



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Análisis ambiental y social de agricultura ecológica en el Ebro



Trabajo realizado por:
Joshua Torres Herrero

Dirigido por:
Luis Seguí Amórtegui
Rubi Alejandra Medina Mijangos

Máster en:
Ingeniería Ambiental

Barcelona, 21 de enero de 2021
Departamento de Ingeniería Ambiental

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Resumen

El arroz es un cereal indispensable en el mundo, en 2019 el consumo anual per cápita fue de 54,2 kg y supuso una producción de 513,4 millones de toneladas de arroz en todo el mundo.

España es uno de los grandes productores de arroz en la Unión Europea, cubriendo el 29% de la demanda del mercado europeo con 798.880 toneladas en 2018. España cuenta con varias de zonas de producción y una importante es la del Delta del Ebro que contribuyó aproximadamente al 16% de la producción total española con 129.292 toneladas en 2018. Sin embargo, debido al uso intensivo de productos químicos para aumentar así la producción de arroz, se está ejerciendo una fuerte presión en el ecosistema de deltaica.

El estudio compara los principales impactos ambientales y socioeconómicos causados por el cultivo convencional de arroz y el ecológico en la zona del Delta del Ebro.

Se determina, que el uso intensivo de fitosanitarios en los cultivos de arroz provoca una reducción de producción de moluscos en la zona afectando negativamente al empleo en el sector de la acuicultura. Asimismo, estos fitosanitarios tienen un impacto negativo en la fertilidad del suelo. Además, la ingesta continuada de estos productos por parte de los agricultores tiene un fuerte impacto en su salud que pueden causar en muchos casos la muerte.

Asimismo, el estudio también determina que el uso intensivo de fertilizantes inorgánicos en la agricultura convencional provoca un exceso de nutrientes que pueden causar deterioro ambiental en la zona. Estos también provocan una alta deposición de metales pesados en el suelo, siendo transmitidos estos a la cadena trófica y por ende al organismo humano, pudiendo provocar un riesgo para la salud.

A nivel económico el cultivo de arroz ecológico resulta ser menos rentable, sin embargo, aporta otros beneficios ambientales, como fertilidad en el suelo y efectos positivos al ecosistema.

En cuanto competitividad en el mercado, el arroz ecológico tiene un precio más elevado, sin embargo, teniendo en cuenta las preferencias de los clientes, este sigue siendo competitivo.

Palabras clave: Agricultura ecológica, cultivo de arroz, Delta del Ebro, impacto a la acuicultura, degradación del suelo, impacto social, impacto económico, uso de fitosanitarios, arroz ecológico.

Abstract

Rice is an essential cereal around the world, in 2019 the annual consumption per capita was accounted for 54.2 kg and represented a production of 513.4 million tonnes of rice worldwide.

Spain is one of the largest rice producers in the European Union, covering 29% of the demand of the European market with 798,880 tonnes in 2018. Spain has many production areas, an important one is the Delta del Ebro which contributed approximately to 16% of the total Spanish production with 129,292 tonnes in 2018. However, due to the intensive use of chemicals to increase rice production, strong pressure is being exerted on the deltaic ecosystem.

This study compares the main environmental and socioeconomic impacts caused by conventional and organic rice cultivation in the area of Delta del Ebro.

The analysis determines that the intensive use of phytosanitary products in rice crops causes a reduction in the production of shellfish in the area, affecting negatively the employment in the aquaculture sector. Besides, these phytosanitary products have a negative impact on soil fertility. In addition, the continuous intake of these products by farmers has a strong impact on their health that can cause death in many cases.

In addition, this research also determines that the intensive use of inorganic fertilizers in conventional agriculture deposits an excess of nutrients that can cause environmental deterioration in the area. These also entails a high deposition of heavy metals in the soil, which can be transmitted to the trophic chain and ultimately to the human body, which can cause health risks.

In terms of economics, the cultivation of organic rice turns out to be less profitable, however, it provides other environmental benefits, such as fertility in the soil and positive effects on the ecosystem.

Regarding competitiveness in the market, organic rice has a higher price, however, taking into account the preferences of customers, it remains competitive.

Keywords: Organic farming, rice cultivation, Delta del Ebro, impact on aquaculture, soil degradation, social impact, economic impact, use of pesticides, organic rice.

Agradecimientos

Finalmente, después de 9 meses de trabajo intenso, escribo este apartado para dar por finalizado este trabajo. Este trabajo ha sido un gran aprendizaje no solo en campo científico, sino también a nivel personal, ya que me ha brindado la posibilidad de conocer mis capacidades resolutorias y de esfuerzo.

Este trabajo ha significado un gran paso para mí y es por eso que quiero agradecer este trabajo a mi tutor Luis Seguí por guiarme a los inicios de este trabajo y sugerirme el enfoque correcto para así poder desarrollar una investigación firme y poder ofrecer una información relevante y única. También agradezco a mi co-tutora Rubi Alejandra Medina por haber realizado un seguimiento del trabajo excelente, por haber aportado valiosos comentarios y consejos y por haberme dado *feedback* rápidamente.

Además, esta investigación no podría haber sido tan precisa sin la ayuda de los agricultores, Juan Carlos Cirera de Riet Vell, Enric Cort y Albert Reverté, que de manera totalmente desinteresada me han transmitido sus conocimientos sobre el cultivo del arroz para completar así la parte más técnica del trabajo.

Por último, me gustaría agradecer este trabajo a mi familia por haber confiado en mí y haberme brindado apoyo emocional y moral en el desarrollo de esta investigación. Por último y muy especialmente, a mi pareja por que ha estado a mi lado ofreciéndome todo su apoyo incondicional en los momentos más intensos de este trabajo.

Contenido

1	Índice de figuras	6
2	Índice de tablas	7
3	Introducción.....	8
4	Objetivos.....	8
5	Metodología.....	9
6	Situación actual y estado del arte	10
6.1	Consumo de arroz en España.....	10
6.2	Problemática ambiental de los arrozales.....	12
6.3	Agricultura ecológica en cultivos de arroz	15
6.4	Situación en el delta del Ebro	18
6.5	Marco legislativo para la agricultura ecológica.....	21
6.5.1	Normativa Estatal	22
6.5.2	Normativa Catalana	22
6.5.3	Normativa específica en el Delta del Ebro	22
7	Análisis cualitativo y cuantitativo de la producción convencional y ecológica del arroz.....	23
7.1	Principales diferencias en la metodología del cultivo convencional y el ecológico del arroz.....	23
7.2	Análisis ambiental de la agricultura convencional y su impacto socio-económico.....	29
7.2.1	Impactos en el medioambiente y en la salud debido al uso de fitosanitarios	29
7.2.2	Impactos en el medioambiente y en la salud debido al uso de fertilizantes inorgánicos	35
7.3	Comparación económica y competitividad de ambos tipos de cultivo.....	40
7.3.1	Subvenciones y ayudas en la agricultura ecológica.....	40
7.3.2	Comparación del coste de producción.....	41
7.3.3	Comercialización	45
8	Entrevistas de campo	46
8.1	Entrevista a técnico en agricultura ecológica.....	46
8.2	Entrevista a técnico en proceso de conversión de convencional a ecológico ..	49
8.3	Conclusiones de las entrevistas.....	52
9	Conclusiones del trabajo.....	52
10	Futuras vías de investigación.....	53
11	Bibliografía.....	55

1 Índice de figuras

Fig. 1-Izq: Distribución de la superficie dedicada al cultivo de arroz por comunidades autónomas en España (ha) entre 2016/17. Der: Producción de arroz en España (t) por comunidades autónomas entre 2016/17 (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).	10
Fig. 2- Evolución del comercio exterior de arroz elaborado en España (t) (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).....	11
Fig. 3 – Evolución de las importaciones de arroz en la UE por origen (t). (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).....	11
Fig. 4- Distribución de los gases de efecto invernadero para el cultivo de arroz (Abdul Rahman, M. H. <i>et al.</i> , 2019)	13
Fig. 5 – Diagrama del sistema de fertilización en los cultivos de arroz circular y lineal (Chen, W. <i>et al.</i> , 2019)	14
Fig. 6- Efecto en los servicios ambientales según tipo de agricultura (Boone, L. <i>et al.</i> , 2019).....	16
Fig. 7- Evolución de la Producción Ecológica en España en superficie (1991-2019). (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Producción Ecológica Estadísticas provisionales, 2019)	17
Fig. 8 – Situación del delta del Ebro. (Google Maps, 2021).....	19
Fig. 9 – Gráfico del impacto social de la agricultura ecológica de arroz en diferentes áreas (Chams, <i>et al.</i> , 2020)	20
Fig. 10 – Tendencia del uso de pesticidas en agricultura en España 1990-2018. (Datos FAOSTAT, 2020).....	30
Fig. 11 – Mapa de muestreo en Delta del Ebro. Delta Norte: (1) HEIMD: canal de drenaje de Illa de Mar; (2) HEOD: canal de drenaje de Olles; (3) HEM: Bahía de Fangar. Delta Sur: (4) HDCD: canal de drenaje de Campredó; (5) canal de drenaje de Ala; (6) HDM: Bahía de Alfacs. Fuente: Köck, M. <i>et al.</i> , (2010).....	31
Fig. 12 - Concentración total de pesticidas en las muestras de agua en los canales de drenaje HEIMD y HDAD. (El listado está ordenado de mayor a menor concentración según el pesticida). Fuente: Köck, M. <i>et al.</i> , (2010).....	32
Fig. 13 – Consumo mundial de fertilizantes nitrogenados. (FAO, 2014).	36
Fig. 14 - Consumo mundial de fertilizantes fosfatados. (FAO, 2014)	36
Fig. 15 - Consumo mundial de fertilizantes potásicos. (FAO, 2014).....	37
Fig. 16 – Consumo de fertilizantes inorgánicos en España. Fuente: IFASTAT / Consumption (2018)	37
Fig. 17 - Esquema de la finca Riet Vell.....	46
Fig. 18 – Variedad Carnaroli secándose al sol	49
Fig. 19 – Variedad Soto secándose al sol	49

2 Índice de tablas

Tabla 1 - Caracterización de las emisiones PM _{2,5} y carbono, procedentes de la combustión de pajas de arroz y trigo. Base kg de masa seca (Abril, D. et. al, 2009).....	14
Tabla 2 – Principales adventicias de los arrozales. (Batalla, 1994)	26
Tabla 3 - Lista comunitaria de sustancias activas aprobadas y excluidas en España. Fuente: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, (2020).	33
Tabla 4 - Efectos de diferentes agroquímicos sobre microorganismos en los Llanos Orientales de Colombia en el cultivo de arroz. (Chaves-Bedoya, G. et al., 2013).....	34
Tabla 5 - Ratio de mortalidad estimado de los pesticidas comunes. (Reid, W. H., 2010)	35
Tabla 6 - Estimación de concentración de metales pesados añadidos al suelo según fertilizante (mg/kg) (a g-1 ha-1 año-1). Fuente: Eugenia, G. et al., (1996).....	38
Tabla 7 - Ingesta (µg/día) de metales pesados a través del consumo de arroz según diversos grupos de edad y género. Fuente: Ferré-Huguet <i>et al.</i> , (2008).....	39
Tabla 8 - Comparación de costes por hectárea entre el cultivo convencional y ecológico dividido en operaciones. Elaboración propia.	43
Tabla 9 - Cuadro resumen comparativo de los factores económicos entre el cultivo de arroz convencional y el ecológico	45

3 Introducción

El consumo de arroz es un alimento indispensable en el mundo y es también un alimento cuya producción puede tener grandes impactos ambientales y socioeconómicos.

Debido a ello, surge la necesidad de realizar una producción de este alimento más sostenible con el medioambiente y a su vez con la sociedad, este tipo de producción se denomina producción ecológica.

Este trabajo consiste en realizar una comparativa a nivel ambiental y socioeconómica de los dos tipos de producción, convencional y ecológica, centrándose como lugar de estudio el Delta del Ebro, ya que es una de las zonas con mayor producción de arroz en el territorio español y además se encuentra en una zona ambientalmente vulnerable.

4 Objetivos

El trabajo consiste en analizar la situación actual de los problemas medioambientales y sociales en los arrozales de España para seguidamente enfocar el trabajo en el Delta del Ebro.

Se analizarán los problemas actuales en la zona debido a la agricultura convencional y se analizará la situación actual de la agricultura ecológica para así evaluar cómo afectaría un consumo ecológico y de proximidad de arroz en la zona de Catalunya a dichos arrozales. A continuación, se presentan los objetivos específicos para el desarrollo del trabajo.

1. Situación actual y estado del arte
 - a. Conocer la situación en España de este cereal:
 - i. Consumo interno
 - ii. Comercio exterior
 - iii. Impacto ambiental
 - b. Conocer en que consiste la agricultura ecológica del arroz:
 - i. Impacto ambiental
 - ii. Beneficios ambientales
 - iii. Impacto socioeconómico
 - c. Conocer el estado de la agricultura ecológica en España:
 - i. Hectáreas utilizadas
 - ii. Comercio exterior
 - iii. Políticas implementadas
 - d. Conocer el marco legislativo para la agricultura ecológica:
 - i. Leyes y decretos
 - ii. Políticas actuales para su implementación
 - iii. Instrumentos para su aplicación como por ejemplo subvenciones
 - iv. Organismos certificadores
 - e. Conocer la situación en el Delta del Ebro
 - i. Situación actual de agricultura convencional y ecológica
 - ii. Problemas ambientales

iii. Actividades recreativas disponibles

2. Análisis cuantitativo y cualitativo

- a. Conocer las técnicas del cultivo de arroz mediante agricultura ecológica y convencional.
- b. Comparar los impactos ambientales y su repercusión a nivel social de la agricultura ecológica con la convencional.
- c. Realizar un análisis económico de la agricultura convencional y la agricultura ecológica.
- d. Realizar entrevistas mixtas de campo a técnicos agricultores de agricultura ecológica y convencional para conocer su punto de vista a diferentes cuestiones.
- e. Competitividad del arroz ecológico en el mercado.

3. Resultados

- a. Realizar un cuadro comparativo entre los tipos de cultivo, teniendo en cuenta factores del tipo ambiental, económico y social.

5 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos definidos en este trabajo, se realizarán tres fases.

La primera fase se basa en el análisis de la situación actual sobre el cultivo del arroz, para ello, se consultarán las páginas oficiales del Estado, así como datos estadísticos mundiales para tener una visión global. Se consultará también la bibliografía más reciente para conocer las principales diferencias entre los impactos ambientales y socioeconómicos de la agricultura ecológica y convencional, así como la situación actual en el Delta del Ebro. Se consultará también el marco regulatorio del estado español y de la zona de estudio en las páginas oficiales del Estado.

La segunda fase se basa en el análisis cuantitativo y cualitativo, en la que se hará uso de la bibliografía para así conocer cuáles son las técnicas de cultivo, cuáles son sus repercusiones a nivel ambiental y socioeconómicas. Se realizará también una comparación económica, con la información suministrada por los técnicos agricultores, mediante la realización de un inventariado de costes por hectárea y se normalizará a la producción de un kilo de arroz para así poder ofrecer una estimación del coste económico de cada tipo de cultivo. Se analizará también la comercialización del arroz y la disponibilidad a pagar de los clientes según el tipo de cultivo.

Además, para conocer los detalles específicos del cultivo ecológico en el Delta del Ebro se realizará una entrevista mixta de campo a Juan Carlos Cirera, secretario de Riet Vell, empresa dedicada al cultivo ecológico de arroz situada en el Delta del Ebro y creada en 2001 por la ONG Seo/BirdLife, que es una de las principales organizaciones ambientales en España. Se realizarán también las mismas preguntas a un técnico agricultor que está en proceso de conversión de su producción convencional a ecológica, para conocer así las principales diferencias entre ambos tipos de cultivo. Las entrevistas contarán con preguntas determinadas y algunas libres dependiendo de la respuesta para conocer las ventajas y desventajas del cultivo en cuestión.

6 Situación actual y estado del arte

6.1 Consumo de arroz en España

Uno de los principales productos de la industria agroalimentaria es sin duda el arroz, ya que es el tercer grano más consumido en el mundo después del maíz.

En 2019 el consumo per cápita medio anual mundial fue de 54,2 kg con una producción mundial de 513,4 millones de toneladas de arroz (Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets, 2020), esto supuso aproximadamente un área cosechada de arroz de 160 millones de hectáreas en todo el mundo.

El continente donde más arroz se produce es Asia, con países como China, India e Indonesia a la cabeza, con producciones en 2019 de 143,6, 117,9, 35 millones de toneladas respectivamente (AMIS, 2020).

En Europa el paradigma es diferente, en 2018 se alcanzó una producción de aproximadamente 4 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020) lo que corresponde al 0,8% de la producción mundial. Sin embargo, no se puede comparar el consumo per cápita en occidente con el consumo en oriente, tenemos el ejemplo de España dónde el promedio de consumo de arroz per cápita es inferior al de la media mundial con aproximadamente 3,86 kg de arroz (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018b).

En la Unión Europea, los mayores productores de arroz son Italia (51%) y España (29%), cumpliendo con el 80% de la demanda del mercado europeo.

España es considerada una gran productora de arroz dentro de la UE, en consecuencia, el cultivo de arroz tiene una influencia significativa en aspectos socio-culturales así como ecológicos en la zona del mediterráneo. En 2018, la producción de arroz en España fue de 798.880 toneladas (FAOSTAT, 2020). Los principales cultivos de arroz están localizados en cuatro comunidades autónomas Andalucía, Cataluña, Extremadura y Valencia (Fig. 1). En Cataluña la cosecha total alcanzó 134.406 toneladas en 2016. La mayor parte de la producción (129.292 toneladas) fue producida en el Delta del Ebro, contribuyendo al 98,5% de la producción total en Cataluña y 20% en España (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).

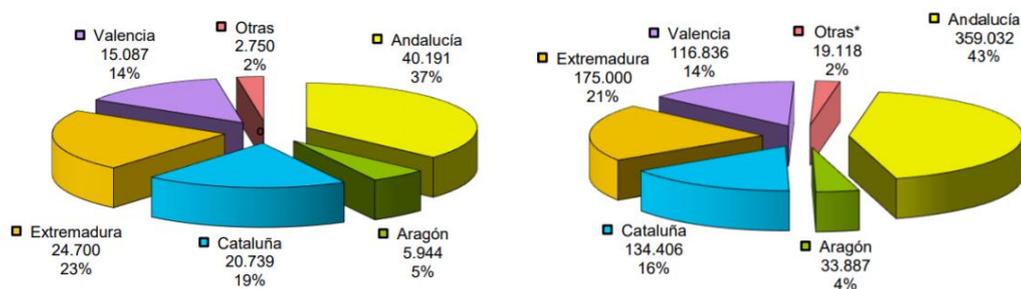


Fig. 1-Izq: Distribución de la superficie dedicada al cultivo de arroz por comunidades autónomas en España (ha) entre 2016/17. Der: Producción de arroz en España (t) por comunidades autónomas entre 2016/17 (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).

En cuanto al comercio exterior, España ocupa el decimoquinto lugar en el ranking de mayores productores y exportadores de arroz (World's Top Exports, 2019). España exporta grandes cantidades de arroz, en los últimos cinco años se han exportado de

media 240.077 toneladas cada año mientras que las importaciones han sido de 79.449 toneladas de media en los últimos cinco años (Fig. 2). El saldo comercial se ha visto reducido en los últimos tres años ya que las importaciones han crecido y las exportaciones se han reducido. Las importaciones proceden en un 76% de terceros países (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016), principalmente de países orientales.

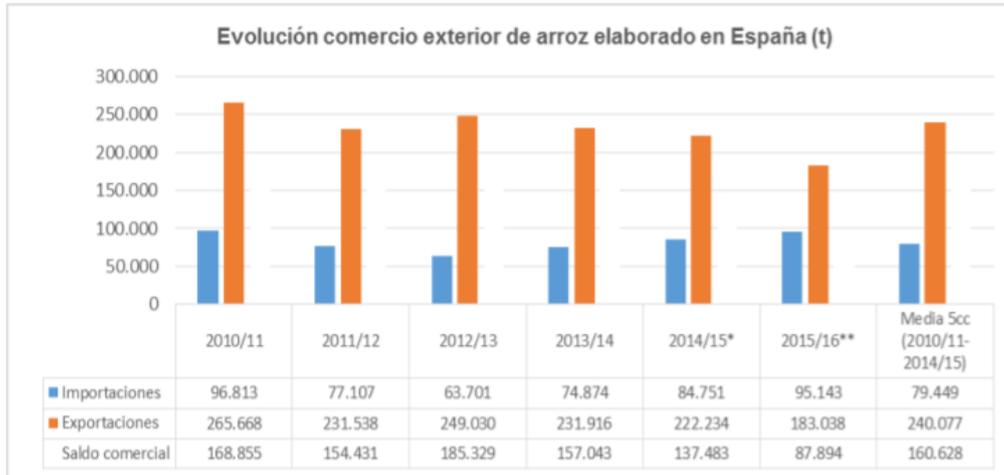


Fig. 2- Evolución del comercio exterior de arroz elaborado en España (t) (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).

La tendencia en las importaciones de arroz en la UE es creciente de forma exponencial (Fig. 3), de 31,25%, esto se debe a la introducción de la iniciativa “Todo menos armas” (EBA en sus siglas en inglés) con la que la UE permite el acceso libre de aranceles de las importaciones de todos los productos, excepto armas y municiones, procedentes de los Países Menos Avanzados (PMA).

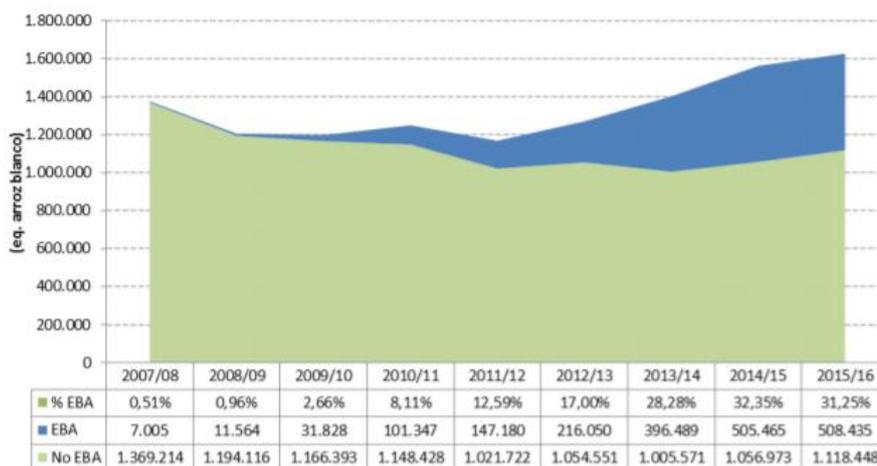


Fig. 3 – Evolución de las importaciones de arroz en la UE por origen (t). (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).

El CIC en su informe de septiembre 2016 prevé que los principales exportadores seguirán siendo India, Pakistán, Tailandia, Estados Unidos y Vietnam y los principales importadores seguirán siendo China y Nigeria, pero entrarán Benín y la UE, por delante de Indonesia, Arabia Saudí y Filipinas. En conclusión, la UE no ocupa un papel relevante como país productor ni exportador a nivel mundial y en consecuencia tampoco España (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, 2016).

Sin embargo, una vez revisado los datos, podemos concluir que España puede abastecer holgadamente la demanda de arroz nacional ya que el consumo anual per cápita es de alrededor de 3,86 kg (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018b), teniendo en cuenta la población actual en España (46,94 millones de personas) serán necesarios 181.000 toneladas de arroz y por ejemplo en 2018 se produjeron 798.880 toneladas (FAOSTAT, 2020), es decir se produce 4,41 veces más arroz en España del que se consume.

6.2 Problemática ambiental de los arrozales

La producción de arroz también puede tener graves consecuencias a nivel ambiental, afectando también a los servicios ambientales que la zona puede ofrecer y en consecuencia al bienestar de la población que reside en la zona. Por ejemplo, un estudio de Malaysia's Second National Communication (NC2, 2011) reporta que el cultivo de arroz, en Malasia, contribuye notablemente a los gases de efecto invernadero. El estudio clasifica al sector del cultivo de arroz en el decimoprimer puesto como el mayor emisor de dióxido de carbono equivalente.

Más concretamente, un estudio realizado por Abdul Rahman, M. H. et al. (2019) en Malasia, concluye que por cada kg de arroz se emite 1,39 kg CO₂ eq. y además es comparable a estudios previos de Brodt et al. (2014) y Wang et al. (2010) que concluyen en 1,47 kg CO₂ eq. y 1,5 kg CO₂ eq. respectivamente. Los resultados del análisis se pueden observar en la Fig. 4 que estiman que el 76,85% de las emisiones totales de los cultivos de arroz es debido al CH₄. Esto ocurre porque durante el cultivo por inundación se libera metano (CH₄), esta emisión es debida a la descomposición de materia orgánica realizado por bacterias metanógenas en un medio anaeróbico, esta emisión depende de varios factores, la extensión del cultivo, los regímenes hídricos previos al periodo de cultivo, de los abonos orgánicos e inorgánicos, del tipo de suelo y de la temperatura (Sistema Español de Inventario de emisiones, 2017).

En España, en 2018, las emisiones de los arrozales debido al proceso metanogénico fueron de 433,2 Gg de CO₂ eq., lo que supone un 0,12% de las emisiones brutas totales de CO₂ eq. en España (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI), 2020).

El siguiente mayor contribuidor es el uso de fertilizantes, que dividen las emisiones en óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. El uso de fertilizante impacta negativamente al medio ambiente, ya que, por cada kg de nitrógeno del fertilizante, 0,003 kg de N₂O es emitido de forma directa que puede provocar nitratos que por lixiviación pueden acabar en las aguas subterráneas, causando eutrofización e impidiendo la autodepuración del medio. Además, si el ser humano consume agua con nitratos, estos pueden transformarse en nitritos debido a unas bacterias que existen en el estómago pudiendo causar cáncer de estómago e hígado. Finalmente, el 10% del nitrógeno introducido en el suelo se volatiliza en forma de gas emitiendo así N₂O, esto contribuye a un 3,84% del CO₂ eq. ya que tiene un potencial de 296 CO₂ eq (Abdul Rahman, M. H. *et al.*, 2019). En 2017, en España las emisiones (directas e indirectas) de compuestos nitrogenados debido al uso de fertilizantes en la agricultura global fueron de 6966 Gg CO₂ eq (FAOSTAT, 2020).

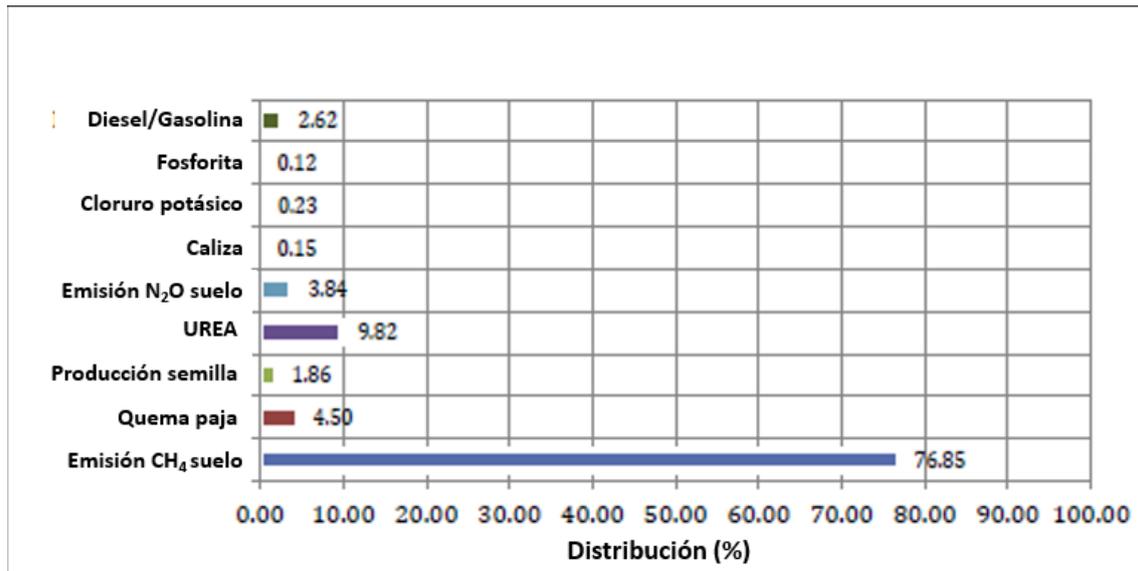


Fig. 4- Distribución de los gases de efecto invernadero para el cultivo de arroz (Abdul Rahman, M. H. *et al.*, 2019)

Por otro lado, el consumo de agua es muy elevado puesto que la mayoría de los cultivos de arroz se produce por inundación ya que esta práctica reduce los costes de trasplante y asegura una reducción en la aparición de plagas.

Según la Fundación Aquae (2020) se usan 5000 litros de agua para producir 1 kg de arroz.

Otro de los grandes problemas del cultivo de arroz es la quema de la paja de arroz, que es un subproducto de cultivo. Según el estudio de Abril, D. *et al.* (2009) por cada tonelada de arroz se generan 8 toneladas de paja. Ante la dificultad y el elevado costo que comporta su retirada y nulo aprovechamiento, la práctica más común por los agricultores es quemarla en el campo en periodos de 15 a 20 días, esto genera grandes emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otras trazas como óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x). Además de estos contaminantes también existen en menor medida los compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), compuesto policlorados, dioxinas y furanos, estos últimos son más peligrosos para la salud humana. El análisis de Abril, D. *et al.* (2009) muestra que el 70,9% de los PAH son de partículas de tamaño de 2-5 μm que pueden penetrar en los alveolos pulmonares. Las emisiones que se producen al quemar la paja dejan como residuo principalmente carbonilla que puede afectar a la salud humana y sus precursores pueden afectar el clima, ciclo hidrológico y visibilidad. En la Tabla 1. se hace una comparación con la paja de trigo, como se puede observar el impacto de la quema de la paja de arroz es mucho mayor en PM_{2,5} y en carbono orgánico.

Además, con este método, los nutrientes de la paja de arroz son retirados del suelo, generando así una deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y óxido de silicio, deficiencia que es compensada mediante el abonado en el suelo con fertilizantes sintéticos para la próxima siembra. Existen alternativas a la quema de arroz, como la incorporación al suelo de la paja, la retirada del campo para su posterior aprovechamiento e incluso el aprovechamiento para generar energía.

Tabla 1 - Caracterización de las emisiones PM_{2,5} y carbono, procedentes de la combustión de pajas de arroz y trigo. Base kg de masa seca (Abril, D. et. al, 2009)

Contenido de partículas PM _{2,5} y Carbono	Factor de Emisión (gkg ⁻¹)	
	Paja de trigo	Paja de arroz
PM _{2,5} masa	4,7±0,04	12,95±0,30
Carbono orgánico	1,23±0,03	8,94±0,42
Carbono elemental	0,52±0,01	0,17±0,04

Otros subproductos derivados del cultivo de arroz son la cascarilla y el salvado de arroz. Se pueden generar entre 0,05-0,1 kg de salvado y 0,28 kg de cascarilla por kg de arroz cosechado (Chen, W. *et al.*, 2019) y no tienen ningún valor comercial. Sin embargo, en el estudio socio-económico de Chen, W. *et al.* (2019) se propone la reincorporación en el suelo de dichos subproductos como bio-fertilizantes y aportar así los nutrientes necesarios para el cultivo de arroz, generando así una bioeconomía circular. En el estudio se comparan el proceso de cultivo lineal y el circular (Fig. 5), para el cultivo circular se comparan tres biofertilizantes con concentraciones de nitrógeno diferentes. En el estudio, se observa que con un bio-fertilizante con la misma concentración de nitrógeno que el del fertilizante convencional, se puede cosechar hasta un 27% más arroz por hectárea. Sin embargo, debido a esta alta eficiencia, la generación de empleo por unidad de terreno se ve reducido en un 13% así como el valor añadido del producto también se ve reducido en un 17%. Por lo tanto, la utilización de este biofertilizante, se considera como una solución para mitigar los problemas ambientales de la eliminación de los subproductos generados por el cultivo de arroz, pero sin embargo puede ser un problema para la cadena de producción, la generación de empleo y el valor añadido del producto.

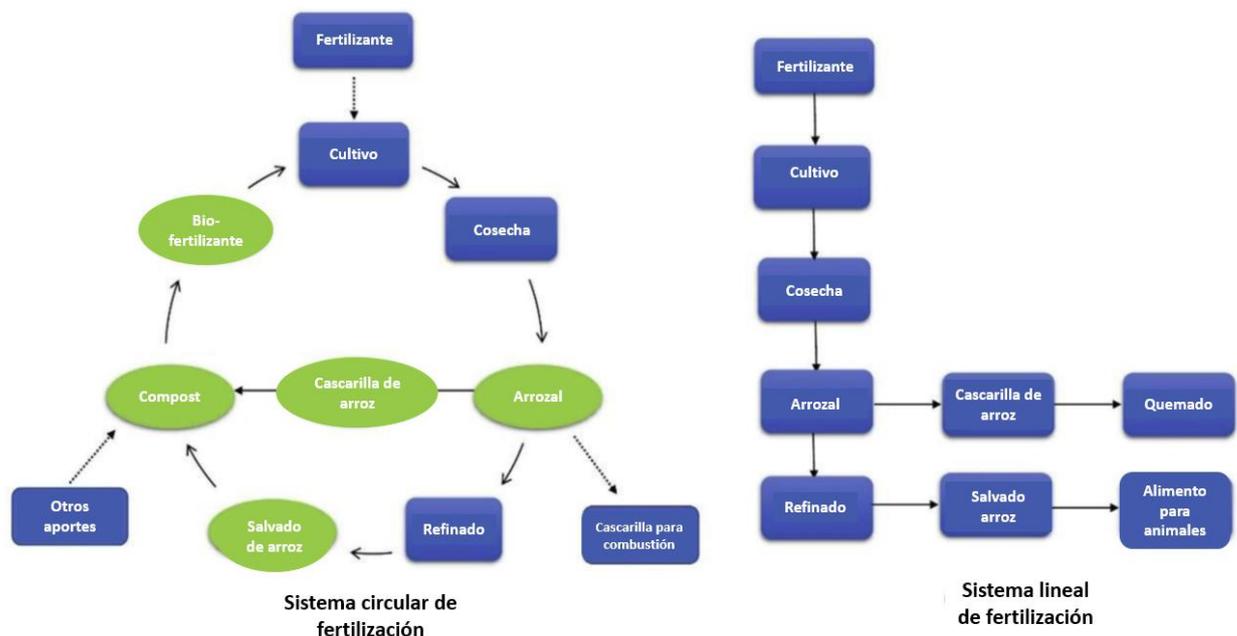


Fig. 5 – Diagrama del sistema de fertilización en los cultivos de arroz circular y lineal (Chen, W. *et al.*, 2019)

6.3 Agricultura ecológica en cultivos de arroz

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del gobierno de España define como producción ecológica, biología y orgánica, a un sistema de gestión y producción agroalimentaria que combina las mejores prácticas ambientales junto con un elevado nivel de biodiversidad y preservación de los recursos naturales. También consta de la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal, con el fin de obtener una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por los productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales. Esta definición puede llegar a interpretarse de forma genérica sin cumplir completamente el objetivo de definir correctamente el término. La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) ofrece una definición más precisa:

“La agricultura orgánica es un sistema de producción que asegura la salud de los suelos, ecosistemas y personas. Esta producción depende de los procesos ecológicos, biodiversidad y ciclos adaptados específicos de la zona, en lugar de utilizar elementos externos con efectos adversos. La producción orgánica combina tradición, innovación y ciencia para beneficiar el medioambiente compartido y promover relaciones justas y buena calidad de vida para todos”

Esta definición es más precisa y define más concretamente en que consiste la agricultura orgánica o ecológica.

Para el caso del cultivo de arroz, los impactos ambientales pueden verse reducidos por una gestión adaptada de los recursos que implica en la mayoría de los casos una reducción en los gases de efecto invernadero y una mejora en la biodiversidad, la eficiencia en el uso de agua, suelo y calidad del aire, sin embargo, la cosecha puede verse reducida entre un 20-40%, lo que implica una mayor superficie de terreno (Boone, L. *et al.*, 2019).

En España, en 2018, se generaron en total 1.111 Gg de CO₂ eq (FAOSTAT, 2020), si consideramos la producción en 2018 de 798.880 toneladas, resulta 1,40 kg CO₂ eq. por cada kg de arroz y según un estudio realizado por Kim, S. (2018) en Corea del Sur, la agricultura orgánica podría generar tan solo 0,234 kg CO₂ eq. por kg de arroz, lo que corresponde a una reducción del 83% en comparación con la agricultura convencional.

Además de los beneficios ambientales, también se debe tener en consideración la mejora en los servicios ambientales. La mayoría de los estudios de análisis de ciclo de vida, que comparan los impactos ambientales entre agricultura convencional y ecológica, su unidad funcional es siempre “cuanto impacto ambiental por cosecha se produce”. Sin embargo, la agricultura ecológica ofrece muchos servicios ambientales (Ecosystem services) que superan las posibles pérdidas que se puedan tener durante la cosecha.

El desconocimiento de estos servicios ambientales, provoca que los agricultores que deben decantarse por la agricultura convencional o ecológica, se basen solamente en valores monetarios y en cuanto están dispuestos a pagar. Algunos ejemplos pueden ser los servicios ambientales como el control de la erosión del suelo, la fijación del nitrógeno, la aportación en las actividades recreativas etc. Esta comparación se puede observar en la Fig. 6. Como se puede observar la agricultura convencional tiene una gran aportación a la generación de comida y materias primas sin embargo contribuye muy poco al mantenimiento del ecosistema o de los espacios culturales. Por otro lado, la

agricultura ecológica u orgánica, contribuye positivamente a la regulación y mantenimiento del ecosistema y a la repercusión cultural.

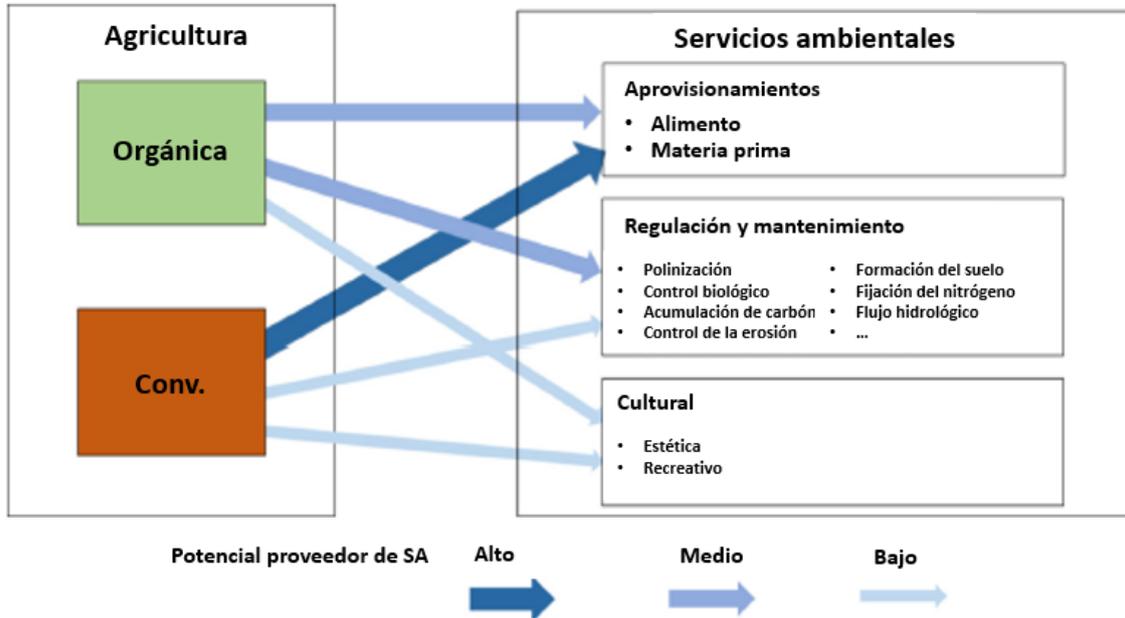


Fig. 6- Efecto en los servicios ambientales según tipo de agricultura (Boone, L. et al., 2019)

En España la superficie de cultivo ecológico se ha visto incrementado notablemente desde el año 1991 y a fecha de 2019 logró alcanzar las 2.354.916 hectáreas (Fig. 7).

Estos números consolidaron a España en 2018 como el primer país en superficie ecológica y el cuarto del mundo con más de 2,24 millones de hectáreas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018). Sin embargo, solo el 21% de estas hectáreas son destinadas al cultivo de tierras arables y más concretamente solo el 0,27% de estas tierras son destinadas al cultivo de arroz, es decir, 1.358 hectáreas. Las hectáreas restantes están destinadas a, el 53% a pastos permanentes y el 26% restante a cultivos permanentes. Esto supone que tan solo en 2019 se hayan producido 5.745 toneladas de arroz ecológico en España, lo que corresponde al 0,73% de la producción total de arroz nacional.

En consecuencia, para mejorar la calidad ambiental de la zona y asegurar el bienestar de las personas residentes, se debe apostar por un modelo de agricultura ecológica, ofreciendo a su vez oportunidades laborales y así evitar la despoblación rural.

Esta nueva generación de empleo forma parte del término “Economía Verde” que tiene el potencial de generar nuevos puestos de trabajo llamados “Green Jobs”, que se define como trabajo en agricultura, producción, investigación y desarrollo, administración y actividades que contribuyen sustancialmente a la preservación o restauración de la calidad medioambiental (UNEP, 2008).

Evolución de la Producción Ecológica (1991-2019) Superficie

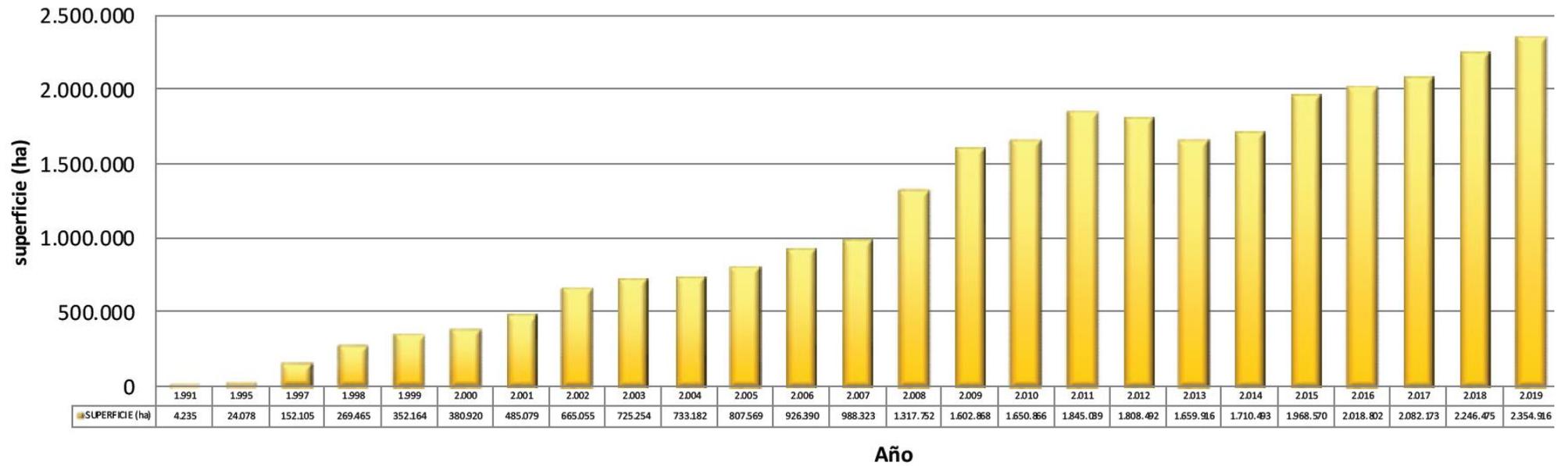


Fig. 7- Evolución de la Producción Ecológica en España en superficie (1991-2019). (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Producción Ecológica Estadísticas provisionales, 2019)

La economía verde se ha identificado como una trayectoria de crecimiento verde, y en la EU, propuestas legislativas han sido adoptadas con el llamado “Green Action Plan” para ayudar a la transición hacia una economía más circular. El estudio de Unaygailhard, I. *et. al.*, (2019), tiene como zona de estudio Eslovenia y trata de dar una respuesta a la pregunta de si la economía verde focalizada en agricultura incrementa el número de “Green Jobs”. El estudio indica, que políticas de ayudas comunes en agricultura (Common Agricultural Policy funding) que incluyen medidas agroambientales (Agri-environmental measures (AEM)), han demostrado que contribuyen a la generación de empleo, sin embargo, solo algunos países han integrado dichas medidas.

Las ayudas AEM pueden servir como incentivo para los empleados para implementar políticas verdes y para tener evidencias empíricas del impacto de dichas medidas.

Estas contribuyen a la generación de empleo ya que aportan un trabajo extra a los empleados en agricultura, debido a (i) existe un trabajo extra para cumplir los requerimientos; (ii) la secuencia de trabajo debe ser reorganizada (iii) existe un mayor cuidado de los animales y/o tierras y esto requiere un trabajo.

6.4 Situación en el delta del Ebro

El Delta del Ebro se ha desarrollado en los últimos 5000-7000 años y ha sido consecuencia de la progradación sedimentaria que tuvo lugar a partir de la última estabilización del nivel relativo del mar (Chelleri, L., 2013).

El Delta del Ebro es un área de 320 km² en la costa Mediterránea en el norte de España y se introduce 20 km en el mar.

La máxima altitud está 4 m por encima del nivel del mar. La dinámica geológica e hidrológica del delta está controlada por el control automatizado de caudal y canalización del río. En ausencia de la inundación natural, la irrigación por inundación es la única alternativa donde el sedimento puede ser transportado y depositado en la superficie, para compensar los efectos de la subsidencia y la intrusión marina. El hábitat ha sido transformado por el hombre desde el siglo XX, pasando de 28000 ha (88%) a tan solo 8000 ha (25%) que son todavía ocupados por lagos y marismas (de los cuales 7736 hectáreas están protegidas por la ley del Parc Natural del Delta de l'Ebre) (Chelleri, L., 2013). El Delta se encuentra en una situación vital para la conservación e inmigración de aves. Sin embargo, la mayor parte del área es usada para el cultivo de arroz y el área restante son recipientes finales para muchos contaminantes producidos por actividades agrícolas o por la industria situada alrededor del río Ebro. Muchas de las aves son depredadoras que bioacumulan y magnifican los contaminantes en sus tejidos (Mañosa, S. *et. al.*, 2001).

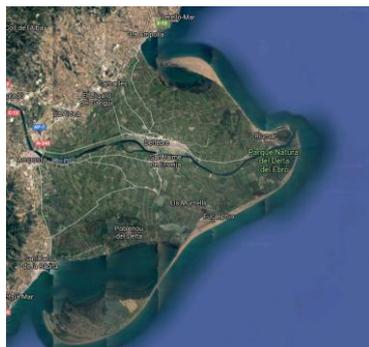


Fig. 8 – Situación del delta del Ebro. (Google Maps, 2021)

Próximos al Delta se encuentran seis municipios, Amposta, Camarles, Deltebre, La Ampolla, San Carlos de la Rápita y San Jaime de Enveja, ellas seis cuentan con una población total censada de 57.644 personas (INE, 2020).

La producción arroceras es una de las principales actividades económicas en el delta. En 2017 el Delta contaba con 20.580 hectáreas y una producción anual de 133.977 toneladas lo que equivale a un 16% de la producción total nacional.

La superficie dedicada en 2018 a la agricultura ecológica es de 159 hectáreas con una producción de 429 toneladas lo que supone solamente el 0,77% de la superficie total y el 0,32% de la producción total de arroz en el Delta (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

La producción arroceras ha provocado también una alteración a la dinámica hidrológica y sedimentaria. Y es que el Delta cuenta con un listado de problemas ambientales y que podría traer graves consecuencias según redacta (Chelleri, L., 2013):

- Disminución del caudal hídrico o desaparición de la descarga sedimentaria del río Ebro, debido a la proliferación de embalses que puede traer como consecuencia la regresión costera.
- Un deterioro de la calidad de las aguas del río, el estuario, las lagunas y las bahías, debido a un uso excesivo de agroquímicos que circulan por la red hidráulica del delta.
- Un retroceso de la pesca provocado por el deterioro de la calidad de las aguas, así como una sobreexplotación de los caladeros mediante técnicas artesanales de pesca poco sostenibles.
- Pérdida de zonas húmedas debido a la acción humana, por ejemplo, la transformación de dichas zonas en arrozales y zonas urbanas.
- Una subsidencia de la llanura deltaica con peligro de que algunas partes del delta se sitúen por debajo del nivel del mar y por lo tanto tenga lugar la intrusión salina en los acuíferos deltaicos.

Sin embargo, para paliar dichos problemas ambientales en el delta del Ebro, se llevó a cabo el programa llamado “Origins”, programa liderado por la distribuidora de “cereales Kellogg’s” y que mediante diversas conferencias y formaciones trató de explicar el funcionamiento de la agricultura ecológica a los actores de dichos arrozales. El programa fue lanzado en 2013. Con este tipo de agricultura se han observado beneficios a niveles económicos, socio-territoriales, medioambientales, de salud, de generación de

sinergias y en el ámbito político. En la Fig. 9 se puede observar la contribución de este tipo de agricultura a los diferentes ámbitos.

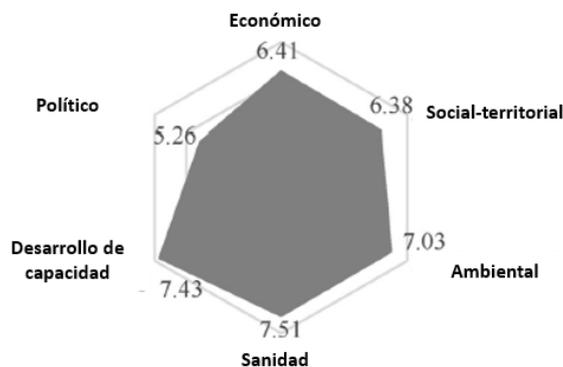


Fig. 9 – Gráfico del impacto social de la agricultura ecológica de arroz en diferentes áreas (Chams, *et. al.*, 2020)

En el estudio de Chams, *et. al.*, (2020) se analizan los factores principales que influyen en los cambios sociales. Por ejemplo, tras la aplicación del programa “Origins” anteriormente mencionado, la producción llegó a incrementar entre el año 2013 y 2018 un 15% y este indicador tiene un efecto directo sobre el estatus socio-económico de los agricultores. Además, la relación coste beneficio en el Delta se vio incrementada en un 279% entre el año 2013 y 2017 (de 74,93 a 209,17 €/ha).

Por otro lado, este programa también tuvo impacto político e interfirió directamente en el ámbito regulatorio, más concretamente este programa impactó en 1) Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. 2) Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal. 3) Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. También tuvo incidencia a nivel Europeo sobre el reglamento 1312/2008 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2008, por el que se fijan los coeficientes de conversión, los gastos de fabricación y el valor de los subproductos correspondientes a las distintas fases de transformación del arroz.

También tuvo un impacto socio-territorial creando nuevas oportunidades de trabajo para mujeres y jóvenes. A nivel medioambiental el uso de fertilizantes dejó de ser arbitrario y pasaron a ser usados de forma más eficiente, esto mejoró el beneficio económico hasta un 24% ya que se consigue la misma producción optimizando los recursos por lo tanto el coste de estos.

A nivel de beneficios en la salud la agricultura ecológica cubre las necesidades de seguridad alimentaria y calidad del producto, además, tiene un impacto positivo directo en los agricultores ya que manipulan menos químicos nocivos para su salud.

En cuanto a la creación de capacidad, se observa que el programa es capaz de motivar y empoderar a nuevos y agricultores actuales para adoptar las “mejores prácticas” en otros cultivos.

Actualmente el programa “Origins” ha trabajado con más de 400.000 agricultores en todo el mundo, focalizado en el uso de prácticas de agricultura sostenible para mejorar

las condiciones de vida y tener un impacto positivo en las familias y comunidades. Esto incluye más de 20.000 pequeños agricultores y 10.000 mujeres (Kellogg's, 2020).

6.5 Marco legislativo para la agricultura ecológica

Debido al actual crecimiento de demanda de este tipo de productos ecológicos y ante la necesidad ambiental de realizar un cambio en la agricultura, se han desarrollado una serie de leyes y normativas, para cumplir con los objetivos.

La Unión Europea ha aprobado una serie de normativas específicas para la agricultura ecológica. Dicha legislación debe ser aplicada por todo aquel organismo que decida producir y/o comercializar productos ecológicos. Existen organismos de control y certificación que avalan el cumplimiento de las normas agroecológicas. Algunos de los más importantes son INTERECO, ECOCERT y CERES.

En la actualidad la producción agroalimentaria ecológica se rige por el Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, en él se recogen los objetivos y principio generales, así como los principios específicos y las normas de producción de los diferentes productos agrarios y alimentos.

Los objetivos de la legislación vigente son:

1. Respetar los sistemas y los ciclos naturales, preservando así y mejorando la salud del suelo, el agua, las plantas, los animales y los equilibrios entre ellos.
2. Contribuir a alcanzar un alto grado de biodiversidad.
3. Hacer un uso responsable de la energía y de los recursos naturales, como el agua, el suelo, las materias orgánicas y el aire.
4. Cumplir rigurosas normas de bienestar animal y responder a las necesidades de comportamiento propias de la especie.

Los requisitos generales de la legislación son:

- No se pueden utilizar organismos modificados genéticamente (OMG).
- Deben reciclarse los recursos renovables, como los residuos y los subproductos de origen vegetal aportando así nutrientes en la tierra.
- Todas las etapas durante la cadena de producción deben garantizar la integridad ecológica.
- No se pueden utilizar fertilizantes minerales nitrogenados.
- Todas las técnicas de producción deben prevenir o minimizar cualquier daño al medioambiente.
- Solo se utilizarán productos fitosanitarios autorizados en el caso de amenaza.

6.5.1 Normativa Estatal

A nivel estatal existe el Registro General de Operadores Ecológicos que se rige por el **Real Decreto 833/2014**. Dicho registro incorporará los datos que constan en cada comunidad autónoma en una plataforma única, para facilitar así su consulta.

6.5.2 Normativa Catalana

Existen algunos aspectos que pueden completar las autoridades competentes, para ellos el 13 de abril de 2017 se publicó la última versión del **Cuaderno de Normas Técnicas de la producción agroalimentaria ecológica**, dichas normas se completan con una **serie de criterios de aplicación de la normativa europea de la producción y etiquetado de los productos ecológicos**. Ambos documentos se presentan en un único documento llamado: **Guía de normas técnicas y criterios de aplicación de la normativa europea de producción y etiquetado de productos ecológicos**.

El sistema de control de la producción agraria ecológica está delegado al **Consejo Catalán de la Producción Agraria Ecológica (CCPAE)**, que es una autoridad pública de control creada en el año 1994 y regulada mediante la **Ley 2/2014, de 27 de enero de 2014**, se constituye como una corporación de derecho público con personalidad jurídica propia, autonomía económica y plena capacidad de obrar en el ejercicio de competencias.

Respecto a garantizar la conformidad de los productos agroalimentarios en las fases de producción, transformación y distribución, se aplica la **Ley 14/2003 de 13 de junio de calidad agroalimentaria**.

6.5.3 Normativa específica en el Delta del Ebro

Además, debido a que el Delta del Ebro es considerada como zona sensible, se ha generado una normativa específica para mitigar los diferentes problemas:

- Con el fin de frenar una serie de proyectos que amenazaban los ecosistemas naturales del delta y favorecer la armonía entre los valores naturales y el uso del parque por parte de humanos se creó, en 1983, el Parque Natural del Delta del Ebro (Decreto 357/1983 del Gobierno catalán), además en 1986 la zona protegida fue ampliada (Decreto 332/1986) abarcando así 8.445 hectáreas terrestres y 564 hectáreas marinas. En 1992, el Govern de Catalunya aprobó el Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) por lo que se amplió aún más la zona pasando a 12.378 hectáreas terrestres y 35.647 hectáreas en el mar. Además, la zona también está incluida como Zona de Especial Protección (1987) de acuerdo a la Directiva europea de conservación de las aves (79/408/EEC). Se incluye también la zona en la lista Ramsar de humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas.

Cabe destacar que los arrozales no se consideran dentro de dicha superficie protegida, por lo que al no tener una única figura no existe una planificación y una gestión ambiental integrada para impulsar la sostenibilidad global del delta.

- Plan hidrológico aprobado en 2014, llamado “Plan hidrológico del Ebro 2010-2015”. Que tiene como objetivo conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial a la vez que se racionaliza su uso en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.
- En cuanto la planificación territorial, la zona se rige por el Catálogo del Paisaje de las Tierras del Ebro aprobado en 2010 y el nuevo Plan Territorial de Las Tierras del Ebro también aprobado en 2010. Sus objetivos principales son: 1) Favorecer la diversidad del territorio y mantener la matriz biofísica como referencia. 2) Proteger las áreas naturales, el paisaje agrario y las zonas no urbanas en general como elementos básicos de planteamiento. 3) Controlar la ocupación del suelo. 4) Favorecer la movilidad sostenible en la región. 5) Mejorar las dinámicas energéticas ambientales.
- En 2009 empezaron las obras del Plan Integral de Protección del Delta del Ebro (PIPDE) que prevén una protección en la franja litoral y tiene como objetivos: 1) La creación de un área de influencia propiedad del gobierno. 2) La construcción de dunas artificiales para hacer de barreras frente las posibles inundaciones y tormentas. 3) La construcción de un humedal artificial para la fitodepuración del agua de los riegos que desembocan en la bahía del norte del delta.

7 Análisis cualitativo y cuantitativo de la producción convencional y ecológica del arroz

En este apartado se realiza un análisis de las principales diferencias del cultivo de arroz convencional y ecológico a nivel de metodología de cultivo, impactos ambientales y repercusión socioeconómica.

7.1 Principales diferencias en la metodología del cultivo convencional y el ecológico del arroz

Durante siglos el cultivo del arroz se ha llevado a cabo principalmente usando procedimientos naturales, sin embargo, con el aumento de población y el consecuente aumento del consumo, la agricultura se ha visto obligada a aumentar su capacidad de producción y como consecuencia a utilizar masivamente abonos sintéticos y productos fitosanitarios para así poder hacer frente a las diferentes plagas o adventicias. Sin embargo, lo que al principio parecía ser todo un avance en la producción agrícola demuestra ya su lado negativo y es que estos han provocado graves desequilibrios en los ciclos naturales provocando diferentes impactos a la fauna y flora de la zona (Departament d’ Agricultura Alimentació i Acció Rural, 2008).

Una de las características de los arrozales es que suelen encontrarse en zonas húmedas de alto valor ecológico como Parques Naturales protegidos, como ocurre en el Delta del Ebro, por lo que el ecosistema, puede verse alterado por la aplicación de herbicidas, pesticidas y/o fertilizantes inorgánicos.

A continuación, se realiza un breve resumen del procedimiento de cultivo del arroz, por etapas y señalando las principales diferencias entre ambos tipos de agriculturas.

1. La preparación del terreno: Se trata de alzar la tierra con un escarificador o cultivador para crear una capa de suelo donde se desarrollará la siembra. Además, esta operación extraerá gran número de rizomas de adventicias y perennes, que podrían afectar al nuevo cultivo. Durante esta operación se puede aprovechar para realizar una buena nivelación para así conseguir una óptima evolución del cultivo y evitar la aparición de malas hierbas, puesto que, en el caso de aplicar algún tratamiento al agua, este debe ser repartido homogéneamente por el campo de cultivo. Es necesario fertilizar la parcela, con abonos orgánicos maduros en el caso de que se desee un cultivo ecológico o con abonos sintéticos en el caso de desear cultivar arroz de manera convencional.
2. Sistemas de siembra: El objetivo es repartir aproximadamente 500 granos de semilla por metro cuadrado y se considerará un nacimiento óptimo cuando se obtengan de 150 a 200 plantas de arroz cultivado por metro cuadrado (RuralCat.net, G., 2006).

Existen dos opciones de siembra:

- a. Siembra en seco: Para ello el suelo debe estar bien suelto y la siembra debe ser realizada con una sembradora de cereales, seguidamente se inunda la parcela de agua. Las ventajas son que la plantación de las semillas queda bien alineada por lo que se facilitan las tareas posteriores de escarda y además se cubren las raíces lo que es favorable en zonas ventosas y evita el ataque de gusanos rojos a las raíces o el caracol manzana. Sin embargo, las adventicias como *Echinocloa* spp. (Cola de caballo) puede germinar con más facilidad. Esta opción además puede significar una reducción de CH₄ que se genera en los cultivos por inundación debido a la descomposición de los restos de plantas o de los rastrojos en un suelo anóxico, como es una lámina de agua.
- b. Siembra con agua: Se pueden realizar todas las labores de preparación en seco y sembrar cuando entra el agua o bien retrasar algunas labores para la inundación y sembrar después. En este caso, es necesario realizar antes de la siembra la operación de fanguero para acabar con la preparación del suelo una vez inundado. Esto permite romper los terrones y crear una capa que reduce la pérdida de agua y eliminar posibles malas hierbas como el arroz salvaje.

La siembra se realiza desde finales de abril a finales de mayo. Antes de la siembra se debe dejar la semilla en remojo dos días y después dejar escurrirla durante un día para que se inicie la pregerminación. Se pueden observar las primeras raíces en la parte baja de la semilla. La cantidad de semillas a sembrar dependerá del sistema de siembra, por ejemplo, para la siembra a voleo, que consiste en lanzar las semillas alrededor del campo de cultivo, se necesitan entre 120 y 200 kg/ha de semillas, mientras que en la siembra en seco el número de semillas se reduce a 80 kg/ha, ya que se realiza una siembra mucho más controlada. La cantidad de semillas también dependerá de la temperatura ambiente, a menos temperatura, más semillas.

Como se puede imaginar, una buena cosecha depende naturalmente de una buena calidad de las semillas. Para la agricultura ecológica solo están autorizados los tratamientos preventivos a las semillas recogidas en el Reglamento (CEE) nº 2092/1991, del consejo de 24 de junio de 1991, sobre la producción ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios en el que solo se indican los productos sanitarios genéricos y los tratamientos por calor. También deben cumplir el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007, sobre la producción y etiquetado de productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/1991.

La semilla debe ser controlada para evitar la presencia de granos rojos que, posteriormente, darán lugar al arroz salvaje, una forma de arroz más silvestre que se desgrana antes de tiempo, resembrándose en el suelo para el año siguiente. Las formas para evitar este tipo de grano son, realizar una limpieza profunda de la maquinaria o bien exigiendo una pureza varietal mínima para la semilla.

3. Cuidados durante el cultivo

En este momento salen las primeras hojas y durante esta fase pueden sufrir daños por los vientos, llegando incluso a arrancar algunas plantas. También durante los primeros 30 o 40 días, pueden aparecer algas que compiten por la luz con el arroz, llegando en ocasiones a impedir su crecimiento. La mayoría de amenazas vienen acompañada con la propia semilla del arroz que, al no encontrar competencia, se desarrollan bien. Este tipo de malas hierbas constituyen el principal problema económico en el cultivo de arroz. Se pueden observar las diferentes especies en la Tabla 2.

Tabla 2 – Principales adventicias de los arrozales. (Batalla, 1994)

Clase	Familia	Especies Principales		Especies Secundarias	
		Nombre botánico	Nombre común	Nombre botánico	Nombre común
Monocotiledóneas	Gramíneas	<i>Echinochloa crusgalli</i> <i>Echinochloa oryzicola</i> <i>Echinochloa oryzoides</i> <i>Echinochloa hispidula</i> <i>Paspalum paspalodes</i> <i>Oryza sativa</i>	Serreig, millo, cola de caballo, mijera Gramma de agua Arroz salvaje, rojo, borde, degenerado	<i>Phragmites communis</i>	Carrizo, senill
	Alismatáceas	<i>Alisma palatago-aquatica</i> <i>Alisma laceolatum</i>	Llantén de agua		
	Ciperáceas	<i>Scirpus maritimus</i> <i>Scirpus mucronatus</i> <i>Scirpus supinus</i> <i>Cyperus difformis</i>	Juncia, castañuela Puñalera, junquillo Borronet Tiña, burriol		
	Tyfáceas			<i>Typha latifolia</i> <i>Typha angustifolia</i>	Enea, espadaña
	Potamogetonáceas	<i>Potamogeton nodosus</i>	Lengua de oca		
	Pontederiáceas	<i>Heterantheras reniformis</i>	Ensalada de pato		
Dicotiledóneas	Litráceas	<i>Ammannia coccinea</i> <i>Ammannia robusta</i>	Alfabetueta, arbolito		
	Elatináceas	<i>Bergia capensis</i>	Alfabetueta		

La principal mala hierba que debe ser eliminada es la **cola de caballo (Echinochloa sp.)** y es importante tratarla en los primeros estadios de desarrollo.

En la agricultura convencional este control se realiza mediante el uso de herbicidas químicos en la mayoría de los casos, esto se debe a que utilizar medios mecánicos o manuales es difícil y caro, más adelante se detalla los fitosanitarios utilizados.

Otra mala hierba importante a controlar es el **arroz salvaje** que es una maleza que pertenece a la misma familia, al mismo género y a la misma especie que el arroz cultivo, lo que hace que su eliminación sea difícil. Como se ha mencionado anteriormente esta eliminación se puede efectuar mediante el fanguero y el falso nacimiento de las mismas, otro método es el uso de herbicidas. Sin embargo, al usar estos herbicidas, es importante una adecuada gestión del agua del campo, la secuencia a seguir es la siguiente (RuralCat.net, G., 2006):

1. Mantener campo inundado hasta que nazca el arroz salvaje.
2. Vaciarlo de agua dejándolo encharcado sin cobertura de agua.
3. Aplicar el herbicida.
4. Después de 24 horas recuperar el nivel de agua habitual
5. Vaciarlo de nuevo
6. Inundar y después sembrar de forma habitual.

Otra mala hierba que puede amenazar el cultivo de arroz es la heteranthera, su control químico se basa en el uso de azimsulfurón.

En la agricultura ecológica, sin embargo, se pueden utilizar sales de cobre, generalmente sulfato de cobre tribásico dosis de 2 a 4 kg/ha, este producto está autorizado, pero su aportación por año está limitada (Rosello i Oltra, 2005).

En este momento es importante controlar la cantidad y calidad del agua. Cuanto más se pueda subir el nivel del agua, mayor control tendremos sobre la cola de caballo mencionada anteriormente. El consumo de agua en una parcela se estima superior a los 10.000 m³/ha, aunque existen sistemas de recirculación de agua con el que se puede ahorrar hasta 2000 m³/ha. La circulación de agua es muy importante ya que aporta oxígeno y mantiene la temperatura más fresca. Es importante controlar la calidad del agua y procurar no superar los límites de salinidad. En este tipo de cultivo, las aguas deben estar libres de fertilizantes y herbicidas, así como las parcelas aguas arriba en el caso de utilizar agua comunal donde el agua pasa de campo a campo. Las características que tenemos que tener en cuenta son:

- a) Temperatura: siendo frías por debajo de 15 °C y calientes por encima de 19 °C.
- b) Turbidez: generalmente llevan suspensión de arenas, limos, arcillas y materia orgánica, su sedimentación suele resultar beneficiosa ya que restituye la fertilidad de los marjales.
- c) Oxígeno: está relacionado con su procedencia, régimen hidráulico, caudal y temperatura, se considera como buena si superan el 90% de saturación, discretas entre 90% - 75%, problemáticas entre 75% - 50% y contaminadas por debajo de 50%.
- d) Otras sustancias: se debe controlar si existen sustancias contaminantes o tóxicas que puedan provocar un incremento del pH.
- e) Salinidad: el arroz es un cultivo tolerante a ciertos niveles de salinidad, pero existe una relación entre salinidad y producción.

4. Gestión de la fertilidad

La composición de nutrientes en el suelo del Delta del Ebro para el cultivo de arroz debe contener aproximadamente los siguientes elementos y concentraciones: nitrógeno (N) entre 150-170 kg/ha, óxido de fósforo (P₂O₅) aproximadamente 50 kg/ha y óxido de potasio (K₂O) alrededor de 30 kg/ha. El nitrógeno ayuda a la generación de tallos, aumenta el tamaño de las hojas y del grano y en consecuencia aumenta el contenido proteico, el fósforo es necesario para mejorar la capacidad de recuperación de la planta en condiciones desfavorables, promueve el desarrollo del grano y por último el potasio que es necesario para una buena absorción del fósforo y mejora el rendimiento industrial ya que se disminuye la cantidad de granos partidos (Fertiberia, 2020).

La liberación del nitrógeno desde la materia orgánica del suelo está muy ligada a la producción, por lo tanto, el objetivo en el cultivo ecológico es aumentar este nivel de materia orgánica de la tierra, por lo que se usan aportes de estiércol de calidad y bien maduro.

En la agricultura convencional, sin embargo, se utilizan fertilizantes sintéticos para conseguir los niveles de nutrientes necesarios.

El cultivo por inundación es favorable para el arroz, debido a una mejor neutralidad del pH, mayores nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Sin embargo, también se aumentan las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y drenaje lateral, así como a la atmosfera por desnitrificación y volatilización del amoníaco, por lo tanto, el aprovechamiento del nitrógeno mediante inundación es menor que en suelo seco.

5. Control de plagas y enfermedades

Las enfermedades más importantes en la zona son la pyriculariosis y la helmintosporiosis. Sus pérdidas por hectárea y año se sitúan en 72,72 € para la pyriculariosis y en 60,70 € para la helmintosporiosis (RuralCat.net, G., 2006).

La pyriculariosis es una enfermedad provocada por un hongo (*Pyricularia grisea*), que puede permanecer en formas resistentes en los restos vegetales de la anterior cosecha y se puede desarrollar en condiciones óptimas en humedades superiores al 90% y temperaturas suaves (18-28 °C), suele aparecer al final del cultivo. Es considerada como la enfermedad más importante del cultivo del arroz.

La helmintosporiosis es una enfermedad de tipo fúngica y se puede encontrar fácilmente en las zonas de cultivo de arroz.

Para el control de estas plagas, en el cultivo convencional, siempre se prioriza las medidas alternativas al control químico, para así reducir el impacto ambiental. Por lo tanto, antes de acudir al control químico se debe:

1. Destruir o eliminar restos vegetales.
2. Evitar los abonados nitrogenados excesivos.
3. Asegurarse de que la semilla está libre de enfermedades.
4. Mantener las parcelas inundadas el mayor tiempo posible durante el cultivo y también en invierno.
5. No retrasar la fecha de la siembra.
6. Utilizar variedades de ciclo corto.
7. Utilizar variedades de planta poco sensibles a los hongos.

En el caso de tener que realizar un control químico, se utilizarán los autorizados y se aplicará la dosis recomendada. Algunos productos homologados y utilizados contra la helmintosporiosis son: Trebuconazol 25% WG + Tricicalzol 75% WP, Procloraz 40% + Propiconazol 9% p/v EC y Carbendazima 12,5% + Flusilazol 25% p/v SC (RuralCat.net, G., 2006)).

Nota: Carbendazima, Flusilazol y Propiconazol están excluidos de la lista de sustancias activas aprobadas.

En el caso de la agricultura ecológica, actualmente no existen sistemas de control de plagas y enfermedades tan eficientes como en la agricultura convencional, por lo que hay que asumir la posibilidad de niveles de producción más bajos. Es debido a este factor que el precio del arroz ecológico es ligeramente superior al convencional. Una posible solución para disminuir ese exceso en el precio, es que las administraciones

públicas apoyen la investigación y experimentación en dicho campo, para modernizarlo y aumentar su productividad.

En el cultivo ecológico, durante el periodo de siembra, para evitar la aparición de larvas de dípteros se puede utilizar un tratamiento con una suspensión líquida de *Bacillus thuringensis israeliensis*, que es altamente tóxica para las larvas y es prácticamente inocua para la fauna acuática. Debe aplicarse antes de la siembra. Su coste aproximado es de 18 €/ha, superior a los tratamientos de amplio espectro.

Para evitar las enfermedades tan importantes como la Pyriculariosis comentada anteriormente se pueden usar bacterias fungicidas (*Pseudomonas chlorophys*) y hongos fungicidas del género *Trichoderma*.

De manera adicional, la agricultura ecológica previene la aparición de resistencias a herbicidas y plaguicidas en las poblaciones de malas hierbas e insectos plaga, lo que repercute en un beneficio para todos los agricultores. Esto es debido a que el uso abusivo de herbicidas y plaguicidas de síntesis provoca una selección genética de los patógenos, plagas y malas hierbas más resistentes, haciendo necesario buscar continuamente nuevas formulaciones para controlar dichas plagas.

Como patología también se puede considerar el encamado, que es provocado por la acción del viento y la lluvia, exceso de nitrógeno, la acción de determinados hongos y parásitos sobre el tallo de la planta y exceso de riego o nivel del agua. La resistencia al encamado se puede estimar a partir de factores genéticos como, la altura del tallo, peso de la panícula, rigidez de la elasticidad del tallo y formación de un sistema radicular adecuado, amplio y profundo.

7.2 Análisis ambiental de la agricultura convencional y su impacto socio-económico

En este apartado se realiza un análisis acerca de cómo la agricultura convencional impacta en el Delta del Ebro a nivel ambiental e indirectamente a las diferentes actividades que tienen lugar en la zona, provocando un impacto socioeconómico.

7.2.1 Impactos en el medioambiente y en la salud debido al uso de fitosanitarios

La aparición de enfermedades y agentes externos como bacterias, hongos y animales afectan enormemente a los cultivos, para paliar estas dificultades, se hace uso de productos fitosanitarios, que son sustancias o mezclas de sustancias que sirven para impedir la generación de enfermedades y plagas, así como destruirlas, combatirlas o atraerlas.

La asociación Europea para la Protección de las Plantas (European Crop Protection Association – ECPA) indica que los productos fitosanitarios impiden un descenso de producción de vegetales, frutas, fibras y forrajes en todo el mundo, de entre 30% y 40%. Por lo que estos números sugieren que su uso es importante para que el sector agrícola mantenga una producción elevada y constante, para poder así reducir sus costes

de producción. Sin embargo, como veremos a continuación, el uso intensivo de este tipo de sustancias, puede provocar impactos muy graves para el medioambiente.

El uso de pesticidas en la agricultura en España incluyendo insecticidas, herbicidas, fungicidas, bactericidas y de más productos sanitarios en 2018 ha sido de 61.343 toneladas y su uso ha tenido una tendencia creciente en las dos últimas décadas (Fig. 10) (FAOSTAT, 2020), este crecimiento se debe, como ya se ha comentado en apartados anteriores, a que las poblaciones de malas hierbas e insectos plaga generan resistencia a estos pesticidas, ya que los patógenos, plagas y malas hierbas más resistentes a estos productos permanecen y se reproducen transmitiendo esta resistencia, lo que hace necesario que las dosis de los pesticidas sea superior al año siguiente.



Fig. 10 – Tendencia del uso de pesticidas en agricultura en España 1990-2018. (Datos FAOSTAT, 2020)

Este uso reiterado de pesticidas amenaza directamente el sistema marino y en consecuencia las actividades de acuicultura.

El cultivo de moluscos es la segunda mayor actividad en el Delta del Ebro, después de la agricultura, los dos centros de cultivo se encuentran entre las dos bahías Alfacs (Norte) y Fangar (Sur). Esto repercute en un alto porcentaje de la población dedicada a dichas actividades, el 70% se dedica a la agricultura y el 15% al cultivo de moluscos. En los últimos años, los acuicultores han visto reducida su producción en periodos de cultivo de arroz, periodo donde se emplea más cantidad de fitosanitarios y que puede tener una implicación en la calidad de las aguas lo que a su vez puede repercutir en una pérdida de producción de moluscos. En el estudio de M. Köck *et. al.*, (2010), se establece como objetivo analizar 22 pesticidas usados en la zona. Para ello se utilizaron 6 puntos de muestreo (Fig. 11), en el que se utilizaron técnicas de bioensayo para la estimación de dichas sustancias objetivo.

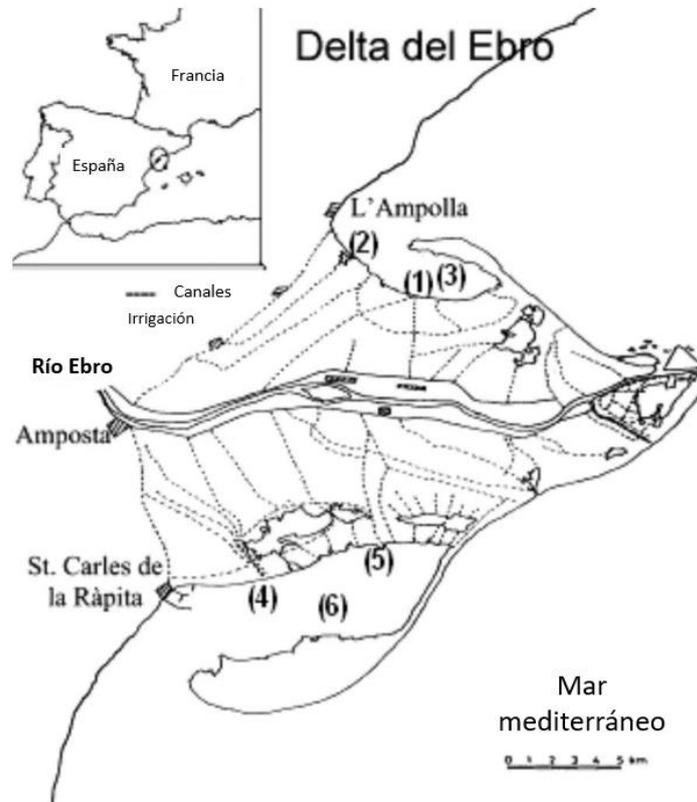


Fig. 11 – Mapa de muestreo en Delta del Ebro. Delta Norte: (1) HEIMD: canal de drenaje de Illa de Mar; (2) HEOD: canal de drenaje de Olles; (3) HEM: Bahía de Fangar. Delta Sur: (4) HDCD: canal de drenaje de Campredó; (5) canal de drenaje de Ala; (6) HDM: Bahía de Alfacs. Fuente: Köck, M. *et al.*, (2010)

De estos 22 pesticidas analizados, 21 se encontraron en el agua, cianazina fue el único que no fue detectado.

Bentazona y MCPA fueron identificados en todas las muestras y malatión seguido de MCPA fueron los compuestos con altas concentraciones (5825 y 4197 ng/L respectivamente, ambos encontrados en el canal de drenaje HEIMD). En la Fig. 12 se pueden observar las concentraciones de los diferentes pesticidas encontrados en los (HEIMD y HDAD) para el periodo de siembra del arroz, marcando además el rango donde hay más episodios de muerte de los moluscos.

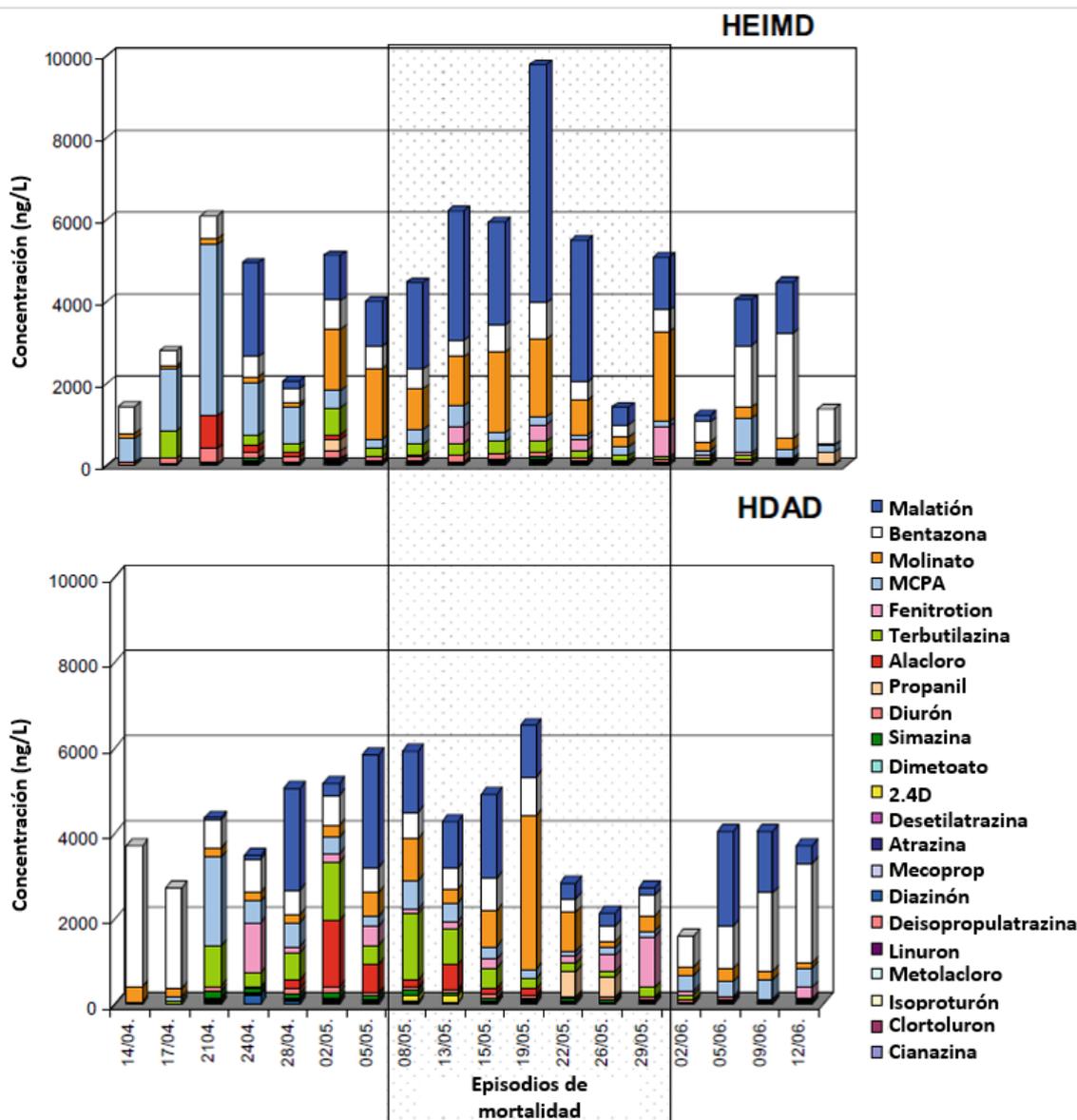


Fig. 12 - Concentración total de pesticidas en las muestras de agua en los canales de drenaje HEIMD y HDAD. (El listado está ordenado de mayor a menor concentración según el pesticida). Fuente: Köck, M. *et al.*, (2010)

El estudio concluye corroborando que existe una relación entre los efectos ecotoxicológicos causados por los pesticidas usados durante la siembra del arroz, considerado como uno de los principales factores potenciales que contribuyen a la degradación de los moluscos. Pesticidas como el Malatión, Diazinón y Molinato parecen ser los más relevantes. Tal y como se observa en la Tabla 3, el Diazinón y el Molinato han quedado excluidos del listado de pesticidas aprobados en España, sin embargo, el Malatión sigue siendo usado en el control de plagas entre muchos otros.

Tabla 3 - Lista comunitaria de sustancias activas aprobadas y excluidas en España. Fuente: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España, (2020).

Sustancia activa	Inclusión	Uso	Caducidad
Malatión	01/05/2010	Sí	30/04/2022
Bentazona	01/08/2001	Sí	31/07/2025
Molinato		No	
MCPA	01/05/2006	-	31/10/2020
Fenitrotion		No	
Diazinón		No	
Terbutilazina	01/01/2012	Sí	31/12/2024
Alacloro		No	
Propanil		No *Autorizado en Andalucía excepcionalmente para el 2020	
Diurón	01/10/2008	-	30/06/2020
Simazina		No	
Dimetoato		No	
2,4D	01/10/2002	Sí	31/12/2030
Atrazina		No	
Mecoprop		No	
Linuron		No	
Metolacloro	01/04/2005	Sí	31/07/2021
Isoproturón		No	
Clortoluron	01/03/2006	Sí	31/10/2020
Cianazina		No	
Glifosato	16/12/2017	Sí	15/12/2022
Bispyribac sodio	01/08/2011	Sí	30/07/2023
Azoxistrobin	01/01/2012	Sí	31/12/2024

El uso continuado de herbicidas y pesticidas también puede tener un impacto en los microorganismos del suelo y reducir la fertilidad de este.

En un estudio desarrollado en los Llanos Orientales de Colombia donde se utilizaron agroquímicos como Glifosato, Bispyribac, Azoxistrobin y Malatión, todos aprobados en España, se obtuvieron resultados que evidenciaban un impacto negativo en el suelo.

Se tomaron muestras de microorganismos como, bacterias grampositiva y negativa, Actinomicetos, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, Penicillium, Fusarium, Trichoderma y Micelios estériles.

Después de realizar una simulación de cultivo de arroz de forma convencional, aplicando los fitosanitarios pertinentes y con las fases de tiempo adecuadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las bacterias grampositivas no fueron afectadas por el Glifosato ni por Malatión, e incluso el Bispyribac tuvo un efecto positivo mientras que el Azoxistrobin tuvo un efecto negativo.
- Las bacterias gramnegativas resultaron afectadas por el Azoxistrobin, mientras que por los demás productos no se vieron afectadas.
- Los actinomicetos se vieron afectados de forma negativa por los tratamientos de Malatión, Azoxistrobin y Bispyribac.
- Los fijadores de nitrógeno fueron estimulados positivamente por los productos Glifosato, Malatión y Azoxistrobin
- Sin embargo, los solubilizadores de fósforo y los hongos *Penicillium* y *Fusarium* se vieron fuertemente afectados por los fitosanitarios Glifosato, Bispyribac y Azoxistrobin

Se pueden observar los efectos sobre los diferentes microorganismos en el cuadro resumen de la Tabla 4.

Tabla 4 - Efectos de diferentes agroquímicos sobre microorganismos en los Llanos Orientales de Colombia en el cultivo de arroz. (Chaves-Bedoya, G. et al., 2013)

Microorganismo/ tratamiento	Producto agroquímico			
	Glifosato	Bispiribac	Azoxystrobin	Malatión
Gram +	NE	+	-	NE
Gram -	NE	NE	-	NE
Actinomicetos	NE	-	-	-
Fijadores N	+	NE	++	+
Solubilizadores P	----	----	----	-
<i>Penicillium</i>	----	-	-	NE
<i>Fusarium</i>	----	----	----	++
<i>Trichoderma</i>	NE	+	+	----
Micelios estériles	-	+	+++	+

NE, sin efecto. Los símbolos (-) o (+) indican el nivel de inhibición o efecto positivo de los pesticidas sobre los microorganismos.

Estos fitosanitarios, además de tener un fuerte impacto en la vida marina y un impacto moderado en el suelo, también tienen un impacto sobre la salud humana. La ingesta de estos fitosanitarios es uno de los mayores casos de salud pública reconocido en los países desarrollados. Suponen cada año entre 250.000-370.000 muertes debido a la ingesta de pesticidas (Dawson, A. H. *et al.*, 2010). Existen estrategias como, limitar el acceso a pesticidas que sean de alto riesgo, la creación de directrices para el uso correcto de estos productos, la formación intensiva a los usuarios de estos productos, etc. En la actualidad, las decisiones regulatorias de estos productos están basadas mayoritariamente en pruebas de toxicología sobre animales (en su mayoría ratas). El índice que se determina mediante estas pruebas es el llamado “Dosis Letal Media” (DL₅₀) que se define en función de la dosis que resulta letal para el 50% de la población de animales. Desafortunadamente el método de extrapolar esta clasificación al efecto en los humanos es pobre. Los roedores tratan los xenobióticos de un modo diferente a los humanos. Por lo que podemos cuestionar si un pesticida con una baja toxicidad para las ratas será seguro para los humanos.

En un estudio llevado a cabo en Sri Lanka desde abril 2002 hasta noviembre 2008 (Dawson, A. H. *et al.*, 2010), concluyó la mortalidad debido a la ingesta de pesticidas fue del 10,1%. Productos como Paraquat, MCPA, Propanil y Glifosato fueron los responsables del 98% de las muertes. Sin embargo, la OMS clasifica al Paraquat como un herbicida de segunda clase (riesgo moderado) en base al valor LD₅₀ en ratas.

Tabla 5 - Ratio de mortalidad estimado de los pesticidas comunes. (Reid, W. H., 2010)

PRODUCTO	CASOS DE FATALIDAD
Herbicidas	
Paraquat	43-68%
Propanil	11%
MCPA (2-metilo-4 clorofenoxiacético ácido)	5%
Glifosato	2%
Raticidas y fumigantes	
Fosfuro de aluminio	60-80%
Fosfuro de zinc	7%
Insecticidas	
Monocrotofós	35%
Paratión	25%
Endosulfán	22%
Dimetoato	20%
Fentión	15%
Carbosulfán	11%
Clorpirifos	8%

7.2.2 Impactos en el medioambiente y en la salud debido al uso de fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes inorgánicos son sustancias derivadas de rocas y minerales que son transformadas químicamente para luego poder ser utilizadas en los cultivos y otorgar los nutrientes necesarios a la tierra para favorecer así el crecimiento.

Los fertilizantes pueden ser nitrogenados, fosfatados o potásicos.

En los fertilizantes nitrogenados, el amoníaco es uno de los principales elementos, siendo los fertilizantes nitrogenados más comunes el amoníaco anhidro, urea, sulfato de amonio y nitrato de calcio y amonio.

Los fertilizantes fosfatados incluyen elementos como la piedra de fosfato molida, escoria básica, superfosfato, triple superfosfato y fosfato mono y diamónico.

Por último, los fertilizantes potásicos se fabrican con salmueras o depósitos subterráneos de potasa y las formulaciones principales son cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio.

En los últimos años, el uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura global se ha visto incrementado desde el año 2010 en un 10% (Eurostat, 2018). Se puede observar el consumo mundial de los tres tipos fertilizantes inorgánicos; nitrogenados, fosfatados y potásicos, en la Fig. 13, Fig. 14 y Fig. 15, respectivamente.

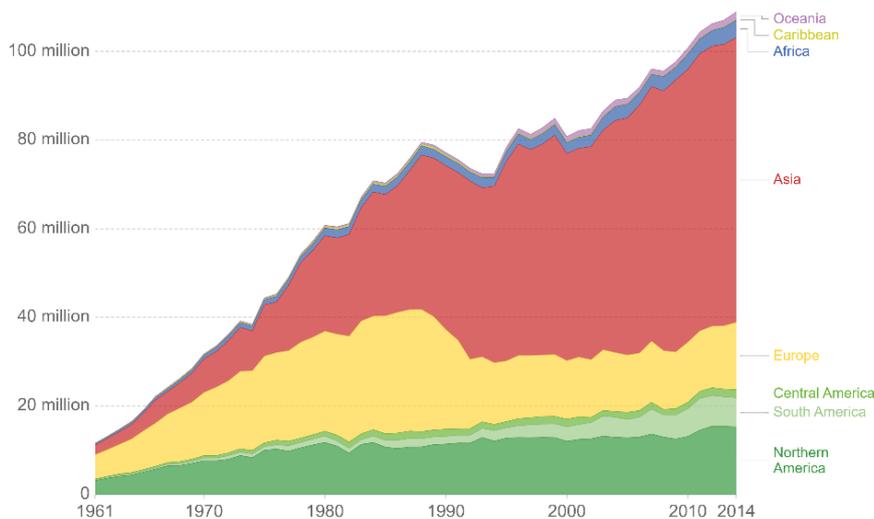


Fig. 13 – Consumo mundial de fertilizantes nitrogenados. (FAO, 2014).

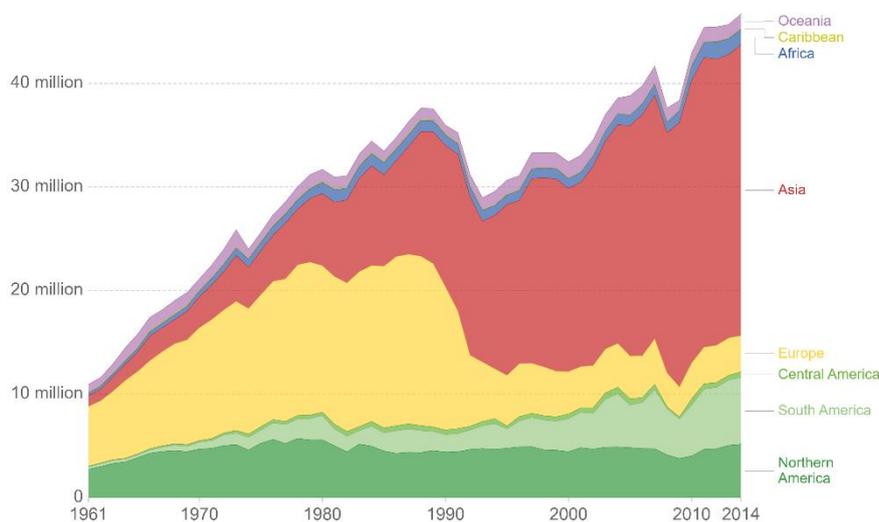


Fig. 14 - Consumo mundial de fertilizantes fosfatados. (FAO, 2014)

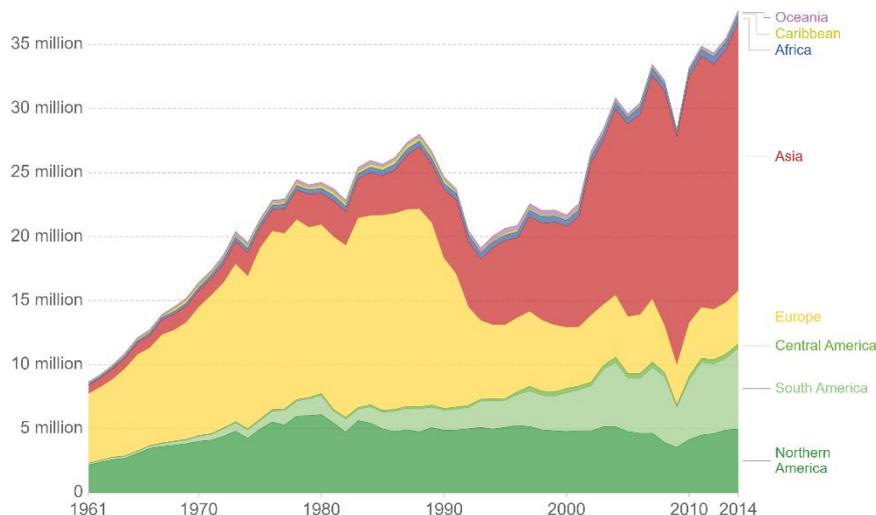


Fig. 15 - Consumo mundial de fertilizantes potásicos. (FAO, 2014)

En su mayoría, los fertilizantes inorgánicos son usados en Asia, debido también a que existe una mayor actividad de agricultura.

En el caso de España (Fig. 16), el panorama es algo diferente y es que la tendencia en el consumo en los últimos 18 años no ha tenido grandes variaciones, a excepción de la reducción en el 2008 posiblemente a causa de la crisis del momento. Esta estabilidad puede ser debida al incremento en agricultura ecológica y a una mayor conciencia y formación del agricultor sobre el uso de estos fertilizantes.

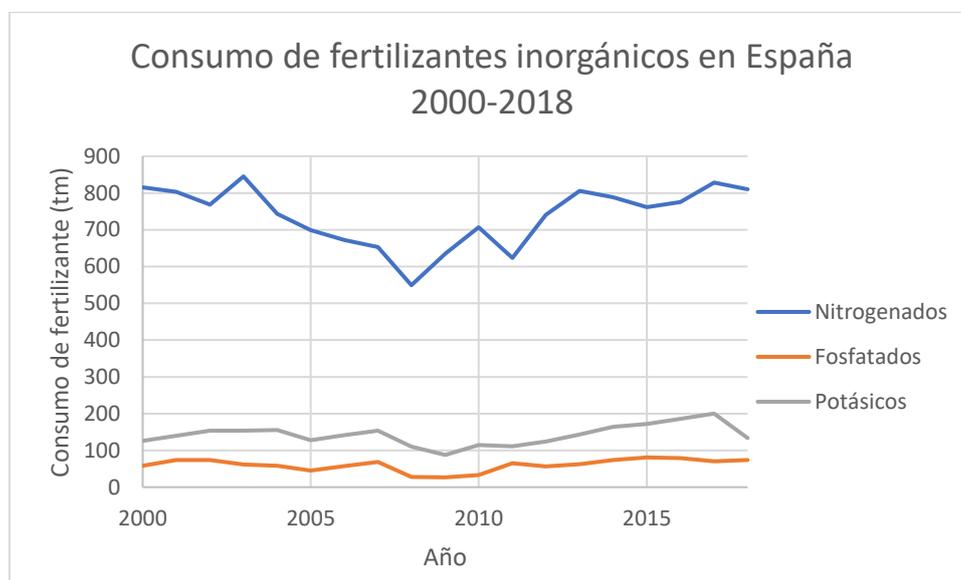


Fig. 16 – Consumo de fertilizantes inorgánicos en España. Fuente: IFASTAT / Consumption (2018)

Los fertilizantes inorgánicos pueden ocasionar diversos problemas. Por un lado, existe el problema del contenido en metales pesados, debido a que, en la mayoría de los casos, durante el proceso de transformación, estos fertilizantes no son lo suficientemente purificados, por razones económicas, y usualmente contienen impurezas de metales pesados, acabando estos, en los suelos de cultivo. Los metales pesados que estos

fertilizantes pueden contener, son en su mayoría, mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), cobre (Cu) y níquel (Ni).

Estos metales pueden afectar al medioambiente, fauna, flora y salud humana.

En aguas, el exceso de nitrógeno que se aplica a los suelos puede llegar a aguas mediante drenaje, lixiviación y escorrentía, provocando que este sea transformado a nitrato por microorganismos, llegando este último, a alcanzar las aguas subterráneas y significando un riesgo para la salud de las personas, animales y/o plantas. Por otro lado, el incremento de fósforo juntamente con el de nitrógeno, puede dar lugar a un incremento de plantas acuáticas y algas, consumiendo el oxígeno disponible y dando lugar al fenómeno llamado eutrofización. Este fenómeno provoca la muerte de organismos en el agua y causa que el agua no sea apta para el consumo.

En suelos, los altos niveles de sodio y potasio, pueden causar deterioro en la fertilidad, reduciendo el pH, debido a la formación de ácidos y provocando así un desequilibrio y en consecuencia la muerte de organismos que habitan en los suelos.

En el aire también puede provocar impactos. El uso excesivo de fertilizantes provoca emisiones de monóxido de nitrógeno (NO), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de nitrógeno (NO₂) a la atmósfera. Especialmente, en suelos calcáreos y alcalinos y cuando se utilizan fertilizantes de amonio con urea, ya que estos pueden dar lugar a la evaporación de amoniaco, siendo este peligroso para la vegetación y organismos cuando este se oxida a ácido nítrico pudiendo causar lluvia ácida cuando reacciona con el ácido sulfúrico proveniente de la industria (Savci, S., 2012).

En el estudio de Eugenia, G. *et al.*, (1996) se analizaron las concentraciones anuales de metales pesados de los suelos del parque natural de Albufera (Valencia, España) debido al uso de diferentes fertilizantes y se obtuvieron los resultados de la Tabla 6.

Tabla 6 - Estimación de concentración de metales pesados añadidos al suelo según fertilizante (mg/kg) (a g-1 ha-1 año-1). Fuente: Eugenia, G. *et al.*, (1996)

	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	Mn
Fertilizante								
Sulfato de cobre	7,14	2,24	8925 ^a	21	385	749	-	-
Sulfato de hierro	6,2	270,2	60	100	2000	2600	40200 ^a	44000
Urea	2,4	15,3	120	-	-	-	-	-
Superfosfato	1332	270	7500	-	-	30000	-	-

Los valores detectados están por debajo del valor límite de la legislación española (Real Decreto 1310/90, de 29 de octubre), sin embargo, estos metales pesados pueden suponer un riesgo para la salud.

Los metales pesados entran en el organismo principalmente por inhalación e ingesta oral, siendo este último el canal principal de exposición. A ciertos niveles, la acumulación de metales en la cadena trófica puede ser un riesgo para la salud humana y además cabe destacar, que algunos metales pueden cambiar su forma química incrementando el riesgo para la salud humana. Especialmente, uno de los metales pesados que pueden ocasionar más nivel de toxicidad debido a su capacidad de acumularse en suelo, plantas y animales, es el cadmio. Entre otros problemas, un uso

intensivo de fertilizantes, puede causar un decrecimiento del pH y por lo tanto incrementar la disponibilidad de metales pesados, agravando más el problema de deterioro, calidad alimentaria, lixiviación de metales e impactos en los organismos del suelo (Atafar, Z. *et al.*, 2010).

En la zona deltaica del Ebro se ha detectado en los últimos años la presencia de diferentes niveles de metales pesados y contaminantes orgánicos en el agua, biota y sedimentos. Esto es debido principalmente a la agricultura y ganadería intensiva y a la minería.

Como se ha visto anteriormente, el aporte de fertilizantes inorgánicos constituye una deposición de metales pesados en los suelos contaminando de esta forma el cultivo de arroz y llegando este a ser ingerido por el consumidor final.

En el artículo de Ferré-Huguet *et al.* (2008) que tiene como lugar de estudio el Delta del Ebro, se estiman las concentraciones de: arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni) y plomo (Pb), que son ingeridos diariamente por ocho grupos de consumidores (niños, niñas, adolescentes, varones, mujeres y mayores) a través del consumo de nueve tipos de alimentos (alcachofa, tomate, coliflor, lechuga, mandarina, naranja, pera, manzana y arroz). En este trabajo analizaremos los datos referentes a la ingesta de arroz que además resulta ser el alimento que provoca la más alta concentración de metales pesados debido a su ingesta.

La Tabla 7 resume la ingesta diaria de los ocho grupos analizados a través del consumo de arroz. Se puede observar, que existe una ingesta significativa de arsénico (As), cromo (Cr), cobre (Cu) y manganeso (Mn). Esto es debido a que el consumo de arroz en la zona es también muy elevado.

Tabla 7 - Ingesta ($\mu\text{g}/\text{día}$) de metales pesados a través del consumo de arroz según diversos grupos de edad y género. Fuente: Ferré-Huguet *et al.*, (2008)

	Niños y niñas (4-9 años)		Adolescentes 10-19 años		Adultos (20-65 años)		Mayores (66-80 años)	
	Niños	Niñas	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
As	4,6	4,08	5,07	4,5	5,01	3,87	4,33	3,69
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	29,52	26,2	32,54	28,88	32,15	24,87	27,82	23,67
Cu	24,54	21,78	27,05	24,01	26,72	20,67	23,12	19,67
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	160,42	142,39	176,83	156,95	174,69	135,12	151,15	128,6
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-

El estudio afirma que ninguna de las concentraciones de metales pesados encontradas tras la ingesta de los nueve alimentos supone un riesgo importante para la salud. Sin embargo, el arsénico en su forma inorgánica puede ser un riesgo importante si se ingiere una dosis excesiva. El consumo de este a través de los alimentos puede provocar cáncer y daños en la piel. Este está también asociado con enfermedades cardiovasculares y

diabetes. Durante el embarazo y a edades tempranas puede impactar negativamente al desarrollo cognitivo del niño.

7.3 Comparación económica y competitividad de ambos tipos de cultivo

Se ha observado que la agricultura ecológica tiene múltiples ventajas, sin embargo, el mercado del arroz ecológico debe también ser rentable para los agricultores y para las personas involucradas en su cadena de valor.

En este apartado se compararán los elementos económicos involucrados en ambas producciones de este cereal para conocer si este tipo de cultivo es rentable.

7.3.1 Subvenciones y ayudas en la agricultura ecológica

El sistema de pagos se conoce como Régimen de Pago Básico (RPB) que incluye tres pagos de obligada aplicación que son: pago básico, pago verde y ayudas a jóvenes agricultores. También existen tres pagos de carácter voluntario y son: los pagos acoplados, ayudas a zonas con limitaciones naturales y el pago redistributivo.

El “Greening” o también llamado “Pago verde” es una herramienta de la Política Agraria Común (PAC) de la unión europea que tiene como objetivo incentivar las buenas prácticas medioambientales en los cultivos y que su vigencia se encuentra comprendida entre 2015 y 2020. Este pago puede suponer hasta el 30% del límite presupuestario de los Estados Miembros, por ejemplo, para el año 2019 el presupuesto fue de 1.468 millones de euros. El importe que recibe el agricultor es un porcentaje del valor total de los derechos de pago básico que pueda disfrutar el agricultor cada año. Este porcentaje se determina y se publica anualmente en la web del FEAGA y normalmente es superior al 50%. Por ejemplo, para el año 2019 este coeficiente fue de 51,59%.

Para acceder a estas ayudas los agricultores deben emplear unas prácticas ecológicas específicas.

Tienen derecho automáticamente al pago aquellos agricultores que:

- Ya se dedican a la agricultura ecológica.
- Aquellos acogidos al régimen de pequeños agricultores que son aquellos que cobran menos de 1.250€ de pagos directos.
- Aquellos que disponen de cultivos permanentes, y que deben permanecer en el terreno más de cinco años.

Se trata de una ayuda anual que se recibe por cada hectárea que cumpla las siguientes tres prácticas medioambientales:

- **Diversificación de cultivos:** Las explotaciones que dispongan de entre 10 y 30 hectáreas de tierras de cultivo deben contar por lo menos con dos cultivos diferentes y el principal no debe superar el 75% de la superficie. Las explotaciones que tengan más de 30 hectáreas deben contar con al menos tres cultivos, el cultivo principal debe ocupar menos del 75% de la superficie y los

otros dos cultivos menos del 95% de la misma. Estarán exentos de cumplir este requisito aquellas explotaciones en las que más del 75% de la superficie agrícola este dedicada al cultivo de arroz mediante inundación.

El índice de biodiversidad se puede calcular utilizando el índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949) como:

$$H = - \sum_i^n p_i \ln p_i$$

donde:

n es el número de cultivos

p_i es la proporción de cada cultivo i dentro de la explotación s_i/S

s_i es la superficie de cada cultivo i .

S es la superficie agraria total de la explotación

Este índice es usado para definir el índice de biodiversidad mínimo que la explotación debe cumplir.

Además, se debe utilizar el método de rotación de cultivos en un mismo terreno. Una de estas rotaciones puede ser el barbecho, que es una técnica en la cual la tierra de cultivo se deja de sembrar durante uno o varios ciclos vegetativos. Esta práctica conserva el buen estado del suelo y sirve para prevenir enfermedades.

- **Mantenimiento de los pastos permanentes existentes:** Se realizará un control anual de la superficie declarada de pastos respecto al valor de referencia existente en 2015. Si la superficie disminuye más de un 5%, los agricultores que hayan eliminado dicho pasto deberán restaurarla. Estarán exentos de cumplir este requerimiento aquellos que cultiven arroz por inundación.
- **Contar con superficies de interés ecológico en las explotaciones:** Si una explotación tiene más de 15 hectáreas, el agricultor deberá dedicar al menos un 5% a Superficies de Interés Ecológico (SIE), las cuales pueden ser tierras de barbecho, cultivos fijadores de nitrógeno (legumbres, judía, lenteja, etc.), superficies forestadas al amparo de Desarrollo Rural o superficies dedicadas a la agrosilvicultura. En estas superficies existe la prohibición explícita del uso de fitosanitarios (insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, etc.).

La reglamentación permite además que se adopten prácticas equivalentes o mejores a las mencionadas siempre y cuando se demuestre su beneficio para el medioambiente.

7.3.2 Comparación del coste de producción

La comparativa económica ha sido realizada conjuntamente con la ayuda de los agricultores en el Delta el Ebro. Se han clasificado los diferentes costes según operación:

1. Labores preparatorias

En esta fase el coste económico contempla el alquiler de maquinaria, la obtención de materias primas como por ejemplo el combustible y la mano de obra. Se observa que el coste es superior en el cultivo ecológico ya que este tipo de cultivo necesita de una preparación del terreno más laboriosa para asegurar una buena distribución del agua y también para asegurar que son eliminadas las posibles amenazas que puedan quedar enterradas.

2. Abonado del suelo

Los precios de los abonos ecológicos son superiores a los del abono convencional además las dosis a aplicar son superiores, lo que incrementa el coste en esta operación debido a que las horas de uso de maquinaria para la aplicación de estos, también son superiores.

3. Siembra

La semilla para ser usada en el cultivo ecológico puede ser no tratada o certificada, esta última tiene un precio superior a la semilla del convencional.

4. Riego

El consumo de agua en el ecológico es superior ya que la inundación debe ser superior para poder hacer frente a las posibles amenazas. No obstante, en el Delta del Ebro los agricultores pagan una cuota por hectárea sin importar el consumo. Sin embargo, el control del riego en agricultura ecológica es más complejo por lo que incrementa el coste de mano de obra de los operadores del equipo de riego.

5. Tratamiento

En esta operación, existe un coste extra en el tratamiento del cultivo convencional ya que la dosis de aplicación de fitosanitarios es superior. Sin embargo, en el cultivo ecológico también se aplican fungicidas los cuales tienen un coste superior a los fertilizantes químicos, aunque no sobrepasan los costes de operación del cultivo convencional.

6. Recolección

La recolección se realiza de igual forma en ambos tipos de cultivo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, en el tratamiento de secado de arroz, en el arroz ecológico el coste de operación es mayor ya que las secadoras deben ser limpiadas previamente al secado del arroz ecológico. En el cálculo no se ha tenido en cuenta ya que se escapa del objetivo de análisis y además es coste que en algunos casos es el comprador quien lo paga.

Los costes por operación reflejados en la Tabla 8 son costes por hectárea. Debe tenerse en cuenta que la producción por hectárea mediante el cultivo convencional es superior a la producción ecológica. En general se puede considerar una producción media de 7.500 kilogramos de arroz por hectárea en el cultivo convencional y 3.500 kilogramos de arroz

por hectárea en el cultivo ecológico, lo que supone una reducción en la producción del 46%.

Tabla 8 - Comparación de costes por hectárea entre el cultivo convencional y ecológico dividido en operaciones. Elaboración propia.

Operaciones	Concepto	Coste (€/ha)		Diferencias entre convencional y ecológico
		Convencional	Ecológico	
Labores preparatorias	Alquiler de maquinaria	200	400	Construcción de desagües más compleja en el ecológico, requiere más maquinaria y más horas de alquiler.
	Materias primas (ej. Combustible)	150	300	El consumo de combustible es mayor en el cultivo ecológico ya que se debe asegurar una completa destrucción de malas hierbas. Esta operación debe repetirse de 3 a 5 veces mediante falsa siembra.
	Mano de obra	200	300	En ecológico son necesarias más horas de mano de obra
Abonado del suelo	Alquiler de maquinaria	150	400	Los abonos ecológicos tienen una concentración de nutrientes inferior a los convencionales, lo que requiere que deba ser aplicado en más abundancia y en consecuencia el tiempo de uso de la maquinaria es superior.
	Materias primas (ej. Combustible)	150	350	El consumo de combustible es mayor en el cultivo ecológico ya que se requiere más tiempo de operación y en consecuencia más cantidad de combustible.
	Fertilizante 1: suspensión en convencional y orgánico en ecológico	400	700	Los abonos ecológicos son más caros y además la dosis a aplicar es superior.
	Fertilizante 2: Urea en convencional y orgánico en ecológico	200	300	
Fertilizante 3: Sal amoniacal en convencional y orgánico en ecológico	200	300		
Siembra	Tratado de la semilla (Desinfección)	30	0	Debido a que no se ofertan semillas ecológicas, los Consejos de Agricultura Ecológica autorizan la semilla convencional pero sin tratar.
	Materias primas (Semillas)	40	50	La semilla en ecológico puede ser sin tratar o bien certificada, lo que incrementa su precio. Adicionalmente, la cantidad de semillas a utilizar en ecológico es superior para así cubrir las pérdidas en producción debido a adventicias.
Riego	Consumo de agua	215	215	En el cultivo ecológico el consumo de agua es superior al convencional para combatir las posibles plagas. Sin embargo, la cuota a pagar a las comunidades de regantes son fijas según la superficie que riegan.
	Mano de obra	90	120	Es más elevado en ecológico ya que la inundación requiere de más control y resulta más laboriosa.
Tratamiento	Fitosanitario 1: Herbicida en convencional	60	0	No se usa en ecológico.
	Fitosanitario 2: segundo herbicida en convencional	60	0	No se usa en ecológico.
	Fitosanitario 3: fungicida	60	100	El producto en ecológico es más caro y la cantidad a aportar es mayor.
		2205	3535	

Para el cálculo económico se han seguido las siguientes ecuaciones básicas aplicadas también en el estudio “Economics of organic rice production” de Adhikari, R. K., (2011)

- Coste total = Coste preparación del terreno + Coste del fertilizante + Coste mano de obra + Coste de otros añadidos (coste de fitosanitarios, coste de elementos de riego...)
- Margen bruto = Ingreso total – Coste total
- Ratio Beneficio – Coste = Ingreso total / Coste total

En cuanto a la diferencia entre valor de venta convencional y ecológico, podemos considerar aproximadamente en el convencional 0,30 €/kg mientras que el ecológico es de 0,8 €/kg.

Considerando las producciones por hectárea, el precio de venta por kilo para cada tipo de cultivo y considerando que se vende todo lo que se produce, el **ingreso por hectárea** toma los siguientes valores:

$$\text{Ingresos en convencional} = 0,30 \text{ €/kg} \cdot 7500 \text{ kg/ha} = 2250 \text{ €/ha}$$

$$\text{Ingresos en ecológico} = 0,80 \text{ €/kg} \cdot 3500 \text{ kg/ha} = 2800 \text{ €/ha}$$

Adicionalmente, deben considerarse las ayudas de la administración. En el cultivo convencional las administraciones pueden llegar a **subvencionar cada hectárea con 1230€**, adicionalmente las hectáreas en las que se realiza **cultivo de arroz ecológico reciben una subvención de 900€ los tres primeros años**.

Procedemos a calcular el **margen bruto por hectárea**, tras conocer los tres factores, ingreso, subvenciones y coste por hectárea.

$$\text{Margen bruto por hectárea} = \text{ingresos} + \text{subvenciones} - \text{coste}$$

$$\text{Convencional} = 2250 + 1230 - 2205 = 1275 \text{ €/ha}$$

$$\text{Ecológico (tres primeros años)} = 2800 + (1230 + 900) - 3535 = 1395 \text{ €/ha}$$

$$\text{Ecológico (tras los tres primeros años)} = 2800 + 1230 - 3535 = 495 \text{ €/ha}$$

Por último, se puede calcular la **ratio beneficio – coste**

$$\text{Ratio beneficio - coste (B/C)} = \text{ingreso} / \text{coste}$$

$$\text{Ratio B/C convencional} = (2250 + 1230) / 2205 = 1,57$$

$$\text{Ratio B/C ecológico (tres primeros años)} = (2800 + 1230 + 900) / 3535 = 1,39$$

$$\text{Ratio B/C ecológico (tras los tres primeros años)} = (2800 + 1230) / 3535 = 1,14$$

En la Tabla 9 se comparan los valores mencionados anteriormente y se puede concluir que, el cultivo ecológico del arroz resulta menos rentable que el convencional, especialmente tras haber transcurrido tres años desde el inicio de este tipo de cultivo, que es cuando la administración no ofrece más subvención.

Tabla 9 - Cuadro resumen comparativo de los factores económicos entre el cultivo de arroz convencional y el ecológico

Concepto	Convencional	Ecológico (< 3 años)	Ecológico
Producción [kg/ha]	7500	3500	3500
Precio de venta [€/kg]	0,3	0,8	0,8
Costes [€/ha]	2205	3535	3535
Ingreso [€/ha]	2250	2800	2800
Margen bruto [€/ha]	1275	1395	495
Ratio B/C	1,57	1,39	1,14
Precio de venta final [€/kg]	0,99	3	3

7.3.3 Comercialización

La comercialización del arroz ecológico frente al del convencional también es un punto muy importante, ya que este nuevo arroz más sostenible con el medioambiente también debe ser competitivo para conseguir que los consumidores escojan esta opción.

Actualmente el precio medio de 1 kg de arroz convencional en España es de 0,99€/kg, frente a 3€/kg del arroz ecológico. Pero afortunadamente las preferencias de los consumidores no solo tienen en cuenta el factor económico.

En un estudio realizado en España por el Servicio de Investigación Agroalimentaria de Aragón, se realizó un estudio acerca de la disponibilidad a pagar por un aceite de oliva ecológico. El experimento fue diseñado para analizar, uno; el efecto de que conocieran el precio de referencia de un aceite de oliva convencional antes de la compra y dos; los efectos de utilizar diferentes canales de comunicación para informar de los atributos específicos de este nuevo producto.

Los resultados demostraron que la disponibilidad a pagar era más alta cuando se conocía el precio de referencia del mismo producto, pero producido de forma convencional, es decir que estaban dispuestos a pagar un poco más.

Sin embargo, los resultados más significativos se dieron cuando entraba en juego el factor información sobre los atributos del producto. Se observó que cuando los participantes no disponían de la información del producto, su disponibilidad a pagar no era alta, los folletos informativos tampoco resultaban efectivos. Las diferencias significativas se daban cuando una persona experta les proporcionaba la información de las propiedades del producto mediante presentación oral (Soler, F. *et. al.*, 2002).

Por lo tanto, el estudio nos sugiere que para poder conseguir que los consumidores opten por la opción de un producto ecológico, no es tan importante que el precio sea competitivo con el precio de referencia, sino que es más importante y efectivo que conozcan bien los atributos de ese producto y que la información sea divulgada por una persona experta.

En conclusión, una buena comercialización del arroz ecológico, incluye también una buena divulgación de sus atributos.

8 Entrevistas de campo

En este apartado se redactan las entrevistas realizadas a dos agricultores que se dedican al cultivo del arroz en el Delta del Ebro, uno realiza una agricultura ecológica mientras que el segundo cultiva arroz en conversión a ecológico.

8.1 Entrevista a técnico en agricultura ecológica

En 1997 SEO/BirdLife inició el proyecto sobre la restauración de los humedales para dedicarlos al cultivo de arroz ecológico bajo a línea de financiación LIFE. El objetivo fundamental era estudiar la viabilidad ambiental, agronómica y económica del cultivo ecológico del arroz en el Delta del Ebro. Se dividieron 35 hectáreas de arrozales en tres tipos de cultivo diferentes: convencional; con medidas agroambientales; ecológico. Los resultados fueron:

- Mayor densidad de aves e invertebrados en el cultivo ecológico.
- Mayor densidad de peces y biomasas en el ecológico.
- Mayor producción de arroz en el convencional.

Llegados a este punto, se confirmó que el cultivo ecológico podía llegar a ser rentable. SEO/BirdLife entonces decidió promover la compra de una finca, para dedicarlo exclusivamente al cultivo ecológico del arroz. Se anunció la iniciativa a los socios de dicha ONG y casi 200 personas y entidades compraron acciones o participaciones de la nueva empresa (Riet Vell, S.A). La empresa comenzó a operar en marzo 2001 con una finca de 54 ha de las cuales 11 se destinan a restaurar las marismas naturales y 42 se utilizan para la producción ecológica de arroz. En la cosecha de 2019 fue de 115 toneladas.

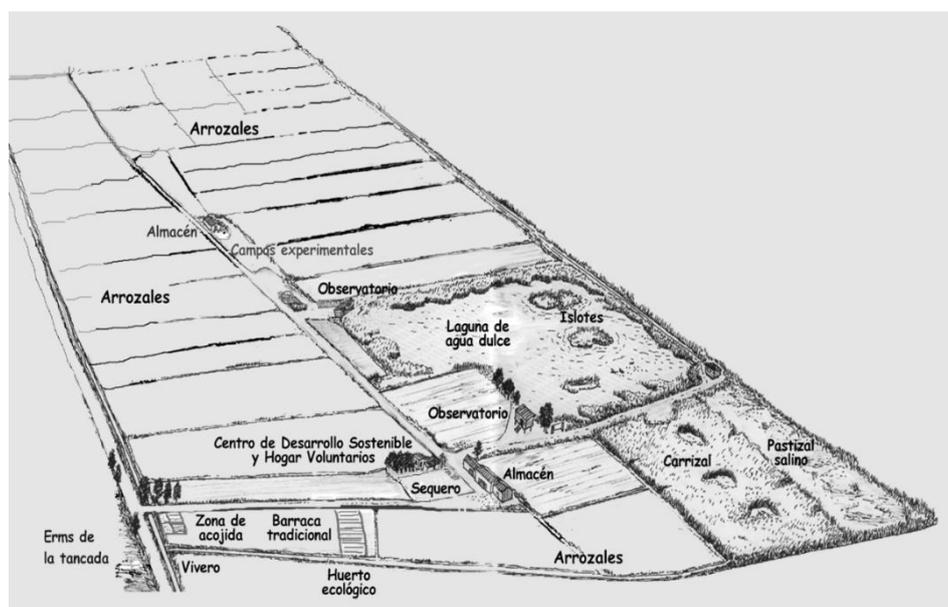


Fig. 17 - Esquema de la finca Riet Vell

A continuación, la entrevista realizada por video conferencia a Juan Carlos Cirera, secretario de Riet Vell, el día 8 de Octubre de 2020 a las 14:30:

1. ¿Cuál es vuestra metodología de cultivo?

Utilizamos la siembra por inundación.

1. Preparamos muy bien la tierra.
2. Se deja secar bien el terreno antes de la siembra durante los meses Marzo Abril Mayo. Esto se hace para eliminar las semillas que puedan quedar o al menos, para dificultar su germinación y puedan dar lugar a una menor producción de arroz.
3. Posteriormente inundamos el campo de cultivo.
4. Se esparce el arroz mediante la técnica de voleo que previamente ha estado ya en remojo, aproximadamente se esparcen 250 kg de semilla por hectárea.
5. Se suben mucho los niveles de agua. Para que las plantas que no interesan no puedan subir a la superficie y mueran. Después de esa muerte se baja el nivel de agua para que el arroz no muera.
6. Después de estos procesos, se deja crecer el arroz, supervisando siempre las posibles amenazas que puedan afectar al cultivo.
7. En el mes de octubre, se realiza la cosecha.
8. Después de la cosecha se deja el arroz secar al sol o bien se lleva a una secadora.
9. Posteriormente se lleva este arroz a un molino de secado mixto que debe estar previamente limpio para la incorporación del cultivo ecológico.

2. ¿Utilizáis algún producto para el tratamiento de la semilla? ¿Cuál?

No, no es necesario utilizar ningún producto para el tratamiento de la semilla ya utilizamos nuestras propias semillas obtenidas de la cosecha del año anterior.

3. ¿Cómo se realiza el control de algas?

No solemos tener ningún problema de algas.

4. ¿Amenazas más importantes? ¿Cómo las combaten?

Scirpus también llamado chufa y la Echinochloa, también llamado cola de caballo. La forma que tenemos de combatir estas hierbas es la de realizar un buen secado de la tierra antes del proceso de siembra. Sin embargo, la primavera de 2020 fue muy húmeda por lo que el secado no se realizó correctamente y eso ha repercutido en un 33% menos producción que el año pasado.

Además, los flamencos también nos suponen un problema que pueden provocar unas pérdidas del 15% debido a que entran a los campos recién sembrados y afectan los cultivos.

5. ¿Tenéis tratamiento para la pyriculariosis y la helmintosporiosis?

Tenemos menos producción, por lo que la densidad de semillas en el suelo es menor y no se crean tantos hongos ya que existe mayor espacio entre semillas.

6. ¿Se realiza el fangueo para la eliminación de arroz salvaje?

No tenemos muchos problemas de arroz salvaje, realizamos fangueo tras la cosecha para facilitar la incorporación de la paja de arroz al suelo.

7. ¿Tenéis opción al pago verde? ¿Cómo funciona el tema de la exención por cultivos inundados?

Sí, tenemos opción al pago único y al pago verde.
Además, también la ayuda específica del arroz y a la ayuda agroambiental.

8. ¿Qué se hace con el residuo de la paja de arroz?

Nosotros reincorporamos la paja de arroz al suelo cuando el terreno esta con agua por medio del fangueo. Aporta materia orgánica al suelo.

9. ¿Por qué cultivar arroz mediante agricultura ecológica?

En SEO/BirdLife consideramos el cultivo de arroz interesante para estar cerca de determinadas zonas húmedas protegidas, debido a que es uno de los cultivos permanece inundado gran parte de su ciclo. Sin embargo, la agricultura convencional ejerce una presión muy fuerte en la biodiversidad del lugar debido al uso de fitosanitarios.

10. ¿Crees que podríamos abastecer la demanda mundial de arroz con arroz ecológico?

Es una buena pregunta y la verdad que, en un estudio realizado por el FIBL (Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica), se dio respuesta a esta pregunta, la cual creo que tiene sentido. La respuesta es que sí, bajo dos premisas:

1. Reduciendo el desperdicio de alimentos.
2. Comiendo menos carne, para que los campos que ahora se utilizan para el pasto, pudieran ser cultivados con cereales y otros productos para utilizarlos directamente en alimentación humana.

8.2 Entrevista a técnico en proceso de conversión de convencional a ecológico

Recordemos que el término “conversión” obliga a los agricultores el primer año a realizar el cultivo ecológico, pero comercializarlo como convencional. El segundo año se puede comercializar como cultivo en conversión y el tercer año ya pasa a ser un arroz ecológico. Durante este proceso la entidad CCPAE, que se encarga de realizar la certificación, obliga al agricultor a la cumplimentación de documentación y a realizar controles estrictos en el campo además de las pertinentes inspecciones por parte de la entidad.

En este caso la superficie de cultivo de esta finca cuenta con un total de 28,28 hectáreas, de las cuales 2,3 hectáreas están actualmente en proceso de conversión a cultivo de arroz ecológico. En esta finca se cultivan las variedades Carnaroli (Fig. 18) y Soto (Fig. 19). Este año debido a diversos problemas que se comentarán a continuación han producido 2.000 kg de arroz ecológico.



Fig. 18 – Variedad Carnaroli secándose al sol



Fig. 19 – Variedad Soto secándose al sol

A continuación, la entrevista realizada presencialmente a Enric Cort Garcia, el día 11 de Octubre de 2020 a las 11:00:

1. ¿Cuál es vuestra metodología de cultivo?

Nosotros realizamos la siembra en seco, creemos que tiene ventajas para reducir las pérdidas que pueden producir el caracol manzana, por lo que se puede

sembrar menos semillas. En el cultivo por inundación se cosecha un 60% de lo que se siembra.

1. Preparamos muy bien la tierra.
2. La dejamos secar durante la primavera para eliminar las semillas que puedan quedar para que no germinen y puedan dar lugar a un arroz de baja calidad.
3. Posteriormente inundamos el campo de cultivo para eliminar los insectos que puedan quedar en la tierra, como el caracol manzana y para que el suelo se humedezca y así facilitar la nascencia.
4. Se vuelve a bajar el nivel de agua.
5. Se reparten las semillas con la ayuda de un carro que ayuda a que el reparto de semillas sea lineal, uniforme y posicione la semilla a la profundidad adecuada.
6. Se activa el sistema de riego.
7. Después de estos procesos, se deja crecer el arroz, supervisando siempre las posibles amenazas que puedan afectar al cultivo.
8. En el mes de octubre, se realiza la cosecha.
9. Después de la cosecha se deja el arroz secar al sol.
10. Posteriormente se realiza un presecado con nuestra secadora.
11. Finalmente se lleva este arroz a un molino de secado mixto que debe estar previamente limpio para la incorporación del cultivo ecológico.

2. ¿Utilizáis algún producto para el tratamiento de la semilla? ¿Cuál?

No utilizamos ningún producto para su tratamiento ya que compramos siempre semilla certificada.

3. ¿Cómo se realiza el control de algas?

Para nosotros las algas no presentan un problema.

4. ¿Amenazas más importantes? ¿Cómo las combaten?

El problema básico es que en el Delta existe un total de 19 especies introducidas y que no son autóctonas de esta área. Estas crecen rápidamente y atacan el cultivo de arroz. El más peligroso que tenemos es el Caracol Manzana y para su control usamos saponina, que es un producto autorizado en la agricultura ecológica.

También tenemos muchos problemas con la polla de agua, las espantamos con cañones de gas butano.

Otra amenaza problemática es el Chilo (también llamado Barrenador) para el que utilizamos feromonas para confundir a los machos.

5. ¿Tenéis tratamiento para la pyriculariosis y la helmintosporiosis?

El año pasado se utilizó un producto llamado Kumulus que es básicamente azufre y que está autorizado para la agricultura ecológica. Sin embargo, este año no lo he usado y ya preveo unas pérdidas grandes en la cosecha debido a la piricularia.

6. ¿Se realiza el fanguero para la eliminación de arroz salvaje?

Sí normalmente lo hacemos.

7. ¿Tenéis opción al pago verde? ¿Cómo funciona el tema de la exención por cultivos inundados?

Sí. Además, los primeros años tenemos opción a subvenciones para ayudarnos a realizar la conversión.

8. ¿Qué se hace con el residuo de la paja de arroz?

La reincorporamos en el suelo para aportar materia orgánica. Aunque algunas veces la damos a algún interesado que pueda haber en las fincas de alrededor.

9. ¿Por qué cultivar arroz mediante agricultura ecológica?

Porque creemos que es necesario realizar una agricultura respetuosa con el medioambiente para reducir la presión ejercida sobre el ecosistema que rodea todo el delta. Además, tenemos como propósito cultivar no solo arroz ecológico sino también un arroz ético, es decir reducir al máximo la energía fósil y otros posibles impactos ambientales derivados del cultivo. Por ejemplo, nuestra preseadora funciona con pellets como forma de combustible.

Como proyecto futuro, queremos instalar unos almacenes equipados con baterías y con placas fotovoltaicas para poder recargar las baterías de la maquinaria que posteriormente se utilizará para operar en el campo. Además, queremos también instalar una depuradora que funcionará con energía renovable para asegurar que el agua que entra es limpia.

10. ¿Crees que podríamos abastecer la demanda mundial de arroz con arroz ecológico?

Esa es una buena pregunta y me la hago a menudo. La verdad no lo sé, pero tenemos que considerar que:

1. El arroz no es el único cereal por lo que haría falta una mayor variedad de consumo.

2. Se tira alrededor de un 30% de la comida y el arroz un candidato a ser desechado ya que es muy barato y parece que no importe desechar un poco.
3. El consumo En España es diferente, por ejemplo, en Cantabria se consumen 6 kg anuales, sin embargo, en Catalunya se consumen los 10 kg anuales.

Si alguna de estas variables fuera diferente, quizás se podría llegar a un abastecimiento mayor.

8.3 Conclusiones de las entrevistas

Como hemos podido observar, ambos tipos de cultivo son diferentes y no depende de que el cultivo sea en estado de conversión a ecológico o que sea puramente ecológico, sino que las prácticas están basadas en la experiencia y en las creencias de que un método es mejor que otro.

La producción ecológica de ambos centros de producción es menor que uno que produzca arroz convencional, por lo que las posibles enfermedades y dificultades también se ven reducidas, así como la necesidad de utilizar productos para controlar dichas adventicias.

Ambos agricultores, disfrutan de las subvenciones que el estado ofrece para promover la agricultura ecológica, incluso el agricultor en conversión puede disfrutar de una subvención extra durante los primeros años.

Ambos agricultores están muy concienciados no solo con la producción de arroz sostenible sino también con la protección del medioambiente en el delta del Ebro. Ambos defienden que una producción de arroz debe coexistir en armonía con el hábitat que le rodea haciendo un uso adecuado de los recursos y causando el menor impacto posible.

9 Conclusiones del trabajo

El arroz es un alimento indispensable en la dieta humana y su producción puede ejercer una fuerte presión sobre el medioambiente si esta no se realiza adecuadamente.

Debido a su alta demanda, el sector arrocero hace uso de productos fitosanitarios para controlar las posibles enfermedades y de fertilizantes inorgánicos para aumentar la fertilización del suelo y así aumentar su productividad para cubrir las necesidades alimentarias. Sin embargo, este método de cultivo, denominado convencional, provoca unos impactos negativos en el medioambiente.

El uso intensivo de fitosanitarios como el Malaltión, Diazinón y Molinato, provoca la muerte de moluscos en las bahías de la zona afectando directamente al sector de la acuicultura y en consecuencia al empleo. Además, el uso intensivo de herbicidas y pesticidas como el Glifosato, Byspiribac, Azoxistrobin y Malaltión reducen la fertilidad del suelo. Por último, el estudio ha analizado que estos fitosanitarios también tiene un

impacto en la salud humana, agroquímicos como el Paraquat, MCPA, Propanil y Glifosato son responsables de la mayoría de las muertes por ingesta de pesticidas.

El método convencional de cultivo también emplea fertilizantes inorgánicos y como se ha analizado en este trabajo, estos tienen un impacto negativo en el medioambiente y en la salud humana. Por un lado, su uso intensivo puede provocar un exceso de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno puede acabar en el agua como nitrato siendo este un riesgo para las personas, animales y/o plantas. El fósforo puede causar eutrofización en aguas debido a un exceso de nutrientes el cual provoca el crecimiento de algas y el consumo de oxígeno. Por último, los altos niveles de sodio y potasio pueden causar el deterioro de la fertilidad, ya que reduce el pH, provocan ácidos y en consecuencia un desequilibrio que provoca la muerte de microorganismos. Además, estos fertilizantes pueden contener en su mayoría impurezas en metales pesados como mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), cobre (Cu) y níquel (Ni), estos pueden ser ingerido por las personas a través del arroz y estos pueden suponer un riesgo para la salud, especialmente el arsénico.

En cuanto a la comparación económica de los costes de producción de un tipo de producción u otra en el Delta del Ebro, el arroz convencional resulta más rentable debido a que presenta una producción por hectárea superior, además de unos costes inferiores. Esto incurre en un precio de venta en el mercado del arroz ecológico más elevado que el convencional, reduciendo así su competitividad. Sin embargo, si se tuvieran en cuenta los impactos ambientales y socioeconómicos, posiblemente los resultados económicos se invertirían, favoreciendo entonces al cultivo ecológico, debido a que los productos químicos utilizados en el cultivo convencional pueden ocasionar daños a la salud pública y a los ecosistemas entre otros por lo que estos daños se pueden atribuir como costes.

Por último, la competitividad del arroz ecológico en el mercado, puede verse mejorada si se realiza una mejor divulgación sobre sus atributos a los consumidores.

Por último, las entrevistas con los técnicos agricultores evidencian que una producción ecológica del arroz en el Delta del Ebro es más compleja y menos rentable que la convencional pero necesaria a largo plazo para preservar los servicios ambientales que la zona ofrece.

En conclusión, las administraciones públicas deben apoyar la investigación y experimentación para modernizar y aumentar la productividad de la agricultura ecológica, haciendo frente a la demanda de este alimento asegurando una producción en armonía con el ecosistema.

10 Futuras vías de investigación

En este trabajo se analizan, los impactos directos relacionados con los diferentes sistemas de agricultura (coste de materiales, obtención de materias primas, mano de obra, subvenciones...), sin embargo, el análisis económico debería ser más extenso si se

desearan incluir externalidades de carácter socioeconómicos y ambientales derivados de este tipo de agricultura.

Como futuras vías de investigación, se puede recomendar realizar el análisis económico de:

- Impactos al medioambiente y a la salud debido al uso de fitosanitarios en agricultura convencional. Para ello se debe poner especial atención al sistema marino y a las actividades de acuicultura. Además, las enfermedades generadas por el uso de fitosanitarios también provocan un coste en las administraciones públicas de salud que debe ser evaluado.
- Los daños al medioambiente y a la salud debido al uso intensivo de fertilizantes inorgánicos, donde sería necesario realizar la cuantificación y la valoración económica de las muertes o enfermedades, daños a la fauna y la flora debido a la acumulación de metales pesados.
- Otro posible análisis económico, sería el análisis de la disposición a pagar de los compradores de arroz ecológico. Esto generalmente se realiza mediante el método de valoración contingente o experimentos de elección. Estos métodos consisten en realizar encuestas a los ciudadanos para así poder determinar cuánto estarían dispuestos reproduciendo el estudio de My, Nguyen. H. D. *et al.* (2018) llevado a cabo en Vietnam .

En el trabajo se detallan estos daños, pero no se valoran económicamente, ya que este análisis monetario requeriría métodos de economía ambiental, donde la valoración monetaria de cada impacto daría como resultado un trabajo de investigación propio, incluyendo sus propios objetivos y metodología.

11 Bibliografía

Abdul Rahman, M. H. *et al.* (2019) 'Life cycle assessment in conventional rice farming system: Estimation of greenhouse gas emissions using cradle-to-gate approach', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 212, pp. 1526–1535. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.12.062.

Abril, D., Navarro, E. A. and Abril, A. J. (2009) *La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento*. Researchgate. Agron. 17(2): 69-79, 2009

Adhikari, R. K. (2011) 'Economics of Organic Rice Production', *Journal of Agriculture and Environment*, 12, pp. 97–103. doi: 10.3126/aej.v12i0.7569.

AMIS (2020) *Agricultural Market Information System: AMIS crops at a glance* (2020). Disponible en: <http://www.amis-outlook.org/indicators/amis-crops-at-a-glance/en/> (Consultado: 28 de julio 2020).

Atafar, Z. *et al.* (2010) 'Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration', *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4), pp. 83–89. doi: 10.1007/s10661-008-0659-x.

Boone, L. *et al.* (2019) *Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment*, *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 695, p. 133841. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133841.

Chams, N., Guesmi, B. and Gil, J. M. (2020) 'Beyond scientific contribution: Assessment of the societal impact of research and innovation to build a sustainable agri-food sector', *Journal of Environmental Management*. Academic Press, 264. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110455.

Chaves-Bedoya, G., Ortíz-Moreno, M. L. and Ortiz-Rojas, L. Y. (2013) 'Effect of agrochemicals on soil microorganisms of a rice culture', *Acta Agronómica*, 62(1), pp. 66–72.

Chelleri, L. (2013) *Sostenibilidad y resiliencia socioecológica en el delta del Ebro*, 59, pp. 239–263.

Chen, W. *et al.* (2019) 'The socio-economic impacts of introducing circular economy into Mediterranean rice production', *Journal of Cleaner Production*, 218, pp. 273–283. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.334.

Cooperativas Agro-alimentarias (2018) *Datos de producción Campaña 2018/2019*. España

Dawson, A. H. *et al.* (2010) 'Acute human lethal toxicity of agricultural pesticides: A prospective cohort study', *PLoS Medicine*, 7(10). doi: 10.1371/journal.pmed.1000357.

Departament d' Agricultura Alimentació i Acció Rural (2008) 'El cultivo del arroz ecológico del arroz en zonas costeras (ORPESA)', p. 149. Disponible en: http://pae.gencat.cat/web/.content/de_departament/de10_publicacions_dar/de10_01_agricola/documents/fitxers_estatics/el_conrreu_ecologic_arros_castella.pdf.

Eugenia, G. *et al* (1996) 'Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils', 92(1), pp. 19–25.

Ferré-Huguet, N. *et al.* (2008) 'Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain', *Biological Trace Element Research*, 123(1–3), pp. 66–79. doi: 10.1007/s12011-008-8113-z.

Fertiberia (2020) *Abonado del Arroz*. Disponible en: <https://www.fertiberia.com/es/agricultura/servicios-al-agricultor/guia-del-abonado/arroz/> (Consultado: 25 de septiembre 2020).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2020). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Consultado: 28 July 2020).

Food Outlook (2020) – *Biannual Report on Global Food Markets* (2020) FAO. doi: 10.4060/ca9509en.

Fundación Aquae (2020) *El uso del agua en la agricultura*. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/5-000-litros-de-agua-1-kilo-de-arroz-el-uso-del-agua-en-la-agricultura/> (Consultado: 3 de agosto de 2020).

IFASTAT / *Consumption* (2018). Disponible en: <https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition> (Consultado: 7 de enero 2021).

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (2020) - *Informe de Inventario Nacional de gases de efecto invernadero (2020) (Serie 1990-2018)*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx> (Consulta: 29 Julio de 2020).

Kellogg's (2020) *Map - Working with Farmers*. Disponible en: https://www.openforbreakfast.com/en_US/content/sustainability/working-with-farmers.html (Consulta: 4 de agosto de 2020).

Kim, S. (2018) *Environmental Implications of Eco-Labeling for Rice Farming Systems*, pp. 1–19. doi: 10.3390/su10041050.

Köck, M. *et al.* (2010) 'Integrated ecotoxicological and chemical approach for the assessment of pesticide pollution in the Ebro River delta (España)', *Journal of Hydrology*. Elsevier B.V., 383(1–2), pp. 73–82. doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.12.029.

Mañosa, S., Mateo, R. y Guitart, R. (2001) 'A review of the effects of agricultural and industrial contamination on the Ebro delta biota and wildlife', *Environmental Monitoring and Assessment*, 71(2), pp. 187–205. doi: 10.1023/A:1017545932219.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2018a): *El sector ecológico se consolida en España, según los datos de 2018 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-sector-ecologico-se-consolida-en-espana-segun-los-datos-de-2018-del-ministerio-de-agricultura-pesca-y-alimentacion/tcm:30-520117> (Consulta: 29 Julio 2020).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2018b): *Informe del consumo alimentario en España 2018* Disponible en: https://www.mapa.gob.es/images/es/20190807_informedeconsumo2018pdf_tcm30-512256.pdf (Consulta: 29 Julio 2020).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020) - *Producción Ecológica Estadísticas provisionales 2019* Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccioneco/estadisticasprovisionaleseco2019_tcm30-540808.pdf (Consulta: 04 de agosto de 2020)

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España (2017). *Arroz*. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/default.aspx>. (Consulta: 01/08/2020)

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España (2020). 'Lista comunitaria de sustancias activa aprobadas, excluidas y en evaluación comunitaria, sustancias de bajo riesgo, sustancias candidatas a la sustitución y listas de sustancias básicas' pp. 1–32.

My, Nguyen. H. D. *et al.* (2018) 'What is the value of sustainably-produced rice? Consumer evidence from experimental auctions in Vietnam', *Food Policy*. Elsevier, 79(August), pp. 283–296. doi: 10.1016/j.foodpol.2018.08.004.

NC2, 2011. Malaysia Second National Communication to the UNFCCC. *Ministry of Natural Resources and Environment, Malaysia*.

Reid, W. H. (2010) *Preventing suicide*, *Journal of Psychiatric Practice*. doi: 10.1097/01.pra.0000369973.10650.13.

Roselló i Oltra, Josep (2005) 'El arroz en cultivo ecológico' *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca*

RuralCat.net, G. (2006) 'Nuevos avances en el cultivo del arroz'. Disponible en: http://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?p_l_id=512641&folderId=5610212&name=DLFE-26359.pdf.

Autor: Joshua Torres Herrero

Documento: Trabajo final de máster en Ingeniería ambiental

Fecha: 25/01/2021

Título: Análisis ambiental y social de agricultura ecológica en el Ebro



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Savci, S. (2012) ‘Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment’, *APCBEE Procedia*, 1(January), pp. 287–292. doi: 10.1016/j.apcbee.2012.03.047.

Sistema Español de Inventario de emisiones (2017) *Emisiones de cultivos inundados – ‘Contaminantes inventariados’*. doi: 10.01.03.

Soler, F., Gil, J. M. and Sánchez, M. (2002) ‘Consumers’ acceptability of organic food in Spain: Results from an experimental auction market’, *British Food Journal*, 104(8), pp. 670–687. doi: 10.1108/00070700210425921.

Unay-gailhard, I. *et. al.*, (2019) ‘The impact of green economy measures on rural employment : Green jobs in farms’, 208. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.160.

UNEP, 2008. Green Jobs e towards Decent Work in a Sustainable, Low-carbon World, Report Produced by World Watch Institute and Commissioned by UNEP. ILO, IOE, ITUC, Nairobi.

World’s Top Exports (2019) *Rice Exports by Country 2019*. Disponible en: <http://www.worldstopexports.com/rice-exports-country/> (Consultado: 2 de mayo 2020).