de costes para capturar los costes sociales de manera más realista. Esto significa alejarse de las estimaciones de costes de los daños para valorar y costear los resultados en consonancia con los impactos sobre el bienestar humano (es decir, compensación y medidas monetarias equivalentes). Utilizando la preferencia revelada, la preferencia declarada y la valoración del bienestar se basarían menos en estimaciones de costes basadas en daños físicos y, por lo tanto, mejorarían la captura de los costes de los impactos de desperdicio de alimentos como valorados por la sociedad como una comunidad de individuos.
- Evaluar el valor o los beneficios del desperdicio de alimentos y determinar un marco normativo para manejar estos beneficios en el análisis costo-beneficio. La evaluación económica no aborda si los costes y beneficios y su relación relativa pueden ser legítimos en algún sentido ético. Esta investigación requeriría ramificarse en el campo filosófico de la ética normativa. Por ejemplo, al confiar exclusivamente en el marco normativo establecido en la teoría económica neoclásica, entonces algunos desperdicios de alimentos son normativamente permisibles y, por lo tanto, los beneficios relacionados. Esto puede contradecir las declaraciones de la misión de la ONU y de la FAO con respecto al desperdicio de alimentos cero y puede recibir críticas feroces de algunos acercamientos filosóficos que apuntan evitar el desperdicio en fundamentos morales.
- Seguir desarrollando la incorporación del desperdicio de alimentos en modelos de equilibrio. Esto permitirá una mejor evaluación de los costes y beneficios del desperdicio de alimentos en el contexto de todos los sectores de una economía, incluyendo el comercio. Esto requeriría un importante esfuerzo de recopilación de datos, en particular sobre los costes de las medidas de mitigación y sobre la elasticidad de los precios de los alimentos y de los insumos agrícolas. Parte de esta información está disponible, pero está dispersa en muchos estudios diferentes.
- Integrar las técnicas de valoración en los sistemas de información geográfica. Esto garantizará además un análisis espacialmente explícito y, por lo tanto, una valoración más específica del sitio para localizar el agua, la tierra, la biodiversidad y servicios ecosistémicos cruciales como el potencial de calentamiento global, la regulación de la erosión, purificación del agua, etc. La combinación de herramientas es más útil para las personas que tienen la responsabilidad de tomar decisiones y los inversores, ya que las fronteras del sistema y la jurisdicción administrativa pueden coincidir, dando lugar a intervenciones espaciales y efectivas.

La necesidad de investigación para mejorar la calidad y la cantidad de datos siempre existirá. Sin embargo, la adopción de medidas eficaces sobre el desperdicio de alimentos es clave y la necesidad de más investigación no es excusa para la inacción. De hecho, a pesar de las enormes brechas de datos y conocimientos, se han hecho suficientes impactos para justificar la adopción de medidas para disminuir el desperdicio de alimentos. Los esfuerzos adicionales deberían centrarse en contextos específicos, a nivel nacional o de la cadena de suministro. El marco actual de la FCA proporciona la base para una investigación más específica.

Por último, la asignación de un valor monetario al impacto del desperdicio de alimentos en el medio ambiente y la sociedad es clave para comprometer a los responsables de la toma de decisiones en la mitigación del riesgo y asegurar la sostenibilidad del uso de los recursos. Debe señalarse que la transferencia de beneficios puede ser rentable y suficiente para la valoración global, pero todavía presenta desafíos significativos de datos y confiabilidad que sólo se pueden evitar con estudios locales. Aunque las incertidumbres son inherentes a las estimaciones de valoración actuales y no son cifras absolutas, son aptas para el uso relativo y pueden usarse para indicar las enormes implicaciones del problema. Así, en la figura 1 se muestran los datos del

# 1. INTRODUCCIÓN

valor económico perdido debido al desperdicio de alimentos, pero no se incluyen los subsidios perdidos, ya que sólo están disponibles para algunos países y en caso de ser agricultura subsidiada, no existe la posibilidad de diferenciar las subvenciones por grupo de productos básicos (carne, leche, huevos, frutas, cereales, raíces con alto contenido en almidón—patatas, remolacha,...), verduras y hortalizas, cultivos oleaginosos y leguminosas).



**Figura 1. Valor económico perdido, por zonas y grupo de alimentos (billones de dólares EEUU-2012)**

Se observa que las mayores pérdidas se producen en la carne, las frutas, los cereales y los productos hortícolas, mientras que las zonas donde mayor desperdicio se produce es en Asia (excepto la del oeste y central), seguido de Europa y América del norte y Oceanía.

Aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos para el consumo humano se pierden o se desperdician. Los costes económicos de este despilfarro de alimentos son sustanciales y ascienden alrededor de 1 billón de dólares EEUU-2012 al año. Sin embargo, los costes ocultos del desperdicio de alimentos hacen que esta cifra sea mucha más grande. Los alimentos que se producen, pero nunca se consumen, causan impactos ambientales a la atmósfera, el agua, al suelo y a la biodiversidad. Estos costes ambientales repercuten en la economía social actual, porque son costes sociales y en los costes de las generaciones futuras, por su impacto medioambiental, contribuyendo a la degradación del medio ambiente y aumentando la escasez de recursos naturales. La cuantificación de los costes totales del desperdicio de alimentos debe hacer recapacitar sobre del sistema alimentario mundial y debe permitir que se adopten medidas para hacer frente a las debilidades y perturbaciones de la cadena de suministro que puedan amenazar la viabilidad de los futuros sistemas alimentarios, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

## 1.1.6 EL DERECHO A LA ALIMENTACIÓN

La Asamblea General de Naciones Unidas (ONU) en su 34º período de sesiones, procedió en el tema 3 de la agenda “Promoción y protección de todos los derechos humanos, civiles, políticos, económicos, sociales y culturales, incluido el derecho al desarrollo” al informe de la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación, que se redactó en colaboración con el Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (ONU-FAO, 2017).

En el informe se ofrece una visión más clara del uso mundial que se da a los plaguicidas en la agricultura y de sus efectos sobre los derechos humanos, se describen las consecuencias negativas que las prácticas en materia de plaguicidas han tenido para la salud humana, el medio ambiente y la sociedad, que no se señalan ni vigilan suficientemente por estar limitado el interés, mayoritariamente, a la “seguridad alimentaria”; y se examinan los regímenes relativos al medio ambiente y los derechos humanos para determinar si las normas que los constituyen son suficientes para proteger a los trabajadores rurales, los consumidores y los grupos vulnerables, así como los recursos naturales necesarios para apoyar sistemas alimentarios sostenibles.

El informe indica que, a pesar de los daños asociados al uso excesivo e inseguro de los plaguicidas, la agricultura industrial intensiva convencional, sumamente dependiente de éstos, los necesita para aumentar los rendimientos agrarios, para poder alimentar a la creciente población mundial, sobre todo a la luz de los efectos negativos del cambio climático y la escasez mundial de tierras de cultivo. Así por ejemplo, la evolución tecnológica en la fabricación de plaguicidas, entre otras innovaciones en materia de agricultura, ha contribuido sin duda a que la producción agraria haya logrado mantenerse al nivel de los incrementos sin precedentes en la demanda de alimentos. Sin embargo, ello se ha logrado a costa de la salud humana y el deterioro del medio ambiente, y al mismo tiempo el aumento de la producción de alimentos no ha logrado eliminar el hambre en el mundo. La dependencia de plaguicidas peligrosos es una solución a corto plazo que reduce el derecho a una alimentación adecuada y el derecho a la salud de las generaciones presentes y futuras.

El informe confirma que las investigaciones científicas evidencian los efectos adversos de los plaguicidas, resultando difícil demostrar la existencia de un vínculo definitivo entre la exposición a los plaguicidas y la aparición de enfermedades y trastornos en el ser humano o de daños en los ecosistemas. Pero indica que esta dificultad se ha visto exacerbada por una negación sistemática (alimentada por la agroindustria y la industria de los plaguicidas) de la magnitud de los daños provocados por estas sustancias químicas, y se siguen sin cuestionar las tácticas agresivas y poco éticas empleadas en el ámbito de la mercadotecnia.

En el informe se afirma que sin utilizar productos químicos sintéticos tóxicos, o utilizando un mínimo de ellos, es posible a largo plazo producir alimentos más saludables y ricos en nutrientes, con mayores rendimientos por área, sin contaminar y sin agotar los recursos medioambientales. Para ello es necesario adoptar un enfoque holístico con respecto al derecho a una alimentación adecuada que incluya la eliminación progresiva de los plaguicidas peligrosos y la aplicación de un marco reglamentario eficaz basado en un enfoque de derechos humanos, acompañado de una transición hacia prácticas agrícolas sostenibles que tengan en cuenta los desafíos que plantean la escasez de recursos y el cambio climático.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

Y en las conclusiones se indica que el modelo agrícola industrial convencional dominante resulta sumamente problemático, tanto por el daño que causan los plaguicidas, como por los efectos de éstos en el cambio climático, la pérdida de diversidad biológica y la incapacidad para asegurar la soberanía alimentaria. Estas cuestiones están estrechamente interrelacionadas y deben abordarse de manera conjunta para hacer plenamente efectivo el derecho a la alimentación. De forma que los esfuerzos por combatir los plaguicidas peligrosos solo tendrán éxito si se tienen en cuenta los factores ecológicos, económicos y sociales de las políticas agrícolas que se articulan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Es necesaria voluntad política para reevaluar y hacer frente a los intereses particulares, los incentivos y las relaciones de poder que mantienen en pie la agricultura dependiente de productos agroquímicos y se deben cuestionar tanto las políticas agrícolas como los sistemas de comercio y la influencia de las empresas en las políticas públicas si se quieren abandonar los sistemas industriales de alimentación dependientes de plaguicidas.

Y entre las recomendaciones se insta a la comunidad internacional para trabajar en un tratado amplio y vinculante que permita regular los plaguicidas peligrosos durante todo su ciclo de vida, teniendo en cuenta los principios de derechos humanos, que permita elaborar políticas para reducir el uso de plaguicidas en todo el mundo, y un marco para la prohibición y la eliminación progresiva de los plaguicidas altamente peligrosos y tratar de acabar con el doble rasero que se aplica a distintos países y que perjudica particularmente a los países con sistemas reguladores más débiles, e imputar responsabilidad causal a los productores de plaguicidas.

Y como alternativa técnica el informe propone promover la agroecología, alentando a los agricultores a que adopten prácticas agroecológicas para aumentar la diversidad biológica y contener las plagas de manera natural, además de medidas como la rotación de cultivos, la gestión de la fertilidad del suelo y la selección de cultivos adecuados para las condiciones locales, así como incentivar los alimentos producidos ecológicamente mediante subsidios, asistencia financiera y técnica, introduciendo impuestos sobre los plaguicidas, aranceles a su importación y el pago de tasas por utilizarlos, en lugar de conceder subsidios a los plaguicidas.

Los sistemas de agricultura ecológica pueden ayudar a la alimentación del planeta, pero además de cambiar el sistema productivo agrícola, es necesario comer de manera diferente, alimentar al ganado de manera diferente y evitar la pérdida de alimentos.

Numerosos informes han subrayado la necesidad de grandes cambios en el sistema alimentario mundial, así la agricultura debe satisfacer el doble reto de alimentar a una población en crecimiento, con una demanda creciente de carne y dietas altas en calorías, minimizando al mismo tiempo sus impactos ambientales globales. La agricultura ecológica es un sistema dirigido a producir alimentos con un daño mínimo a los ecosistemas, animales o seres humanos, que frecuentemente se propone como una solución a estos retos. Sin embargo, los críticos sostienen que la agricultura ecológica puede tener rendimientos más bajos y por lo tanto necesitaría más tierra para producir la misma cantidad de alimentos que las granjas convencionales, resultando en una mayor deforestación y pérdida de biodiversidad, socavando los beneficios ambientales de las prácticas ecológicas.

La agricultura ecológica es, al igual que la agricultura convencional, víctima de su propio éxito. En todas las regiones, las normas ecológicas son casi idénticas, para garantizar que los productos etiquetados como orgánicos se producen en las mismas condiciones. Esta estandarización es necesaria para permitir el comercio en todo el mundo. Mientras que el impacto local, o incluso global, sobre el medio ambiente no se explica específicamente en la trazabilidad de los

alimentos ecológicos. Como describe Mondelaers *et al.* (2009a), la ola hacia los sistemas globalizados de meta certificación hace que las normas de certificación sean menos adaptadas localmente.

## 1.2 MARCO AGROECOLÓGICO: DEFINICIONES Y EVIDENCIAS

La agroecología ha sido definida de varias maneras, en muchos lugares y por diferentes partes interesadas. Desde la década de 1930, científicos e investigadores han utilizado el término agroecología para referirse a la aplicación de principios ecológicos en la agricultura. Sin embargo, no fue hasta principios de los años ochenta que la disciplina en "agroecología" fue nombrada por ecólogos, agrónomos y etnobotánicos. La definición más restringida de la agroecología sigue siendo el estudio de los fenómenos puramente ecológicos en los cultivos.

Un concepto clave en la agroecología contemporánea es que los sistemas agrícolas, no pueden ser estudiados independientemente de las comunidades humanas que dependen de ellos. Las dinámicas sociales son por lo tanto relevantes e integrantes de la agroecología, por lo que la disciplina incluye el análisis de temas como la política, la extensión y la transferencia de conocimiento. Algunos autores (Dalgaard *et al.*, 2003) usan las expresiones agroecología "dura" y "suave" para distinguir entre la optimización de los recursos medibles y las limitaciones de producción, frente a las menos tangibles de capital humano y social.

Las prácticas de manejo agroecológico también se esfuerzan por ser sensibles a las limitaciones y recursos de las comunidades locales (Tomich *et al.*, 2011). Para reflejar esta diversidad de visiones y explorar como se adaptan a las circunstancias locales, FAO está recolectando varias definiciones de agroecología de diversas fuentes que incluyen publicaciones científicas, marcos legales nacionales, documentos de la sociedad civil y del sector privado, entre otras (FAO, 2017a).

Esta base de datos muestra la alta diversidad que incluye la agroecología. Sin embargo, también demuestra que diferentes definiciones, usan y comparten elementos comunes, ajustados a las circunstancias locales.

Las diferencias entre definiciones son debidas a las particularidades locales entre las diferentes áreas de actuación. Así se citan definiciones para diferentes países.

En el entorno europeo:

- Para el centro de conocimientos sobre agroecología (Francia), la agroecología es el uso integrado de los recursos y de mecanismos de la naturaleza, con el objetivo de la producción agrícola. Combina las disciplinas ecológica, social y económica, con miras a una mejor interacción entre plantas, animales, seres humanos y el medio ambiente (Les fondamentaux de l'agro-écologie, 2015).
- En España se admite que la agroecología es, simultáneamente, un enfoque científico para el análisis y evaluación de los agroecosistemas y de los sistemas alimentarios, junto con una propuesta para la praxis técnico-productiva y sociopolítica en torno al manejo ecológico de los recursos naturales. Como práctica, la agroecología propone el diseño y manejo sostenible de los agroecosistemas con criterios ecológicos a través de formas de acción social colectiva y propuestas de desarrollo participativo que impulsan formas de producción y comercialización de alimentos y demás productos agro-ganaderos que contribuyen a dar respuesta a la actual crisis ecológica y social en las zonas rurales y urbanas. Como enfoque teórico y metodológico, la agroecología constituye una estrategia pluridisciplinar y pluriépistemológica para el análisis y

# 1. INTRODUCCIÓN

diseño de formas de manejo participativo de los recursos naturales aplicando conceptos y principios ecológicos, vinculadas a propuestas alternativas de desarrollo local (Sevilla Guzmán, 2006).

En el entorno de EEUU:

➤ Para el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la agroecología, incorpora ideas sobre un enfoque de agricultura más sensible al medio ambiente y al aspecto social, que se centra no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema productivo. En su forma más estrecha, la agroecología se refiere al estudio de fenómenos puramente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como las relaciones predadores/plagas, o la competencia entre cultivos y plantas espontáneas (USDA, 2007).

En el entorno de América del sur y el caribe:

➤ El reglamento de la Ley de uso, manejo y conservación de suelos (Costa Rica) define la agroecología como la ciencia que persigue la armonía entre los objetivos de la actividad agraria y la sostenibilidad de los recursos del suelo, agua y vegetación, en relación ecología-desarrollo (Reglamento de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, 2000).

➤ La norma técnica obligatoria nicaragüense sobre caracterización, regulación y certificación de unidades de producción agroecológica (Nicaragua) define la agroecología como la ciencia que ofrece la base científica para la agricultura sostenible. Se apropia de varias disciplinas para el análisis de todo tipo de proceso de la actividad agraria, con el propósito de comprender el funcionamiento de los ciclos minerales, las transformaciones de energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas. En este sentido, agricultura agroecológica tiene como base científica la agroecología. Proceso productivo donde se aprovechan al máximo los recursos locales y la sinergia de los procesos a nivel de agro ecosistema, siendo su estrategia, el manejo del sistema de producción o la finca, con prácticas que favorecen su complejidad (agroforestería, selvipastoriles, policultivos), control biológico, biofertilización y la nutrición orgánica de manera óptima (Norma técnica obligatoria nicaragüense sobre caracterización, regulación y certificación de unidades de producción agroecológica, 2013).

➤ La Ley de salud agrícola integral (Venezuela) establece por agroecología la ciencia cuyos principios están basados en los conocimientos ancestrales de respeto, conservación y preservación de todos los componentes naturales de los agroecosistemas sustentables a cualquier escala o dimensión (Ley de Salud Agrícola Integral, 2008).

➤ Para la *National Policy for Technical Assistance and Rural Extension* (Brasil), la agroecología es entendida como un enfoque científico destinado a apoyar la transición de los actuales modelos de desarrollo rural y de agricultura convencionales a estilos de desarrollo rural y de agricultura sostenibles. Así, la agroecología constituye un enfoque teórico y metodológico que, lanzando mano de diversas disciplinas científicas, pretende estudiar la actividad agraria desde una perspectiva ecológica. Por lo tanto, la agroecología, a partir de un enfoque sistémico, adopta el agroecosistema como una unidad de análisis, teniendo como propósito, en última instancia, proporcionar las bases científicas (principios, conceptos y metodologías) para apoyar el proceso de transición del actual modelo convencional a los estilos de cultivos sostenibles. La agroecología se constituye en un campo de conocimiento que reúne varias reflexiones teóricas y avances científicos, oriundos de distintas disciplinas, que han contribuido a conformar su actual corpus teórico y metodológico. Por otro lado, el enfoque agroecológico puede ser definido como "la aplicación de los principios y conceptos de la ecología en el manejo y diseño de agroecosistemas sostenibles", en un horizonte temporal, partiendo del conocimiento local que, integrando al conocimiento científico, dará lugar a la construcción y expansión de nuevos

# 1. INTRODUCCIÓN

---

saberes socioambientales, alimentando así, permanentemente, el proceso de transición agroecológica. Por eso mismo, cuando se habla de agroecología, se trata de una orientación cuyas atribuciones van mucho más allá de aspectos meramente tecnológicos o agronómicos de la producción, incorporando dimensiones más amplias y complejas, que incluyen tanto variables económicas, sociales y ambientales, como variables culturales, políticas y éticas de la sostenibilidad (Caporal *et al.*, 2006).

Incluso en el entorno de empresas vinculadas a la actividad agroalimentaria, es posible encontrar definiciones de Agroecología, como *“Es posible que tenga la impresión de que es algo complicado que no tiene nada que ver con su vida cotidiana. Pero en realidad, puede esforzarse cada día por proteger el medio ambiente y ayudar a apoyar un tipo de agricultura que protege el medio ambiente y promueve la biodiversidad”* (Carrefour, 2014).

La Vía Campesina (2013), indica que el concepto de agroecología incorpora a los principios ecológicos-productivos, los principios sociales y culturales y los objetivos políticos.

El Forum para la agroecología (2015) proclama que la agroecología es una forma de vida y el lenguaje de la Naturaleza. No es un mero conjunto de tecnologías o prácticas de producción. No se puede implementar de la misma manera en todos los territorios. Más bien se basa en principios que, si bien pueden ser similares a través de la diversidad de los territorios, pueden y se practican de diferentes maneras, con cada sector aportando sus propios colores de su realidad y cultura local, respetando siempre a la Madre Tierra y a los valores compartidos. Las prácticas productivas de agroecología (como el cultivo intercalado, la pesca tradicional y el pastoreo trashumante, la integración de cultivos, árboles, ganado y peces, estiércol, compost, semillas locales y razas de animales, etc.) se basan en principios ecológicos como la construcción de vida en el suelo, el reciclaje de nutrientes, la gestión dinámica de la biodiversidad y la conservación de la energía a todas las escalas. Además, la agroecología reduce drásticamente el uso de insumos adquiridos externamente que deben ser comprados de la industria. No hay uso de agro-tóxicos, hormonas artificiales, organismos genéticamente modificados u otras nuevas tecnologías peligrosas en agroecología.

Una de las últimas y más completas definiciones de agroecología, proviene de la asociación Agroecología Europa (2016), que indica que la agroecología se considera conjuntamente como ciencia, práctica y movimiento social. Abarca todo el sistema alimentario desde el suelo hasta la organización de las sociedades humanas. Tiene valor y se basa en principios básicos. Como ciencia, da prioridad a la investigación-acción, a los enfoques holísticos y participativos y a la trans-disciplinariedad que incluye los diferentes sistemas de conocimiento. Como práctica, se basa en el uso sostenible de los recursos renovables locales, los conocimientos y prioridades de los agricultores locales, el uso racional de la biodiversidad para proporcionar servicios ecosistémicos y la resiliencia, y soluciones que proporcionan múltiples beneficios (ambientales, económicos y sociales). Como un movimiento, defiende a los pequeños agricultores y la agricultura familiar, los agricultores y las comunidades rurales, la soberanía alimentaria, las cadenas locales y los circuitos cortos de suministro de alimentos, la diversidad de semillas y razas autóctonas, alimentos sanos y de calidad. La Agroecología reconoce que el todo es más que la suma de sus partes y, por lo tanto, fomenta las interacciones entre los actores en la ciencia, la práctica y los movimientos, facilitando el intercambio de conocimientos y la acción.

## 1.3 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA ALTERNATIVA DE FUTURO

Se han desarrollado muchas alternativas de cultivo a los sistemas convencionales intensivos, donde se incluyen el manejo integrado de cultivos, manejo integrado de plagas, agricultura de bajos insumos, permacultura, agricultura biodinámica, agroforestería, agricultura de conservación y agricultura ecológica (Lampkin *et al.*, 2015). En cierta medida, todos ellos comparten los mismos objetivos agroecológicos: implementar sistemas agroalimentarios estables y autosuficientes que limiten los insumos externos ya sean químicos u orgánicos y en el uso de recursos renovables, adaptables a los cambios internos y resistentes a los impactos externos (De Schutter, 2011).

La agricultura ecológica es un sistema holístico de manejo de la producción que aumenta la salud del agroecosistema haciendo uso, tanto de conocimiento tradicional como de conocimiento científico y cuyo objetivo es obtener alimentos de calidad (Stolz *et al.*, 2010; Matt *et al.*, 2011). Los sistemas de agricultura ecológica se basan más en el manejo de los ecosistemas que en el uso de insumos agrícolas externos.

Los sistemas de agricultura ecológica son diversos y se producen en todo el mundo. Están vinculados por objetivos comunes de sostenibilidad económica, ambiental y social. La agricultura ecológica emplea métodos que siguen las leyes de la naturaleza y utiliza productos y materiales naturales. Está basada en la interdependencia entre los seres vivos, observando los ciclos naturales agrícolas que son armónicos con el medio ambiente y empleando los escenarios modernos que proyecte la alternativa a la agricultura industrializada. Por ello se basa en la biodiversidad, incrementando diversidad genética, la diversidad de especies y la diversidad de ecosistemas. Los métodos orgánicos en la agricultura se consideran respetuosos con el medio ambiente, principalmente debido a un principio fundamental de cooperación armoniosa con la naturaleza.

En muchos países, la agricultura ecológica cuenta con una clara base legislativa y sistemas de certificación para la producción y la transformación. Muchas de las prácticas agroecológicas están reguladas por políticas nacionales y controladas por organizaciones supranacionales que promueven la agricultura ecológica. Los reglamentos que especifican la producción ecológica y de la transformación de alimentos ecológicos son muy estrictos, y adherirse a ellos debe generar garantía de una alta calidad del producto. Los métodos de producción ecológica están regulados en Europa por el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de productos ecológicos, y por el Reglamento (CE) nº 889/2008, de 5 de septiembre de 2008, que establece los principios de aplicación. El reglamento 334/2007, define la producción ecológica como "un sistema global de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas ambientales, un alto nivel de biodiversidad, la preservación de los recursos naturales y los métodos de producción acordes con la preferencia de determinados consumidores por los productos elaborados con sustancias y procesos naturales". Desde el punto de vista técnico, la agricultura ecológica debe basarse principalmente en recursos renovables dentro de los sistemas agrícolas organizados localmente, minimizando el uso de recursos no renovables, de forma que los residuos y subproductos de plantas y animales deben ser reciclados para devolver los nutrientes al suelo.

Cuatro principios fundamentales avalan la definición de agricultura ecológica (IFOAM, 2017a):

- Principio de Salud: La agricultura ecológica debe sostener y mejorar la salud del suelo, plantas, animales, seres humanos y del planeta como un todo indivisible.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

- Principio de ecología: La agricultura ecológica debe basarse en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudarlos a sostenerlos.
- Principio de equidad: La agricultura ecológica debe basarse en relaciones que aseguren la equidad con respecto al ambiente común y las oportunidades de la vida.
- Principio de cuidado: La agricultura ecológica debe ser manejada de manera preventiva y responsable para proteger la salud y el bienestar de las generaciones actuales y futuras y el medio ambiente.

Ante la presencia en algunos países de modelos agrícolas ecológicos no certificados, la FAO (2017b) diferencia tres rangos de interacción de la agricultura ecológica:

- 1) La promoción de la agricultura ecológica por el consumidor o el mercado. Se reconocen los productos orgánicos claramente gracias a su certificación y etiquetado. Los consumidores eligen productos producidos, elaborados, manipulados y comercializados en una forma específica. El consumidor, en consecuencia, influye mucho en la producción agro-ecológica.
- 2) La promoción de la agricultura ecológica por los servicios. En países como los de la Unión Europea hay subsidios para la agricultura ecológica, a fin de que se produzcan bienes y servicios ambientales, como reducir la contaminación de la capa freática o crear un paisaje con mayor biodiversidad.
- 3) La promoción de la agricultura ecológica por los agricultores. Algunos productores consideran que la agricultura convencional no es sostenible y han creado otras modalidades de producción para mejorar la salud de sus familias, la economía de sus fincas y su autosuficiencia. En muchos países en desarrollo se adopta la agricultura ecológica como método para mejorar la seguridad alimentaria del hogar o para reducir los gastos en insumos. Los productos no necesariamente son para el mercado, o se venden sin distinción de precios porque no están certificados. En los países desarrollados, los pequeños agricultores están creando cada vez más canales directos de oferta de productos orgánicos sin certificar a los consumidores que depositan la confianza en el bien hacer de los agricultores.

La proporción de cultivos producidos ecológicamente está aumentando rápidamente en todas las zonas. Parte del crecimiento que se está produciendo en el mundo desarrollado está siendo impulsado por los consumidores que exigen alimentos sanos, libres de la contaminación por plaguicidas y organismos genéticamente modificados, y exentos de aditivos alimentarios. En los países en vías de desarrollo, la agricultura ecológica proporciona a los productores los medios para obtener mejores precios para sus productos, pero también cada vez más se reconoce a la agricultura basada en principios ecológicos, como uno de las principales contribuciones para combatir la pobreza y el establecimiento de la seguridad alimentaria en estos países.

La agricultura ecológica apoya y realza los sistemas ecológicamente sanos de producción de alimentos que brindan seguridad alimentaria de las siguientes formas:

- Aumentando y estabilizando rendimientos, especialmente en tierras marginales.
- Mejorando la resistencia a plagas y enfermedades.
- Combatiendo la desertificación a través de una disminución de la erosión y mejoramiento de la absorción y retención de agua.
- Combatiendo la pobreza por medio de la reducción de la deuda y el aumento de la rentabilidad de la mano de obra.
- Manteniendo la diversidad genética de los cultivos para hacerle frente al cambio climático.
- Manteniendo y mejorando los servicios ambientales.

- Edificando sobre destrezas de manejo y recursos locales y de esta manera permitiéndole a las comunidades locales de productores, pescadores artesanales y pastores que sean autosuficientes en alimentos y combatan la pobreza.

### 1.3.1 LAS PRÁCTICAS Y RECURSOS PRODUCTIVOS DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

En un futuro de limitaciones de recursos y escasez, de cambio climático y desafíos relacionados con la salud pública y con la dieta, la agricultura ecológica será una de las opciones viables para la producción de alimentos.

Entre algunos de los principales insumos o prácticas que la agricultura ecológica no autoriza están el uso de los fertilizantes y productos fitosanitarios de síntesis y el uso de transgénicos. Existen regulaciones que además de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, han ampliado el rango de prohibiciones, por ejemplo hormonas, reguladores de crecimiento, edulcorantes, aditivos, conservadores sintéticos, las aguas negras y/o tratadas, los plásticos, los monocultivos, la quema, la irradiación y la hidroponía (IFOAM, 2017b).

Los sistemas agropecuarios ecológicos se caracterizan por las particularidades en términos de fertilización, manejo de plagas, rotación de cultivos, etc. Uno de los objetivos de la agricultura ecológica es reducir la dependencia de la producción agrícola de los insumos externos. Así respecto a la fertilización, la utilización de leguminosas para promover insumos biológicos de N y de cultivos de captura para reducir las pérdidas de nutrientes es bastante común, el uso de estiércol para devolver nutrientes y materia orgánica al suelo, así como la ausencia de fertilizantes minerales solubles y pesticidas. La fijación de nitrógeno es un camino esencial de entrada de N en la agricultura ecológica y, por lo tanto, las granjas ecológicas cultivables en las regiones templadas incluyen a menudo la cría de animales que se alimentan de mezclas de hierba-trébol u otros cultivos de pastos. Se afirma con frecuencia que la agricultura ecológica proporciona beneficios ambientales, muchos de los cuales se refieren a las propiedades del suelo (IFOAM, 2017b).

Las prácticas agroecológicas son prácticas agrícolas que tienen como objetivo producir cantidades significativas de alimentos, que valorizan de la mejor manera los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos, integrándolos como elementos fundamentales en el desarrollo de las prácticas, y no basándose simplemente en técnicas convencionales de uso de fertilizantes químicos y aplicación de plaguicidas sintéticos o soluciones biotecnológicas, tales como el empleo de semillas genéticamente modificadas. De hecho, las prácticas agroecológicas contribuyen a mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas al tiempo que se basan en diversos procesos ecológicos y servicios ecosistémicos tales como ciclo de nutrientes, fijación biológica de N, regulación natural de plagas, conservación de suelos y aguas, conservación de biodiversidad y secuestro de carbono. Algunas de estas prácticas ya se han aplicado en diferentes regiones del mundo durante años, mientras que otras se han desarrollado recientemente y todavía tienen una tasa de aplicación limitada.

Sin embargo, es preciso especificar las características que identifican las prácticas agroecológicas y su potencial en el futuro. Por ejemplo, la integración y asociación de los árboles (por ejemplo frutales) con las tierras de cultivo, no es beneficiosa *per se*, sino que están sujetas a los rendimientos de los cultivos, ya que pueden disminuir fuertemente debido a la pérdida de tierras de cultivo o a la competencia por luz, nutrientes y agua por los árboles. Una práctica innovadora puede ser algo completamente nuevo, pero también una práctica basada en

principios antiguos o técnicas que han sido poco estudiadas y que están recién adaptadas, creando así una novedad para la mejora agraria.

La mejora de los suelos ecológicos es particularmente importante para la agricultura en los países en desarrollo, donde los insumos de los cultivos como fertilizantes químicos y pesticidas no están disponibles, y sus costes son elevados, requieren equipos especiales y los conocimientos necesarios para su correcta aplicación no están muy extendidos. El consumo de energía y la contaminación se reducen generalmente en los sistemas de agricultura ecológica.

Así, en agricultura ecológica son fundamentales las prácticas de enriquecimiento de los suelos que finalicen en un equilibrio y estado nutricional de este recurso. En agricultura ecológica no se suele hablar de nutrir a la planta sino de nutrir al suelo. Para ello, las técnicas asociadas varían desde la rotación de cultivos, los policultivos, las asociaciones simbióticas, las cubiertas vegetales, los fertilizantes orgánicos y la labranza mínima, que benefician a la fauna y la flora del suelo, mejoran su formación y su estructura, propiciando sistemas más estables. A su vez, se incrementa la circulación de los nutrientes y la energía, y mejora la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo (Ghimire *et al.*, 2017). La extracción de nutrientes de los cultivos se compensa con los recursos renovables de origen agrícola.

Independientemente de lo expuesto, existen dos prioridades actuales de la agricultura ecológica, por un lado, el reto de mejorar la productividad de los cultivos y de los animales en entornos con bajos insumos externos y por otro lado, seleccionar variedades y razas especialmente adaptadas para estas condiciones de mínimos.

## 1.3.2 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y LA SOSTENIBILIDAD DEL PLANETA

Los informes que evalúan la situación actual o estado del arte del sistema terrestre están tratando de comprender la complejidad de las interacciones en los procesos bio-geofísicos que determinan la capacidad de la Tierra para la autorregulación (EEA, 2010). En este sentido, se han observado umbrales en una serie de procesos ecosistémicos esenciales, que cuando se cruzan hacen que el funcionamiento de un ecosistema cambie fundamentalmente.

Recientemente se ha propuesto una serie de límites planetarios dentro de los cuales la humanidad debe permanecer para evitar un cambio ambiental catastrófico. Al parecer se han superado tres límites críticos, 1) la tasa de pérdida de biodiversidad, 2) el cambio climático y 3) la interferencia humana con el ciclo del nitrógeno, pero existen serias lagunas de conocimiento e incertidumbres sobre cómo actuar en consecuencia. El intento de identificar y cuantificar tales límites planetarios ha iniciado un debate más amplio sobre la viabilidad de tal empresa y si es significativo calcular una tasa global para los procesos, algunos de los cuales están intrínsecamente localizados, como por ejemplo los niveles de nitratos y la pérdida de biodiversidad.

Si bien puede reconocerse el valor general de tal ejercicio científico, se han planteado preocupaciones sobre su justificación, la posibilidad de elegir valores exactos que no son arbitrarios y los problemas de reducir la complejidad de las interacciones. Pueden surgir problemas con respecto a equilibrar los límites con cuestiones éticas y económicas y confundir los valores con los objetivos. Si la actuación no se pone en práctica hasta el establecimiento de límites cuantitativos puede retrasar la acción efectiva y contribuir a la degradación del medio ambiente hasta el punto de no retorno (EEA, 2010).

El concepto de límite planetario sienta las bases para cambiar el enfoque de gobernabilidad y gestión, alejándose del análisis esencialmente sectorial de límites al crecimiento dirigido a minimizar las externalidades negativas, hacia la estimación del espacio seguro para el desarrollo humano. Los límites planetarios definen, por así decirlo, los límites del campo de juego planetario, para la humanidad si queremos estar seguros de evitar grandes cambios ambientales inducidos por el hombre a escala global.

Las repercusiones de la agricultura ecológica en los recursos naturales favorecen la interacción con el agroecosistema, lo que garantiza las producciones agrícolas y la conservación de la naturaleza. Los servicios ecológicos que se obtienen varían desde la formación, acondicionamiento y estabilización del suelo, reutilización de los subproductos, retención de carbono, circulación de los nutrientes, depredación, polinización y suministro de hábitat. Una de las repercusiones directas es la disminución de costes ocultos que genera la agricultura el medio ambiente, desde el punto de vista de la degradación de los recursos. Así lo manifestó hace más de 15 años Vandana Shiva (Shiva *et al.*, 1999) en un artículo especial, donde indica que los altos costos sociales y ecológicos relacionados con la globalización de la agricultura química en todas las regiones. Mientras que los beneficios de la globalización van a las empresas de semillas y de agroquímicos a través de mercados, el coste y los riesgos son asumidos exclusivamente por los pequeños agricultores, campesinos sin tierra y por los consumidores.

La agricultura ecológica ofrece múltiples oportunidades para garantizar la sostenibilidad del planeta, siendo uno de sus fuertes la lucha contra el cambio climático, a través de la reducción de gases de efecto invernadero y contrarrestar el calentamiento global. En este contexto, la agricultura ecológica representa una estrategia multisectorial y multifuncional. Las mismas técnicas que se emplean en la gestión y manejo agroecológico que son citadas en diferentes informes y estudios científicos, como por ejemplo el de Untenecker *et al.* (2017), son las que tienen efectos importantes para combatir la erosión, reducir el lapso de tiempo en que el suelo queda expuesto a ésta, incrementar la biodiversidad del suelo y disminuir las pérdidas de nutrientes, lo que ayuda a mantener y mejorar la productividad del suelo.

Los nutrientes para la producción sostenible de cultivos pueden ser producidos por la transformación del suelo mediante la aplicación de estiércol o compost o fijado por leguminosas. Este nitrógeno fijado por las plantas leguminosas es más sostenible en términos de integridad ecológica, flujos de energía y seguridad alimentaria que el nitrógeno de fuentes industriales, además estos nutrientes están parcialmente enlazados con la biología del suelo y tienen que ser mineralizados por procesos microbiológicos (Baldrian, 2017).

### 1.3.3 AGRICULTURA ECOLÓGICA Y MANTENIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD

La agricultura ha sido históricamente la actividad que más ha contribuido al mantenimiento e incremento de la biodiversidad y del paisaje. La crisis medioambiental en la que se desenvuelven las sociedades industriales, ya no sólo centra su preocupación en los recursos energéticos, sino que como recurso también agotable, la biodiversidad del sistema tiene una cota de interés en el discurso ambiental. Las prácticas de agricultura ecológica tienen como base el diseño de modelos de aprovechamiento de recursos, que no esquilmén a las diferentes poblaciones que constituyen el entorno, y en la medida de lo posible, incrementar la diversidad interna, sistemática e intraespecífica del ecosistema agronómico (Landis, 2017).

La agrodiversidad está compuesta por todos aquellos elementos vivos que existen o pueden ser introducidos en las parcelas de cultivo para tener las mejores condiciones de producción

# 1. INTRODUCCIÓN

---

realizando diferentes funciones (Stoeckli *et al.*, 2017). Esta diversidad se puede clasificar en genética (variedades o especies empleadas); espacial (asociaciones de cultivos, setos, árboles, ganadería-agricultura, etc.); y temporal (rotaciones de cultivo en el terreno...).

En cuanto a la diversidad genética, el conocimiento generalizado es que las variedades tradicionales han demostrado adaptarse mejor a condiciones climáticas adversas (sequía, encharcamiento...) o a diferentes suelos. El largo proceso evolutivo ha posibilitado el desarrollo de mecanismos de defensa (piel dura, segregación de sustancias tóxicas...), contra el ataque de otros seres vivos (insectos, hongos o bacterias), que se alimentan de ellas. Algunas características negativas (menor productividad por unidad de superficie, en condiciones intensivas, poca tolerancia al transporte de largas distancias, en algunos casos, heterogeneidad de sus frutos y dificultad de encontrarlos en grandes cantidades), son obstáculos no abordados para su mejoramiento.

La diversidad temporal, se incrementa con la asociación de cultivos, la plantación de setos o la inclusión de árboles. La asociación de cultivos o policultivos, ya sea por mezcla (cuando los cultivos crecen a la vez en la parcela sin orden determinado), intercalado (alternado de cultivos en dos hileras diferentes), en franjas (cuando crecen a la vez en distintas franjas, pero el ancho permite la interacción agronómica) o en relevo solapados (crecen a la vez durante parte del ciclo de cada uno de ellos), es una fuente importante de varios estudios de innovación tecnológica. Este ordenamiento de cultivos, suele ocupar menos terreno para producir lo mismo que por separado, por los efectos positivos de unos cultivos sobre otros, como por ejemplo, ocurre en el caso de las leguminosas, que obtiene nitrógeno del aire (no del suelo), para ella misma y para el resto de cultivos, produciendo una transferencia de este elemento a los otros cultivos. Algo parecido sucede con algunos nutrientes (fósforo, potasio, calcio o magnesio). Está ampliamente aceptado, que asociar cultivos con distinto sistema radicular, reduce la competencia por los nutrientes, e incluso que un cultivo se convierta en fuente de alimento no disponible para otro, porque ser más eficaz en capturar y transferirlo luego al cultivo asociado, como ocurre con el fósforo, transferido de un cultivo a otro a través de los hongos micorrízicos. En otros casos, la combinación de cultivos, puede aprovechar mejor otros recursos (agua, luz...), y ayudar a la vez a reducir la flora silvestre.

La agricultura ecológica contribuye significativamente (Bengtsson *et al.*, 2005) a la seguridad de las semillas y a la disponibilidad de variedades para el futuro, ya que las variedades utilizadas en agricultura ecológica son robustas y se adaptan a las condiciones agro-ecológicas locales, en la mayoría de los casos están mantenidas por los propios agricultores ecológicos, pasando a ser guardianes de la biodiversidad, conservando *in-situ* especies y variedades locales y tradicionales, intercambiando semillas con otros agricultores, etc.

Los agricultores ecológicos son guardianes de la biodiversidad a la vez que la utilizan. En el plano genético, prefieren las semillas y las variedades tradicionales y adaptadas, por su mayor resistencia a las enfermedades y a las presiones del clima. En el plano de las especies, diversas combinaciones de plantas y animales optimizan los ciclos de los nutrientes y la energía para la producción agrícola. En cuanto al ecosistema, mantener zonas naturales dentro y alrededor de los campos de cultivo, así como que no se utilicen insumos químicos, propician un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres. La utilización frecuente de especies subutilizadas (a menudo como cultivos de rotación para restablecer la fertilidad del suelo) reduce la erosión genética y crea una reserva de genes más sana, que es la base de la futura adaptación. Al proporcionarse estructuras que ofrecen alimento y abrigo, y al no utilizarse plaguicidas, se propicia la llegada de especies nuevas (de tipo permanente o migratorio) o que otras anteriores

vuelvan a colonizar la zona ecológica, especies de flora y de fauna -como algunas aves- y organismos benéficos para el sistema orgánico, como polinizadores y depredadores de las plagas.

## 1.3.4 POLÉMICA SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

Desde la revolución verde industrial, la agricultura convencional basada en el uso de los insumos químico-sintéticos se ha planteado como una práctica agrícola aceptada como norma generalizada. Esta agricultura industrializada basada en la mecanización de las labores, la búsqueda de la productividad y rentabilidad máxima, monocultivos y organismos genéticamente modificados precisa de alternativas respetuosas, porque en los últimos años se están manifestando problemas globales vinculados con la relación agricultura-alimentación, tales como la escasez, el hambre, la malnutrición, la inseguridad, el suministro excedentario y los costes adicionales, la contaminación de los alimentos, además de la pobreza, el cambio climático y la crisis financiera (FAO, 2013b). La agricultura ecológica se ha convertido en la alternativa sostenible a los graves problemas de la contaminación de la agricultura industrial, y cada vez más obtiene mayor importancia en el mundo bien por el incremento en el consumo, como por el incremento de las superficies de producción. en el mundo. Sin embargo, existe una oposición entre los dos sistemas de producción que ha derivado en largos enfrentamientos (Engler, 2012), a pesar de ciertas posturas que buscan su integración (Ammann, 2009), incluso de las corrientes que intentan que los cultivos genéticamente manipulados formen parte de las técnicas autorizadas en agricultura ecológica (Ryffel, 2017).

Las grandes controversias se producen cuando se comparan los sistemas frente a los rendimientos y a la calidad de los alimentos. Shennan *et al.* (2017) ponen de manifiesto que al cuestionar la dualidad entre los dos sistemas productivos aparecen los peligros de las comparaciones de sistemas de cultivo orgánico-convencional, siendo las parcelas donde se centran los estudios comparativos las relacionadas con cuatro objetivos de sostenibilidad: 1) productividad, 2) salud ambiental, 3) viabilidad económica y 4) calidad de vida. Y se argumenta que los sistemas agrícolas se posicionan a lo largo de gradientes entre tres conjuntos productivistas, el industrial, el agrario y el ecológico, y que serán apropiados los diferentes sistemas ante los diferentes contextos y escenarios.

No obstante, muchos trabajos concluyen que, a pesar de los menores rendimientos de los cultivos ecológicos, existen considerables evidencias de beneficios ambientales y sociales. Dadas estas ventajas y el potencial para reducir las brechas de rendimiento en los sistemas con base agroecológica, son necesarias mayores inversiones en investigación y experimentación en agricultura ecológica (Garibaldi *et al.*, 2017). En esta línea (Seufert *et al.*, 2012) indican que la agricultura ecológica tiene una capacidad productiva igual a la de la agricultura industrial para algunos cultivos (frutos y semillas oleaginosas) y una producción comparativa global del 75%. Por lo tanto, argumenta la importancia de la investigación para identificar las causas de esta brecha de rendimientos para promover la contribución de la agricultura ecológica a la producción mundial de alimentos.

La pregunta que subyace en la mayoría de los enfrentamientos es si la agricultura ecológica tiene el potencial para producir suficientes alimentos a escala mundial y puede contribuir significativamente al suministro mundial de alimentos. La respuesta a esta pregunta es compleja pues el concepto holístico de la agricultura ecológica no permite la simplificación, además requiere de otra pregunta colateral que dadas las condiciones de cambio climático actuales parece más lógica ¿Cómo alimentar al mundo de forma sostenible? Para contestar a estas

cuestiones hay que considerar que los sistemas ecológicos son diversos y se evalúan en base a la productividad total de la finca y no en base a un único cultivo. Además, los sistemas ecológicos se basan en ecosistemas locales e incrementan la disponibilidad y acceso a alimentos sanos y seguros, precisamente en aquellos lugares donde la pobreza y el hambre son más severos, por lo que la sostenibilidad y la soberanía alimentaria son estrategias ecológicas a seguir. Además, los alimentos deben cumplir con la función de nutrir, mantener la salud y prevenir enfermedades.

De carácter general, para responder a esta pregunta, habría que plantearse cuestiones de lógica, como cuántos alimentos deben ser producidos, qué tipo de alimento, quién lo produce y dónde se produce, si los agricultores tienen acceso a la tierra, la tecnología y el conocimiento necesarios para producir los alimentos y si los que más lo necesitan lo podrán comprar. Un número cada vez mayor de expertos internacionales está de acuerdo en que los sistemas agroecológicos como los orgánicos son los más adecuados para satisfacer las necesidades de las personas más pobres, al tiempo que se invierte en la degradación del medio ambiente.

### 1.4 LA INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

La investigación es un elemento clave en la exploración de nuevas vías en los sistemas agrícolas. La agricultura ecológica depende de métodos específicos y de una regulación estricta. En el diseño, la agricultura ecológica armoniza las dimensiones ambientales y productivas de los sistemas agrícolas. De forma genérica la investigación está envuelta en polémica, y la investigación en materia de agricultura ecológica ha sido y es un punto crítico, pues las ayudas para esta disciplina han sido significativamente bajas. Baret *et al.* (2015) evalúan las inversiones en investigación en agricultura ecológica, a partir de los datos existentes en la base de datos Cordis, recogidos nivel de la UE y a nivel nacional para cuatro países: Francia, Bélgica, Alemania y los Países Bajos. El análisis de la base de datos mostró un grave desequilibrio entre las agriculturas biotecnológicas y la agricultura ecológica o de bajos insumos. La financiación total de los programas marco de investigación del quinto al séptimo (5PM, 6PM y 7PM) ascendió respectivamente a 13700, 17500 y 50000 millones de euros. La proporción de la investigación en la agricultura es entre 3 y 4% de este presupuesto total.

En los cuatro países estudiados con más detalle, no se dispone de una estimación de los gastos públicos y privados en biotecnología, por lo que es imposible realizar una evaluación comparativa de la inversión en agricultura ecológica y biotecnología. Las estimaciones de la proporción de los presupuestos públicos en investigación agrícola asignados a la agricultura ecológica apuntan a una inversión global inferior al 5%. Los Países Bajos y Bélgica dedican, respectivamente, el 3 y el 5% del presupuesto total de investigación agrícola a la agricultura ecológica. Francia y Alemania se quedan atrás con una cuota de sólo un 1% para la investigación en agricultura ecológica, pero los datos para Francia se basan únicamente en costes adicionales y no tienen en cuenta los salarios de investigadores y otras instituciones de investigación implicadas en los proyectos de investigación de agricultura ecológica. La financiación de la investigación en agricultura ecológica sigue siendo la excepción tanto a nivel de la UE como a nivel nacional.

En diferentes países (donde no se incluye España), se dedican programas específicos de investigación a la agricultura ecológica. Las cantidades totales de fondos económicos son limitadas, pero en la mayoría de los casos los programas son plurianuales y ayudan a crear experiencia a largo plazo para el sector. Los países con programas a largo plazo incluyen a Dinamarca, Francia, Alemania y Suecia. La financiación de la investigación en agricultura

# 1. INTRODUCCIÓN

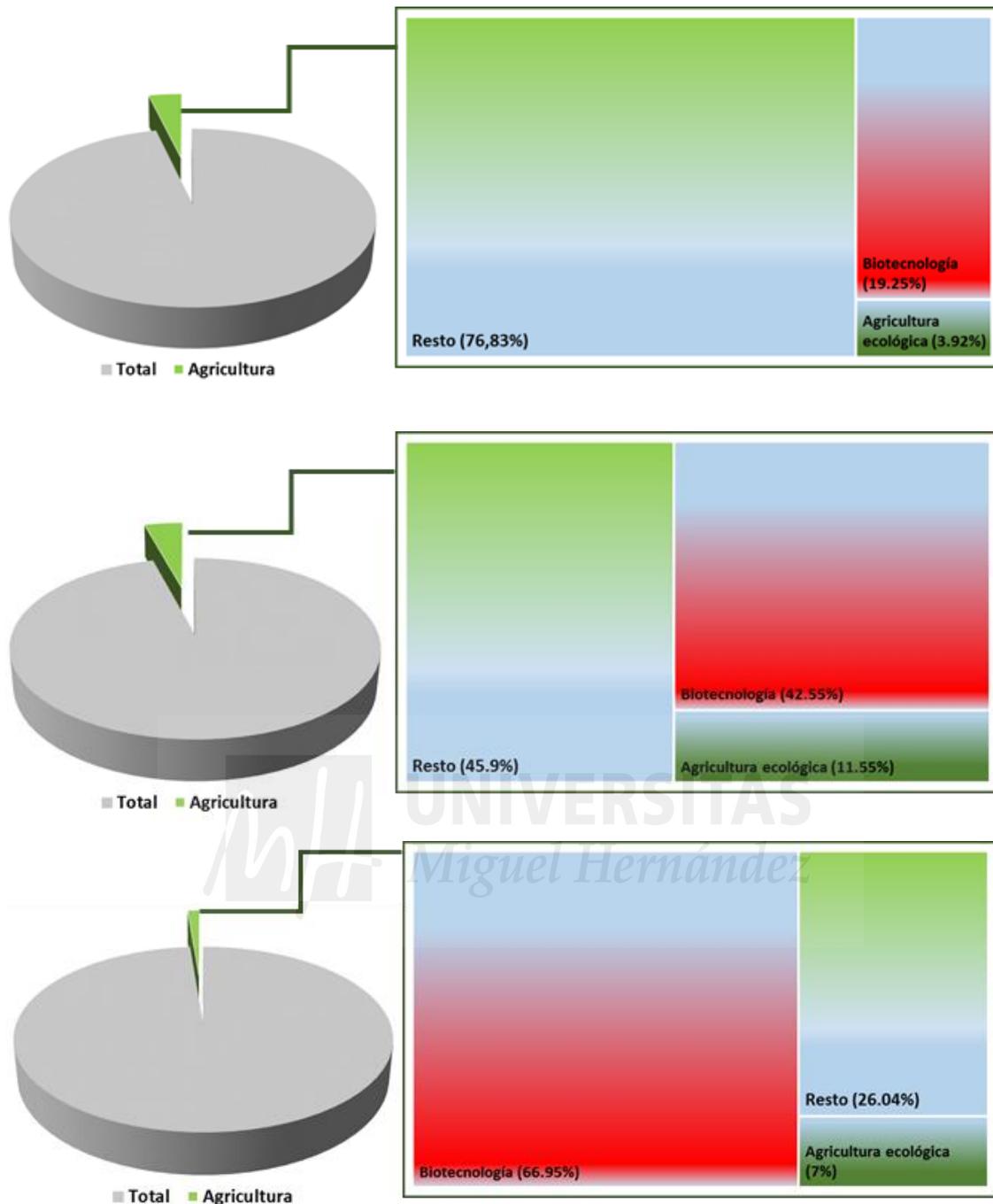
ecológica es importante porque la agricultura ecológica representa un camino eficiente hacia la agricultura sostenible. Según los datos registrados, entre 1998 y 2013, la cantidad invertida en biotecnología aumentó del 20 a casi el 75% del presupuesto total de investigación agrícola. Estos datos pueden contener ligeras diferencias, por lo que se debe ser cauteloso, pero evidencia que la financiación en investigación sigue unas tendencias alejadas de las necesidades en agricultura ecológica, potenciando otras áreas del conocimiento. En comparación, la financiación de la investigación sobre la agricultura ecológica es marginal, con una cuota que varía del 3 al 11%, el gasto fue más alto en el 6PM y ha disminuido durante los últimos años (figura 2).

Se observa que en el período de tiempo (1998-2002) de ejecución del quinto programa marco (5PM) los fondos adjudicados a agricultura fueron del 3.79% respecto al total invertido en investigación, de los cuales se repartió el 19.25 en proyectos de biotecnología, mientras que la cuota para las investigaciones en agricultura ecológica sólo alcanzó el 3.92%. Los datos para el 6PM (2002-2007) no fueron más alentadores, porque aunque la inversión en investigación fue superior, la fracción dedicada a agricultura en su totalidad fue del 4.33%, y aunque la financiación para los proyectos en agricultura ecológica subieron a un 11.55%, se observa un agravio frente a la espectacular subida (42.55% frente al total derivado a investigación en agricultura) que presentan los proyectos en materia de biotecnología. Los datos del 7PM (2007-2013) muestran una situación con mayor perjuicio hacia la agricultura en general y en particular hacia la ecológica, ya que la inversión en la UE para ese período en investigación en agricultura descendió al 1.3% frente al total, y de esta inversión más del 50% (66.96%) se destinó a proyectos en base a materias biotecnológicas, mientras que la inversión en proyectos de investigación en agricultura ecológica descendieron al valor del 7% de los destinado a agricultura en general.

En cualquier caso, la situación de la investigación en producción ecológica es paradójica. Por un lado, los proyectos de investigación basados en la agricultura ecológica tienen un alto grado de éxito y presentan alternativas a la agricultura convencional. Pero por otra parte, la financiación de la investigación en agricultura ecológica es muy baja tanto a nivel europeo como nacional.

La situación actual es que la UE ha puesto en marcha *The European Innovation Partnership* (EIP) con nuevos enfoques dentro de la Iniciativa Europa 2020 para impulsar la investigación y la innovación en la UE40. Entre los cinco objetivos principales lanzados está el EIP para la Productividad Agrícola y la Sostenibilidad (EIP-AGRI). El objetivo general es impulsar el sector agrícola y forestal convirtiéndose al mismo tiempo en competitivo y sostenible. Para acelerar la innovación y poner en práctica las soluciones, se aplica un modelo interactivo de innovación, donde diferentes "Grupos Operativos" (agricultores, asesores, investigadores, empresas, etc.) aborden los problemas conjuntos. Uno de los primeros grupos EIP-AGRI se centró en la optimización de los rendimientos en la agricultura ecológica (EIP-AGRI, 2013).

La financiación está disponible a través de los Programas Regionales de Desarrollo Rural (PDR) y Horizonte 2020. La agricultura ecológica y el establecimiento de sistemas agroforestales se mencionan explícitamente para contribuir a las principales preocupaciones de la regulación del PDR. También se convocan en el marco de Horizon 2020 (especialmente en el subprograma 2: "Seguridad alimentaria, agricultura y silvicultura sostenibles, investigación marina y marítima y de aguas continentales y bioeconomía").



**Figura 2. Distribución porcentual de la investigación en agricultura en el 5PM (arriba), 6PM (medio) y 7PM (bajo) y repercusión en proyectos en biotecnología y agricultura ecológica.**

Teniendo en cuenta que la agricultura ecológica es relevante y rentable tanto a nivel de la finca, como para la sociedad en su conjunto, el aumento de la inversión en investigación sobre la agricultura ecológica ayudará a dar algunas respuestas a muchos problemas ambientales y sociales sobre los sistemas agrícolas.

## 1.4.1 LA CIENCIA REDUCCIONISTA PARA MEDIR SISTEMAS VIVOS COMPLEJOS

La trayectoria del pensamiento científico y de las maneras diferentes de pensar e interpretar la ciencia, constituye un factor histórico estratégico, clave para el desarrollo de las sociedades. Así, se consideran verdaderos aquellos saberes que coinciden con los objetivos y necesidades del poder vigente. No en vano, estos poderes contribuyen a legitimar y fortalecer la credibilidad de los resultados de la ciencia y es por ello que se validan las prácticas sociales que regulan valores y conductas de la ciencia. La razón moderna se constituyó excluyendo y pronunciando la neutralidad ética y política, garantizando una supuesta objetividad bajo una visión reduccionista que avaló la ciencia durante siglos.

El énfasis de la ciencia tradicional empirista y positivista se centra en el análisis de procesos y en la verificación empírica. La atomización del objeto de las ciencias basadas en estos principios epistemológicos impidió las construcciones complejas irreductibles a ese principio de verificación empírica. Ese mundo inteligible, organizado, predecible, lógico, ordenado, comprensible y reproducible, constituyó la razón de ser y la herencia del racionalismo cartesiano newtoniano.

La epistemología de la complejidad surge para ofrecer otra mirada, otra forma de ver un replanteamiento sobre la propia ontología de lo real, lo cual de hecho implica su reconocimiento a los efectos de la producción del conocimiento y, plantear nuevas formas para la construcción del conocimiento, que trascienden el carácter analítico, simple y descriptivo que domina la producción del conocimiento en el paradigma positivista. Ontológicamente la epistemología de la complejidad implica aceptar la naturaleza múltiple y diversa de lo estudiado, la integración y desintegración de elementos diferentes y contradictorios en distintos tipos de unidad, la aceptación del cambio y la mutabilidad de los objetos, de lo imprevisto como forma de expresión alternativa de un sistema ante hechos similares ocurridos en el tiempo, así como comprender formas irregulares de orden, rompiendo con el concepto de orden equivalente a secuencia regular (Andrade *et al.*, 2002).

Rompiendo con el paradigma de la reducción del conocimiento a las partes que lo componen, con el determinismo, la ocultación del azar de la novedad y la aplicación de la lógica mecanicista a los problemas de la naturaleza y lo social, surge el pensamiento complejo que busca distinguir, reconocer lo singular y lo concreto, sin desunir. Religar entre orden, desorden, organización, contexto e incertidumbre, sin dar como verdad esa particular organización de un conjunto determinado.

La naturaleza ya no se concibe como gobernada por leyes inmutables. Toda la naturaleza es evolutiva y la memoria es inherente a la propia naturaleza. Esta memoria es acumulativa y mediante la repetición se hace habitual. Por ello, las leyes que se creen inmutables obedecen a la observación de estos hábitos. En vez de leyes naturales, son estos hábitos relacionados con el tiempo y el espacio, los que pasan a condicionar los procesos de evolución y crecimiento. Además, las estructuras no son inmutables sino que cambian al mismo tiempo que cambia el sistema con el que está asociado.

Por lo tanto, en los sistemas vivos complejos, no es posible hacer referencia a nada externo al observador para convalidar sus explicaciones, porque no es posible la objetividad y no se puede referir a nada externo al observador para validar las explicaciones. En consecuencia, pueden existir varias explicaciones de acuerdo a distintos observadores y se pueden evidenciar muchas realidades explicativas y cualquier desacuerdo debe conducir a una reflexión de coexistencia. Lo

que valida una explicación son las coherencias operacionales que las constituyen en su praxis de vivir independientemente del criterio de aceptabilidad.

La agroecología se acerca a su objeto de estudio desde los sistemas complejos, e incluye todos los componentes del agroecosistema sin descuidar su multidimensionalidad. Esta perspectiva la separa del paradigma cartesiano que simplifica, reduce y fracciona al objeto de estudio. Este enfoque emplaza a la agroecología en el campo de los sistemas complejos, y la constituye como una ciencia que aborda su objeto de estudio desde un enfoque epistemológico multidimensional. Para Toledo (2012) la confluencia de todas estas áreas de conocimiento lleva a la agroecología a constituirse como una disciplina híbrida, que resulta de las reacciones al proceso de parcelación y especialización excesiva de la ciencia contemporánea.

## 1.4.2 POLÍTICA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA REVISADA POR PARES

La investigación agroecológica debe estar enmarcada en un enfoque epistemológico que no solo permita la comprensión y el estudio de la resiliencia socioecológica de los agroecosistemas, sino que además aborde los fenómenos desde la complejidad y la multidimensionalidad. Para ello se debe tener en cuenta que los actores más relevantes son las personas con injerencia sobre el sistema de producción, en todos sus niveles. De estos actores conviene indagar y analizar sus características sociales y culturales y el conocimiento que tiene del agroecosistema.

El enfoque sistémico como marco epistemológico de la investigación en agroecología no pretende predecir eventos futuros o establecer relaciones causa-efecto, tal como se ha sugerido históricamente en la ciencia convencional. En su lugar, tiene como propósito la comprensión de los fenómenos en un lugar y tiempo, y por tanto estos fenómenos no son susceptibles de ser generalizados (Álvarez-Salas *et al.*, 2014).

Los factores determinantes de la innovación y los factores que influyen en las opciones de investigación, como las políticas científicas, las asociaciones público-privadas, la financiación y las rutinas culturales y cognitivas de los científicos, se combinan para favorecer regímenes tecnológicos adecuados al reduccionismo científico y marginan los enfoques holísticos como la agroecología. Las interacciones entre estos determinantes de la innovación construyen un régimen tecnológico y una situación de bloqueo que dificulta el desarrollo de la investigación agroecológica (Vanloqueren y Baret, 2009).

La investigación agroecológica se concentra en asuntos puntuales del área de la agricultura, pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales. Para ello, las estrategias metodológicas deben establecer las particularidades socioculturales que humanizan los agroecosistemas. Se necesita abandonar el enfoque de arriba debajo de la investigación y extensión agraria y promover enfoques participativos de abajo a arriba que promuevan la innovación local y respondan a los ambientes complejos y heterogéneos en los que viven los pequeños campesinos. Con el fin de facilitar la difusión de las prácticas de la agroecología, deben promoverse intercambios entre campesinos y métodos de extensión de bases.

Estos enfoques metodológicos de la investigación en agroecología, centran la evaluación de los resultados de la investigación en sistemas abiertos, que se puede ejecutar por los propios campesinos o de forma participativa, con los investigadores.

Estas metodologías de evaluar los resultados, debería ser aplicada también a las políticas de investigación agraria, y de concesión de proyectos. En la actualidad, los procedimientos de revisión y adjudicación de proyectos se desarrollan en cerrado, es decir, si los promotores de

iniciativas en investigación, ni los evaluadores se conocen. Esta ocultación es la forma que las instituciones tienen para proteger a los evaluadores de posibles presiones por parte de los proyectos evaluados, a la vez que se protege de teóricos conflictos de intereses. La realidad es que resulta difícil comprender cuáles son las motivaciones y sensibilidades del grupo invisible de evaluadores, lo que lleva a una situación ambigua de concesión de proyectos, en lugar de estar basada en prioridades. Una asignación más equilibrada de recursos en investigación agrícola y reformas significativas en el marco más amplio que influye en las prioridades de investigación son necesarias para integrar los enfoques agroecológicos basados en la ciencia de la complejidad dinámica y el conocimiento local de los agricultores.

Por ello son necesarias acciones concertadas por parte de los gobiernos para ampliar la producción agroecológica, especialmente mientras algunos países todavía se están moviendo para reformar sus sectores agrícolas en la dirección contraria. Habrá diferencias significativas entre las transiciones agrícolas en diferentes países, con requisitos específicos y barreras para el cambio. La política de desarrollo internacional debe reconocer las diversas capacidades y necesidades de los diferentes países, lo que debería reflejarse en las prioridades. Así como una sola práctica agroecológica no será universalmente apropiada, ninguna política será relevante en todas partes. En algunas regiones, la seguridad alimentaria y la estabilidad o la tenencia de la tierra y el acceso a los mercados pueden ser más significativos, mientras que en otros, la disminución grave de los servicios de los ecosistemas puede ser la prioridad más inmediata. En todos los casos, los encargados de formular políticas enfrentarán el reto de equilibrar una serie de necesidades y prioridades, por lo que deben establecerse directrices sólidas para gestionar las compensaciones y promover sistemas de investigación que den salida a estos problemas.





## **2. JUSTIFICACION, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

## **2. JUSTIFICACION, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

---

### **2.1 JUSTIFICACIÓN**

Durante la última década, la compra de alimentos ecológicos dentro de un contexto de consumo sostenible ha presentado un incremento significativo, este incremento en el consumo ha producido, a su vez, un aumento de la superficie dedicada a la producción ecológica, de la ganadería incluida dentro del modelo de producción ecológica y de las industrias de transformación de alimentos ecológicos, de manera que los consumidores pueden encontrar una oferta amplia de productos, que satisfacen la cesta de la compra y las necesidades mayoritarias de consumo. El hecho de que existan grandes intereses en el sector agroalimentario está moviendo a que grandes empresas del sector estén realizando la apuesta en la conversión y comercialización de marcas tradicionalmente convencionales a sus homólogas en ecológico.

Esta tendencia, lejos de ser una moda, parece indicar que sigue tendencias crecientes y que el mercado puede seguir experimentado grandes crecimientos, de manera que parece ser cierta la afirmación “la agricultura ecológica ha llegado para quedarse”. Esto está derivando a que la agricultura ecológica está ganando legitimidad en los medios de comunicación y en las agendas políticas. Independientemente de las campañas publicitarias, algunos medios de comunicación, lejos de realizar una información veraz, toma partido o se mueven por opiniones sensacionalistas, distorsionando la realidad o condicionando a la toma de posiciones.

La información debe ser generada en este caso de la investigación. Las aportaciones que desde el ámbito científico se realizan en materia de agricultura ecológica se han incrementado en los últimos años, aun cuando, las inversiones en esta disciplina son excepcionalmente bajas, en términos económicos, de manera que la agricultura ecológica sigue siendo considerada como alternativa en la agenda de investigación.

Por otra parte, en algunas aportaciones científicas se señalan conclusiones contradictorias y dificultades para evaluar estudios comparativos, en muchos casos como consecuencia de inconsistencias en la escala y las condiciones de los límites en la comparación, en otros casos la ausencia de rigor estadístico, revisiones no realizadas por pares, comparaciones que no son pareadas, o incluso el estudio comparativo de datos donde el origen ecológico es dudoso, como por ejemplo datos publicados anteriores a la fecha de la normativa ecológica, donde la adecuación de determinadas tecnologías ha podido variar temporalmente y espacialmente.

Los juicios negativos y contrarios realizados hacia la agricultura ecológica deben ser debatidos con mayor voluntad política e inversión en investigación. Esto ayudaría no sólo a fomentar la agricultura ecológica, sino también a informar y mejorar la sostenibilidad de otras formas de agricultura, ya que muchos de los componentes de la agricultura ecológica pueden implementarse dentro de otros sistemas agrícolas sostenibles e incluso en la agricultura convencional para reducir impactos medioambientales. Así se necesitan herramientas de evaluación que describan fiablemente los impactos ambientales de los diferentes sistemas agrícolas con el fin de desarrollar modelos sostenibles de producción agrícola de alto rendimiento con un impacto mínimo sobre el medio ambiente.

## **2. JUSTIFICACION, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

---

### **2.2 OBJETIVOS**

El principal objetivo del presente trabajo es analizar la literatura científica publicada desde 2007 a mayo de 2017, que haya sido ejecutada bajo el criterio de pares o bien hayan sido publicadas en el formato de revisión sistemática o metaanálisis o bien bajo el formato de revisión científica. El estudio se focaliza en las aportaciones, que enfoquen las dimensiones de la agricultura para abordar, de forma comparativa, los principales temas del siglo XXI en la agricultura y los sistemas alimentarios.

Los objetivos individuales del presente trabajo son:

1. Estudio y evaluación de las contribuciones científicas amparadas en principios de naturaleza medioambiental, que tengan repercusión en estudios sobre la biodiversidad, la salud del suelo, el agua, el aire y los impactos sobre el clima.
2. Estudio y evaluación de las contribuciones científicas amparadas en principios de salud humana, que tengan repercusión en estudios sobre la composición y calidad nutricional de los alimentos, presencia de sustancias potencialmente peligrosas, valor organoléptico de los alimentos e incidencias sobre la salud.
3. Estudio y evaluación de las contribuciones científicas amparadas en principios de justicia y respeto social, que tengan repercusión en estudios de multifuncionalidad de la agricultura ecológica, en concreto sobre la productividad global de las explotaciones, la empleabilidad, la gobernanza, el dinamismo y la competitividad.

### **2.3 PLAN DE TRABAJO**

Para llevar a cabo los objetivos planteados se ha trabajado en la búsqueda de material científico publicado entre 2007 y 2017 para concretar sus aportaciones en cada uno de los objetivos individuales. Cada aportación se ha incluido dentro de un grupo e incluso algunas aportaciones han formado parte de más de un grupo.

Además, se ha sometido a una clasificación gráfica que permita visualizar el estado del arte, en cada una de las repercusiones individuales.

La figura 3 muestra la clasificación establecida en el plan de trabajo, para cada una de las categorías que ha permitido contextualizar las

## 2. JUSTIFICACION, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

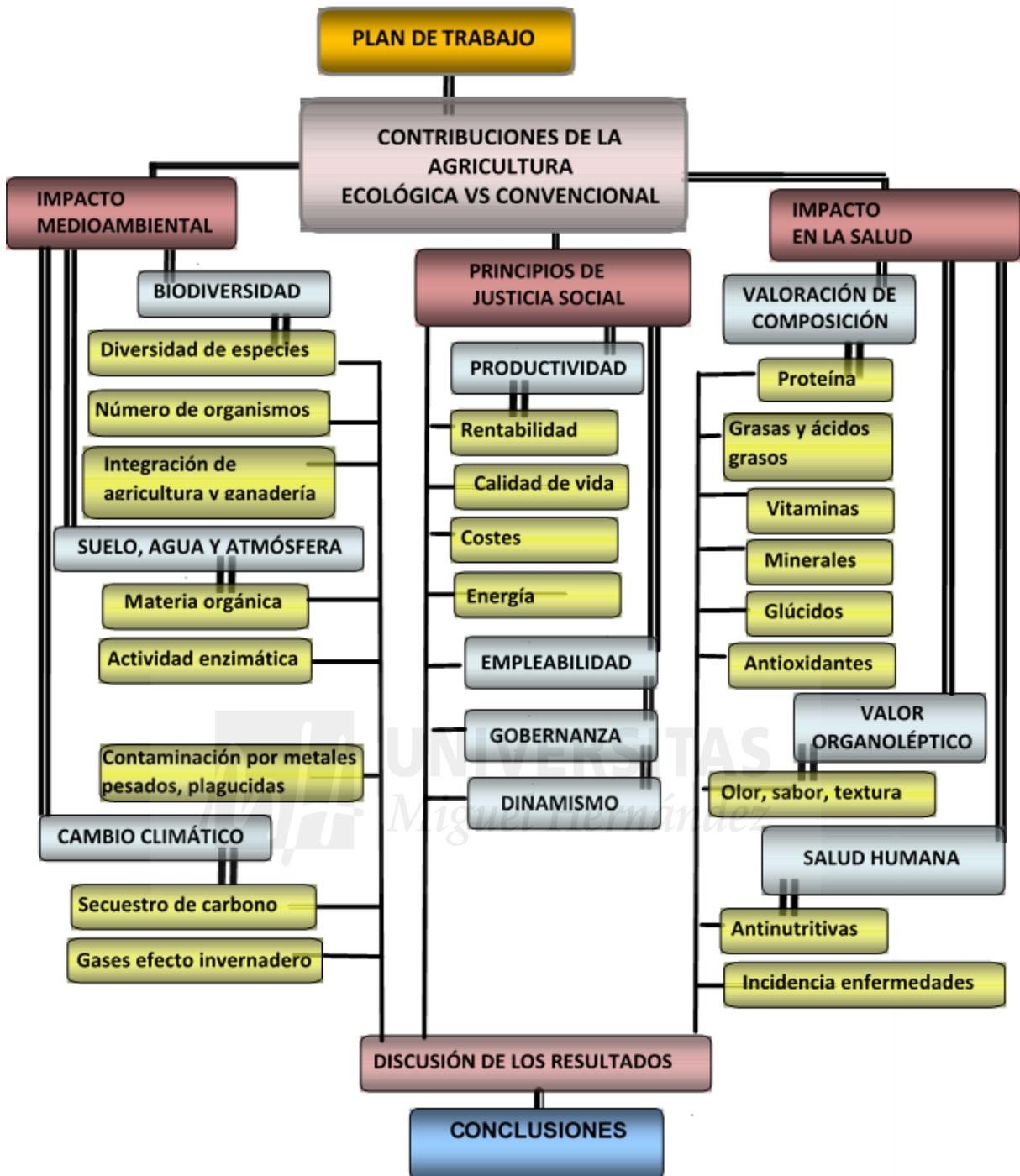


Figura 3. Esquema para el plan de trabajo.



### **3. METODOLOGÍA**

### 3 METODOLOGÍA

La metodología seguida ha consistido en realizar un análisis de la literatura tras una búsqueda bibliográfica en bases de datos de gran envergadura. Las consultas se han concentrado en librerías digitales (navegadores), por ejemplo:

- U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health.
- International Society for Horticultural Science ISHS.
- Wiley on line Library, en concreto las bases relacionadas con Food Science & Technology.
- Organic eprints.
- ScienceDirect.
- Digital Scientific Library, Inist-Cnrs.
- Springerlink.
- Alert Science.
- PubMed-indexed for MEDLINE.
- CABDirect.
- Open Journal Systems (OJS).
- ACS Publications.
- Emerald.
- The online platform for Taylor & Francis Group.
- Ingentaconnect from Publishing Technology.
- National Agricultural Library de la United States Department of Agriculture (USDA).
- RMIT Research Repository.
- Mary Ann Liebert, Inc. Publishers.
- Cambridge University Press.
- Refdoc.fr.

En la parte de estudio y elaboración de los resultados de este trabajo se han revisado principalmente artículos publicados en revistas de impacto y puntualmente algún congreso internacional y alguna referencia de organismos oficiales, contemplando el espacio temporal que abarca desde 2007 hasta mayo de 2017, con alguna inclusión muy puntual anterior al 2007.

El contenido de los artículos citados se centra en un primer plano en los efectos medioambientales, evaluando las incidencias sobre la biodiversidad, la contaminación de los recursos, las emisiones de gases efecto invernadero, los efectos del cambio climático, etc. En un segundo plano evaluando los contenidos de nutrientes de los alimentos producidos ecológicamente, en concreto en el contenido de macronutrientes (hidratos de carbono, lípidos y proteínas), micronutrientes (vitaminas y minerales), fitonutrientes o fitoquímicos, ácidos grasos y componentes relacionados con la composición química, así como trabajos donde se evalúan parámetros de carácter sensorial. Por otro lado, se han consultado los trabajos científicos que directamente relacionan los alimentos ecológicos con la salud, bien por hacer referencia a la concentración de sustancias químicas perjudiciales (nitratos, residuos fitosanitarios, residuos de medicamentos, etc.) o bien por hacer referencia a la presencia de microorganismos. Los artículos consultados y estudiados hacen referencia directamente a los alimentos producidos a partir de la agricultura ecológica y/o a las prácticas de manejo agroecológicas. En el tercer plano se han contemplado los efectos sobre valores de justicia social, evaluando los impactos sobre los rendimientos no sólo desde el punto de vista de productividad, sino en calidad de vida de los productores, etc.

### 3. METODOLOGÍA

Se han incluido artículos que han contemplado el estado de situación a través de metaanálisis o revisiones exhaustivas, aunque en cada uno de ellos se han detectado deficiencias, que se subsanan con el estudio complementario de todos los mega análisis. En principio se pretendió evaluar la información desde 1988, año en el que oficialmente se reconoce el término de agricultura ecológica, y más en concreto a partir de 1992, por ser el año de la publicación del primer reglamento de regulación de la producción ecológica a nivel europeo. Pero las aportaciones incluidas en estos años, aportan deficiencias en cuanto comparaciones de pares, inconsistencias en la escala y las condiciones de los límites en la comparación, etc. Por otro lado, es posible que no toda la información disponible se haya estudiado, por lo que el camino queda abierto para seguir incluyendo aportaciones de valor.

Las fuentes de datos relevantes utilizadas para esta investigación fueron mayormente los denominados recursos abiertos, que comprenden colecciones de revistas y repositorios digitales. En general, no se aplicó ningún criterio específico para filtrar las publicaciones con base en calidad científica, sino más bien se buscaron por sus resúmenes, para observar que estuvieran relacionados con las mayores críticas realizadas hacia la agricultura ecológica. Así como por fechas, disponibilidad, relevancia geográfica y accesibilidad idiomática (se excluyeron publicaciones en alemán, francés, italiano, chino, indio, japonés, entre otros). Las palabras clave representativas empleadas en la búsqueda, han sido “calidad”, “salud”, “composición”, “nutricional”, “agricultura ecológica”, “agricultura ecológica”, “agricultura biológica”, “agroecología”, “impacto”, “rendimiento”, “gases de efecto invernadero”, “cambio climático”, también se han realizado búsquedas por autores, de conocido prestigio en el tema de la agricultura ecológica.

No toda la bibliografía citada abarca exclusivamente el tema de las evidencias de las bondades de la agricultura ecológica para programar la agricultura del futuro. También se han contextualizado trabajos científicos que sirven de introducción o de aclaración en la materia.

En los casos donde no ha sido posible alcanzar el artículo al completo, se ha trabajado con el resumen del mismo. El acceso a los textos bibliográficos completos de los artículos analizados ha sido de varias maneras.

- Por acceso directo al texto completo disponible de manera gratuita en Internet, proporcionando un enlace directo.
- A través del “objeto digital identificador” (DOI), que son códigos disponibles para la mayoría de los artículos de revistas. El sistema DOI permite a los usuarios tener acceso constante a los textos electrónicos de los derechos de autor y protegidas. Para localizar la información acerca de un artículo individual, incluida la referencia completa, el resumen y la disponibilidad de información, sólo hay que adjuntar el código de artículo DOI al final de la dirección URL: <http://dx.doi.org/>.
- A través de la biblioteca de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Bajo solicitud directa al autor.

El tratamiento de los datos ha sido objetivo, aunque “ni la objetividad ni la neutralidad son posibles en términos absolutos”, ya que incluso el investigador es parte de una cultura, de una ideología, se coincide en valores y se persiguen diferentes fines; más allá de intentar la abstracción. Esto es un problema fundamental del que, en lugar de pretender escapar, como hace la ciencia moderna (aferrándose a la perseguida neutralidad y objetividad) se asume como una parte constitutiva del conocimiento en sí.

Las herramientas estadísticas empleadas para analizar los resultados, han sido exclusivamente descriptivas, ya que se han evaluado un número muy alto de aportaciones, enmarcadas en las disciplinas de impacto ambiental, la calidad de los alimentos y la justicia social, pero donde se abarcaban objetivos de diferente amplitud y complejidad, dificultando por el momento, poder obtener índices que evaluaran los diferentes impactos.

El análisis de los estudios fue realizado por medio de lectura exploratoria del material bibliográfico encontrado, utilizándose un abordaje cualitativo. La lectura de los artículos y reportes permitió colocar en evidencia las principales convergencias encontradas, que fueron sintetizadas, agrupadas y categorizadas.

En la introducción del trabajo se ha usado principalmente literatura gris. Es decir, aunque se ha aportado la reflexión de algunos artículos para evaluar la situación de partida o estado del arte, contemplando puntualmente alguno con fecha anterior al 2007, ya que su importancia se consideró esencial para el contexto, se han consultado y considerado con más rigor informes no vinculantes, realizados por entidades e instituciones de referencia, tanto a nivel de Agroecología, como la Sociedad Científica de Agroecología de Latino América (SOCLA), de agricultura ecológica, como la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (IFOAM), como de agricultura en general, como la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de Naciones Unidas.

Aunque dentro de la disciplina agroecológica caben las aproximaciones especializadas, que permiten estudiar procesos o compartimientos independientes, prevalece el objetivo general de integrar fenómenos, en escalas cada vez más agregadas, incluyendo aspectos en el ámbito biofísico, conexiónados con los de tipo social, económico o político.

Los estudios agroecológicos requieren metodologías y procedimientos que respondan a la complejidad de los sistemas agrarios locales, lo que supone un reto a la hora de la investigación, ya que los modelos productivos, están interconectados con los sistemas naturales y con los sistemas humanos, resultando tremendamente complejo, generalizar resultados. Así por ejemplo son relativamente factibles evaluar los trabajos cuyos objetivos van dirigidos a establecer el efecto del sistema sobre la producción vegetal, el control de plagas y enfermedades, las evaluaciones comparativas de biodiversidad y sus relaciones con la estabilidad y/o productividad agraria, el manejo de cubiertas vegetales, para evaluación de biodiversidad o para control de la erosión, la evaluación puntual de materiales con efecto biofertilizante, el manejo del agua, la valoración comparativa de la composición nutricional, etc. Siendo más complejas de evaluar, las investigaciones se conjugaron visiones diferentes de la realidad y se ponen a prueba métodos distintos de abordaje de problemas, como por ejemplo, estudios sobre los efectos del uso de plaguicidas, sus concentraciones en los acuíferos y sus implicaciones en la salud humana, estudios que evalúen los cambios sociales, como consecuencia de procesos de reconversión agrícola, trabajos que permitan obtener información del impacto de determinadas prácticas agrícolas sobre la renta de los agricultores, su calidad de vida, el impacto en la contaminación, la evaluación de la calidad de suelos en función de las prácticas de manejo, estimar la contribución de la agroecología en los ecosistemas estratégicos, etc.

### 3. METODOLOGÍA

---

Se intentó realizar una relación de las búsquedas por bases de datos consultadas, atendiendo a la fecha de búsqueda, palabras clave mencionadas, número de artículos, y evaluación por contenidos, pero por ejemplo el número de referencias con la palabra “agroecología” es tan alto en una única base de datos, que el trabajo parecía inviable, y con poco valor, por lo que los trabajos que forman parte de las aportaciones para este trabajo se tipifican al inicio de cada uno de los apartados. Por último, se realiza un análisis más profundo de dos aportaciones relevantes que sintetizan a modo de metaanálisis el estado del arte en las diferentes disciplinas donde la agricultura ecológica tiene visibilidad científica (social, medioambiental, salud, etc.)





## **4. RESULTADOS**

La alimentación y la agricultura ecológicas responden a una demanda de la sociedad que exige medidas sobre la protección del medio ambiente y la calidad de los alimentos, haciendo especial hincapié en la necesidad de no utilizar a lo largo de la cadena de producción sustancias químicas sintéticas ni organismos modificados genéticamente y custodiar el bienestar animal. Las normas internacionales sobre inocuidad de los alimentos y los requisitos de higiene de los mismos son igualmente válidas para los alimentos producidos por medios convencionales y ecológicos<sup>1</sup>. Los alimentos ecológicos son los únicos regulados bajo condiciones estrictas de producción, cumpliendo por un lado, con la reglamentación técnico-sanitaria que precisa cualquier alimento para ser comercializado como tal, es decir, que los alimentos ecológicos deben cumplir todas las normas de calidad e inocuidad que se aplican a los alimentos producidos por medios convencionales. Y también deben cumplir con la normativa de producción ecológica, que a priori asegura el no uso de productos químicos sintéticos y por tanto, garantiza la escasa presencia de residuos tóxicos en las cosechas y el cumplimiento de una normativa que apuesta por los valores de sostenibilidad, calidad y seguridad alimentaria.

Las cifras globales en producción ecológica hablan de crecimiento, en cuanto a superficie de cultivo, explotaciones ganaderas, productores e incremento en la demanda y el consumo. Un crecimiento que no se ha frenado en momentos de crisis, lo que evidencia su posicionamiento de fuerza frente a modas o demandas puntuales. El crecimiento del sector de los alimentos ecológicos supera con mucho el crecimiento de los sectores alimentarios convencionales, y los criterios en la elección de compra de los consumidores son la salubridad e inocuidad de los alimentos orgánicos, aunque la preocupación por la protección del medio ambiente y el bienestar de los animales constituye también una motivación fundamental para esa elección (García y Teixeira, 2017).

Hablar de agricultura, ganadería y de alimentos ecológicos es una realidad a nivel nacional e internacional, con mayor o menor incidencia dependiendo de zonas geográficas. Así, los métodos de producción ecológicos son la vía para llegar a la seguridad y soberanía alimentaria y la alternativa frente a la degradación del suelo, el cambio climático, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, y otros muchos retos a los que nos enfrentamos en todos los territorios del planeta finito. Lo contradictorio sigue siendo que, ante un panorama de alto impacto, los intereses económicos y de poder de muy pocos, decidan el destino de muchos, teniendo que justificar, cada vez más las virtudes del modelo agroecológico.

Por ello, es una necesidad urgente, el cambiar el sistema agroalimentario, energético, económico... y es una cuestión que se ha de abordar en un contexto global, contemplando las contribuciones medioambientales, sociales y de salubridad que la agricultura ecológica puede reportar al planeta y formularlas como principios de actuación a los representantes políticos para que tomen las medidas oportunas, a la par que sirvan de ejes de defensa ante los continuados ataques en medios. Para evidenciar el cambio, nos vamos a apoyar en aportaciones científicas de alto impacto publicadas en la última década. Ya que en paralelo al desarrollo del consumo y de la producción de la agricultura ecológica se han ido realizando investigaciones que permiten generar base del conocimiento técnico respecto a la mejora en la producción y evidencias para interceptar los ecos mediáticos que intentan desprestigiar a los métodos productivos ecológicos.

La agricultura ecológica minimiza el uso de insumos externos y fomenta la autosuficiencia de las explotaciones, reduciendo los impactos sobre el sistema, pero el uso de insumos naturales,

---

<sup>1</sup> Se utiliza en todo el texto agricultura ecológica, como sinónimo de agricultura biológica u orgánica.

biológicos y renovables es demasiado simplista para definir la producción agroecológica y precisa de implicaciones sobre el medioambiente, sobre la salud humana y sobre aspectos sociales, económicos y éticos. Así, se evidencia que la producción ecológica es socialmente justa y económicamente sostenible, y los métodos orgánicos respetan la diversidad cultural y protegen el bienestar de los animales y la salud del ecosistema, incluyendo la salud del ser humano.

### 4.1 CONTRIBUCIONES MEDIOAMBIENTALES

La tabla 1 muestra el resumen de la literatura revisada que ha sido empleada en este apartado de contribuciones medioambientales para el capítulo de generalidades, para el de biodiversidad, respecto a los aspectos de calidad, contaminación y erosión del suelo y respecto a los temas de cambio climático.

**Tabla 1. Resumen de aportaciones y contribuciones medioambientales.**

Capítulo	Aportaciones	Comentarios
Generalidades	Mondelaers <i>et al.</i> 2009a; Norton <i>et al.</i> 2009; Rockström <i>et al.</i> 2009; Leifeld y Fuhrer 2010; Gattinger <i>et al.</i> 2012; Tuomisto <i>et al.</i> 2012; Quirós <i>et al.</i> 2014; Tuck <i>et al.</i> 2014; Lee <i>et al.</i> 2015	Revisión sistemática, 2 estudios de pares, 1 estudio explicativo, 2 resultados, 3 metaanálisis
Biodiversidad	Romero <i>et al.</i> 2008; Mondelaers <i>et al.</i> 2009b; Geiger <i>et al.</i> 2010; Gosling <i>et al.</i> 2010; Verbruggen <i>et al.</i> 2010; Tuomisto <i>et al.</i> 2012; Winqvist <i>et al.</i> 2012; Gabriel <i>et al.</i> 2013; Kennedy <i>et al.</i> 2013; Xue <i>et al.</i> 2013; Tuck <i>et al.</i> 2014; Henneron <i>et al.</i> 2015; Liu <i>et al.</i> 2016	2 Estudios explicativos, 3 estudios de pares, 4 metaanálisis, 4 resultados
Calidad del suelo y erosión	Berner <i>et al.</i> 2008; Lynch, 2009; Antolín <i>et al.</i> 2010; Quinton <i>et al.</i> 2010; Russo y Perkins-Veazie, 2010; Gomiero <i>et al.</i> 2011; Hathaway-Jenkins <i>et al.</i> 2011; Tuomisto <i>et al.</i> 2012; Jannoura <i>et al.</i> 2014; Vincent-Caboud <i>et al.</i> 2017	3 Estudios explicativos, 1 revisión sistemática; 2 estudios de pares, 2 metaanálisis, 3 resultados
Contaminación del suelo	Mondelaers <i>et al.</i> 2009b, Sutton <i>et al.</i> 2011; Benoit <i>et al.</i> 2014; Da Silva <i>et al.</i> , 2015; Lin <i>et al.</i> 2016; Menció <i>et al.</i> 2016; Haas <i>et al.</i> 2017	1 Estudio explicativo, 1 estudio de pares, 1 metaanálisis, 4 resultados
Cambio climático	Johnson <i>et al.</i> 2007; Mosquera <i>et al.</i> 2007; Pach 2007; Bellarby <i>et al.</i> 2008; Lin <i>et al.</i> 2008; Smith <i>et al.</i> 2008; Niggli <i>et al.</i> 2009; Snyder <i>et al.</i> 2009; Stehfest <i>et al.</i> 2009; Wilson <i>et al.</i> 2009; Burney <i>et al.</i> 2010; El-Hage Scialabba y Müller-Lindenlauf 2010; Leifeld y Fuhrer 2010; Weiland 2010; Lal <i>et al.</i> 2011; Lesschen <i>et al.</i> 2011; Powlson <i>et al.</i> 2011; Gattinger <i>et al.</i> 2012; Tuomisto <i>et al.</i> 2012; Aguilera <i>et al.</i> 2013; Bellarby <i>et al.</i> 2013; Miller <i>et al.</i> 2013; Bonaudo <i>et al.</i> ; 2014; Frank <i>et al.</i> 2014; Skinner <i>et al.</i> 2014; Smith 2014; Warnecke <i>et al.</i> 2014; Zeng <i>et al.</i> 2014; Frank <i>et al.</i> 2015; Liu <i>et al.</i> 2015; Bartoš <i>et al.</i> 2016; Danila <i>et al.</i> 2016; Blanco-Canqui <i>et al.</i> 2017; Krauss <i>et al.</i> 2017; Moraine <i>et al.</i> 2017; Van Vuuren <i>et al.</i> 2017	10 Estudios explicativos, 2 revisión sistemática, 3 estudios de pares, 2 metaanálisis, 20 resultados

## 4. RESULTADOS

En cada uno de los apartados se incluye el número de aportaciones que se han estudiado y citado en el texto porque aportan información generalista con criterios explicativos, los que son revisión sistemática, el número de metaanálisis, los artículos de estudio de pares comparativos entre agricultura ecológica y convencional y los artículos de resultados sobre agricultura ecológica, incluidos los que no aportan resultados positivos para esta disciplina productiva.

La tabla 2 muestra el resumen de la literatura revisada que ha sido empleada en el apartado de contribuciones medioambientales, para la categoría de consumo energético y eficiencia del agua de riego.

**Tabla 2. Resumen de aportaciones en consumo energético y eficiencia del agua.**

Capítulo	Aportaciones	Comentarios
Consumo energético	Kaltsas <i>et al.</i> 2007; Deike <i>et al.</i> 2008; Gomiero <i>et al.</i> 2008; Mulder y Hagens, 2008; Pelletier <i>et al.</i> 2008; El-Hage Scialabba y Muller 2010; Knudsen <i>et al.</i> 2011; Gattinger <i>et al.</i> 2012; Lynch <i>et al.</i> 2012; Tuomisto <i>et al.</i> 2012; Astier <i>et al.</i> 2014; Roggema y van den Dobbelsteen 2014; Smith <i>et al.</i> 2014; Lee <i>et al.</i> 2015; Meier <i>et al.</i> 2015; Smith <i>et al.</i> 2015; Lin <i>et al.</i> 2017; Treu <i>et al.</i> 2017	2 Estudios explicativos, 1 revisión sistemática, 6 estudios de pares, 2 metaanálisis, 7 resultados
Eficiencia del agua	Biro <i>et al.</i> 2005; Ekholm <i>et al.</i> , 2005; Torstensson <i>et al.</i> 2006; Oquist <i>et al.</i> 2007; Korsæth, 2008; Loges <i>et al.</i> 2008; Mondelaers <i>et al.</i> 2009b; Hatch <i>et al.</i> 2010; Lopes <i>et al.</i> 2011; Kautz <i>et al.</i> 2013; Altieri <i>et al.</i> 2015; Cambardella <i>et al.</i> 2015; Ravier <i>et al.</i> 2015; Garnier <i>et al.</i> 2016; Maia <i>et al.</i> 2016; Peterson <i>et al.</i> 2016; Petit <i>et al.</i> 2016; Ozturk, 2017; Seufert y Ramankutty, 2017	8 Estudios explicativos, 1 revisión sistemática, 4 estudios de pares, 1 metaanálisis, 4 resultados

De los nueve límites planetarios<sup>2</sup>, de los cuales se han podido cuantificar siete de ellos, que son 1) el cambio climático cuantificado por concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera <350 ppm; 2) acidificación del agua oceánica, medida a través del estado medio de saturación de la superficie del agua de mar con respecto a la aragonita ≥80% de los niveles preindustriales; 3) agotamiento del contenido de ozono estratosférico, que se fija en menor al 5% de reducción en la concentración de O<sub>3</sub> desde el nivel preindustrial de 290 Unidades Dobson; 4) el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, limitado a la fijación industrial y agrícola de N<sub>2</sub> en 35 Tg N año<sup>-1</sup> y del ciclo de fósforo, limitado por la entrada anual de fósforo en los océanos que no exceda 10 veces la meteorización natural del fósforo; 5) el uso mundial de agua dulce fijada en menos de 4000 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> de consumo de recursos de escorrentía; 6) cambio en el uso de la tierra, que debe ser inferior al 15% de la superficie libre de hielo bajo condiciones de cultivo); 7) la tasa a la que se pierde la diversidad biológica, que debe ser inferior a 10 extinciones por millón de especies. Los dos límites planetarios adicionales para los que aún no se ha podido determinar un nivel límite son la contaminación química y la carga atmosférica de aerosoles. Estos límites planetarios son interdependientes, porque transgrediendo uno puede cambiar la posición de otras fronteras o hacer que se transgredan. Los impactos sociales de la transgresión de los

<sup>2</sup> Propuestos por el Centro de Resiliencia de para controlar la salud del ecosistema terrestre

límites serán una función de la resiliencia socio-ecológica de las sociedades afectadas (Rockström *et al.*, 2009).

A medida que se intensifica la agricultura con el modelo convencional de la producción agraria, también se intensifican los impactos ambientales. La erosión del suelo, la reducción de la biodiversidad, la contaminación de acuíferos, el calentamiento global y la liberación de gases de efecto invernadero, impactos todos que tienen una relación directa sobre el cambio climático, son parte de las agresiones que la agricultura ejerce sobre el entorno, por lo que son necesarios planteamientos menos impactantes, más sostenibles y respetuosos con el medioambiente.

La agricultura, ganadería y producción de alimentos ecológicos se basa en sistemas y ciclos ecológicos vivos, como el suelo, el ecosistema de la finca ganadera, el medio acuático, etc. Ajustando los ciclos productivos a los equilibrios ecológicos en la naturaleza. Estos ciclos son universales, pero su funcionamiento es específico a cada territorio. Así, la gestión ecológica debe adaptarse a las condiciones locales, la ecología, la cultura y la escala. Pero también, los insumos deben reducirse mediante la reutilización, el reciclaje y la gestión eficiente de los materiales y la energía, a fin de mantener y mejorar la calidad ambiental y conservar los recursos. Las sustancias químicas, de origen natural, se utilizan en agricultura ecológica, como último recurso.

El cambio climático amenaza con aumentar el potencial de erosión del suelo, reducir la calidad del suelo, disminuir la productividad agrícola y afectar negativamente la seguridad alimentaria y la sostenibilidad global, convirtiéndolo en uno de los desafíos más graves en el siglo XXI. Diversos aspectos de la gestión que aumenten el secuestro de carbono para mejorar las funciones, la calidad y la salud del suelo, así como la gestión del nitrógeno, la gestión del estiércol, la gestión de los sistemas de bajos insumos y la ordenación del territorio y los manejos sobre prácticas de conservación, como la siembra directa, la agricultura de conservación, la agricultura ecológica, la aportación de los restos de cultivo al campo para aumentar el ciclo de nutrientes, pueden contribuir al secuestro de carbono y ayudar a la resiliencia de los suelos y a mitigar el cambio climático.

Los beneficios ambientales que traen los procesos de producción ecológica están en íntima relación con el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, permitiendo la preservación de los servicios ecológicos y con ellos la de los recursos naturales. Dichos servicios ecológicos no están reconocidos en las producciones convencionales, lo que provoca una intervención desmedida y poco respetuosa hacia la naturaleza.

Para los aspectos técnicos de la sanidad vegetal, la agricultura ecológica se basa principalmente en procesos preventivos, ecológicos, de biodiversidad y ciclos adaptados a las condiciones locales. También utiliza organismos vivos y métodos de cultivo para el control. Las plantas, animales, hongos, bacterias y sus metabolitos, así como otros organismos que se encuentran en la naturaleza están generalmente permitidos como insumos en la agricultura ecológica. Las sustancias naturales que se someten a transformaciones físicas, ya sea mediante tratamiento mecánico o métodos biológicos (por ejemplo, compostaje, fermentación y digestión enzimática) también están permitidas, ya que estos procesos pueden ocurrir en la naturaleza y, por tanto, es poco probable que creen variaciones no naturales de las moléculas implicadas. Por el contrario, las sustancias que se modifican por reacción química se consideran sintéticas y, por tanto, no se permiten, excepto para ciertos productos que se consideran idénticos a los de la naturaleza. Por lo tanto, para contribuir positivamente sobre el medioambiente, la agricultura ecológica pone especial atención en el proceso y no en el producto.

Un principio general de la producción ecológica es que cada organismo vivo debe ser tomado en consideración, porque forman parte del sistema biótico y del equilibrio del mismo, desde el más pequeño microorganismo viviente en el suelo hasta el árbol más magnífico que se eleve sobre él. Todo ello sin olvidar a los seres humanos como usuarios (parte y beneficiarios) de este modelo. Por esta razón, cada eslabón de la cadena de suministro de los productos ecológicos se orienta a mantener, y en la medida de lo posible, a incrementar, la diversidad vegetal y animal, obteniendo como resultado el beneficio económico de la obtención de alimentos de calidad y actuando ante la previsión del mantenimiento del recurso productivo, para las generaciones futuras. Los metaanálisis más recientes apoyan la percepción de que los sistemas de agricultura ecológica son más respetuosos con el medio ambiente que los sistemas agrícolas convencionales (Lee *et al.*, 2015). Por ejemplo, estos estudios han encontrado que los sistemas de agricultura ecológica tienen consistentemente mayores niveles de carbono en el suelo (Gattinger *et al.*, 2012), mejor calidad del suelo y menos erosión en comparación con los sistemas convencionales (Tuomisto *et al.*, 2012).

Quirós *et al.* (2014) en un estudio de campo de cultivo de coliflor comparó el efecto de la aplicación de fertilizante mineral de síntesis, frente al empleo de compost orgánico de producción doméstica y comercial, y concluyeron que el tratamiento con compost doméstico presentó el mejor servicio ambiental sobre el sistema, mostrando un menor impacto en los indicadores medioambientales evaluados, donde se incluye el calentamiento global.

En general, la agricultura ecológica tiene un impacto positivo sobre el medio ambiental a través de:

- No genera residuos contaminantes y evita la degradación de los ecosistemas.
- Se llevan a cabo prácticas en consonancia con los procesos naturales, respetan los ciclos naturales de los cultivos, favoreciendo la retención del agua y el equilibrio ecológico.
- Recicla los nutrientes incorporándolos de nuevo al suelo en formas compostadas y valorando la multifuncionalidad de las parcelas agrarias.
- Garantiza el control biológico para proteger los cultivos.
- Potencia la producción de temporada, evitando infraestructuras como los invernaderos, contruidos con materiales derivados del petróleo, cubriendo grandes superficies reflectantes de longitudes de onda que provocan calentamiento de la atmósfera, sin olvidar el impacto paisajístico que provocan.
- Produce menos basura al prescindir de envasados y fomentar la adquisición de productos a granel.

Los impactos ambientales de la agricultura ecológica en comparación con la agricultura convencional han sido revisados por pares a través de diferentes fuentes científicas (Mondelaers *et al.*, 2009a; Norton *et al.*, 2009; Leifeld y Fuhrer 2010; Tuomisto *et al.*, 2012; Gattinger *et al.*, 2012; Tuck *et al.*, 2014).

### 4.1.1 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=INCREMENTO DE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es un régimen dinámico en evolución constante, tanto en cada especie, como en cada organismo individual. Por ello, la biodiversidad en todos sus sentidos ha sido el resultado de un proceso histórico natural que ha durado miles de años y del cual el ser humano como producto y como parte, se ha estado beneficiando de forma consciente y en algunos casos, e

inconscientemente de lo que significa depender de un sistema biodiverso. En el momento actual, es vital ser consecuente con el entorno y más que nunca velar, proteger y respetar, cada aspecto de la diversidad biológica, como una herramienta vital para garantizar su continuidad. Porque la biodiversidad es un indicador del buen funcionamiento del conjunto, de la existencia de un equilibrio y complementabilidad de funciones entre los diferentes elementos que la configuran.

La agricultura industrializada a gran escala implica una simplificación de la estructura medioambiental en zonas geográficas amplias y bien definidas, reduciendo las especies bióticas existentes en dicha área, y reemplazando la biodiversidad innata y el paisaje por un pequeño número de plantas cultivadas y animales domesticados. Ello implica riesgos importantes sobre el medio y en algunos casos irreversibles sobre la biodiversidad del sistema. El desarrollo de la agricultura y la domesticación de animales, ha implicado algunos riesgos sobre la diversidad biológica y el buen funcionamiento de los agroecosistemas.

Los suelos agrícolas contribuyen a en un alto nivel a la multifuncionalidad social, ya que proporcionan alimentos, combustibles y fibras, y también actúan como hábitat para los organismos y apoya los servicios que proporcionan. La conservación de la biodiversidad y la producción de alimentos necesitan ser equilibradas, así la producción necesita ser sostenible, mientras que la conservación no puede ser totalmente a expensas del rendimiento de los cultivos.

Desde el punto de vista medioambiental, la agricultura ecológica es claramente mejor que la agricultura convencional en el caso de la biodiversidad, tanto en número de especies como en diversidad de hábitats y paisajes. La conservación de la fertilidad del suelo y la estabilidad del sistema se ven favorecidas por un mayor contenido de materia orgánica y actividad biológica en el suelo de las granjas ecológicas. Las unidades o fincas agrícolas ecológicas exhiben niveles más altos de todo tipo de biodiversidad (para suelos, cultivos y animales salvajes y domesticados) y mantiene las condiciones naturales necesarias para la imbricada red de interacciones tróficas entre las distintas especies, constituyendo, en pequeña escala, un reservorio de biodiversidad en el medioambiente. Los agricultores ecológicos confían en esta biodiversidad para emular ciclos ecológicos que ayudan a mantener su productividad agrícola. Las tierras de cultivo necesitan estar conectadas a otras áreas naturales que están protegidas para que las migraciones de animales y semillas mantengan el alto nivel de diversidad. Por lo tanto, es importante crear zonas que sean favorables para mantener esta biodiversidad entre áreas protegidas, exentas de sustancias químicas de naturaleza biocida, que pueden ser utilizadas como corredores de vida silvestre y representan una oportunidad importante para la biodiversidad mundial (Tuck *et al.* 2014).

Los agricultores ecológicos son, por tanto, guardianes y promotores de la biodiversidad a la vez que la utilizan en todos los niveles. En el plano genético, prefieren las semillas de las variedades tradicionales y razas autóctonas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, por su mayor resistencia a las enfermedades y a las presiones del clima. Además, contribuyen de forma innata a la conservación de la biodiversidad cultivada, empleando un mayor número de variedades, al no utilizar una sola variedad en grandes extensiones de cultivo, o variedades modificadas genéticamente. En el plano del manejo, combinan plantas y animales para así optimizar los ciclos de nutrientes y energía para la producción agrícola. Además, al no utilizar insumos químico-sintéticos se crea un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres. Al proporcionar estructuras que ofrecen alimento y abrigo, y no utilizar plaguicidas, se favorece la llegada de nuevas especies (de tipo permanente o migratorio) o de otras especies que vuelven a colonizar

la zona, especies de flora y de fauna, como algunas aves, y organismos benéficos para el sistema con base agroecológica (ecológico), como polinizadores y depredadores de las plagas, abejas, y todo tipo de descomponedores y microorganismos del suelo, etc. creando agroecosistemas equilibrados donde conviven múltiples especies silvestres, siendo la clave de la supervivencia de muchas de ellas.

Las fincas/granjas ecológicas suelen albergar una mayor diversidad florística y faunística (insectos, fauna del suelo y microorganismos, aves), así como de hábitats y paisajes (Gosling *et al.*, 2010; Verbruggen *et al.*, 2010). Geiger *et al.* (2010) lo demuestran en un estudio que incluye evaluación de ocho países europeos, concluyendo que el uso de insecticidas y fungicidas presenta efectos negativos consistentes sobre la biodiversidad. Indicando que, si se quiere restablecer la biodiversidad en Europa, creando oportunidades para la producción de cultivos y utilizando servicios ecosistémicos basados en la biodiversidad, debería existir un cambio de escala hacia la agricultura con limitación en el uso de estas sustancias biocidas, como la agricultura ecológica. Los trabajos de Henneron *et al.* (2015) muestran que los sistemas ecológicos aumentaron la abundancia y la biomasa de todos los organismos del suelo, excepto los nemátodos predadores. Por ejemplo, la macrofauna aumentó del 100 al 2500%, los nemátodos del 100 al 700% y los microorganismos del 30 al 70%. La agricultura ecológica mejoró principalmente la vía bacteriana de la red alimentaria del suelo y las lombrices endógenas y anécicas y concluyen que a largo plazo, el arado mínimo y los cultivos de cobertura son mejores para la biota del suelo que los abonos verdes de leguminosas periódicas, pesticidas y fertilizantes minerales.

Gabriel *et al.* (2013) también inciden en el cambio del modelo agrícola convencional al ecológico, como medida para incrementar la biodiversidad, aunque advierten que la conservación de la biodiversidad y la producción de alimentos necesitan estar en equilibrio, ya que la producción necesita ser sostenible, pero la conservación no puede ser totalmente a expensas del rendimiento de los cultivos. Por lo que sugieren que los esfuerzos hacia la conservación e incremento de la biodiversidad pudiera limitarse a los paisajes agrícolas menos productivos, o incluso a la concentración de las fincas agroecológicas en zonas calientes, como áreas específicamente gestionadas o reservas naturales. Liu *et al.* (2016). En un trabajo de revisión, sugieren que la aplicación de residuos de cultivos ricos en carbono es la práctica más efectiva para mejorar la biodiversidad del suelo en los agroecosistemas manejados intensivamente, destacando la importancia de las aplicaciones regulares de paja y otros residuos ricos en carbono para preservar la resiliencia ecológica de las tierras de cultivo.

Xue *et al.* (2013) concluyen que la abundancia de microorganismos del suelo involucrados en los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre fue consistentemente mayor en los sistemas de agricultura ecológica frente a convencionales, esta abundancia de microorganismos del suelo potencia las funciones mediadas por los mismo y que repercuten en la mayor disponibilidad de los elementos involucrados en los ciclos de nutrientes en el suelo. Tuomisto *et al.* (2012) indican que las granjas ecológicas tienen hasta un 30% más de riqueza en especies y 50% más de abundancia de organismos que las granjas convencionales. Sólo en un 8% de los trabajos se encontraron efectos negativos de la agricultura ecológica en diversos ítems individuales relacionados con la biodiversidad. Otros estudios (Romero *et al.*, 2008; Mondelaers *et al.*, 2009b, Tuck *et al.*, 2014) plantearon que la agricultura ecológica tiene impactos positivos sobre la diversidad y riqueza de los sistemas agrarios en comparación con la agricultura convencional.

El manejo agroecológico de las fincas/granjas, potencia la diversificación del hábitat, debido a las diferentes prácticas agrícolas usadas. Las técnicas empleadas en la producción ecológica para

mantener e incrementar la biodiversidad consisten en idear sistemas de uso múltiple que se orienten, en una primera medida en la protección del suelo y del cultivo, a través de la integración de diversas especies arbóreas, animales, cultivos hortícolas, etc., en diseños y estrategias diferenciadas. Se busca diseñar agroecosistemas diversos en el tiempo y espacio mediante diferentes técnicas como el aporte de materia orgánica al suelo, el uso de rotaciones de cultivos, policultivos (siembra de dos o más cultivos que comparten la parcela en al menos un cierto tiempo), asociación de cultivos y ganado o forestación y ganado (sistemas selvipastoriles), introducción o conservación de enemigos naturales de las plagas, utilización de los bordes de las parcelas para establecer setos vivos, que pueden ser arbustos, árboles o, lo que es mejor ambos, porque aumenta la diversidad y que cumplan la función de servir como refugio a la fauna benéfica, el uso de abonos verdes y cubiertas vegetales, restos de cultivos, etc. (Kennedy *et al.*, 2013; Tuck *et al.*, 2014).

Con los abonos orgánicos, la agricultura ecológica no sólo pretende la sustitución de fertilizantes de síntesis, sino que el fin es alimentar el ecosistema edáfico y utilizar al máximo los recursos naturales, disponibles en la propia granja, lo que va a repercutir en el incremento de la diversidad biológica del suelo, que a su vez repercute en la mayor disponibilidad de nutrientes. En las rotaciones de cultivos, se suceden de forma intencionada y planificada en el tiempo, varios cultivos en la misma superficie, permitiendo además, un aprovechamiento equilibrado de los nutrientes del suelo, ya que al ir alternando cultivos con sistema radicular diferente, se exploran distintas capas de suelo. Las asociaciones tienen el objetivo de incrementar el número de especies vegetales por unidad de cultivo y basan sus efectos en fenómenos de interrelaciones entre las plantas, principalmente. En los sistemas de producción forestal de multipropósito, también se incrementan el número y variabilidad de las especies vegetales y animales, y se regeneran y manejan dichas especies para producir no sólo madera, sino también hojas y/o frutas que son apropiadas para alimento y/o forraje del ganado, que empleará también las cubiertas vegetales a tal fin. Cubiertas vegetales, que minimizan el impacto del monocultivo y que cuando son de alta calidad, bajo las prácticas de agricultura ecológica, son un aliado perfecto para albergar un mayor número de especies polinizadoras, como las abejas (Kennedy *et al.*, 2013).

Es por ello que la agricultura ecológica contribuye a potenciar los servicios ecosistémicos, como la polinización, el control biológico, la desaparición de especies vegetales y animales y el mantenimiento del paisaje, ya que la agricultura ecológica incrementa la riqueza de especies. El paisaje que rodea a las fincas/granjas ecológicas mejora y reduce su impacto, y las propias explotaciones ecológicas actúan a través de interacciones donde el paisaje circundante afecta a la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos (Winqvist *et al.*, 2012).

### **4.1.2 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=INCREMENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y DISMINUCIÓN DE LA EROSIÓN**

Los sistemas de agricultura ecológica presentan una naturaleza evolutiva y compleja que contrasta con la extrema simplificación y gran dependencia de los insumos externos que caracterizan a los sistemas agrícolas convencionales.

Una pérdida de materia orgánica del suelo debido a prácticas agrícolas insostenibles mina la fertilidad del suelo de una manera que los fertilizantes minerales no pueden compensar. La agricultura convencional ha causado enormes pérdidas de materia orgánica en los suelos y la tendencia sigue creciendo todavía. Por contra, la agricultura ecológica se basa en el uso de la materia orgánica que lentamente va liberando los nutrientes a las plantas, frente al uso de

fertilizantes inorgánicos. Por ello, la agricultura ecológica implica el incremento de la fertilidad y mantenimiento del suelo, a través de diferentes prácticas.

La producción ecológica interviene de forma positiva en un gran número de variables que influyen en el recurso suelo, principalmente porque establece una lógica en la ejecución de la actividad agraria, realizando una fertilización que cumple con el principio de nutrir el suelo, procurando la compatibilidad entre el tipo de suelo y las características del cultivo, actuando de forma técnica y precisa sobre la siembra y plantación mediante la selección de las semillas y el momento idóneo, realizando las rotaciones apropiadas y apostando por el policultivo, aportando agua de riego de forma oportuna, que cumpla necesidades y que sea adecuado en cuanto a distribución, caudal, etc.

En la agricultura ecológica son fundamentales las prácticas de enriquecimiento y protección de los suelos, como la rotación de cultivos, la asociación de cultivos, los cultivos de cubierta, los fertilizantes orgánicos y la labranza mínima, que benefician a la fauna y la flora del suelo, mejoran la formación de éste y su estructura, propiciando sistemas más estables. A su vez, se incrementa la circulación de los nutrientes y la energía, y mejora la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo, que compensa que se prescindan de fertilizantes minerales. Estas técnicas de gestión también son importantes para combatir la erosión, se reduce el lapso de tiempo en que el suelo queda expuesto a ésta, se incrementa la biodiversidad del suelo y disminuyen las pérdidas de nutrientes, lo que ayuda a mantener y mejorar la productividad del suelo.

- *Efectos sobre la fertilidad de los suelos.* El uso de fertilizantes orgánicos es un componente importante de las prácticas de agricultura ecológica (Berner *et al.*, 2008). Los abonos orgánicos pueden proporcionar los nutrientes esenciales para las plantas y mejorar la productividad de los cultivos, pero también dejan un efecto residual beneficioso sobre los cultivos posteriores. Se aplican al suelo en diversos tipos de materiales orgánicos más o menos compostados como estiércol animal, residuos de cosechas, etc. para mejorar el contenido de materia orgánica del suelo y, por consiguiente, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pero también se ha demostrado que el estiércol orgánico puede aumentar la fotosíntesis (Antolín *et al.*, 2010). Y desde el punto de vista puramente nutricional, la fertilización orgánica incrementa la circulación de los nutrientes y la energía, mejorando la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo, aumentando significativamente la biomasa microbiana, y los niveles de C, N y P en el suelo (Jannoura *et al.*, 2014). Russo y Perkins-Veazie (2010) compararon la absorción por del N en plantas de pimiento, procedente de fertilizantes químicos y orgánicos, encontrando que la permanencia del N en el suelo era mayor con el fertilizante orgánico, mientras que la cantidad de N absorbido por las plantas fue mayor con el fertilizante químico. Además, la población microbiana en el suelo no se vio afectada por el tipo y la cantidad de fertilizantes, pero la actividad enzimática respondió positivamente al N orgánico y se deprimió por la forma sintética del N fertilizante.

Algunos metaanálisis confirman que los sistemas de cultivo ecológico generalmente aumentan el carbono orgánico del suelo, un indicador clave de la calidad del suelo (Lynch, 2009; Tuomisto *et al.*, 2012). Vincent-Caboud *et al.* (2017) informan que la gestión de labranza cero, basada en cubiertas de estiércol está emergiendo como una innovadora práctica de producción alternativa en la agricultura ecológica, para reducir la labranza intensiva del suelo, mejorar la fertilidad y lograr mayores beneficios de gestión, por ejemplo, ahorros de mano de obra y de costes. De su trabajo se extrae que la práctica de la cubierta reporta un control consistente de las hierbas adventicias y un establecimiento de la calidad de los parámetros del suelo, pero indican que hay

que avanzar en las líneas de la selección y gestión de cultivos de cobertura (especies, fecha de siembra) para aumentar la biomasa de cultivos de cobertura, en particular en climas más cálidos.

No todas las investigaciones indican beneficios para la calidad del suelo después de la adopción de sistemas de agricultura ecológica (Hathaway-Jenkins *et al.*, 2011). Esta incoherencia es quizás poco sorprendente, dada la diversidad de prácticas agrícolas tanto entre las prácticas seguidas por los productores orgánicos, como por los convencionales.

- *Efectos sobre el freno de la erosión.* La resistencia de los suelos a la erosión está estrechamente relacionada con la influencia estabilizadora de la materia orgánica y el uso de cobertura vegetal sobre el suelo. Dada la importancia crucial de la salud del suelo, el objetivo de la agricultura ecológica es aumentar los procesos ecológicos que fomentan la nutrición de las plantas, conservando los recursos hídricos y del suelo. La materia orgánica empleada como fuente fertilizante y la labranza mínima realizada en agricultura ecológica, benefician el incremento de la fauna y la flora del suelo, mejorando la salud e incluso la formación del suelo y su estructura, propiciando ecosistemas más estables, evitando la degradación de la estructura del suelo gracias a la capacidad de la materia orgánica para formar macroagregados que actúan como cimentantes. De esta forma se evita la erosión, se incrementa el horizonte superficial y aumenta la permeabilidad, tanto al aire como al agua, facilitando las labores de arado y la penetración de las raíces (Quinton *et al.*, 2010).

Desde el punto de vista mecánico, el arado fomenta la erosión principalmente si el suelo permanece descubierto durante un largo período de tiempo y si su contenido de materia orgánica es bajo, lo que disminuye su estabilidad estructural. A través de técnicas agroecológicas como el acolchado, el cultivo intercalado y el uso de cubiertas vegetales realizado en cultivos leñosos o el abonado en verde, se actúa en prevenir la erosión del suelo, ya que el suelo se mantiene cubierto con vegetación durante todo el año.

En los estudios de largo plazo (20 años) se encuentra que los suelos bajo manejo ecológico presentaron pérdidas del suelo un 75% menos en comparación con el valor máximo de tolerancia estimado para la zona, mientras que en los suelos fertilizados convencionalmente se registró una tasa de pérdida de suelo tres veces superior al valor de tolerancia máximo (Gomiero *et al.*, 2011).

### **4.1.3 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELO, AGUA Y ATMÓSFERA**

La relación entre el sistema agrícola y el medio ambiente es compleja, ya que la agricultura per se es una actividad de impacto sobre el territorio, es decir, es una actividad que perturba el ecosistema, debido a que la agricultura hace uso del medio ambiente para el desarrollo de su actividad, ejerciendo una cierta presión sobre el medio ambiente. Existen evidencias de los impactos que la agricultura convencional ejerce sobre los ecosistemas, en concreto sobre el suelo, el agua y la atmósfera, pero también ocasionan impactos de carácter medioambiental a mayor escala, como pueden ser las avalanchas y las inundaciones, y de carácter socioeconómico como el empobrecimiento, migraciones, etc. Sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la vida silvestre se proyectan incluso hasta las zonas más allá de la proximidad inmediata de los campos agrícolas.

En Europa, especialmente desde la década de 1950, el aumento en el uso de factores externos como fertilizantes y plaguicidas, en agricultura convencional, se ha traducido en una mayor presión ambiental debida a (Mondelaers *et al.*, 2009b):

- La pérdida de elementos nutrientes en el suelo (N, P, S, K, Ca, Mg,...), bien por la vía de la erosión, de la escorrentía, de la lixiviación o de la no recuperación de los nutrientes procedentes de residuos de cultivos y desechos de animales.
- La modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo y de la capacidad de intercambio catiónico.
- El bloqueo de los oligoelementos que quedan retenidos en el suelo en formas no disponibles para la planta.
- Incremento de la toxicidad vertida al medio-ambiente por liberación de sustancias nocivas empleadas en los cultivos y en las prácticas ganaderas, que impactan en los ecosistemas de forma directa y en la salud de los seres vivos, y de los seres humanos a través del agua, de los nutrientes en el suelo y por ello a través de los alimentos.
- Incremento de la contaminación, por nitratos y por compuestos biocidas, en las corrientes de agua subterráneas y continentales, procedentes de los fertilizantes nitrogenados de síntesis y plaguicidas sintéticos.
- Degradación de los ecosistemas marinos y de agua dulce vinculada al uso excesivo de fertilizantes de nitrógeno y fósforo, lo que lleva a la eutroficación de agua dulce y a la producción de zonas hipóxicas en aguas costeras.
- Mayor dependencia de la maquinaria, energía y compuestos derivados de los combustibles fósiles.

La agricultura ecológica trata de responder a este desafío limitando el uso de insumos externos e integrando prácticas que se consideran más respetuosas con el medio ambiente, actuando más en la prevención que en la curación, siendo uno de los objetivos a alcanzar que se produzca una interrupción mínima del equilibrio natural. Las prácticas agroecológicas están diseñadas para trabajar y emular los sistemas ecológicos vivos para lograr la salud, la vitalidad y la diversidad de los suelos. Las reglas ecológicas están concebidas de tal manera que la producción se optimice minimizando los impactos ambientales locales. Para ello es necesario vigilar cómo las prácticas de gestión influyen en las condiciones locales. La fertilización se realiza aprovechando los restos orgánicos más o menos compostados, y la sanidad vegetal no se práctica rutinariamente, sino que se basa primero en medidas preventivas, como son el uso de rotaciones sostenibles de cultivos, el mantenimiento de la biodiversidad, el mantenimiento de una salud óptima de los cultivos y el uso de variedades resistentes, y sólo como último recurso y con mucha precaución, en aplicar los plaguicidas naturales para controlar las plagas y las enfermedades, de esta manera se evita alterar el equilibrio natural lo menos posible, la contaminación de suelos y de las aguas subterráneas.

La lixiviación de nitratos es una de las principales externalidades negativas de la producción agrícola intensiva. La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas procedente de la agricultura es un tema de gran preocupación para la Unión Europea (Sutton *et al.*, 2011), que ha identificado zonas vulnerables y promovido buenas prácticas agrícolas desde 1991 a través de la Directiva (nº 91/676/CEE). Sólo se regulan las cantidades de unidades fertilizantes nitrogenadas a aplicar por unidad de superficie, en agricultura ecológica ya que las guías de buenas prácticas agrícolas, no son de obligado cumplimiento, por lo que teniendo en cuenta que la fertilización nitrogenada tiene una repercusión directa sobre el incremento de la producción, las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados se realizan de forma masiva y sin control, y por tanto con alto impacto sobre la contaminación de los acuíferos. Los altos niveles de contaminación por nitratos es un problema que ha superado el impacto ambiental, pasando a ser también un problema social y económico, por lo que la solución precisa de un enfoque integrado que considere a todos los actores involucrados para obtener soluciones sostenibles (Haas *et al.*, 2017).

Se ha puesto de manifiesto que el uso intensificado de los fertilizantes, además de causar una contaminación directa por nitratos en los acuíferos, también provoca contaminación de otras

especies químicas que quedan como iones disueltos, principalmente de iones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y diversos cationes como sodio, calcio, potasio y magnesio (Menció *et al.*, 2016).

Lin *et al.* (2016) en un trabajo donde evalúan la eficiencia en el uso del nitrógeno a través de balances en sistemas ecológicos y convencionales encuentran que los sistemas convencionales de cultivos herbáceos presentaban la menor eficiencia de uso de nitrógeno y el mayor excedente de este elemento. Mientras que el sistema de cultivo ecológico se caracteriza por la mayor eficiencia de uso del nitrógeno y el menor excedente de N. Atribuyendo estos buenos resultados al ciclo eficiente del nitrógeno entre el suelo, la planta y el resto de procesos que se alimentan del nitrógeno.

En general, los trabajos publicados muestran que los sistemas de fertilización orgánicas son beneficiosos para las comunidades microbiológicas denitrificadoras, siendo más activas y eficientes, cambian el balance de las emisiones de  $\text{N}_2$  y las pérdidas de nitratos, y reduciendo las pérdidas de nitratos perjudiciales para el medio ambiente. Aunque las reducciones en la pérdida de nitratos en podrían ser extensibles a todos los sistemas de cultivo, hay que considerar en todos los casos las condiciones cambiantes del clima, tipo de suelo, sistemas de riego, etc. ya que tienen una influencia directa sobre la lixiviación. Así la cuenca del Sena (Francia), con producción intensiva de cultivos, ha sido clasificada como zona vulnerable, ya que el 68% de su consumo de agua potable está contaminado por plaguicidas y el 30% por nitrato. En esta zona trabajando con 37 fincas/granjas agrícolas, con ochos sistemas de rotación de cultivos, tres tipos de suelo y condiciones climáticas se encontró menor contaminación por nitratos en las fincas ecológicas (Benoit *et al.*, 2014). En cambio, en zonas de Brasil (Da Silva *et al.*, 2015) los resultados indicaron que ni la cubierta vegetal, ni el sistema agrícola están alterando la calidad del agua superficial de las zonas estudiadas y esto parece estar relacionado con el gran porcentaje de vegetación natural que aún existe en las cuencas hidrográficas. Los principales factores que impulsan la mayor lixiviación de nitratos en la agricultura convencional son las mayores cantidades de aplicación de fertilizantes, el menor uso de cultivos de cubierta vegetal, la menor relación C/N en los suelos y una mayor densidad de cultivo por hectárea. Por estas razones, algunas administraciones están recomendando la reconversión a la agricultura ecológica en ciertas zonas vulnerables por contaminación, en un intento de mejorar la calidad del agua, especialmente en relación con su contenido de nitratos.

### 4.1.4 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=SUMIDERO DE CARBONO, REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y ADAPTACION/MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

- *Efectos sobre la captura de Carbono.* Numerosas actividades productivas generan contaminación atmosférica, principalmente como consecuencia de los procesos de combustión. Y uno de los principales elementos contaminantes que se emite a la atmósfera es el  $\text{CO}_2$ , que se acumula en las capas altas de la atmósfera, y está considerado como un claro agente responsable del calentamiento global y al cambio climático. La agricultura a lo largo de su historia ha sido cómplice de los impactos sobre los cambios y el calentamiento global, desde la revolución neolítica que incidió en la transición de la caza y la recolección trashumante a la agricultura sedentaria; pasando por la revolución agrícola árabe que transformó la agricultura mediante la difusión de cultivos, la preservación del suelo y la distribución equitativa del agua de riego; la revolución agrícola británica que incrementó la productividad agrícola; la revolución agrícola escocesa que causó la deforestación de las tierras bajas y la revolución verde que incrementó la agricultura industrial por el uso de los fertilizantes, plaguicidas y las semillas mejoradas. De esta última se han evaluado sus implicaciones en el incremento del  $\text{CO}_2$  atmosférico (Zeng *et al.*, 2014).

La biosfera terrestre puede jugar un papel muy importante en la captura de CO<sub>2</sub> liberado en la superficie. Sin este efecto de resumidero la cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico crecería más rápido aumentando la posibilidad de un calentamiento global mayor. La biosfera terrestre puede capturar un tercio del total de dióxido de carbono liberado a la atmósfera, los bosques parecen ser el mayor resumidero de CO<sub>2</sub>, aunque la capacidad de absorber la creciente concentración de CO<sub>2</sub> puede estar disminuyendo y se puede producir un efecto de saturación, por lo que hay que evaluar otros escenarios de sumidero de CO<sub>2</sub> atmosférico.

El estudio de los diferentes sumideros naturales de carbono se ha vuelto especialmente importante debido a los efectos del cambio climático. El secuestro de carbono en el suelo es una medida clave en la agricultura y puede contrarrestar grandes proporciones de emisiones de otros gases inducidas por la agricultura. Además, el secuestro de CO<sub>2</sub> incrementa la biomasa bajo el suelo (Wilson *et al.*, 2009), lo que aumenta la eficiencia en el uso del agua. Así, el incremento de los niveles de carbono en los suelos reduce la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Al mismo tiempo, constituye una aportación a la adaptación al cambio climático, pues al aumentar el contenido en carbono orgánico del suelo se mejora su estructura y calidad, lo que reduce el impacto de sequías e inundaciones, períodos de escasez de agua y la desertificación, mejorando también la seguridad alimentaria y los recursos hídricos globales. En el entorno europeo, se estima que el secuestro de carbono en los suelos podría compensar el 7% de las emisiones totales de la agricultura y el 10% si se incluyen los co-beneficios del sector de cultivos y la ganadería (Frank *et al.*, 2015).

Pero el secuestro del carbono en el suelo es difícil de medir y está sujeto a mucha dinámica, y no debe considerarse una herramienta puramente de mitigación. Por lo tanto, las medidas que protegen o mejoran el secuestro de carbono se promueven a menudo como esenciales para alcanzar los objetivos globales de reducción de emisiones de la UE. Dichas medidas incluyen las prácticas agroecológicas, con el uso de fertilizantes orgánicos y rotaciones optimizadas de cultivos de leguminosas, para garantizar las ganancias acumuladas en carbono. Así como los esfuerzos para evitar que los bosques y pastos existentes se conviertan en tierras de cultivo, o para evitar el drenaje de humedales y turberas con alto contenido de materia orgánica.

El término secuestro de carbono se usa comúnmente para describir cualquier aumento en el contenido de carbono orgánico del suelo causado por un cambio en el manejo del uso del suelo, con la implicación de que el aumento del almacenamiento de carbono en el suelo mitiga el cambio climático. Sin embargo, esto sólo es cierto si la práctica de gestión provoca una transferencia neta adicional del carbono atmosférico al suelo. Por ello, las limitaciones del secuestro de carbono para la mitigación del cambio climático son: 1) que la cantidad de carbono almacenada en el suelo es finita, 2) que el proceso es reversible y 3) que incluso aunque se produzca el aumento del carbono orgánico del suelo, puede haber cambios en los flujos de otros gases de efecto invernadero, especialmente del óxido nitroso y del metano.

Cambiar el uso del suelo de los cultivos anuales y convertirlos a bosques, pastizales o cultivos perennes elimina carbono del CO<sub>2</sub> atmosférico y contribuye realmente a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, los efectos indirectos como la conversión de la vegetación autóctona del suelo podrían anular el beneficio a través del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que esta práctica es muy adecuada para la reforestación de tierras degradadas, de valor limitado para la producción de alimentos. Mientras que el aumento del carbono orgánico del suelo, generalmente no constituye una transferencia adicional de carbono de la atmósfera al suelo, la intrusión de materiales orgánicos tales como residuos de cultivos o estiércol animal al suelo, dependiendo del destino alternativo del residuo, sí que influye en dicha transferencia. Por

ello, un énfasis excesivo en los beneficios del secuestro de carbono del suelo puede desvirtuar otras medidas que son al menos tan efectivas en la lucha contra el cambio climático, incluyendo la desaceleración de la deforestación y el aumento de la eficiencia del uso del nitrógeno con el fin de disminuir las emisiones de  $N_2O$  (Powlson *et al.*, 2011).

Un trabajo de revisión (Tuomisto *et al.*, 2012) encontró que el contenido medio de materia orgánica del suelo era un 7% más alta en la agricultura ecológica que en la agricultura convencional, y esto está directamente relacionado con el uso de fertilizantes orgánicos (estiércol, compost y fertilización en la). La agricultura ecológica también tiene un alto potencial de control de la erosión. En los suelos superiores bajo manejo ecológico, las concentraciones de carbono orgánico en el suelo y las existencias de C por hectárea son más altas. Las técnicas utilizadas en la agricultura ecológica para mejorar la fertilidad del suelo, a su vez, alientan a los cultivos a desarrollar raíces más profundas, lo que aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo, bloqueando el carbono bajo tierra y manteniéndolo secuestrado fuera de la atmósfera, por ello, la agricultura ecológica mejora la fertilidad del suelo optimando su contenido en materia orgánica y en consecuencia el secuestro de  $CO_2$  atmosférico, aunque Leifeld y Fuhrer (2010) indican que los beneficios de la agricultura ecológica obtenidos por el carbono orgánico del suelo sólo pueden lograrse si la adopción de esta gestión se acompaña de mayores aportes de carbono en los suelos orgánicos frente a los convencionales. Además de utilizar el secuestro positivo, es importante evitar la pérdida de carbono ya almacenado en los suelos, especialmente en los pastizales (Smith, 2014). Esto también se favorece por los sistemas de ganadería basados en pastizales, si las tasas de población se adaptan al tipo y situación de los pastizales. Frank *et al.* (2014) encontraron que las emisiones totales por kilogramo de leche eran similares, a pesar de que las granjas ecológicas alimentaron a sus vacas con una proporción significativamente mayor de forraje, produciendo mayores emisiones de fermentación entérica. Así, las granjas ecológicas compensan las mayores emisiones evitando pérdidas de carbono del suelo a través del cambio en el uso de la tierra y secuestrando más carbono en los suelos de los cuales obtuvieron su alimento (Warnecke *et al.*, 2014). En general, los estudios de modelización sobre el potencial de secuestro de carbono del suelo, mencionados por la Comisión Europea (2016), estiman que el secuestro de carbono en el suelo podría ascender a 10-40  $MtCO_2eq/año$  hasta 2050, es decir, podría compensar hasta el 10% de las emisiones agrícolas de la UE, pero las incertidumbres sobre estos modelos son muy altas.

Blanco-Canqui *et al.* (2017) en trabajo de larga duración (más de 20 años) evalúan el potencial de las prácticas de agricultura ecológica para acumular carbono orgánico en los 100 primeros centímetros de profundidad del suelo. Para ello compararon cuatro sistemas 1) agricultura convencional, 2) agricultura convencional con rotación diversificada de cultivos, 3) agricultura ecológica con rotación de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y abono verde y 4) agricultura ecológica con rotación y aportes de 37  $Mg\ ha^{-1}\ año^{-1}$  de estiércol de ganado ecológico. En los resultados obtienen que la agricultura ecológica aumenta las concentraciones de carbono orgánico del suelo, pero sólo de forma superficial (de 0-15 cm de profundidad). En el sistema de agricultura con aportes de estiércol de ganado ecológico, el stock de carbono orgánico fue un 19% mayor que en la agricultura convencional (33.1  $Mg\ ha^{-1}$ ) y un 13% mayor que frente al modelo de agricultura convencional con rotación diversificada (34.8  $Mg\ ha^{-1}$ ). Datos que disminuyen ligeramente cuando se compara con el modelo de abono verde, pero corroboran la acumulación de carbono orgánico en los 15 primeros centímetros de profundidad del suelo.

En condiciones mediterráneas Aguilera *et al.* (2013) indican que el secuestro de carbono se potencia mediante prácticas de agricultura ecológica. Este aumento relativo del secuestro del

carbono orgánico del suelo en comparación con las prácticas convencionales es más marcado en sistemas de cultivo más intensivos, donde las diferencias en los insumos carbono son más altas. El secuestro relativo es también mucho más alto en parcelas experimentales que cuando se pasa a condiciones de campo, por lo que dificulta el desarrollo del potencial de secuestro completo de carbono de la gestión agroecológica. También en suelos de clima templado Gattinger *et al.* (2012) evaluando los efectos sobre el secuestro del carbono del suelo en explotaciones de agricultura ecológica *versus* convencional, sobre un conjunto de 74 estudios, encontraron diferencias significativas y valores más altos para los suelos cultivados ecológicamente.

Niggli *et al.* (2009) consideraron que la captura de carbono era la medida más importante que la agricultura ecológica podía realizar para minimizar los gases de efecto invernadero, argumentando que en el contexto del cambio climático y sobre todo para la producción ganadera, un cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por superficie sería más apropiado que por la cantidad de producto de producto obtenido.

Estas aportaciones ponen de manifiesto, que el secuestro de carbono para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, realmente actúan como compensación, ya que no reduce como tal, sino que ayuda a ganar tiempo, ya que ralentiza la tasa de aumento de la concentración de los gases en la atmósfera, pero no cambia los niveles de emisión *per se* en la forma de medidas de reducción. Además, el secuestro no es una solución permanente ya que el carbono secuestrado puede ser perdido nuevamente en la atmósfera en el caso de cambios en el uso o manejo del suelo, resultando que las tasas de secuestro se estabilizan cuando se alcanza un nuevo equilibrio en los niveles de carbono del suelo, pero existe un gran potencial para recuperar el carbono históricamente perdido y se ha estimado que el 89% del potencial de mitigación de gases de efecto invernadero depende del secuestro de carbono (Smith *et al.*, 2008).

Además, el uso de fertilizantes y fitosanitarios naturales en agricultura ecológica no requieren procesos industriales altamente contaminantes y productores de emisiones de CO<sub>2</sub> y la mayor proporción de trabajos manuales tienden a utilizar menor cantidad de maquinarias dependientes de combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>, que sumado a la comercialización de productos de proximidad limita en gran medida la emisión de CO<sub>2</sub> por transporte.

- *Efectos sobre la reducción de gases de efecto invernadero y mitigación del cambio climático.* El cambio climático es uno de los mayores desafíos del siglo XXI. La agricultura sufre el impacto del cambio climático por diferentes entradas, por una parte, la agricultura y la ganadería contribuyen a la incidencia de los efectos del cambio climático, sobre todo, porque la agricultura desempeña un papel importante en los flujos mundiales de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, por lo que es necesario buscar alternativas agrícolas que reduzcan estas emisiones. Por otro lado, la agricultura, es también uno de los primeros sectores que sufren el cambio climático, al igual que las personas cuyos medios de vida dependen de él. El impacto de las prácticas agrícolas, el desperdicio de alimentos y las dietas deben ser tenidos en cuenta para entender cómo la alimentación y la agricultura pueden contribuir positivamente a la mitigación y adaptación al cambio climático, garantizando al mismo tiempo la seguridad alimentaria. Incluso, la agricultura proporciona un medio potencial para la mitigación de emisiones mediante la creación de sumideros.

La agricultura, la silvicultura y el cambio de uso de la tierra representan en conjunto un 21.5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Bellarby *et al.* (2008) indican que la

## 4. RESULTADOS

contribución global de la agricultura considerando todas las emisiones directas (como las emisiones del suelo y de la ganadería) e indirectas (como el uso de combustibles fósiles, la producción de fertilizantes y el cambio en el uso del suelo) se situaría entre 16.8 y 32.2%. En 2014, representaron 10.6 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. La agricultura es la única responsable directa de 5.1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, que representa alrededor del 10% del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Danila *et al.*, 2016).

Los gases de efecto invernadero son producto no sólo del metabolismo de la vida, sino de las emanaciones de las industrias, motores de combustión, ganadería y plantas generadoras de electricidad, lo cual conduce a un incremento y agravación de los fenómenos hidrometeorológicos (cambio del flujo de precipitaciones, sequías, reducción de la extensión de la superficie del agua, tormentas, huracanes, inundaciones, incendios forestales, ondas de calor, etc.) e incluso la modificación de las condiciones en las zonas de confort de las diferentes especies, de forma que los seres que no puedan adaptarse a los parámetros de vida cambiados, se espera que desaparezcan. Y en general el cambio climático está ocasionando una metamorfosis global, tanto en pérdidas de biodiversidad como en migraciones forzadas, ya sean derivadas de los conflictos bélicos originados por el control de los recursos como por las zonas en las que ya no es posible vivir debido al aumento de las temperaturas o grandes sequías.

Desde el año 2000 hasta la actualidad, la concentración de gases de efecto invernadero se ha incrementado en un 20%. Si se continua con esta tendencia creciente, el planeta se sobrecalentará hasta 4 °C para el final del siglo XXI, lo cual es muy grave, ya que si se traspasa la barrera de seguridad de los 2 °C, el clima del planeta corre el riesgo de sufrir cambios irreversibles. Lo que ya es claramente apreciable es que el calentamiento global ya rebasa, y con creces, la barrera de seguridad de las 350 ppm de CO<sub>2</sub> (Van Vuuren *et al.*, 2017).

En Europa, la agricultura es responsable de aproximadamente el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero. La mayor parte de este 10% de las emisiones se genera por el metano procedente de la fermentación entérica (flatulencia y eructos de bovinos y ovinos) y las emisiones de óxido nitroso por el uso de fertilizantes y el manejo del estiércol. Lo que no se contabiliza en este porcentaje son las emisiones indirectas del sector agrícola de la UE, como por ejemplo, las emisiones procedentes de la producción de piensos en terceros países, de la producción de fertilizantes y del transporte.

Krauss *et al.* (2017) con el objetivo de aportar datos sobre el comportamiento de prácticas ecológicas y la emisión de gases de efecto invernadero, concluyen que las emisiones de N<sub>2</sub>O después de las operaciones de labranza ecológica reducida se correlacionaron con los contenidos en carbono orgánico en el suelo y colinealmente con su biomasa microbiana. Los resultados de su estudio de dos años de duración indican que la aplicación de esta técnica de cultivo ecológico y la aplicación de compost de estiércol parece ser una estrategia viable de mitigación de gases de efecto invernadero, siempre y cuando se verifique que el carbono orgánico del suelo sea secuestrado.

El uso de biocidas y fertilizantes favorece el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la contribución de aplicaciones motorizadas, que su uso demanda, y en consecuencia también impactan por su fabricación y distribución. Así, la agricultura convencional puede contribuir al incremento de los gases de efecto invernadero por las implicaciones en las industrias de insumos. Así, la producción de fertilizantes con nitrato de amonio produce grandes cantidades de óxido nitroso, con un potencial de calentamiento global 320 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>. De hecho, la producción de una tonelada de nitrato de amonio

genera 6.7 t de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> equivalente). Pach (2007) estimó que la energía utilizada en la fabricación mundial de N representa el 1% del consumo total de energía del mundo y concluyó que una planta de amoníaco típica emite 2.5 kg de CO<sub>2</sub> por kg de nitrógeno producido, otros autores indican que en plantas de producción de amoníaco en Europa y América del Norte se emitían entre 1.4 y 2.6 kg de CO<sub>2</sub> por cada kg de N producido, pero señalan que la falta de transparencia que envuelve a esta industria dificulta determinar las razones de la amplia gama (Snyder *et al.*, 2009). Pero todos los datos apuntan a que la producción de fertilizantes es el mayor emisor individual de gases efecto invernadero, seguido del uso de maquinaria agrícola para cubrir las prácticas de manejo, el riego y la producción de plaguicidas.

El manejo del nitrógeno puede ser un componente clave en la mitigación del cambio climático porque las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector agrícola son significativas. Existe la posibilidad de utilizar inhibidores de la nitrificación, fertilizantes de liberación lenta y prácticas que ayudan a aumentar la eficiencia en el uso del N y reducir los insumos de N y las emisiones netas de N<sub>2</sub>O para mitigar el cambio climático. Además, el secuestro de N y C en la materia orgánica del suelo y el aumento del ciclo de N, junto con la implantación de otras prácticas de conservación, como el uso de cultivos de cobertura o la inclusión de un cultivo de leguminosas en la rotación, aumenta el potencial de los suelos de potenciar el ciclo del N. Algunas de las prácticas agrícolas para evitar los flujos de N y las emisiones de N<sub>2</sub>O se muestran en la tabla 3, donde principalmente se pone de manifiesto que cualquier práctica que aproxime las necesidades del cultivo y la liberación de N al suelo conducirá a una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y a una menor necesidad de N externo, disminuyendo así el flujo de N<sub>2</sub>O.

Entre las estrategias genéricas para la mitigación del cambio climático se citan, la mejora de la eficiencia y la gestión de la energía, el cambio a los combustibles de biomasa y con bajo contenido en carbono y azufre, el uso de energías renovables, el uso de tecnologías de emisión cero, la reducción y reutilización de subproductos industriales, y el almacenamiento subterráneo de dióxido de carbono. También se han descrito algunas de las prácticas, que puestas al servicio de la agricultura ecológica pueden contribuir a la mitigación del cambio climático, por ejemplo, 1) la técnica del compostaje, directamente no se recomienda como una opción de mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub>, pero la digestión anaeróbica controlada del estiércol y residuos combinados con la producción de biogás es la opción más prometedora para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> (Weiland, 2010), 2) el cambio en la dieta de los rumiantes en ganadería ecológica puede provocar reducciones en la emisión de este gas y 3) la utilización de biomasa como sustituto de combustibles fósiles, cuando esta biomasa es cultivada mediante sistemas de agricultura ecológica.

La agricultura ecológica, como estrategia de adaptación al cambio climático, es una opción concreta y prometedora para las zonas rurales y tiene potencial adicional como estrategia de mitigación. La adaptación y la mitigación basadas en la agricultura ecológica pueden especificarse en prácticas bien establecidas porque la agricultura ecológica es una estrategia de subsistencia sostenible con décadas de uso en varias zonas climáticas y en una amplia gama de condiciones locales específicas.

Tabla 3. Opciones agrícolas para reducir los flujos de N<sub>2</sub>O.

Objetivo de mitigación	Práctica	Comentarios
Emisiones del suelo asociadas con la fertilización nitrogenada y el ciclo del N	Análisis del N del suelo	Conocer los niveles iniciales de N en el suelo puede optimizar los aportes fertilizantes, en función del cultivo y el tipo de suelo
	Optimización del tiempo de fertilización	La fertilización en sincronía con el crecimiento activo de los cultivos reduce pérdidas de N y emisiones de N <sub>2</sub> O
	Optimización en la distribución de fertilizantes	Los sistemas de localización del fertilizante puede reducir la volatilización del N <sub>2</sub>
	Empleo de inhibidores de la nitrificación	Los inhibidores retrasan la transformación de amonio en nitrato para optimizar la disponibilidad de N del suelo con la demanda de los cultivos
	Fertilización orgánica	La materia orgánica optimiza los aportes, la distribución y las cantidades de N
Emisiones de residuos animales	Cubiertas vegetales	Los cultivos de cobertura en invierno o en barbecho pueden prevenir la acumulación de N residual de suelo, capturando N que de otro modo sería emitido como N <sub>2</sub> O o lixiviado
	Acumulación de residuos	El almacenamiento anaeróbico de residuos animales puede minimizar las pérdidas de N <sub>2</sub> O
Emisiones indirectas de N en áreas no cultivadas	Ganadería ecológica	La densidad de carga ganadera y otras prácticas pueden minimizar las emisiones de NH <sub>3</sub>
	Manejo de las zonas perimetrales	Los setos ayudan a evitar pérdidas del N
	Manejo de zonas de ribera	La plantación árboles cerca de las zonas de ribera ayuda a evitar que el N lixiviado se convierta en N <sub>2</sub> O
	Manejo del amoníaco procedente de ganadería	Los desechos animales pueden ser manejados para minimizar las emisiones de NH <sub>3</sub>
	Tratamiento de aguas residuales	La eliminación del N antes de su liberación como efluente evitará que se convierta en N <sub>2</sub> O

El manejo de prácticas de conservación fuera de la finca agroecológica, como mantener zonas de amortiguación en el suelo, zonas ribereñas y humedales, puede proveer servicios ecosistémicos adicionales, como secuestrar C y eliminar N del ambiente. Así, las decisiones de gestión que ayuden a mitigar y adaptarse al cambio climático serán clave para la conservación, la sostenibilidad de los sistemas de cultivo, la calidad del suelo y del agua y la seguridad alimentaria. La biodiversidad cultivada y las comunidades vegetales complejas diversas son más resistentes a la perturbación y más resistentes a las perturbaciones ambientales derivadas de eventos climáticos extremos (Lin *et al.*, 2008).

De forma indirecta, el aumento del contenido de carbono orgánico del suelo tiene beneficios muy relevantes para la adaptación al cambio climático, ya que mejora la calidad física, química y biológica del suelo (Lal *et al.*, 2011). Así, las cubiertas vegetales tipo *mulching* pueden disminuir la compactación del suelo, a la vez que puede conducir a un menor riesgo de desnitrificación y emisiones de  $N_2O$ , y un menor riesgo de emisiones de  $CH_4$ . Por ejemplo, Mosquera *et al.* (2007) concluyeron que la compactación puede reducir la capacidad de los suelos de consumir u oxidar el  $CH_4$  atmosférico en un 30-90%. Mientras que una ligera compactación del suelo, que da lugar a una menor aireación, puede aumentar las emisiones de  $N_2O$  hasta en un 20%, mientras que la compactación severa puede duplicar las emisiones de  $N_2O$ . Así mismo, la compactación de suelos arcillosos tiene un mayor efecto negativo sobre las emisiones de  $N_2O$  que en los suelos arenosos. Algunos de los efectos negativos de la compactación también pueden estar relacionados con reducciones en el crecimiento de las raíces de los cultivos y en los procesos microbianos de la zona de las raíces.

Snyder *et al.* (2009) en las conclusiones de un metaanálisis indican que la estrategia apropiada para tratar y controlar las emisiones de gases efecto invernadero debe incluir prácticas de manejo de cultivos ecológicamente intensivos que mejoren la eficiencia del uso de nutrientes y garanticen la rentabilidad agrícola. De forma que los cultivos de alto rendimiento pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de un mayor almacenamiento de carbono en el suelo, siempre que se cultiven bajo un criterio de buenas prácticas agrícolas. Algunas de las recomendaciones para evidenciar la disminución de las emisiones son 1) la elección adecuada de variedades adaptadas a la fecha de siembra y resto de condiciones de cultivo, 2) la optimización del agua de riego y manejo de la fertilización nitrogenada, y 3) el uso y manejo de fuentes ecológicas que faciliten la acumulación de carbono orgánico en el suelo. Burney *et al.* (2010) incluye además la disminución de la labranza intensiva en pos de una producción agrícola sostenible y creciente que disminuya la emisión de gases efecto invernadero.

La utilización exclusiva de fertilizantes químicos en las tierras de cultivo no sólo conduce a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también deteriora la calidad del suelo (Liu *et al.*, 2015). Así ha quedado constatado que el pleno uso de residuos de cultivos como forraje para el ganado, la recolección y el compostaje del estiércol de ganado; y la sustitución de parte de los fertilizantes químicos por abonos orgánicos son las opciones ideales para reducir el desperdicio de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, sin que haya pérdidas en el rendimiento para los cultivos.

En el trabajo de El-Hage Scialabba y Müller-Lindenlauf (2010) se discute sobre el potencial de mitigación y adaptación de los sistemas agrícolas ecológicos, principalmente centrados en tres características principales: 1) el diseño de sistemas agrícolas, incluyendo el manejo de los suelos de cultivo y el manejo de pastizales y ganado; 2) El empleo eficaz de los nutrientes, principalmente del nitrógeno y, por lo tanto, en la reducción de las emisiones de  $N_2O$  de los suelos; 3) El secuestro de carbono en los suelos. En una primera estimación, se calcula que el potencial de reducción de emisiones por la eliminación de los fertilizantes minerales de síntesis es de aproximadamente el 20% y el potencial de compensación por el secuestro de carbono es de alrededor del 40-72% de las actuales emisiones anuales de gases de efecto invernadero. En el lado de la adaptación, los sistemas de agricultura ecológica tienen un fuerte potencial para construir sistemas alimentarios resistentes frente a incertidumbres, a través de la diversificación agrícola y el fortalecimiento de la fertilidad del suelo con materia orgánica.

Skinner *et al.* (2014) evaluaron los trabajos sobre la medida de flujos de gases de efecto invernadero, en concreto óxido nitroso, derivados de suelos en el hemisferio norte con clima

templado, bajo manejo ecológico y no ecológico, a partir de comparaciones de sistemas de cultivo. Indican que en promedio las emisiones de óxido nitroso en los suelos manejados ecológicamente fueron de  $492 \pm 160$  kg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> y año, inferiores a las de los suelos gestionados no ecológicos, y de  $497 \pm 162$  kg CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> y año, inferiores entre los suelos manejados ecológicamente y los suelos arables. Sin embargo, teniendo en cuenta la producción, las emisiones de óxido nitroso son mayores en  $41 \pm 34$  kg CO<sub>2</sub>-eq t<sup>-1</sup> de materia seca, para el manejo ecológico frente al convencional (cultivo y suelo arable), de manera que para igualar las emisiones de óxido nitroso por rendimiento sería necesario un aumento del rendimiento en los sistemas ecológicos del 9%. Las emisiones de los suelos manejados convencionalmente parecían estar influenciadas principalmente por los insumos totales de N, mientras que para los suelos manejados ecológicamente otras variables como las características del suelo parecían ser más importantes. Esto puede explicarse por la mayor biodisponibilidad de los fertilizantes nitrogenados sintéticos en sistemas de agricultura no ecológica, mientras que la mineralización necesaria de las fuentes de N bajo manejo ecológico lleva a una menor disponibilidad.

La ganadería también contribuye significativamente a las emisiones de gases efecto invernadero, resultantes de algunas prácticas comunes a la agricultura como son el uso del suelo, el uso de combustibles fósiles, el uso de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, o lo que hay que añadir los antibióticos), y de otras prácticas concretas a la ganadería como las emisiones directas de los propios animales, el manejo del estiércol y las actividades asociadas con la cría de animales (Yan *et al.* 2011). También la densidad de ganado que vive en el planeta en los modelos de ganadería intensiva, con fines agroalimentarios, incrementa las concentraciones de gases de efecto invernadero que deriva también en el cambio climático y éste está originando una metamorfosis global, tanto en pérdidas de biodiversidad como en migraciones forzadas, ya sean derivadas de los conflictos bélicos originados por el control de los recursos como por las zonas en las que ya no es posible vivir debido al aumento de las temperaturas, o grandes sequías. El valor intrínseco de los ecosistemas a los que pertenece el agricultor y/o ganadero afectan al equilibrio ecosistémico, a la cadena trófica, a la desaparición de especies y al mantenimiento de los acuíferos.

Por otro lado, los cambios en el modelo de dieta de la población no sólo pueden generar beneficios sustanciales para la salud humana y el uso global de la tierra, sino que también pueden desempeñar un papel importante en las futuras políticas de mitigación del cambio climático. Algunos autores (Stehfest *et al.*, 2009) apuntan a que el cambio en el modelo de ingesta y los cambios dietéticos tienen efectos sobre la estabilización en el cambio climático. Así, una transición alimentaria al consumo de menos carne, o incluso un cambio completo a la sustitución de la ingesta de proteína animal por proteína vegetal podría ser ventajoso en el uso de la tierra y sus implicaciones en la emisión de gases efecto invernadero ya que mundialmente se podrían abandonar hasta 2700 Mha de pastizales y 100 Mha de tierras de cultivo direccionadas a la producción de alimentos animales, y sustituirlas por bosques de alimentos, que daría lugar a una gran absorción de carbono por la vegetación rebrotada. Adicionalmente, las emisiones de metano y óxido nitroso se reducirían de forma sustancial. Una transición mundial a una dieta baja en carne, recomendada también por razones de salud, reduciría los costos de mitigación para alcanzar un objetivo de estabilización de 450 ppm de CO<sub>2</sub>-eq en un 50% aproximadamente en 2050.

A nivel mundial, el ganado es la fuente antropogénica más importante de emisiones de metano (Miller *et al.*, 2013). El sector ganadero representa, a nivel mundial, el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 80% del uso total del suelo antropogénico, valores que

ascienden al 36% de las emisiones de gases efecto invernadero en los 27 países de la EU (Lesschen *et al.*, 2011). El origen de estos gases es la fermentación entérica en el rumen de los rumiantes, datos muy significativos, ya que el metano contribuye en aproximadamente 20 veces más, al potencial de calentamiento global producido por el CO<sub>2</sub>. No hay duda de que esto es un problema, ya que las estimaciones ponen las emisiones mundiales de metano del ganado rumiante en alrededor de 80 millones de toneladas al año, equivalentes aproximadamente a dos mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Otras ganaderías producen menos gases de efecto invernadero, así en porcino se emiten entre 1 y 1.5 kg CH<sub>4</sub> por cabeza de ganado y año, por fermentación entérica, en comparación con los 100 kg de CH<sub>4</sub> por cabeza y año que pueden emitir el vacuno de leche y entre 5 y 8 kg CH<sub>4</sub> por cabeza y año que puede emitir el ganado ovino. Si el estiércol líquido, procedente de la ganadería porcina, se utiliza para reemplazar los combustibles fósiles y almacenar metano en plantas de biogás, las emisiones netas de gases de efecto invernadero, podrían ser significativamente menores para la producción porcina (Weiland, 2010).

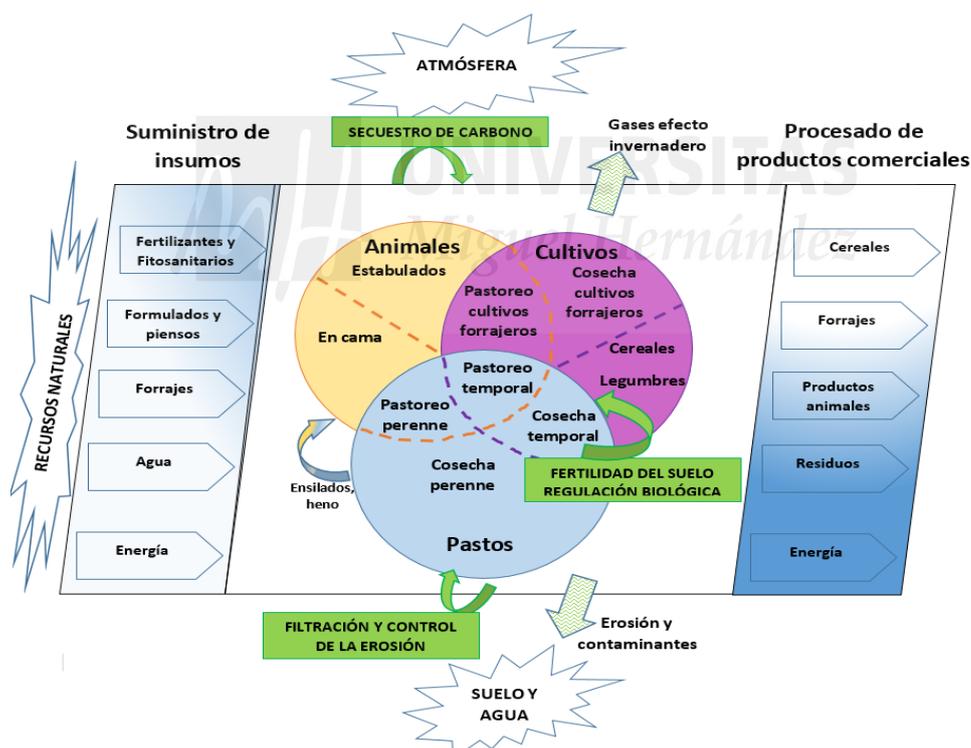
Las emisiones dependen fundamentalmente de la dieta del animal. Por lo que modificar la dieta de los animales y el manejo del estiércol puede reducir la emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de la ganadería (Johnson *et al.*, 2007). Los alimentos ganaderos de mayor energía producen estiércol con sólidos más volátiles, es decir, materia orgánica descomponible que puede emitir más gases de efecto invernadero, dependiendo de las condiciones ambientales. Así, las emisiones de metano podrían ser drásticamente reducidas, cambiando los pastizales en los que los animales pastan por leguminosas (sembradas frecuentemente por los agricultores ecológicos para mejorar el contenido de nitrógeno del suelo). Debido a que la parte vegetativa comestible leguminosa es más digerible, las bacterias del estómago de la vaca facilitan los procesos de digestión y absorción, siendo menos capaces de convertir el forraje en metano y reduciendo sus emisiones. Existen otras medidas que influyen en la digestibilidad de la dieta de los animales, como por ejemplo, Bartoš *et al* (2016) llevaron a término un trabajo en la cría de cerdos, para evaluar los efectos de dos aditivos fitogénicos comerciales, suplementados en la dieta de cereales en base a aceites esenciales o una mezcla de aceites esenciales y hierbas y especias secas, sobre el rendimiento del crecimiento y las emisiones de amoníaco, metano, óxido nitroso y dióxido de carbono en comparación con un control no suplementado. Además de las repercusiones sobre el rendimiento concluyeron que la inclusión de los suplementos de aceites y plantas aromáticas, reduce significativamente las emisiones de amoníaco por animal y día, así como por kg de ganancia de peso corporal del cerdo, disminuyendo también las emisiones de dióxido de carbono por kg de ganancia de peso corporal, en promedio en un 9%, mientras que las emisiones de metano y de gas nitroso no se vieron afectadas, siendo herramientas útiles para la reducción de las emisiones de amoníaco de los establos de cerdos.

Actualmente, los sistemas de ganadería industrial están separados de los cultivos forrajeros y se someten a cultivo, suelos agrícolas o nuevos suelos que han sido deforestados de la selva tropical o similares, con un tratamiento muy intensivo, empleando semilla transgénica, con alto consumo de fertilizantes y fitosanitarios y en zonas geográficamente separadas de las explotaciones ganaderas, empleando combustibles fósiles para el transporte de los granos que servirán para formular los piensos de los animales, resultando un sistema poco sostenible y con gran emisión de gases de efecto invernadero en cada etapa. El secuestro de carbono mediante una mejor gestión de los pastizales y los sistemas mixtos, pueden reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, dependiendo del tipo de suelo y otros factores productivos, y puede tener otros beneficios ambientales, como la mejora de la biodiversidad en praderas de alto valor natural. Existen muchas maneras en las que los sistemas mixtos pueden adaptarse al

## 4. RESULTADOS

cambio climático en el futuro, incluso a través de mayores eficiencias de producción que a veces también proporcionan importantes beneficios de mitigación. Pero una adaptación eficaz requerirá un entorno político, técnico, infraestructural e informativo propicio (Bonaudo *et al.*, 2014).

La ganadería ecológica está basada en sistemas integrados con la agricultura, complementando las sinergias que cultivos y ganado pueden generar en la mejora de los ciclos de los nutrientes y en la prestación de servicios ecosistémicos. Además, se cumple con una cuestión social, ya que los agricultores interactúan como los verdaderos gestores de recursos naturales y como los actores de la cadena agroalimentaria, determinando el uso de la tierra y la naturaleza en los diferentes niveles. La figura 4 muestra los componentes, los flujos de materiales y procesos ecosistémicos principales en un sistema integrado de agricultura-ganadería. A modo de ilustración, las tres esferas y áreas superpuestas tienen dimensiones similares. Al variar sus tamaños y grados de superposición, es posible representar la estructura de una amplia gama de sistemas de agricultura y ganadería (Moraine *et al.*, 2017). Las interacciones entre las tres esferas determinan los niveles de cesión y la resiliencia de los servicios ecosistémicos, basados en procesos de ecosistemas asociados (grandes flechas semicirculares). Uno de los retos de la integración cultivos-ganado es reducir drásticamente los flujos de entrada y las emisiones al medio ambiente.



**Figura 4. Flujo de insumos y procesos ecosistémicos en un modelo integrado de agricultura y ganadería.**

Con esta visión ecosistémica, se indica que la producción de carne y productos lácteos en pastizales, en contraposición a la producción intensiva de cereales, puede asociarse con una reducción de las emisiones de gases efecto invernadero en función de las emisiones reales del papel del uso del suelo y su cambio de uso. Así lo indican Bellarby *et al.* (2013). Así, el sector de la carne de vacuno y productos lácteos, aportan en promedio el 60% de todas las emisiones de producción pecuaria, ascendiendo las emisiones de gases de efecto invernadero de todos los

productos pecuarios a valores entre 630 y 863 millones de t de CO<sub>2</sub>eq, es decir entre el 12 y 17% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. El potencial total de mitigación de gases de efecto invernadero proveniente del sector pecuario en Europa oscila entre 101 y 377 Mt de CO<sub>2</sub>eq y equivale a entre el 12 y el 61% de las emisiones totales del sector pecuario de la UE.

La reducción de los residuos alimentarios y del consumo de alimentos de origen animal, son las opciones de mitigación de gases de efecto invernadero más eficaces y, si se estimulan, también aportan beneficios ambientales y para la salud humana. Desde una perspectiva dietética, el impacto potencial de los cambios dietéticos, mediante el uso de un modelo de transición alimentaria global a menos carne, o incluso un cambio completo a la proteína vegetal a base de alimentos tiene una repercusión sobre el ambicioso objetivo de estabilización del clima.

### 4.1.5 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

La población humana y su consumo afectan profundamente a los ecosistemas terrestres. Una medida particularmente convincente del impacto acumulativo de la humanidad es la fracción de la producción primaria neta del planeta que se precisa para el uso cotidiano. La producción primaria neta, es decir la cantidad neta de energía solar convertida en materia orgánica vegetal a través de la fotosíntesis, puede medirse en unidades de carbono elemental y representa la principal fuente de energía alimentaria para los ecosistemas del mundo. La apropiación humana de la producción primaria neta, además de dejar menos para otras especies, altera la composición de la atmósfera, los niveles de biodiversidad, los flujos de energía dentro de las redes alimenticias y la provisión de servicios ecosistémicos. La huella desigual del consumo humano y los impactos ambientales relacionados, indican el grado en que las poblaciones humanas dependen de las importaciones netas de producción primaria y ponen de manifiesto la necesidad de establecer políticas medioambientales para frenar el crecimiento futuro de la apropiación de la producción primaria neta.

A comienzos del siglo XXI, alcanzado ya el cénit del petróleo convencional y en medio de una crisis climática desbocada, la acusada dependencia del combustible fósil para abastecer las necesidades de la agricultura industrial convencional se convierte tal vez en su mayor punto débil y no deja lugar a dudas sobre su incapacidad para proporcionar alimentos a la humanidad sin exceder los límites ambientales. La agricultura convencional consume una gran cantidad de recursos y energía, ya que está concebida como una fábrica de bienes de consumo, cuya producción son mercancía que cumpla con los estándares de estética y precio. Esto empuja al agricultor a practicar un sistema cuyo balance energético es negativo, pues tiene un elevado consumo de carburantes fósiles, distribuido en el uso de maquinaria, fertilizantes, fitosanitarios, energía para el riego, etc. (Mulder y Hagens, 2008).

Las ganancias de la agricultura industrial en rendimientos por unidad de superficie y en productividad del trabajo humano se hacen a costa de un consumo desmesurado de energía exosomática, en el contexto actual de origen fósil, básicamente petróleo. Los fertilizantes encabezan los requerimientos de energía, seguidos por el gasóleo necesario para la maquinaria agrícola y los fitosanitarios, esto lleva a que para obtener una caloría alimenticia es necesario consumir muchas más calorías externas, dando lugar a un sistema agrario que en lugar de energía (alimentaria), la consume de los combustibles fósiles (Roggema y van den Dobbelsteen, 2014). Por regla general, los modelos de agricultura sostenible consumen menos energía bajo técnicas de producción convencional. En agricultura integrada, por ejemplo, Deike *et al.* (2008) encontraron que aproximadamente el 37% del total de los insumos energéticos consistió en el

consumo de combustibles fósiles que entraña la producción y aplicación de fertilizantes minerales. También las técnicas de agricultura ecológica han tenido un uso y consumo más eficiente de la energía que la agricultura convencional, medida tanto por hectárea como por producción (Meier *et al.*, 2015).

El-Hage Scialabba y Muller (2010) encontraron que la agricultura ecológica consume alrededor del 15% menos de energía que la de la agricultura convencional, por unidad producida. Estas diferencias se deben principalmente a que la producción y el transporte de fertilizantes inorgánicos requieren grandes insumos energéticos, que no son necesarios en la agricultura ecológica. Por otro lado, Gomiero *et al.* (2008) destacan el hecho de que los diferentes insumos energéticos para la producción ecológica y convencional dependen en gran medida de los productos considerados y los resultados no siempre indican una tendencia clara. Así se demostró que la agricultura ecológica, consume entre un 9.5% (manzanas) y un 69% (leche) menos de energía que la agricultura convencional. En cambio, se consume de un 7% a un 29% mayor para la producción de patata ecológica, en comparación con la agricultura convencional. Resultados similares a los que obtiene (Astier *et al.*, 2014), para el caso del aguacate ecológico de exportación. El metaanálisis de Meier *et al.* (2015) pone de manifiesto que el uso de energía por unidad de producto es menor para los productos ganaderos y cultivos herbáceos, mientras que no está tan evidenciado para los sistemas de cultivo de frutas y verduras.

En el caso concreto del cultivo del olivo, Kaltsas *et al.* (2007) trabajaron en la isla griega de Lesbos con 62 granjas convencionales y 26 granjas ecológicas durante cuatro campañas y dos cultivares mayoritarios de la zona, con el fin de determinar las diferencias en el flujo de energía entre los sistemas y variedades agrícolas. Concluyeron que las mejores prácticas agrícolas de manejo (ecológicas) introducen el uso de insumos de energía renovable, pudiendo clasificar los árboles de olivo en tres categorías, en función del grado en el uso de insumos energéticos. En el grupo de mayor impacto, los combustibles y el transporte son los insumos energéticos con mayor contribución. Las prácticas de gestión junto con la ubicación geográfica podría ser la causa de las diferencias entre los grupos de olivares. El consumo energético varió entre los 0.9 MJ kg<sup>-1</sup> y los 2.4 MJ kg<sup>-1</sup> de producción de aceituna.

En la última década, la literatura ofrece información donde se confirma que la agricultura ecológica reduce los requerimientos de energía entre un 25 y 50%, en comparación con los convencionales, proporcionando sistemas agrarios más eficientes energéticamente que sus homólogos convencionales (Tuomisto *et al.*, 2012; Lynch *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2015). Por ejemplo, en Alemania, Italia, Suecia y Suiza, se encontró que las granjas ecológicas consumían una cantidad de energía significativamente menor por hectárea que sus contrapartes convencionales (Gattinger *et al.*, 2012). Deike *et al.* (2008) en estudios de larga duración (8 años) concluyeron que la eficiencia energética fue mayor en los sistemas de agricultura ecológica frente a los convencionales. En el promedio de los años de estudio observaron que la energía fósil consumida en los sistemas ecológicos fue de 8.1 GJ ha<sup>-1</sup>, es decir un 35% por debajo de la energía consumida por los sistemas de agricultura integrada y por debajo de los 12.4 GJ ha<sup>-1</sup> que presenta el sistema convencional. Las mayores partidas energéticas en el modelo integrado fueron para el uso de combustibles fósiles (29%) y fertilizantes minerales (37%), siendo el uso de los fertilizantes nitrogenados minerales los que representan el 28% de la energía total implicada. La energía aplicable al uso de los plaguicidas fue del 5% del total de la energía implicada en el modelo de producción convencional. En agricultura ecológica los mayores requerimientos energéticos son para el empleo de combustibles fósiles (46%). El uso de energía generalmente más bajo de los sistemas ecológicos los convierten en modelos ideales para

desarrollar métodos para limitar las emisiones de combustibles fósiles y construir reservas de carbono en el suelo, herramientas importantes para abordar el cambio climático.

El grado en que la agricultura ecológica puede ofrecer un modo de producción energéticamente más eficiente fue investigado a través de una comparación de 50 estudios (Smith *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2015). Los resultados ilustran que, para casi todos los tipos de cultivos y ganado, los sistemas ecológicos utilizan menos energía de combustibles fósiles por unidad de área de superficie, aunque los resultados son más variables por unidad de producto. En muchos casos, la diferencia se sigue atribuyendo a los altos requerimientos de energía para la fabricación de fertilizantes nitrogenados utilizados en sistemas convencionales. Los rendimientos más bajos y los mayores requerimientos de energía para el control de las plantas silvestres en agricultura ecológica, pueden hacer que algunos de estos sistemas de cultivos empeoren energéticamente. Por otra parte, los altos índices de conversión alimenticia y las tasas de mortalidad en los modelos ganaderos, también hacen que algunos sistemas de ganadería ecológica sean menos eficientes por kilogramo de carne producida, aunque una de las contribuciones más importantes respecto a la eficiencia energética, es que en ganadería es el uso del forraje, en especial para los ruminantes. A la inversa, las aves de corral orgánicas tienden a presentar peores resultados en términos de consumo de energía, como resultado de mayores índices de conversión alimenticia y mayores tasas de mortalidad. En general, se ha encontrado que los sistemas de agricultura y ganadería ecológica tienen el potencial de contribuir a una agricultura más eficiente energéticamente, aunque esto se hará a expensas de un menor rendimiento. No obstante, Lin *et al.* (2017) indican que no es recomendable la transición desde el modelo convencional al ecológico, puesto que no se encuentran disminuciones en el consumo de energía fósil.

Con respecto a las fuentes de energía, hay evidencia de que las granjas ecológicas utilizan más energía renovable y tienen menos impacto en los ecosistemas naturales. Los requerimientos de energía humana en las granjas ecológicas también son mayores como resultado de una mayor diversidad de sistemas y control manual. En general, la mayoría de los sistemas de agricultura ecológica son más eficientes energéticamente que sus homólogos convencionales, aunque hay algunas excepciones notables (Smith *et al.*, 2015).

El crecimiento del comercio mundial con productos ecológicos ha dado lugar a un debate sobre los impactos ambientales durante la producción y el transporte. Un caso concreto (Knudsen *et al.*, 2011) se presenta con la producción de zumo de naranja ecológico producido por pequeños productores en Brasil, y procesado e importado a Dinamarca, la producción de zumo de naranja ecológica a pequeña escala se comparó con la producción de zumo de naranja convencional a pequeña escala y con la producción de zumo de naranja ecológica a gran escala en la zona de Brasil. El transporte fue el principal contribuyente (58%) al potencial de consumo energético del zumo de naranja ecológico procedente de pequeños agricultores importado a Dinamarca, seguido por la etapa de explotación (23%). El uso de energía no renovable por hectárea fue significativamente menor en las granjas ecológicas de pequeña escala que en las convencionales. Comparando la producción en pequeña escala con la producción ecológica a gran escala, la diversidad de cultivos fue mayor en las fincas de pequeña escala, mientras que el potencial de eutrofización y el uso de insumos por hectárea fueron significativamente menor, lo que indica que los impactos ambientales en las granjas de pequeña escala difieren de los de gran escala.

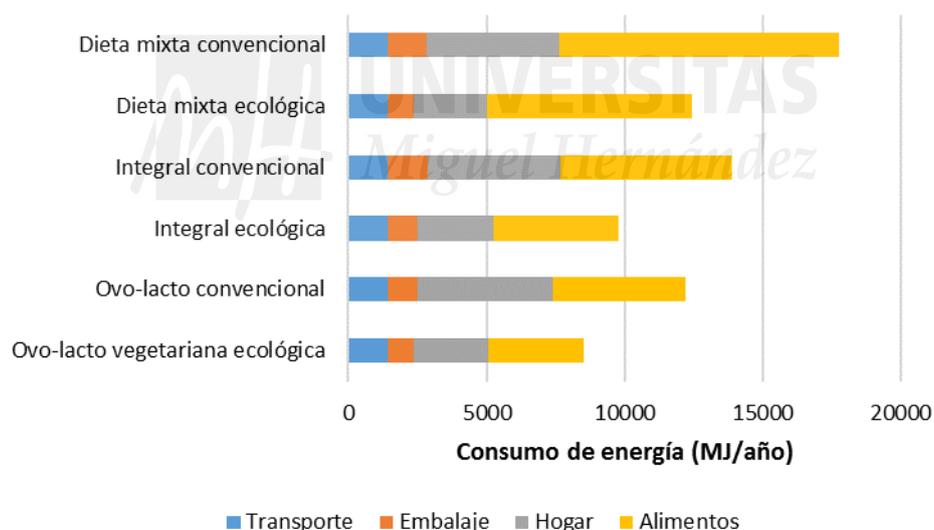
A la hora de escenificar modelos que permitan evaluar las potenciales reducciones de la demanda de energía (tanto fósil como renovable), Pelletier *et al.* (2008) trabajaron bajo la hipótesis de transición de la producción convencional a la ecológica de cuatro grandes cultivos

## 4. RESULTADOS

(colza, maíz soja y trigo) en Canadá. Los resultados indican que la producción de cultivos ecológicos reduciría el consumo promedio en el 39% de la energía. Y se concluye indicando que una transición total a la producción ecológica de estos cultivos en Canadá reduciría el consumo nacional de energía en un 0.8%, a la par que reduciría las emisiones de gases efecto invernadero en un 0.6% y las emisiones acidificantes en un 1.0%.

En la transición energética hay que evaluar también los impactos que se producen con el modelo de dieta. Treu *et al.* (2017) lo estudian para el mercado alemán, considerando como dieta convencional, la que en promedio no compran productos alimenticios ecológicos, mientras que la dieta ecológica es la que realizan los consumidores que incluyen en la compra una gran parte de alimentos ecológicos. La dieta convencional media contiene 45% más de carne que la dieta ecológica promedio, y ésta a su vez contiene un 40% más de verduras, frutas y legumbres. Se concluye que la huella de carbono puede reducirse cambiando hacia dietas con menos productos alimenticios basados en alimentos de origen animal.

En este sentido, la figura 5 muestra la distribución energética de la dieta, en función de la parte del transporte, el embalaje, la energía aplicada en el hogar y la implicada en el sistema de producción de los alimentos, en seis modelos de dietas. Se observa que, en los tres modelos de dietas, basadas en alimentos ecológicos el consumo de energía es menor, y en la misma medida, cuanto más presencia de alimento de origen vegetal contiene la dieta, menor consumo energético requiere.



**Figura 5. Energía consumida (MJ) al año en función del modelo de dieta.**

En este contexto energético, la agricultura, al igual que todos los sectores económicos, se traslada a nuevos modelos de producción con menor impacto ambiental y climático. El cambio es difícil y lento, ya que despierta reacciones inicialmente antagónicas en el mundo agrícola, pero se requiere cambios en el modelo productivo, en todos los sectores, hacia el sistema agroecológico energéticamente sostenible.

### 4.1.6 PRODUCCIÓN ECOLÓGICA=USO EFICIENTE DEL AGUA

El agua es una de las esencias de la producción agrícola en el mundo entero, y en muchas zonas geográficas se convierte en el factor limitante para el ejercicio de la actividad. Por consiguiente, la mejora del manejo de la humedad del suelo es fundamental para la producción sostenible de alimentos y el abastecimiento futuro del agua. La disminución de la capacidad del suelo de aceptar, retener, liberar y trasladar agua reduce su productividad, tanto para los cultivos hortícolas, pastos, arbustos y árboles frutales. El gran desafío de los próximos decenios será aumentar la producción de alimentos con menos agua, en especial en los países con limitados recursos de agua y de suelo. Para optimizar el uso del agua e influir en la seguridad alimentaria, el suelo debe ser capaz de capturar el agua de lluvia, y potencialmente almacenar la mayor cantidad de agua posible para la futura utilización de la planta y favorecer la penetración de las raíces en el perfil del suelo y proliferen en profundidad. La reducción del crecimiento de las raíces limita el volumen de suelo que la planta explora para los nutrientes y el agua y puede aumentar los efectos de competencias (Kautz *et al.*, 2013). Los problemas o limitaciones de una o varias de estas condiciones hacen que los contenidos en agua del suelo sea un importante factor limitante para el crecimiento de los cultivos. En este sentido, muchos de los casos donde se produce disminución en los rendimientos agrarios están relacionados con la falta de agua en el suelo, por la imposibilidad de realizar riego y por la insuficiencia de lluvias.

Los impactos ambientales asociados con la cadena de valor del agua prevén la puesta en marcha de medidas para un conjunto de mejoras potenciales de la ecoeficiencia agrícola. Estas mejoras serían deben ser eficientes en cuanto a recursos y evitar la contaminación. Las mejoras de la ecoeficiencia agrícola que promueven la eficiencia del uso del agua, tiene actuaciones en medidas de tecnologías del riego, adecuadas a las condiciones del terreno y a los recursos existentes, que permitan reducir los consumos de agua y energía, y/o el empleo de aguas limpias procedentes de tratamientos de lodos de depuradoras (Maia *et al.*, 2016).

Algunos autores (Lopes *et al.*, 2011) indican que el riego de alta frecuencia, especialmente en los sistemas hortícolas, ofrece un alto potencial para aportar correctamente las necesidades de agua, mejorar la eficiencia del uso del agua y adaptar mejor la demanda de agua en el tiempo y el espacio. Una práctica altamente adecuada sería la combinación de riego de alta frecuencia con cultivos de cobertura o cultivando varios cultivos (policultivos) para reducir la evaporación del suelo desnudo, y optimizar el uso del agua.

Existen una relación intrínseca entre el triángulo agua-energía-recursos alimentarios y la sostenibilidad del modelo agrícola (Ozturk, 2017), con repercusiones en todas las áreas del planeta, pero con mayor impacto en zonas donde los recursos son limitados y limitantes, pasando a tener una repercusión político-social, que se ve afectada en gran medida por el cambio climático, los desafíos de la seguridad alimentaria y el acceso a los recursos hídricos y a la energía. electricidad. Es conocido que el valor agregado de la producción agrícola, los rendimientos de los cultivos y la superficie forestal disminuyen significativamente el nexo de pobreza entre alimentos, energía y agua, lo que conduce a un mayor crecimiento económico, en muchos casos, a costa de la degradación ambiental. En consecuencia, la sostenibilidad agrícola es el requisito previo para reducir la pobreza de los alimentos, el uso de la energía y velar por el mantenimiento de la calidad del agua.

En muchas partes del mundo, las tierras de cultivo se encuentran en zonas semiáridas y secas, cada vez más afectadas por la escasez de agua, con concentraciones de la precipitación en cortos períodos de tiempo y con pérdidas a través de la escorrentía superficial, la evaporación del suelo

y la percolación profunda. El desafío es cómo capturar el poco agua disponible, almacenarlo en el suelo y ponerlo a disposición de los cultivos en épocas de escasez. Las técnicas tradicionales empleadas en el África subsahariana consisten en la realización de pequeños pozos superficiales (10-15 cm de profundidad) y 20-30 cm de diámetro y llenarlos con estiércol. Las aplicaciones de estiércol en los pozos atraen a los insectos que cavan los canales y mejoran así la estructura del suelo para que más agua pueda infiltrarse y retenerse en el suelo. A lo largo de los años, la realización de esta técnica localmente mejorada para recuperar las tierras degradadas y capturar, recoger y concentrar eficientemente el agua de lluvia y esorrentía. Este conocimiento tradicional puede servir de base para el diseño de sistemas agrícolas adaptados que permitan la captación natural del agua y la resiliencia a los cambios climáticos (Altieri *et al.*, 2015). Es conocido que el incremento de los niveles de materia orgánica en el suelo aumenta la retención de agua en las zonas secas y reduce el drenaje en zonas húmedas (Mondelaers *et al.*, 2009b).

Ante los escenarios de cambio climático y la desertización, vinculados con el suministro y calidad del agua, que están sufriendo algunas zonas del planeta, hay que activar alternativas técnicas apropiadas y prácticas agrícolas y de laboreo eficientes y respetuosas con la fertilidad del suelo y creación de sistemas agrícolas equilibrados, que no acaben con el proceso de abandono de los territorios.

Los suelos sanos con un elevado contenido de materia orgánica tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua. La materia orgánica puede retener alrededor de 20 veces su peso en agua. Esto es beneficioso no sólo durante los períodos de escasez de agua y sequías, cuando la humedad del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas, sino también durante las lluvias intensas, porque el suelo reduce las inundaciones y las esorrentías al ralentizar el vertido de agua. Además, los suelos funcionales con altos niveles de materia orgánica desempeñan un papel clave en el abastecimiento de agua limpia. La infiltración de agua a través del suelo atrapa los contaminantes e impide que estos se filtren en el agua freática. Además, el suelo captura y almacena agua, poniéndola a disposición de los cultivos para su absorción, de este modo, reduce al mínimo la superficie de evaporación y maximiza la eficacia y productividad en el uso del agua, con repercusiones en la seguridad alimentaria.

Además del suministro del agua otro factor que preocupa al sector agrícola es el relacionado con la calidad del agua empleada en agricultura. Por un lado, la intensificación en el uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis provoca una alta contaminación en nitratos, que son lixiviados fácilmente y contaminar los acuíferos. Por otro lado, el abuso de fertilizantes fosforados que provocan concentraciones de fosfatos que pasan a las aguas continentales, que unido al alto contenido en nitratos, provocan fenómenos de eutrofización de las aguas. Y el último fenómeno de pérdida de la calidad de las aguas es la deriva de sustancias activas empleadas como plaguicidas en la agricultura y que debido a su alto poder de persistencia y al uso indiscriminado en su empleo genera la contaminación de las aguas por estas sustancias.

En muchas zonas agrícolas la contaminación por fertilizantes y fitosanitarios químicos de síntesis de las aguas subterráneas y por deriva de las aguas corrientes de consumo humano se ha convertido en un grave problema no sólo agrícola, sino de salud pública (Ravier *et al.*, 2015; Petit *et al.*, 2016). La prohibición de uso de estas sustancias en la agricultura ecológica y la sustitución por prácticas y sustancias respetuosas con el ambiente, tienen repercusiones en la estructura del suelo y la filtración del agua. La ausencia de plaguicidas sintéticos tiene un impacto obviamente positivo por no generar contaminación del agua superficial y la agricultura ecológica es el sistema agrícola de primera elección para las áreas de recuperación de agua.

Los sistemas ecológicos bien gestionados, con mejores capacidades para retener los nutrientes, reducen mucho el peligro de contaminación del agua subterránea. En algunas zonas donde la contaminación es un gran problema, la adopción de la agricultura ecológica como medida productiva además puede ser una actividad que permita revertir la calidad de las aguas y el establecimiento del medio ambiente. Así, los programas agroambientales pueden aportar mejoras en la calidad del agua, a través de una reducción de la contaminación difusa de las fuentes agrícolas. La lixiviación de nitratos son inferiores en la agricultura ecológica, pero no todas las prácticas ecológicas producen el mismo nivel de impacto en la reducción en la lixiviación por nitratos, debiendo contemplar también las pérdidas por escorrentías y optimizando las prácticas a través de la rotación de cultivos y otras técnicas de uso mayoritario en agricultura ecológica (Biro *et al.*, 2005; Korsæth, 2008).

La literatura científica sobre la calidad y flujo del agua en los sistemas de agricultura ecológica es muy reducida. Muchos de los estudios publicados en la década pasada utilizan los datos de concentración de nutrientes obtenidos de los lisímetros para estimar la pérdida de nitratos (Loges *et al.*, 2008, Hatch *et al.*, 2010). Estos mismos autores han publicado trabajos que han estimado los flujos de agua mediante cálculos matemáticos o mediante modelos específicos.

Oquist *et al.* (2007) estudiaron los efectos comparativos entre las prácticas agrarias alternativas (incluyendo la gestión ecológica) y las convencionales sobre la pérdida de nitratos en aguas de drenaje subterráneo de suelos. Los resultados indican que las prácticas agrícolas alternas redujeron la descarga de drenaje subterráneo en un 41% en comparación con las prácticas convencionales. Las concentraciones medias ponderadas de nitratos durante el flujo de drenaje subterráneo fueron de 8.2 y 17.2 mg L<sup>-1</sup> bajo prácticas agrícolas alternativas y convencionales, respectivamente. En cuanto a los estudios comparativos sobre las diferencias comparativas de lixiviación de P (en kg/ha) entre la agricultura orgánica y convencional, se han encontrado estudios de campo a largo plazo con tubos de drenaje y un estudio de simulación (Torstensson *et al.*, 2006; Ekholm *et al.*, 2005). Los estudios no muestran resultados concluyentes si la agricultura ecológica o convencional funciona mejor en esta materia, debido a efectos aleatorios y una amplia variabilidad en los resultados obtenidos. Los niveles de fósforo lixiviado que encuentran estos autores son bastante pequeños, existiendo una diferencia de 0.03-0.04 kg/ha de mayor contenido de fósforo lixiviado a favor de la agricultura convencional. Los balances en fósforo también reportan resultados favorables para los modelos de agricultura ecológica, pero los intervalos de confianza son demasiado amplios para concluir diferencias significativas (Mondelaers *et al.*, 2009b).

Garnier *et al.* (2016) exploran el potencial de la agricultura orgánica para conciliar la producción agrícola y la calidad del agua. A nivel de suelo encontraron que el superávit de N para cultivos herbáceos en sistemas especializados de cultivos orgánicos es la mitad que para los sistemas convencionales (15 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> versus 30 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente). A nivel de rendimientos de N en los sistemas orgánicos es un 21% menor que en sistemas convencionales, pero la fertilización total (principalmente la fijación de N simbiótica) es también un 26% menor. Simularon una situación ideal de manejo similar a la que se podría encontrar en 1955 (antes a la revolución verde) y concluyen que los cultivos ecológicos y los sistemas ecológicos de ganado conectados producen una reducción del 50% de las concentraciones de nitratos de agua superficial, lo que significa una calidad del agua superficial un 20% mejor que la reconstruida para 1955, con una producción de proteína en general más alta.

Cambardella *et al.* (2015) evalúan el objetivo a largo plazo del impacto ambiental de los sistemas de agricultura ecológica, incluyendo los efectos sobre la calidad y retención de agua, mediante

la cuantificación del flujo de agua de drenaje subterráneo y las concentraciones de nitratos en cultivos de rotación convencional, ecológica y pastos ecológicos. Los resultados de este estudio sugieren que las prácticas de agricultura ecológica, como la aplicación de estiércol compostado y el uso de leguminosas forrajeras y abonos verdes dentro de rotaciones extendidas de cultivo, pueden mejorar la calidad del agua de drenaje.

En un intento de estudiar los efectos del sistema de riego por goteo sobre las características del suelo y de las plantas en un modelo de producción de cultivo de tomate en rotación con maíz, Peterson *et al.* (2016) demostraron que el diseño y manejo de la materia orgánica afecta a la infiltración y la liberación de agua en el suelo, por lo tanto, a la disponibilidad espacial y temporal del agua para los cultivos.

Muchos plaguicidas utilizados en la agricultura convencional tienen impactos negativos sobre los organismos acuáticos y pueden comprometer la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Aunque las prácticas en agricultura ecológica reducen las cargas de plaguicidas, los críticos sostienen que las sustancias orgánicas empleadas como fitosanitarios, como azufre y rotenona, pueden tener un impacto total mayor debido a las dosis más altas y a la mayor frecuencia de aplicación requerida, a pesar de los cocientes de toxicidad más bajos. En la práctica, sin embargo, los agricultores ecológicos realizan un manejo integrado de plagas o usan sustancias muy poco dañinas. Por lo tanto, la lixiviación de pesticidas en agricultura ecológica es menor que en la agricultura convencional. La agricultura es el mayor consumidor de agua dulce y la escasez de agua plantea riesgos importantes para la producción futura de alimentos. Mejorar la eficiencia del riego y la gestión del agua de los cultivos representan estrategias claves para avanzar hacia la producción sostenible de alimentos. En general, los suelos ecológicos muestran mayor capacidad de retención de agua y tasas de infiltración de agua debido al mayor contenido de materia orgánica. Esto puede conducir a disminuir la limitación del agua de los cultivos ecológicos (Seufert y Ramankutty, 2017).

### 4.2 CONTRIBUCIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS Y EN SALUD

La tabla 4 muestra el resumen de la literatura revisada que ha sido empleada en el apartado de contribuciones relacionados con la composición de los alimentos, para el capítulo de generalidades, respecto a los aspectos de calidad nutricional, de calidad sensorial y de salud. En cada uno de los apartados se incluye el número de aportaciones que se han estudiado y citado en el texto porque aportan información generalista con criterios explicativos, los que son revisión sistemática, el número de metaanálisis, los artículos de estudio de pares comparativos entre agricultura ecológica y convencional y los artículos de resultados sobre agricultura ecológica, incluidos los que no aportan resultados positivos en materia de composición nutricional para los alimentos ecológicos.

## 4. RESULTADOS

**Tabla 4. Resumen de las aportaciones en el apartado de contribuciones nutricionales y de salud.**

Capítulo	Aportaciones	Comentarios
Generalidades	Pino <i>et al.</i> 2012; Padilla-Bravo <i>et al.</i> 2013	2 Estudios de resultados
Seguridad alimentaria	Lu <i>et al.</i> 2006; Oliveira <i>et al.</i> 2010; Lima y Vianello 2011; Antoniou <i>et al.</i> 2012; Jacobsen <i>et al.</i> 2012; Koh <i>et al.</i> 2012; Smith-Spangler <i>et al.</i> 2012; Van Maele-Fabry <i>et al.</i> 2012; Bryan y Van Grinsven 2013; Barański <i>et al.</i> 2014; González-Alzaga <i>et al.</i> 2014; Oates <i>et al.</i> 2014; Schinasi y Leon 2014; Starling <i>et al.</i> 2014; Curl <i>et al.</i> 2015; Brantsæter <i>et al.</i> 2016; Maffei <i>et al.</i> 2016; STOA 2016	2 Revisiones sistemáticas, 4 estudios de pares, 2 estudios explicativo, 7 resultados, 3 metaanálisis
Calidad nutricional	Benbrook 2009; Dangour <i>et al.</i> 2009; Lairon 2010; Reganold <i>et al.</i> 2010; Raigón <i>et al.</i> 2010; Brandt <i>et al.</i> 2011; Hunter <i>et al.</i> 2011; Lester y Saftner 2011; Raigón <i>et al.</i> 2011; Hallmann 2012; Smith-Spangler <i>et al.</i> 2012; Palupi <i>et al.</i> 2012; Muralidhar Acharya y Kendra 2013; Barański <i>et al.</i> 2014; Bøhn <i>et al.</i> 2014; Hammershøj y Johansen, 2016; Kazimierczak <i>et al.</i> 2016; Lahoz <i>et al.</i> 2016; Orsini <i>et al.</i> 2016; Reeve <i>et al.</i> 2016; Srednicka-Tober <i>et al.</i> 2016; Tunick <i>et al.</i> 2016; Zhao <i>et al.</i> 2016; Pacheco <i>et al.</i> 2017; Viana <i>et al.</i> 2017	6 Revisiones sistemáticas, 9 estudios de pares, 1 estudio explicativo, 8 resultados, 2 metaanálisis
Calidad sensorial	Revilla <i>et al.</i> 2009; Pérez-López <i>et al.</i> 2007; Navarro <i>et al.</i> 2011; Neuhoff <i>et al.</i> 2011; Arncken <i>et al.</i> 2012; Hallmann 2012; Tobin <i>et al.</i> 2013; Raffo <i>et al.</i> 2014; Vinha <i>et al.</i> 2014; Wiedmann <i>et al.</i> 2014; Eleroğlu <i>et al.</i> 2016; Hemmerling <i>et al.</i> 2016; Petran <i>et al.</i> 2016; Štornik <i>et al.</i> 2016; Smigic <i>et al.</i> 2017	10 Estudios de pares, 5 resultados
Salud	Kummeling <i>et al.</i> 2008; Palacios <i>et al.</i> , 2008; Dangour <i>et al.</i> 2010; Crinnion 2010; Huber <i>et al.</i> 2010; Lorenzo <i>et al.</i> 2010; Velimirov <i>et al.</i> 2010; Oliboni <i>et al.</i> 2011; Forman y Silverstein, 2012; Huber <i>et al.</i> 2012; Roselli <i>et al.</i> 2012; Sakowski <i>et al.</i> 2012; Chhabra <i>et al.</i> 2013; Christensen <i>et al.</i> 2013; Von Essen y Englander 2013; Bradbury <i>et al.</i> 2014; Kazimierczak <i>et al.</i> 2014; Torjusen <i>et al.</i> 2014; Baudry <i>et al.</i> 2015; Średnicka-Tober <i>et al.</i> 2015; Kesse-Guyoy <i>et al.</i> 2017; Seconda <i>et al.</i> 2017	2 Revisiones sistemáticas, 5 estudios de pares, 13 resultados, 1 metaanálisis

La mayoría de las personas que pasan hambre viven en las zonas rurales pobres, aunque el hambre entre los pobres urbanos está creciendo. Diferentes sistemas de agricultura no pueden corregir las causas principales del hambre, como la pobreza, los desastres naturales y los conflictos civiles, pero se pueden abordar las prácticas e infraestructuras agrícolas deficientes y

la sobreexplotación del medio ambiente, para optimizar la producción y la accesibilidad a los alimentos.

Según la FAO (1996) existe seguridad alimentaria cuando las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias con el fin de llevar una vida activa y sana. Los criterios de seguridad alimentaria no se han alcanzado, ya que según esta misma fuente (FAO, 2012), el estado de la inseguridad alimentaria en el mundo se incrementa, teniendo en cuenta la ineficiente distribución en el suministro de energía alimentaria. Ampliando el concepto, se define el término seguridad alimentaria y nutricional como la disponibilidad suficiente y estable de los suministros de alimentos a nivel local; el acceso oportuno y permanente de todas las personas a los alimentos necesarios en cantidad, calidad e inocuidad; y el adecuado consumo y utilización biológica de los mismos, bajo condiciones de oportunidad de los servicios básicos en saneamiento y atención en salud. Este último concepto incluye de forma indirecta, el compromiso político para cumplir los objetivos y por lo tanto la puesta en marcha de estrategias que velen por la salud.

El concepto de salud abarca la totalidad y la integridad de los sistemas vivos. No se trata solamente de la ausencia de enfermedad, sino del mantenimiento del bienestar físico, mental, social y ecológico de los individuos y sus ecosistemas, así los suelos saludables producen cultivos saludables que fomentan la salud de los animales y de los seres humanos y del planeta como uno e indivisible. La inmunidad, la resiliencia y la regeneración son características clave de la salud.

Los consumidores ecológicos europeos muestran motivaciones medioambientales entre las preferencias de compra, mientras que para los consumidores norteamericanos la principal motivación es los beneficios para la salud (Padilla-Bravo *et al.*, 2013). Incluso los consumidores ocasionales de alimentos orgánicos citan razones de salud como la principal motivación (Pino *et al.*, 2012).

Las contribuciones de la agricultura ecológica al área de la salud se focalizan en producir alimentos que contribuyan a la atención sanitaria preventiva y al bienestar común, con alta calidad nutricional, y libres de residuos (restos de nitratos, fitosanitarios, medicamentos de animales y/o aditivos alimentarios) que puedan tener efectos adversos para la salud y el medioambiente. Cuando se trata de alimentos procesados, la producción ecológica tiene claras ventajas para la salud, ya que están libres de una serie de aditivos artificiales, para los cuales se han demostrado claramente impactos negativos para la salud. En lo que respecta a las sustancias químicas, la agricultura ecológica difiere de la convencional en que se abstiene de utilizar insumos procedentes de la síntesis química, como por ejemplo plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, fungicidas, medicamentos veterinarios (antibióticos, hormonas del crecimiento) y aditivos alimentarios sintéticos, así como la irradiación o el uso de organismos genéticamente modificados. De ese modo se previenen en la medida de lo posible los peligros potenciales que plantean los residuos de estos insumos.

### 4.2.1 ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS SEGUROS

En agricultura ecológica no se emplean insumos agrícolas o ganaderos sintéticos como por ejemplo plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, fungicidas, medicamentos veterinarios (antibióticos, hormonas del crecimiento, etc. ), ni conservantes y aditivos sintéticos, y no se puede irradiar los alimentos. De ese modo se previenen, en la medida de lo posible, los peligros

## 4. RESULTADOS

potenciales que plantean los residuos de los insumos sintéticos, que pueden continuar en los alimentos. Además, los alimentos orgánicos son seguros desde el punto de vista que no presentan un riesgo de transmitir enfermedades asociadas a patógenos, como se muestra en trabajos llevados a cabo sobre muestras de lechugas ecológicas y convencionales (Oliveira *et al.*, 2010) y en general para otros alimentos frescos de origen orgánico, evidenciando que no representa un riesgo de tipo microbiológico para la salud (Maffei *et al.*, 2016).

Por ello, las concentraciones de las sustancias químicas de síntesis en alimentos ecológicos son nulas o en concentraciones muy pequeñas, algo que queda reflejado en la práctica totalidad de la literatura científica, donde se hace constancia del mayor riesgo de contaminación por plaguicidas en los alimentos convencionales, en comparación con los productos orgánicos (Lima y Vianello, 2011; Smith-Spangler *et al.*, 2012). La exposición a plaguicidas ocurre a través de una variedad de rutas, incluyendo la inhalación de aire, ingestión de residuos de los alimentos o contacto dérmico con áreas tratadas con pesticidas. En general, la vía de exposición primaria de la población es a través de la ingestión dietética, especialmente a través del consumo de frutas y verduras. En consecuencia, una dieta ecológica implica una menor o nula ingestión de residuos de pesticidas, como ha quedado demostrado en los estudios donde niños alimentados con productos ecológicos tienen niveles significativamente más bajos de pesticidas organofosforados en los metabolitos la orina que los niños que comen alimentos producidos ecológicamente, reduciendo la exposición de los niños y adultos a los plaguicidas (Lu *et al.* 2006; Brantsæter *et al.*, 2016).

Incluso se ha comprobado la disminución significativa de pesticidas organofosforados, en orina, en personas que mantienen una dieta basada en un 80% de alimentos orgánicos durante un período continuado de una semana (Oates *et al.*, 2014) o en consumidores orgánicos consolidados en tiempo (Curl *et al.*, 2015).

Los plaguicidas sintéticos comprenden una variedad de sustancias químicas bioactivas, y una proporción considerable de éstas poseen propiedades neurotóxicas, perturbadoras del sistema endocrino y carcinógenas, entre otras. La bioacumulación de estas sustancias es un problema grave ya que tienden a almacenarse en la grasa y a concentrarse en órganos importantes como el cerebro, los riñones y el hígado, así como en la leche materna. Así, las exposiciones se han relacionado con un aumento del riesgo de algunas enfermedades, incluyendo la enfermedad de Parkinson (Van Maele-Fabry *et al.*, 2012), la diabetes tipo 2 (Starling *et al.*, 2014), ciertos tipos de cáncer y leucemia (Schinasi y Leon, 2014) e intoxicaciones por sustancias neurotóxicas y disruptores endocrinos (González-Alzaga *et al.*, 2014; Jacobsen *et al.*, 2012). A lo que hay que añadir, el efecto sinérgico que estas sustancias tiene sobre la salud humana y la permanente exposición al efecto cóctel.

La presencia de nitratos en los alimentos ecológicos es significativamente inferior a la existente en alimentos de producción convencional (Koh *et al.*, 2012), como consecuencia de la no utilización de fertilizantes minerales altamente solubles y del ajuste en las dosis de nitrógeno fertilizante. Los riesgos de la ingesta de nitratos al ser reducidos a nitritos, y sus efectos sobre las causas de cianosis, la insuficiencia en la oxigenación muscular (y en casos extremos la muerte), y la formación de nitrosaminas que son carcinógenas, han sido ampliamente descritos (Bryan y Van Grinsven, 2013).

El uso rutinario preventivo de medicamentos sintetizados químicamente y antibióticos se ha relacionado claramente con el riesgo de desarrollar resistencia a estas sustancias. Esta práctica preventiva no está permitida en ganadería ecológica, debido a que los tratamientos

farmacológicos rutinarios debilitan el sistema inmunológico del animal, pueden conducir a la resistencia a los antibióticos y aumentar la dependencia de los fármacos. En consecuencia, existe un menor riesgo de desarrollar resistencia a los antibióticos con la ingesta de alimentos de origen ganadero ecológicos. Por lo que la producción ecológica es determinante para restringir e incluso disminuir la prevalencia de resistencia a los antibióticos, con beneficios potencialmente considerables para la salud pública (STOA, 2016), ya que la gestión sanitaria se basa en medidas preventivas como la selección de las razas y estirpes, una alimentación equilibrada y de alta calidad, un entorno favorable y espacio suficiente para promover una buena salud animal.

La utilización de organismos genéticamente modificados y la ingeniería genética, en la mejora de plantas, en la alimentación del ganado o en la alimentación humana, son prácticas no autorizadas en la producción ecológica, salvaguardando el principio de precaución, principios de ética y principios de salud. La manipulación genética todavía es una técnica con cierto riesgo que conduce a cambios impredecibles en el ADN, las proteínas y la composición bioquímica de los organismos resultantes, lo que puede resultar en efectos inesperados tóxicos o alergénicos y trastornos nutricionales, así como efectos impredecibles sobre el medio ambiente (Antonioni *et al.*, 2012).

De los metales pesados mercurio, arsénico, uranio y cadmio, este último merece especial atención, por estar muy relacionado en la síntesis de fertilizantes fosforados, incrementando la concentración en los cultivos con la aplicación de fertilizantes que lo contienen. Además, los bajos contenidos de materia ecológica del suelo generalmente aumentan la disponibilidad del cadmio para los cultivos. La principal fuente de exposición al cadmio por la población no fumadora son los alimentos. El contenido en cadmio de los alimentos es de especial relevancia para la salud humana, ya que es tóxico para los riñones, puede desmineralizar los huesos y es cancerígeno. Existen evidencias que los cultivos orgánicos, en concreto frutas, verduras y principalmente cereales, contienen aproximadamente un 48% menos de cadmio que los cultivos convencionales (Barański *et al.*, 2014).

### 4.2.2 ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS NUTRITIVOS

El valor bromatológico de los alimentos o su concentración en nutrientes es variable y depende de diferentes factores, entre ellos las técnicas de producción donde se incluye el potencial genético del producto vegetal o ganadero, así como del resto de factores que intervienen en el sistema de producción (fertilización, productos fitosanitarios, agua de riego, exposición a luz, alimentación del ganado, bienestar animal, profilaxis, etc.). Además, los distintos métodos y productos empleados en el proceso de postcosecha y elaboración pueden ser importantes y decisivos en la composición y calidad final del producto alimenticio (Raigón *et al.*, 2011).

Por ello, las diferentes prácticas y tecnologías sostenibles de manejo, las variedades de cultivo, la raza ganadera, la complejidad entre los tipos de suelo, condiciones climáticas, etc. unido a las diferentes interacciones, hacen difícil establecer generalidades respecto a la composición nutricional, sobre todo en relación a la concentración mineral. Pero las aportaciones más recientes sugieren que las frutas y hortalizas cultivadas ecológicamente contienen niveles más altos de fitoquímicos (vitaminas, polifenoles, carotenoides y sustancias antioxidantes en general). Las posibles tensiones que soportan los cultivos vegetales de producción ecológica (variedades específicas, y/o una exposición a estrés biótico y abiótico) repercuten en la mayor acumulación fisiológica de estas moléculas orgánicas, que además de tener una función protectora para las plantas también tienen beneficios potenciales para la salud como antioxidantes (Orsini *et al.*, 2016).

Las diferencias nutricionales pueden atribuirse a varios factores. En primer lugar, los cultivos bajo producción ecológica están menos forzados que los de agricultura convencional, lo que significa que el crecimiento vegetativo es generalmente más lento, dando lugar a sintetizar en mayor proporción los componentes bioquímicos (vitaminas, enzimas, sustancias antioxidantes, etc.). Por otro lado, el uso de variedades y razas antiguas, adaptadas y seleccionadas históricamente, bajo los atributos de calidad que los agricultores y ganaderos orgánicos han establecido para las condiciones locales han hecho posible una composición nutricional diferenciada en los alimentos resultantes. Otro factor decisivo en la producción vegetal es el suelo, de forma que las rotaciones de cultivo, las cubiertas vegetales, los aportes de materia orgánica, el fomento de la microbiología edáfica, el no uso de sustancias químicas de síntesis, etc. son prácticas que concluyen en suelos sanos que producen alimentos sanos, ya que la disponibilidad de un microelemento del suelo puede ser vital para su correcta absorción por la planta y su participación bioquímica esencial para el correcto desarrollo de las proteínas, vitaminas y otros nutrientes vitales en la planta. Así lo corroboran diferentes autores (Lairon, 2010; Muralidhar Acharya y Kendra, 2013) que indican que la materia orgánica del suelo y los microorganismos desempeñan un papel fundamental en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, y si el suelo es deficiente en micronutrientes dará lugar a la deficiencia de micronutrientes en los productos vegetales. Eso lleva a encontrar en alimentos vegetales niveles de vitamina C un 27% superior, un 21% más de hierro, un 29% más de magnesio y un 14% más en fósforo.

Por último, indicar que cuando existe una alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo, y por tanto con capacidad de ser absorbido por las plantas, se reduce la acumulación de metabolitos secundarios en el material vegetal. La mayor fertilización nitrogenada en la producción convencional, lleva en consecuencia menor concentración de metabolitos secundarios que actúan como antioxidantes en nuestro organismo, y a una mayor absorción de nitrógeno por la planta, generando alimentos con niveles superiores en proteína, pero también en nitratos (Lester y Saftner, 2011).

Varios metaanálisis llevados a cabo en los últimos años han cuestionado que los alimentos orgánicos sean más saludables (Dangour *et al.*, 2009; Smith-Spangler *et al.*, 2012). Otros metaanálisis han demostrado que existen diferencias entre la composición nutricional de alimentos ecológicos y convencionales que se podrían traducir en mejores resultados para la salud de los consumidores ecológicos (Benbrook, 2009; Brandt *et al.*, 2011; Smith-Spangler *et al.*, 2012; Barański *et al.*, 2014). Entre las razones que se citan comúnmente para llegar a comprender los factores en el desacuerdo de los resultados, están el uso de metodologías poco apropiadas, el sesgo y la falta de rigor experimental (Reeve *et al.*, 2016).

En el metaanálisis realizado por Brandt *et al.* (2011) se concluye que el contenido de metabolitos secundarios y vitaminas, en frutas y hortalizas producidas ecológicamente es un 12% mayor que en las muestras convencionales. Esta diferencia general abarca una gran variación entre los subgrupos de metabolitos secundarios, así cuando se relaciona con los metabolitos implicados en funciones de defensa de la planta (polifenoles principalmente), el contenido asciende a un 16%, si se trata de compuestos de carácter carotenoico, la diferencia desciende a un 2%, mientras que para la vitamina C el incremento es de un 6%. Estas diferencias globales, se hacen mayores en estudios de pares, donde en condiciones similares se analiza el contenido nutricional del mismo alimento procedente del cultivo convencional y del ecológico, como en fresa (Reganold *et al.*, 2010), berenjena (Raigón *et al.*, 2010), frambuesa (Kazimierczak *et al.*, 2016), maracuyá (Pacheco *et al.*, 2017), tomate (Lahoz *et al.*, 2016), etc. En todos estos trabajos y en

muchos más se evidencia la mayor densidad nutricional para los alimentos de producción ecológica, incluso en micronutrientes, donde las verduras de procedencia ecológica presentan un 5.7% más de estos nutrientes frente a sus homólogas convencionales, en un total de 462 alimentos ecológicos frente a 364 convencionales (Hunter *et al.*, 2011).

Hallmann (2012) en un estudio comparativo de dos años de duración en campo con tomate cherry encuentra que los frutos orgánicos se caracterizaron por un contenido significativamente mayor de azúcares totales, ácidos orgánicos, vitamina C y compuestos fenólicos como la quercetina-3-orutinosida, la miricetina y la quercetina, en comparación con los frutos convencionales. Además, observó que el tipo de tomate ensayado también influyó en los contenidos, de manera que el tomate cherry tuvo en los dos años de investigación, significativamente más vitamina C,  $\beta$ -caroteno, flavonoides totales, ácido clorogénico, quercetina-3-O-rutinosida y kaempferol, así como un nivel significativamente menor de licopeno en comparación con la variedad de tomate estándar.

Así, el método de cultivo se presenta como influyente en la composición nutricional de los alimentos, pero el genotipo se ha mostrado también como un factor decisivo para los parámetros bioquímicos. Migliori *et al.* (2012) en un estudio con tomate, concluyen que es necesario utilizar genotipos seleccionados que respondan positivamente a la agricultura ecológica en términos de características bioquímicas y aspectos de productividad. Además, es aconsejable utilizar suelos que han estado bajo cultivo orgánico por al menos siete años para restablecer el equilibrio del agro-ecosistema y aumentar los niveles de fertilidad y productividad.

Respecto a los alimentos de procedencia ganadera, otro metaanálisis (Srednicka-Tober *et al.*, 2016) concluye que la calidad de la leche de vaca de producción ecológica tiene una composición de ácidos grasos más deseable que la leche convencional, a la par que mayores contenidos en vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol) y en concentraciones de hierro. Otro metaanálisis (Palupi *et al.*, 2012) realizado sobre ganadería de leche concluye en la mayor calidad para los productos ecológicos, indicando que el régimen de alimentación de los animales puede ser la principal razón para las diferencias de calidad observadas entre la producción lechera convencional y ecológica. En estudios paralelos también se llega a resultados similares, con mayor concentración en ácidos grasos mono y poliinsaturados para la leche de producción ecológica (Tunick *et al.*, 2016), así como mayor concentración mineral en la carne de cerdo (Zhao *et al.*, 2016), mayor estabilidad en el color y en la oxidación de los ácidos grasos de la carne de pollo durante el almacenamiento (Viana *et al.*, 2017), entre otros atributos. La calidad de la carne y demás alimentos de origen ganadero se ve afectada por factores como el estrés, la variabilidad genética y la actividad y movilidad de los animales y fundamentalmente por la alimentación de los mismos, ya que el consumo de pastos ha tenido una influencia directa sobre los parámetros de calidad de la leche, de la carne y sobre todo en los ácidos grasos, el color de la yema y el contenido de carotenoides en los huevos (Hammershøj y Johansen, 2016).

El debate sobre el uso de cultivos genéticamente modificados en la agricultura se ha centrado en gran medida en cuestiones de seguridad alimentaria y contaminación genética. Teniendo en cuenta que la mayoría de los cultivos transgénicos autorizados para el cultivo se han producido para responder al problema de las reducciones en el rendimiento causadas por enfermedades, plagas y competencia con las hierbas, hay que resaltar que, los cultivos transgénicos actualmente utilizados no son una solución estable al problema, ya que representan una presión de selección tan fuerte, que las plagas, enfermedades y plantas silvestres, rápidamente desarrollan resistencias. Esto pone en riesgo su desarrollo, que tampoco se justifica por el valor nutricional de sus alimentos, así Bøhn *et al.* (2014) describen la composición nutritiva,

incluyendo los residuos de herbicidas y pesticidas, de 31 lotes de soja agrupados en soja modificada genéticamente y tolerante al glifosato, soja convencional no modificada cultivada con el empleo de sustancias químicas y soja no modificada cultivada bajo condiciones de agricultura ecológica y concluyen que la soja de producción ecológica muestra un perfil nutricional con mayor fracción en azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa), proteína total y en ácidos grasos  $\omega 6$  y menos grasa saturada que la soja de producción convencional y la modificada genéticamente. Además, los lotes de soja convencional y ecológica no contienen residuos de glifosato, ni del principal producto procedente de su degradación, mientras que la soja modificada genéticamente presentó altas concentraciones tanto del glifosato como del principal producto de su degradación (3.3 y 5.7 mg/kg en promedio, respectivamente).

### 4.2.3 ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS SENSORIALMENTE ADECUADOS

Además de los beneficios nutricionales, los estudios también han demostrado que la calidad sensorial de los alimentos orgánicos es mayor que para los convencionales, lo que contribuye a la agradabilidad y salud global de los alimentos ecológicos. Esta afirmación es aplicable, principalmente, a los alimentos frescos, ya que en los procesados existen muchos factores que pueden influir y modificar los atributos organolépticos finales de los alimentos. Aunque existen evidencias que los procesos en la producción ecológica puede influir en la composición final del producto elaborado, como por ejemplo en la microbiota del vinagre de sidra de manzana, siendo más heterogéneo para el vinagre de producción ecológica, lo que puede influir en la composición química y en la calidad sensorial de los vinagres (Štornik *et al.*, 2016), y en la producción de vino, donde los catadores atribuyen un sabor significativamente mejor al vino con etiqueta ecológica en comparación con los similares convencionales (Wiedmann *et al.*, 2014).

El olor, el color, el sabor y la textura son propiedades que influyen marcadamente en la aceptación o rechazo de los alimentos por parte de los consumidores. A través de la valoración sensorial u organoléptica, se miden, analizan e interpretan las reacciones que provocan estos atributos o características de los alimentos. En la percepción de un atributo sensorial intervienen la información recogida por los sentidos, la propia fisiología y las experiencias vividas que han podido modelar las motivaciones y las expectativas, y que determinan qué información se procesa, qué patrones de búsqueda para encontrarla, etc. De aquí que no exista la posibilidad de que dos valoraciones sobre un mismo alimento sean totalmente idénticas.

En la etapa sensorial, los alimentos son valorados por los diferentes órganos sensoriales. El proceso de valoración organoléptica comienza por la etapa física, el alimento es aceptado o desechado, exclusivamente por la apariencia exterior. De esta etapa se pasa a la fase de percepción, donde se recurre a los registros existentes sobre el alimento y éste se juzga, aceptándolo o desechándolo, en función de los atributos valorados. Esta última fase de la aceptación o no del alimento es la denominada hedónica, donde se conjuga la parte de satisfacción que el alimento ocasiona sobre el consumidor.

Es cierto que la apariencia visual de frutas y hortalizas ecológicas es a veces diferente de las que estamos acostumbrados a ver en los supermercados convencionales, por diferencias de uniformidad de calibres, colores, formas, etc. Los consumidores ecológicos son más conscientes de lo que implica dicha estandarización, incluyendo el desecho de alimentos que ello implica y, en consecuencia, aceptan la diversificación en la apariencia de los alimentos ecológicos, e incluso a veces lo valoran positivamente como un signo de biodiversidad y autenticidad. Sin embargo, cada vez el mercado ecológico es más exigente y requiere frutas y verduras que tengan una apariencia visual equivalente a la de los productos convencionales. Por todo ello, la

educación del consumidor sobre las causas e implicaciones de la estandarización del producto es un factor muy importante y que influye directamente sobre la aceptación final del alimento.

La importancia de las propiedades sensoriales difiere dependiendo del contexto. La apariencia y el olor parecen ser los atributos sensoriales más importantes cuando los consumidores compran alimentos, mientras que el sabor y el aroma son los atributos más importantes cuando los consumidores saborean un alimento. Esto implica que los consumidores difieren entre la percepción de atributos sensoriales y la valoración de los mismos cuando se habla en relación con alimentos específicos. Entre los atributos más influyentes para la aceptación de los alimentos orgánicos, destacan la preferencia por el sabor natural, la sensación de menor dulzura, alimentos con aroma más intensos, alimentos integrales y sin grasas añadidas, preferencia por alimentos frescos y de alta diversidad y cuando son transformados que sean por métodos tradicionales (Hemmerling *et al.*, 2016). En general se concluye que los atributos sensoriales son superiores cuando se comparan los alimentos ecológicos frente a los convencionales, aunque en algunos estudios no se encuentran diferencias sensoriales (Tobin *et al.*, 2013), no se referencian que los alimentos ecológicos sean de peor calidad organoléptica.

Para el caso de frutas y hortalizas ecológicas se sostienen con fuerza los criterios de temporalidad, proximidad y adaptación al ciclo de cultivo, así como la inclusión de variedades tradicionales, lo que significa que el sabor de los alimentos resultantes va a ser superior, ya que se han recolectado en su momento óptimo de maduración y ello influye sobre los índices de sabor de los alimentos, a través del balance entre ácidos y azúcares presentes. Así Petran *et al.* (2016) lo comprueban con la mayor concentración de azúcares en fresas de producción ecológica. Raffa *et al.* (2014) también encuentran diferencias a favor del ecológico en algunos atributos de calidad de sabor (aromas volátiles, azúcares y ácidos orgánicos) de cultivares de manzanas Golden Delicious. Y Hallmann (2012) encuentra que los frutos de tomate de producción ecológica se caracterizan por una mayor concentración en sustancias polifenólicas y vitamina C, además de por un mayor contenido en azúcares totales y ácidos orgánicos, lo que sin duda va a repercutir en el sabor de los tomates de producción ecológica comparados con los de producción convencional. También los trabajos de Vinha *et al.* (2014) con tomates de cultivares "Redondo" llegan a conclusiones similares, ya que el panel de cata identificó mayor pigmentación en los tomates orgánicos, pero este atributo no garantiza la preferencia de los consumidores hacia los tomates ecológicos, mientras que el atributo organoléptico en el que los frutos orgánicos obtuvieron mejores resultados que los convencionales fue el sabor. Además, los tomates orgánicos analizados fueron más saludables que los producidos por las prácticas convencionales, presentando mayores contenidos fitoquímicos y actividad antioxidante, en concreto un 20% más en licopeno, un 30% más en vitamina C, 24% más de componentes polifenólicos totales, un 21% más de flavonoides y una actividad antioxidante *in vitro* un 6% superior. Respecto a la distribución de estas sustancias en las diferentes partes del tomate, concluyen que los compuestos fenólicos se distribuyen de forma similar entre las diferentes partes del tomate, independientemente del sistema productivo, pero en los frutos convencionales, el licopeno se concentra principalmente en la pulpa, mientras que en los orgánicos, la cáscara y las semillas contienen los niveles más de compuestos bioactivos.

Navarro *et al.* (2011) trabajando con zumos elaborados a partir de frutos de mandarina Orogrande, encontraron que el panel de cata entrenado declaró que los zumos de frutos orgánicos tenían mayores intensidades de color naranja, tonalidades a mandarina fresca y aromas florales frente a los jugos convencionales. Estos resultados organolépticos estuvieron en consonancia con los físico-químicos, ya que la producción ecológica de mandarinas dio como

resultado jugos con mayor actividad antioxidante, concentraciones totales de carotenoides, minerales (Ca, K y Fe), contenido de vitamina C y color naranja más atractivo e intenso. En otras condiciones de campo y con la variedad de mandarinas Clemenules (Pérez-López *et al.*, 2007) concluyen que los zumos recién exprimidos de frutos ecológicos presentan mayor contenido mineral y un color naranja muy intenso, en consonancia a los resultados de Neuhoff *et al.* (2011), siendo los zumos ecológicos más estables, ya que las concentraciones de linalol y mircenol (compuestos considerados como marcadores de jugos de alta calidad) permanecieron en valores óptimos en los zumos ecológicos, mientras que disminuyeron por debajo del valor umbral, al final del período de almacenamiento, en los jugos convencionales.

En la misma línea, los panes realizados con semillas de trigo obtenidas de estudios de campo controlados ecológicos y convencionales, demostraron las buenas aptitudes organolépticas del pan ecológico, obteniendo buenos grosores de corteza y volumen de miga. Diferencias que fueron apreciadas por los evaluadores que encontraron el pan orgánico más consistente y más sabroso que convencional (Arncken *et al.*, 2012).

En los estudios realizados con alimentos ganaderos, se han encontrado diferencias significativas, a favor de carnes de pollo ecológicos, obteniendo carnes más brillantes y rojas (Eleroğlu *et al.*, 2016). Para la carne de cordero se ha obtenido que la carne ecológica es más fibrosa, más oscura y con menor intensidad de aroma que la contraparte convencional, pero sin diferencias de homogeneidad o jugosidad. Y cuando la carne es procesada a la parrilla, la de procedencia ecológica tiene menos grasa subcutánea, menos grasa total, una textura menos fibrosa y menos intensidad de aroma, pero también menos jugosidad. Con respecto a la apreciación general, los consumidores dieron puntuaciones más altas a las muestras producidas ecológicamente (Revilla *et al.*, 2009).

Algunas de las evidencias más recientes (Smigic *et al.*, 2017) indican que la leche ecológica pasteurizada presenta un color más blanco que su homóloga no ecológica. Este atributo sensorial se determinó con los parámetros CIE<sub>Lab</sub>, y se corroboró que no más del 10% de los evaluadores fueron capaces de detectar la diferencia. La leche de color más blanco tiene también unas repercusiones nutricionales, la proteína de la leche está formada en un 80% por caseína que se libera de las células secretorias en forma de grupos de varias moléculas de caseína unidas entre sí por fosfato de calcio u otras sales, llamadas micelas, estas micelas de caseína reflejan la luz, otorgando así el color blanco. A mayor nivel en proteínas, mayor apreciación del color blanco.

### 4.2.4 ALIMENTOS ECOLÓGICOS=ALIMENTOS CON IMPLICACIONES EN LA SALUD

La mayoría de los estudios consideran que la salud es la razón principal por la que los consumidores compran alimentos orgánicos. Las contribuciones de los alimentos ecológicos al estado de salud de las personas, se revelan por dos condiciones. Por una parte, los alimentos ecológicos están libres de sustancias fitosanitarias, es decir, son alimentos limpios que no van a aportar residuos al organismo. Por otra parte, los alimentos responden a una composición nutricional equilibrada con mayor concentración en compuestos polifenólicos, carotenoides, sustancias de carácter antioxidantes, con propiedades nutraceuticas, que proporcionan beneficios para la salud, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades. Sin embargo, incluso cuando la actividad antioxidante puede ser relevante para la salud humana, no es en sí misma un resultado directo para la salud y no está clara la evidencia que vincula las concentraciones de antioxidantes en los alimentos con mecanismos específicos de acción *in vivo* para efectos potenciales sobre la salud humana (Dangour *et al.* 2010). Por ello, es difícil evaluar

el impacto en los seres humanos, sobre todo, teniendo en cuenta que el consumo de alimentos orgánicos está fuertemente correlacionado con varios indicadores de un estilo de dieta y vida saludable, que también influyen en el estado de salud. Estos indicadores incluyen una ingesta de mayor diversidad de alimentos, comparativamente alta de frutas, verduras y productos integrales y un bajo consumo de carne, menor incidencia de sedentarismo, etc. En cualquier caso, algunas evidencias son claramente significativas, y las aportaciones más recientes destacan la importancia de promover el consumo de alimentos orgánicos, orientando a responsables de salud, como los pediatras para que puedan asesorar a sus pacientes con respecto a las opciones de alimentos orgánicos (Forman y Silverstein, 2012), incluso combinado los alimentos ecológicos con hábitos alimenticios, como la dieta mediterránea, por los aspectos individuales que ambos hitos presentan sobre la salud (Seconda *et al.*, 2017).

Algunos estudios *in vitro* han demostrado una mayor actividad antimutagénica y antioxidante (Crinnion, 2010), así como una inhibición más eficaz de la proliferación de células cancerígenas por alimentos orgánicos en comparación con alimentos convencionales. La mayoría de los experimentos con modelos animales de laboratorio alimentados ecológicamente han demostrado diferencias significativas en el peso, el crecimiento, la fertilidad, el estado hormonal y el estado inmunológico versus los alimentados convencionalmente (Roselli *et al.*, 2012; Średnicka-Tober *et al.*, 2015; Velimirov *et al.*, 2010), corroborando que no se trata sólo de cadenas de causa-efecto simples, sino más bien del pluralismo de interacciones entre redes biológicas de los animales, siendo uno de los causantes de estas diferencias, el mayor valor nutricional de las dietas ecológicas (Chhabra *et al.*, 2013). Incluso en la cría de pollos se ha encontrado que los alimentados con dieta convencional mostraron un mayor aumento de peso, que el grupo de pollos alimentados con piensos orgánicos, aun cuando la ingesta de alimento era comparable. Los animales alimentados con pienso orgánico también mostraron una mayor reactividad inmune (Huber *et al.*, 2010). Otro estudio relacionado con la cría de ganado vacuno de leche (Sakowski *et al.*, 2012) demostró que la intensidad del sistema de producción influye significativamente en el perfil metabólico (enzimas que indican el estado del hígado de las vacas) y la composición química de la leche, concluyendo que el sistema ecológico afecta no sólo a la calidad de la leche, sino también a la salud de las vacas. La leche procedente de las vacas de producción ecológica presentó mayor concentración en vitaminas A y D3, así como en el contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, y se caracteriza por un mayor nivel de ingredientes antioxidantes. Esta composición influye en la mejora de la vida del animal después del parto y en la reposición de los recursos energéticos de su organismo, principalmente en la tercera y cuarta fases de lactancia, recomendando el modelo ecológico, sobre todo el relacionado con la alimentación del animal, para mejorar los indicadores metabólicos de los animales en general.

También los estudios *in vitro* realizados con extractos de alimentos vegetales ecológicos y convencionales han mostrado eficacia en el freno del estrés oxidativo en órganos como el riñón y el hígado (Oliboni *et al.*, 2011; Kazimierczak *et al.*, 2014) y en los mayores niveles a la inducción de muerte celular tardía y necrosis en células por parte de los extractos de zumos de uva y remolacha ecológicos, respectivamente.

En un estudio realizado a 3000 niños alimentados con productos lácteos orgánicos durante la infancia y cuyas madres consumían productos lácteos orgánicos durante el embarazo se demostró que los niños tenían menos alergias o menos casos de eccema que sus respectivos controles, concluyendo que el mayor contenido en ácidos grasos beneficiosos en la leche ecológica como la posible explicación biológica para este hallazgo (Kummeling *et al.*, 2008).

Valores que también se ponen de manifiesto en la composición de la carne de cordero, con menor contenido en grasa y una composición en ácidos grasos beneficiosos para la salud (niveles más bajos de ácidos grasos saturados, mayores contenidos de ácidos grasos poliinsaturados y mayor ratio de ácidos grasos  $\omega 6/\omega 3$ ) (Palacios *et al.*, 2008).

En un estudio de control sobre 306 madres de niños que fueron operados por hipospadias y 306 madres de niños sanos, se sugiere la asociación protectora entre las hipospadias en la descendencia y la madre que elige alimentos orgánicos como la mantequilla y el queso, debido posiblemente a la no presencia de residuos de plaguicidas en estos (Christensen *et al.*, 2013).

Es importante manifestar los efectos de la alimentación durante el embarazo. En un estudio realizado a 28192 madres noruegas primerizas, con el fin de evaluar las asociaciones entre el consumo de alimentos orgánicos durante el embarazo y el riesgo de preeclampsia (estado patológico de la mujer en el embarazo que se caracteriza por hipertensión arterial, edemas, presencia de proteínas en la orina y aumento excesivo de peso), se observó una reducción significativa en la prevalencia de la preeclampsia, en las madres que informaron consumo frecuente de hortalizas ecológicas, mientras que no se encontró asociación con las otras madres que manifestaron ingesta no ecológica (Torjusen *et al.*, 2014), debido a la no exposición a los pesticidas, a la mayor presencia de metabolitos secundarios y a la influencia de las hortalizas ecológicas sobre la composición de la microbiota intestinal. Otros estudios han reportado asociación de dieta ecológica con menor incidencia de linfoma no Hodgkin (Bradbury *et al.*, 2014).

En un estudio donde se analizó la interacción de la ingesta en el riesgo de enfermedad cardiovascular, se evaluaron parámetros biométricos en 150 varones sanos y 50 pacientes masculinos con enfermedad renal. Los resultados indicaron que la dieta ecológica redujo los factores de riesgo cardiovascular tanto en individuos sanos como en los enfermos (De Lorenzo *et al.*, 2010). Algunos argumentos científicos sugieren un fuerte papel protector de la frecuencia de consumo de alimentos orgánicos con respecto al riesgo de parecer diabetes tipo 2 e hipertensión en varones (Baudry *et al.*, 2015) y al riesgo de sobrepeso y obesidad (Kesse-Guyoy *et al.*, 2017), concluyendo que las pautas nutricionales deben ser revisadas en función de las prácticas agrícolas ejecutadas en la producción de alimentos.

Incluso en algún trabajo se encuentran relaciones de tipo emocional, indicando que para el adulto de mediana edad, la elección de un estilo de vida basado en una dieta ecológica constituye un retorno al mundo natural a nivel filosófico, mientras que a nivel psicológico conecta con aspectos como la identidad, los valores y el bienestar (Von Essen y Englander, 2013).

Independientemente de las evidencias, Huber *et al.* (2012) proponen que para medir eficazmente los efectos de los alimentos orgánicos en la salud en comparación con los alimentos convencionales, se prefiere una definición dinámica y funcional del concepto de salud, que permita evaluar los posibles efectos preventivos de los alimentos ecológicos y sus posibles beneficios para las personas sanas. Para estos autores, una parte del fenómeno de la salud sería *la capacidad del individuo para adaptarse a situaciones estresantes*, por lo que la salud podría medirse sobre la carga alostática y la resiliencia a través de diversos parámetros fisiológicos que se cambian durante la respuesta de estrés de un organismo. Este conjunto de parámetros permite evaluar el efecto de estrategias nutricionales como el consumo de alimentos orgánicos, así como la evaluación de diversas estrategias preventivas y/o terapéuticas en otras áreas.

### 4.3 CONTRIBUCIONES DE JUSTICIA SOCIAL

La tabla 5 muestra el resumen de la literatura revisada que ha sido empleada en el apartado de contribuciones relacionados con las cuestiones de justicia social, para el capítulo de generalidades, respecto a los aspectos de productividad y rentabilidad de la agricultura ecológica, en los relacionados con los impactos de la agricultura ecológica y el hambre, y frente a los principios de respeto. En cada uno de los apartados se incluye el número de aportaciones que se han estudiado y citado en el texto porque aportan información generalista con criterios explicativos, los que son revisión sistemática, el número de metaanálisis, los artículos de estudio de pares comparativos entre agricultura ecológica y convencional y los artículos de resultados sobre agricultura ecológica.

La humanidad construida por el ser humano no es, en la enorme mayoría de los casos, justa. La desigualdad, fruto de la avaricia y la corrupción, es la norma que opera en innumerables administraciones. El capitalismo neoliberal que reina en el mundo, ha acostumbrado a tal grado a ella que en muchos lugares del planeta se asiste a visualizar con normalidad, como seres humanos mueren de hambre en condiciones infrahumanas. En este ambiente, las operaciones financieras pueden realizar movimientos millonarios, de naturaleza sospechosa, sin ser perseguidos gracias a la complicidad con diferentes estamentos gubernamentales y que afectan a todos los sectores de la sociedad. También muchas enfermedades han sido diagnosticadas y son reconocidas por sus implicaciones de injusticia, desigualdad, falta de visión de largo plazo, apatía, etc. La globalización en general y los recientes cambios en la sociedad, sin mencionar las innovaciones tecnológicas, refuerzan la necesidad de un cambio en el estilo de vida y en modelos de producción basados en los criterios de sostenibilidad y ética, para asegurar una reducción del impacto ambiental.

**Tabla 5. Resumen de las aportaciones en el apartado de contribuciones de justicia social.**

Capítulo	Aportaciones	Comentarios
Generalidades	Connor 2013; Lanfranchi y Giannetto 2014; Odegard y Van der Voet 2014; Bellanger <i>et al.</i> 2015; Bourguet y Guillemaud, 2016; Fraser <i>et al.</i> 2016; Jouzi <i>et al.</i> 2017	1 Revisión sistemática, 4 estudios explicativos, 2 resultados
Productividad y rentabilidad	Badgley <i>et al.</i> 2007; Cavigelli <i>et al.</i> 2008; La Rosa <i>et al.</i> 2008; Murphy <i>et al.</i> 2008; Cavigelli <i>et al.</i> 2009; De Ponti <i>et al.</i> 2012; Reganold, 2012; Seufert <i>et al.</i> 2012; Bjorklund <i>et al.</i> 2014; Crowder y Reganold 2015; Adamtey <i>et al.</i> , 2016; Hijbeek <i>et al.</i> 2016; Hossard <i>et al.</i> 2016; Kniss <i>et al.</i> 2016	6 Estudios de pares, 4 resultados, 1 estudio explicativo; 3 metaanálisis
Hambre en el mundo	Badgley y Perfecto 2007; FAO 2012; Tomlinson 2013; Feigin 2016; FAO 2017c	5 estudios explicativos
Respeto	Hughner <i>et al.</i> 2007; Freibauer <i>et al.</i> 2011; Padilla-Bravo <i>et al.</i> 2013; Ponzio <i>et al.</i> 2013; Strassner <i>et al.</i> 2015; Hoang <i>et al.</i> 2016; Zamilpa <i>et al.</i> 2016; Jouzi <i>et al.</i> 2017; Olson 2017; Schäufele y Hamm 2017	2 Revisión sistemática; 8 resultados

En este contexto, la desigual se ha establecido como un estado natural de la sociedad, aunque afortunadamente ya empiezan a aparecer, por todos los rincones del planeta, voces críticas que

contraponen la naturalidad del modelo de producción, consumo, económico, académico, comercial, financiero, político, etc. Hay actualmente suficientes ejemplos de buenas organizaciones en el mundo, que muestran que un cambio social importante está emergiendo, cambiando el equilibrio de poder en favor de la gente, y reduciendo los márgenes de ganancias de los mercados globales y las corporaciones. Por otro lado, se han asumido y se siguen asumiendo, diferentes impactos sociales y medioambientales, que incumplen el principio de "...quien contamina, paga", o incluso de "...quien enferma paga".

A modo de ejemplo, citar que muchos estudios epidemiológicos realizados (Bellanger *et al.*, 2015) demuestran que las sustancias químicas, la gran mayoría implicadas en la producción agrícola convencional, son perturbadoras del sistema endocrino y contribuyen a los déficits cognitivos y a las discapacidades del desarrollo neurológico, siendo probable que estos efectos adversos sean duraderos, con repercusiones directas sobre los déficits cognitivos, a menudo expresados en términos de pérdidas de puntos del coeficiente intelectual. Las exposiciones a las sustancias químicas con carácter de disruptores endocrinos en Europa contribuyen sustancialmente a los déficits del comportamiento neurológico y a sufrir enfermedades, lo que lleva a invertir más de 150000 millones de euros de costes anuales para subsanar y atender a estas enfermedades, calculado a partir de la pérdida de ingresos de por vida debido a los menores coeficientes de inteligencia asociados con las exposiciones prenatales. Este cálculo es una subestimación, y no tiene en cuenta la posible contribución de los plaguicidas al desarrollo de otras enfermedades prevalentes como la enfermedad de Parkinson, la diabetes y ciertos tipos de cáncer. Las medidas socialmente justas pasarían por el control a las exposiciones a estas sustancias químicas y evidentemente eso pasa por la prohibición no sólo del uso en agricultura de estas sustancias, sino por la prohibición de su fabricación y síntesis, por lo que estos costes económicos y sociales se pueden disminuir de manera exponencial.

Otro ejemplo puede ser el caso de los beneficios obtenidos por las empresas relacionadas con la síntesis, fabricación, comercialización y distribución de productos fitosanitarios, que han sido retribuidas por los costes que los agricultores han debido pagar por los mismos. Pero las repercusiones económicas que los impactos que sobre la salud han tenido las aplicaciones de estas sustancias fitosanitarias, han sido sufragadas por los consumidores o el gasto social en sanidad, de manera que el coste de las enfermedades y muertes, desencadenadas y favorecidas por la exposición crónica a los plaguicidas, nunca ha pasado factura a la industria productora. Bourguet y Guillemaud (2016) estiman que la relación beneficio-coste del uso de plaguicidas podría caer fácilmente por debajo de 1, si se hubiera tenido en cuenta todo el coste sanitario no cubierto. De manera que reclaman urgentemente la cuantificación de este coste clave, para una evaluación más precisa del uso de plaguicidas y para fines reglamentarios.

De los pocos casos penalizados públicamente se cita el acontecido en 2017 "El Tribunal Internacional Monsanto" (<http://es.monsantotribunal.org/>), realizado en La Haya (Holanda) que es una iniciativa de la sociedad civil para que Monsanto se responsabilice por violaciones a derechos humanos, crímenes contra la humanidad y ecocidio. En este simulacro de juicio participaron prestigiosos jueces internacionales, que escucharon testimonios de víctimas y a partir de los mismos, brindaron una opinión consultiva siguiendo los procedimientos de la Corte Penal Internacional de Justicia. La Asamblea Popular brindó la oportunidad para que los movimientos sociales pudieran reunirse y planear otro futuro posible.

Una alternativa viable a la reducción de la exposición a los plaguicidas, viene por la agricultura ecológica, donde, los alimentos ecológicos contribuyen a evitar los efectos sobre la salud y los

costes asociados a la sociedad, así como otros costes ocultos y externos relacionados con el uso de plaguicidas (Bourguet y Guillemaud, 2016).

Por otro lado, la agricultura ecológica, al ofrecer oportunidades de mercado nuevas y gratificantes para los pequeños agricultores, puede ayudar a las familias rurales a salir de la pobreza y puede proporcionarles el incentivo para que los jóvenes se incorporen a la actividad agraria, invertir en mejorar la fertilidad de los suelos, minimizar los impactos de desertización y erosión de tierras por el abandono, contribuir a la mejora del paisaje agrario y rural, incorporar más mano de obra a la actividad agrícola, etc. (Lanfranchi y Giannetto, 2014).

Hay que considerar que la agricultura ecológica se basa en un conjunto de principios que también pueden servir de guía para el desarrollo de la agricultura convencional. Pero hay una serie de problemas en la agricultura ecológica, relacionados con situaciones locales, que deben ser resueltos antes de que sea realmente sostenible.

Las ventajas de contribución social de la agricultura ecológica, en muchas ocasiones se ve intersectada por las cuestiones y preguntas mediáticas, de si la agricultura ecológica es productiva y económicamente rentable, y en consecuencia si sería capaz de alimentar a la población estimada mundial (Connor, 2013; Odegard y Van der Voet, 2014; Fraser *et al.*, 2016; Jouzi *et al.*, 2017).

### 4.3.1 PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

Aunque el debate entre la agricultura ecológica y la agricultura convencional, se centre en el menor nivel de rendimiento de la agricultura ecológica, hay que recordar que en las escalas mundiales, la productividad de la agricultura no se presenta como un inconveniente. De hecho, la productividad de los sistemas alimentarios ha superado las necesidades de la población mundial desde los años sesenta. Si más de 800 millones de personas todavía tienen hambre, es una cuestión de pobreza e inequidad y no de producción. Además, dado que la productividad de los sistemas agrícolas convencionales está llegando a un límite a pesar de las enormes inversiones en investigación y en el uso intensivo de energía fósil e insumos no renovables, aún no se ha explorado el potencial de la productividad de la agricultura ecológica.

- *Efectos sobre la productividad y competitividad agrícola.* La competitividad se define exclusivamente en términos económicos y no incluye otras dimensiones relevantes, como los impactos ambientales y sociales. Por definición también, la competitividad es una distinción entre ganadores y perdedores y las ventajas comparativas están poniendo de manifiesto que la agricultura industrial presenta competitividad limitada debido al alto coste de la tierra y la mano de obra, al alto nivel de urbanización, etc. Por ello, en muchas ocasiones, la competitividad es una característica con valores negativos para la agricultura ecológica, y en consecuencia a favor del mantenimiento de los sistemas agrícolas convencionales, aunque en la competencia por la diversidad biológica, por ejemplo, los modelos de agricultura sean claramente ganadores.

La productividad en la agricultura ecológica se ve reforzada por muchas medidas indirectas, vistas en las contribuciones medioambientales y basadas en mejorar la fertilidad del suelo y estimular el papel de las plantas y los microorganismos en los procesos naturales del suelo, el papel del carbono del suelo, la capacidad de retener la humedad del suelo, la capacidad de contrarrestar los gases de efecto invernadero, etc.

Para considerar la importancia de la territorialidad, en África se implantaron 40 proyectos y programas en 20 países en los que se desarrolló una intensificación sostenible durante los años

noventa y 2000 (Pretty *et al.*, 2011). Los casos incluyeron mejoras de cultivos, agrosilvicultura y conservación de suelos, agricultura de conservación, manejo integrado de plagas, horticultura, ganadería y forraje, acuicultura y políticas asociativas. A principios de 2010, estos proyectos habían documentado beneficios para 10.39 millones de agricultores y sus familias y mejoras en aproximadamente 12.75 millones de hectáreas. Los productos alimentarios mediante la intensificación sostenible han sido multiplicativos, con lo que los rendimientos por hectárea han aumentado con la nueva gestión agronómico-agroecológica (los rendimientos de los cultivos aumentaron en promedio 2.13 veces).

Cavigelli *et al.* (2009) evalúan la rentabilidad económica del cultivo de maíz, soja, centeno y trigo en un estudio comparativo de campo de larga duración, donde se contrastó diferentes alternancias en la rotación, dentro del modelo ecológica. Los resultados indican que los costes de producción fueron, en general, mayores para el sistema de producción convencional, así como los rendimientos netos de los cultivos, también fueron mayores para los cultivos de producción convencional. Concluyen que a medida que se incrementa la estabilidad el modelo ecológico, con rotaciones de mayor duración, y mayor diversidad en la rotación la rentabilidad de los cultivos ecológicos se incrementa.

Crowder y Reganold (2015) en un intento de evaluar la competitividad de las explotaciones agrícolas ecológicas, realizan un metaanálisis de un conjunto de datos globales que abarca 55 cultivos en los cinco continentes y exponen que cuando se aplican todos los factores productivos, incluidos las primas efectivas que reciben las granjas, la agricultura orgánica es significativamente más rentable (22-35%) y tiene mayores tasas de beneficio/coste (20-24%) que la agricultura convencional. Los costes totales no son significativamente diferentes, pero los costes laborales fueron significativamente más altos (7-13%) con las prácticas de agricultura orgánica. Los datos para la realización de este metaanálisis fueron exclusivamente económicos y no incluyen externalidades como los costes ambientales (externalidades negativas) ni los servicios ecosistémicos de las buenas prácticas agrícolas, que probablemente favorecen la agricultura orgánica. Los autores concluyen que la agricultura orgánica puede continuar expandiéndose incluso si las primas directas percibidas disminuyesen. Además, que teniendo en cuenta los múltiples beneficios sobre la sostenibilidad, los sistemas de agricultura orgánica pueden contribuir con una mayor participación a soportar la alimentación del planeta.

- *Efectos sobre los rendimientos agrícolas.* Las principales objeciones a la proposición de que la agricultura ecológica puede contribuir significativamente al suministro global de alimentos son bajos rendimientos y las limitaciones en obtener cantidades suficientes de fertilizantes ecológicamente aceptables. Badgley *et al.* (2007) compararon los rendimientos de la producción de alimentos orgánicos frente a los convencionales para un conjunto de 293 ejemplos, incluyendo las estimaciones para los países desarrollados y en desarrollo. Para la mayoría de las categorías de alimentos, la tasa media de rendimiento fue ligeramente inferior al valor de 1.0, para estudios en países desarrollados y superior al valor de 1.0 para estudios en países en desarrollo. En los países en desarrollo, los sistemas agrícolas orgánicos alcanzan rendimientos iguales o incluso más altos, en comparación con las prácticas convencionales actuales, lo que se traduce en una opción potencialmente importante para la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia sostenibles para la población de las zonas rurales, en épocas de cambio climático (Adamtey *et al.*, 2016). El menor rendimiento observado en la agricultura ecológica está causado probablemente por determinantes genéticos de variedades específicas utilizadas en el sistema ecológica y/o una exposición a estrés biótico y abiótico que pueden afectar a los cultivos ecológicos.

Con los coeficientes de rendimiento promedio, se modela el suministro de alimentos a nivel mundial que podrían cultivarse ecológicamente en la actual base de tierras agrícolas. Las estimaciones de modelos indican que los métodos orgánicos podrían producir suficiente alimento sobre una base global *per cápita* para sostener la población humana actual y potencialmente una población aún mayor, sin aumentar la base de tierras agrícolas. Los resultados indican que la agricultura ecológica tiene el potencial de contribuir sustancialmente al suministro global de alimentos, reduciendo al mismo tiempo los impactos ambientales perjudiciales de la agricultura convencional.

Además, se concluyó que atendiendo a los datos de los agroecosistemas de zonas templadas y tropicales, los cultivos de cobertura de leguminosas podrían fijar suficiente nitrógeno para reemplazar la cantidad de fertilizante sintético actualmente en uso. Por lo tanto, la agricultura ecológica ofrece alternativas a los insumos de producción intensivos en energía, como los fertilizantes sintéticos, que probablemente se verán limitados por el aumento de los precios de la energía para las poblaciones rurales pobres.

En algunos trabajos se ha encontrado que cuando los resultados se expresan por unidad superficie de producción, la agricultura ecológica obtiene peores resultados que la agricultura convencional, dada la menor eficiencia en el uso de la tierra de la agricultura ecológica en los países desarrollados, este efecto positivo expresado por unidad de producto es menos pronunciado o no está presente cuando se evalúan los resultados por unidad de superficie. El efecto temporal también es importante en la evaluación de los rendimientos, así cuando se realiza la transición del modelo convencional al ecológico, en los primeros dos años, los rendimientos de los cultivos ecológicos son más bajos, debido a la inercia de los cultivos convencionales por el uso de sustancias químicas de síntesis, en el tercer año, los cultivos orgánicos igualan en la producción a los convencionales y, posteriormente, los rendimientos son superados por los cultivos orgánicos.

En general, las revisiones de la literatura y los metaanálisis han demostrado que los rendimientos orgánicos son del 60-100% de los sistemas convencionales, con algunas variaciones en función de la región y cultivos. En una revisión con 316 cultivos en 66 estudios (Seufert *et al.*, 2012) muestran que los rendimientos medios son un 25% más bajos en los países desarrollados y que la discrepancia en el rendimiento se reduce al 20% cuando se incluyen datos de países en desarrollo.

En trabajos de nueve años de duración (Cavigelli *et al.*, 2008) realizados con cultivos de cereales (maíz y trigo) en rotación con soja, realizados en EEUU para evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos de grano orgánico y convencional, se encontró que el rendimiento promedio de grano de maíz fue significativamente inferior (entre un 24 y 41%, en función de la rotación realizada) para los cultivos de maíz producción ecológica, en el caso de la soja también se encontraron rendimientos inferiores (19% en promedio) cuando se cultiva por técnicas ecológicas, y para el caso del trigo no se encontraron diferencias consistentes en el rendimiento del cultivo entre los dos sistemas productivos. Entre las causas que justifican el menor rendimiento, se encuentra la disponibilidad del nitrógeno fertilizante del suelo y la abundancia de malas hierbas que genera competencias por los recursos. Por lo tanto se concluye que para lograr rendimientos equivalentes entre los sistemas de cultivo ecológicos y convencionales, los mayores desafíos se centran en adecuar el suministro de nitrógeno para el cultivos de maíz, principalmente y el control de las malas hierbas tanto en maíz como en soja.

Otros estudios han encontrado diferencias de rendimiento más pequeñas, aunque esto es probablemente debido a criterios menos restrictivos al hacer comparaciones (De Ponti *et al.*, 2012; Reganold, 2012; Kniss *et al.*, 2016). Cabe señalar que los diferenciales de rendimiento encontrados en la literatura se compararon a nivel de parcela o de campo y la discrepancia podría ser mayor si las grandes áreas se convirtieran en producción orgánica, ya que la competencia por los insumos orgánicos sería mayor (De Ponti *et al.*, 2012). Los efectos negativos de la competencia sobre las plantas adversas y la asincronía entre la mineralización del nitrógeno y las necesidades nutricionales máximas de las plantas son las razones más citadas para las discrepancias en el rendimiento de los cultivos. Aunque, los cultivos específicamente adaptados a la competencia con las hierbas silvestres y a los entornos de bajos insumos son un área activa de investigación que tiene potencial para reducir la brecha de rendimiento entre los sistemas agrícolas ecológicos y convencionales (Murphy *et al.*, 2008).

Hossard *et al.* (2016) en un trabajo recopilativo sobre cultivo de maíz y trigo, comparando los sistemas de bajos insumos convencionales, los ecológicos y los convencionales clásicos, encuentran que el uso de plaguicidas se reduce considerablemente para los sistemas de bajos insumos en comparación con el convencional para los dos cultivos, a la par que también se reduce el consumo promedio de nitrógeno mineral en un 36% para maíz y 28% en trigo, para el modelo de bajos insumos. Bajo estas condiciones, los rendimientos promedios en maíz en los sistemas de insumos bajos no fueron diferentes de los de los sistemas convencionales y fueron más altos que los rendimientos en sistemas orgánicos (relación de rendimiento de insumo bajo *versus* ecológico=1.24). Los rendimientos de trigo en los sistemas de bajo insumo fueron inferiores a los rendimientos en sistemas convencionales (relación de rendimiento de insumo bajo *versus* convencional=0.88), pero fueron sustancialmente más altos que los rendimientos en sistemas orgánicos. Y atendiendo a los resultados en rendimientos concluyen que las prácticas de bajos insumos son las más apropiadas. En la misma línea Hijbeek *et al.* (2016) trabajando con 20 experimentos de largo plazo en Europa, concluyen que los insumos orgánicos y/o la materia orgánica del suelo no necesariamente aumentan los rendimientos, dado que los fertilizantes minerales suministran suficientes nutrientes. Los resultados muestran la relevancia de algunos factores ambientales para el efecto de rendimiento adicional de los insumos orgánicos, pero no hay una relación simple entre los insumos orgánicos y el rendimiento de los cultivos.

La Rosa *et al.* (2008) en cultivos de frutos cítricos en Italia, demostraron que se podrían lograr mejores rendimientos cuando los pequeños productores hacen un mayor uso de sus recursos naturales renovables. Aunque las políticas públicas, para el cultivo orgánico de naranjas les permite mantener su rentabilidad económica y proponen el cambio del sistema productivo a los pequeños productores convencionales a utilizar las técnicas agroecológicas. Así, el sistema orgánico mejora la sostenibilidad local, mientras que el efecto sobre la sostenibilidad global no es fácilmente evaluable.

Muchos estudios han comprobado que los mayores rendimientos por unidad de superficie de los cultivos convencionales se obtienen gracias a una mayor absorción de agua de las plantas bajo la acción de la fertilización química, sin que ello suponga una ganancia de valor nutricional.

Para el caso de la ganadería, Bjorklund *et al.* (2014) evalúan la tasa de crecimiento del ganado vacuno ecológico y la rentabilidad de la granja, comparada con su homóloga convencional y concluyen que los novillos de producción ecológica, alimentados con pastos, reportó un 43% más de beneficios que los novillos convencionales, debido a las primas de los precios de la carne orgánica y los menores costos de los piensos. Por otro lado, los bueyes de producción ecológica y alimentados con piensos ecológicos tuvieron sustancialmente menos ganancias que los bueyes

de producción convencional, debido al alto valor de las materias primas para la elaboración de los piensos orgánicos. Independientemente, los autores ilustran el potencial económico de las estrategias alternativas para el ganado lechero ecológico.

Atendiendo a los resultados, la rentabilidad de la agricultura ecológica es un 13% más alta que la agricultura convencional. Esto se explica por una compensación entre los menores rendimientos y los menores costes de insumos y las mayores primas. Teniendo en cuenta los beneficios para la salud y el medio ambiente de la agricultura ecológica, cabe destacar que el aumento de las primas en sólo un 7% asegura un ingreso equivalente a los agricultores orgánicos y convencionales.

### 4.3.2 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y EL HAMBRE EN EL MUNDO

El hambre no se debe a la escasez o falta de alimentos que se pueden producir en cantidades suficientes en las diferentes zonas del planeta, excepto en situaciones de conflicto y de catástrofes, sino básicamente a que los ingresos de una parte de la población resultan insuficientes para adquirir alimentos y asegurar de este modo una dieta adecuada. Por esta razón, la inseguridad alimentaria es principalmente un problema de acceso, que afecta en mayor medida a las personas en condición de pobreza y particularmente de pobreza extrema. Esto explica que los indicadores de hambre tengan una distribución espacial muy similar a la de pobreza, y en particular de la pobreza extrema (FAO, 2012).

El crecimiento agrícola es particularmente eficaz para reducir el hambre y la malnutrición. La mayoría de los pobres extremos dependen de la agricultura y las actividades conexas para una parte significativa de sus medios de vida. El crecimiento agrícola con la participación de los pequeños agricultores, especialmente de las mujeres, será más eficaz para reducir la pobreza extrema y el hambre si permite aumentar los ingresos de los trabajadores y generar empleo para los pobres (FAO, 2012).

Ante los datos de pobreza en el mundo, y a pesar de ser la Tierra un planeta en el que técnicamente se debería garantizar la seguridad alimentaria, porque sus recursos son suficientes para alimentar a la humanidad entera, la realidad es otra; la relación de la pobreza con la inseguridad alimentaria evidencia una distribución inequitativa de los bienes y servicios ambientales, y los intereses personales y el poder superan las necesidades naturales y violan el derecho de millones de personas a acceder en libertad a comer de manera nutritiva y suficiente.

La perspectiva de que la agricultura ecológica tiene el potencial de alimentar al mundo es una buena noticia a la luz de las contradicciones de la agricultura moderna. Donde se incluye, la productividad masiva de la agricultura de la revolución verde, pero la persistencia del hambre y la desnutrición, la pérdida de las pequeñas explotaciones, aunque son más productivas y contribuyen más a las economías locales y la destrucción generalizada del medio ambiente por la agricultura.

La agricultura ecológica *per se* no puede resolver todas estas contradicciones, pero su potencial para proporcionar alimentos suficientes que permitan alimentar a la humanidad abre la puerta a la creación de un nuevo tipo de sistema alimentario basado en principios de producción agroecológica.

Los avances en la ciencia de los cultivos y la mecanización en la década de 1940 condujeron en última instancia a la conocida como Revolución Verde. Los fertilizantes y pesticidas químicos, la hibridación, la tecnología de riego y la maquinaria agrícola motorizada duplicaron y a veces

triplicaron los rendimientos de los cultivos, logrando una seguridad alimentaria sin precedentes para innumerables personas. Sin embargo, las técnicas de alta intensidad y alta entrada han sido objeto de serio escrutinio debido a las preocupaciones sobre los efectos adversos para la salud y la degradación ambiental. Con una población mundial esperada de casi 10 mil millones para el año 2050, el debate sobre cómo alimentar de forma sostenible a una multitud de personas sin destruir la Tierra ha surgido como uno de los temas más debatidos en materia de agricultura.

Algunos expertos creen que un cambio generalizado a la agricultura ecológica podría alimentar al mundo y restaurar la salud ambiental y humana. Pero las voces más críticas en agricultura ecológica argumentan que no hay manera de que la agricultura sin el uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas, cultivos genéticamente modificados o cualquier otro aditivo no natural, pueda alimentar a los 10 mil millones de personas esperados para el 2050 (Tomlinson, 2013). Para otros, la cuestión no es tan simple. Muchos expertos creen que una combinación de técnicas y el uso de métodos agroecológicos proporciona una visión más realista y sostenible.

Badgley y Perfecto (2007) demuestran que los rendimientos relativos de los métodos orgánicos *versus* los no orgánicos (métodos de Revolución Verde en el mundo desarrollado, métodos de baja intensidad en el mundo en desarrollo) son suficientes para proporcionar suficientes calorías para alimentar a toda la población humana comiendo con la dieta tradicional y sin producir cambios en los modelos de dieta. Esta conclusión se basa en un conjunto de datos global de 293 coeficientes de rendimiento para la producción vegetal y ganadera. Por otra parte, el hambre en el mundo, pasa a un plano paralelo frente a los riesgos de salud que ocasionan los alimentos, relacionados con riesgos de enfermedades cardiovasculares, presión arterial sistólica alta, tabaquismo, muertes por contaminación, obesidad, diabetes, etc. (Feigin, 2016). Así mientras en el planeta muchas personas pasan hambre, un número de personas muy similar son considerados obesos y paradójicamente un tercio de la producción mundial de alimentos producidos para el consumo humano se pierde o se desperdicia a lo largo de toda la cadena de suministro, representando un desperdicio de los recursos utilizados en la producción, como suelo, agua, energía e insumos (FAO, 2017c).

### 4.3.3 LA AGRICULTURA ECOLÓGICA Y EL PRINCIPIO DE RESPETO

La agricultura de síntesis química actual presenta serios problemas para el futuro porque necesita un suministro de petróleo barato y abundante, y el petróleo deja de ser barato y va a dejar de ser abundante. Y es que el gran aumento de productividad de los años 60 y 70 se basó en el petróleo y el gas natural, necesarios para la síntesis, tanto de los abonos químicos y pesticidas, como del gasóleo, combustible indispensable para la maquinaria agrícola. El declive en estas décadas obligará a emprender una difícil reconversión de la agricultura mundial porque el modelo actual está inevitablemente ligado al petróleo y se necesitan usar técnicas agroecológicas que, aunque también emplean maquinaria, consigue ahorros energéticos muy interesantes.

La escasez de recursos a los que hay que hacer frente impone utilizar de forma inteligente y responsable la tecnología disponible en combinación con esos recursos. Este cambio paradigmático en el pensamiento se ha de producir, a voluntad o a la fuerza debido a la existencia de unos límites planetarios. Los recursos naturales y ambientales que se utilizan para la producción y el consumo deben ser manejados de manera social y ecológicamente justa y deben ser mantenidos en confianza para las generaciones futuras. La equidad requiere sistemas de producción, distribución y comercio que sean abiertos y equitativos y que tengan en cuenta

los costos ambientales y sociales reales. Al preferir productos ecológicos el consumidor promueve, con su poder de compra, un sistema agrícola menos contaminante.

Una cualidad que diferencia claramente a los ecosistemas naturales de los artificiales es su capacidad de establecer el equilibrio. Y ello determina elementos tan importantes como el crecimiento desmesurado de las especies o el agotamiento de los recursos planetarios. El equilibrio presente en la mayoría de los ecosistemas naturales, es algo que la naturaleza construyó a lo largo de siglos y que fue logrado gracias a cadenas tróficas que permiten, según las variables climáticas y estacionales, una relativa estabilidad en la cantidad de individuos de cada especie. En periodos de abundancia las especies crecen a su máxima capacidad mientras que, en períodos de estrecheces las poblaciones decrecen, manteniendo un maravilloso equilibrio.

La agricultura ecológica debe basarse en relaciones que aseguren la equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de la vida, en cada territorio. La equidad se caracteriza por la igualdad, el respeto, la justicia y la corresponsabilidad del mundo compartido, tanto entre las personas como en sus relaciones con otros seres vivos. Los principios ecológicos de regulación también estimulan procesos de reciclaje, sistemas de bioeconomía y el uso de técnicas de producción que permiten a los animales percibir un bienestar y presentar un comportamiento de ciclo de vida específico de la especie.

Así, la ganadería ecológica es respetuosa con el bienestar animal ya que los animales viven en semilibertad, lo que provoca una reducción del nivel de estrés de éstos, además de mantener una alimentación con productos de gran calidad y éstos aspectos deben verse revertidos al consumidor. Paralelamente, protege las razas autóctonas y no promueve una brutal selección de animales específicos extremadamente prolíficos o productivos, lo cual acarrea nuevos problemas para el animal, principalmente a su vinculación con los fármacos.

En cuanto a los factores socioeconómicos, la agricultura ecológica tiene como objetivo proporcionar justicia social y retorno financieramente apropiado a los recursos humanos y otros recursos empleados. Por otra parte, como respuesta a las interconexiones fundamentales entre las diferentes etapas de la cadena de valor vertical: la agricultura, el procesamiento, la distribución y el consumo, la agricultura ecológica afecta el proceso de toma de decisiones. Por último, debido a su enfoque holístico y a la importancia de las interacciones de las partes interesadas, la agricultura ecológica tiene un fuerte efecto en los sistemas de conocimiento (Freibauer *et al.*, 2011).

- *Relaciones de respeto con el ambiente.* Cuando se apunta a la sostenibilidad a largo plazo, se deben considerar las compensaciones entre la obtención de altos rendimientos a corto plazo con la ayuda de agroquímicos y el mantenimiento de la salud del suelo, que se produce con el modelo convencional, elevándolo a un plano altamente dependiente y de sostenibilidad dudosa.

La agricultura ecológica es un sistema vivo y dinámico que responde a las demandas y condiciones internas y externas. Los profesionales de la agricultura ecológica pueden mejorar la eficiencia y aumentar la productividad, pero esto no debería correr el riesgo de poner en peligro la salud y el bienestar. En consecuencia, es necesario evaluar las nuevas tecnologías y revisar los métodos existentes. Dado el entendimiento incompleto de los ecosistemas y la agricultura, el principio de precaución es fundamental. Este principio establece que la precaución y la responsabilidad son las principales preocupaciones en la gestión, el desarrollo y las opciones tecnológicas en la agricultura ecológica.

La ciencia es necesaria para asegurar que la agricultura sea sana, segura y ecológica. Sin embargo, el conocimiento científico por sí solo no es suficiente. La experiencia práctica, la sabiduría acumulada y el conocimiento tradicional ofrecen soluciones válidas, probadas por el tiempo. La agricultura ecológica debe evitar riesgos significativos adoptando tecnologías apropiadas y rechazando las impredecibles, como la ingeniería genética. Las decisiones deben reflejar los valores y las necesidades de todos los que puedan verse afectados, a través de procesos transparentes y participativos.

- *Relaciones de respeto con los agricultores.* Las personas que participan en la agricultura ecológica deben llevar a cabo las relaciones humanas de una manera que garantice la equidad en todos los niveles y de todas las partes (agricultores, trabajadores, procesadores, distribuidores, comerciantes y consumidores). La agricultura ecológica debe proporcionar a todos los que participan con una buena calidad de vida, y contribuir a la soberanía alimentaria y la reducción de la pobreza. Su objetivo es producir un suministro suficiente de alimentos de buena calidad y otros productos.

La figura del agricultor ha sufrido muchos cambios a lo largo de los años debido a la compleja relación entre la empresa, el territorio, los procesos de producción y el sistema socioeconómico. En este sentido, uno de los primeros factores de marginación de los pequeños agricultores, ha sido la externalización de algunos procesos de producción pasados a la industria de transformación de alimentos. En consecuencia, el agricultor, cada vez más expulsado del mercado, ha sentido la necesidad de adaptar su presencia, teniendo la necesidad de diversificar la producción y, al mismo tiempo, aumentar los ingresos mediante la introducción de otras actividades complementarias a la agricultura, dando lugar a una agricultura multifuncional, que abarca todas las funciones atribuidas a la agricultura, desde el medio ambiente al socio-cultural, hasta el servicio turístico y los servicios educativos y culturales. La agricultura como sector, además de producir bienes para la satisfacción de las necesidades básicas del individuo, tiene dos funciones: la protección del medio ambiente y el desarrollo de las zonas rurales. Con la ayuda de la agricultura social, de hecho, el objetivo es prevenir la despoblación y realzar el patrimonio cultural e histórico, a través de la participación de grupos vulnerables o desfavorecidos, en la actividad productiva.

La FAO ha reconocido que la demanda de productos orgánicos ha creado nuevas oportunidades de exportación para los países en desarrollo. Aun cuando algunos consumidores expresen su preferencia por los alimentos ecológicos de producción local, la demanda de los consumidores de una variedad de productos durante todo el año contrarresta esta tendencia.

En la actualidad, los agricultores y comerciantes que tratan de comercializar sus productos en países desarrollados deben recurrir a los servicios de una organización de control, cuyo coste puede ser prohibitivo para los pequeños agricultores. Para afrontar esta limitación de la agricultura ecológica en los países en desarrollo sin poner en peligro la calidad de sus productos es necesario mejorar la capacidad local y la competencia en materia de inspección y certificación de productos orgánicos. La falta de conocimientos técnicos adecuados sobre control de los alimentos y/o de infraestructura en los países en desarrollo o en los países en transición constituye una clara limitación al crecimiento de la agricultura ecológica.

La producción de alimentos suficientes para satisfacer las necesidades de una población en crecimiento ha sido siempre la mayor preocupación de los responsables de políticas alimentarias en todo el mundo. Dada la creciente atención a la agricultura ecológica, Jouzi *et al.* (2017) realizan un estudio para evaluar las principales oportunidades y desafíos del sistema de

producción de alimentos de los pequeños agricultores de los países en desarrollo con énfasis en sus medios de subsistencia. El estudio mostró que las ventajas más significativas de la agricultura ecológica son la protección del medio ambiente y una mayor resiliencia a los cambios ambientales, incrementando los ingresos de los agricultores y reduciendo el coste de los insumos externos, mejorando la capacidad social y aumentando las oportunidades de empleo. Así como el aumento de la seguridad alimentaria, principalmente mediante el aumento del poder de compra de alimentos de la población local. Sin embargo, los principales retos de este sistema de producción de alimentos son los menores rendimientos en comparación con los sistemas convencionales, las dificultades con el manejo de nutrientes del suelo, la certificación y las barreras de mercado, y las necesidades educativas y de investigación de los pequeños propietarios. El documento concluye que a pesar de que la agricultura ecológica podría presentar algunos desafíos significativos a los pequeños agricultores, debería considerarse como parte de la solución y los medios para mejorar la subsistencia.

El uso de mano de obra es mayor en las granjas ecológicas que en las no ecológicas. Se necesitan más mano de obra para el reciclaje de nutrientes (por ejemplo, compostaje), rotaciones más diversas de cultivos con leguminosas para la fijación biológica de nitrógeno (como abonos verdes), mayor diversidad de cultivos, que requieren prácticas manuales, por lo que las explotaciones agrícolas ecológicas incentivan la creación de empleo rural.

Un aspecto de integración en el modelo de agricultura ecológica se produce en el plano de la generación del conocimiento (Ponzio *et al.*, 2013). Aunque la experimentación de los agricultores no puede reemplazar por completo a la investigación científica convencional y la investigación científica convencional no puede reemplazar a la investigación agrícola realizada por los agricultores, existe una necesidad de un nuevo enfoque educativo y experimental que favorezca una relación simbiótica entre agricultores y comunidad científica a través de un proceso de toma de decisiones en la investigación, definiendo roles innovadores de agricultores y científicos, así como el estilo de la investigación que se llevará a cabo en las explotaciones ecológicas. El resultado es la incorporación de los aspectos más importantes y valiosos de cada uno en un nuevo sistema que, beneficie tanto a los pequeños productores, pobres en recursos, como a la base de los conocimientos científicos. El objetivo final de esta investigación participativa es mejorar la calidad de vida de las comunidades en la agricultura a través de la innovación participativa basada en los recursos locales en agroecosistemas sostenibles y diversificados.

- *Relaciones de respeto con los consumidores.* La producción y el consumo orgánicos proporcionan un sistema alimentario delineado que se puede explorar por su contribución potencial a las dietas sostenibles. Mientras que la agricultura ecológica mejora el desempeño de sostenibilidad en el lado de la producción, se hacen reflexiones críticas sobre cómo los patrones de consumo orgánicos, entendidos como la práctica de personas que consumen cantidades significativas de productos orgánicos, también pueden tomarse como ejemplo para el consumo sostenible de alimentos. Los patrones de consumo de los consumidores orgánicos regulares parecen estar cerca del concepto de dieta sostenible de la FAO. Dado que las dietas desempeñan un papel central en la conformación de los sistemas alimentarios, la función del consumo de alimentos orgánicos en dietas sostenibles surge como un tema esencial a tratar. Un argumento para usar el sector orgánico como un ejemplo para aprender mientras se diseña una dieta sostenible es la viabilidad de delinear el sistema de alimentos orgánicos como un laboratorio vivo. Este laboratorio tiene una definición clara y generalmente aceptada, cuatro principios básicos, estándares internacionalmente reconocidos y tiene métricas útiles y bien establecidas.

El sistema de alimentos orgánicos ha estado en práctica durante los últimos años y abarca los aspectos ambientales, las normas de bienestar animal, y la calidad de los alimentos, así como los problemas de salud. Por lo tanto, el sistema de alimentos orgánicos proporciona los requisitos esenciales de una dieta sostenible. Se está preparando un proyecto internacional multidisciplinario para desarrollar el concepto de una dieta orgánica más a fondo y evaluar cómo desempeña un papel clave en el sistema de alimentos orgánicos como un componente importante de los sistemas alimentarios sostenibles (Strassner *et al.*, 2015).

Aunque cientos de miles de productos orgánicos se comercializan diariamente y presentan buena aceptación, es menos conocido cómo los productos orgánicos importados son evaluados por los consumidores en un país importador. Hoang *et al.* (2016) analiza si los consumidores diferencian entre productos orgánicos locales e importados, en el caso concreto del vino y los resultados muestran que los consumidores japoneses pagan costes más altos para los vinos orgánicos importados que para los producidos en Japón, posiblemente el caso del vino en Japón puede ser un ejemplo de cómo los consumidores ecológicos valoran el producto ecológico importado, en zonas donde no se produce tradicionalmente un alimento.

En general, las encuestas encuentran que la racionalidad más común del consumidor para adoptar alimentos ecológicos es una creencia positiva con respecto a los beneficios personales para la salud. Con el objetivo de contrastar la respuesta de los consumidores ante la percepción de salud, Olson (2017) somete a 710 consumidores a leer una aportación científica realizada por la Universidad de Stanford, que concluye que los alimentos producidos ecológicamente no ofrecen ventajas nutricionales significativas frente a los alimentos producidos convencionalmente, clasificando a los lectores como "pro-orgánicos" y "orgánicos escépticos". Los resultados de Stanford no cambiaron la opinión de los comentaristas pro-orgánicos con respecto a los alimentos orgánicos, ya que los beneficios relacionados con la salud siguieron siendo la justificación más común para el consumo de alimentos orgánicos, particularmente cuando son producidos por pequeñas granjas locales. El análisis también encuentra que los resultados de Stanford confirman las creencias orgánico-escépticas de que los alimentos producidos ecológicamente proporcionan poca o ninguna ventaja en la salud para justificar su alto precio, lo que sugiere que convencer a los escépticos orgánicos de elegir regularmente alimentos orgánicos puede requerir la adopción de métodos agrícolas que reduzcan los precios de los alimentos ecológicos.

- *Relaciones de respeto con precio premium.* Con relación a la crítica de que los alimentos orgánicos son demasiado caros, los estudios revisados señalan que los productos orgánicos suelen ser más caros que los convencionales, debido a que su producción conlleva un coste extra. Los consumidores están dispuestos a pagar más por los productos orgánicos, debido a los beneficios de salud y ecológicos percibidos, pero esto puede ser apreciado como una prima por la protección del medio ambiente, el bienestar animal y los beneficios sociales y económicos en mente. Además de que ofrecen la posibilidad de adquirir de alimentos locales, de temporada, directos desde el productor (Zamilpa *et al.*, 2016).

Las diferencias reportadas entre la producción ecológica y la producción convencional dependen de muchos factores como las habilidades de manejo, el tamaño de la operación, la etapa durante la transición a la agricultura ecológica y el régimen de manejo del sistema agrícola anterior. Algunos estudios han reportado un mayor rendimiento de la producción ecológica en comparación con la producción convencional. Sin embargo, en general, los sistemas de producción ecológica generan rendimientos más bajos que los sistemas convencionales, pero

esto tiende a ser compensado por mayores precios al productor y al por menor, haciendo de las primas un factor crítico para la rentabilidad del sector orgánico.

El precio de los alimentos ecológicos se percibe como el principal factor limitante para potenciar el consumo, por muchos consumidores en todo el mundo (Hughner *et al.*, 2007, Padilla-Bravo *et al.*, 2013). El precio *premium* de los alimentos orgánicos puede ser visto como el coste de la inversión en la salud humana y en el medioambiente.

Schäufele y Hamm (2017) realizan una revisión de 34 artículos para identificar las percepciones de los consumidores, las preferencias y la voluntad de pagar por el vino con características de sostenibilidad. Un número considerable de consumidores de diferentes países tuvo percepciones positivas de estos diferentes métodos de producción y reportó una disposición a pagar una prima por el vino con características de producción sostenible. Sin embargo, en promedio, la conciencia de los consumidores sobre el amplio concepto de sostenibilidad con respecto al vino parecía baja. En particular, las etiquetas orgánicas fueron percibidas a menudo como indicadores de calidad. En la mayoría de los casos, los estudios se centraron en los aspectos ambientales de la sostenibilidad, la solidez ambiental se dio con mayor frecuencia como un factor determinante en las decisiones de compra con respecto al vino con características de producción sostenible. Los resultados sugieren que la producción y comercialización de vinos con características de sostenibilidad son una estrategia prometedora para la diferenciación de calidad, particularmente para el vino tanto local como orgánico, independientemente del precio. Por otra parte, los vendedores, los minoristas y los productores se beneficiarán probablemente del desarrollo de campañas de información centradas en los aspectos medioambientales, así como sociales y económicos para aumentar el conocimiento de los consumidores de la producción vitivinícola ecológica, creando preferencias e influyendo en el comportamiento de compra.

Por otra parte, es conocido que el uso de abonos nitrogenados favorece la acumulación de agua en las plantas, en consecuencia, los alimentos vegetales ecológicos tienen en torno a un 20% más materia seca por kilogramo de producto, y los alimentos vegetales convencionales contienen mayor fracción de agua en su composición, de forma que es cuestionable incluso si los rendimientos reales son menores, porque los rendimientos se publican como cantidad de materia por unidad de superficie, en lugar de cantidad de nutriente por unidad de superficie.

En la misma línea, pero en ganadería convencional, en algunas zonas se autoriza la inclusión de hormonas en la alimentación animal. Se sabe que el efecto de estas hormonas aumenta el peso de la carne producida por caloría de los alimentos ingeridos, principalmente a través de la retención de agua en la carne. Por lo tanto, el precio que el consumidor paga por la carne, incluye la fracción de agua retenida.

### 4.4 CONTRIBUCIONES DE TRABAJOS GLOBALES

En los trabajos evaluados hasta el momento se encuentran contribuciones individuales que aportan resultados a favor y/o en contra de la producción ecológica. Cada una de las aportaciones está encasillada en una temática concreta, aunque algunas contribuciones evalúan parámetros que se encuentran encasillados en dos o tres apartados. Por ejemplo, algunos trabajos que aportan resultados sobre la composición nutricional de los alimentos, también se encuentran catalogados en la temática de seguridad alimentaria, al poner de manifiesto resultados sobre la composición microbiológica de los alimentos (Smith-Spangler *et al.*, 2012).

En este apartado se van a estudiar y analizar dos aportaciones que contemplan la comparativa de la agricultura ecológica y convencional en un amplio rango de materias, de manera que permite visualizar la multifuncionalidad de la agricultura ecológica y las contribuciones individuales y colectivas. Se trata de dos metaanálisis (Reganold y Wachter, 2016; Seufert y Ramankutty, 2017).

Reganold y Wachter (2016) examinan las contribuciones en el desempeño de la agricultura ecológica a la luz de cuatro indicadores clave de sostenibilidad, como son la productividad, el impacto ambiental, la viabilidad económica y el bienestar social. Seufert y Ramankutty (2017) analizan los impactos a nivel del sistema agropecuario (incluyendo los impactos indirectos sobre los consumidores), sin considerar otros aspectos del sistema alimentario tales como la transformación y/o la distribución, el consumo o el reciclaje. En este estudio se limita a los sistemas de cultivo vegetales, excluyendo los sistemas ganaderos, excepto cuando están integrados en sistemas mixtos. Por lo tanto, el bienestar animal, en particular, no se aborda.

En ambos casos se contempla que la agricultura ecológica es un sistema de cultivo que sigue las directrices de las normativas y organismos de certificación, como evitar los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y los organismos genéticamente modificados, como bases productivas ecológicas, en función del cultivo, zona geográfica, limitaciones, se dan una serie de circunstancias especiales, que diferencian en cuanto al manejo de la biodiversidad, etc. Por agricultura convencional se concibe el modelo productivo que se practica en la actualidad de forma dominante. Esto puede representar sistemas con mayor o menor entrada de insumos, dependiendo de la zona y los cultivos, principalmente.

La tabla 6 describe las principales características de las dos aportaciones. En ambos casos los artículos revisados incluyen estudios de pares, revisiones sistemáticas y metaanálisis, así como informes de diferentes organizaciones. En el trabajo de Seufert y Ramankutty se evalúan más a detalle las dimensiones, diferenciando criterios más específicos, por ejemplo dentro de las diferencias nutricionales, se especifica, entre minerales, vitaminas y metabolitos secundarios, pero deja fuera, a las proteínas.

Se evalúan a continuación los principales resultados de ambas aportaciones para las dimensiones de productividad, impacto ambiental, viabilidad económica y bienestar social.

**Tabla 6. Descriptiva de las aportaciones globales.**

<b>Carácter</b>	<b>Reganold, J.P.; Wachter, J.M.</b>	<b>Seufert, V.; Ramankutty, N.</b>
Título	Organic agriculture in the twenty-first century	Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture
Año	2016	2017
Revista	Nature Plants	Science Advances
Dimensiones	Productividad, impacto ambiental, viabilidad económica, bienestar social	Producción, impacto ambiental, impacto en productores, impacto en consumidores
Número de trabajos comparados	86	113
Años de los trabajos revisados	1981-2015	1987-2016
Subdivisiones	Producción, calidad del suelo, uso de la energía, biodiversidad, contaminación del agua, rentabilidad, costes totales, servicios ecosistémicos, empleabilidad, exposición humana a pesticidas, residuos de pesticidas, calidad nutricional	Producción por unidad de superficie, estabilidad en la producción, riqueza de especies, abundancia de organismos, materia orgánica del suelo, erosión, pérdida de N y P, lixiviación de pesticidas, pérdidas en el uso del agua, emisiones de N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> , uso de energía, rentabilidad, resiliencia, autonomía, exposición a pesticidas, empleabilidad rural, salarios agrícolas, condiciones laborales, vitaminas, nutrientes minerales, metabolitos secundarios, exposición a pesticidas

### 4.4.1 CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS

Reganold y Wachter (2016) incluyen en este apartado el rendimiento de los cultivos y los animales y su calidad. Según los estudios, evaluados, los promedios de rendimiento son de 8 a 25% más bajos en los sistemas orgánicos. Sin embargo, con ciertos cultivos, condiciones de cultivo y prácticas de manejo, los sistemas orgánicos se acercan a los sistemas convencionales en términos de rendimientos. Los cultivos o grupos de cultivos orgánicos de mejor rendimiento son el arroz, la soja, el maíz y el pasto, que producen entre un 6 y un 11% menos que los sistemas convencionales, mientras que los de menor rendimiento son las frutas y el trigo, que producen el 28 y 27% menos, respectivamente (Ponisio *et al.*, 2015). Aunque en otro metaanálisis (de Ponti *et al.*, 2012) los frutos, la soja y las semillas oleaginosas son los cultivos orgánicos de mayor rendimiento, y el trigo y las hortalizas los más bajos, produciendo un 37 y un 33% menos que los sistemas convencionales respectivamente. En los casos donde la rotación de cultivos orgánicos incluya un abono verde, la producción de alimentos durante toda la rotación puede ser inferior a la comparación de una sola cosecha. Según Reganold y Wachter (2016) bajo condiciones severas de sequía, que se espera que aumenten con el cambio climático en muchas áreas, las fincas manejadas orgánicamente demuestran producir mayores rendimientos que las convencionales, debido a la mayor capacidad de retención de agua de los suelos cultivados orgánicamente. Además, la mejora en las técnicas de gestión y el uso de variedades de cultivo adecuadas para los sistemas orgánicos pueden disminuir la diferencia entre los rendimientos.

Seufert y Ramankutty (2017) coinciden en que los menores rendimientos se obtienen en sistemas de producción ecológica, con valores promedio de un 19%-20% inferior al de la gestión

convencional (Kniss *et al.*, 2016). Coinciden con los otros autores que los rendimientos pueden variar según el tipo y prácticas de cultivo (rotaciones, cantidad de insumos de fertilizantes, etc.), disminuyendo los rendimientos entre el 5 y el 9%, y respecto a los cultivos, son los forrajeros ecológicos los que presentan valores de producción más cercanos a sus homólogos convencionales, incluso en algunos casos se pueden superar. Estos autores chequean también los trabajos que contraponen el rendimiento estable de las fincas agrarias, que es una medida de la resiliencia de la producción de alimentos, no sólo afecta a los medios de subsistencia de los agricultores, sino también a la producción de alimentos en un clima cambiante. Bajo este concepto la agricultura ecológica ofrece sistemas de mayor estabilidad productiva, aunque el número de sistemas ecológicos *versus* convencionales llevados a cabo hasta la fecha son bajos.

Los resultados de Reganold y Wachter (2016) indican que los alimentos orgánicos contienen mucho menos residuos de plaguicidas sintéticos que los alimentos producidos convencionalmente. Los estudios también han encontrado que los niños que comen alimentos producidos convencionalmente tienen niveles significativamente más altos de metabolitos de pesticidas organofosforados en su orina que los niños que comen alimentos producidos orgánicamente. Indican que al menos se han publicado 15 metaanálisis donde se compara la composición nutricional de los alimentos orgánicos y convencionales, en los 15 últimos años, y en doce de ellos se encontraron alguna evidencia de que los alimentos orgánicos son más nutritivos (por ejemplo, con mayores concentraciones de vitamina C, antioxidantes totales y ácidos grasos  $\omega 3$  y  $\omega 6$ ). En tres trabajos se concluye que no hay diferencias nutricionales consistentes entre los alimentos orgánicos y convencionales. Sin embargo, en uno de los tres estudios se encontró que la carne de pollo y de cerdo convencionales tenían un riesgo 33% mayor de contaminación con bacterias resistentes a los antibióticos en comparación con las alternativas orgánicas (Smith-Spangler *et al.*, 2012).

Para Seufert y Ramankutty (2017) en esta dimensión los alimentos de cultivos orgánicos tienen mayores cantidades de metabolitos secundarios, vitaminas, minerales y macronutrientes, pero con mucha incertidumbre y alto grado de discordancia entre los resultados y apuntan a que las diferencias encontradas pueden ser debidas a 1) los valores de los resultados de los componentes individuales de los alimentos (sin mostrar resultados de pares), 2) a la expresión de los resultados de los nutrientes sobre materia seca o húmeda y 3) a las diferencias en la interpretación de resultados similares, como ocurre con Hunter *et al.* (2011) y Dangour *et al.* (2009) que interpretan diferente sobre los mismos datos del contenido en minerales. Pero coinciden con Reganold y Wachter (2016) en que la literatura indica que los alimentos ecológicos proporcionan beneficios para la salud (Barański *et al.* 2014; Smith-Spangler *et al.* 2012), por la menos exposición a antibióticos y microorganismos y en el caso de los metabolitos secundarios, por la evidencia de mayores cantidades en los alimentos orgánicos.

### 4.4.2 CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Reganold y Wachter (2016) en la dimensión medioambiental indican que la práctica totalidad de las revisiones y metaanálisis apoyan la percepción de que los sistemas de agricultura orgánica son más respetuosos con el medio ambiente que los sistemas agrícolas convencionales. Por ejemplo, se encuentra que los sistemas de agricultura orgánica tienen consistentemente mayores niveles de carbono en el suelo, mejor calidad del suelo y menos erosión, en comparación con los sistemas convencionales. Además, las granjas orgánicas generalmente tienen más diversidad de plantas, mayor diversidad faunística (insectos, fauna edáfica y microorganismos, pájaros, etc.) y a menudo más diversidad de hábitat y paisaje. La mayoría de

los grupos funcionales, como los herbívoros, los polinizadores, los depredadores y los productores (vegetales), son más diversos en los sistemas de agricultura ecológica.

Insisten en que dado que la agricultura ecológica no utiliza plaguicidas sintéticos, existe poco o ningún riesgo de contaminación en las aguas subterráneas y superficiales. Con respecto a la lixiviación de nitratos y fósforo y las emisiones de gases de efecto invernadero, los sistemas de agricultura orgánica obtienen mejores resultados que la agricultura convencional cuando se expresan por unidad de área de producción, sin embargo, dada la menor eficiencia en el uso de la tierra de la agricultura orgánica en los países desarrollados, este efecto positivo es menos pronunciado y en algunos casos se invierte cuando se expresa por unidad de producto. E indican que los sistemas ecológicos suelen ser más eficientes energéticamente que sus equivalentes convencionales, por el menor consumo de energía por unidad de superficie productora. De manera que al tener un menor uso energético y ser sumideros de carbono, las granjas ecológicas se convierten en planos ideales para desarrollar métodos para limitar las emisiones y ser herramientas importantes para abordar el cambio climático.

Seufert y Ramankutty (2017) apoyan la idea que los sistemas ecológicos presentan mejores beneficios para la biodiversidad, de la vida silvestre en los paisajes agrícolas, con una elevación atípica en la abundancia de organismos de 40 a 50%, pero discrepan en cuanto a la influencia sobre la riqueza de especies, ya que en algunos trabajos se indica que la mayor riqueza de especies podría ser debida a un efecto en la disminución del muestreo (Crowder *et al.*, 2012). En cualquier caso, evidencian la importancia de la biodiversidad como factor clave de la contribución ecosistémica al paisaje de los sistemas ecológicos ya que los sistemas convencionales presentan paisajes simplificados con menor calidad del hábitat. Concluyen de los metaanálisis evaluados que en los suelos manejados con prácticas ecológicas se presenta un mayor contenido de carbono orgánico, se reduce la erosión del suelo (apoyado también por la no utilización de herbicidas) y se mejora su estructura. Para estos casos se argumenta bien la mayor cantidad y el funcionamiento del estiércol dentro de los sistemas ecológicos, pero falta información sobre el funcionamiento de las leguminosas en los ambientes orgánicos, para evaluar la fijación del nitrógeno atmosférico. Indican que son pocos los trabajos que contextualizan los factores que impulsan a la existencia de diferencias en los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas ecológicos *versus* convencionales, pero coinciden en su totalidad con lo expuesto por Reganold y Wachter (2016) en cuanto a las diferencias observadas en los efectos sobre el cambio climático. Indican que el beneficio de la gestión ecológica en términos de consumo de energía es más bajo para las hortalizas y frutas, mientras que el beneficio en términos de emisiones de gases de efecto invernadero es mayor en los sistemas de monocultivo.

En cuanto a la calidad del agua, Seufert y Ramankutty (2017), indican existen un amplio número de estudios que tratan este tema, encontrando una alta variabilidad en los resultados, no encontrando una conclusión general sobre el beneficio de la gestión ecológica para el uso del agua. Pero en general, los modelos de producción ecológica generan menor contaminación por nitratos y fósforo, contribuyendo a la disminución de la eutrofización de las aguas y a los fenómenos de hipoxia, debido principalmente al menor uso de estas sustancias, a lo que se une también la no utilización de pesticidas y por *ende* la no presencia en las aguas. Además, en agricultura ecológica se realiza un uso más eficiente del agua, por la mayor capacidad de retención de agua y tasas de infiltración de agua, debido a los mayores contenidos de materia orgánica del suelo. No obstante, indican que Wheeler *et al.* (2015) encuentran un uso similar del agua por unidad de superficie agrícola, pero un mayor consumo de agua por unidad de

producción en agricultura ecológica, como resultado de un menor rendimiento de las granjas ecológicas.

### 4.4.3 CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA

La capacidad de expansión de la agricultura ecológica a nivel mundial, estará determinada principalmente por su rendimiento financiero en comparación con la agricultura convencional. Los principales factores que determinan la rentabilidad de la agricultura orgánica son los rendimientos de los cultivos, la mano de obra y los costos totales, las primas de los productos orgánicos y el potencial de reducción de los ingresos durante el período de transición orgánica (usualmente tres años), así como por los recursos no renovables y la compra de insumos.

Reganold y Wachter (2016) indican la existencia de un único metaanálisis que ha analizado la rentabilidad financiera de la agricultura orgánica y convencional (Crowder y Reganold, 2015). El análisis combina los hallazgos de 40 años de estudios que abarcan 55 cultivos en los cinco continentes e indican que cuando se incluyen las primas de los precios reales (precios más altos otorgados a los alimentos orgánicos), la agricultura ecológica resultó significativamente más rentable (22 a 35% más valores netos actuales) y tuvo mayores proporciones de beneficios/costes (20 a 24%) que la agricultura convencional, pero cuando se quitan las primas orgánicas, los valores netos de la agricultura ecológica son significativamente más bajos que los convencionales. Aunque las primas de los precios son del 29 al 32%, las primas del punto de equilibrio necesario para que los beneficios ecológicos coincidieran con los beneficios convencionales son sólo del 5% al 7%, incluso con rendimientos en los cultivos ecológicos inferiores en un 10% al 18%. Por lo que ajustando esas primas la expansión de la agricultura ecológica estaría justificada en términos económicos.

Estos autores indican que los costes totales no son significativamente diferentes, pero los costes laborales sí son más altos (7 a 13%) para las prácticas de agricultura ecológica. Aunque uno de los éxitos de la agricultura convencional ha sido su capacidad de producir más con menos mano de obra, algunos han encontrado que el trabajo extra de la agricultura orgánica es beneficioso para proporcionar empleo rural y oportunidades de desarrollo (Prihtanti *et al.*, 2014). Pocos estudios económicos comparativos han incluido externalidades negativas (como los costes ambientales) o externalidades positivas (como servicios de los ecosistemas).

Seufert y Ramankutty (2017) insisten además en el coste total de la gestión ecológica, donde dos factores principales son los que más influyen en los costes totales, por un lado los costes de mano de obra y por otro lado, los costes de los insumos, estas dos variables económicas son fluctuantes en función de la zona geográfica y del momento social (fluctuación en el precio del petróleo), lo que hace que exista una alta variabilidad con respecto a este factor de costes. Sin embargo, los precios *premium* del producto ecológico pueden compensar los menores rendimientos en agricultura ecológica y fortalecer el rendimiento de la granja. Estos autores también evalúan también la dimensión del precio de los alimentos y concluyen que los alimentos ecológicos son más caros para los consumidores, factor que repercute positivamente para los productores que perciben un mayor precio por la venta de la producción (Crowder y Reganold, 2015). Aunque las iniciativas de comercialización en mercados de proximidad y bajo las asociaciones de consumo son una alternativa y ofrecen los alimentos a precios más accesibles (Guthman *et al.*, 2006).

### 4.4.4 CONTRIBUCIONES EN LA DIMENSIÓN DE BIENESTAR SOCIAL

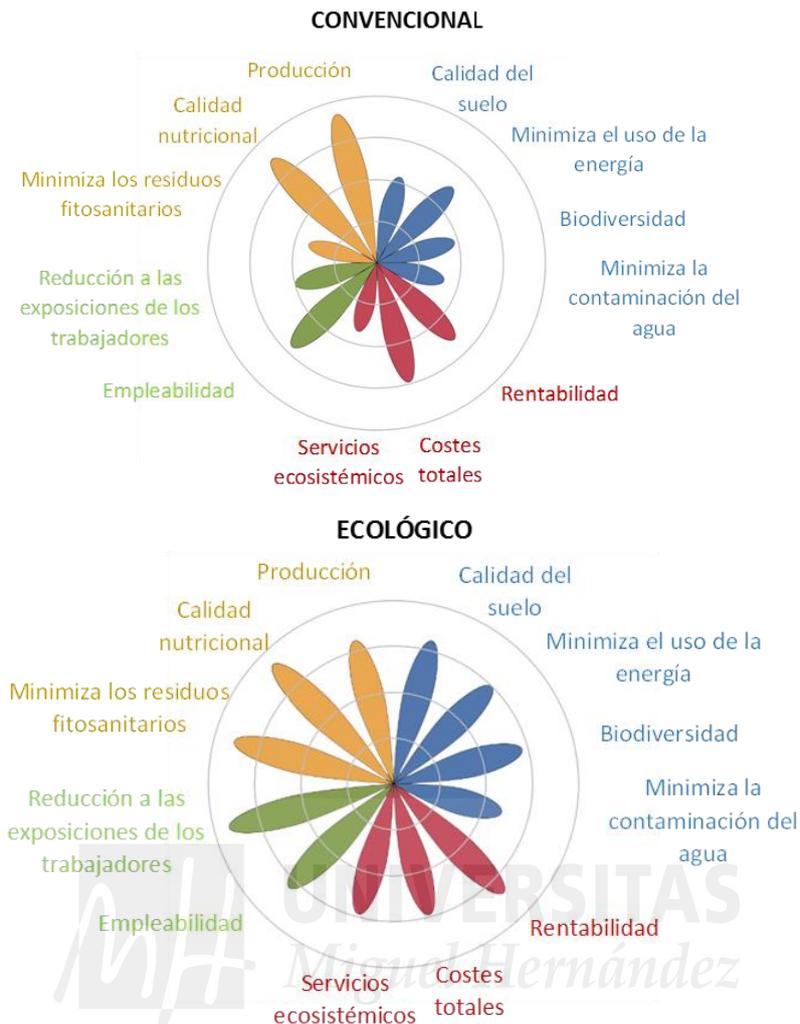
Reganold y Wachter (2016) No está claro hasta qué punto los sistemas de producción ecológica, convencionales y de otro tipo están operando en áreas como la equidad social (por ejemplo, actuando sobre cuestiones de género, raza, etc.) y en la calidad de vida de las familias y comunidades agrícolas. Los datos disponibles indican que tanto los sistemas ecológicos como los convencionales necesitan avanzar significativamente para alcanzar los objetivos de sostenibilidad social. Sin embargo, se ha demostrado que la agricultura orgánica tiene algunas fortalezas socioculturales, como cambios positivos en el desarrollo económico de la comunidad, interacciones sociales cada vez mayores entre agricultores y consumidores y mayor empleo de los trabajadores agrícolas y cooperación entre agricultores (Prihtanti *et al.*, 2014). Aunque la agricultura ecológica a menudo requiere trabajo manual adicional en la granja, reduce la exposición de los trabajadores agrícolas a los pesticidas y otros productos químicos. Esta exposición puede ser particularmente problemática en los países menos desarrollados, donde las enfermedades y la muerte por la exposición ocupacional y accidental puede ser alta.

Estos autores indican que algunas directrices de certificación estipulan que los agricultores ecológicos deben ser capaces de mantenerse a sí mismos y a otros trabajadores con ingresos justos, manteniendo condiciones de trabajo seguras y dignas. Además, los animales certificados ecológicamente deben ser criados bajo condiciones que permitan la expresión de sus comportamientos y necesidades naturales, acceso al aire libre o pastoreo siempre que sea posible y que los animales enfermos sean tratados según sea necesario.

También informan que la agricultura ecológica puede mejorar la seguridad alimentaria mediante la diversificación de las explotaciones agrícolas y ganaderas, lo que diversifica las fuentes de ingresos y mejora la variedad de dietas, tanto de los consumidores, como de los propios productores, y citan el caso de Filipinas donde después de evaluar 840 pequeñas explotaciones orgánicas y no orgánicas, se encontró que el aumento en el consumo de vegetales y proteínas entre 2000 y 2007 entre dos y tres veces mayor para los agricultores de gestión ecológica, más diversificados que los agricultores convencionales.

Seufert y Ramankutty (2017) por su parte indican que, además la agricultura orgánica puede proporcionar otros beneficios básicos, especialmente para los agricultores de bajos ingresos, tales como la organización en las cooperativas, la construcción de redes sociales, la integración de los conocimientos tradicionales, el acceso a los servicios sanitarios, e incluso a la participación en proyectos de investigación participativa. Estos autores también ponen de manifiesto las desigualdades entre los propios productores ecológicos, en función de la zona de producción, evidenciando la alta variabilidad y la diferencia en los salarios percibidos por los agricultores. En general, indican que algunos estudios han llegado a la conclusión que la agricultura ecológica conduce a una mayor rentabilidad de la familia y del trabajo doméstico y, por tanto, a una mejor remuneración del trabajo, debido a los precios máximos recibidos.

A modo de resumen, la figura 6 muestra los diagramas de pétalos de flores que visualiza el trabajo de Reganold y Wachter (2016), donde los pétalos de color naranja representan las áreas de la dimensión de la producción, los pétalos de color azul la dimensión de las contribuciones de carácter medioambiental, en color rojo se muestran los pétalos relacionados con la dimensión económica y los pétalos de color verde representan las áreas dimensionales de bienestar social. Las longitudes de los pétalos ilustran que los sistemas de agricultura orgánica equilibran mejor las cuatro áreas de sostenibilidad.



**Figura 6. Diagramas de pétalos de flores para las dimensiones de productividad, económicas, medioambientales y sociales para el modelo de agricultura convencional (arriba) y ecológica (bajo).**

Las longitudes de los doce pétalos están cualitativamente basadas en los estudios discutidos en la revisión de Reganold y Wachter (2016) e indican el nivel de presencialidad de métricas específicas de sostenibilidad en relación a los niveles de los cuatro círculos concéntricos que representan el 25, 50, 75 y 100%. Las longitudes de los pétalos para el modelo de agricultura convencional muestran dos dimensiones que sobresalen, por un lado el tema de la productividad y por otro lado la dimensión de la calidad nutricional, por el resto se observa un modelo desequilibrado, donde las dimensiones medioambientales tienen una presencia muy escasa. Destacan las dimensiones de “servicios ecosistémicos”, “minimizar los residuos fitosanitarios” y “minimizar la contaminación del agua” por debajo del 50% de presencialidad.

La ilustración del diagrama de pétalos de flor del modelo de agricultura ecológica muestra un mayor equilibrio entre todas las dimensiones, evidenciando la mayor sostenibilidad del modelo productivo ecológico.



## **5. DISCUSIÓN**

Se han leído, analizado y evaluado en este trabajo un total de 275 artículos incluidos unos 10 informes no vinculantes consultados para la ejecución del estado del arte de la introducción. La bibliografía revisada principalmente se enmarca en publicaciones realizadas en la década de 2007 a 2017. Exceptuando a los informes, un 16.23% de los trabajos se han empleado también para la redacción de la introducción, un 38.11% han formado parte de los trabajos que se han empleado para la evaluación de trabajos dentro de la categoría de medioambiente, un 32.45% es la fracción de artículos estudiados para discernir en el apartado de composición nutricional y de salud y un 13.21% aproximadamente de los trabajos son los utilizados dentro de las contribuciones para evaluar los aspectos socioeconómicos.

Las aportaciones se han clasificado en artículos que aportan información genérica y han permitido contrastar las afirmaciones realizadas, artículos realizados en el ámbito de la agricultura ecológica y que aportan resultados individuales en alguna materia, estudios de pares que comparan estudios, de una determinada materia, en agricultura ecológica y convencional, revisiones sistemáticas que son investigaciones científicas en las cuales la unidad de análisis son los estudios originales primarios o individuales y constituyen una herramienta esencial para sintetizar la información científica disponible, incrementar la validez de las conclusiones de estudios individuales e identificar áreas de incertidumbre donde sea necesario realizar investigación, y metaanálisis que son revisiones sistemáticas que usa métodos estadísticos para combinar los resultados de dos o más estudios en una determinada materia, aunque el metaanálisis es una gran herramienta que puede describir patrones amplios que no son inmediatamente visibles en la investigación primaria, o en comparaciones de campo o de pares, debe tratarse con precaución, porque puede incurrir en algún error sistemático o simplemente porque en el caso de la agricultura ningún sistema o práctica de cultivo funciona mejor en todas partes.

Existen aspectos que escapan a los objetivos del presente trabajo como son el evaluar la robustez de los artículos analizados. La criba bajo objetivos concretos, reduciría el número de trabajos analizados, pero permitiría eliminar contradicciones encontradas en el estudio de las aportaciones. La existencia de estas contradicciones, permite reflexionar sobre los sistemas y políticas de evaluación y revisión de los artículos que se publican en las revistas de impacto, encontrando vacíos que pueden llevar a argumentos de evaluación inversa, tratándose del mismo documento.

Hay muchos factores a considerar para evaluar los beneficios de la agricultura ecológica y convencional, y no hay formas sencillas de determinar si un sistema es claro ganador para todas las posibles situaciones agrícolas. En lugar de continuar con el debate ideológico "ecológico *versus* convencional", el objeto debe ser lograr un sistema de producción de alimentos a precios justos, asegurar el mantenimiento de la actividad agraria en un mundo rural vivo y reducir los costes ambientales de la agricultura, para garantizar una seguridad alimentaria sostenible. Para ello hay que evaluar sistemáticamente todos los aspectos (costes y beneficios) de las diferentes opciones de gestión y evaluarlas localmente.

En este sentido, se ha visto en muchas de las conclusiones de las aportaciones evaluadas, que para optimizar los rendimientos en agricultura ecológica se requiere perfeccionar las diversas rotaciones de cultivos, adecuándolas al terreno y las condiciones de cultivo, fomentar el uso de leguminosas para garantizar la fijación simbiótica del nitrógeno, incorporar los sistemas mixtos de agricultura y ganadería, que además permitiría obtener fuentes de estiércol, rico en materia orgánica, y una mayor diversidad de alimentos nutricionalmente más equilibrados, bien para la comercialización externa, como para incrementar el autoconsumo. Curiosamente, los trabajos

donde se evalúan los efectos conjuntos de agricultura y ganadería son muy escasos y se deberían potenciar trabajos de investigación participativa para evaluar las repercusiones de estas técnicas productivas, así como los efectos sobre la calidad de los productores por la modificación de las dietas, al incorporar la biodiversidad cultivada.

El alto nivel de heterogeneidad entre los estudios evaluados hace hincapié en la importancia de aspectos locales tales como el tipo de suelo, el clima, la altitud, la legislación, etc., y se aboga por la cautela al generalizar los hallazgos. Este tema de la heterogeneidad es el núcleo del problema que enfrentan tanto la producción convencional como la ecológica en su relación con el medio ambiente y con todos sus recursos. Existen un gran número de variables medioambientales a favor de las técnicas de agricultura y ganadería ecológicas, intentar paliar el grave problema de la desertificación, que están sufriendo algunas zonas producida por el abandono de cultivos, técnicas que no son apropiadas y con prácticas agroecológicas y de laboreo respetuosas con la fertilidad del suelo y creación de agrosistemas equilibrados, serían alternativas eficientes.

El futuro de la seguridad alimentaria es cuestionable debido a las crecientes demandas que provendrán del crecimiento de la población y los impactos potenciales del cambio climático en la producción agrícola. El manejo y la conservación del suelo y del agua puede ser una de las mejores herramientas para la mitigación y adaptación al cambio climático y garantizar la producción de alimentos agrícolas por unidad de superficie. La forma de manejar los suelos y residuos de los cultivos van a tener un impacto en la calidad de los recursos hídricos y del suelo que las generaciones futuras necesitarán para la seguridad alimentaria. Es imperativo que mejore la gestión si se pretende tener seguridad alimentaria para la civilización.

La gestión del suelo también ayudará a la adaptación a los cambios climáticos al minimizar la erosión, lo cual será esencial porque los cultivos en suelos productivos con un perfil de suelo más profundo pueden almacenar más agua y tener una zona más grande para el crecimiento de las raíces. Es decir que los suelos que están bajo prácticas ecológicas, con reducción de la erosión y contribuyendo al secuestro de carbono ayudarán a los cultivos a adaptarse mejor a los cambios climáticos y eventos extremos. Por eso es tan importante implementar decisiones de manejo que contribuyan a la restauración de los suelos degradados y/o desertificados. El manejo del suelo para agregar carbono, que contribuye a tantas funciones beneficiosas del suelo, será necesario para mantener y/o mejorar la calidad del suelo. Los esfuerzos de la agricultura ecológica, por parte de los pequeños agricultores, contribuyen a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono, y a mejorar la productividad del suelo, estos esfuerzos también mejoran las oportunidades de los pequeños agricultores para adaptarse al cambio climático.

Todavía hay mucha incertidumbre sobre el potencial de mitigación preciso de las prácticas agrícolas. El aumento de la recopilación de datos y la investigación son importantes, pero incluso en esta situación de incertidumbre predominante en muchos aspectos, hay algunos resultados claros y sólidos que proporcionan una base para la mitigación en la agricultura.

Muchas prácticas de gestión utilizadas por la agricultura y ganadería ecológicas (como la labranza mínima, la devolución de los residuos de las cosechas al suelo, la utilización de cubiertas vegetales y las rotaciones, así como la mayor integración de leguminosas que contribuyen a la fijación del nitrógeno y la disminución de la ganadería intensiva), podrían ser aplicadas correctamente en las explotaciones convencionales, facilitando los procesos de transición. Estas herramientas deberían sentar las bases de cualquier estrategia para la mitigación del cambio

climático en la agricultura, y deben ser apoyadas sin necesidad de esperar a que se obtengan nuevos resultados de la investigación. Parte de la aplicación de estas herramientas vienen con volúmenes de producción reducidos, por lo que es indispensable combinarlos con medidas del lado del consumo hacia menos productos animales y menos desperdicio de alimentos. Sin embargo, a medida que las técnicas y herramientas de agricultura ecológica se aplican, los gestores del territorio, agricultores principalmente, deben estar atentos a las condiciones específicas del terreno e incorporar los factores correctores en la toma de decisiones en el manejo.

Las granjas de producción ecológica presentan menor lixiviación de nitratos, fósforo y productos fitosanitarios, contribuyendo a la mayor calidad de las aguas subterráneas y superficiales, además al ser la agricultura ecológica menos productiva que la convencional, la lixiviación al igual que las emisiones, por lo que se reducen las emisiones de óxido nitroso y de amoníaco por unidad de superficie productiva. La degradación severa de los ecosistemas marinos y de agua dulce en todo el mundo está vinculada al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados, lo que provoca la eutrofización del agua dulce y la producción de zonas hipóxicas en aguas costeras.

Además, los impactos medioambientales de la agricultura ecológica se limitan mucho en la medida que no se emplean moléculas químicas de síntesis persistentes en el sistema. La agricultura ecológica emplea técnicas de buscan mantener el equilibrio natural y cuando emplea sustancias, éstas responden a una composición equivalente a su presencia en la Naturaleza, como por ejemplo las presentes en los plaguicidas naturales, que pueden ser muy tóxicas para ciertas especies, pero no son tóxicas para el medio ambiente y no se acumulan en el medio ambiente o en la cadena alimentaria.

De la revisión científica realizada se observa que en el área medioambiental el número de publicaciones es alto, el mayor respecto al total, de ellas, la mayor fracción se corresponde con publicaciones relacionadas con el consumo y la eficiencia energética, así como con los temas de cambio climático. Es posible que muchas de las líneas prioritarias en la concesión de ayudas en la investigación hayan sido encausadas para obtener resultados que permitan paliar los efectos del cambio climático. Existe una distribución equitativa entre el número de publicaciones que evidencian resultados, los trabajos de pares y las revisiones sistemáticas y de metaanálisis encontrados.

Se echan en falta trabajos de rigor en materia de calidad y uso del agua. Siendo el agua un factor tremendamente limitante para la producción agraria y ganadera, y habida cuenta de la importancia de este recurso para la alimentación del planeta, hacen falta investigaciones serias que planteen, en diferentes escenarios, las posibles contribuciones de la agricultura ecológica a incidir sobre la calidad, así como en el buen uso del agua dentro del modelo productivo, tal y como ha sido evidenciado para el caso del suelo. El paso de calidad hay que darlo, para evaluar el comportamiento del suelo-agua-planta en modelos de resiliencia al cambio climático, como son los que se practican con agricultura ecológica, a este triplete hay que añadir el comportamiento ganadero, como elemento que redondea el sistema productivo.

Aunque las aportaciones en el área energética han sido adecuadas y teniendo en cuenta que la agricultura ecológica reduce la utilización de energía no renovable, procedente de fuentes fósiles, porque al disminuir la necesidad de sustancias químicas de síntesis, se disminuye también la gran cantidad de combustibles que se requieren para su fabricación y transporte. Pero serían necesarias investigaciones sobre la adecuación de energías alternativas en

agricultura, en general y en agricultura y ganadería, en particular. Estudios sobre el empleo de fotovoltaicas, la captación de metano para biogás, el empleo de biocombustibles, son a modo de ejemplo, temáticas que podrían aportar información altamente necesaria para la optimización del modelo energético en agricultura. El tratamiento personalizado de cada una de las necesidades, en función de la finca y del territorio, debe ser una transversalidad también en esta materia.

Las temáticas relacionadas con la biodiversidad y su vinculación a la agricultura y ganadería ecológica están bien documentadas en los trabajos realizados. Pero se hace necesario a la hora de evidenciar resultados sobre la biodiversidad cultivada, adecuar los métodos de cultivo al genotipo, tanto para evaluar su comportamiento agronómico, como para conocer el potencial bioquímicos de los materiales locales y autóctonos. Es necesario utilizar genotipos seleccionados que respondan positivamente a la agricultura ecológica en términos de características bioquímicas y aspectos de productividad y evaluar el comportamiento de los sistemas en trabajos de larga duración. Además, es aconsejable utilizar en estos trabajos suelos que hayan estado bajo cultivo ecológico al menos durante siete años, para restablecer el equilibrio del agro-ecosistema y aumentar los niveles de fertilidad y productividad.

Se aplica una distinción importante entre los indicadores de impacto ambiental por unidad de producto y por unidad de superficie. Como los rendimientos de la agricultura ecológica son generalmente más bajo, los resultados para la evaluación por unidad de producto son típicamente peores que por la evaluación por unidad de superficie. Las razones por las cuales se encuentra una diferencia significativa por unidad de superficie para los efectos ambientales, se origina principalmente en una diferencia en la intensidad de entrada (menos uso de fertilizantes, baja densidad animal, ausencia de insumos químicos, etc.).

Las mismas observaciones realizadas en el ámbito de los impactos ambientales son aplicables también a las producciones obtenidas bajo modelos de agricultura ecológica, donde los resultados varían en función de evaluar la producción, por unidad de producto o por unidad de superficie. La cuestión de si centrarse en los indicadores expresados por unidad de superficie o por unidad de producto, es importante para la evaluación de los resultados. Los indicadores que evalúan por unidad de superficie informan de si la sostenibilidad del ecosistema local está amenazada, lo cual es importante desde una perspectiva ambiental. Los indicadores de evaluación sobre producto, explican qué sistema genera la mayor producción por carga ambiental, lo que es más interesante desde una perspectiva social, dada la necesidad de seguridad alimentaria global. Los indicadores expresados por unidad de superficie muestran que la agricultura convencional es potencialmente más peligrosa para la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

Entre los objetivos, no alcanzados de la Revolución Verde, se planteó el de erradicar el hambre del mundo, a costa del empleo de tecnologías y métodos productivos de alto impacto. Lejos de cumplir el objetivo, este modelo ha creado desigualdades sociales, ya que ha esclavizado a los agricultores y ganaderos a las dependencias de insumos externos a la explotación, y a la inversión económica, en muchos casos dependientes de financiación externa, originando pérdidas del poder adquisitivo y en muchos casos abandono de la actividad agraria. A estos factores hay que añadir que alrededor del 80% de la producción de alimentos mundial es consumida por el 20% de la población con mayores recursos económicos. Paradójicamente, mientras gran parte de la población pasa hambre, un número igualmente elevado de seres humanos tiene problemas de sobrepeso y obesidad, y el número de enfermedades relacionadas con la mala alimentación se incrementa. Además, un tercio de los alimentos producidos a nivel

mundial, para el consumo humano se pierde o se desperdicia a lo largo de toda la cadena de suministro, ocasionando con ello, un derroche de los recursos empleados en la producción (suelo, agua, semillas, energía, etc.) a la par de la generación de costes añadidos por los impactos medioambientales del uso derrochado de estos insumos.

El término soberanía alimentaria entendido como el derecho de las personas a elegir la comida se impone cada vez más en el modelo alimentario, y cada vez más es una responsabilidad social y ambiental cuestionarse la identidad y trazabilidad de los alimentos que componen la dieta, cuestiones como dónde, quién o cómo se producen los alimentos son necesarias para establecer vínculos con los aspectos de seguridad y soberanía alimentaria.

Es importante señalar que los beneficios sobre la salud de diversos componentes de los alimentos pueden depender significativamente del contexto, por ejemplo, en los países de bajos ingresos, las dietas y los alimentos deberían cubrir las necesidades en macro y micronutrientes, principalmente, mientras que en los países de ingresos altos, el principal beneficio para la salud de los alimentos vegetales, probablemente esté relacionado con la actividad antioxidante de los metabolitos secundarios y las vitaminas.

Los consumidores abiertamente están mostrando interés por los aspectos que rodean a los alimentos, conscientes en algunos casos, de los impactos que algunas de las prácticas productivas generan sobre los mismos, como por ejemplo la presencia de residuos de fitosanitarios. Paradójicamente, unido al interés creciente de los consumidores por el conocimiento de los alimentos, se une el desinterés en materias relacionadas con la agricultura y ganadería, por lo que son necesarias medidas que permitan informar y formar a los consumidores sobre el origen de los alimentos, que no es otro que la agricultura y la ganadería y visualizar, en todos los ámbitos de la sociedad, que la nutrición es una cuestión tremendamente importante para mantener el estado de salud, pero que la nutrición se establece en base a dietas alimentarias y éstas están compuestas por alimentos, y los alimentos proceden de los sistemas productivos, por lo tanto, los alimentos de calidad deben provenir de sistemas productivos de calidad y proporcionar dietas equilibradas y de calidad, que generen salud entre la población.

Los aspectos relacionados con la salud se encuentran entre las principales causas de motivación en el cambio y mantenimiento del modelo de consumo de alimentos ecológicos. Aunque los estándares orgánicos están orientados al proceso, es decir, describen y limitan las condiciones bajo las cuales se permite la producción, cada vez más son necesarias aportaciones sobre el producto final, porque son los que mayor repercusión mediática presentan y los asuntos que más daño pueden hacer sobre el consumo.

En cuanto a las aportaciones encontradas y evaluadas en el presente trabajo en materia de composición de alimentos y salud, hay que indicar la presencia de una alta variabilidad en los resultados y por tanto incertidumbre y alto grado de discordancia, en muchos casos estas fluctuaciones no están justificadas y responden a meros criterios de interpretación de resultados similares. Considerando valores globales, los alimentos ecológicos muestran evidencias científicas de ser más seguros, ya que no presentan residuos fitosanitarios y están menos expuestos a antibióticos y microorganismos, y a la presencia de nitratos y de metales pesados, y a la presencia de organismos genéticamente modificados, que aunque su vinculación a la salud es objeto de mucha controversia, al menos se debe mantener el principio de precaución en todos los eslabones de la cadena alimenticia.

Por otro lado, también existen evidencias de la mayor concentración de sustancias de carácter antioxidantes en los alimentos de producción ecológica, como consecuencia de que las prácticas ecológicas de fertilización y principalmente de sanidad vegetal, generan más mecanismos de defensa entre la propia planta, dando lugar a la síntesis de estas sustancias beneficiosas para el organismo. En los alimentos de origen ganadero la presencia de mayor fracción de ácidos grasos mono y poliinsaturados es también una de las aportaciones más importantes de cara a la salud.

Entre las contribuciones en materia nutricional y de salud, destacan principalmente las que aportan resultados de carácter individual, aunque en los aspectos de calidad nutricional y sensorial los estudios de pares son muy significativos, resultados lógicos, ya que estos trabajos donde más utilidad presentan en mostrar las evidencias comparativas de los resultados. En este sentido, las revisiones y los metaanálisis en materia de composición también son relevantes.

No obstante, los trabajos en materia de salud son muy bajos, sería necesario insistir en potenciar los trabajos que pongan en valor los alimentos ecológicos a través de la salud, sobre todo teniendo en cuenta las importantes repercusiones de la dieta sobre las enfermedades de alto impacto del siglo XXI.

Los impactos ambientales y de valor nutricional de los alimentos ecológicos están ampliamente discutidos en la literatura encontrada, mientras que los conocimientos sobre las cuestiones sociales o el bienestar animal, por ejemplo, están menos disponibles.

Una de las críticas más escuchadas de los alimentos ecológicos hace referencia a tema del precio que alcanzan en los mercados. Estos precios pueden ser altamente variables, dependiendo del canal de distribución y punto de venta. La crítica hacia el tema del precio es en algunos casos desmesurada, ya que ni el productor, ni el consumidor son responsables de estas intervenciones en los precios, aunque si ambos pueden tener autonomía a través de las vías de correlación de consumo, como son los grupos de productores y consumidores, donde se pactan los precios atendiendo a criterios de co-responsabilidad. En cualquier caso, la crítica sobre el precio es muy cruel, porque de manera indirecta pretende aumentar la polémica de dualidad entre ricos y pobres, proyectando que los alimentos saludables son para los poderes adquisitivos más altos, y los alimentos no saludables para los pobres. No más lejos de la base productiva ecológica donde las voluntades se centran en democratizar el consumo de alimentos ecológicos, haciendo hincapié a que deben formar parte de las dietas de los niños en los colegios, de los enfermos en los hospitales y de las personas mayores en las residencias y del consumidor en general en todos los hogares, contribuyendo al equilibrio de dietas, tal y como se indica en algunos de los artículos aportados.

Otra cuestión subyacente en el tema del precio de los alimentos, es la que ocurre con los convencionales, ya que en muchos casos es difícil de entender a los precios tremendamente baratos a los que llegan al mercado. Esta cuestión abre nuevas vías de debate, ya que la presión a la que se someten los productores convencionales en la mayoría de los casos lleva a la insostenibilidad y abandono de la actividad agraria. Por otra parte, cuestiona la vía intervencionista de la agricultura convencional, y en último caso pone en tela de juicio las realidades de los costes indirectos de los alimentos convencionales sufragados por medidas directas en forma de pagos de impuestos, que son sostenidos por el total de la población. Así, la agricultura convencional conlleva muchos costos ocultos, tales como los costos ambientales y sociales externos que tales sistemas de producción crean. Estos costes externos no se incluyen en el coste de producción y en el precio final porque siguen siendo externalidades del sistema de producción agrícola.

En algunos casos, se justifican los precios de los alimentos ecológicos por las menores producciones obtenidas por este método productivo. Cuando el valor del desperdicio de alimentos sea un criterio de raciocinio para la producción este argumento perderá peso, pero de momento, las evidencias encontradas reportan que las producciones ecológicas en promedio son menos productivas. Es importante destacar que las primas necesarias para que los agricultores ecológicos puedan igualar los beneficios de los agricultores convencionales son sólo de un 7%, y que el sector ecológico podría seguir creciendo y los costes de distribución disminuyendo y en consecuencia, los precios al consumidor equilibrarse, en la medida que se avancen en cuestiones técnicas que permitan equiparar las producciones y/o en la medida de implementar medidas políticas que asuman las pequeñas diferencias encontradas.

El principal mecanismo para fomentar la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente y el clima deben ser las ayudas públicas bien dirigidas a los productores, para fomentar iniciativas al cambio del modelo productivo, pero también para mantener los actuales, así como medidas que fomenten la proyección social de la agricultura ecológica en todas sus dimensiones.

Así, los pagos ecológicos pueden tener el potencial de llevar a cabo acciones sobre el clima, y sobre todos los aspectos técnicos que eso significa, como el mantenimiento de pastos permanentes, el fomento del uso de fuentes orgánicas para la fijación del carbono, etc. Y en paralelo se incluyen otros objetivos como la competitividad, la adaptación al clima, la biodiversidad, el riesgo de erosión del suelo, la contaminación difusa o las inundaciones. Sin embargo, los beneficios reales dependerán de las opciones que tomen las administraciones, habida cuenta de las flexibilidades, del área sometida a los requisitos de implementas medidas ecológicas, etc.

Las aportaciones registradas en las cuestiones de índole social son bajas, teniendo más repercusión las que tratan las cuestiones relacionadas con la productividad y rentabilidad del modelo productivo, destacando en este ámbito, tanto los resultados de pares, como los metaanálisis.

Resulta curioso que aún existiendo pocos trabajos que contemplen el problema del hambre en el mundo y las posibles soluciones que desde la producción ecológica se pueden aportar a solucionarlo, se trata de un titular muy recurrido en los artículos de carácter mediático y alarmistas. Según se concluye de los trabajos científicos y de los informes aportados en este trabajo, la producción ecológica tiene capacidad suficiente para producir los alimentos necesarios que permitan abastecer a la creciente población mundial. Aunque sería necesario establecer nuevos escenarios de cambio de modelos de consumo, distribución y dietas entre la población.

Se ha evidenciado también que sector ecológico tiene una historia particularmente fuerte de control social entre los propios agricultores, pero también entre los agricultores y los consumidores orgánicos, a través de *set-ups* como las asociaciones de consumo, el cooperativismo, el agroturismo o incluso, en algunas zonas, a través de los sistemas de garantía participativa a nivel local.

La producción ecológica también se evidencia como una herramienta básica para mantener pequeñas granjas familiares, a la par que interactúa por un mundo rural vivo y la incorporación de agricultores jóvenes a la actividad agraria, velando por la seguridad laboral, ya que los trabajadores de las granjas ecológicas se benefician de condiciones de trabajo más seguras y agradables, sin exposiciones a pesticidas y disfrutando de la diversificación de las actividades agrícolas. Por todo ello, la producción ecológica es socialmente justa y económicamente

sostenible, a la par que los métodos orgánicos respetan la diversidad cultural y las tradiciones de los pueblos.

Se desprende la necesidad de más investigaciones sobre cuestiones tales como el uso de mano de obra por tipo de explotación y la influencia de determinados cultivos o actividades, los temas de género y su relación con la agricultura ecológica, la productividad del trabajo, es decir, el rendimiento económico por trabajador, el desglose del tipo de mano de obra, análisis de las actividades de transformación y ventas directas separadas de la producción, los salarios y la calidad y seguridad laboral e incluso los niveles de satisfacción de productores y consumidores.

Muchas personas están tratando con soluciones ecológicas en sus economías locales, están trabajando en micro proyectos y encuentran verdaderas alianzas en métodos sostenibles de cultivos, aunque todavía no tenga peso cuantitativo suficiente en los datos de las macroeconomías internacionales. Cualquier experimento con suficiente capacidad de motivar a la población y que devenga un movimiento social es una referencia a considerar seriamente en el modelo de producción ecológica.

Sea en las zonas rurales o en los barrios urbanos, los proyectos de agricultura ecológica son todavía pequeños experimentos, comparados con los modelos convencionales, pero son rutas claras para liderar una salida al colapso en cualquier lugar del mundo, al menos para las tres cuartas partes del mundo que no están considerados dentro del diseño de los mercados globales.

La producción ecológica vela por el bienestar de los animales. Y aunque se encuentra aportaciones donde la ganadería ecológica promueve la salud de los animales, reduciendo así el nivel de patógenos y los impactos sobre los animales. Las investigaciones en materia de bienestar animal son escasas y cada vez más necesarias para conectar los sistemas productivos e incentivar a las granjas mistas en el manejo agroecológico.



## **6. CONCLUSIONES**

## 6. CONCLUSIONES

---

Después de modestos comienzos a principios del siglo XX, la agricultura ecológica ha ganado un creciente reconocimiento científico. Gracias al mismo, las principales conclusiones que se pueden emitir del presente trabajo son:

1. El camino de la agricultura ecológica es una posibilidad viable, para el suministro de alimentos del futuro, pero son necesarias políticas de fomento, formación y divulgación de sus ventajas, entre los productores y los consumidores, atendiendo a las evidencias medioambientales, de impacto en la composición de alimentos y sobre la salud y a las actuaciones sociales que la agricultura ecológica puede desarrollar en los diferentes territorios. El precio *premium* de los alimentos orgánicos debe ser visto como el coste de inversión en la salud y en el medioambiente.
2. La capacidad de expansión de la agricultura ecológica a nivel mundial, estará determinada principalmente por su rendimiento económico. Ante un escenario de cambio climático, las fincas manejadas ecológicamente obtienen mayores rendimientos debido a la mayor capacidad de retención de agua de los suelos. La mejora en las técnicas de gestión y el uso de variedades de cultivo adecuadas para los sistemas ecológicos pueden actuar como resortes para establecer los equilibrios entre los rendimientos, atendiendo a las condiciones locales.
3. Los vínculos entre la calidad del suelo, su productividad a largo plazo y la calidad ambiental, así como la importancia de conservar el suelo como un recurso para las generaciones futuras son ahora ampliamente reconocidos. Menos claro es si la salud del suelo, como tal tiene un efecto directo sobre la salud humana a través de la calidad de los alimentos. El sistema de producción ecológico favorece el mayor contenido de materia orgánica en el suelo, que a su vez contribuye positivamente a la óptima condición agrícola, la mayor capacidad tamponante, la reducción de la erosión, el secuestro de carbono, la capacidad de retención y filtración de agua y el incremento de la biodiversidad edáfica, contribuyendo en su conjunto a la mejora medioambiental del suelo.
4. El secuestro de carbono atmosférico en los suelos de producción ecológica puede ser una herramienta eficaz para mitigar los efectos del cambio climático y ayudar a adaptar los agroecosistemas a eventos climáticos extremos. El carbono secuestrado aumentará la capacidad de retención de agua y materia orgánica del suelo, lo que puede aumentar la probabilidad de que los cultivos sean capaces de tolerar condiciones más secas, especialmente si se usan variedades tolerantes a la sequía, lo que podría aumentar el almacenamiento de agua en un futuro de temperaturas y evapotranspiración altas. Una materia orgánica elevada del suelo y una mejor estructura agregada también permitirían a los suelos tener una mayor capacidad de drenaje.
5. Los alimentos ecológicos son seguros ya que no presentan residuos de plaguicidas sintéticos, la exposición a antibióticos y microorganismos es muy escasa o nula, al igual que la presencia de nitratos y de metales pesados, y a la presencia de organismos genéticamente modificados. Las concentraciones de los nutrientes en los alimentos ecológicos se ajustan a los niveles estándar de composición y en algunos parámetros se superan significativamente, presentando elevados contenidos en vitamina C, antioxidantes totales y ácidos grasos  $\omega$ 3 y  $\omega$ 6. Estas variaciones son de vital importancia garantizar aspectos de la alimentación y la salud relacionadas con la seguridad y soberanía alimentaria.

## 6. CONCLUSIONES

---

6. Las dimensiones de los indicadores de productividad, impacto ambiental, viabilidad económica y bienestar social, así como sus divisiones de producción, calidad del suelo, uso de la energía, biodiversidad, contaminación del agua, rentabilidad, costes totales, servicios ecosistémicos, empleabilidad, exposición humana a pesticidas, residuos de pesticidas y calidad nutricional verifican que el modelo de agricultura ecológica es potencialmente más segura para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

7. El consumo de los alimentos ecológicos si en los valores reales de costes se incluyeran los costes medioambientales y los costes sobre el sistema de salud, que se genera el modelo de producción convencional dominante. Se deben articular estrategias de incentivar la producción y el consumo basadas en las evidencias científicas.

8. La agricultura ecológica es multifuncional y se basa en un enfoque ecosistémico en lugar del uso de insumos químicos. Esto también se refleja en la organización de intercambios de conocimientos. El fomento de la investigación debe ser estratégico para seguir avanzando en materia de agricultura ecológica, de manera que transversalmente la investigación debe formar parte de todas las disciplinas y puntualmente de aquellas que muestran mayor debilidad. La investigación en este sentido debe ser participativa, incluyendo a los productores en todas las tomas de decisiones, con el objetivo final de mejorar la calidad de vida de las comunidades a través de la innovación basada en sistemas agrícolas y ganaderos sostenibles y diversificados.





## **7. BIBLIOGRAFÍA**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Adamtey, N.; Musyoka, M.W.; Zundel, C.; Cobo, J.G.; Karanja, E.; Fiaboe, K.K.M; Muriuki, A.; Mucheru-Muna, M.; Vanlauwe, B.; Berset, E.; Messmer, M.M.; Gattinger, A.; Bhullar, G.S.; Cadisch, G.; Fließbach, A.; Mäder, P.; Niggli, U.; Foster, D. 2016. *Productivity, profitability and partial nutrient balance in maize-based conventional and organic farming systems in Kenya*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 235: 61-79.

Agroecología Europa (2016). *Our understanding of agroecology*. <http://www.agroecology-europe.org/our-approach/our-understanding-of-agroecology/>

Aguilera, E.; Lassaletta, L.; Gattinger, A.; Gimeno, B.S. 2013. *Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 168: 25-36.

Altieri, M.A.; Nicholls, C.I.; Henao, A.; Lana, M.A. 2015. *Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems*. Agronomy for Sustainable Development, 35(3): 869-890.

Álvarez-Salas, L.M.; Polanco-Echeverry, D.N.; Ríos-Osorio, L. 2014. *Reflexiones acerca de los aspectos epistemológicos de la agroecología*. Cuadernos de Desarrollo Rural, 11: 55-74.

Ammann, K. 2009. *Why farming with high tech methods should integrate elements of organic agriculture*. New Biotechnology, 25(6): 378-388.

Andrade, R.; Cadenas, E.; Pachano, E.; Pereira, L.M.; Torres, A. 2002. *El paradigma complejo. Un cadáver exquisito*. Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales, 14: 236-279.

Antolín, M.C.; Muro, I.; Sánchez-Díaz, M. 2010. *Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of nodulated alfalfa plants under drought conditions*. Environmental and Experimental Botany, 68: 75-82.

Antoniou, M.; Robinson, C.; Fagan, J. 2012. *GMO Myths and Truths: An Evidence-based Examination of the Claims Made for the Safety and Efficacy of Genetically Modified Crops*. London, UK: Earth Open Source. <http://earthopensource.org/wordpress/downloads/GMO-Myths-and-Truths-edition2.pdf>.

Arncken, C.M.; Mäder, P.; Mayer, J.; Weibel, F.P. 2012. *Sensory, yield and quality differences between organically and conventionally grown winter wheat*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14): 2819-2825.

Astier, M.; Merlín-Urbe, Y.; Villamil-Echeverri, L.; Garciarreal, A.; Gavito, M.E.; Masera, O.R. 2014. *Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico*. Ecological Indicators, 43: 281-287.

Badgley, C.; Perfecto, I. 2007. *Can organic agriculture feed the world?*. Renewable Agriculture and Food Systems, 22(02): 80-86.

Badgley, C.; Moghtader, J.; Quintero, E.; Zakem, E.; Chappell, M.J.; Aviles-Vazquez, K.; Samulon, A.; Perfecto, I. 2007. *Organic agriculture and the global food supply*. Renewable agriculture and food systems, 22(2): 86-108.

Baldrian, P. 2017. *Editorial: Special thematic issue on the ecology of soil microorganisms*. FEMS Microbiol. Ecol., 93 (2): fiw237.

Barański, M.; Średnicka-Tober, D.; Volakakis, N.; Seal, C.; Sanderson, R.; Stewart, G.B.; Benbrook, C.; Biavati, B.; Markellou, E.; Giotis, C.; Gromadzka-Ostrowska, J.; Rembiałkowska, E.; Skwarło-

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Sonta, K.; Tahvonen, R.; Janovska, D.; Niggli, U.; Nicot, P.; Leifert, C. 2014. *Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses*. British Journal of Nutrition, 112(05): 794-811.
- Baret, P.; Marcq, P.; Mayer, C.; Padel, S. 2015. *Research and Organic Farming in Europe*. Earth & Life Institute, Université catholique de Louvain, Belgium and Organic Research Centre, UK. A report commissioned by The Greens in the European Parliament and European Free Alliance. 77 pp.
- Bartoš, P.; Dolan, A.; Smutný, L.; Šístková, M.; Celjak, I.; Šoch, M.; Havelka, Z. 2016. *Effects of phytogenic feed additives on growth performance and on ammonia and greenhouse gases emissions in growing-finishing pigs*. Animal Feed Science and Technology, 212: 143-148.
- Baudry, J.; Méjean, C.; Péneau, S.; Galan, P.; Hercberg, S.; Lairon, D.; Kesse-Guyot, E. (2015). *Health and dietary traits of organic food consumers: results from the NutriNet-Santé study*. British Journal of Nutrition, 114(12): 2064-2073.
- Bellanger, M.; Demeneix, B.; Grandjean, P.; Zoeller, R.T.; Trasande, L. 2015. *Neurobehavioral deficits, diseases, and associated costs of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European Union*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 100(4): 1256-1266.
- Benoit, M.; Garnier, J.; Anglade, J.; Billen, G. 2014. *Nitrate leaching from organic and conventional arable crop farms in the Seine Basin (France)*. Nutrient cycling in agroecosystems, 100(3): 285-299.
- Berner, A.; Hildermann, I.; Fließbach, A.; Pfiffner, L.; Niggli, U.; Mäder, P. 2008. *Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management*. Soil and Tillage Research, 101: 89-96.
- Bellarby, J.; Foereid, B.; Hastings, A. 2008. *Cool farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*. Campaigning for Sustainable Agriculture. Greenpeace International. 43 pp.
- Bellarby, J.; Tirado, R.; Leip, A.; Weiss, F.; Lesschen, J.P.; Smith, P. 2013. *Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe*. Global change biology, 19(1): 3-18.
- Benbrook, C. 2009. *The impacts of yield on nutritional quality: lessons from organic farming*. HortScience, 44: 12-14.
- Bengtsson, J.; Ahnström, J.; Weibull, A.C. 2005. *The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis*. Journal of applied ecology, 42(2): 261-269.
- Biro, B.; Varga, G.; Hartl, W.; Nemeth, T. 2005. *Soil quality and nitrate percolation as affected by the horticultural and arable field conditions of organic and conventional agriculture*. Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science, 55: 111-119.
- Bjorklund, E.A.; Heins, B.J.; DiCostanzo, A.; Chester-Jones, H. 2014. *Growth, carcass characteristics, and profitability of organic versus conventional dairy beef steers*. Journal of dairy science, 97(3): 1817-1827.
- Blanco-Canqui, H.; Francis, C.A.; Galusha, T.D. 2017. *Does organic farming accumulate carbon in deeper soil profiles in the long term?*. Geoderma, 288: 213-221.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Bonaudo, T.; Bendahan, A.B.; Sabatier, R.; Ryschawy, J.; Bellon, S.; Leger, F.; Magda, D.; Tichit, M. 2014. *Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems*. European Journal of Agronomy, 57: 43-51.
- Bourguet, D.; Guillemaud, T. 2016. *The hidden and external costs of pesticide use*. Sustainable Agriculture Reviews, 19: 35-120.
- Bøhn, T.; Cuhra, M.; Traavik, T.; Sanden, M.; Fagan, J.; Primicerio, R. 2014. *Compositional differences in soybeans on the market: glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans*. Food chemistry, 153: 207-215.
- Bradbury, K.E.; Balkwill, A.; Spencer, E.A.; Roddam, A.W.; Reeves, G.K.; Green, J.; Key, T.J.; Beral, V.; Pirie, K.; and The Million Women Study Collaborators. 2014. *Organic food consumption and the incidence of cancer in a large prospective study of women in the United Kingdom*. British Journal of Cancer, 110: 2321–2326.
- Brandt, K.; Leifert, C.; Sanderson, R.; Seal, C.J. 2011. *Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables*. Critical Reviews in Plant Sciences, 30(1-2): 177-197.
- Brantsæter, A.L.; Torjusen, H.; Meltzer, H.M.; Papadopoulou, E.; Hoppin, J.A.; Alexander, J.; Lieblein, G.; Roos, G.; Holten, J.M.; Swartz, J.; Haugen, M. 2016. *Organic food consumption during pregnancy and hypospadias and cryptorchidism at birth: the Norwegian Mother and Child Cohort Study (MoBa)*. Environmental Health Perspectives, 124(3): 357.
- Bruinsma, J.; de Haen, H.; Alexandratos, N.; Schmidhuber, J.; Bödeker, G.; Ottaviani, M.; Harrison, P. 2015. *World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO perspective*. FAO, Rome.
- Bryan, N.S.; Van Grinsven, H. 2013. *The role of nitrate in human health*. Advances in Agronomy, 119(4): 153-182.
- Burney, J.A.; Davis, S.J.; Lobell, D.B. 2010. *Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification*. Proceedings of the national Academy of Sciences, 107(26): 12052-12057.
- Cambardella, C.A.; Delate, K.; Jaynes, D.B. 2015. *Water quality in organic systems*. Sustainable Agriculture Research, 4(3): 60-69.
- Caporal, F.R.; Costabeber, J.A.; Paulus, G. 2006. *Agroecologia: matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável*. In 3rd Congresso Brasileiro de Agroecologia, Florianópolis, Brazil, Anais: CBA. 45-80.
- Carrefour, 2014. *What exactly is Agro-ecology?* <http://www.carrefour.com/content/promoting-biodiversity-by-eating-honey-agro-ecology>
- Cavigelli, M.A.; Teasdale, J.R.; Conklin, A.E. 2008. *Long-term agronomic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region*. Agronomy Journal, 100(3): 785-794.
- Cavigelli, M.A.; Hima, B.L.; Hanson, J.C.; Teasdale, J.R.; Conklin, A.E.; Lu, Y.C. 2009. *Long-term economic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region*. Renewable Agriculture and Food Systems, 24(02): 102-119.
- Chhabra, R.; Kolli, S.; Bauer, J.H. 2013. *Organically grown food provides health benefits to Drosophila melanogaster*. PLoS One, 8(1): e52988.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Christensen, J.S.; Asklund, C.; Skakkebaek, N.E.; Jorgensen, N, Andersen, H.R.; Jørgensene, T.M.; Olsene, L.H.; Høyerf, A.P.; Moesgaardc, J. 2013. *Association between organic dietary choice during pregnancy and hypospadias in offspring: a study of mothers of 306 boys operated on for hypospadias*. The Journal of Urology, 189: 1077–1082.

Comisión Europea. 2016. *Impact Assessment accompanying the Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 for a resilient Energy Union and to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change*. Brussels.

Connor, D.J. (2013). Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *Field Crops Research*, 144: 145-147.

Crinnion, W.J. 2010. *Organic foods contain higher levels of certain nutrients, lower levels of pesticides, and may provide health benefits for the consumer*. *Alternative Medicine Review*, 15(1): 4-13.

Crowder, D.W.; Northfield, T.D.; Gomulkiewicz, R.; Snyder, W.E. 2012. *Conserving and promoting evenness: organic farming and fire-based wildland management as case studies*. *Ecology*, 93(9): 2001-2007.

Crowder, D.W.; Reganold, J.P. 2015. *Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 112: 7611–7616.

Curl, C.L.; Beresford, S.A.; Fenske, R.A.; Fitzpatrick, A.L.; Lu, C.; Nettleton, J.A.; Kaufman, J.D. 2015. *Estimating pesticide exposure from dietary intake and organic food choices: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA)*. *Environmental Health Perspectives*, 123 (5): 475-483.

Da Silva, A.M.; Manfre, L.A.; Urban, R.C.; Silva, V.H.O.; Manzatto, M.P.; Norton, L.D. 2015. *Organic farm does not improve neither soil, or water quality in rural watersheds from southeastern Brazil*. *Ecological Indicators*, 48: 132-146.

Dalgaard, T.; Hutchings, N.J.; Porter, J.R. 2003. *Agroecology, scaling and interdisciplinarity*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100: 39-51.

Dangour, A.D.; Dodhia, S.K.; Hayter, A.; Allen, E.; Lock, K.; Uauy, R. 2009. *Nutritional quality of organic foods: a systematic review*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 90: 680–685.

Dangour, A.D.; Lock, K.; Hayter, A.; Aikenhead, A.; Allen, E.; Uauy, R. 2010. *Nutrition related health effects of organic foods: a systematic review*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 92: 203–210.

Danila, A. M.; Fernandez, R.; Ntemiri, S.; Mandl, N.; Rigler, E. 2016. *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2014 and inventory report 2016*. Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA Report No 15/2016. European Commission, DG Climate Action, European Environment Agency, Brussels.

De Ponti, T.; Rijk, B.; van Ittersum, M.K. 2012. *The crop yield gap between organic and conventional agriculture*. *Agric. Syst.*, 108: 1–9.

De Schutter, O. 2011. *Agroecology and the Right to Food: Report Presented at the 16th Session of the United Nations Human Rights Council. A/HRC/16/49*. Geneva, Switzerland: United Nations Human Rights Council.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308\\_a-hrc-1649\\_agroecology\\_en.pdf](http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-1649_agroecology_en.pdf).

De Lorenzo, A.; Noce, A.; Bigioni, M.; Calabrese, V.; Della Rocca, D.G.; Di Daniele, N.; Tozzo, C.; Di Renzo, L. 2010. *The effects of Italian Mediterranean organic diet (IMOD) on health status*. Current Pharmaceutical Design, 16: 814-824.

Deike, S.; Pallutt, B.; Christen, O. 2008. *Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity*. European Journal of Agronomy, 28(3): 461-470.

EEA, European Environment Agency. 2010. *The European environment: State and Outlook 2010: Synthesis*. European Environment Agency, Copenhagen.

EIP-AGRI, 2013. <http://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/content/focus-grup-organic-farming-optimising-arable-yields-recomendations-and-outputs>

Ekholm, P.; Turtola, E.; Grönroos, J.; Seuri, P.; Ylivainio, K. 2005. *Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance*. Agriculture, ecosystems & environment, 110(3): 266-278.

El Tribunal Internacional Monsanto. 2017. <http://es.monsantotribunal.org/> 14-16 de octubre.

El-Hage Scialabba, N. 2014. *Food wastage footprint. Full-costs accounting*. FAO. 96 pp. <http://www.fao.org/3/a-i3991e.pdf>

El-Hage Scialabba, N.; Müller-Lindenlauf, M. 2010. *Organic agriculture and climate change*. Renewable Agriculture and Food Systems, 25(2): 158-169.

Eleroğlu, H.; Işıklı, N.D.; Türkoğlu, M.; Okur, N.; Uçar, A.; Özlü, S. 2016. *Effect of Different Production Systems on Physical and Sensory Characteristics of Broilers*. Journal of Poultry Research, 13(1): 16-21.

Engler, M. 2012. *Hijacked organic, limited local, faulty fair trade: what's a radical to eat?*. Dissent, 59(2): 20-25.

Esquinas Zalazar, J. 2012. *Biodiversidad y Seguridad*. En: *Seguridad alimentaria y seguridad global*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Cuadernos de estrategia, 161: 109-156.

FAO. 1996. *Cumbre Mundial sobre la Alimentación*. 13-17 de noviembre de 1996. Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/X2051s/X2051s00.htm>.

FAO. 2007. *Global Plan of Action for animal genetic resources and the Iterlaken declaration*. Commission of genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO. 2012. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. <http://www.fao.org/docrep/016/i2845s/i2845s00.pdf>.

FAO. 2013a. *Food Wastage Footprint-Impacts on Natural Resources*. Summary Report, FAO, Roma. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>

FAO. 2013b. *The state of food and agriculture: Food systems for better nutrition*. 114 pp. Roma. <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- FAO. 2017a. Centro de conocimientos sobre agroecología. <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/definition/es/>
- FAO. 2017b. Preguntas frecuentes sobre agricultura ecológica. <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq9/es/>
- FAO. 2017c. Pérdida y desperdicio de alimentos. <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>
- Feigin, V. 2016. *Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015*. The Lancet, 388(10053): 1659-1724.
- Forman, J.; Silverstein, J. 2012. *Organic foods: health and environmental advantages and disadvantages*. Pediatrics, 130(5): 1406-1415.
- Forum Agroecología. 2015. *Declaration of the International Forum for Agroecology*. [http://www.moreandbetter.org/file\\_download/240/Declaration-of-the-International-Forum-for-Agroecology-Nyeleni-2015.pdf](http://www.moreandbetter.org/file_download/240/Declaration-of-the-International-Forum-for-Agroecology-Nyeleni-2015.pdf)
- Frank, H.; Schmid, H.; Hülsbergen, K.J. 2014. *Greenhouse gas emissions of organic and conventional dairy farms in Germany*. Building Organic Bridges, 2: 505-508.
- Frank, S.; Schmid, E.; Havlík, P.; Schneider, U.A.; Böttcher, H.; Balkovič, J.; Obersteiner, M. 2015. *The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland*. Global Environmental Change, 35: 269-278.
- Fraser, E.; Legwegoh, A.; Krishna, K.C.; CoDyre, M.; Dias, G.; Hazen, S.; Johnson, R.; Martin, R.; Ohberg, L.; Sethuratnam, S.; Hazen, S.; Sneyd, L.; Smithers, J.; Van Acker, R.; Vansteenkiste, J.; Wittman, H.; Yada, R. 2016. *Biotechnology or organic? Extensive or intensive? Global or local? A critical review of potential pathways to resolve the global food crisis*. Trends in Food Science & Technology, 48: 78-87.
- Freibauer, A.; Mathijs, E.; Brunori, G.; Damianova, Z.; Faroult, E.; Gomis, J.G.; O'Brien, L.; Treyer, S. 2011. *Sustainable Food Consumption and Production in a Resource-Constrained World*. The 3<sup>rd</sup> European Commission–Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) Foresight Exercise. [https://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar\\_feg\\_ultimate\\_version.pdf](https://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar_feg_ultimate_version.pdf).
- Gabriel, D.; Sait, S.M.; Kunin, W.E.; Benton, T.G. 2013. *Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture*. Journal of Applied Ecology, 50(2): 355-364.
- Gallai, N.; Salles, J.M.; Settele, J.; Vaissière, B.E. 2009. *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. Ecological Economics, 68: 810-821.
- Garcia, J.M.; Teixeira, P. 2017. *Organic versus conventional food: A comparison regarding food safety*. Food Reviews International, 33(4), 424-446.
- Garibaldi, L.A.; Gemmill-Herren, B.; D'Annolfo, R.; Graeub, B.E.; Cunningham, S.A.; Breeze, T.D. 2017. *Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security*. Trends in Ecology & Evolution, 32(1): 68-80.
- Garnier, J.; Anglade, J.; Benoit, M.; Billen, G.; Puech, T.; Ramarson, A.; Passy, P.; Silvestre, M.; Lassaletta, Trommenschlager, J.M.; Schott, C.; Tallece, G. 2016. *Reconnecting crop and cattle*

## 7. BIBLIOGRAFÍA

*farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future.* Environmental Science & Policy, 63: 76-90.

Gattinger, A.; Muller, A.; Haeni, M.; Skinner, C.; Fließbach, A.; Buchmann, N.; Mäder, P.; Stolze, M.; Smith, P.; El-Hage Scialabba, N.; Niggli, U. 2012. *Enhanced top soil carbon stocks under organic farming.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(44): 18226-18231.

Geiger, F.; Bengtsson, J.; Berendse, F.; Weisser, W.W.; Emmerson, M.; Morales, M.B.; Ceryngier, P.; Liira, J.; Tschardt, T.; Winqvist, C.; Eggers, S.; Bommarco, R.; Pärt, T.; Bretagnolle, V.; Plantegenest, M.; Clement, L.W.; Dennis, C.; Palmer, C.; Oñate, J.J.; Guerrero, I.; Hawro, V.; Aavik, T.; Thies, C.; Flohre, A.; Hänke, S.; Fischer, C.; Goedhart, P.W.; Inchausti, P. 2010. *Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland.* Basic and Applied Ecology, 11(2): 97-105.

Ghimire, R.; Lamichhane, S.; Acharya, B.S.; Bista, P.; Sainju, U.M. 2017. *Tillage, crop residue, and nutrient management effects on soil organic carbon in rice-based cropping systems: A review.* Journal of Integrative Agriculture, 16(1): 1-15.

Glendining, M.J.; Dailey, A.G.; Williams, A.G.; van Evert, F.K.; Goulding, K.W.T.; Whitmore, A.P. 2009. *Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs?* Agricultural Systems, 99: 117-125.

Gómez, M.I.; Ricketts, K.D. 2013. *Food value chain transformations in developing countries: Selected hypotheses on nutritional implications.* Food Policy, 42: 139-150.

Gomiero, T.; Paoletti, M.G.; Pimentel, D. 2008. *Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture.* Crit. Rev. Plant Sci., 27 (4): 239–254.

Gomiero, T.; Pimentel, D.; Paoletti, M.G. 2011. *Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture.* Critical Reviews in Plant Sciences, 30(1-2): 95-124.

González-Alzaga, B.; Lacasaña, M.; Aguilar-Garduño, C.; Rodríguez-Barranco, M.; Ballester, F.; Rebagliato, M.; Hernández, A.F. 2014. *A systematic review of neurodevelopmental effects of prenatal and postnatal organophosphate pesticide exposure.* Toxicology letters, 230(2): 104-121.

Gosling, P.; Ozaki, A.; Jones, J.; Turner, M.; Ryans, F.; Bending, G.D. 2010. *Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonization potential and spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi.* Agric. Ecosyst. Environ., 139: 273–279.

Crowder, D.W.; Reganold, J.P. 2015. *Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(24): 7611-7616.

Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U.; van Otterdijk, R.; Meybeck, A. 2011. *Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention.* Study conducted for the International Congress "Save Food!" at Interpack 2011, Düsseldorf, Germany. Rome, FAO. [www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf](http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf)

Guthman, J.; Morris, A.W.; Allen, P. 2006. *Squaring farm security and food security in two types of alternative food institutions.* Rural sociology, 71(4): 662-684.

Sevilla Guzmán, E. 2006. *De la sociología rural a la agroecología.* Ed.: Icaria, D.L. Barcelona. 255 pp.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Haas, M.B.; Guse, B.; Fohrer, N. 2017. *Assessing the impacts of Best Management Practices on nitrate pollution in an agricultural dominated lowland catchment considering environmental protection versus economic development*. Journal of Environmental Management, 196: 347-364.
- Hallmann, E. 2012. *The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types*. J. Sci. Food Agric., 92: 2840-2848.
- Hammershøj, M.; Johansen, N.F. 2016. *Review: The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory properties*. Livestock Science, 194: 37-43.
- Hatch, D.J.; Joynes, A.; Stone, A. 2010. *Nitrogen uptake in organically managed spring sown lupins and residual effects on leaching and yield of a following winter cereal*. Soil use and management, 26(1): 21-26.
- Hathaway-Jenkins, L.J.; Sakrabani, R.; Pearce, B.; Whitmore, A.P.; Godwin, R.J. 2011. *A comparison of soil and water properties in organic and conventional farming systems in England*. Soil Use Manage, 27: 133–142.
- Hemmerling, S.; Asioli, D.; Spiller, A. 2016. *Core Organic Taste: Preferences for Naturalness-Related Sensory Attributes of Organic Food Among European Consumers*. Journal of Food Products Marketing, 22(7): 824-850.
- Henneron, L.; Bernard, L.; Hedde, M.; Pelosi, C.; Villenave, C.; Chenu, C.; Bertrand, M.; Girardin, C.; Blanchart, E. 2015. *Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life*. Agronomy for Sustainable Development, 35 (1): 169–181.
- Hijbeek, R.; van Ittersum, M.K.; Ten Berge, H.F.M., Gort, G.; Spiegel, H.; Whitmore, A.P. 2016. *Do organic inputs matter—a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe*. Plant and Soil, 1: 11.
- Hoang, V.; Iida, T.; Matsumoto, S.; Watanabe, N.; Wilson, C. 2016. *Consumer's comparison between local and imported organic products: a hedonic analysis of the Japanese table wine market*. Eurasian Business Review, 6(3): 405-415.
- Hossard, L.; Archer, D.W.; Bertrand, M.; Colnenne-David, C.; Debaeke, P.; Ernfors, M.; Jeuffroy, M.H.; Munier-Jolain, N.; Nilsson, C.; Sanford, G.R.; Snapp, S.S.; Jensen, E.S.; Makowski, D. 2016. *A meta-analysis of maize and wheat yields in low-input vs. conventional and organic systems*. Agronomy Journal, 108(3), 1155-1167.
- Huber, M.; van de Vijver, L.P.; Parmentier, H.; Savelkoul, H.; Coulier, L.; Wopereis, S.; Verheij, E.; van der Greef, J.; Nierop, D.; Hoogenboom, R.A. 2010. *Effects of organically and conventionally produced feed on biomarkers of health in a chicken model*. British Journal of Nutrition, 103(05): 663-676.
- Huber, M.; Bakker, M.H.; Dijk, W.; Prins, H.A.; Wiegant, F.A. 2012. *The challenge of evaluating health effects of organic food; operationalisation of a dynamic concept of health*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14): 2766-2773.
- Hughner, R.S.; McDonargh, P.; Prothero, A.; Shultz, C.J.; Stanton, J. 2007. *Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food*. J. Consum. Behav., 6: 94–110.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Hunter, D.; Foster, M.; McArthur, J.O.; Ojha, R.; Petocz, P.; Samman, S. 2011. *Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods*. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(6): 571-582.

IFOAM. International Federation of Organic Agriculture Movements. 2017a. *Definition of Organic Agriculture*. <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>

IFOAM. International Federation of Organic Agriculture Movements. 2017b. *Principles of Organic Agriculture*. <http://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture>

IUCN. 2013. *IUCN Red List of Threatened Species*, version 2013.2. <http://www.iucnredlist.org>

Jacobsen, P.R.; Axelstad, M.; Boberg, J.; Isling, L.K.; Christiansen, S.; Mandrup, K.R.; Berthelsen, L.O.; Vinggaard, A.M.; Hass, U. 2012. *Persistent developmental toxicity in rat offspring after low dose exposure to a mixture of endocrine disrupting pesticides*. *Reproductive Toxicology*, 34(2): 237-250.

Jannoura, R.; Joergensen, R.G.; Bruns, C. 2014. *Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions*. *European Journal of Agronomy*, 52: 259-270.

Johnson, J.M.F.; Franzluebbers, A.J.; Weyers, S.L.; Reicosky, D.C. 2007. *Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions*. *Environmental pollution*, 150(1): 107-124.

Jouzi, Z.; Azadi, H.; Taheri, F.; Zarafshani, K.; Gebrehiwot, K.; Van Passel, S.; Lebailly, P. 2017. *Organic Farming and Small-Scale Farmers: Main Opportunities and Challenges*. *Ecological Economics*, 132: 144-154.

Kaltsas, A.M.; Mamolos, A.P.; Tsatsarelis, C.A.; Nanos, G.D.; Kalburtji, K.L. 2007. *Energy budget in organic and conventional olive groves*. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 122 (2): 243-251.

Kautz, T.; Amelung, W.; Ewert, F.; Gaiser, T.; Horn, R.; Jahn, R. 2013. *Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: a review*. *Soil Biol. Biochem.*, 57: 1003–1022.

Kazmierczak, R.; Hallmann, E.; Lipowski, J.; Drela, N.; Kowalik, A.; Püssa, T.; Matt, D.; Luik, A.; Gozdowski, D.; Rembiałkowska, E. 2014. *Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13): 2618-2629.

Kazmierczak, R.; Hallmann, E.; Kowalska, K.; Rembiałkowska, E. 2016. *Biocompounds content in organic and conventional raspberry fruits*. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 18(5): 40-42.

Kennedy, C.M.; Lonsdorf, E.; Neel, M.C.; Williams, N.M.; Ricketts, T.H.; Winfree, R.; Bommarco, R.; Brittain, C.; Burley, A.L.; Cariveau, D.; Carvalho, L.G.; Chacoff, N.P.; Cunningham, S.A.; Danforth, B.N.; Dudenhofer, J.H.; Elle, E.; Gaines, H.R.; Garibaldi, L.A.; Gratton, C.; Holzschuh, A.; Isaacs, R.; Javorek, S.K.; Jha, S.; Klein, A.M.; Krewenka, K.; Mandelik, Y.; Mayfield, M.M.; Morandin, L.; Neame, L.A.; Otieno, M.; Park, M.; Potts, S.G.; Rundlof, M.; Saez, A.; Steffan-Dewenter, I.; Taki, H.; Viana, B.F.; Westphal, C.; Wilson, J.K.; Greenleaf, S.S.; Kremen, C. 2013. *A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems*. *Ecol. Lett.*, 16: 584–599.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Kesse-Guyot, E.; Baudry, J.; Assmann, K.E.; Galan, P.; Hercberg, S.; Lairon, D. 2017. *Prospective association between consumption frequency of organic food and body weight change, risk of overweight or obesity: results from the NutriNet-Santé Study*. British Journal of Nutrition, 117(2): 325-334.
- Kluser, S.; Neumann, P.; Chauzat, M.P.; Pettis, J.S.; Peduzzi, P.; Witt, R., Theuri, M. 2010. *Global honey bee colony disorders and other threats to insect pollinators*. UNEP Emerging issues. 16 pp.
- Kniss, A.R.; Savage, S.D.; Jabbour, R. 2016. *Commercial Crop Yields Reveal Strengths and Weaknesses for Organic Agriculture in the United States*. PloS one, 11(11), e0161673. doi: 10.1371/journal.pone.0165851
- Knudsen, M.T.; de Almeida, G.F.; Langer, V.; de Abreu, L.S.; Halberg, N. 2011. *Environmental assessment of organic juice imported to Denmark: a case study on oranges (Citrus sinensis) from Brazil*. Organic Agriculture, 1(3): 167-185.
- Koh, E.; Charoenprasert, S.; Mitchell, A.E. 2012. *Effect of organic and conventional cropping systems on ascorbic acid, vitamin C, flavonoids, nitrate, and oxalate in 27 varieties of spinach (Spinacia oleracea L.)*. Journal of agricultural and food chemistry, 60(12): 3144-3150.
- Köhler, H.R.; Triebkorn, R. 2013. *Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond?*. Science, 341(6147): 759-765.
- Korsaeth, A. 2008. *Relations between nitrogen leaching and food productivity in organic and conventional cropping systems in a long-term field study*. Agriculture, ecosystems & environment, 127(3): 177-188.
- Krauss, M.; Ruser, R.; Müller, T.; Hansen, S.; Mäder, P.; Gattinger, A. 2017. *Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley-winter wheat cropping sequence*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 239: 324-333.
- Kummeling, I.; Thijs, C.; Huber, M.; Van de Vijver, L.P.; Snijders, B.E.; Penders, J.; Stelma, F.; Van Ree, R.; Van den Brandt, P.A.; Dagnelie, P.C. 2008. *Consumption of organic foods and risk of atopic disease during the first 2 years of life in the Netherlands*. British Journal of Nutrition, 99: 598-605.
- La Rosa, A.D.; Siracusa, G.; Cavallaro, R. 2008. *Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming*. Journal of Cleaner Production, 16(17): 1907-1914.
- La Vía Campesina. 2013. *La Via Campesina and Agroecology*. <https://viacampesina.org/downloads/pdf/openbooks/EN-12.pdf>
- Lairon, D. 2010. *Nutritional Quality and Safety of Organic Food, A review*. Agronomy for Sustainable Development, 30: 33-41.
- Lahoz, I.; Leiva-Brondo, M.; Martí, R.; Macua, J.I.; Campillo, C.; Roselló, S.; Cebolla-Cornejo, J. 2016. *Influence of high lycopene varieties and organic farming on the production and quality of processing tomato*. Scientia Horticulturae, 204: 128-137.
- Lal, R.; Delgado, J.A.; Groffman, P.M.; Millar, N.; Dell, C.; Rotz, A. 2011. *Management to mitigate and adapt to climate change*. Journal of Soil and Water Conservation, 66(4): 276-285.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Lampkin, N.H.; Pearce, B.D.; Leake, A.R.; Creissen, H.; Gerrard, C.L.; Girling, R.; Lloyd, S.... 2015. *The Role of Agroecology in Sustainable Intensification*. Land Use Policy Group, Organic Research Centre, Elm Farm, Game & Wildlife conservation trust.  
[http://www.sopa.org.uk/assets/0000/2386/2015\\_AgroEcology\\_and\\_Sustainable\\_Intensification.pdf](http://www.sopa.org.uk/assets/0000/2386/2015_AgroEcology_and_Sustainable_Intensification.pdf).
- Landis, D.A. 2017. *Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services*. Basic and Applied Ecology, 18: 1-12.
- Landfranchi, M.; Giannetto, C. 2014. *Sustainable development in rural areas: The new model of social farming*. Calitatea, 15(S1), 219-223.
- Lee, K.S.; Choe, Y.C.; Park, S.H. 2015. *Measuring the environmental effects of organic farming: a meta-analysis of structural variables in empirical research*. Journal Environ. Manage., 162: 263-274.
- Leifeld, J.; Fuhrer, J. 2010. *Organic farming and soil carbon sequestration: what do we really know about the benefits?*. Ambio, 39(8): 585-599.
- Les fondamentaux de l'agro-écologie. 2015. <http://agriculture.gouv.fr/infographie-les-fondamentaux-de-lagro-ecologie>
- Lesschen, J.P.; Van den Berg, M.; Westhoek, H.J.; Witzke, H.P.; Oenema, O. 2011. *Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors*. Animal Feed Science and Technology, 166: 16-28.
- Lester, G.E.; Saftner, R.A. 2011. *Organically versus conventionally grown produce: common production inputs, nutritional quality, and nitrogen delivery between the two systems*. Journal of agricultural and food chemistry, 59(19): 10401-10406.
- Ley de Salud Agrícola Integral. 2008. *Centro de conocimientos sobre agroecología*. <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/?details=LEX-FAOC083245>
- Lima, G.P.; Vianello, F. 2011. *Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods*. International Journal of Food Science & Technology, 46(1): 1-13.
- Lin, B.B.; Perfecto, I.; Vandermeer, J. 2008. *Synergies between agricultural intensification and climate change could create surprising vulnerabilities for crops*. BioScience, 58: 847-854.
- Lin, H.C.; Huber, J.A.; Gerl, G.; Hülsbergen, K.J. 2016. *Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 105(1): 1-23.
- Lin, H.C.; Huber, J.A.; Gerl, G.; Hülsbergen, K.J. 2017. *Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency—A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany*. European Journal of Agronomy, 82: 242-253.
- Liu, H.; Li, J.; Li, X.; Zheng, Y.; Feng, S.; Jiang, G. 2015. *Mitigating greenhouse gas emissions through replacement of chemical fertilizer with organic manure in a temperate farmland*. Science Bulletin, 60(6): 598-606.
- Loges, R.; Kelm, M.; Taube, F. 2008. *Nitrate leaching and energy efficiency of stockless arable systems compared with mixed farming and a non-organic system on fertile soils in Northern*

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Germany. 16<sup>th</sup> IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, 16-20 June. <http://orgprints.org/12256>
- Lopes, C.M.; Santos, T.P.; Monteiro, A.; Rodrigues, M.L.; Costa, J.M.; Chaves, M.M. 2011 *Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard*. Sci. Hort., 129: 603–612.
- Lu, C.; Toepel, K.; Irish, R.; Fenske, R.A.; Barr, D.B.; Bravo, R. 2006. *Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides*. Environmental health perspectives, 260-263.
- Lynch, D. 2009. *Environmental impacts of organic agriculture: a Canadian perspective*. Can. J. Plant Sci., 89: 621-628.
- Lynch, D.H.; Halberg, N.; Bhatta, G.D. 2012. *Environmental impacts of organic agriculture in temperate regions*. CAB Rev.7: 1–17.
- Maffei, D.F.; Batalha, E.Y.; Landgraf, M.; Schaffner, D.W.; Franco, B.D. 2016. *Microbiology of organic and conventionally grown fresh produce*. Brazilian Journal of Microbiology, 47: 99-105.
- Maia, R.; Silva, C.; Costa, E. 2016. *Eco-efficiency assessment in the agricultural sector: the Monte Novo irrigation perimeter, Portugal*. Journal of Cleaner Production, 138: 217-228.
- Matt, D.; Rembalkowska, E.; Luik, A.; Peetsmann, E.; Pehme, S. 2011. *Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health-Report*. Estonian University of Life Sciences. 106 pp.
- Médiène, S.; Valantin-Morison, M.; Sarthou, J.P.; De Tourdonnet, S.; Gosme, M.; Bertrand, M.; Roger-Estrade, J.; Aubertot, J.N.; Rusch, A.; Motisi, N.; Pelosi, C.; Doré, T. 2011. *Agroecosystem management and biotic interactions: a review*. Agronomy for sustainable development, 31(3): 491-514.
- Meier, M.S.; Stoessel, F.; Jungbluth, N.; Juraske, R.; Schader, C.; Stolze, M. 2015. *Environmental impacts of organic and conventional agricultural products—are the differences captured by life cycle assessment?*. Journal of Environmental Management, 149: 193-208.
- Menció, A.; Mas-Pla, J.; Otero, N.; Regàs, O.; Boy-Roura, M.; Puig, R.; Joan Bachd, Domènech, C.; Zamorano, M.; Brusia, D.; Folch, A. 2016. *Nitrate pollution of groundwater; all right..., but nothing else?*. Science of the total environment, 539: 241-251.
- Migliori, C.; Di Cesare, L.F.; Lo Scalzo, R.; Campanelli, G.; Ferrari, V. 2012. *Effects of organic farming and genotype on alimentary and nutraceutical parameters in tomato fruits*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14): 2833-2839.
- Miller, S.M.; Wofsy, S.C.; Michalak, A.M.; Kort, E.A.; Andrews, A.E.; Biraud, S.C.; Dlugokencky, E.J.; Eluszkiewicz, J.; Fischer, M.L.; Janssens-Maenhout, G.; Miller, B.R.; Miller, J.B.; Montzka, E.A.; Nehrkorn, T.; Sweeney, C. 2013. *Anthropogenic emissions of methane in the United States*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(50): 20018-20022.
- Mondelaers, K., Verbeke, W., Van Huylenbroeck, G. 2009a. *Importance of health and environment as quality traits in the buying decision of organic products*. British Food Journal, 111(10): 1120-1139.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Mondelaers, K.; Aertsens, J.; Van Huylenbroeck, G. 2009b. *A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming*. British food Journal, 111(10): 1098-1119.
- Moraine, M.; Duru, M.; Therond, O. 2017. *A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop–livestock systems from farm to territory levels*. Renewable Agriculture and Food Systems, 32(1): 43-56.
- Mosquera, J.; Hol, J.M.G.; Rappoldt, C.; Dolfing, J. 2007. *Precise soil management as a tool to reduce CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils*. Report, 28: 1570-8616.
- Mulder, K.; Hagens, N.J. 2008. *Energy return on investment: toward a consistent framework*. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 37(2): 74-79.
- Müller, A.; Bautze, L.; Meier, M.; Gattinger, A.; Gall, E.; Chatzinikolaou, E.; Meredith, S.; Ukas, T.; Ullmann, L. 2016. *Organic Farming, Climate Change Mitigation and Beyond. Reducing the environmental impacts of EU agriculture*. Ed. IFOAM EU Group. Brussels, Belgium. 72 pp.
- Muralidhar Acharya, M.S.; Kendra, K.Y. 2013. *Food Micro-nutrients & Organic (Natural) Farming*. International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 4: 379-384.
- Murphy, K.M.; Reeves, P.G.; Jones, S.S. 2008. *Relationships between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars*. Euphytica, 168: 381–390.
- Naciones Unidas. 2009. *World population prospects: the 2008 revision*. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- Navarro, P.; Perez-Lopez, A.J.; Mercader, M.T.; Carbonell-Barrachina, A.A.; Gabaldon, J.A. 2011. *Antioxidant activity, color, carotenoids composition, minerals, vitamin C and sensory quality of organic and conventional mandarin juice, cv. Orogrande*. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 17(3): 241-248.
- Neuhoff, D.; Vlatschkov, V.; Raigón, MD. 2011. *Comparison of the quality of conventionally and organically grown oranges in Spain*. In: Organic is Life-Knowledge for Tomorrow. Proceedings of the third scientific conference of ISOFAR. Volume 1-Organic Crop Production, 487-490.
- Niggli, U.; Fließbach, A.; Hepperly, P.; Scialabba, N. 2009. *Low greenhouse gas agriculture: mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems*. FAO. Rome, Italy. 22 pp.
- Norma técnica obligatoria nicaragüense sobre caracterización, regulación y certificación de unidades de producción agroecológica. 2013. *Centro de conocimientos sobre agroecología*. <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/?details=LEX-FAOC138639>
- Norton, L.; Johnson, P.; Joys, A.; Stuart, R.; Chamberlain, D.; Feber, R.; Firbank, L.; Manley, W.; Wolfe, M.; Hart, B.; Mathews, F.; Macdonald, D.; Fuller, R.J. 2009. *Consequences of Organic and Non-Organic Farming Practices for Field, Farm and Landscape Complexity*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 129 (1-3): 221–27.
- Oates, L.; Cohen, M.; Braun, L.; Schembri, A.; Taskova, R. 2014. *Reduction in urinary organophosphate pesticide metabolites in adults after a week-long organic diet*. Environmental research, 132: 105-111.
- Odegard, I.Y.R.; Van der Voet, E. 2014. *The future of food—scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050*. Ecological Economics, 97: 51-59.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Oliboni, L.S.; Dani, C.; Funchal, C.; Henriques, J.A.; Salvador, M. 2011. *Hepatoprotective, cardioprotective, and renal-protective effects of organic and conventional grapevine leaf extracts (Vitis labrusca var. Bordo) on Wistar rat tissues*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 83(4): 1403-1411.
- Oliveira, M.; Usall, J.; Viñas, I.; Anguera, M.; Gatiús, F.; Abadías, M. 2010. *Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production*. Food Microbiol., 27: 679–684.
- Olson, E.L. 2017. *The rationalization and persistence of organic food beliefs in the face of contrary evidence*. Journal of Cleaner Production, 140: 1007-1013.
- ONU-FAO. 2017. Informe de la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación. 27 pp. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G17/017/90/PDF/G1701790.pdf?OpenElement>
- Oquist, K.A.; Strock, J.S.; Mulla, D.J. 2007. *Influence of alternative and conventional farming practices on subsurface drainage and water quality*. Journal of Environmental Quality, 36(4): 1194-1204.
- Orsini, F.; Maggio, A.; Roupshael, Y.; De Pascale, S. 2016. *“Physiological quality” of organically grown vegetables*. Scientia Horticulturae, 208: 131-139.
- Ozturk, I. 2017. *The dynamic relationship between agricultural sustainability and food-energy-water poverty in a panel of selected Sub-Saharan African Countries*. Energy Policy, 107: 289-299.
- Pach, J.D. 2007. *Ammonia production: Energy efficiency, CO<sub>2</sub> balances and environmental impact*. Paper Presented to the International Fertiliser Society at a Meeting in London, UK on 11 October 2007. ISBN 978-0-85310-238-0.
- Pacheco, A.L.V.; Pagliarini, M.F.; de Freitas, G.B.; Santos, R.H.S.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C. 2017. *Mineral composition of pulp and production of the yellow passion fruit with organic and conventional fertilizers*. Food chemistry, 217: 425-430.
- Padilla-Bravo, C.P.; Cordts, A.; Schulze, B.; Spiller, A. 2013. *Assessing determinants of organic food consumption using data from the German National Nutrition Survey II*. Food Qual. Prefer., 28: 60–70.
- Palacios, C.; Revilla, I.; Vivar-Quintana, A.M.; Lurueña-Martínez, M.A.; Severiano-Pérez, P. 2008. *Consumer appreciation of carcass quality of organic vs conventional suckling lamb production*. 16 th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20, 2008.
- Palupi, E.; Jayanegara, A.; Ploeger, A.; & Kahl, J. 2012. *Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14): 2774-2781.
- Pelletier, N.; Arsenault, N.; Tyedmers, P. 2008. *Scenario modeling potential eco-efficiency gains from a transition to organic agriculture: life cycle perspectives on Canadian canola, corn, soy, and wheat production*. Environmental management, 42(6): 989-1001.
- Pérez-López, A.J.; López-Nicolás, J.M.; Carbonell-Barrachina, A.A. 2007. *Effects of organic farming on minerals contents and aroma composition of Clemenules mandarin juice*. European Food Research and Technology, 225(2): 255-260.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Perfecto, I.; Vandermeer, J. 2010. *The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(13): 5786-5791.
- Peterson, C.A.; Soares, T.; Torbert, E.; Herrera, I.; Scow, K.M.; Gaudin, A.C. 2016. *Drip irrigation effect on soil function, root systems and productivity in organic tomato and corn*. In: Proceedings of the Organic Agriculture Research Symposium Pacific Grove, CA. 7 pp.
- Petit, C.; Vincent, A.; Fleury, P.; Durpoix, A.; Barataud, F. 2016. *Protecting Water from Agricultural Diffuse Pollutions: Between Action Territories and Hydrogeological Demarcation*. Water Resources Management, 30(1): 295-313.
- Petran, A.; Hoover, E.; Hayes, L.; Poppe, S. 2016. *Yield and quality characteristics of day-neutral strawberry in the United States Upper Midwest using organic practices*. Biological Agriculture & Horticulture: 1-16.
- Pino, G.A.; Peluso, M.; Guido, G. 2012. *Determinants of regular and occasional consumers' intentions to buy organic food*. J. Consum. Aff., 46: 157-169.
- Ponisio, L.C.; M'Gonigle, L.K.; Mace, K.C.; Palomino, J.; de Valpine, P.; Kremen, C. 2015. *Diversification practices reduce organic to conventional yield gap*. In Proceedings The Royal Society, 282. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Powlson, D.S.; Whitmore, A.P.; Goulding, K.W.T. 2011. *Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false*. European Journal of Soil Science, 62(1): 42-55.
- Ponzio, C.; Gangatharan, R.; Neri, D. 2013. *The potential and limitations of farmer participatory research in organic agriculture: a review*. African Journal of Agricultural Research, 8(32): 4285-4292.
- Praneetvatakul, S.; Schreinemachers, P.; Pananurak, P.; Tipraqsa, P. 2013. *Pesticides, external costs and policy options for Thai agriculture*. Environmental Science & Policy, 27(0): 103-113.
- Pretty, J.; Toulmin, C.; Williams, S. 2011. *Sustainable intensification in African agriculture*. International journal of agricultural sustainability, 9(1): 5-24.
- Prihtanti, T.M.; Hardyastuti, S.; Hartono, S. 2014. *Social-cultural Functions of Rice Farming Systems*. Asian Journal of Agriculture and Rural Development, 4(05): 341-351.
- Quinton, J.N.; Govers, G.; Van Oost, C.; Bardgett, R.D. 2010. *The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling*. Nature Geoscience, 3: 311-314.
- Quirós, R.; Villalba, G.; Muñoz, P.; Font, X.; Gabarrell, X. 2014. *Environmental and agronomical assessment of three fertilization treatments applied in horticultural open field crops*. Journal of Cleaner Production, 67: 147-158.
- Raffo, A.; Baiamonte, I.; Bucci, R.; D'Aloise, A.; Kelderer, M.; Matteazzi, A.; Moneta, E.; Nardoa, N.; Paoletta, F.; Peperario, M. 2014. *Effects of different organic and conventional fertilisers on flavour related quality attributes of cv. Golden Delicious apples*. LWT-Food Science and Technology, 59(2): 964-972.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Raigón, M.D.; Rodríguez-Burruezo, A.; Prohens, J. 2010. *Effects of organic and conventional cultivation methods on composition of eggplant fruits*. Journal of agricultural and food chemistry, 58(11): 6833-6840.

Raigón, M.D.; Figueroa, M.; García-Martínez, M.D.; Rodríguez-Burruezo, A.; Fita, A.M.; Prohens, J. 2011. *Fruit Quality of Organic Food: Experimental Evidence*. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 68(1): 267-272.

Ravier, C.; Prost, L.; Jeuffroy, M.H.; Wezel, A.; Paravano, L.; Reau, R. 2015. *Multi-criteria and multi-stakeholder assessment of cropping systems for a result-oriented water quality preservation action programme*. Land Use Policy, 42: 131-140.

Reganold, J.P. 2012. *The fruits of organic farming*. Nature, 485: 176–177.

Reganold, J.P.; Andrews, P.K.; Reeve, J.R.; Carpenter-Boggs, L.; Schadt, C.W.; Alldredge, J.R.; Ross, C.F.; Davies, N.M.; Zhou, J. 2010. *Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems*. PLoS One, 5(9): e12346.

Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91. DO L 189: 1-23.

Reglamento (CE) nº 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control. DO L 250: 1-84.

Reglamento (CE) nº 1254/2008 de la Comisión de 15 de diciembre de 2008 que modifica el Reglamento (CE) nº 889/2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control. DO L 337: 80-82.

Reglamento de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. 2000. *Centro de conocimientos sobre agroecología*. Costa Rica. <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/?details=LEX-FAOC030828>

Reeve, J.R.; Hoagland, L.A.; Villalba, J.J.; Carr, P.M.; Atucha, A.; Cambardella, C.; Davis, D.R.; Delate, K. 2016. *Organic Farming, Soil Health, and Food Quality: Considering Possible Links*. In: Advances in Agronomy, Chapter Six. Donald L Sparks, editors. Chennai. Vol 137: 319-367.

Reganold, J.P.; Wachter, J.M. 2016. *Organic agriculture in the twenty-first century*. Nature Plants, 2: 15221.

Revilla, I.; Lurueña-Martínez, M.A.; Blanco-Lopez, M.A.; Vivar-Quintana, A.M.; Palacios, C.; Severiano-Perez, P. 2009. *Comparison of the sensory characteristics of suckling lamb meat: organic vs conventional production*. Czech Journal of Food Science., 27: 267-270.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, F.S.; Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.; Nykvist, B.; De Wit, C.A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P.K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.W.; Fabry, V.J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. 2009. *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*. Ecology and society, 14(2).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Roggema, R.; van den Dobbelsteen, A. 2014. *Grounds for Change: Sustainable Energy Futures. In: The Design Charrette*. Ed. Springer. Netherlands. 213-243. DOI 10.1007/978-94-007-7031-7\_9.
- Romanelli, C.; Cooper, D.; Campbell-Lendrum, D.; Maiero, M.; Karesh, W.B.; Hunter, D.; Golden, C.D. 2015. *Connecting global priorities: biodiversity and human health: a state of knowledge review*. World Health Organisation/Secretariat of the UN Convention on Biological Diversity. 29 pp
- Romero, A.; Chamorro, L.; Sans, F.X. 2008. *Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 124: 97-104.
- Roselli, M.; Finamore, A.; Brasili, E.; Capuani, G.; Kristensen, H.L.; Micheloni, C.; Mengheri, E. 2012. *Impact of organic and conventional carrots on intestinal and peripheral immunity*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(14): 2913-2922.
- Russo, V.M.; Perkins-Veazie, P. 2010. *Yield and nutrient content of bell pepper pods from plants developed from seedlings inoculated, or not, with microorganisms*. HortScience, 45(3): 352-358.
- Ryffel, G.U. 2017. *I Have a Dream: Organic Movements Include Gene Manipulation to Improve Sustainable Farming*. Sustainability, 9(3): 392.
- Sakowski, T.; Kuczynska, B.; Puppel, K.; Metera, E.; Słoniewskia, K.; Barszczewskic, J. 2012. *Relationships between physiological indicators in blood, and their yield, as well as chemical composition of milk obtained from organic dairy cows*. J. Sci. Food Agric., 92: 2905-2912.
- Schäufele, I.; Hamm, U. 2017. *Consumers' perceptions, preferences and willingness-to-pay for wine with sustainability characteristics: A review*. Journal of Cleaner Production, 147: 379-394.
- Schinasi, L.; Leon, M.E. 2014. *Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: a systematic review and metaanalysis*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 11(4): 4449-4527.
- Seconda, L.; Baudry, J.; Allès, B.; Hamza, O.; Boizot-Szantai, C.; Soler, L.G.; Galan, P.; Hercberg, S.; Lairon, D., Kesse-Guyot, E. 2017. *Assessment of the Sustainability of the Mediterranean Diet Combined with Organic Food Consumption: An Individual Behaviour Approach*. Nutrients, 9(1): 61.
- Semenza, J.C.; Menne, B. 2009. *Climate change and infectious diseases in Europe*. The Lancet infectious diseases, 9(6): 365-375.
- Seufert, V.; Ramankutty, N.; Foley, J.A. 2012. *Comparing the yields of organic and conventional agriculture*. Nature, 485: 229–232.
- Seufert, V.; Ramankutty, N. 2017. *Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture*. Science Advances, 3(3), e1602638. DOI: 10.1126/sciadv.1602638.
- Shennan, C.; Krupnik, T.J.; Baird, G.; Cohen, H.; Forbush, K.; Lovell, J.M.; Olimpi, E. 2017. *Organic and Conventional Agriculture: A Useful Framing?*. Annual Review of Environment and Resources, 42(1).
- Shiva, V.; Emani, A.; Jafri, A.H. 1999. *Globalisation and threat to seed security: case of transgenic cotton trials in India*. Economic and Political Weekly, 601-613.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Skinner, C.; Gattinger, A.; Muller, A.; Mäder, P.; Fließbach, A.; Stolze, M.; Ruser, R.; Niggli, U. 2014. *Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management—a global meta-analysis*. *Science of the Total Environment*, 468: 553-563.
- Smigic, N.; Djekic, I.; Tomasevic, I.; Stanistic, N.; Nedeljkovic, A.; Lukovic, V.; Miocinovic, J. 2017. *Organic and conventional milk—insight on potential differences*. *British Food Journal*, 119(2): 366-376.
- Smith, P. 2014. *Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?*. *Global change biology*, 20(9): 2708-2711.
- Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z.; Gwary, D.; Janzen, H.; Kumar, P.; McCarl, B.; Ogle, S.; O'Mara, F.; Rice, C.; Scholes, B.; Sirotenko, O. 2007. *Agriculture*. In *Climate Change: Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z.; Gwary, D.; Janzen, H.; Kumar, P.; McCarl, B.; Ogle, S.; O'Mara, F.; Rice, C.; Scholes, B.; Sirotenko, O.; Howden, M.; McAllister, T.; Pan, G.; Romanenkov, V.; Schneider, U.; Towprayoon, S.; Wattenbach, M.; Smith, J. 2008. *Greenhouse gas mitigation in agriculture*. *Philos. Trans. R. Soc. B*. 363: 789–813.
- Smith, L.G.; Williams, A.G.; Pearce, B.D. 2014. *Energy use in organic farming*. In: Rahmann & Aksoy (Eds.). *Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR Scientific Conference*. Organic World Congress, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey (eprint ID 23615). *Building Organic Bridges*, 4: 1159-1162.
- Smith, L.G.; Williams, A.G.; Pearce, B.D. 2015. *The energy efficiency of organic agriculture: A review*. *Renewable agriculture and Food systems*, 30(03): 280-301.
- Smith-Spangler, C.; Brandeau, M.L.; Hunter, G.E.; Bavinger, J.C.; Pearson, M.; Eschbach, P.J.; Sundaram, V.; Liu, H.; Schirmer, P.; Stave, C.; Olkin, I.; Bravata, D.M. 2012. *Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives?: A systematic review*. *Ann. Intern Med.*, 157(5): 348–366.
- Snyder, C.S.; Bruulsema, T.W.; Jensen, T.L.; Fixen, P.E. 2009. *Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(3): 247-266.
- Średnicka-Tober, D.; Barański, M.; Seal, C.J.; Sanderson, R.; Benbrook, C.; Steinshamn, H.; Gromadzka-Ostrowska, J.; Rembiałkowska, E.; Skwarło-Sońta, K.; Eyre, M.; Cozzi, G.; Larsen, M.K.; Jordon, T.; Niggli, U.; Sakowski, T.; Calder, P.C.; Burdge, G.C.; Sotiraki, S.; Stefanakis, A.; Stergiadis, S.; Yolcu, H.; Chatzidimitriou, H.; Butler, G.; Stewart, G.; Leifert, C. 2016. *Higher PUFA and omega-3 PUFA, CLA,  $\alpha$ -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta-and redundancy analyses*. *British Journal of Nutrition*, 115(6): 1043-1060.
- Średnicka-Tober, D.; Kazimierczak, R.; Rembiałkowska, E. 2015. *Organic food and human health—a review*. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 60(4): 102-107.
- Starling, A.P.; Umbach, D.M.; Kamel, F.; Long, S.; Sandler, D.P.; Hoppin, J.A. 2014. *Pesticide use and incident diabetes among wives of farmers in the Agricultural Health Study*. *Occupational and environmental medicine*. *Occup. Environ. Med.*, 71(9): 629-635.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Stehfest, E.; Bouwman, L.; Van Vuuren, D.P.; Den Elzen, M.G.; Eickhout, B.; Kabat, P. 2009. *Climate benefits of changing diet*. Climatic change, 95(1-2): 83-102.
- STOA. 2016. STOA@ep.europa.eu. Human health implications of organic food and organic agriculture. Parliamentary Research Services. <http://www.ep.europa.eu/stoa/>
- Stolz, H.; Jahrl, I.; Baumgart, L.; Schneider, F. 2010. *Sensory experiences and expectations of organic food. Results of focus group discussions*. Ecropolis. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and Frankfurt. 111 pp.
- Stoeckli, S.; Birrer, S.; Zellweger-Fischer, J.; Balmer, O.; Jenny, M.; Pfiffner, L. 2017. *Quantifying the extent to which farmers can influence biodiversity on their farms*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 237: 224-233.
- Štornik, A.; Skok, B.; Trček, J. 2016. *Comparison of cultivable acetic acid bacterial microbiota in organic and conventional apple cider vinegar*. Food Technology and Biotechnology, 54(1): 113-119.
- Strassner, C.; Cavoski, I.; Di Cagno, R.; Kahl, J.; Kesse-Guyot, E.; Lairon, D.; Lampkin, N.; Løes, A.K.; Matt, D.; Niggli, U.; Paoletti, F. Pehme, S.; Rembiałkowska, E.; Schader, C.; Stolze, M. 2015. *How the organic food system supports sustainable diets and translates these into practice*. Frontiers in nutrition, 2: 19. doi: 10.3389/fnut.2015.00019
- Sutton, M.A.; Oenema, O.; Erisman, J.W.; Leip, A.; van Grinsven, H.; Winiwarter, W. 2011. Too much of a good thing. Nature, 472(7342): 159-161.
- Tegtmeier, E.M.; Duffy, M.D. 2004. *External costs of agricultural production in the United States*. International Journal of agricultural sustainability, 2(1): 1-20.
- Tobin, R.; Moane, S.; Larkin, T. 2013. *Sensory evaluation of organic and conventional fruits and vegetables available to Irish consumers*. International Journal of Food Science & Technology, 48(1): 157-162.
- Toledo, V. 2012. *La agroecología en Latinoamérica: Tres evoluciones, una misma transformación*. Agroecología, 6: 37-46.
- Tomich, T.P.; Brodt, S.; Ferris, H.; Galt, R.; Horwath, W.R.; Kebreab, E.; Leveau, J.H.J.; Liptzin, D.; Lubell, M.; Merel, P.; Michelmore, R.; Rosenstock, T.; Scow, K.; Six, J.; Williams, N.; Yang, L. 2011. *Agroecology: a review from a global-change perspective*. Annual Review of Environment and Resources, 36: 193-222.
- Tomlinson, I. 2013. *Doubling food production to feed the 9 billion: a critical perspective on a key discourse of food security in the UK*. Journal of Rural Studies, 29: 81-90.
- Torjusen, H.; Brantsæter, A.L.; Haugen, M.; Alexander, J.; Bakketeig, L.S.; Lieblein, G.; Stigum, H.; Næs, T.; Swartz, J.; Holmboe-Ottesen, G.; Roos, G.; Meltzer, H.M. 2014. *Reduced risk of pre-eclampsia with organic vegetable consumption: results from the prospective Norwegian Mother and Child Cohort Study*. BMJ Open 4:e006143.
- Torstensson, G.; Aronsson, H.; Bergström, L. 2006. *Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping systems in Sweden*. Agronomy Journal, 98(3): 603-615.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Treu, H.; Nordborg, M.; Cederberg, C.; Heuer, T.; Claupein, E.; Hoffmann, H.; Berndes, G. 2017. *Carbon footprints and land use of conventional and organic diets in Germany*. Journal of Cleaner Production, 161: 127–142. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.041>
- Tuck, S.L.; Winqvist, C.; Mota, F.; Ahnström, J.; Turnbull, L.A.; Bengtsson, J. 2014. *Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis*. J. Appl. Ecol., 51: 746-755.
- Tuomisto, H.L.; Hodge, I.D.; Riordan, P.; Macdonald, D.W. 2012. *Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research*. Journal. Environ. Manage., 112: 309-320.
- Tunick, M.H.; Van Hekken, D.L.; Paul, M.; Ingham, E.R.; Karreman, H.J. 2016. *Case study: Comparison of milk composition from adjacent organic and conventional farms in the USA*. International Journal of Dairy Technology, 69(1): 137-142.
- Untenecker, J.; Tiemeyer, B.; Freibauer, A.; Laggner, A.; Luterbacher, J. 2017. *Tracking changes in the land use, management and drainage status of organic soils as indicators of the effectiveness of mitigation strategies for climate change*. Ecological Indicators, 72: 459-472.
- USDA, 2007. Sustainable Agriculture: Definitions and Terms. Related Terms. [www.nal.usda.gov/afsic/sustainable-agriculture-definitions-and-terms-related-terms#term1](http://www.nal.usda.gov/afsic/sustainable-agriculture-definitions-and-terms-related-terms#term1).
- Van Maele-Fabry, G.; Hoet, P.; Vilain, F.; Lison, D. 2012. *Occupational exposure to pesticides and Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of cohort studies*. Environment international, 46: 30-43.
- Van Vuuren, D.P.; Stehfest, E.; Gernaat, D.E.; Doelman, J.C.; Van den Berg, M.; Harmsen, M.; de Boer, H.S.; Bouwman, L.F.; Daioglou, V.; Edelenbosch, O.Y.; Giró, B.; Kram, T.; Lassaletta, L.; Lucas, P.L.; van Meijl, H.; Müllerf, C.; van Ruijven, B.J.; van der Sluis, S.; Tabeau, A. 2011. *Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm*. Global environmental change, 42: 237-250.
- Vanloqueran, G.; Baret, P.V. 2009. *How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations*. Research Policy, 38: 971-983.
- Velimirov, A.; Huber, M.; Lauridsen, C.; Rembiałkowska, E.; Seidel, K.; Bügel, S. 2010. *Feeding trials in organic food quality and health research*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(2): 175-182.
- Verbruggen, E.; Kiers, E.T.; Bakelaar, P.N.C.; Roling, W.F.M.; van der Heijden, M.G.A. 2012. *Provision of contrasting ecosystem services by soil communities from different agricultural fields*. Plant Soil, 350: 43–55.
- Viana, F.M.; Canto, A.C.V.C.S.; Costa-Lima, B.R.C.; Salim, A.P.A.A.; Conte-Junior, C.A. 2017. *Color stability and lipid oxidation of broiler breast meat from animals raised on organic versus non-organic production systems*. Poultry Science, 96 (3): 747-753.
- Vinha, A.F.; Barreira, S.V.; Costa, A.S.; Alves, R.C.; Oliveira, M.B.P. 2014. *Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes*. Food and chemical toxicology, 67: 139-144.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Vincent-Caboud, L.; Peigné, J.; Casagrande, M.; Silva, E.M. 2017. *Overview of Organic Cover Crop-Based No-Tillage Technique in Europe: Farmers' Practices and Research Challenges*. Agriculture, 7(5): 42.
- Von Essen, E.; Englander, M. 2013. *Organic food as a healthy lifestyle: A phenomenological psychological analysis*. International Journal of Qualitative studies on Health and Well-being, 8.
- Warnecke, S.; Paulsen, H.M.; Schulz, F.; Rahmann, G. 2014. *Greenhouse gas emissions from enteric fermentation and manure on organic and conventional dairy farms—an analysis based on farm network data*. Organic agriculture, 4(4): 285-293.
- Weiland, P. 2010. *Biogas production: current state and perspectives*. Applied microbiology and biotechnology, 85(4): 849-860.
- Wezel, A.; Casagrande, M.; Celette, F.; Vian, J.F.; Ferrer, A.; Peigné, J. 2014. *Agroecological practices for sustainable agriculture. A review*. Agronomy for sustainable development, 34(1): 1-20.
- Wheeler, S.A.; Zuo, A.; Loch, A. 2015. *Watering the farm: Comparing organic and conventional irrigation water use in the Murray–Darling Basin, Australia*. Ecological Economics, 112: 78-85.
- Wiedmann, K.P.; Hennigs, N.; Behrens, S.H.; Klarmann, C. 2014. *Tasting green: an experimental design for investigating consumer perception of organic wine*. British Food Journal, 116(2): 197-211.
- Wilson, G.W.; Rice, C.W.; Rillig, M.C.; Springer, A.; Hartnett, D.C. 2009. *Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments*. Ecology Letters, 12(5): 452-461.
- Winqvist, C.; Ahnström, J.; Bengtsson, J. 2012. *Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services: taking landscape complexity into account*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1249(1): 191-203.
- Xue, K.; Wu, L.; Deng, Y.; He, Z.; Van Nostrand, J.; Robertson, P.G.; Schmidt, T.M.; Zhou, J. 2013. *Functional gene differences in soil microbial communities from conventional, low-input, and organic farmlands*. Applied and environmental microbiology, 79(4): 1284-1292.
- Yan, M.J.; Humphreys, J.; Holden, N.M. 2011. *An evaluation of life cycle assessment of European milk production*. J. Environ. Manage., 92(3): 372-379.
- Zamilpa, J.; Rindermann, R.S.; Ortiz, D.A.A. 2016. *Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica*. Acta Universitaria, 26(2): 20-29.
- Zeng, N.; Zhao, F.; Collatz, G.J.; Kalnay, E.; Salawitch, R.J.; West, T.O.; Guanter, L. 2014. *Agricultural Green Revolution as a driver of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> seasonal amplitude*. Nature, 515(7527): 394-397.
- Zhao, Y.; Wang, D.; Yang, S. 2016. *Effect of organic and conventional rearing system on the mineral content of pork*. Meat science, 118: 103-107.