



2

Serie **Sostenibilidad**

Indicadores de sostenibilidad de la agricultura y ganadería españolas

Alberto Garrido (Coordinador)
CEIGRAM- ETS de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid

**Indicadores
de sostenibilidad
de la agricultura
y ganadería españolas**

Serie **Sostenibilidad** [2]

Indicadores de sostenibilidad de la agricultura y ganadería españolas

Alberto Garrido (Coordinador)

CEIGRAM-Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid



Dirección técnica

Coordinador: Prof. Alberto Garrido^{1,2}
Economía: Prof^a. Isabel Bardají^{1,2}
Ganadería: Prof. Carlos de Blas³
Erosión: Dra. Rosario García²
Prod. Vegetal: Prof. Carlos Hernández Díaz-Ambrona^{4,2}
Energía/Emisiones: Prof^a. Pilar Linares⁵
Edición del libro: Jorge Ruiz y Alberto Garrido

Ayudantes de investigación

Mònica Garrido, Ing. Agrón.
Fanny Ruiz, Ing. Agrón.
Jorge Ruiz, Ing. Agrón.

¹ Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agraria.

² Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM).

³ Departamento de Producción Animal.

⁴ Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia.

⁵ Departamento de Ingeniería Rural.

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA Y GANADERÍA ESPAÑOLAS

Trabajo realizado por encargo de la Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible

© del texto: Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible

© de la edición: Fundación Cajamar

Edita: Fundación Cajamar
Puerta de Purchena, 10. 04001 ALMERÍA
Teléfono: (+34) 902 090 498
fundacion@fundacioncajamar.com

Diseño y maquetación: Beatriz Martínez Belmonte

Imprime: Escobar Impresores, SL. El Ejido (Almería)

ISBN-13: 978-84-938787-3-3

Depósito Legal: AL-XXXX-2011

Fecha de publicación: Julio 2012

Impreso en España / *Printed in Spain*

La Fundación Cajamar no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva de sus autores.

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del Copyright.

Índice

Presentación	11
1. Introducción.....	15
1.1. <i>Concepto de indicadores de sostenibilidad agraria</i>	16
1.2. <i>Tipos de objetivos.....</i>	20
1.3. <i>Jerarquización de los objetivos.....</i>	22
1.4. <i>Cuantificación de los objetivos</i>	22
1.5. <i>Objetivos del estudio</i>	23
1.6. <i>Contenidos y alcance</i>	24
2. Metodología, fuentes de datos y resultados de cada grupo.....	27
2.1. <i>Indicadores económicos.....</i>	27
2.1.1. <i>Resultados económicos de la actividad agraria.....</i>	27
2.1.1.1. <i>Objetivos.....</i>	27
2.1.1.2. <i>Metodología y fuentes de datos</i>	27
2.1.1.3. <i>Resultados</i>	30
2.1.1.3.1. <i>Producción final agraria</i>	30
2.1.1.3.2. <i>Renta agraria</i>	30
2.1.1.3.3. <i>Relación entre PFA y población nacional....</i>	32
2.1.1.3.4. <i>Participación del trabajo en la agricultura....</i>	33
2.1.1.3.5. <i>Relación entre renta agraria y trabajo.....</i>	34
2.1.1.3.6. <i>Empleo de fertilizantes</i>	34
2.1.2. <i>Precios</i>	38
2.1.2.1. <i>Introducción.....</i>	38
2.1.2.2. <i>Metodología y fuentes de datos</i>	38
2.1.2.3. <i>Resultados</i>	38

2.2. Indicadores agrícolas	46
2.2.1. Uso de la tierra	46
2.2.1.1. Objetivos	46
2.2.1.2. Metodología y fuentes de datos	46
2.2.1.3. Resultados	47
2.2.1.4. Conclusiones	55
2.2.2. Uso del agua	56
2.2.2.1. Objetivos	56
2.2.2.2. Metodología y fuentes de datos	56
2.2.2.3. Resultados	60
2.2.2.4. Conclusiones	65
2.2.3. Emisiones de CO ₂	66
2.2.3.1. Objetivos	66
2.2.3.2. Metodología y fuentes de datos	66
2.2.3.3. Resultados	68
2.2.3.4. Conclusiones	71
2.2.4. Energía	72
2.2.4.1. Objetivos	72
2.2.4.2. Metodología y fuentes de datos	73
2.2.4.3. Resultados	85
2.2.4.4. Conclusiones	88
2.2.5. Consumo energético para riego agrícola	88
2.2.6. Pérdidas de suelo	90
2.2.6.1. Objetivos	90
2.2.6.2. Metodología	90
2.2.6.3. Resultados	100
2.2.6.4. Conclusiones	103
2.2.7. Flujo de carbono	104
2.2.7.1. Objetivos	104
2.2.7.2. Metodología	104
2.2.7.3. Resultados	106
2.2.7.4. Conclusiones	109

2.3. Indicadores ganaderos	110
2.3.1. Necesidades de agua para la producción ganadera (porcino y aves) y evolución del consumo de agua de bebida y servicio	110
2.3.1.1. Introducción.....	110
2.3.1.2. Objetivos.....	112
2.3.1.3. Metodología.....	112
2.3.1.4. Resultados	113
2.3.1.5. Conclusiones	136
2.3.2. Evolución de las emisiones de gases producidas por la actividad ganadera de 1990 a 2008 en España	137
2.3.2.1. Introducción.....	137
2.3.2.2. Objetivos.....	139
2.3.2.3. Metodología.....	139
2.3.2.4. Resultados	143
2.3.2.5. Conclusiones	164
3. Síntesis y conclusiones	167
3.1. Indicadores físicos	167
3.1.1. Tierra (A1 y A2).....	175
3.1.2. Agua (B1 y B2)	176
3.1.3. Emisión y energía (C1 y C2, D1 y D2)	177
3.1.4. Pérdidas de suelo (E1 y E2)	178
3.1.5. Flujo de carbono (F1 y F2)	178
3.2. Indicadores socioeconómicos	180
3.2.1. Macromagnitudes agrarias.....	180
3.2.2. Evolución de los precios	182
3.2.3. Uso de fertilizantes.....	184
3.3. Indicadores ganaderos	184

4. Extensiones del estudio.....	189
4.1. <i>Economía y productividad</i>	189
4.2. <i>Emisiones y energía</i>	189
4.3. <i>Pérdidas de suelo</i>	190
4.4. <i>Flujo de carbono</i>	190
4.5. <i>Ganadería</i>	192
Referencias bibliográficas.....	193

Índice de abreviaturas

ARC: *Agricultural Research Council*

IAMET: Agencia Estatal de Meteorología

BDPorc: Banco de Datos de Referencia del Porcino Español

BAT/ MTD (BREF): *Best Available Technique* ('mejor técnica disponible')

CEA: Cuentas Económicas de la Agricultura

CGA: Programa informático del Consumo de Gasóleo Agrícola, que pertenece al estudio de "Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España" (MAGRAMA, 2004)

EMA: Estación de Mecánica Agrícola

ETO: Evapotranspiración de referencia

FAO: *Food and Agriculture Organization* ('Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación')

GEI: Gases efecto invernadero

I: *Water intake in g/kg live weight daily*

IGPP: Índice General de los Precios Percibidos por los agricultores

IPC: Índice de Precios al Consumo

IPP: Índice de Precios Percibidos por los productores agrarios

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

INES: Inventario Nacional de Erosión de Suelos

INPROVO: Organización Interprofesional del Huevo y sus Productos

INRA: Instituto Nacional de Reforma Agraria

IPPC: *Integrated Pollution Prevention and Control*

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

MAGRAMA: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

MECA: “Método de estimación de consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias” (MAGRAMA, 2005)

MEE: Mapas de Estados Erosivos

MS: Materia Seca

NRC: *National Research Council*

PAC: Política Agrícola Común

PC: Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural y Pesquero

PFA: Producción final agraria

PRG: Poder de recalentamiento global

PV: Peso Vivo

RA: Renta Agraria

SEC-95: Sistema Europeo de Cuentas Integrado

Tm: Tonelada métrica

TRAMA: Técnicas de Reorganización Ambiental Agraria

UTA: Unidad de Trabajo Anual

VAB: Valor añadido bruto

VAN: Valor añadido neto

W: *Live weight in kg*

Presentación

En este estudio se ofrece una visión integrada y general de los principales indicadores de sostenibilidad de la agricultura española y del papel favorable que han jugado en ellos la adopción de diversas tecnologías agrarias. Se han examinado tanto indicadores socioeconómicos como medioambientales, adoptando un doble enfoque que incluye el sector agrario globalmente, así como una selección de las principales producciones vegetales y algunas producciones ganaderas. La perspectiva del estudio comprende estadísticas que datan de 1980 y llegan hasta 2008, abarcando casi tres décadas de evolución. Los resultados se han referido al conjunto de la agricultura española, pero la información de base empleada se refiere al ámbito provincial.

El análisis estadístico y de fuentes bibliográficas se ha orientado a la obtención de indicadores de productividad y sostenibilidad de fácil interpretación, que permiten un estudio continuado del transcurso de los años. El análisis tendencial de los indicadores ofrece una visión de conjunto sobre el número de unidades físicas –recursos naturales o indicadores medioambientales– que se precisa para obtener una unidad de producto o un euro de valor de producción. Ello ha permitido responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las bases físicas de algunas de las producciones agrícolas y ganaderas más importantes en España y cómo han evolucionado en el tiempo?
- ¿Cómo han evolucionado las principales macromagnitudes, la productividad y la contribución del trabajo en la agricultura?
- Desde la óptica del consumidor, ¿cómo han variado los precios de algunos productos alimentarios básicos con respecto a los indicadores generales de precios al consumo?

Con respecto a los indicadores medioambientales, se concluye que la agricultura española cada vez consume menos agua y energía, pierde menos suelo y emite menos gases a la atmósfera para producir una unidad de

producto (kg, litros) o un euro de producto. Habiendo diferencias en la medida y el ritmo en que esas mejoras se han llevado a cabo en las distintas producciones analizadas, las ganancias en productividad han permitido avances importantes en la sostenibilidad general de la agricultura.

Destacan, por ejemplo, los aumentos en la productividad del maíz, la remolacha, el viñedo, el olivar de transformación, el melón o el tomate, superiores al 200%, requiriendo en el presente una fracción del volumen de agua, tierra, o energía similares a los que eran precisos hace 30 años. En los otros cultivos girasol, cítricos, trigo y cebada, la productividad aumentó entre el 25 y el 70%, mejoras evidentes pero que muestran signos de desaceleración en la última década. En el caso de los cereales y el girasol, esto se ha debido a que son cultivos mayoritariamente de secano, y en el caso de los cítricos, porque se ha trabajado más en la calidad y en el desarrollo de variedades menos productivas, pero más tempranas o más tardías y, por tanto, menos adaptadas a la climatología de las zonas citrícolas.

También es destacable el aumento de la capacidad de los cultivos para fijar CO₂, como resultado del incremento de la productividad de los cultivos, en términos de biomasa total. El indicador *euros por tonelada* de CO₂ muestra el coste residual que tendría la fijación de una tonelada de CO₂ por un determinado cultivo. La tendencia es creciente en toda la serie, salvo en el viñedo de transformación, que ha disminuido. El indicador alcanza valores mínimos de los cereales y máximos en el cultivo de tomate, de 30 a 6.000 euros por tonelada de CO₂ respectivamente. Por analogía, este indicador permite su comparación con los bonos de carbono, bonos que cotizan en el mercado de precios de carbono sobre los 15 euros la tonelada de CO₂, lo que indica que el precio que se paga por la producción de alimentos es mayor. El alto valor de los productos frescos, como el tomate o el vino, se debe a que la cantidad de biomasa seca que se comercializa es pequeña y, por tanto, la cantidad de CO₂ fijado en el producto final también lo es.

En esta primera fase del estudio y para los tres productos ganaderos cuyo estudio ha sido concluido –otras especies se encuentran todavía en fase de estudio (las carnes de cerdo y pollo y los huevos)–, se ha evaluado el uso directo de agua y las emisiones de GEI. El consumo total anual medio de agua para estas tres producciones ganaderas representa en conjunto un 0,071% de la disponibilidad total de agua en España. En el conjunto de las emisiones nacionales de GEI en 2008, las tres producciones representan, como media, un 2,50%. Por cada unidad pro-

ducida, el consumo de agua directo, y las emisiones de CO₂ equivalente y de óxido nitroso han descendido entre el 4% y el 22% entre 1990 y 2008.

Esta reducción relativa del consumo de agua y de emisiones puede explicarse, al menos parcialmente, por una mejora paralela de la eficiencia productiva. Este incremento de la eficiencia, se traduce en una menor repercusión de los consumos de agua y emisiones de GEI, correspondientes al mantenimiento de los rebaños reproductores asociados a esas producciones. Además, a lo largo del periodo considerado, se ha obtenido un incremento (no cuantificado en el presente estudio) de la eficiencia alimenticia. La mejor conversión del pienso en producto implica un menor consumo de pienso (y por tanto de agua) y una menor producción de estiércol (y por tanto de emisiones de metano y óxido nitroso) por unidad de producto obtenido.

Atendiendo a los indicadores globales de productividad general de la agricultura, destaca el crecimiento en euros corrientes que ha experimentado la producción final agraria entre 1980 y 2003, con la excepción del período 1989-1992, debido a las desfavorables condiciones meteorológicas. Entre 1993 y 2003 el valor de la producción se duplicó, pero tras el máximo de 2003 comenzó a descender, con ligeros repuntes en 2007 y 2008 provocados por la subida de los precios de los productos agrarios.

La evolución de la renta agraria, en euros constantes, ha seguido una senda ascendente desde 1980 hasta el 2003, duplicándose en esos años. Sin embargo desde 2003, la renta agraria no ha dejado de disminuir de forma que, en 2008, se ha situado en los niveles de mediados de los noventa. Las causas de este descenso en los últimos años ha de atribuirse al aumento del precio de los factores y a la reducción o estabilización de los precios en origen de casi todos los productos salvando, eso sí, el repunte de los precios de cereales, leche y oleaginosas de 2007-2008. Entre 2005 y 2008, mientras que el índice de precios percibidos por los agricultores aumentó un 11,2%, el de precios pagados por los factores de producción lo hizo un 34,5%.

Esta evolución desfavorable de los precios pagados por factores y de los precios percibidos en origen, contrasta con la creciente brecha existente entre los índices de precios al consumo y los índices de precios en origen de los productos frescos. Entre 1980 y 2008, los precios de las hortalizas para el consumo se han multiplicado por 7, pero sólo por 3,5 en origen. Para las frutas, el precio al consumo se multiplicó por 5,5, pero en origen por 1,8 entre 1980 y 2008. En el caso de la leche, el

factor de aumento del precio al consumo fue de 4, y de 1,8 en destino. En consecuencia, los precios al consumo de los productos frescos han crecido mucho más que los precios en origen.

Si a este análisis de la evolución de la relación entre precios percibidos y precios al consumo se une la relación, ya comentada, entre precios percibidos y precios pagados por los agricultores, se deduce la creciente pérdida de importancia de la agricultura en la cadena de valor del sistema agroalimentario, reflejándose en el deterioro de los resultados económicos. Es necesario, por tanto, incrementar la eficiencia productiva en las explotaciones agrarias para una mejora de sus resultados económicos.

Desde la perspectiva de los consumidores, los índices de precios al consumo en el caso de carnes y huevos, muestran un crecimiento inferior al Índice General de Precios al Consumo (IPC). Sin embargo, los precios al consumo de las frutas y hortalizas frescas han aumentado más que el IPC. De esta forma, los productos ganaderos se han abaratado en términos de poder de compra, no así las frutas y hortalizas frescas.

Finalmente, frente al aumento de la producción y la renta observado hasta 2003, se ha constatado una importante reducción en el empleo agrario, con tasas de disminución que se mantienen durante todo el periodo, aunque inferiores desde mediados de la década de los noventa. Esta disminución total del empleo incluye un importante descenso del trabajo no asalariado (trabajo familiar) y un ligero aumento del trabajo asalariado. Esta evolución responde al proceso de modernización y tecnificación, así como a la fuerte capitalización que ha experimentado la agricultura española.

1. Introducción

El presente trabajo tiene el propósito de situar el estudio de indicadores de sostenibilidad en el marco de la literatura y con referencia a los estudios más relevantes realizados con propósitos similares. Analizar la sostenibilidad de un sector tan diverso, dependiente del medio ambiente y vinculado al territorio no es sencillo. Aunque se han hecho muchos esfuerzos por definir y medir la sostenibilidad de la agricultura y del sector agroalimentario (OCDE, 2008; DEFRA, 2010; ver también el esfuerzo en EEUU, con la *Field to Market The Keystone Alliance for Sustainable Agriculture*¹), hay numerosos enfoques y aproximaciones que proporcionan resultados no siempre comparables. Además, el fuerte dinamismo del sector hace que los indicadores deban ser recalculados e incluso redefinidos constantemente. En otros casos, los catálogos de indicadores han ido cambiando conforme el conocimiento sobre los impactos ambientales del sector ha ido definiendo nuevas prioridades (por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero).

Todo estudio de sostenibilidad de un sector atiende al objetivo de trazar su comportamiento en lo referente a impactos ambientales, producción económica y aspectos sociales. En el caso de la agricultura, hay un patrón de desarrollo que se origina con la primera ola de mecanización en el siglo XX, y que ha supuesto la gradual sustitución de trabajo por capital. En paralelo con la incorporación masiva de capital, el sector agrario ha aumentando el consumo de energía, tanto de forma directa en combustibles fósiles y electricidad como indirecta, especialmente a través del consumo de fertilizantes inorgánicos. La consecuencia de este largo proceso evolutivo es sin duda que los consumidores han visto disminuir la partida de renta destinada a la alimentación, al tiempo que tenían a su alcance una oferta alimentaria cada vez más variada, segura y saludable.

En la última década, se aprecia, no obstante, una estabilización del consumo de energía, fertilizantes y otros factores productivos. Incluso en la UE, ha disminuido ligeramente la utilización del factor trabajo.

Estos rasgos generales apuntan una hipótesis que el presente estudio busca confirmar al menos de manera preliminar: el sector agroalimentario presenta numerosos ángulos desde los que medir la sostenibilidad, muchos de los cuales no son comparables entre sí, pueden estar en contraposición y atienden a objetivos sociales diferentes. Esto implica

¹ <http://keystone.org>

que la mejora de un indicador en la mayoría de los casos no se puede compensar con el empeoramiento de otro. Por todo ello, los autores de este estudio coinciden en la necesidad de diseñar y evaluar indicadores específicos, y una vez que se pueden medir con una referencia temporal suficientemente larga, se debe continuar el análisis hasta definir indicadores sintéticos que ofrezcan una visión global e integrada.

1.1. Concepto de indicadores de sostenibilidad agraria

Entendemos que la agricultura sostenible se logra mediante la gestión y utilización del ecosistema agrario de forma que se mantenga la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración, la vitalidad, y esto se puede cumplir hoy y en el futuro sin dañar a otros ecosistemas con importantes funciones ecológicas, económicas y sociales en el ámbito mundial, nacional y local. La producción agraria depende de la capacidad fisiológica de las plantas y animales, en un entorno controlado parcialmente. Qué plantas y cómo se cultivan son decisiones que dependen de la utilidad de los productos, del coste de producción y del riesgo social, económico o ambiental. Las decisiones sobre el cultivo dependen de factores como el suelo o el clima, junto con la disponibilidad de mano de obra, el mercado o la disponibilidad de capital y tecnología. En cualquier caso, gestionar la producción se constituye en una actividad integrada en la que cada parcela tiene su propia historia en cuanto a uso y capacidad productiva.

La sostenibilidad es un concepto multicriterio y en agricultura debe satisfacer a la vez criterios de tipo ambiental, agroecológico, social, económico y legislativo. Contestar a la pregunta sobre cuál debe primar más es difícil, y dependerá de muchas circunstancias: una veces podrán ser legislativas (Directiva de Nitratos de la Unión Europea), otras veces productivas (erradicación del hambre), otras ambientales (producciones agrarias en espacios naturales), otras de índole social (mantenimiento de la población rural), o el acceso a una alimentación saludable y segura.

La unidad básica es el sistema de cultivo; es decir, un cultivo y sus prácticas de manejo. Cuando se observa un campo de cultivo a lo largo de los años se pueden apreciar los efectos de la rotación de cultivos, las prácticas de labranza, las enmiendas del suelo, la exportación del material cosechado y su rendimiento, y con toda esa información analizar el uso de los recursos, hacer el balance de costes y beneficios, ver sus efectos sociales y ambientales.

Los cultivos y las prácticas de manejo empleadas dentro de una explotación concreta constituyen un sistema de explotación. Una explotación es un sistema orientado por objetivos. Los objetivos marcan cómo se va a invertir el capital y asignar la mano de obra en las actividades de producción. La disponibilidad de capital y mano de obra y la gestión del riesgo imponen una serie de restricciones sobre qué cultivos se van a sembrar, el tipo de rotación y la intensificación del cultivo entre otras prácticas de manejo. Recordemos que: “La clave del éxito en la agricultura es poder identificar y ajustar tácticamente los principales flujos de control. El proceso de decisión no es tan complejo como puede parecer a primera vista” (Loomis y Connor, 2002).

En este contexto, un indicador es una medida del estado de un sistema que puede ser empleado en la evaluación del efecto que tienen nuestras acciones sobre un determinado recurso y que permite ajustar nuestras acciones para conseguir un determinado objetivo.

Algunos indicadores son simplemente medidas directas de un efecto, tal como la cantidad de agua de riego que dispone una explotación o el rendimiento anual de maíz de esa finca. Estos indicadores son fáciles de medir y proporcionan, en este caso, una medida directa y precisa de la cantidad de agua empleada en la producción de grano de maíz. Sin embargo, hay otros efectos que no pueden ser descritos con un indicador simple y directo. Un ejemplo es la cantidad de nitrógeno lixiviado de una explotación a las aguas subterráneas. Un lisímetro puede ser usado para tomar una medida del nitrógeno lavado en un punto seleccionado de la finca, pero no es fácil extrapolar el valor a la totalidad de la explotación. La cantidad total de nitrógeno lavado puede variar en función de la lluvia, del tipo de suelo, de la profundidad del riego y del momento. Si la medida del lisímetro se usa como un indicador hay que dotar al agricultor de un proceso de cálculo para que a partir de una medida se estime el valor del lavado total de la finca.

Otro tipo de indicador es el que se constituye con indicadores derivados. Estos se emplean cuando es imposible o no resulta práctico hacer una medida directa. Por ejemplo, la productividad de un suelo puede ser descrita por un extenso número de características físicas, químicas y biológicas que son costosas y complicadas de medir. En vez de ello, se puede emplear un indicador derivado tal como la población de lombrices de tierra, dado que la mayoría de las propiedades que determinan la salud de un suelo influyen en la población de lombrices.

La evaluación y el seguimiento de la sostenibilidad son extremadamente complejos y difíciles debido a que envuelven numerosas disciplinas y sectores. Cada una de estas disciplinas y sectores tienen diferencias en la comprensión y apreciación de los indicadores que deben ser usados, complicando el proceso de evaluación y haciendo difícil el alcanzar un consenso entre todos.

En estos últimos años se están desarrollando distintas metodologías que, a partir del estudio de los procesos y componentes que intervienen en los sistemas agrarios, permiten evaluar y diseñar sistemas agrarios sostenibles (Vereijken, 1994; Lewandowski *et al.*, 1999). Básicamente estas metodologías consisten en trabajar conjuntamente al nivel de la explotación y al nivel del ecosistema. Previamente es necesario definir un conjunto de indicadores que nos proporcionen la información que necesitamos conocer para realizar esa evaluación. El término indicador se define como una variable que nos proporciona información sobre otras variables que son más difíciles de medir (Grass *et al.*, 1989).

Los indicadores permiten entender e interpretar un sistema complejo, ya que:

- Esquematizan los datos disponibles.
- Muestran el estado actual o del momento o momentos que se analizan.
- Sirven para demostrar el grado de cumplimiento de los objetivos anteriormente establecidos.
- Informan a los usuarios sobre el estado actual o evolución que ha experimentado el sistema bajo unas determinadas prácticas de manejo.

Estos indicadores se emplean para describir la condición de ecosistema y sus componentes que son afectados directa o indirectamente por las prácticas productivas. La tendencia que marque la evolución de estos indicadores permitirá evaluar la sostenibilidad del sistema. Además se establecen unos valores tolerables entre los que podrán variar los indicadores sin poner en riesgo su sostenibilidad.

Para el análisis de cualquier sistema agrario, o de alguno de sus procesos, es necesario definir un esquema previo para el diseño de indicadores de sostenibilidad basado en la formulación de los objetivos a

alcanzar. De esta forma se proponen las siguientes categorías de análisis de un sistema o de sistemas asociados:

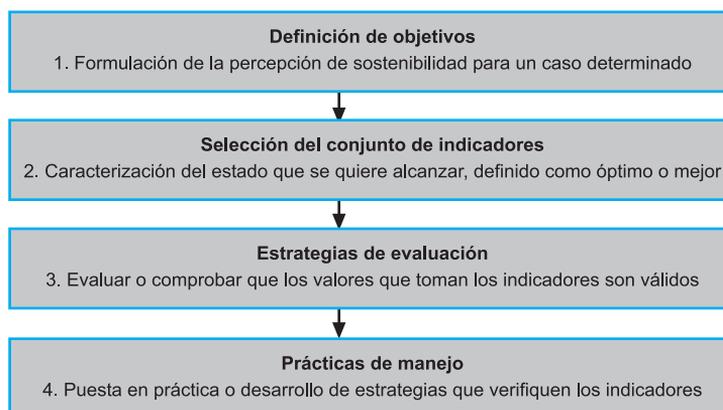
- Objetivos generales
- Recursos disponibles
- Tecnologías y métodos de manejo
- Resultados esperados

Para cada categoría, y dentro de ella para cada descriptor seleccionado como relevante, hay que definir uno o varios indicadores. Los indicadores son una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor. Se considera que cuando el sistema es sostenible entonces los procesos del sistema tienen un efecto positivo sobre el descriptor y un efecto negativo en caso contrario.

Análogamente se definen indicadores de forma más concreta para los recursos disponibles del sistema, las operaciones dentro del sistema, es decir su manejo, y finalmente sobre sus resultados o efectos e influencias que tiene sobre otros sistemas relacionados.

El punto de partida es la formulación de la percepción de la sostenibilidad para el caso concreto que se quiere evaluar y, por tanto, el conjunto de objetivos que se quieren alcanzar (Figura 1):

Figura 1. Proceso metodológico en la medida y evaluación de la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia.

En cualquier caso, el estudio de la sostenibilidad de un sistema agrario implica acceder a una serie temporal de resultados lo suficientemente extensa como para poder obtener conclusiones (escala temporal), lo que dificulta, por diversas razones, la obtención de datos directos de las parcelas de cultivo, debido más que nada al tiempo que se tarda en obtener estos datos. Por esta razón se acude a metodologías más descriptivas o cualitativas para evaluar el grado de sostenibilidad que se puede alcanzar en un sistema agrario siguiendo unas prácticas determinadas. Otra forma, cada vez más extendida, es el empleo de modelos que sinteticen el sistema y se construyan en función de los objetivos propuestos. Modelos de simulación, que una vez calibrados y validados para una determinada zona, pueden aplicarse a series temporales lo suficientemente representativas como para obtener conclusiones sobre los efectos que el manejo del sistema está produciendo. La ventaja de los modelos frente a los métodos cualitativos es que reproducen los procesos ecológicos en los que están envueltos las variables que se quieren estudiar del sistema.

1.2. Tipos de objetivos

Los objetivos que tiene que cumplir un sistema agrario desde el punto de vista de la producción sostenible los podemos agrupar en:

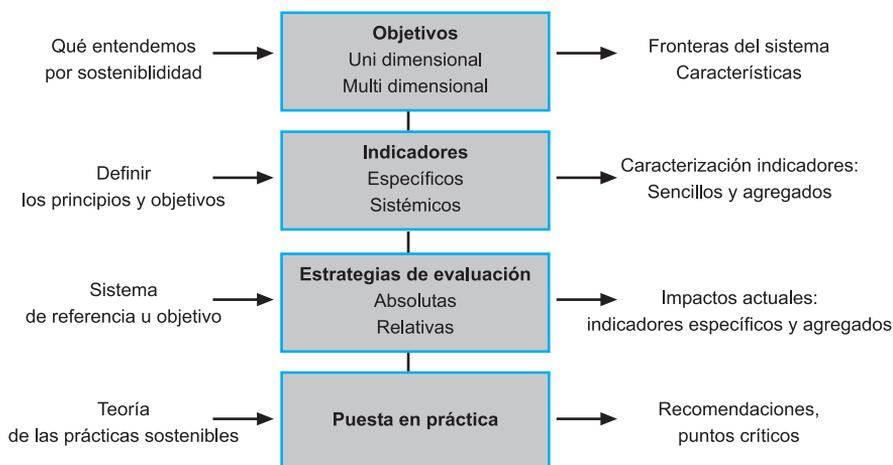
- i) Ecológicos
- ii) Socioeconómicos
- iii) Ambientales
- iv) Normativos

Los primeros surgen de la necesidad de optimizar los procesos que intervienen en la producción agraria desde el punto de vista de la ecología de cultivos. De forma general un sistema agrario que no sea sostenible, desde el punto de vista ecológico, no lo va a ser en ningún otro caso. Es por tanto necesario, aunque no suficiente, que en el estudio de estos sistemas lo primero que se debe afrontar es la evaluación de los principales parámetros que definen la ecología del sistema. Después tendremos que comprobar que el sistema cumple con los objetivos de sostenibilidad socioeconómica, tales como los de seguridad alimentaria, ingresos adecuados, o calidad de vida de los agricultores.

Pueden, erróneamente, supeditarse los objetivos socioeconómicos a los ecológicos causando una pérdida productiva del sistema, lo que puede suceder en situaciones críticas de abastecimiento de alimentos o de sobreexplotación de los recursos naturales por un enriquecimiento injusto de la sociedad actual frente a las generaciones futuras. En otro orden de la escala de objetivos pero no menos importantes, figuran los de orden ambiental y normativos. En el primer caso la actividad agraria, aun en el cumplimiento de los objetivos ecológicos, supone una alteración del entorno natural, alteración que puede no ser aceptada por la sociedad que aboga por la protección de distintos entornos naturales o la protección de determinados recursos naturales. Así, desde este ámbito, y también desde otros puntos de vista, se establecen normas que deben en cualquier caso cumplirse.

De entre todos ellos formularemos un conjunto de objetivos que debe cumplir o verificar el sistema agrario para que pueda ser calificado como sostenible, o para que pueda ser comparado su nivel de sostenibilidad entre varios sistemas.

Figura 2. Aspectos principales del método para medir y evaluar la sostenibilidad agraria, en los que se detallan los datos requeridos (*entradas*) y los resultados (*salidas*)



Fuente: Wiren-Lehr (2001). Elaboración propia.

1.3. Jerarquización de los objetivos

El conjunto de objetivos puede ser tan extenso como se quiera, pero en muchos casos un conjunto numeroso de objetivos puede dificultar su evaluación posterior, por lo que como segundo paso se propone la ordenación de esos objetivos, estableciendo distintos niveles o prioridades de cara a su cumplimiento.

Por ejemplo, una zona declarada vulnerable a la contaminación de las aguas por nitratos tendrá por principal objetivo reducir la cantidad de nitratos que pasen a las aguas de escorrentía o lavado, siendo el resto de objetivos de nivel inferior. De esta forma lo primero que se evaluará será ese contenido siendo determinante para el resto.

1.4. Cuantificación de los objetivos

El siguiente paso consiste en la cuantificación del grado de cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello los objetivos hay que transformarlos o vincularlos a una serie de parámetros o indicadores que se puedan medir.

Existen diferentes métodos y técnicas que permiten evaluar esos objetivos. Estos distintos procedimientos que transforman los objetivos propuestos en una serie de indicadores cuantificables están relacionados con la naturaleza del objetivo. Estos indicadores, pueden ser:

- i) *Biológicos*: indicadores referentes a las características de los cultivos, la frecuencia con la que aparecen en la rotación, el manejo del ganado, su alimentación.
- ii) *Físicos*: referidos al mantenimiento de las propiedades físicas del suelo, como son el porcentaje de suelo cubierto, el contenido en materia orgánica, distribución de las raíces, estructura del suelo, etc.
- iii) *Químicos*: consumo de nutrientes, transferencia de nutrientes entre los cultivos de la rotación, necesidades del cultivo, necesidades del ganado, etc.
- iv) *Socioeconómicos*: tales como el beneficio generado, capital invertido, mano de obra empleada, etc.

- v) *Ambientales*: incluyen la calidad del paisaje, el balance de carbono, la contaminación de suelos o del agua.
- vi) *Normativos*: Grado de cumplimiento de las normas y legislación aplicable en cada caso. Suelen ser importantes en zonas con limitaciones en los usos del suelo como ocurre en los espacios naturales o protegidos donde la actividad agraria debe cumplir una serie de normas preestablecidas.

Existen distintas formas de expresar los valores medidos por los indicadores. Uno, por sus unidades físicas, cuando el indicador es mensurable, y el otro en términos relativos, la escala 0-10 es muy útil ya que es fácil de interpretar por el agricultor. El valor agregado de los indicadores es más difícil de obtener ya que puede apoyarse en la presencia de pesos o ponderaciones entre los distintos valores.

Por otro lado, Loomis y Connor (2002) consideran la sostenibilidad desde el punto de vista del mantenimiento de la productividad del sistema en el tiempo, definen cinco principales propiedades de estos sistemas, tres como atributos ecológicos (productividad o eficiencia, estabilidad y viabilidad) y dos sociales (equidad y autonomía). Sin restarle importancia al seguimiento de ciertos indicadores, el estudio de la productividad con relación al tiempo permite de una forma más sencilla y más directamente relacionada con la capacidad de respuesta del agricultor evaluar la sostenibilidad del sistema.

1.5. Objetivos del estudio

Con el presente estudio se pretende obtener indicadores de sostenibilidad globales para la agricultura española con una referencia temporal que abarca casi tres décadas. Se ha optado por un carácter global y un enfoque metodológico orientado a obtener resultados agregados.

La finalidad del estudio es doble, pues se pretende, por un lado, identificar un grupo de indicadores medioambientales, económicos y sociales a partir de los cuales se pueda apreciar el impacto de la tecnología en los diferentes sectores de la cadena de valor agroalimentaria, y por otro lado, medir los indicadores y cuantificar su evolución en el tiempo, para representar los resultados a nivel nacional.

1.6. Contenidos y alcance

El estudio atiende por tanto a cada uno de los elementos de que se compone el desarrollo sostenible: la sociedad, la economía y el medio ambiente. Con esta triple perspectiva, la selección de indicadores se ha realizado para ofrecer evaluaciones precisas que permitan realizar un diagnóstico general sobre la evolución de la agricultura española. Los enfoques, las metodologías y las fuentes de datos empleadas en cada grupo de indicadores son bien diferentes, pero en conjunto tratan de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las bases físicas de las principales producciones agrícolas y ganaderas en España y cómo han evolucionado en el tiempo?
- ¿Cómo han evolucionado las principales macromagnitudes, la productividad y la contribución del trabajo en la agricultura?
- Desde la óptica del consumidor, ¿cómo han evolucionado los precios de algunos productos alimentarios básicos con respecto a los indicadores generales de precios al consumo?
- ¿Qué grado de divergencia presentan la evolución de los precios al consumo y los precios percibidos por los productores para una muestra significativa de productos frescos? O, lo que es lo mismo: ¿cómo ha evolucionado el valor agregado de la cadena de valor entre origen y destino en estos sectores?

En este estudio la palabra “producción” siempre adopta la doble acepción de unidades físicas (kg, toneladas, litros, docenas) y de unidades económicas (euros de valor de producto).

Con vistas a obtener respuestas matizadas a las preguntas planteadas, los indicadores calculados se agrupan en tres categorías:

1) Indicadores económicos y sociales de la agricultura en su conjunto

En esta categoría se incluyen macromagnitudes agrarias (producción final agraria y renta agraria en euros corrientes y constantes), así como la evolución de los índices de precios percibidos por los agricultores y de precios al consumo de los siguientes productos frescos:

- Carnes: pollo, porcino, ovino, vacuno y conejo.
- Otros productos ganaderos: leche y huevos.
- Cereales, frutas frescas, hortalizas y patata.

También se analiza la participación del factor trabajo en la producción final agraria y en la renta.

Por último, se incluyen dos indicadores físicos globales, correspondientes al uso de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio en términos de valor de la producción vegetal y la de energía eléctrica (tanto en kW/h como en euros de gasto energético) por valor de la producción vegetal obtenida en regadío.

2) Indicadores medioambientales y económicos de las producciones agrícolas

La Tabla 1 recoge los seis indicadores relativos de productividad que se han calculado para los diez cultivos seleccionados en el estudio. En todos los casos, los indicadores relativos se presentan de forma directa (producción, física o económica, por unidad de recurso) y de forma indirecta (unidad de recurso por unidad de producción, física o económica).

Tabla 1. Indicadores de sostenibilidad de las principales especies vegetales cultivadas

Cultivos: trigo, maíz, cebada, girasol, remolacha, olivar, cítricos, viñedo, tomate y melón	
Indicadores directos	Indicadores inversos
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de tierra (A): A1 (kg de producto/ha) A2 (euros de producto/ha) • Uso de agua de riego y de lluvia (B): B1 (kg de producto/m³) B2 (euros de producto por m³) • Emisiones (C): C1 (kg de producto/10³ kg CO₂) C2 (euros de producto/10³ kg CO₂) • Energía (D): D1 (kg de producto/MJ) D2 (euros de producto/MJ) • Pérdidas de suelo (E): E1 (kg producto/10³ kg de suelo) E2 (euros de producto/10³ kg de suelo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de tierra (A): 1 / A1 (ha/kg de producto) 1 / A2 (ha/euros de producto) • Uso de agua de riego y de lluvia (B): 1 / B1 (m³/kg de producto) 1 / B2 (m³/euros de producto) • Emisiones (C): 1 / C1 (10³ kg CO₂/kg de producto) 1 / C2 (10³ kg CO₂/euros de producto) • Energía (D): 1 / D1 (MJ/kg de producto) 1 / D2 (MJ/euros de producto) • Pérdidas de suelo (E): 1 / E1 (10³ kg de suelo/kg producto) 1 / E2 (10³ kg de suelo/€ de producto)
<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de CO₂ (F): F1 (kg CO₂/kg producto) F2 (kg CO₂/euros de producto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de CO₂ (F): 1 / F1 (kg producto/kg CO₂) 1 / F2 (€ producto/kg CO₂)

Fuente: Elaboración propia.

3) Indicadores físicos y económicos de algunas producciones ganaderas

La Tabla 2 recoge los dos indicadores relativos de productividad que se han calculado para tres producciones ganaderas (carne de ave y de cerdo y huevos). Al igual que en las producciones vegetales, los indicadores relativos se presentan de forma directa (producción, física o económica, por unidad física) y de forma indirecta (unidad física por unidad de producción, física o económica).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad de algunas producciones ganaderas

Porcino y aves	
<ul style="list-style-type: none"> Uso de agua (G): G1 (kg producto / L agua) G2 (€ de producto / L agua) 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de agua (G): 1 / G1 (L agua / kg producto) 1 / G2 (L agua / € de producto)
<ul style="list-style-type: none"> Emisiones de gases (H): CO₂ eq H1 (kg producto / 10³ kg CO₂ eq) H2 (€ de producto / 10³ kg CO₂ eq) 	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones de gases (H): 1 / H1 (10³ kg CO₂ / kg producto) 1 / H2 (10³ kg CO₂ / € de producto)

Fuente: Elaboración propia.

2. Metodología, fuentes de datos y resultados de cada grupo de indicadores

2.1. Indicadores económicos

2.1.1. Resultados económicos de la actividad agraria

2.1.1.1. Objetivos

El objetivo principal del estudio de los resultados económicos de la actividad agraria es analizar su evolución global a lo largo de la serie temporal estudiada que comprende el período entre 1980 y 2008, ambos inclusive.

Para ello, se ha partido de las macromagnitudes agrarias como representación simplificada de las operaciones y flujos económicos que se realizan en la agricultura en un periodo contable, y por tanto como indicadores de la dimensión económica del sector. Dentro de las diferentes macromagnitudes se ha analizado la evolución de la producción final agraria (PFA) y de la renta agraria (RA) o valor añadido neto (VAN) al coste de los factores.

Además de la evolución de estas macromagnitudes, tanto en euros corrientes como constantes, se han calculado los índices de producción por habitante, y de renta por unidad de trabajo. Con ello, se trata de establecer la evolución de la capacidad de la agricultura como suministradora de alimentos a la población y sostenedora de la actividad en el mundo rural y de la productividad del trabajo.

La evolución de la dependencia exterior, a través de los Consumos Intermedios, se ha analizado mediante la evolución del consumo de fertilizantes, en toneladas de N, P₂O₅ y K₂O por euro de producción final agraria.

2.1.1.2. Metodología y fuentes de datos

Las series de la producción final agraria, de la renta agraria y de los consumos de fertilizantes, han sido obtenidas de los *Anuarios de Estadística Agraria* (www.magrama.es). Estos datos recogen los resultados nacionales de 1980 a 2008. Los datos referentes a las unidades de trabajo empleadas (UTA) en la agricultura también proceden de los *Anuarios de Estadística Agraria*. Por su parte los datos relativos a la población nacional total, se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Para obtener la evolución de las macromagnitudes en euros constantes se han utilizado el Índice General de Precios Percibidos por los agricultores (IGPP) para deflactar la serie de la PFA y el Índice de Precios al Consumo de los productos agrícolas (IPC) para la serie de la RA. El IGPP se ha obtenido del *Boletín Mensual de Estadística Agraria*, publicado por el MAGRAMA; y el IPC de la Dirección General de Análisis Macroeconómico y Economía Internacional del Ministerio de Economía y Hacienda.

La metodología y conceptos empleados en la elaboración de las macromagnitudes están establecidos por la Oficina de Estadística de la Comunidad Europea (EUROSTAT). En la serie temporal que se ha analizado en el presente estudio, de 1980 a 2008, se produjo un cambio en la metodología empleada para el cálculo de las macromagnitudes.

La primera metodología, empleada hasta el año 1996, es la conocida como metodología CEA (*Cuentas Económicas de la Agricultura*) y en ella se definen la producción final agraria y la renta agraria como:

Producción final agraria

Suma aritmética de los bienes y servicios vendidos a otras ramas de la economía, así como los bienes transformados por los productores, los bienes que han sido consumidos en los hogares de los productores y el aumento o disminución del *stock* de productos terminados.

Renta agraria o valor añadido neto al coste de los factores

Cuantifica, en síntesis, el montante de las remuneraciones percibidas por los factores originarios de la producción aplicados a la actividad agraria en el año de referencia, factores que en sentido amplio pueden individualizarse en: tierra, capital, trabajo, gestión empresarial y las subvenciones recibidas de las administraciones públicas.

A partir del año 1996, EUROSTAT adopta un nuevo sistema de cuentas que se conoce como SEC-95 (*Sistema de Cuentas Europeo Integrado*), obligando a un cambio en la forma de cálculo de las cuentas económicas de la agricultura. Con este cambio se pretende un acercamiento a la realidad de cada uno de los estados miembros de la UE, de forma que exista un

vínculo común que permita la comparación y la agregación de los mismos para la obtención de las macromagnitudes agrarias de toda la UE.

Las modificaciones más importantes adoptadas en esta nueva metodología con respecto a la anterior son:

- Hasta entonces se consideraba cada provincia como una única explotación en la que los productos agrarios que se utilizaban, en un mismo año, para la obtención de una nueva producción dentro de la misma, se consideraban como reempleos; con la nueva metodología se crea el concepto de la unidad de actividad económica local (UAE-Local) que en el caso de la actividad agraria es la explotación agraria, de la que existen tres tipos: agrícola, ganadera y mixta. Dicho cambio modifica significativamente el concepto de reemplazo. Así, éste sólo aparece dentro de las explotaciones, con lo que los productos transferidos entre ellas no tendrán la consideración de reemplazos, sino ventas de las unidades que los transfieren y consumos intermedios para las unidades que los compran.
- Se introducen nuevos conceptos como el ganado caballar de raza, el ganado bravo, la caza, etc, que antes no eran valorados.
- En la producción final de la rama agraria se introducen los servicios agrarios (empresas que realizan servicios a terceros).
- Se crean las actividades secundarias no agrarias no separables, en las que se incluyen la transformación en la propia explotación de productos agrarios.
- La valoración de la producción de la rama se realiza a precios básicos. Estos precios se obtienen para cada producto como resultado de añadir al precio que recibe el productor, las subvenciones al producto y restándole los impuestos que tenga, si es el caso. Esto supone que parte del capítulo de subvenciones de explotación de la metodología anterior se incorpora en la valoración de la producción de la rama agraria a precios básicos, y el resto aparece como otras subvenciones a la explotación.
- Se valora como vino y aceite sólo aquel que elabora el agricultor, tanto individualmente como en cooperativas; cuando el agricultor no transforma se valora en uva y aceituna.

- En el apartado de consumos de capital fijo se incluyen las Plantaciones.
- El concepto de VAB a precios de mercado se sustituye por VAB a precios básicos, como saldo entre la producción valorada a precios básicos y el consumo intermedio valorado a precios de adquisición.

Todos estos cambios en la metodología empleada para realizar las cuentas de la agricultura han supuesto un considerable aumento del Valor de la producción final de la rama agraria, en relación a la metodología anterior, así como de la renta agraria.

2.1.1.3. Resultados

Los resultados obtenidos tanto para la producción final agraria como para la renta agraria aparecen representados en los siguientes gráficos, ambos en millones de euros constantes. Tanto en la PFA como en la RA, se observa un salto en las series debido a la modificación de la metodología de cálculo.

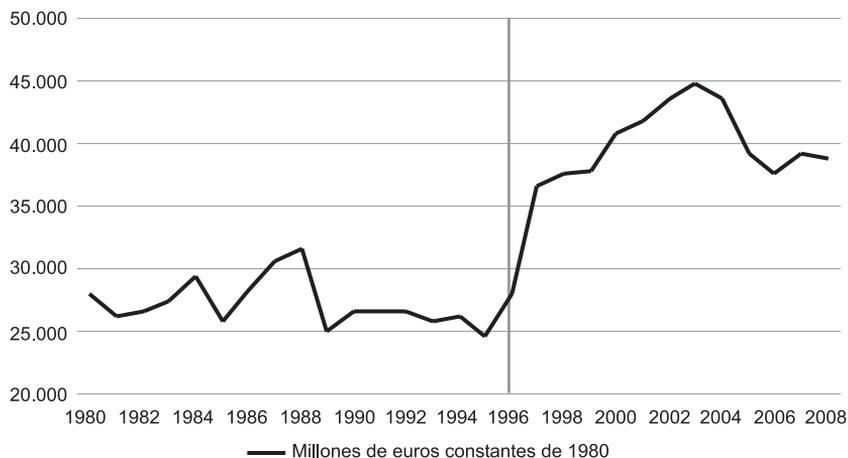
2.1.1.3.1. Producción final agraria

La producción final agraria en euros constantes ha mantenido una tendencia creciente con la excepción del período 1989-1992, debido a las desfavorables condiciones meteorológicas. El crecimiento se mantuvo hasta el año 2003, en que alcanza un máximo para descender desde entonces, con ligeros repuntes provocados por la subida de los precios de los productos agrarios en 2007 y 2008.

2.1.1.3.2. Renta agraria

La evolución de la renta agraria, en euros corrientes, ha seguido una senda ascendente entre 1980 y 2003, especialmente desde 1993 en que comienzan las ayudas directas de la PAC, aumentando significativamente el componente de subvenciones dentro de la renta agraria. En euros constantes (Gráfico 2) sigue la misma evolución. Sin embargo, desde 2003 la renta agraria no ha dejado de disminuir, de forma que en 2008 se ha situado en los niveles de mediados de la década de los noventa.

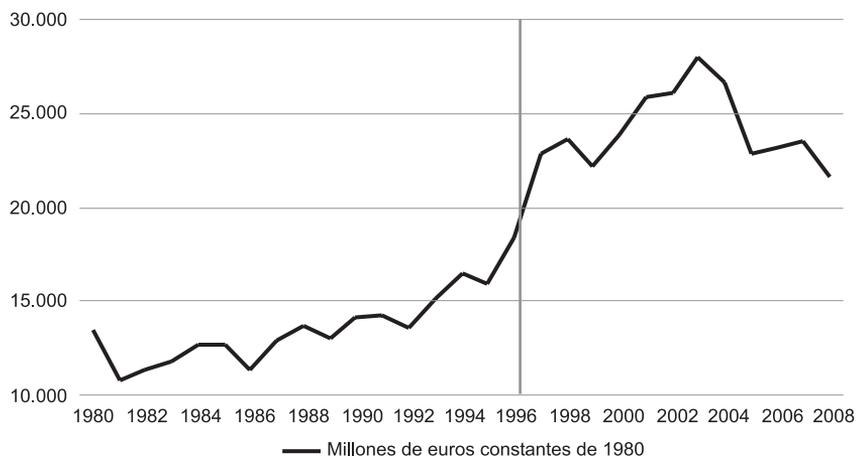
Gráfico 1. Producción final agraria (1980-2008).
En millones de euros constantes de 1980*



* La línea vertical indica cambio en la metodología.

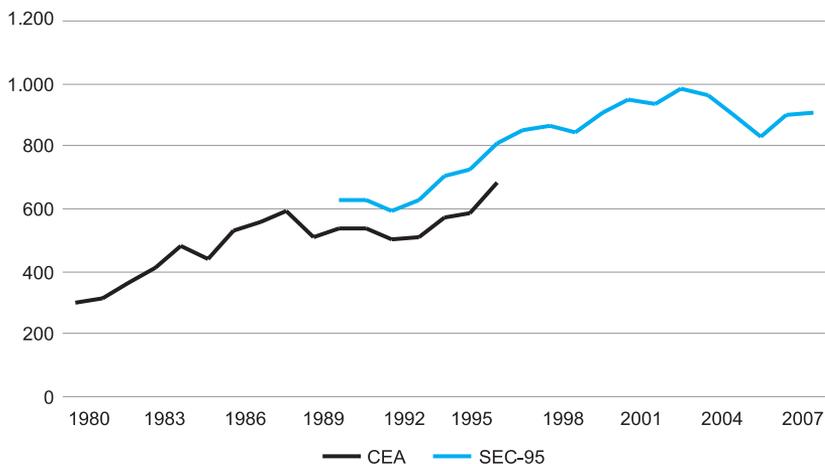
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 2. Renta agraria (1980-2008).
En millones de euros constantes de 1980*



Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

**Gráfico 3. Relación producción final agraria/población (1980-2007).
En euros corrientes**



* La línea vertical indica cambio en la metodología.

Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Varias causas explican este importante deterioro de la renta agraria, producido a pesar del aumento de las subvenciones directas. Por un lado, el descenso en el valor de la PFA, provocado no sólo por las condiciones climatológicas adversas, sino también por la reforma de la política agrícola común, y la introducción de los pagos desacoplados de la producción en 2006. Esta reforma ha aumentado la orientación al mercado de los agricultores, pero con ello también ha inducido un proceso de ajuste y de disminución de la superficie cultivada, y por tanto de la producción en aquellas zonas menos productivas.

2.1.1.3.3. Relación entre PFA y población nacional

Con este indicador se mide la PFA por habitante, y por tanto refleja la capacidad de la agricultura en proporcionar bienes (alimentos y materias primas) a la población.

La evolución del Índice es similar a la de la PFA: crecimiento en euros corrientes hasta 2003, en que se alcanza el máximo, para descender desde entonces, aunque con ligeros repuntes en 2007 y 2008. En euros cons-

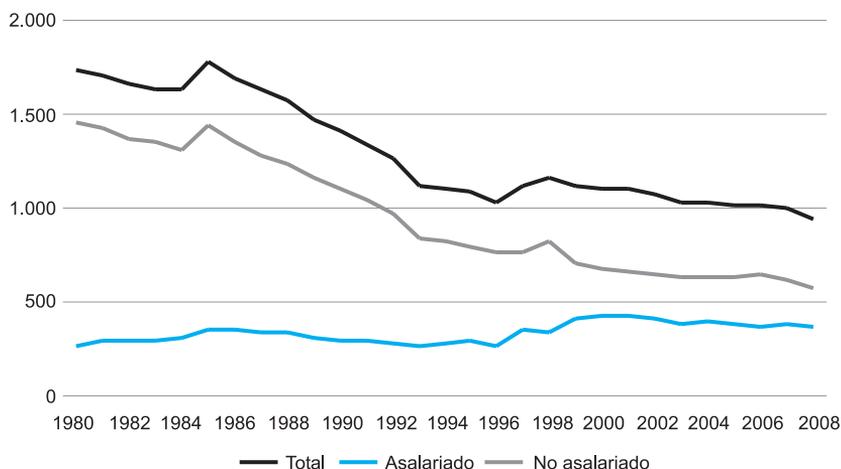
tantes, la PFA por habitante descendió ligeramente de 1980 a 1995. A partir de 1996 aumenta hasta el 2003, en que comienza a descender y no se recupera a pesar del ligero repunte que tiene lugar en 2007.

2.1.1.3.4. Participación del trabajo en la agricultura

El trabajo empleado en la agricultura se cuantifica en Unidades de Trabajo Año (UTA)², distinguiendo entre asalariado y no asalariado. A lo largo de todo el período se observa una tendencia al descenso en el empleo total en el sector agrario, aunque con tasas de disminución menores desde finales de la década de los noventa.

Sin embargo, esta tendencia del empleo total incluye dos tendencias no coincidentes, la del trabajo asalariado y la del no asalariado. Del trabajo total empleado en la agricultura, la proporción de trabajo familiar o no asalariado es mucho mayor que la del asalariado.

Gráfico 4. Empleo en la agricultura (1980-2008).
En miles de UTAS



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA*.

² Cada UTA equivale al trabajo que realiza una persona a tiempo completo a lo largo de un año; es decir 228 jornadas completas, o lo que es lo mismo, 1.826 horas/año. Una jornada parcial se computa como la mitad de una completa.

La disminución del trabajo total se ve arrastrada por el trabajo familiar que desciende a lo largo del tiempo, con una tendencia opuesta a la del trabajo asalariado, que muestra una tendencia al aumento aunque a tasas muy inferiores a las del descenso del trabajo no asalariado, y que va ganando peso en el montante total del trabajo agrario.

Este comportamiento responde a una mayor tecnificación de la agricultura, así como a una mayor profesionalización del sector con un cada vez mayor porcentaje de trabajadores asalariados y menor de los familiares. El resultado de esta evolución ha supuesto una mejora considerable en la productividad de la mano de obra (renta agraria por UTA), hasta 2003, en que el deterioro de los resultados económicos del sector ha llevado también a descensos en este indicador (Gráfico 5).

2.1.1.3.5. Relación entre renta agraria y trabajo

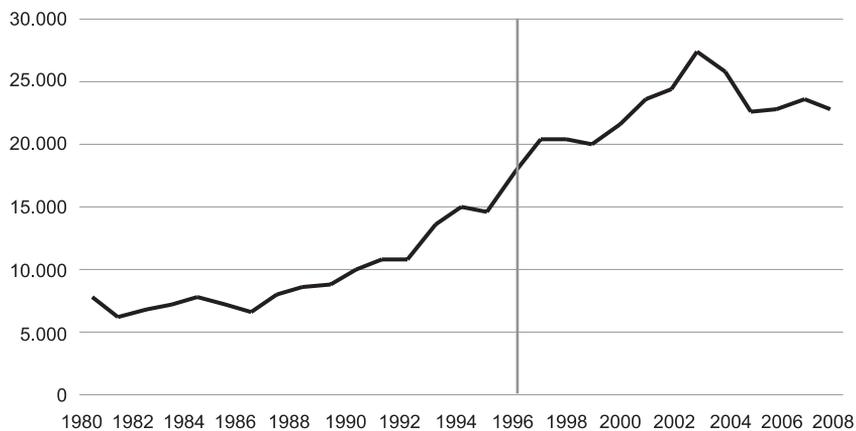
La relación entre la renta agraria y el empleo refleja la productividad de la mano de obra y la capacidad de la agricultura, como actividad generadora de rentas, en mantener la población.

Como se observa en los gráficos, la tendencia al aumento de la RA por UTA, producida tanto en euros corrientes como constantes, se frena en 2003, año en el que alcanza un máximo, y, a pesar de la disminución del empleo, comienza a descender con un ligero repunte en 2007 debido al alza de los precios de los productos agrarios.

2.1.1.3.6. Empleo de fertilizantes

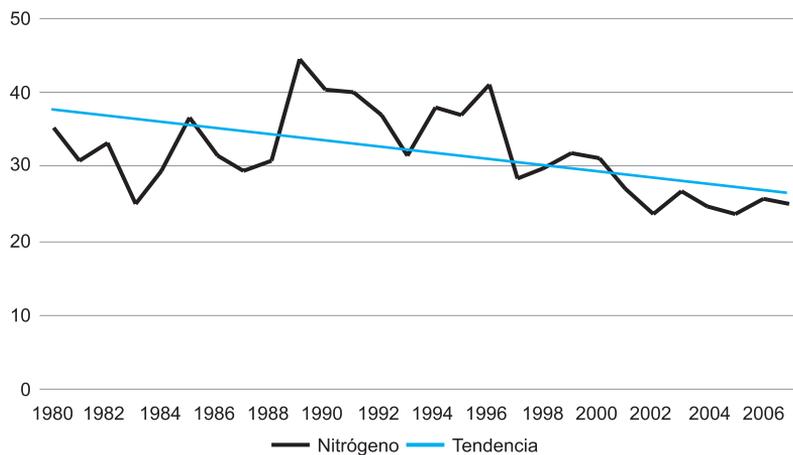
Con estos indicadores se analiza la tendencia del consumo de los fertilizantes en la agricultura española a lo largo del periodo en estudio, así como la eficiencia en el uso de los mismos. Los fertilizantes que se han estudiado son los abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos. Para evaluar el efecto de la fertilización en la agricultura se ha dividido el consumo nacional de fertilizantes entre la producción final agraria (PFA). La unidad utilizada para cuantificar este indicador es toneladas de fertilizante consumido partido por millones de euros constantes obtenidos en la producción agraria. Con este indicador se observa la incidencia del empleo de los fertilizantes en la PFA, lo que representa el efecto que tienen los *inputs* sobre la producción agraria.

Gráfico 5. Relación renta agraria/trabajo (1980-2008).
En euros constantes de 1980/UTA*



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 6. Toneladas de nitrógeno
por millón de euros constantes de 1980 PFA



* La línea vertical indica cambios en la metodología.

Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

En los tres tipos de fertilizantes que se incluyen en el estudio la tendencia ha sido en general la misma. En todos los casos, de acuerdo con los datos de la Tabla 3, a lo largo de la serie analizada el consumo de los fertilizantes ha aumentado, a excepción de los últimos años de la serie en los que se registra un ligero descenso. Esta ligera disminución responde al proceso de ajuste sufrido por la agricultura española a raíz de las últimas reformas de la PAC, que han supuesto una disminución de la superficie total cultivada. También han influido en este comportamiento la evolución de los precios de las materias primas empleadas en la fabricación de los fertilizantes y de los precios de los productos agrícolas.

Por otro lado, de acuerdo con el Gráfico 6, la relación entre la cantidad de fertilizante aportado y la producción agraria obtenida, expresada en euros constantes, ha descendido de manera generalizada a lo largo del periodo en estudio. Es decir, que cada vez se obtiene una mayor producción agrícola con el mismo aporte de fertilizante, lo que indica un aumento de la eficiencia del abonado en estos últimos años.

Por ejemplo, en el caso de los fertilizantes nitrogenados, se ha pasado de magnitudes de unas 35 toneladas de nitrógeno por millón de euros constantes producidos en 1980 a unas 25 toneladas por millón de euros constantes en 2007. En el caso del fósforo el comportamiento es muy similar. Se ha pasado de unas 17 toneladas de P_2O_5 por millón de euros en 1980 a unas 14 en el año 2007. En el caso del potasio este indicador aumentó en los primeros años, pasando de unas 10 toneladas de K_2O por millón de euros en 1980 a 16 en el año 1995, descendiendo posteriormente de manera progresiva hasta llegar a las 11 toneladas de K_2O por millón de euros en 2007. En los tres indicadores de uso de fertilizantes, por tanto, se observa una tendencia generalizada de descenso de su consumo relativo con respecto a la PFA y por consiguiente una mayor eficiencia.

Este uso más eficiente ha originado un aumento de la productividad de los diferentes cultivos como se aprecia en el indicador de uso de la tierra, que refleja un aumento de los rendimientos medios de cosecha.

También es importante señalar que los cambios en la tendencia mostrados por el indicador a mediados de los noventa se deben a la bajada de la PFA sufrida entre 1988 y 1994 y al cambio de metodología empleada para el cálculo de la PFA.

Tabla 3. Toneladas de fertilizante empleadas a nivel nacional de nitrógeno, fósforo y potasio (1980-2007)

Año	Nitrogenados (N)	Fosfatados (P ₂ O ₅)	Potásicos (K ₂ O)
1980	984.808	473.472	294.011
1981	806.019	419.991	253.864
1982	883.674	404.662	255.336
1983	687.518	366.150	224.903
1984	870.277	428.722	277.183
1985	942.293	463.340	303.900
1986	889.556	426.314	285.915
1987	900.654	411.640	315.636
1988	976.023	462.213	358.055
1989	1.118.454	531.736	373.883
1990	1.074.174	574.795	380.350
1991	1.065.831	554.930	389.872
1992	980.023	486.778	355.724
1993	810.530	413.616	351.530
1994	991.190	524.677	420.836
1995	912.827	509.881	415.086
1996	1.153.091	559.903	450.904
1997	1.041.857	559.212	479.410
1998	1.123.755	643.463	511.039
1999	1.207.018	633.865	496.297
2000	1.279.154	570.282	474.822
2001	1.131.006	610.838	468.360
2002	1.026.546	605.224	491.138
2003	1.198.606	614.385	468.511
2004	1.072.949	588.820	492.571
2005	923.764	513.454	398.230
2006	969.783	452.461	388.187
2007	985.857	554.382	444.853

Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

2.1.2. Precios

2.1.2.1. Introducción

En este apartado se va a analizarla evolución de los Índices de los Precios al Consumo (IPC) de un conjunto de productos agrarios y alimentarios, así como de los Índices de Precios Percibidos (IPP) por los agricultores. Los productos analizados incluyen productos agrícolas, como los cereales, las frutas, las hortalizas y las patatas, y productos ganaderos, como las carnes de pollo, porcino, ovino, vacuno y conejo, la leche y los huevos.

El objetivo es, por un lado, comparar la evolución de estos dos índices, para cada grupo, con la de los generales del sector, y por otro analizar la diferencia en su evolución, y en especial de la brecha entre ambos índices. Un aumento en la brecha entre los precios percibidos por los agricultores y los índices de precios al consumo puede deberse a un aumento del valor añadido de la cadena comercial desde el productor hasta el consumidor, pero también puede reflejar un aumento del poder de mercado en el eslabón comercial y distribuidor.

2.1.2.2. Metodología y fuentes de datos

La fuente de datos ha sido el *Boletín Mensual de Estadística Agraria*, publicado por el MAGRAMA, para las series de índices de precios percibidos (IPP), y el Instituto Nacional de Estadística, para los índices de precios al consumo, IPC. Todas las series se han transformado para referirse al año 1980 (Base=100). Los índices generales que se han considerado como referencia para comparar con los individuales son el Índice de Precios al Consumo de los Productos Agrícolas y el Índice General de Precios Percibidos por los agricultores.

2.1.2.3. Resultados

A continuación se recoge el comportamiento de los índices para los productos considerados.

En los cereales los índices de precios percibidos crecen a tasas inferiores a los percibidos para el conjunto de productos agrícolas desde 1995, año en que comienzan a manifestarse los efectos de la reforma de la PAC de 1992 cuando se introdujeron los pagos compensatorios

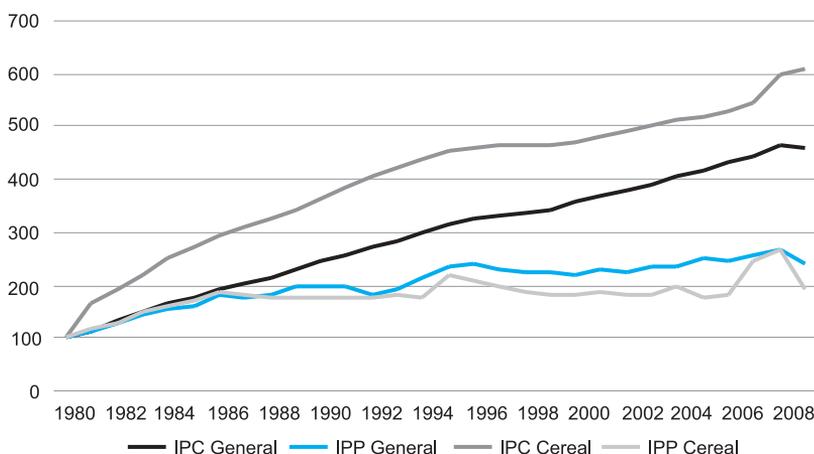
de los descensos de precios. A partir de entonces se han mantenido estables, o con una ligera tendencia al descenso hasta 2007, en que se produce la subida de los precios de las materias primas, especialmente significativa en este sector.

Las oscilaciones de los precios percibidos se transmiten muy amortiguadas a los precios al consumo, que mantienen una tendencia creciente durante todo el período.

Los índices de precios al consumo de cereales se mantienen por encima de los índices generales de precios al consumo a diferencia de lo que ocurre con los índices de precios percibidos. De ello se deduce que el valor añadido generado en el sector de los cereales, o el poder de mercado del comercio o la distribución, ha aumentado a lo largo del período significativamente más rápido que en el resto de los sectores agrarios.

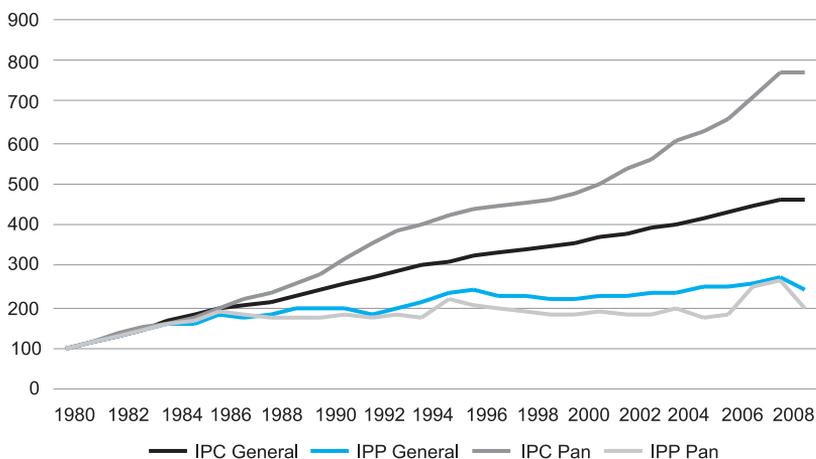
Del análisis de la evolución de los precios de los productos derivados de los cereales se deduce que, mientras los precios percibidos se comportan como en el caso de los cereales, los precios al consumo muestran un comportamiento diferencial puesto que pasan a estar por debajo del índice general a partir de 1996 como consecuencia del cambio sufrido con anterioridad en el índice de precios percibidos.

Gráfico 7. Evolución del IPP e IPC en cereales (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

Gráfico 8. Evolución del IPP e IPC en pan (año base 1980 = 100)



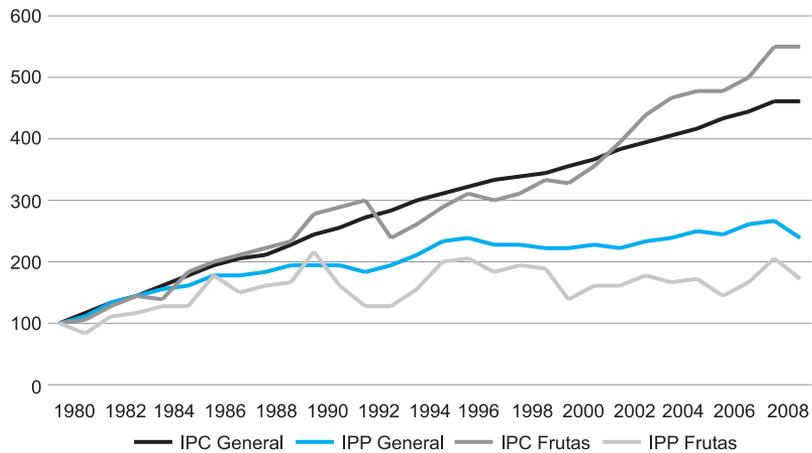
Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

En el Gráfico 8 se compara la evolución del índice de precios percibidos en cereales, con el índice de precios al consumo del pan. En este caso, mientras que el índice de precios percibidos se encuentra por debajo del índice general de los productos agrícolas, el índice de los precios al consumo se encuentra muy por encima del índice general. Además el margen entre el índice de precios al consumo y el índice general es aún mayor que en cereales. Esto refleja al igual que en los cereales el aumento significativo del valor añadido en el sector o bien del poder de mercado del comercio o de la distribución.

El índice de precios percibidos por las frutas se sitúa por debajo del índice general de precios percibidos en la agricultura y muestra una tendencia a la estabilidad, aunque con oscilaciones anuales acusadas que se transmiten más amortiguadas a los precios al consumo (Gráfico 9).

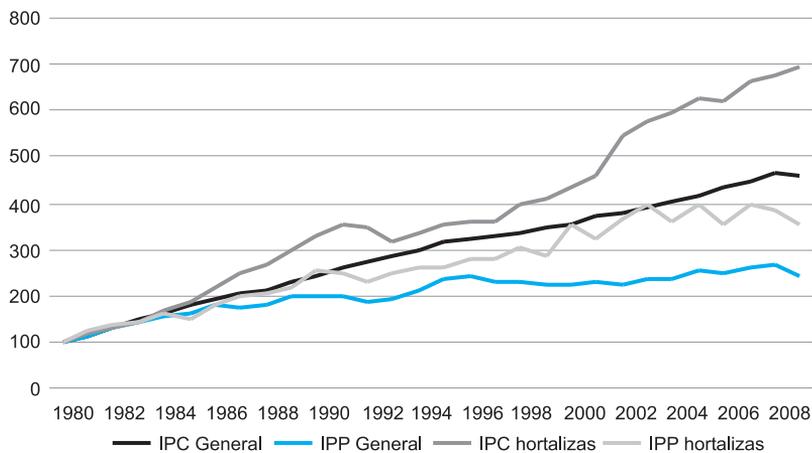
La tendencia del índice de precios al consumo de las hortalizas es creciente durante todo el período y desde principios de 2001 se mantiene por encima del índice general de precios al consumo, creciendo a tasas superiores. Con ello aumenta la diferencia con el índice de precios percibidos, reflejando igualmente un aumento significativo del valor añadido de este sector en los últimos años o del poder de mercado del comercio y la distribución.

Gráfico 9. Evolución del IPP e IPC en frutas (1980 = 100)



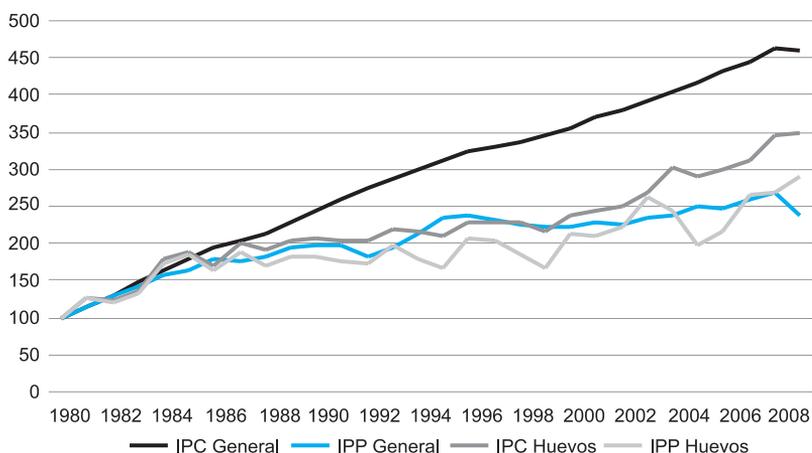
Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

Gráfico 10. Evolución del IPP e IPC en hortalizas (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

Gráfico 11. Evolución del IPP e IPC en huevos (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

El índice precios percibidos por la hortalizas se ha mantenido durante todo el periodo por encima del índice general de precios percibidos y, aunque con oscilaciones anuales, muestra una tendencia al aumento. Las oscilaciones también se transmiten amortiguadas al índice de precios al consumo, que durante todo el período se mantiene por encima del índice general de precios al consumo, reflejando una tendencia creciente.

La diferencia entre los índices de precios percibidos y de precios al consumo es superior a la del conjunto de precios agrícolas y creciente en el tiempo.

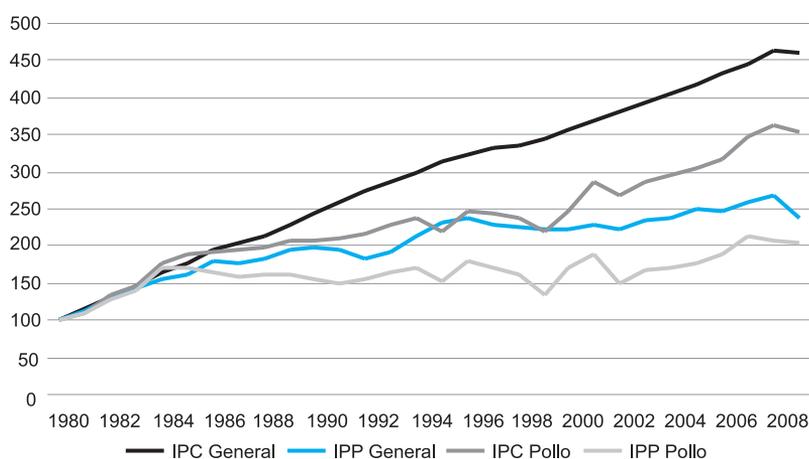
Durante todo el periodo analizado el índice de precios percibidos por la patata muestra una tendencia acusada a la inestabilidad. Estas oscilaciones también se transmiten a los precios al consumo, aunque de nuevo más amortiguadas. Si se comparan con los índices generales, mientras que los de precios percibidos se mantienen en niveles similares, desde el año 2000 los precios al consumo de la patata se han situado por encima de los generales, con una tendencia en ambos casos creciente. Debido a ello, la diferencia entre los precios percibidos por los agricultores y los precios al consumo ha aumentado significativamente desde finales de la década de los 90.

La tendencia de los índices de precios percibidos y de precios al consumo de los huevos es creciente y en ambos casos, especialmente el ín-

dice de precios al consumo, se sitúan por debajo de los índices generales. En contraste con lo observado para los productos agrícolas, la diferencia entre los precios percibidos y los precios al consumo es muy inferior a la registrada para el conjunto de los productos agrarios, aunque muestra una ligera tendencia al aumento. En el caso de la leche, la tendencia del índice de precios percibidos es creciente y muy similar a la experimentada por el conjunto de productos agrarios, con un pico en 2007 aunque menos acusado para este producto. La tendencia creciente también se constata en los precios al consumo, aunque en este caso los niveles se mantienen muy inferiores al índice general de precios al consumo. Debido a ello, la diferencia entre los dos índices de precios, aunque creciente, es inferior en la leche que para el conjunto de productos agrícolas.

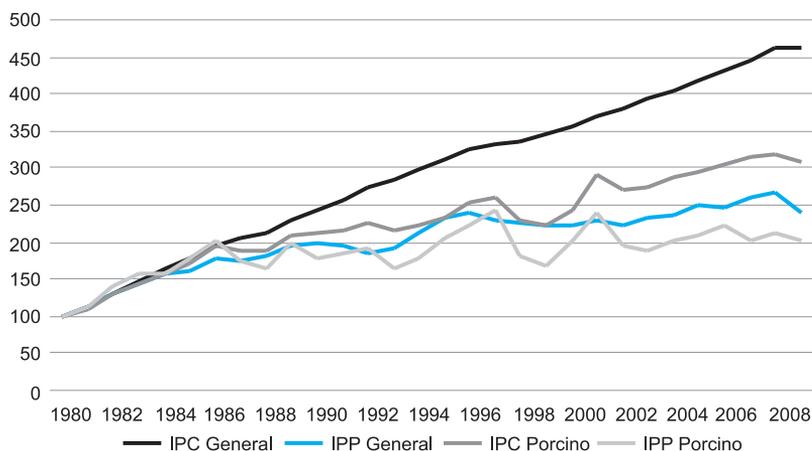
Los precios percibidos por la carne de pollo se han situado, durante todo el período analizado, muy por debajo de los precios percibidos por el conjunto del sector agrario con una tendencia a la estabilidad, aunque en los últimos años se han registrado aumentos. En cuanto a los precios al consumo, la tendencia es creciente, pero también se sitúa muy por debajo de los índices generales. Debido a ello, la diferencia entre los índices de precios percibidos y los precios al consumo es creciente aunque inferior a la observada para el conjunto de productos agrarios.

Gráfico 12. Evolución del IPP e IPC en pollo (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

Gráfico 13. Evolución del IPP e IPC en porcino (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

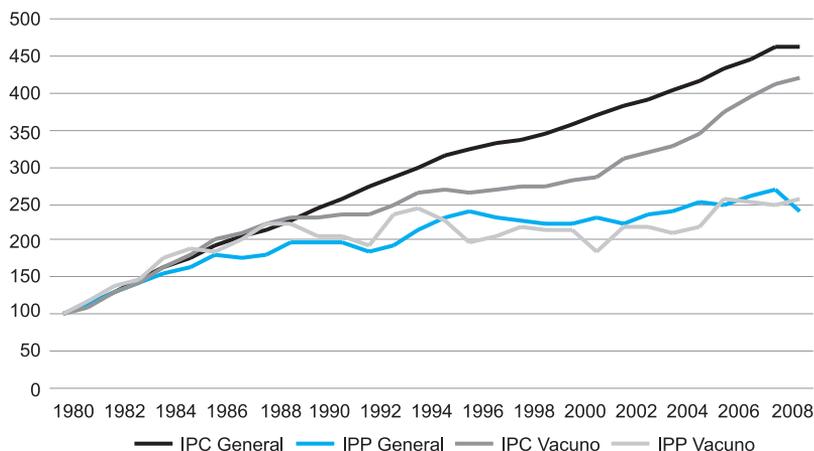
Desde mediados de los ochenta se observa una tendencia a la estabilidad en los precios percibidos por el porcino que pasa a oscilaciones anuales. Estas oscilaciones se transmiten a los precios al consumo, que mantienen una ligera tendencia al aumento, aunque inferior a la general de los precios al consumo. Ha aumentado la diferencia entre los precios al consumo y los percibidos aunque en mucha menor medida que para el resto de productos agrarios.

Los precios percibidos por la carne de vacuno muestran un comportamiento similar al del conjunto del sector, con ciertas oscilaciones anuales y ligera tendencia creciente en los últimos años. En cuanto a los precios al consumo cabe una observación similar. La tendencia es claramente al aumento en los últimos años, aunque se mantienen por debajo de los generales. Debido a ello, la diferencia entre precios al consumo y precios percibidos aumenta, si bien es inferior a la observada para el conjunto de productos agrarios.

Los precios percibidos por la carne de ovino se han mantenido por debajo de los precios percibidos generales y con tendencia a la estabilidad, especialmente desde finales de la década de los noventa.

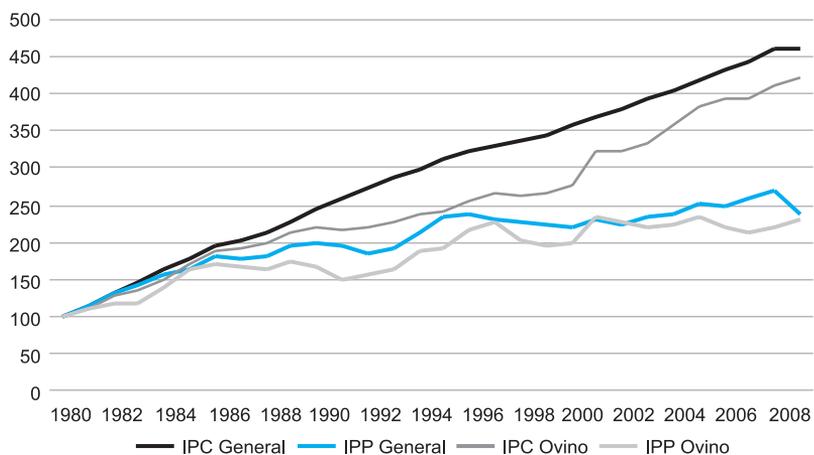
Frente a ello, los precios al consumo, aunque también inferiores a los índices generales han mostrado una tendencia acusada al aumento, resultando con ello una diferencia entre los dos índices creciente, aunque en general inferior a la producida para el conjunto del sector.

Gráfico 14. Evolución del IPP e IPC en vacuno (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

Gráfico 15. Evolución del IPP e IPC en ovino (1980 = 100)



Fuente: *Boletín Mensual de Estadística del MAGRAMA e INE.*

2.2. Indicadores agrícolas

2.2.1. Uso de la tierra

2.2.1.1. Objetivos

Con el cálculo de indicadores de sostenibilidad del uso de la tierra, se pretende evaluar cuál ha sido la tendencia de la productividad agrícola. Esta productividad se mide en toneladas o en euros de producto por hectárea. La evolución de estos indicadores reflejará si ha aumentado o disminuido el rendimiento de los cultivos.

2.2.1.2. Metodología y fuentes de datos

En la elaboración de estos indicadores se han empleado las superficies, rendimientos, producciones y precios publicados en los *Anuarios de Estadística Agraria* del MAGRAMA. Todos los datos que se han obtenido de los anuarios están detallados a nivel provincial. Estos datos provinciales, se han agregado a nivel nacional por cultivos.

En todos los indicadores de los cultivos se ha seguido la misma metodología, basada en la obtención de medias ponderadas, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$A1_{jt} = \frac{\sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^S \mu_{ijt}^S + \sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^R \mu_{ijt}^R}{\sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^S + \sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^R} \quad [1]$$

Donde $A1_{jt}$ es el indicador $A1$ (kg/ha), del cultivo j , en el año t ; S_{ijt}^S y μ_{ijt}^S son respectivamente la superficie y el rendimiento de secano del cultivo j , en la provincia i en el año t ; y las variables con superíndice R refieren lo mismo pero en los cultivos de regadío. Un indicador $A2$ (€/ha) se calcularía del siguiente modo:

$$A2_{jt} = \frac{p_{jt} [\sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^S \mu_{ijt}^S + \sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^R \mu_{ijt}^R]}{\sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^S + \sum_{i=1}^{50} S_{ijt}^R} \quad [2]$$

Donde p_{jt} es el precio del producto j en el año t .

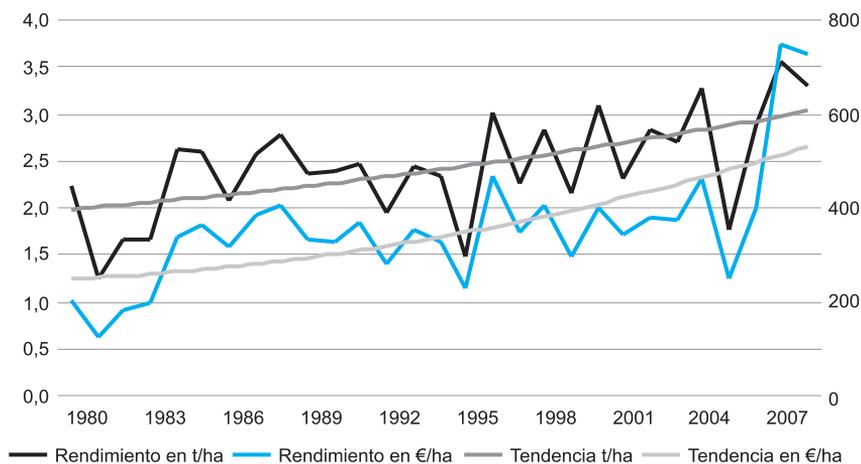
Para cada cultivo se han obtenido los siguientes indicadores del uso de la tierra y sus inversas.

- **A1** (t de producto/ha) que refleja las toneladas de producto obtenidas por hectárea de cultivo.
- **A2** (€ de producto/ha) que refleja los euros obtenidos por el agricultor por hectárea de cultivo.

2.2.1.3. Resultados

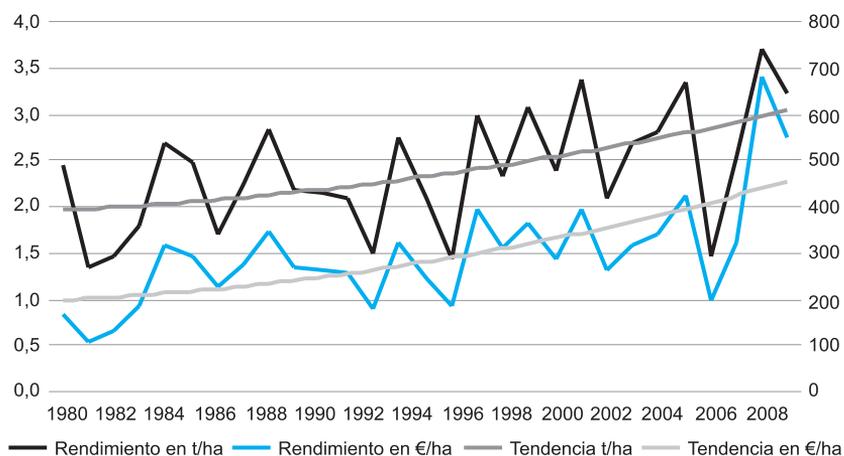
En los siguientes gráficos se representan la combinación de los indicadores A1 y A2 obtenidos para los dieciséis cultivos estudiados. Asimismo para facilitar su interpretación se han incluido las líneas de tendencia de ambos indicadores.

Gráfico 16. Evolución del rendimiento en trigo. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



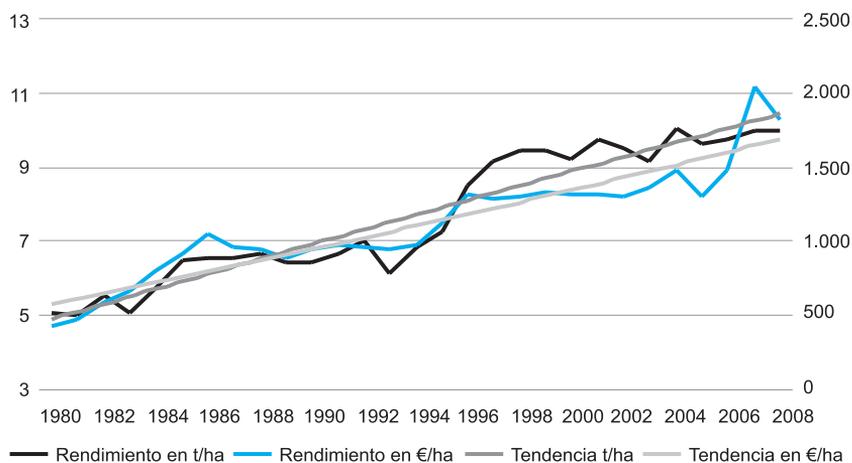
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 17. Evolución del rendimiento en cebada. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



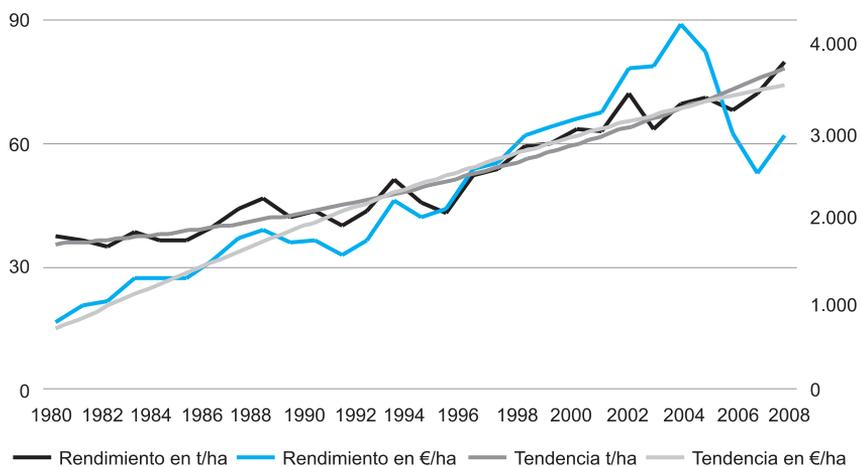
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 18. Evolución del rendimiento en maíz. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



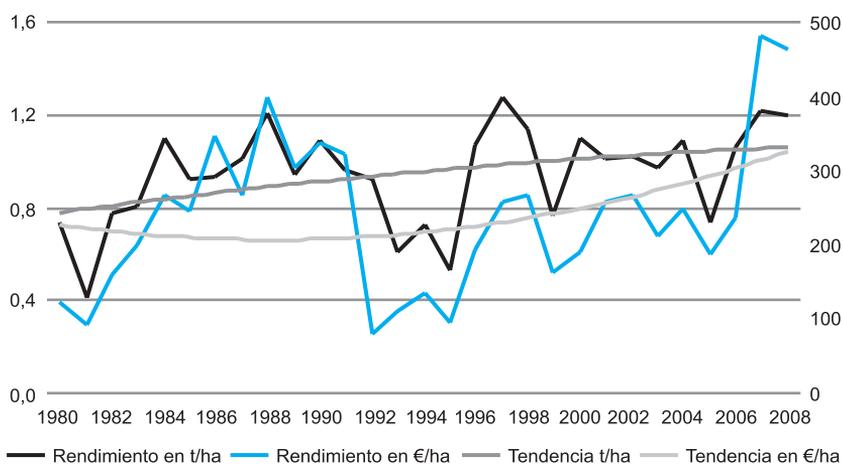
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 19. Evolución del rendimiento en remolacha. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



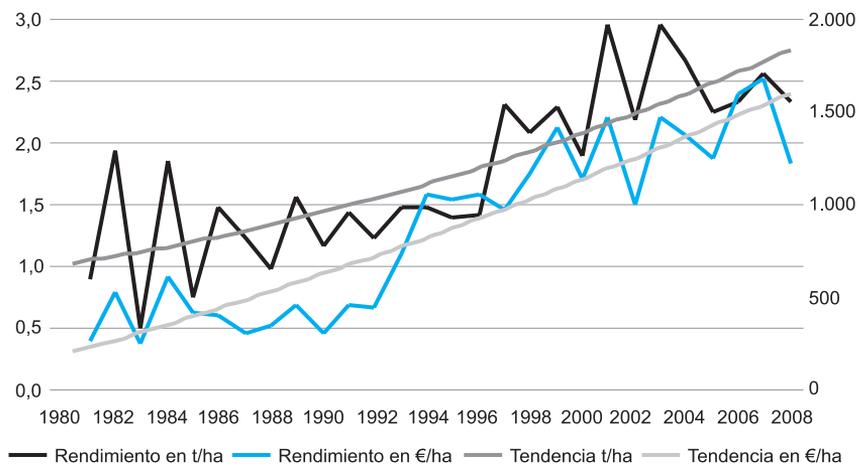
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 20. Evolución del rendimiento en girasol. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



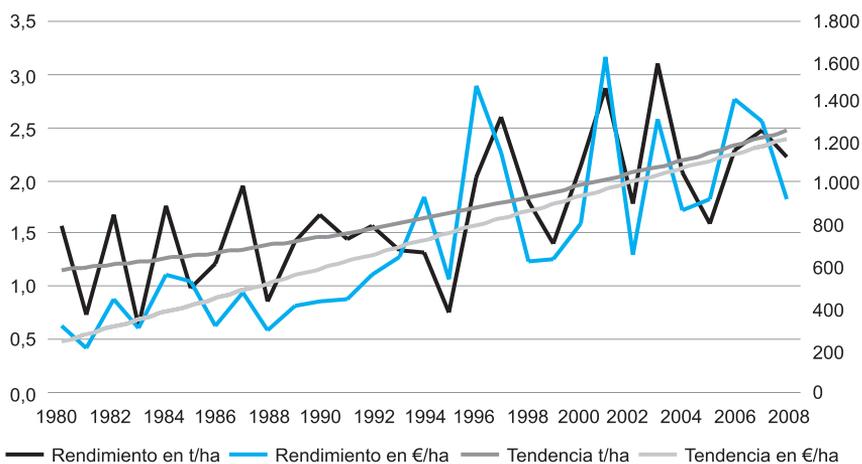
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 21. Evolución del rendimiento en olivar de mesa.
En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



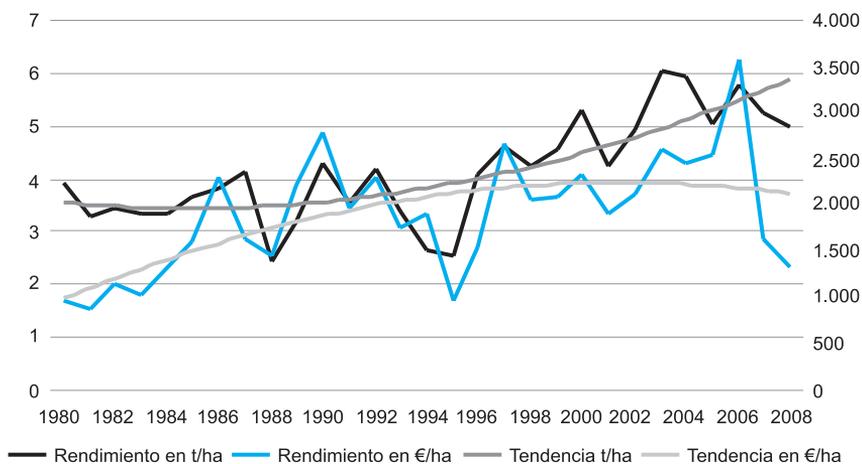
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 22. Evolución del rendimiento en olivar de transformación.
En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



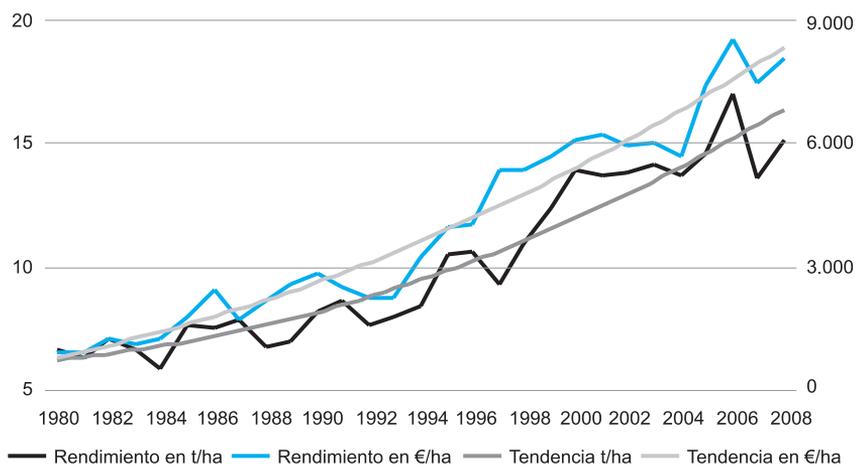
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 23. Evolución del rendimiento en viñedo de mesa.
En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



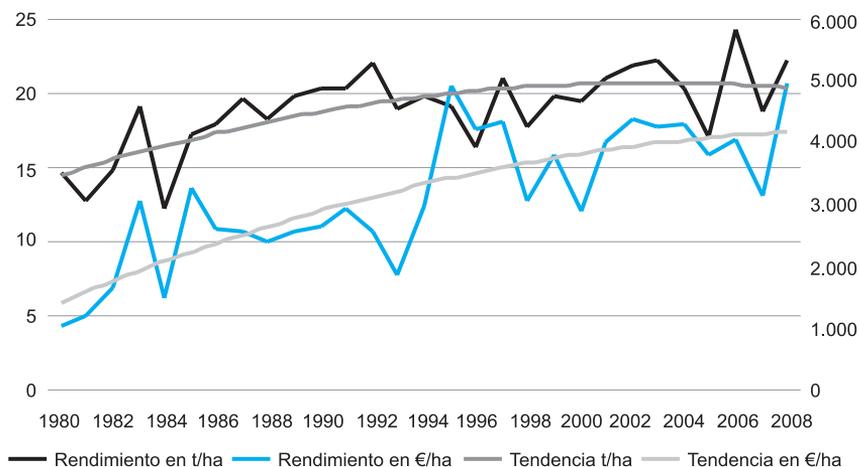
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 24. Evolución del rendimiento en viñedo de transformación.
En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



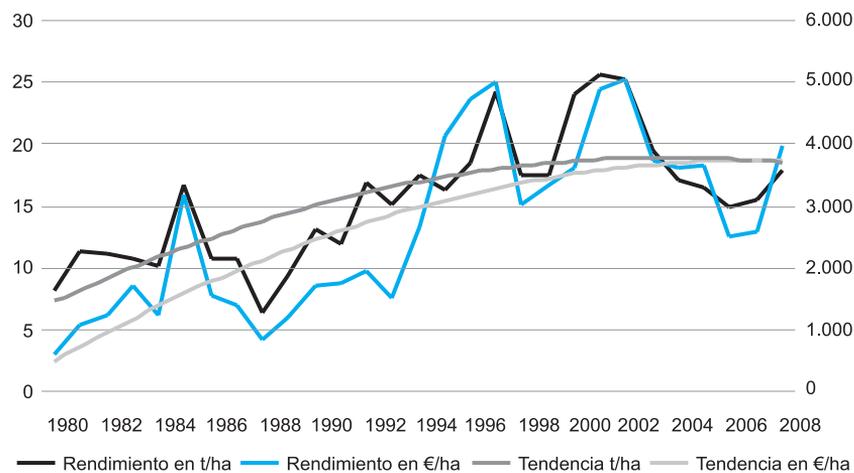
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 25. Evolución del rendimiento en naranjo. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



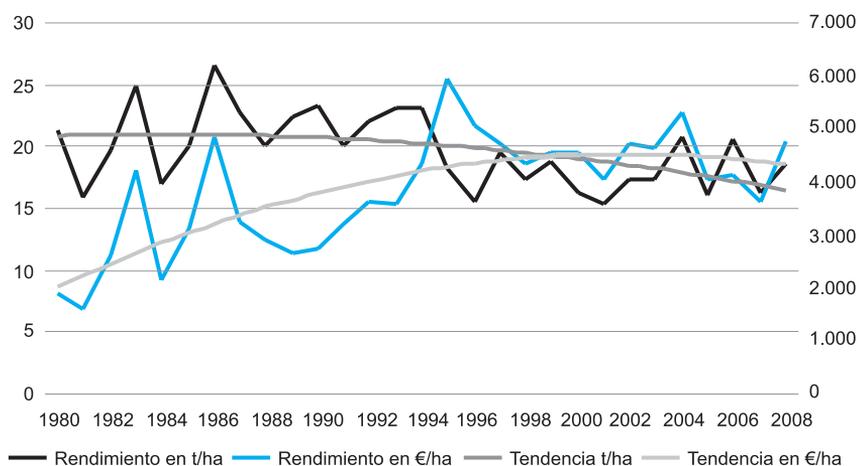
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 26. Evolución del rendimiento en naranjo amargo. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



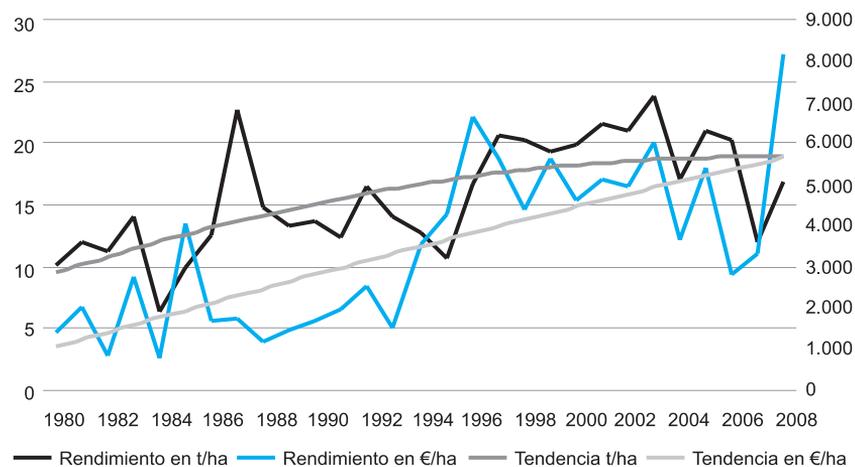
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 27. Evolución del rendimiento en mandarino. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



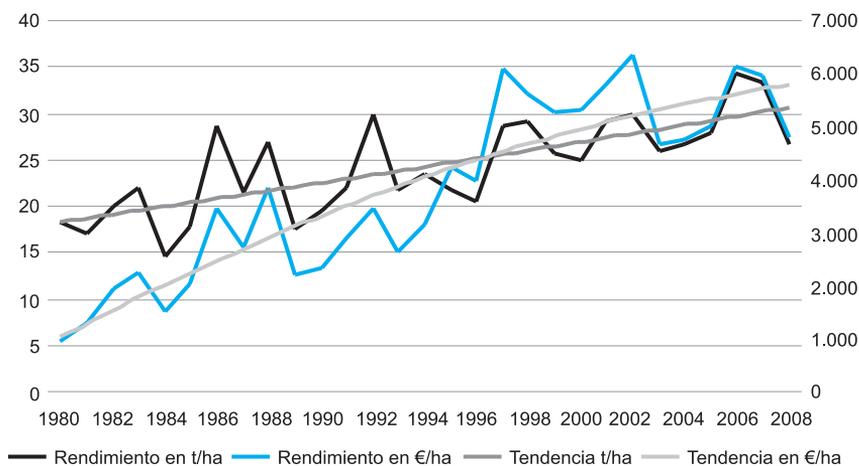
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 28. Evolución del rendimiento en limonero. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



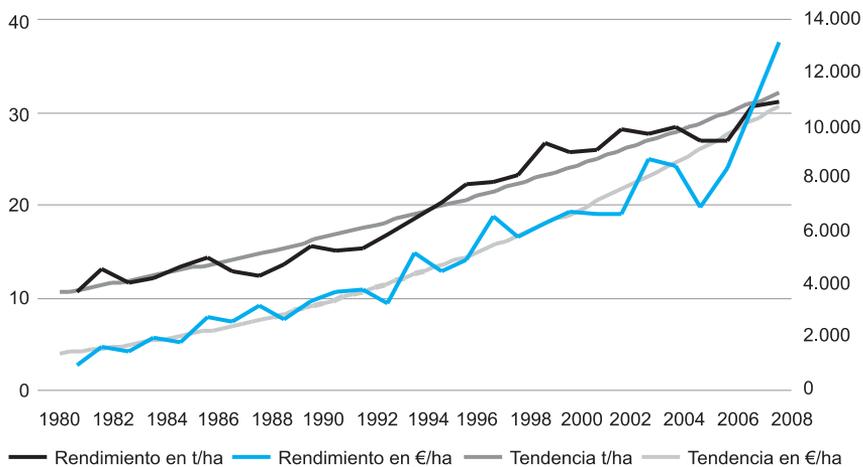
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.

Gráfico 29. Evolución del rendimiento en pomelo. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



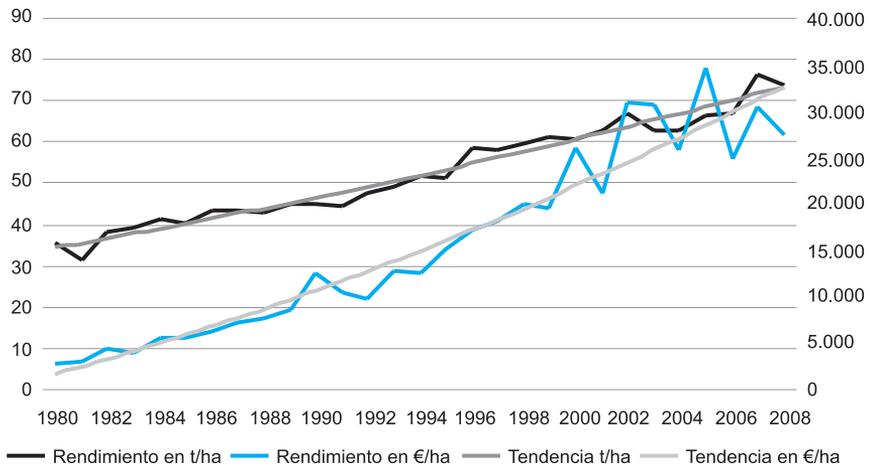
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 30. Evolución del rendimiento en melón. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

Gráfico 31. Evolución del rendimiento en tomate. En t/ha (izq.) y €/ha (dra.)



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria del MAGRAMA.*

2.2.1.4. Conclusiones

Observando el comportamiento de estos indicadores a lo largo del tiempo, se aprecia que la productividad ha ido aumentando en todos los cultivos, requiriéndose menos superficie para producir una tonelada. Asimismo cada vez se obtiene más valor por hectárea cultivada o se requieren menos hectáreas para obtener un euro de valor de cosecha. Este comportamiento se aprecia en todos los cultivos, con tendencias más o menos marcadas. La única excepción a esta tendencia general es el mandarino, puesto que a partir del año 1996 invierte su tendencia creciente para comenzar a decrecer, no obstante la productividad del mandarino es muy inestable comparada con la del resto de cultivos, mostrando grandes variaciones anuales.

2.2.2. Uso del agua

2.2.2.1. Objetivos

Con la elaboración de indicadores que recojan la productividad del agua en la agricultura, se pretende ver qué evolución ha seguido la eficiencia en el uso del recurso. Con estos indicadores, se quiere relacionar el consumo potencial de agua con la producción de los cultivos, así como con el valor de esta producción.

Dentro del total de agua empleada en la agricultura, se distinguen el agua “verde”, que es la cantidad de agua que el cultivo es capaz de aprovechar de la procedente de la lluvia, y el agua “azul” que es la que se suministra mediante el riego.

2.2.2.2. Metodología y fuentes de datos³

Para la obtención del consumo de agua, se han empleado datos suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). A partir de estos datos, se han obtenido las diferentes necesidades hídricas provinciales por hectárea y cultivo y teniendo en cuenta la superficie de cada cultivo, se ha calculado el consumo anual de agua. A la hora de calcular el consumo potencial de agua, se ha diferenciado la superficie de secano de la de regadío. Este consumo supone que con los riegos se cumplen todas las necesidades hídricas de los cultivos. Para satisfacer estas necesidades se ha tenido en cuenta que en la superficie de secano sólo se ha consumido el agua de lluvia y que en regadío la diferencia entre las necesidades y el agua de lluvia, se ha cubierto con el riego.

Este estudio va a tomar como base metodológica la desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004), incorporando una serie de aportaciones con el fin de adaptarla de la mejor manera posible al modelo de agricultura española y lograr una mejor precisión en los resultados.

La huella hidrológica de la agricultura (WF_{Agr}) equivale al uso de los recursos hídricos españoles en la agricultura (UA_{Agr}), más las “importaciones” de agua virtual contenida en los productos agrícolas y ganaderos ($VW_{I,Agr}$), menos el agua virtual “exportada” en estos productos ($VW_{E,Agr}$):

$$WF_{Agr}(m^3) = UA_{Agr} + VW_{I,Agr} - VW_{E,Agr} \quad [3]$$

³ La metodología ha sido desarrollada por Garrido *et al.* (2010); Novo *et al.* (2009) y Rodríguez-Casado *et al.* (2009). En este estudio se ha ampliado el análisis de estos autores a los años 2007 y 2008, y a los años 1980-1995.

El uso de agua en la agricultura (UA_{Agr}) se corresponde con la suma de las demandas evaporativas de los cultivos producidos e incluye tanto el agua azul como el agua verde. Las pérdidas de agua que puedan producirse en el riego no se contabilizan, asumiendo que en un porcentaje alto pueden ser reutilizadas.

Debido a la heterogeneidad de la agricultura española y con el fin de mejorar la precisión, se han realizado todos los cálculos para cada una de las provincias de España, agregando posteriormente estos datos para obtener los resultados finales a nivel nacional.

La demanda evaporativa de un cultivo, suma de la evaporación directa del agua al suelo y de la transpiración de las plantas, es equivalente a sus necesidades hídricas. En este trabajo se ha estimado la evapotranspiración mensual de cada cultivo (ET_c , mm/mes) según la ecuación de Penman-Monteith. Para su cálculo se multiplica la evapotranspiración de referencia (ET_o) por la constante del cultivo (K_c).

$$ET_c \left(\frac{mm}{mes} \right) = ET_o \times K_c \quad [4]$$

Los datos mensuales de evapotranspiración de referencia han sido facilitados por el AEMET (2010) y la constante K_c se ha obtenido de Allen *et al.* (1998). Si aplicamos el factor de corrección 10 se obtienen las necesidades hídricas mensuales en m^3/ha (CWR_i , m^3/ha , mes).

$$CWR_i \left(\frac{m^3}{ha, mes} \right) = 10 \times ET_c \quad [5]$$

Se han calculado por separado la evapotranspiración mensual de agua verde (ET_g , m^3/ha , mes) y la evapotranspiración mensual de agua azul (ET_b , m^3/ha , mes).

$$CWR_i \left(\frac{m^3}{ha, mes} \right) = ET_g + ET_b \quad [6]$$

La evapotranspiración mensual de agua verde coincide con la precipitación efectiva (P_{eff} , m^3/ha , mes) en el caso de que esta cantidad no supera las necesidades hídricas del cultivo.

$$ETg_i \left(\frac{m^3}{ha,mes} \right) = \min(CWR_i; P_{eff}) \quad [7]$$

Para obtener la precipitación efectiva, que es el agua procedente de la lluvia que realmente puede ser aprovechada por la planta, se han seguido las fórmulas propuestas por Brouwer y Heibloem (1986), en función de la precipitación mensual (p , mm/mes).

$$p_{eff} \left(\frac{mm}{mes} \right) = 0,8 \times p - 25, \text{ si } p > 75 \text{ mm/mes} \quad [8]$$

$$p_{eff} \left(\frac{mm}{mes} \right) = 0,6 \times p - 10, \text{ si } p < 75 \text{ mm/mes} \quad [9]$$

$$P_{eff} \left(\frac{m^3}{ha,mes} \right) = \max(0; 10 \times p_{eff}) \quad [10]$$

Para el régimen de producción en regadío se ha supuesto que todos los cultivos ven cubiertas sus necesidades hídricas.⁴ De esta manera, la evapotranspiración de agua azul se corresponde con el riego realizado y compensa la diferencia, si existiera, entre sus necesidades hídricas y la precipitación efectiva.

$$ETb_i \left(\frac{m^3}{ha,mes} \right) = \max(0, CWR_i - P_{eff}) \quad [11]$$

Las fechas de siembra y recolección de cada cultivo se han considerado idénticas para todas las provincias y se han obtenido del calendario de siembra, recolección y comercialización para los años 1996-1998 (MAPA, 2001).

Para el régimen de secano se han utilizado únicamente datos correspondientes al agua verde, obteniendo el contenido de agua virtual verde (Vg_{sec} , m^3/kg) al dividir la evapotranspiración de agua verde entre el rendimiento en secano (Y_{sec} , kg/ha).

$$Vg_{sec} \left(\frac{m^3}{kg} \right) = \frac{ETg}{Y_{sec}} \quad [12]$$

⁴ En el caso de los cultivos protegidos los datos de necesidades hídricas se ha estimado directamente a partir de diversas fuentes bibliográficas (Serrano, 1982; Reche, 2005; Cajamar, 2005)

Los cultivos en regadío consumen agua azul y agua verde. El contenido de agua virtual azul (Vb_{reg} , m^3/kg) resulta de dividir la evapotranspiración de agua azul del cultivo entre su rendimiento en regadío (Y_{reg} , kg/ha), mientras que el contenido de agua virtual verde (Vg_{reg} , m^3/kg) se obtiene al dividir la evapotranspiración de agua verde entre el rendimiento en regadío.

$$Vb_{reg} \left(m^3/kg \right) = \frac{ETb}{Y_{reg}} \quad [13]$$

$$Vg_{reg} \left(m^3/kg \right) = \frac{ETg}{Y_{reg}} \quad [14]$$

En el caso de los cultivos protegidos, que no aprovechan agua verde, el contenido en agua virtual azul (Vb_{prot} , m^3/kg) se ha calculado dividiendo la evapotranspiración de agua azul entre el rendimiento en régimen protegido (Y_{prot} , kg/ha).

$$Vb_{prot} \left(m^3/kg \right) = \frac{ETb}{Y_{prot}} \quad [15]$$

Una vez calculados los contenidos en agua virtual de cada cultivo, distinguiendo entre azul y verde, y para cada provincia, se han agregado los datos para obtener los resultados a nivel nacional. Para hallar este valor medio de contenido en agua virtual de cada producto en España (V_j , m^3/kg) se han ponderado las producciones de cada provincia y de cada régimen de producción.

En la elaboración de estos indicadores también se han empleado las superficies, rendimientos, y producciones así como los precios ya empleados en los indicadores de uso de la tierra. Los indicadores que se han obtenido son los siguientes y sus inversas:

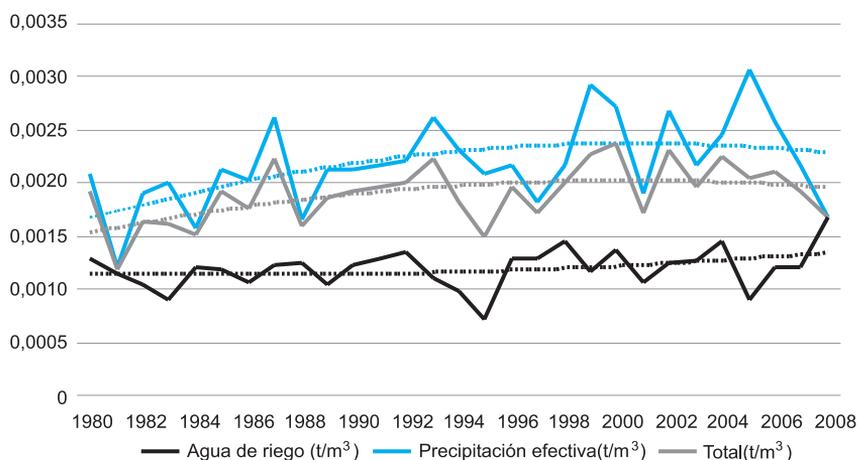
- **B1** (t de producto/ m^3 de agua), refleja las toneladas de producto obtenidas del cultivo por metro cúbico de agua consumido.
- **B2** (€ de producto/ m^3 de agua), refleja los euros obtenidos por el agricultor por metro cúbico de agua.

A su vez dentro de estos indicadores se distingue el consumo de agua azul, del consumo de agua verde y ambas se incluyen en el consumo total. En los cultivos de regadío, aunque se ha tenido en cuenta la precipitación recogida en los cálculos, sólo se ha representado el agua azul y la total para no distorsionar la escala.

2.2.2.3. Resultados

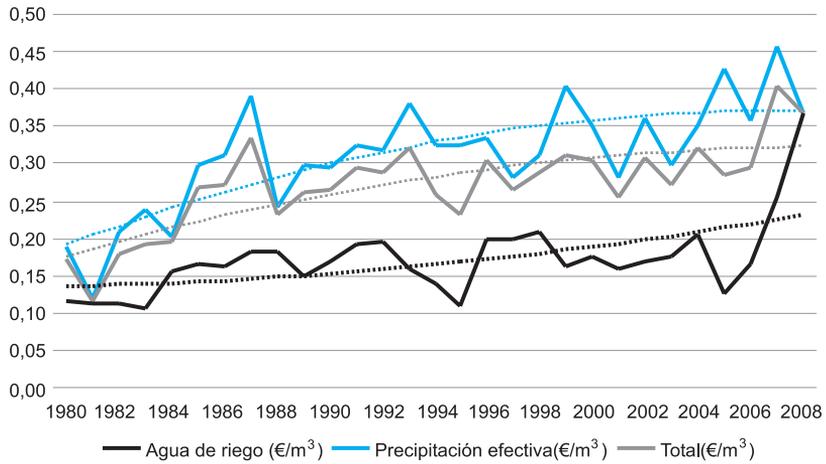
Los indicadores B1 y B2 se recogen en los siguientes gráficos. Se han seleccionado en este caso el trigo, la remolacha, el olivar de transformación, el naranjo y el tomate como representación de cereales, leñosos, frutales, cítricos y hortalizas.

Gráfico 32. Evolución en el consumo de agua en trigo. En t/m³



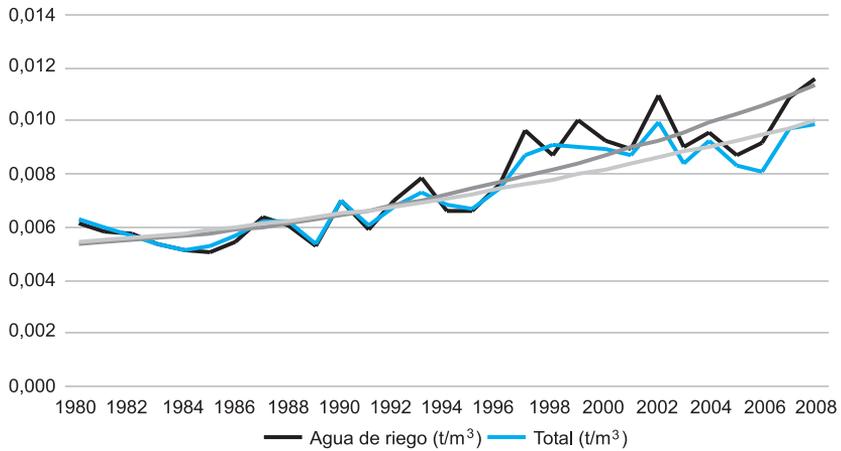
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria* (MAGRAMA). Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 33. Evolución en el consumo de agua en trigo. En €/m³



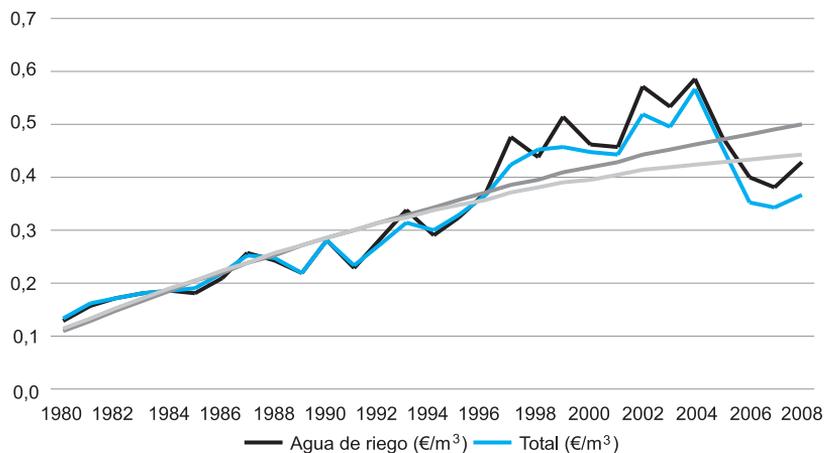
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 34. Evolución en el consumo de agua en remolacha. En t/m³



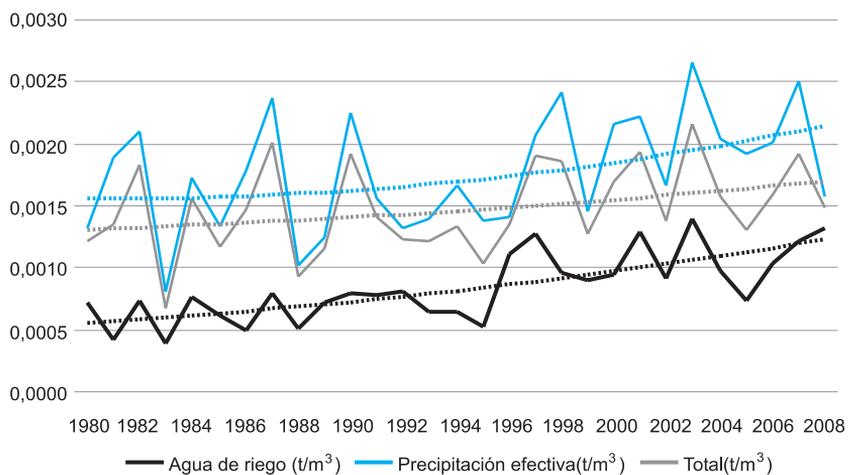
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 35. Evolución en el consumo de agua en remolacha. En €/m³



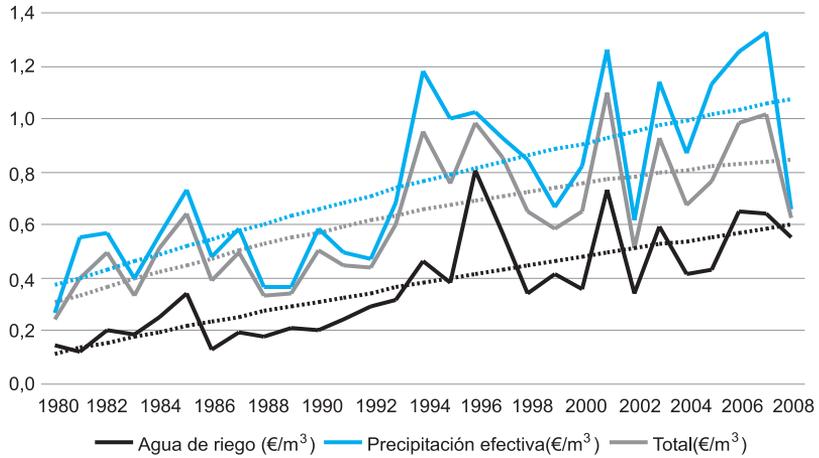
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA). Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 36. Evolución en el consumo de agua en olivar de transformación. En t/m³



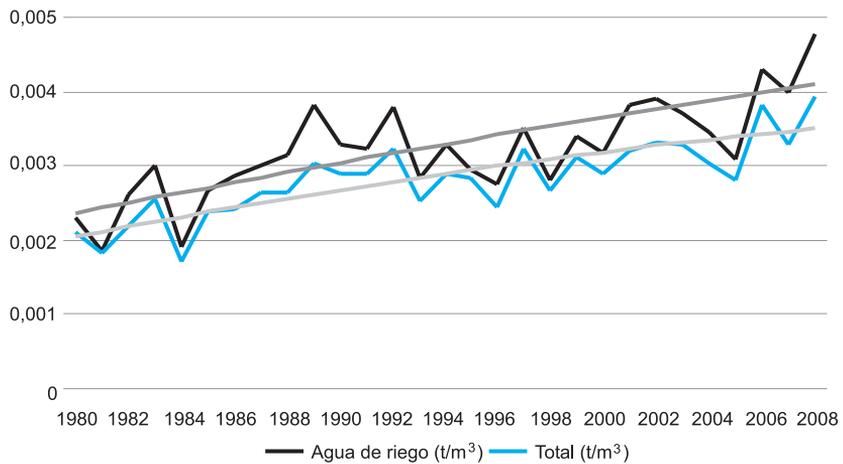
Fuente: Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA). Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 37. Evolución en el consumo de agua en olivar de transformación. En €/m³



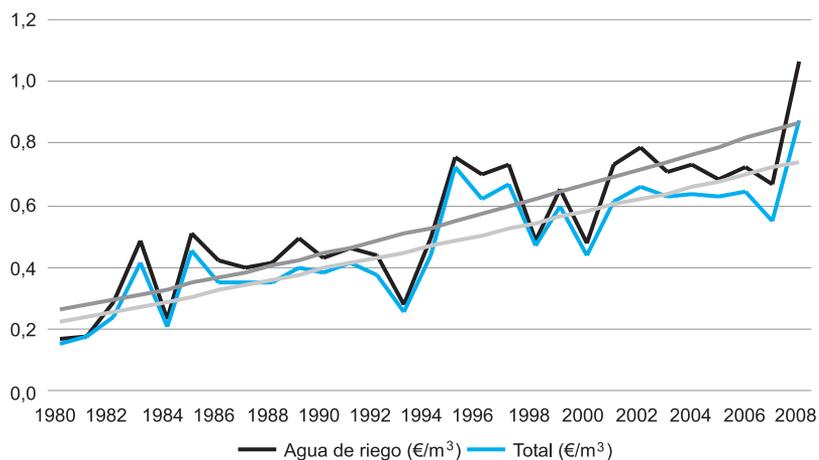
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 38. Evolución en el consumo de agua en naranja. En t/m³



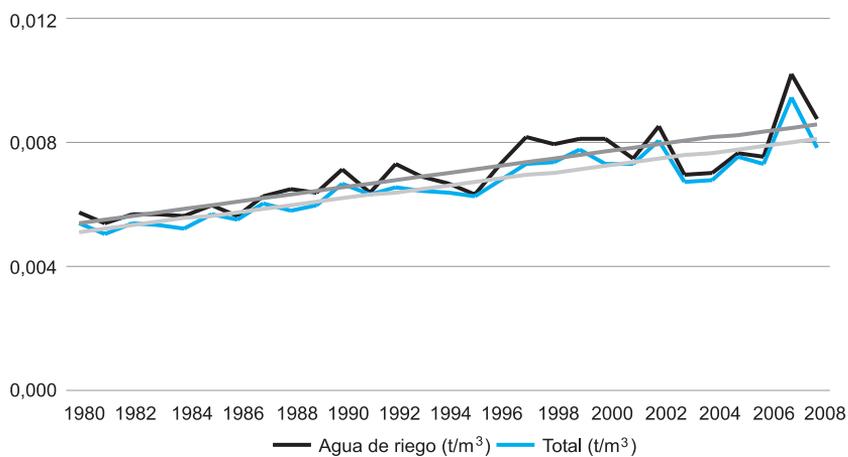
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 39. Evolución en el consumo de agua en naranjo. En €/m³



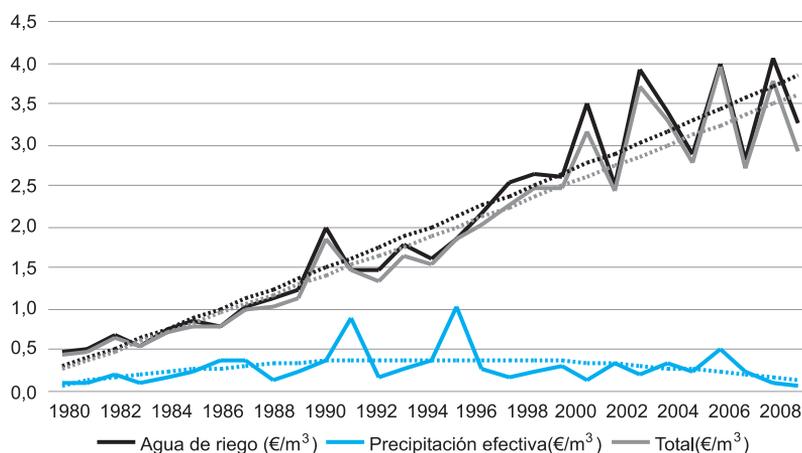
Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 40. Evolución en el consumo de agua en tomate. En t/m³



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA)*. Agencia Estatal de Meteorología.

Gráfico 41. Evolución en el consumo de agua en tomate. En €/m³



Fuente: *Anuarios de Estadística Agraria* (MAGRAMA). Agencia Estatal de Meteorología.

2.2.2.4. Conclusiones

En el comportamiento del agua azul y del agua verde, se distingue claramente una mejora mucho mayor en la eficiencia en el empleo del agua de riego, en la que las tendencias crecientes de productividad son más marcadas que en las del agua verde.

Esta mejora en la eficiencia del uso del agua de riego indica una mejora en los sistemas de riego dado que proporcionalmente cada vez se ha ido obteniendo más producto por metro cúbico de agua empleado.

2.2.3. Emisiones de CO₂

2.2.3.1. Objetivos

El objeto de esta apartado es la *cuantificación* de las emisiones de carbono producidas por el gasto de combustible agrícola y determinar su evolución en el tiempo. Así, posteriormente se calculan a nivel nacional los siguientes indicadores de sostenibilidad, para el periodo comprendido desde 1980 hasta 2008 en un determinado grupo de cultivos:

- **C1** (kg producto/t de CO₂), es decir, los kilogramos de producto obtenidos de cada cultivo en base a las toneladas emitidas de carbono equivalente.
- **C2** (€ producto/t de CO₂), es decir, los euros percibidos por los agricultores en base a las toneladas emitidas de carbono equivalente.

2.2.3.2. Metodología y fuentes de datos

Para el cálculo general de las emisiones del dióxido de carbono equivalentes que se producen en la agricultura, se han de tener en cuenta las emisiones directas e indirectas. Las emisiones directas son aquellas que proceden del consumo de combustible, fertilización, post-recolección y transporte. Por su parte las emisiones indirectas son aquellas que se producen debido a la fabricación y mantenimiento de la maquinaria. Sin embargo, para la elaboración de estos indicadores preliminares, únicamente se han tenido en cuenta las emisiones directas producidas por el consumo de combustible empleado en las principales operaciones agrícolas, desde el laboreo hasta la recolección.

La metodología empleada para el desarrollo del cálculo de los indicadores de sostenibilidad sobre las emisiones de carbono equivalente (Indicador C) se apoya en el consumo de combustible agrícola, cuyo cálculo aparece en el capítulo de los indicadores de energía (Indicador D).

Cada cultivo requiere una serie de operaciones agrícolas con diferente gasto de combustible, lo que conlleva a un consumo energético distinto y, por otro lado, para cada cultivo, se obtienen los indicadores de usos de la tierra A1 y A2. Relacionando estas variables se obtienen los indicadores de energía, que son la base para el cálculo de las emisiones:

$$D1 \text{ (kg producto/MJ)} = A1 \text{ (kg producto/ha)} / E \text{ (MJ/ha)} \quad [16]$$

$$D2 \text{ (€ producto/MJ)} = D1 \text{ (kg producto/MJ)} * A2 \text{ (€ producto/kg producto)} \quad [17]$$

A partir de ellos se obtienen los indicadores de emisión (C):

$$C1 \text{ (kg producto/t CO}_2\text{)} = D1 \text{ (kg producto/MJ)} * Cte. \text{ (t CO}_2\text{/MJ)} \quad [18]$$

$$C2 \text{ (€ producto/t CO}_2\text{)} = D2 \text{ (€ producto/MJ)} * Cte. \text{ (t CO}_2\text{/MJ)} \quad [19]$$

Donde la constante es la cantidad de carbono equivalente que se emite por Megajulio de combustible empleado. Esta constante se calcula a partir de la cantidad de carbono equivalente por kilogramo de combustible (3,45 kg CO₂ / kg gasóleo) (Lal, 2004), la densidad del gasóleo ($\delta = 0,84$ kg/L) y la constante, denominada con la letra K⁵, que expresa la cantidad de energía en Megajulios que contiene un litro de gasóleo.

$$Cte. = (3,45 \text{ kg CO}_2\text{/kg gasóleo} * 0,84 \text{ kg/L}) / 38,65 \text{ MJ/L} = 0,0749 \text{ kg CO}_2\text{/MJ}$$

De la bibliografía consultada se obtienen las siguientes cifras para este parámetro:

$$Cte. = 0,0740 \text{ kg CO}_2\text{/MJ (Picc, 2006).}$$

$$Cte. = 0,0737 \text{ kg CO}_2\text{/MJ (Pimentel, 1992)}$$

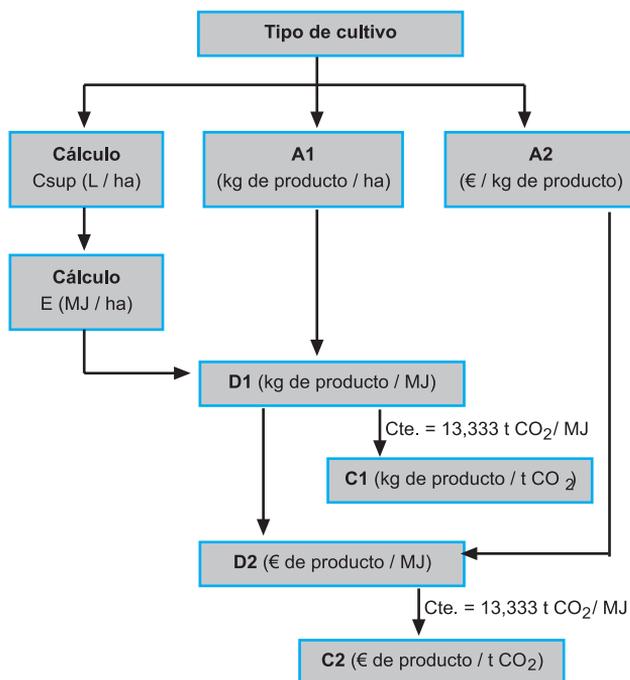
Su inversa sería:

$$1/0,0749 \text{ kg CO}_2\text{/MJ} = 13,333 \text{ MJ/kg CO}_2 = 13.333,3 \text{ MJ/t de CO}_2$$

Hasta el momento no se dispone de datos del efecto de la implantación de la reglamentación de emisiones de gases de escape por parte de los vehículos extraviarios en la emisión de dióxido de carbono.

⁵ La constante K = 38.65 MJ/l, que se emplea para el cálculo de los Indicadores de sostenibilidad de energía, se calcula a partir del poder calorífico inferior del combustible (PCI = 46.000 kJ/kg) y la densidad del gasóleo ($\delta = 0.84$ kg/l).

Figura 3. Esquema general de los cálculos realizados para obtener los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios C1 y C2

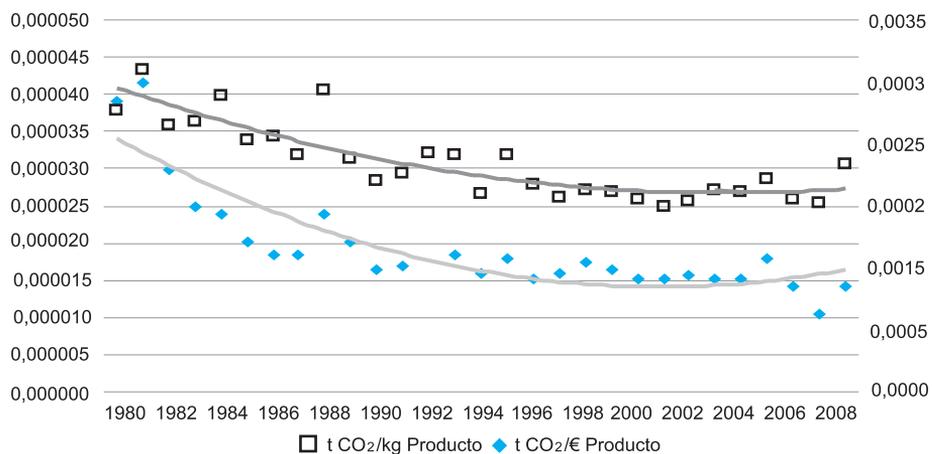


Fuente: Elaboración propia.

2.2.3.3. Resultados

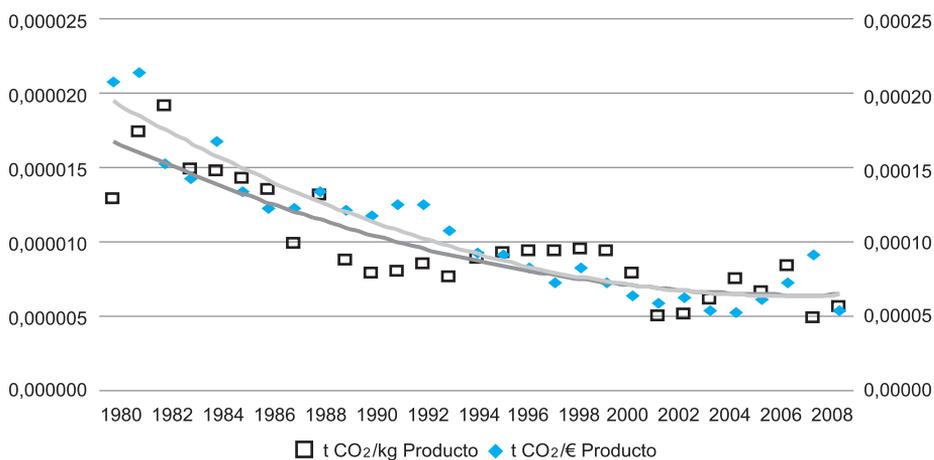
A continuación se muestran de forma gráfica los resultados de los indicadores de sostenibilidad indirectos de emisión para algunos de los cultivos en estudio. Se han seleccionado en este caso el maíz, la remolacha, el naranjo, el olivar de transformación y el tomate.

Gráfico 42. Indicador indirecto de emisión en el maíz



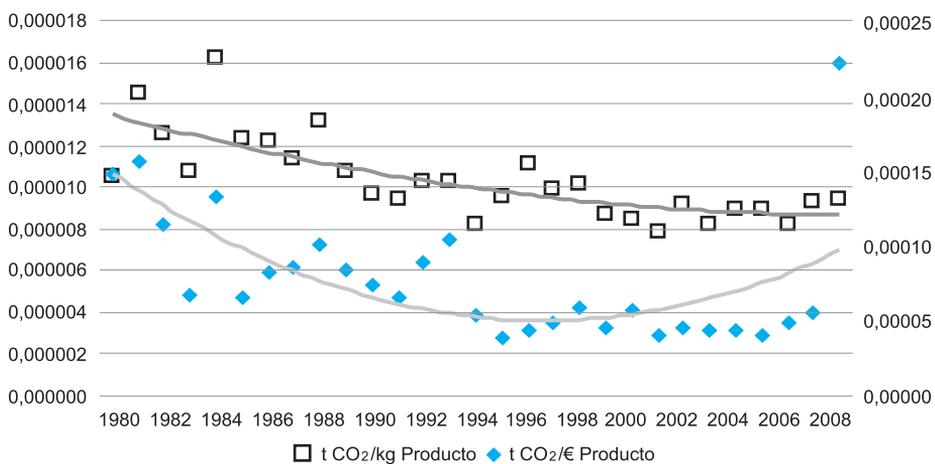
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 43. Indicador indirecto de emisión en la remolacha



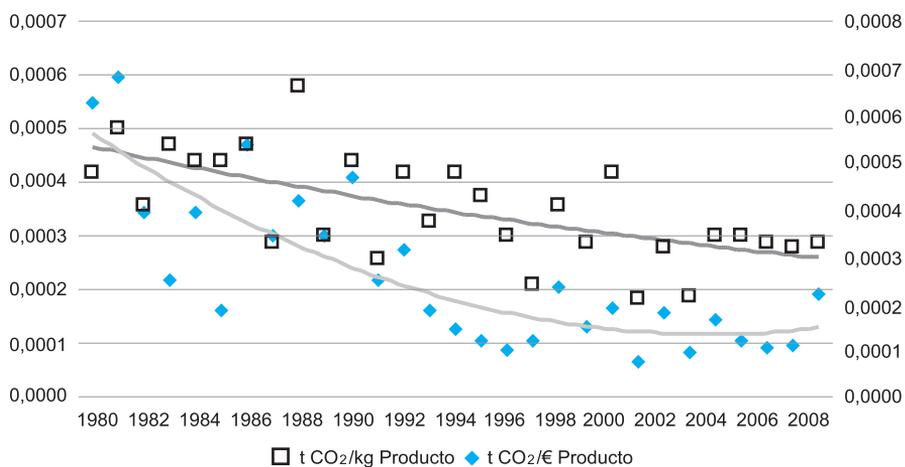
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 44. Indicador indirecto de emisión en el naranjo

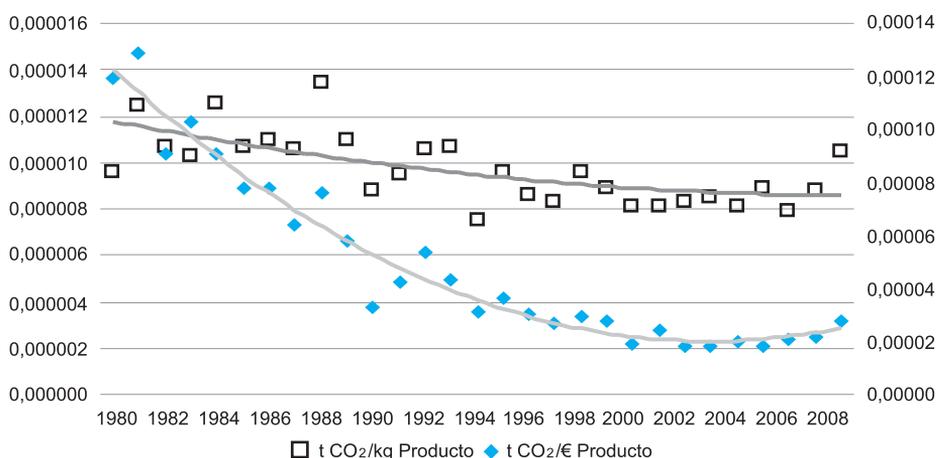


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 45. Indicador indirecto de emisión en el olivar de transformación



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 46. Indicador indirecto de emisión en el tomate

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados ponen de manifiesto el esfuerzo realizado para reducir unos valores que, en los últimos años, se han visto condicionados por una legislación más restrictiva, relativa al control de emisiones de gases contaminantes. El cumplimiento de los requisitos exigidos, se hace a costa del ahorro en el consumo de combustible. Los consumos energéticos por combustible aumentan, pero su relación con la cantidad de producto muestra una evolución positiva.

2.2.3.4. Conclusiones

De los resultados obtenidos cabe destacar que los indicadores calculados son dependientes, por un lado, del consumo energético empleado por el gasto de combustible agrícola (las emisiones de carbono son proporcionales a dicho gasto), y por otro, de la productividad y precios de los cultivos.

El consumo de combustible para las principales operaciones agrícolas ha aumentado a lo largo del periodo en estudio, como se pone de manifiesto en el capítulo correspondiente. Sin embargo, este aumento de energía empleada se ve claramente compensado debido al aumento de la producción y de los precios en los campos de cultivo.

Con respecto a los resultados finales de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios, hay que señalar que tanto el indicador C1 (kg producto/t CO₂) como el C2 (€ producto/t CO₂) muestran una evolución positiva, más o menos destacada según el cultivo de que se trate, a lo largo del periodo completo. Es decir, cada vez se produce más cantidad de producto y el agricultor percibe más dinero por éste con respecto a las emisiones de carbono producidas.

Los únicos puntos singulares que se producen en los gráficos de los resultados obtenidos se deben a variaciones tanto en la productividad como en el precio de los cultivos producidos por fuertes sequías u otras anomalías.

2.2.4. Energía

2.2.4.1. Objetivos

El objetivo del apartado energético es la cuantificación del gasto de energía y su evolución en el tiempo, para el periodo 1980-2008, con el fin de calcular posteriormente los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios a nivel nacional:

- **D1** (kg de producto/MJ), refleja los kilogramos obtenidos de cada cultivo para cada año determinado en base a la energía empleada en su producción.
- **D2** (€ de producto/MJ), refleja los euros percibidos por el agricultor, por kilogramo de producto, para cada año determinado en base a la energía empleada.

Para el cálculo del consumo de energía, se ha tenido en cuenta únicamente el gasto de combustible de la maquinaria agrícola a pie de parcela.

Por lo tanto, el indicador D1 reflejará los kilogramos obtenidos de cada cultivo en base a la energía gastada en combustible para sus operaciones agrícolas, desde el laboreo hasta la recolección. En consecuencia, el indicador D2 reflejará los euros que percibe el agricultor, por kilogramo de producto, en base a la energía gastada para realizar las operaciones agrícolas.

Se analizan en primer lugar los estudios realizados, relacionados con el gasto de combustible en la agricultura, las variables necesarias para

su cálculo, así como las alternativas para realizarlo. Una vez asimilados todos los conceptos se procede a la elección de la metodología más adecuada y se realizan los cálculos necesarios hasta alcanzar los resultados de los indicadores de sostenibilidad D1 y D2 respectivamente.

2.2.4.2. Metodología y fuentes de datos

Durante el desarrollo de este apartado se estudian en primer lugar las fuentes bibliográficas disponibles. A continuación las variables necesarias para el cálculo de consumo de combustible y finalmente se selecciona la metodología más adecuada. Por último se ha realizado una comparativa del gasto energético de algunos cultivos en función de su itinerario técnico.

A continuación se enumeran los documentos empleados en el estudio que pertenecen a diferentes Instituciones o profesionales del sector. Los estudios que se han empleado como base fundamental en el desarrollo de la valoración de los indicadores de sostenibilidad D1 y D2, son:

- *Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España*; Bota y Cols (2004)
- *Método de estimación del consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias*; Cepeda (2005)
- Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural y Pesquero
- *Ahorro y eficiencia energética en agricultura: ahorro del combustible en el tractor agrícola*; publicación del IDAE (2005)
- *Estudio sobre consumos energéticos por cultivos y provincias en España*; estudio del MAGRAMA (2004)
- Boletines OCDE, recopilados de la Estación de Mecánica Agrícola; EMA (varios años)

El método emplea, en primer lugar, los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios de usos de la tierra A1 y A2, específicos de cada cultivo y cuyos resultados se han presentado en capítulos anteriores.

Al mismo tiempo se deberán calcular los consumos superficiales de gasóleo agrícola para cada uno de los cultivos y transformarlos en can-

tividad de energía por unidad de superficie. Esa conversión de unidades se ha realizado a través de una constante, denominada con la letra K, que representa la cantidad de energía que contiene un litro de gasóleo (MJ/L). Ésta se calcula a partir del poder calorífico inferior del combustible (PCI = 46.000 kJ/kg) y la densidad del gasóleo ($\delta = 0,84$ kg/L).

El consumo de gasóleo de una operación agrícola puede obtenerse, bien por medición directa o indirecta a partir de las variables de que depende. En el proceso indirecto se calcula a través del tiempo que se necesita para realizar una operación agrícola en concreto y el consumo horario que presenta el motor del tractor o de la máquina autopropulsada durante dicho trabajo:

$$C_{sup\ APERO} (L/ha) = T_{op} (h/ha) * C_h (L/h) \quad [20]$$

Donde:

$$T_{op} (h/ha) = 0.1 * a (m) * v (km/h) \quad [21]$$

$$C_h (L/h) = N (kW) * C_e (g/kWh) * 1/840 (L/g) \quad [22]$$

Donde C_{sup} es el consumo superficial; T_{op} es el tiempo de una operación agrícola; C_h es el consumo horario; a es la anchura útil de trabajo; V es la velocidad de trabajo; N es la potencia de un tractor agrícola y C_e es el consumo específico.

Para definir estas variables se ha considerado que los tiempos de operación son constantes a lo largo del tiempo. Sin embargo el consumo horario será variable a largo de los años, ya que depende de la potencia y del consumo específico del tractor, y por último del valor fijo de la densidad del gasóleo.

Además hay tener en cuenta que cada cultivo demanda una serie de operaciones agrícolas determinadas y que cada una de estas operaciones requiere un apero diferente con un consumo superficial distinto. Por lo tanto, conociendo los itinerarios técnicos de cada uno de los cultivos y gasto de combustible de éstos, podemos calcular los consumos de combustible finales:

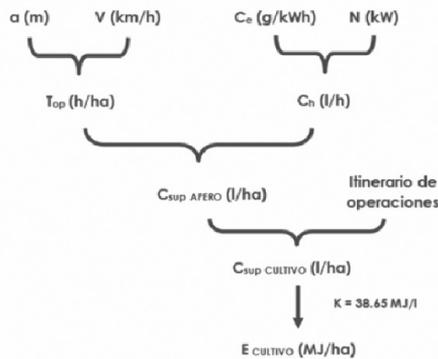
$$C_{sup\ CULTIVO} (L/ha) = \sum C_{sup\ APEROS} (L/ha) \quad [23]$$

Teniendo en cuenta lo anterior, los consumos superficiales de los cultivos, medidos en unidades de megajulios por hectárea, resultan ser:

$$E_{CULTIVOS} (MJ/ha) = C_{sup\ CULTIVOS} (L/ha) * K (38,65 MJ/L) \quad [24]$$

La Figura 4 muestra el esquema completo para la obtención de la energía consumida para un cultivo determinado.

Figura 4. Esquema general de los cálculos necesarios para obtener la energía consumida por cultivo



Fuente: Elaboración propia.

Durante la fase de recogida de la información se observó la gran heterogeneidad de los datos disponibles. Por una parte, existen datos que reflejaban los tiempos de operación y los consumos horarios para todos los años requeridos; y, por otra, datos de los consumos superficiales de cada apero pero para ciertos años dentro del periodo de estudio. Por lo tanto, para alcanzar el cálculo de los indicadores se pueden partir de diferentes puntos del esquema.

En el presente estudio se parte de los valores de consumos superficiales de los aperos tomando como referencia el año 2005. A continuación se calculan los consumos particularizados por cultivos en ese mismo año con los itinerarios propuestos.

Desde un punto de vista teórico el consumo superficial depende del tiempo de operación y del consumo horario. Sin embargo en la práctica, este valor es muy fluctuante debido a:

- *Tipo de suelo*: la textura del suelo, ya sea franca, arcillosa o arenosa hará variar los consumos superficiales.
- *Tipo de parcela*: hace referencia a las pérdidas de tiempo por maniobras, a las vueltas de cabecera y a la pendiente de la misma. La forma de conducción del tractorista influirá de forma determinante en este factor.
- *Profundidad de labor*: la profundidad de laboreo, repercute considerablemente en el consumo final.
- *El mantenimiento tanto del apero, como del tractor o máquina automotriz*. Por ejemplo, en los tractores la elección del tamaño de los neumáticos, o su presión de inflado, influirá en el deslizamiento de este y puede provocar importantes variaciones.

A continuación se muestran con un mayor detalle los pasos necesarios para el cálculo de la energía empleada en el gasto de combustible y las fuentes de información empleadas.

Los datos necesarios para desarrollar esta metodología son los consumos superficiales que se producen por apero, los itinerarios técnicos de las operaciones requeridas y por último el coeficiente adimensional, K'_{Ch} , para trasladar los datos a los diferentes años de estudio.

Para el desarrollo de esta metodología se parte de los datos de consumos superficiales por aperos. De las diversas fuentes de información se seleccionaron las siguientes:

- Estudio del MAGRAMA sobre Mecanización Agraria: “Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España” (2004).
- Publicación del MAGRAMA: “Método de estimación del consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias” (2005).
- Publicación del IDAE: “Ahorro y eficiencia energética en agricultura: ahorro del combustible en el tractor agrícola” (2006).
- Plataforma del Conocimiento del MAGRAMA: “Cálculo de costes y utilización de aperos y máquinas agrícolas” (2008).

Como se puede observar, no se trata de datos tomados en un mismo año, por lo que se ha considerado realizar una media de los consumos de cada apero con los datos de todas las fuentes y tomar como referencia el año 2005. Los motivos por los que se toma esta decisión se explican a continuación.

El gasto de consumo superficial de combustible de un apero, depende del tiempo de operación (valor considerado como fijo en este proyecto) y del consumo horario:

$$C_{sup} (L/ha) = T_{op} (h/ha) * C_h (L/h) \quad [25]$$

En la Tabla 4 se recogen los valores medios del consumo horario de los tractores para ese mismo periodo (2004-2008). Además si realizamos una media de los valores, se observa que el valor que más se acerca a esa media es el del año 2005 y es por ello por lo que se tomará este año como referencia.

Tabla 4. Consumo horario medio a potencia nominal de los tractores ensayados en el periodo 2004-2008

Año	Consumo horario (L/h)
2004	21,77
2005	22,96
2006	22,15
2007	21,95
2008	26,48
Media	23,06

Fuente: EMA. Elaboración propia.

Los valores de los consumos medios superficiales de los aperos, referenciados al año 2005, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 5. Consumos superficiales medios por aperos (2005)

Operación agrícola	Consumo superficial (L/ha)
Laboreo primario	
Subsolador	25,33
Arado de Vertedera	22,76
Chísel	12,15
Arado de discos	21,00
Arado de cohecho	17,00
Rotocultivador	17,93
Laboreo secundario	
Grada de discos	8,47
Grada alternativa	10,00
Grada rotativa	19,50
Grada accionada	7,57
Grada de púas	5,00
Vibrocultivador	3,44
Fertilización	
Abonadora centrífuga	1,13
Abonadora localizadora	5,00
Abonadora arrastrada	1,24
Abonadora suspendida	1,09
Binadora-abonadora	4,00
Cisterna de purín	9,33
Remolque distribuidor de estiércol	10,80
Laboreo complementario	
Cultivador	6,02
Rulo	3,36
Siembra	
Sembradora convencional	5,50
Sembradora monograno	4,24
Sembradora a chorrillo	4,11
Sembradora horticolas	2,72
Tratamiento fitosanitario	
Pulverizador	0,93
Pulverizador suspendido	1,29
Pulverizador arrastrado	1,44
Atomizador	3,00
Atomizador suspendido	6,40
Atomizador arrastrado	14,84

Tabla 5 (cont.). Consumos superficiales medios por aperos

Operación agrícola	Consumo superficial (L/ha)
Recolección	
Cosechadora de cereal	12,00
Cosechadora de maíz	16,00
Deshojadora de remolacha	11,00
Arrancadora de remolacha	8,00
Cargadora de remolacha	9,50
Cosechadora picadora de heno	22,50
Cosechadora picadora de maíz	31,50
Siembra directa	
Sembradora SD	8,50
Sembradora a chorrillo SD	8,56
Sembradora monograno SD	6,00
Labores entre surcos	
Binadora	4,00
Desbroce	
Desbrozadora-picadora	10,79

Fuente: MAGRAMA e IDAE (2006). Elaboración propia.

Para la definición de las operaciones agrícolas que se realizan en cada uno de los cultivos, se toma como referencia el modelo propuesto por el estudio publicado por el MAGRAMA (2010) titulado *Método de estimación del consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias*.

A través de los datos recopilados de los boletines de ensayos de la Estación Mecánica Agrícola, se realizó una media de los consumos horarios medios por año de los tractores en base a su potencia nominal. Éstos nos servirán para el cálculo del coeficiente K'_{Ch} :

$$K'_{Ch} = C_{h_n} (L/h) / C_{h_{2005}} (L/h) \quad [26]$$

Siendo C_{h_n} el consumo horario medio de los tractores ensayados para un año determinado y $C_{h_{2005}}$ el consumo horario medio de los tractores ensayados para el año de referencia.

Por consiguiente, los coeficientes adimensionales por año que son necesarios para la extrapolación de los datos de consumos superficiales quedan de la siguiente forma:

Tabla 6. Consumos horarios medios a potencia nominal de los tractores ensayados en el periodo 1980-2008 y su coeficiente K'_{ch} correspondiente

Año	Consumo horario (L/h)	K'_{ch}
1980	17,02	0,74
1981	21,70	0,95
1982	18,80	0,82
1983	18,08	0,79
1984	22,09	0,96
1985	19,90	0,87
1986	20,71	0,90
1987	21,53	0,94
1988	25,49	1,11
1989	21,25	0,93
1990	19,14	0,83
1991	19,80	0,86
1992	23,16	1,01
1993	22,77	0,99
1994	17,94	0,78
1995	21,29	0,93
1996	21,42	0,93
1997	20,66	0,90
1998	23,05	1,00
1999	21,52	0,94
2000	20,28	0,88
2001	19,26	0,84
2002	22,22	0,97
2003	20,87	0,91
2004	21,77	0,95
2005	22,96	1,00
2006	22,15	0,96
2007	21,95	0,96
2008	26,48	1,15

Fuente: EMA. Elaboración propia.

A continuación se muestran paso a paso los cálculos realizados para llegar al gasto de energía empleada por unidad de superficie (paso previo del cálculo de los indicadores de sostenibilidad D1 y D2).

El primer paso es unir cada uno de los itinerarios de operación propuestos, con el consumo superficial medio por aperos (resultado de la media de los consumos de las diferentes fuentes consultadas). Para ello no se han unido directamente los consumos para cada una de las labores, sino que se ha particularizado en función de la media de los aperos que son más típicos de cada cultivo. Un ejemplo del procedimiento seguido, puede ser el que se especifica a continuación:

En la Tabla 8, aparecen los consumos superficiales por cultivos en el año 2005.

El segundo cálculo realizado consiste en trasladar los valores del año 2005 al resto del periodo en estudio, simplemente multiplicando el coeficiente K'_{Ch} por los consumos de los cultivos.

Los resultados obtenidos sobre consumos superficiales para el periodo completo en estudio aparecen representados en el Gráfico 47.

Tabla 7. Consumo superficial (L/ha) para el cereal de invierno en secano de siembra directa para el año 2005

Itinerario técnico	MECA1		Otras fuentes	Consumo superficial medio (L/ha)
	Operación agrícola	Csup (L/ha)	Csup (L/ha)	
Trigo (secano) de siembra directa	Tratamiento fitosanitario	1	1,22	1,11
	Siembra directa	8	8,53	8,27
	Fertilización	1	2,49	1,75
	Tratamiento fitosanitario	1	1,22	1,11
	Recolección	16	22,50	19,25
	Total	27	35,96	31,48

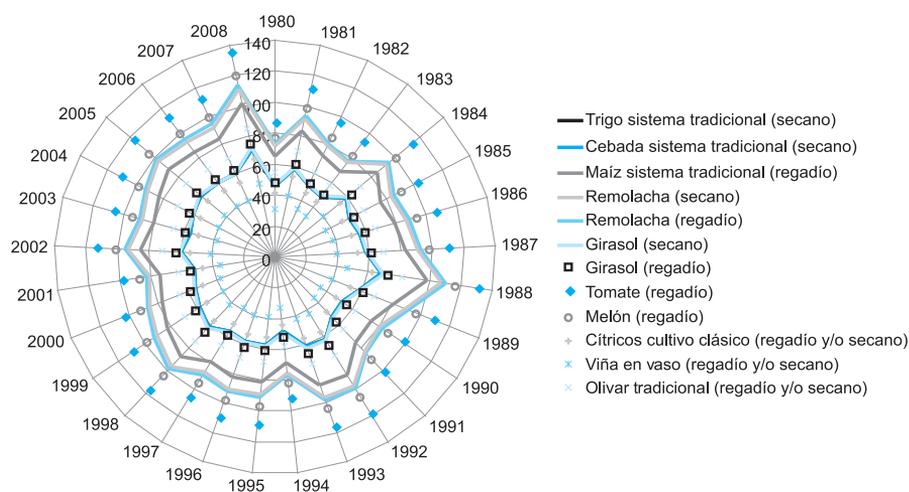
Fuente: MAGRAMA e IDAE (2006). Elaboración propia.

Tabla 8. Consumo superficial total de los cultivos estudiados (2005)

CULTIVO	Consumo superficial medio (L/ha)
Trigo y cebada (secano) en sistema tradicional	61,53
Trigo y cebada (secano) en mínimo laboreo	39,85
Trigo y cebada (secano) en siembra directa	31,48
Maíz (regadío) en sistema tradicional	87,60
Maíz (regadío) en siembra directa	55,33
Remolacha (secano)	95,99
Remolacha (regadío)	98,21
Girasol (secano)	62,39
Girasol (regadío)	65,00
Tomate (regadío)	116,84
Melón (regadío)	103,84
Cítricos cultivo clásico (regadío)	55,75
Viñedo plantación en vaso (secano/regadío)	41,91
Viñedo en espaldera (secano/regadío)	49,91
Olivar tradicional (secano/regadío)	73,39
Olivar intensivo (secano/regadío)	64,39

Fuente: MAGRAMA e IDAE (2006). Elaboración propia.

Gráfico 47. Consumo superficial en litros por hectárea de los cultivos estudiados en el periodo 1980-2009

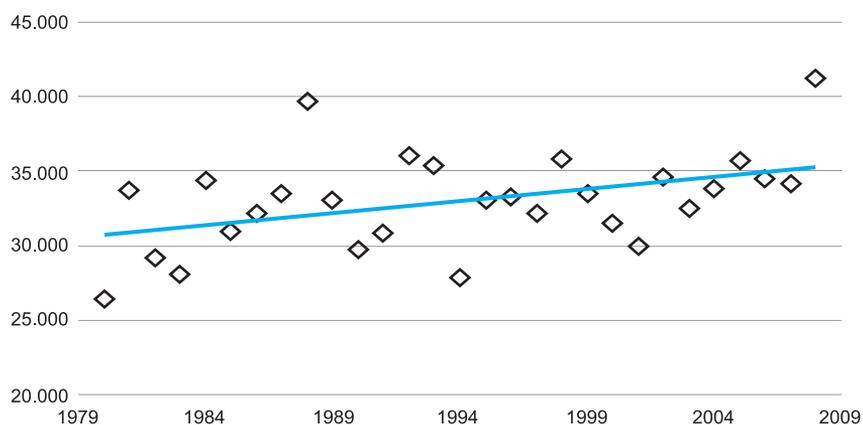


Fuente: MAGRAMA e IDAE (2006). Elaboración propia.

Por último se ha calculado la energía empleada por cultivo para ese mismo periodo, multiplicando de nuevo los datos anteriormente calculados por la constante K.⁶

El Gráfico 48 refleja el sumatorio de la energía empleada por los dieciséis cultivos año a año.

Gráfico 48. Energía total empleada en gasto de combustible (MJ/ha) para los cultivos estudiados en el periodo 1980-2009



Fuente: MAGRAMA e IDAE (2006). Elaboración propia.

Se ha considerado para el cálculo final de los indicadores que las operaciones de laboreo de todos los cereales se han realizado bajo la técnica del sistema tradicional, así como el olivar y que el viñedo se ha mantenido en vaso. Sin embargo, a modo de ejemplo, se han calculado los consumos energéticos de las distintas técnicas de cultivo para poder realizar comparaciones.

En el caso de los cereales de invierno, se han considerado las tres técnicas posibles: sistema tradicional, mínimo laboreo y siembra directa, cuyas diferencias en el itinerario se muestran en la Tabla 9.

⁶ La constante, K = 38.65 MJ/L, es una aproximación de la cantidad de energía que contiene un litro de gasóleo.

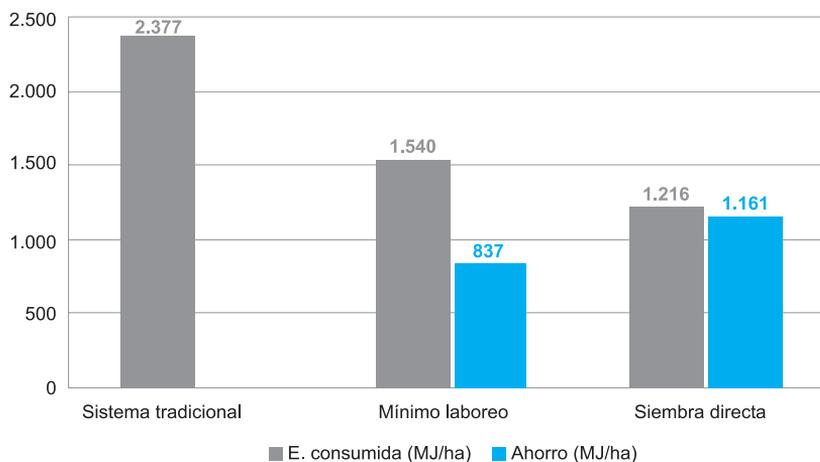
Tabla 9. Itinerario técnico de las operaciones requeridas cereal de invierno en seco

Sistema tradicional	Mínimo laboreo	Siembra directa
Laboreo primario	Laboreo primario-secundario	
Laboreo secundario		Tratamiento fitosanitario
Fertilización	Fertilización	
Laboreo complementario	Laboreo complementario	
Siembra	Siembra	Siembra directa
Fertilización	Fertilización	Fertilización
Tratamiento fitosanitario	Tratamiento fitosanitario	Tratamiento fitosanitario
Recolección	Recolección	Recolección

Fuente: *Método de estimación del consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias (2005)*.

Con los recientes cambios que se están comenzando a implantar en la agricultura respecto al itinerario técnico, se pueden llegar a conseguir importantes ahorros de combustible. En el Gráfico 49, se muestra una comparativa de los resultados obtenidos, en base a los tres itinerarios técnicos posibles (datos del año 2005). Se puede observar un ahorro de combustible de casi el 50%, en siembra directa y un ahorro del 35% del sistema de mínimo laboreo, respecto al sistema tradicional de laboreo.

Gráfico 49. Consumos energéticos por superficie en el cereal de invierno (2005)



Fuente: MAGRAMA, IDAE (2006) y EMA. Elaboración propia.

2.2.4.3. Resultados

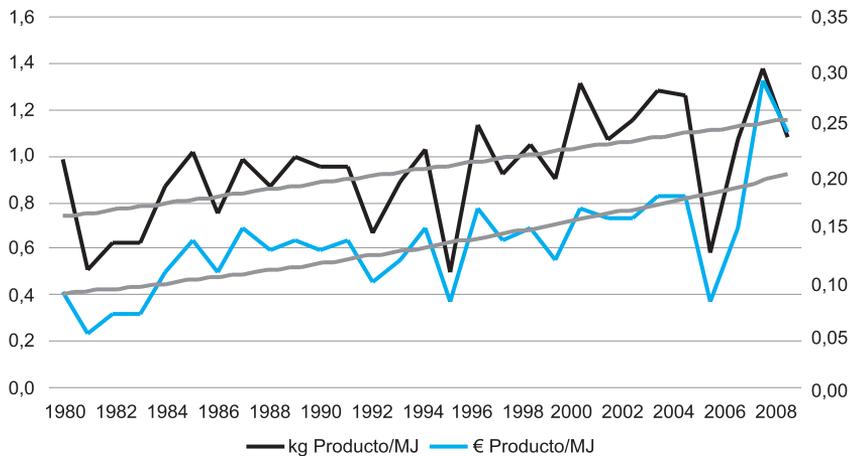
A partir de los datos anteriores se calcula la energía por unidad de superficie y con los indicadores de uso de la tierra se obtienen los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios D1 y D2:

$$D1 \text{ (kg producto/MJ)} = A1 \text{ (kg producto/ha)} / E \text{ (MJ/ha)} \quad [27]$$

$$D2 \text{ (€ producto/MJ)} = D1 \text{ (kg producto/MJ)} * A2 \text{ (€ producto/ kg producto)} \quad [28]$$

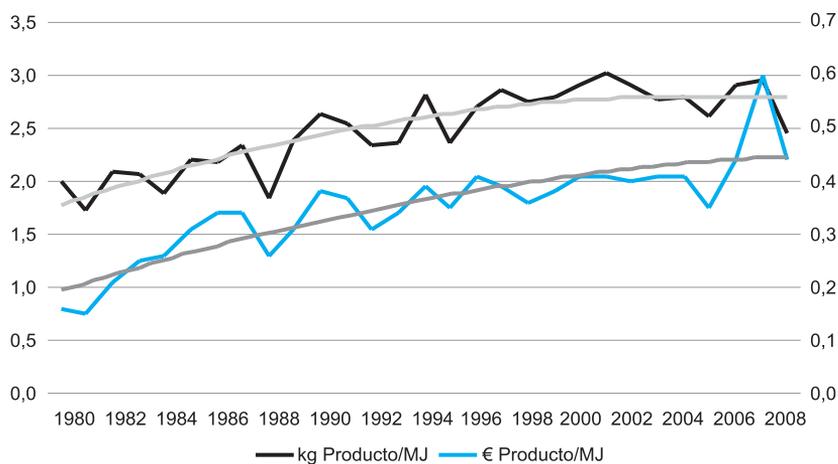
A continuación se muestran gráficamente los resultados de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios D1, D2 y sus valores inversos para algunos cultivos.

Gráfico 50. Indicadores directos de energía en el trigo



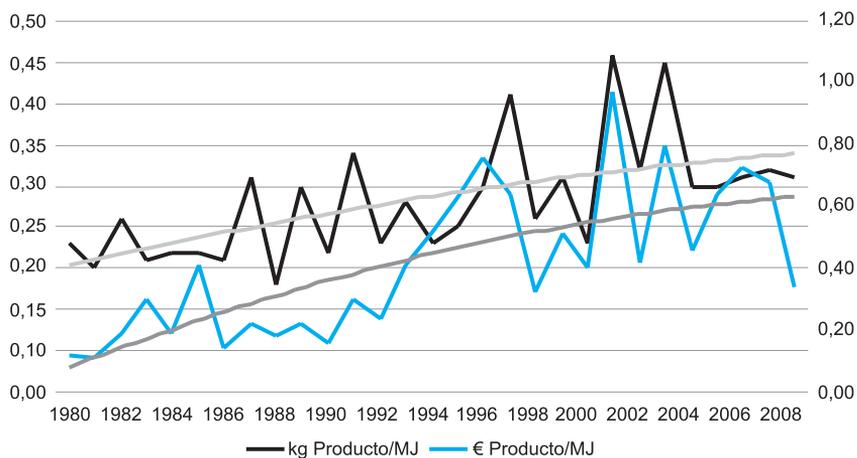
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 51. Indicadores directos de energía en el maíz



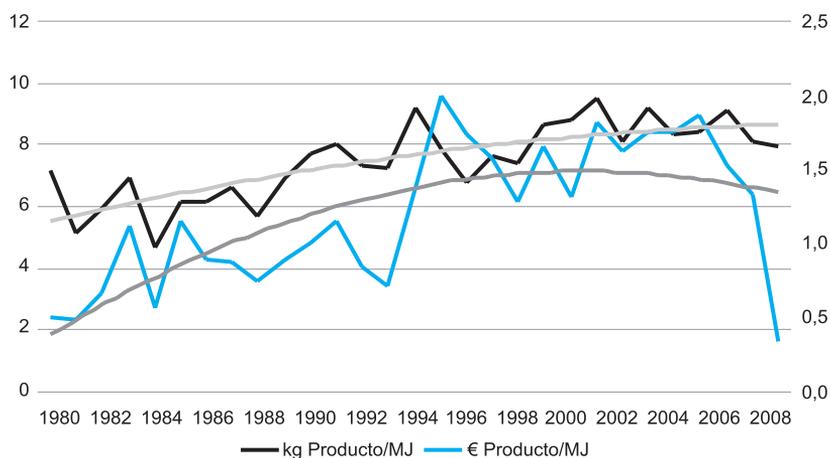
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 52. Indicadores directos de energía en el olivar de transformación



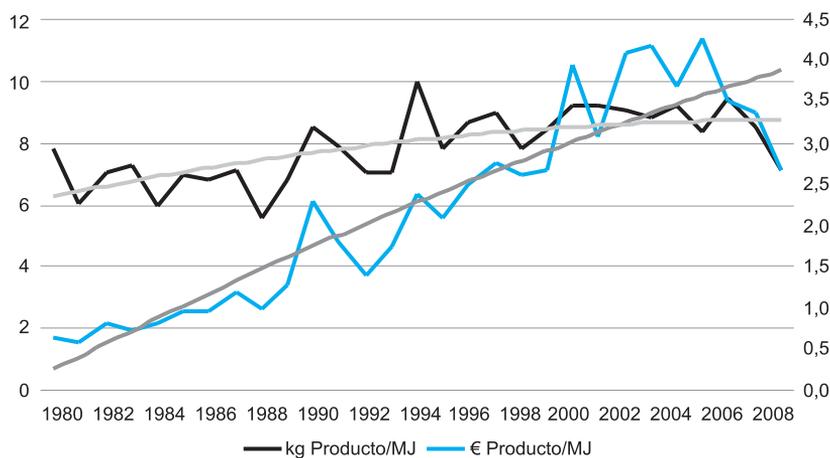
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 53. Indicadores directos de energía en el naranjo



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 54. Indicadores directos de energía en el tomate



Fuente: Elaboración propia.

2.2.4.4. Conclusiones

A partir de los resultados anteriores se observa que el consumo energético por el gasto de combustible ha aumentado a lo largo del tiempo; sin embargo, este hecho se ve claramente compensado por el aumento de los rendimientos.

Además, cabe destacar que con los nuevos sistemas de laboreo y las variaciones en los itinerarios técnicos que se están implantando, estos consumos de combustible podrán verse disminuidos considerablemente.

Con respecto a los resultados finales de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios, tanto el indicador D1 (kg producto/MJ) como el D2 (€ producto/MJ) muestran una evolución positiva, más o menos acusada, a lo largo del periodo completo para todos los cultivos. Es decir, cada vez se produce más cantidad de producto y mayor valor de producción con respecto al gasto energético producido.

Los puntos singulares que aparecen en los gráficos obtenidos a partir de los resultados se deben a variaciones tanto en la productividad como en el precio de los cultivos producidos por fuertes sequías u otras anomalías.

2.2.5. Consumo energético para riego agrícola

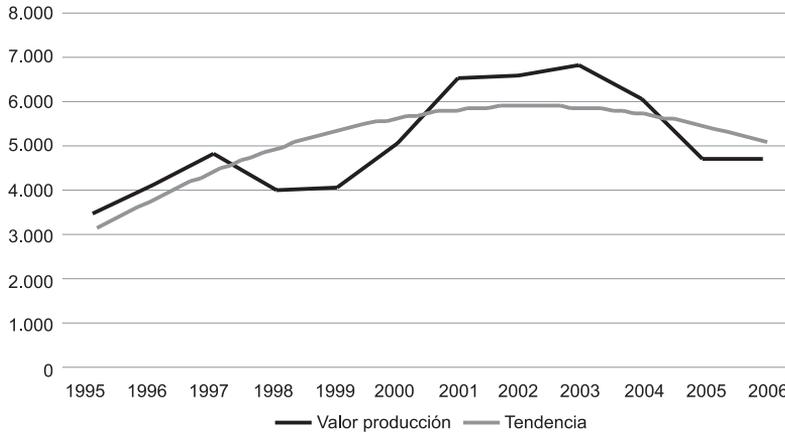
El propósito de este apartado es la cuantificación del gasto energético en el riego agrícola a nivel nacional y la determinación de su evolución para una sucesión de años.

El consumo energético empleado para un determinado cultivo depende del tipo de riego (aspersión, gravedad, etc.), de la procedencia de agua (superficial o subterránea) y de la cota de la zona de consumo con respecto a la de captación. Sin embargo, actualmente no se disponen de los datos necesarios para realizar un cálculo detallado por año y cultivo, por ello, se analizó la evolución del valor de las cosechas de regadío por gasto energético (ver Gráficos 55 y 56). Los datos que reflejan ambos gráficos se obtienen del mero cociente entre el valor de la producción de las cosechas, evaluado en euros constantes del año 2000, obtenidas en la producción de regadío y el consumo de energía eléctrica en el regadío. Se trata, por tanto, de datos agregados.

Se aprecia un máximo de productividad en términos de valor de producción en 2003, a partir del cual se ha producido un importante des-

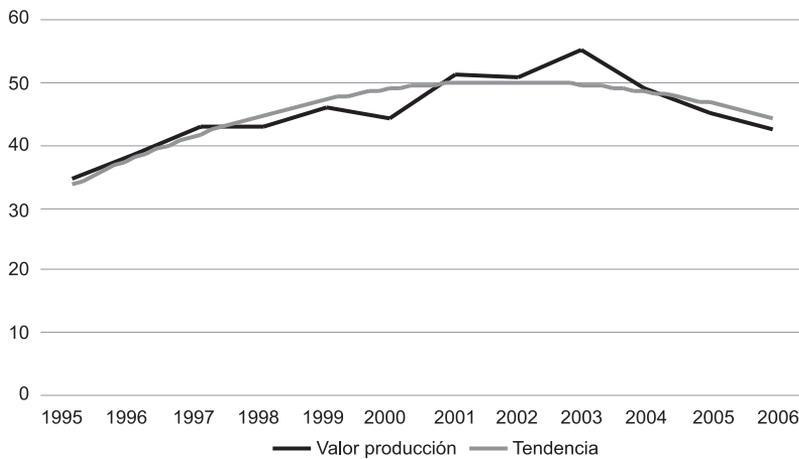
censo en la productividad del regadío por unidad de energía eléctrica. En términos de productividad del regadío por gasto energético (Gráfico 56), el indicador sigue una evolución muy similar.

Gráfico 55. Evolución del valor de cosecha de regadío.
En euros constantes de 2000, por unidad de energía empleada (GW/h)



Fuente: Corominas (2009), Hardy y Garrido (2010) con datos del MAGRAMA (*Anuarios*) y del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2007).

Gráfico 56. Evolución del valor de la cosecha por gasto del valor energético



Fuente: Corominas (2009), Hardy y Garrido (2010) con datos del MAGRAMA (*Anuarios*) y del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2007).

2.2.6. Pérdidas de suelo

2.2.6.1. Objetivos

El objeto del presente capítulo es la cuantificación de las pérdidas de suelo y la determinación de su evolución durante el periodo comprendido de 1987 a 2008, con el fin de calcular posteriormente a nivel nacional los siguientes indicadores de sostenibilidad para un determinado grupo de cultivos:

- **E1** (kg de producto/10³ kg de suelo) refleja los kilos obtenidos de cada cultivo en base a las toneladas de pérdidas de suelo.
- **E2** (€ de producto/10³ kg de suelo) refleja el precio percibido por el agricultor en base a las toneladas de pérdidas de suelo.

A lo largo del apartado se analizan las referencias utilizadas para el estudio y las metodologías empleadas en función de los datos disponibles de erosión y cultivos.

Una vez aclarados todos los conceptos, se presentan los cálculos necesarios para la determinación de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios directos e inversos de E1 y E2.

2.2.6.2. Metodología

Con el objetivo de calcular los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios E1 y E2 en una primera fase, se analizaron las publicaciones y estudios referidos a las pérdidas de suelo en España y a nivel internacional. A partir de dicha evaluación se seleccionaron los datos de los *Mapas de Estados Erosivos* (1987) y los del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos* (2002). Esta selección se concretó al considerar que representaban los datos más fiables en relación a las pérdidas de suelo. A partir de ellos se calcularon las pérdidas medias anuales de suelo en cada una de las provincias y a nivel nacional.

Por otro lado, se utilizaron los datos de los indicadores de usos de la tierra A1 y A2, que son específicos de cada cultivo y cuyos resultados se han analizado en capítulos anteriores.

Una vez obtenidas estas variables y relacionándolas entre ellas, se obtienen los indicadores E1 y E2. Finalmente se calcularon los valores inversos asociados a éstos.

En los siguientes puntos se analizan las principales fuentes bibliográficas utilizadas para el cálculo de las pérdidas medias de suelo, así como los cálculos necesarios para la obtención de éstas y, finalmente, se traza la evolución de las pérdidas de suelo a lo largo del periodo completo.

Antecedentes

La principal fuente de erosión en España es la erosión hídrica laminar. Dicho tipo de erosión es la predominante debido a la morfología montañosa, las lluvias torrenciales de gran capacidad erosiva y las condiciones climáticas tan extremas (subhúmedas a semiáridas con temperaturas y precipitaciones muy variables) que se producen. Las principales causas de dicha erosión son la intensificación de la agricultura, el abandono de tierras, principalmente en áreas montañosas, y la ocupación para otros usos como son el urbano y el turístico, fundamental en zonas de vega y costa. La erosión hídrica es significativa en todo el territorio, limitándose la eólica a fenómenos puntuales en zonas duneras de la costa (Guardamar, Huelva) y zonas de interior (Tierra de Pinares) (OSE, 2009).

Por esta razón, en base a la definición de indicadores y su seguimiento, el cálculo de la erosión se ha llevado a cabo a través de la aplicación de la Ecuación RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) que estima unas pérdidas medias de suelo constantes por año, para un largo periodo de tiempo. Dicha ecuación es la herramienta para las referencias de base del presente estudio. Por ello, dichos valores están calculados a partir de los datos de erosión de los Mapas de Estados Erosivos y del Inventario Nacional de Erosión de Suelos, cuya documentación se realizó a partir de proyectos experimentales y en las que se aplicó dicha fórmula.

Éstos surgieron con el objeto de cuantificar empíricamente los principales procesos de erosión y determinar su evolución en el tiempo. Puesto que los proyectos experimentales son de largo alcance, los estudios para completar los valores de erosión de todas las regiones de España se realizan cada diez años.

Mapas de Estados Erosivos (1987-2002)

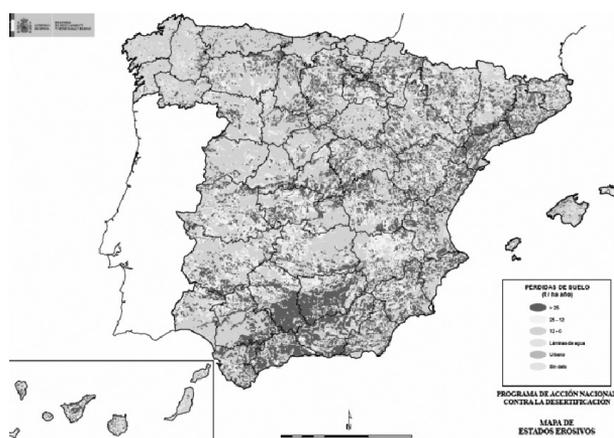
Los Mapas de Estados Erosivos fueron elaborados por el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, adscrito al antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, con el objeto de obtener datos fiables de pérdidas de suelo y poder desarrollar una política cohe-

rente de conservación de suelos. Los datos pertenecen al periodo que abarca de 1987 a 2002 y recogen pérdidas de suelos anuales de toda la superficie española, exceptuando Ceuta y Melilla.

En el Resumen Nacional de los Mapas de Estados Erosivos se clasifica la superficie geográfica total en siete niveles erosivos diferentes. Estos datos se pueden examinar según las cuencas hidrográficas existentes, por comunidades autónomas o por provincias.

Como resultado de los Mapas de Estados Erosivos, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino publicó el siguiente mapa donde clasifica los datos en tres niveles erosivos diferentes.

Mapa 1. Mapa de Estados Erosivos para el periodo 1987-2002



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (1994).

Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012)

El Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza, inició en el año 2001 la elaboración del Inventario Nacional de Erosión de Suelos por provincias. Estos datos describen los niveles erosivos desde el año 2002 hasta 2012, fecha en la que se prevé su finalización. Hasta el momento se han publicado el resultado de veintiocho provincias y actualmente se encuentran en ejecución seis más. Los inventarios también clasifican los suelos en siete

niveles erosivos, pero además diferencia las superficies no erosionables, como son las láminas de agua y superficies artificiales. Incluso los datos que facilitan van más allá, porque define las pérdidas medias diferentes por provincia dentro de un nivel, lo cual tampoco sucedía en los Mapas de Estados Erosivos (ver Tabla 10).

Figura 6. Situación actual del Inventario Nacional de Erosión de Suelos



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2010).

Tabla 10. Datos de pérdidas de suelo y superficie según niveles erosivos en la provincia de Cáceres para el periodo 2002-2012

Nivel erosivo (t/ha año)	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t/ha año)	
	ha	%	t/año	%		
1	0-5	1.402.733	70,6	2.025.968	11,87	1,44
2	5-10	212.119	10,68	1.497.612	8,75	7,06
3	10-25	179.188	9,02	2.806.872	16,4	15,66
4	25-50	78.101	3,93	2.719.993	15,83	34,83
5	50-100	33.721	1,7	2.315.228	13,22	68,66
6	100-200	17.789	0,9	2.500.242	14,08	140,55
7	>200	11.343	0,57	3.617.544	19,85	318,92
Superficie erosionable		1.934.993	97,4	17.483.459	100	9,04
Superficie no erosionable		51.830	2,60	0	0	0
Total		1.986.823	100	17.483.459	100	8,80

Fuente: Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2006).

Pérdidas de suelo para el período 1987-2002

A continuación se explica la metodología de cálculo seguida para obtener las pérdidas medias de suelo que se produjeron en España en el periodo de 1987 al 2002.

Los datos de Mapas de Estados Erosivos, que se obtienen del Resumen Nacional de Erosión de Suelos se corresponden con las hectáreas totales por provincia repartidas en siete niveles diferentes de erosión. La Tabla 11 muestra un ejemplo de los datos que se obtienen directamente del Resumen Nacional para la provincia de Madrid.

Tabla 11. Datos de la superficie geográfica afectada según los diferentes niveles de erosión en la provincia de Madrid para el periodo 1987-2002

Madrid		MEE (1987-2002)
	Nivel erosivo (t/ha.año)	Superficie geográfica (ha)
1	0-5	386.980
2	5-12	27.419
3	12-25	185.559
4	25-50	66.503
5	50-100	112.186
6	100-200	7.363
7	>200	16.227
	Total	802.237

Fuente: Mapas de Estados Erosivos (2003).

Al no estipularse las pérdidas medias dentro de un nivel, como sucede en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, se determinó que éste sería el valor promedio de ese mismo nivel (ver última columna de la Tabla 12). De forma que si se multiplica ese promedio por la superficie geográfica de ese nivel se obtienen las pérdidas de suelo en toneladas por año. Seguidamente se suman las pérdidas de suelo de todos los niveles y se dividen entre la superficie total, obteniendo así las pérdidas medias de suelo en toneladas por hectáreas y año para cada una de las provincias.

En la Tabla 12 se muestra el ejemplo de los resultados, habiéndose realizado siguiendo el formato de las tablas que encontramos en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos.

Tabla 12. Superficie geográfica y pérdidas de suelo clasificado en los diferentes niveles de erosión, así como la pérdida de suelo media en la provincia de Madrid para el periodo 1987-2002

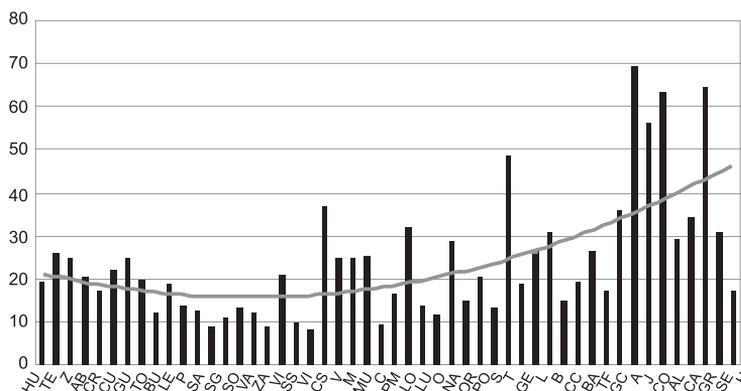
Madrid	MEE (1987-2002)				
	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t/ha año)
	ha	%	t/año	%	
0-5	386.980	48,24	967.450	4,86	2,5
5-12	27.419	3,42	233.062	1,17	8,5
12-25	185.559	23,13	3.432.842	17,26	18,5
25-50	66.503	8,29	2.493.863	12,54	37,5
50-100	112.186	13,98	8.413.950	42,30	75,0
100-200	7.363	0,92	1.104.450	5,55	150,0
>200	16.227	2,02	3.245.400	16,32	200,0
Total	802.237	100	19.891.016	100	24,79

Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987). Elaboración propia.

Una vez realizados estos cálculos para las cincuenta provincias, se ha realizado un promedio de todas ellas resultando que las pérdidas medias en España para el periodo de 1987 a 2002 son de 24,24 t/ha año.

El Gráfico 57 representa las pérdidas medias de suelo por provincias, así como el valor medio a nivel nacional.

Gráfico 57. Pérdidas de suelo por unidad de superficie y año de cada provincia para el periodo 1987-2002



Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987). Elaboración propia.

Pérdidas de suelo para el período 2002-2012

Para este segundo periodo estudiado, únicamente se dispone de los datos de veintiocho provincias. Por ello, se determinó recoger los datos de los Inventarios publicados hasta el momento y completar el resto de las provincias con los datos de Mapas de Estados Erosivos, de manera que se considera que en éstos últimos, se han mantenido las pérdidas de suelo constantes a lo largo de todo el periodo de tiempo.

En la Tabla 13 se muestran los datos obtenidos en la provincia de Madrid.

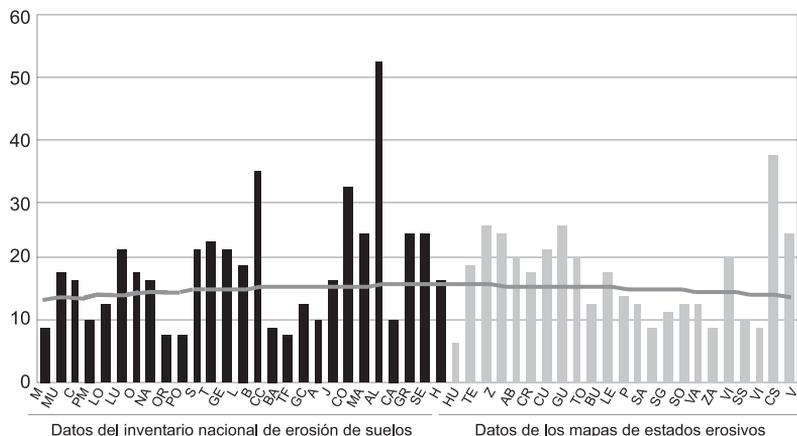
Tabla 13. Superficie geográfica y pérdidas de suelo clasificado en los diferentes niveles, así como la pérdida de suelo media en la provincia de Madrid para el periodo 2002-2012

Madrid		INES (2002-2012)			
Nivel erosivo (t/ha.año)	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t/ha.año)
	ha	%	t/año	%	
0-5	480.706	59,88	686.265	11,51	1,43
5-10	91.127	11,35	636.400	10,68	6,98
10-25	76.578	9,54	1.172.613	19,67	15,31
25-50	29.825	3,72	1.045.587	17,54	35,06
50-100	18.006	2,24	1.226.256	20,58	68,1
100-200	5.788	0,72	767.054	12,87	132,53
>200	1.463	0,18	426.044	7,15	291,12
Superficie erosionable	703.493	87,63	5.960.219	100	8,47
Superficie no erosionable	99.276	12,37	0	0	0
Total	802.769	100	5.960.219	100	7,42

Fuente: Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002).

En el Gráfico 58 se representan los resultados obtenidos sobre pérdidas de suelo medias para cada una de las provincias en el periodo 2002-2012, así como la pérdida de suelo media a nivel nacional que en este periodo resultó ser 17,80 t/ha año.

Gráfico 58. Pérdidas de suelo por unidad de superficie y año de cada provincia para el periodo 2002-2008



Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987) e Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002). Elaboración propia.

Tabla 14. Superficie geográfica y pérdidas de suelo clasificado en los diferentes niveles, así como la pérdida de suelo media a nivel nacional para el periodo 1987-2002

España		MEE (1987-2002)			
Nivel erosivo (t/ha año)	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t/ha año)
	ha	%	t/año	%	
0-5	16.093.890	32,51	40,234,725	3,29	2,5
5-12	11.348.039	22,92	96,458,332	7,88	8,5
12-25	10.374.854	20,96	191,934,799	15,69	18,5
25-50	5.711.485	11,54	214,180,688	17,51	37,5
50-100	3.304.801	6,68	247,860,075	20,26	75,0
100-200	2.045.854	4,13	306,878,100	25,08	150,0
> 200	629.281	1,27	125,856,200	10,29	200,0
TOTAL	49.508.204	100	1,223,402,918	100	24,24

Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987). Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos para el periodo completo de estudio, los valores medios de pérdidas de suelo a nivel nacional, han disminuido desde 24,24 t/ha-año a 17,80 t/ha-año. Por lo que se considera una disminución de los procesos erosivos. Sin embargo, sólo se pueden evaluar las veintiocho provincias de las que se tienen datos, y faltaría por evaluar la evolución de las restantes.

En caso de clasificar los niveles erosivos según los grados de erosión admitidos, se observa (Tabla 16) que el porcentaje de los niveles admisibles ha aumentado y por lo tanto actualmente los niveles de superficies en alto riesgo de erosión han disminuido.

Finalmente, analizando estos datos a nivel provincial, en aquellas provincias en las que actualmente se ha publicado el Inventario Nacional de Erosión de Suelos se puede observar que ese progreso se mantiene en todas ellas a excepción de La Coruña, Lugo, Asturias, Cantabria, Gerona y Barcelona (Gráfico 59). Dicho incremento de las pérdidas de suelo puede estar asociado a los fenómenos de aumento de la construcción y de la deforestación, asociados a intensas lluvias.

Tabla 15. Superficie geográfica y pérdidas de suelo clasificado en los diferentes niveles, así como la pérdida de suelo media a nivel nacional para el periodo 2002-2008

España		MEE e INES (2002-2008)			
Nivel Erosivo (t/ha año)	Superficie geográfica		Pérdidas de suelo		Pérdidas medias (t/ha año)
	ha	%	t/año	%	
0-5	20.154.133	41,03	42.760.826	4,79	2,21
5-12	10.729.767	21,84	85.741.790	9,61	7,75
12-25	9.852.837	20,06	170.650.987	19,13	16,95
25-50	4.431.625	9,02	161.228.115	18,07	35,99
50-100	2.620.691	5,34	190.517.542	21,36	71,72
100-200	959.185	1,95	136.219.522	15,27	141,67
> 200	371.790	0,76	105.021.590	11,77	263,59
Total	49.120.029	100	892.140.371	100	17,80

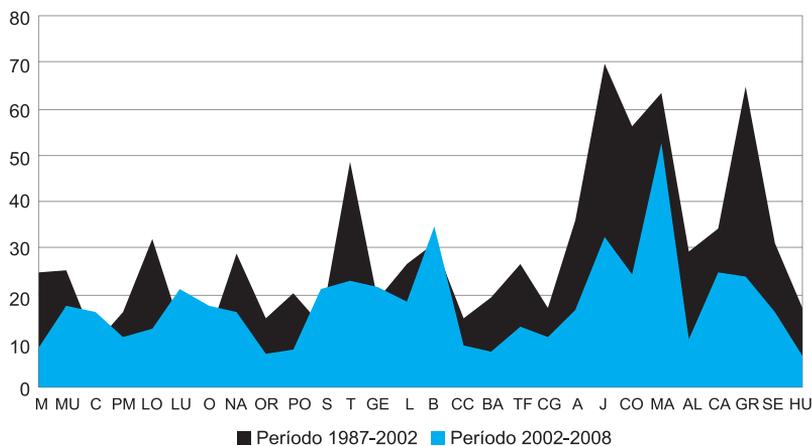
Fuente: Inventario Nacional de Erosión de suelos (2002). Elaboración propia.

Tabla 16. Clasificación de las superficies geográficas según los grados de erosión para los dos periodos estudiados

Nivel erosivo (t/ha año)	Grado de erosión		Superficie geográfica (%)	
			Periodo (1987-2002)	Periodo (2002-2012)
0-5	Muy bajo	Tolerable	87,92	91,96
5-12	Bajo			
12-25	Moderado			
25-50	Medio			
50-100	Alto	No tolerable	12,08	8,04
100-200	Muy alto			
> 200	Extremo			

Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987) e Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002). Elaboración propia.

Gráfico 59. Comparación provincial de la evolución de las pérdidas de suelo por unidad de superficie y año de aquellas provincias cuyos inventarios están publicados



Fuente: Mapas de Estados Erosivos (1987) e Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002). Elaboración propia.

2.2.6.3. Resultados

Una vez estimadas las pérdidas medias de suelo por unidad de superficie y año a nivel nacional y con los datos de los indicadores de sostenibilidad A1 y A2, se procede al cálculo de los indicadores E1 y E2.

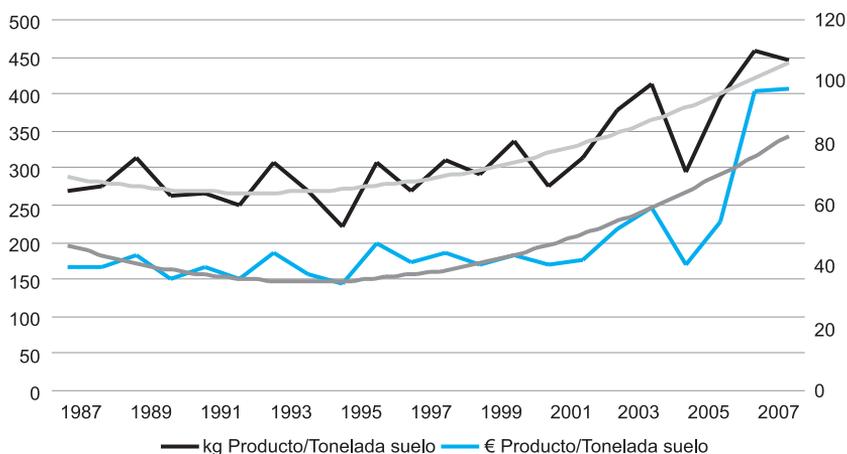
Los cálculos necesarios son los siguientes:

$$E1 \text{ (kg producto/t suelo)} = A1 \text{ (kg producto/ha)} / PS \text{ (t suelo/ha)} \quad [29]$$

$$E2 \text{ (€/t suelo)} = E1 \text{ (kg producto/t suelo)} * A2 \text{ (€/kg producto)} \quad [30]$$

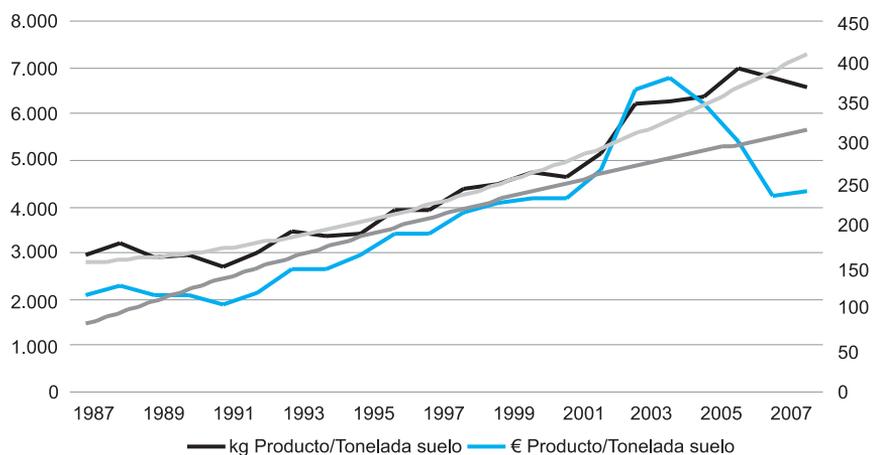
A continuación se muestran los resultados de forma gráfica de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios de pérdidas de suelo (E) para algunos de los cultivos estudiados y para una sucesión temporal de 22 años.

Gráfico 60. Indicadores directos de pérdidas de suelo en el trigo



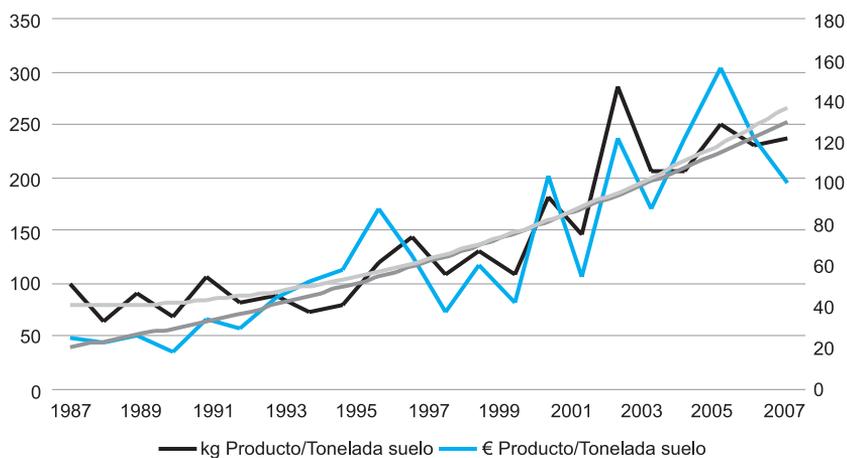
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 61. Indicadores directos de pérdidas de suelo en la remolacha



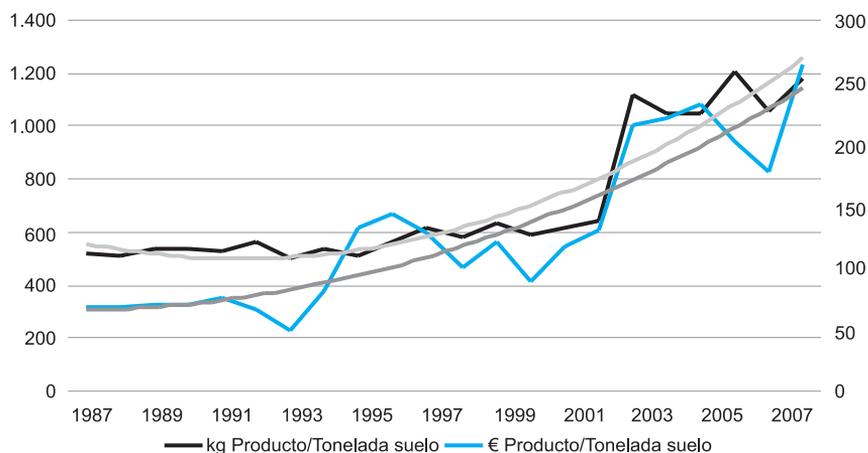
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 62. Indicadores directos de pérdidas de suelo en el olivar de transformación



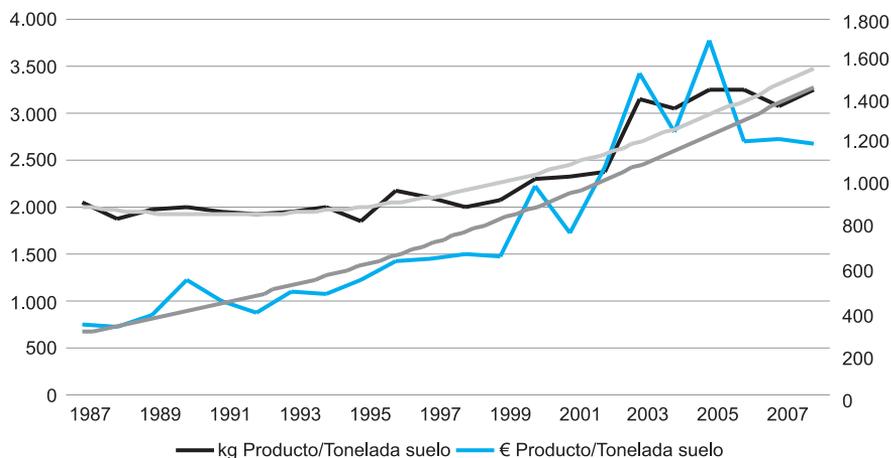
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 63. Indicadores directos de pérdidas de suelo en el naranjo



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 64. Indicadores directos de pérdidas de suelo en el tomate



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los resultados finales de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios E1 (kg de producto/t de suelo) y E2 (€/t de suelo), cabe destacar que ambos aumentan a lo largo del periodo en estudio en todos los cultivos.

No obstante, se debe mencionar que existen ciertas alteraciones que se producen en los indicadores, por ejemplo para el año 1995, que reflejan la fuerte sequía que se produjo en ese año, y que por tanto afectó tanto a la producción como al precio de los cultivos. Por lo tanto, el hecho de que estén fuera de la tendencia es debido a situaciones excepcionales que afectaron a la producción y al precio del cultivo, y no a la erosión.

2.2.6.4. Conclusiones

Observando los gráficos de pérdidas de suelo a nivel global, y a pesar de que en parte existen ciertas limitaciones debido a la falta de datos, los resultados muestran una tendencia a la disminución a lo largo del periodo completo del estudio. Dicha disminución se debe principalmente a la implantación de técnicas de conservación de suelos por parte de los productores. Sin embargo, dichos datos deben cotejarse cuando se tengan los datos del periodo 2002-2012 para las veinticuatro provincias restantes que no se han considerado en este estudio. Por esta razón, el estudio necesita completarse una vez que estén realizados todos los estudios de la segunda etapa con el fin de obtener una imagen realista de las pérdidas de suelo en todo el territorio.

Con respecto a los resultados finales de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios E1 (kg de producto/t de suelo) y E2 (€/t de suelo), cabe destacar que ambos aumentan a lo largo del periodo en estudio en todos los cultivos, y por la misma razón sus inversos disminuyen. Es decir, que cada vez se produce más cantidad de producto y el agricultor percibe más dinero por éste, con respecto a las pérdidas que se producen de suelo. Sin embargo, tal y como se contempla en la metodología, éstos dependen proporcionalmente de la productividad y de los precios de los cultivos ya que los valores de pérdidas de suelo son prácticamente constantes a lo largo del periodo en estudio.

Con los datos disponibles actualmente, a nivel global, se puede decir que la tendencia observada es hacia un aumento de la producción y de los precios de los cultivos al mismo tiempo que gracias a las técnicas de conservación empleadas disminuyen la pérdida de suelos.

2.2.7. Flujo de carbono

2.2.7.1. Objetivos

El objeto del presente apartado es hacer una cuantificación del *balance del carbono cultivo* (BCC) y determinar su evolución en el tiempo. Una vez obtenido se pretende calcular, para el periodo 1980-2008, los siguientes indicadores:

- **F1** (kg de CO₂/kg producto) refleja los kilogramos de CO₂ equivalentes obtenidos del balance carbono cultivo en base a los kilogramos de producto obtenidos de cada cultivo.
- **F2** (kg de CO₂/€ producto) refleja los kilogramos de CO₂ equivalentes obtenidos del balance carbono cultivo en base al precio percibido por los agricultores para cada cultivo.

F1 y F2 se calcularán a nivel nacional para todos los cultivos objeto de estudio.

En los siguientes apartados se analiza la metodología empleada para la determinación de los indicadores de sostenibilidad agroalimentarios directos e inversos de F1 y F2 y los resultados obtenidos.

2.2.7.2. Metodología

A lo largo de este apartado se pretende desarrollar las variables necesarias para el desarrollo del balance de carbono por cultivo y seguidamente se realizarán los cálculos necesarios para las estimaciones de carbono captado y emitido de forma paralela.

El balance de carbono por cultivo se calcula conforme a la ecuación:

$$BCC \text{ (kg CO}_2\text{/ha)} = ABS \text{ (kg CO}_2\text{/ha)} - EMI \text{ (kg CO}_2\text{/ha)} \quad [31]$$

Siendo *BCC* el balance de carbono por cultivo; *ABS* el carbono captado o absorbido y *EMI* el carbono emitido.⁸

⁸ Cabe destacar que en el cálculo del carbono emitido, para esta primera fase del estudio, únicamente se ha tenido en cuenta las emisiones directas por parte del consumo de combustible.

Una vez estimado el flujo de carbono para cada cultivo en unidades de kilogramos por hectárea, se relaciona con los indicadores de usos de la tierra A1 y A2 para obtener los indicadores F1 y F2.

Cálculo de la captación del carbono

Para determinar la cantidad de carbono equivalente captado, es necesario conocer la cantidad de dióxido de carbono absorbido por las plantas, el cual se establece a partir de la siguiente fórmula:

$$ABS \text{ (kg CO}_2 \text{ / ha)} = BT * MS * (PM_{CO_2} / PM_C) \quad [32]$$

Siendo:

$$BT \text{ (kg /ha)} = \eta / IC \quad [33]$$

$$MS = 0,4 (1 - \% \text{ Humedad}) \quad [34]$$

Donde: *BT* es la biomasa total producida anualmente, que se obtiene con el rendimiento de cosecha (η) y el índice de cosecha (*IC*); *MS* es la materia seca, que se obtiene con las cantidades de humedad que contiene un cultivo y la relación de carbono que hay en la biomasa vegetal (aproximadamente un 40% de biomasa); PM_{CO_2} / PM_C es la relación de los pesos moleculares entre el dióxido de carbono (44 uma) y el peso molecular del carbono (12 uma).

Los datos de los rendimientos de cosecha (η) para los diferentes cultivos se han obtenido de los *Anuarios de Estadística Agraria* y son los mismos que aparecen en el capítulo de indicadores de usos de la tierra, representados por el indicador A1.

Los datos sobre el índice de cosecha (*IC*) y de la cantidad de humedad que contienen los diferentes cultivos se han tomado del trabajo *Posibilidades técnicas del uso de biomasa no alimentaria para la obtención de energía en España* (Fuertes, 2009), el cual recoge los datos de diversos autores.

Como los índices de cosecha y humedad de los cultivos se han mantenido constantes, se concluye que la fijación de carbono que realiza cada cultivo es proporcional a la cantidad de biomasa producida, y también es al rendimiento de cosecha.

Cálculo de la emisión de carbono

Para el cálculo general de las emisiones del dióxido de carbono equivalente que se producen en la agricultura, se han de tener en cuenta las emisiones directas e indirectas. Las emisiones directas son aquellas que proceden del consumo de combustible, fertilización, post-recolección y transporte. Por su parte las emisiones indirectas son aquellas que se producen debido a la fabricación y mantenimiento de la maquinaria. Sin embargo, en el presente estudio, únicamente se han tenido en cuenta las emisiones directas producidas por el consumo de combustible empleado en las principales operaciones agrícolas, desde el laboreo hasta la recolección.

Para el cálculo de las emisiones de carbono equivalente, se han utilizado los cálculos de los consumos de combustible realizados para la determinación de los indicadores de sostenibilidad de energía D1 y D2. Por lo tanto, la cantidad de CO₂ emitido se calcula según la siguiente ecuación:

$$EMI \text{ (kg CO}_2\text{/ha)} = E \text{ (MJ/ha)} * Cte. \text{ (0.075 kg CO}_2\text{/MJ)} \quad [35]$$

Donde: E es la energía consumida en el gasto de combustible empleado en las principales operaciones agrícolas por unidad de superficie; la constante es la cantidad de carbono equivalente que se emite por megajulio de combustible empleado.

La constante se calcula a partir de la cantidad de carbono equivalente por kilogramo de combustible (3,45 kg CO₂/kg gasóleo) (LaI, 2004), la densidad del gasóleo ($\delta = 0,84$ kg/L) y la constante, denominada con la letra K,⁹ que expresa la cantidad de energía en megajulios que contiene un litro de gasóleo:

$$Cte. \text{ (kg CO}_2\text{/MJ)} = (3,45 \text{ kg CO}_2\text{/kg gasóleo} * 0,84 \text{ kg/L}) / 38,65 \text{ MJ/L} = 0,075 \text{ kg CO}_2\text{/MJ}$$

2.2.7.3. Resultados

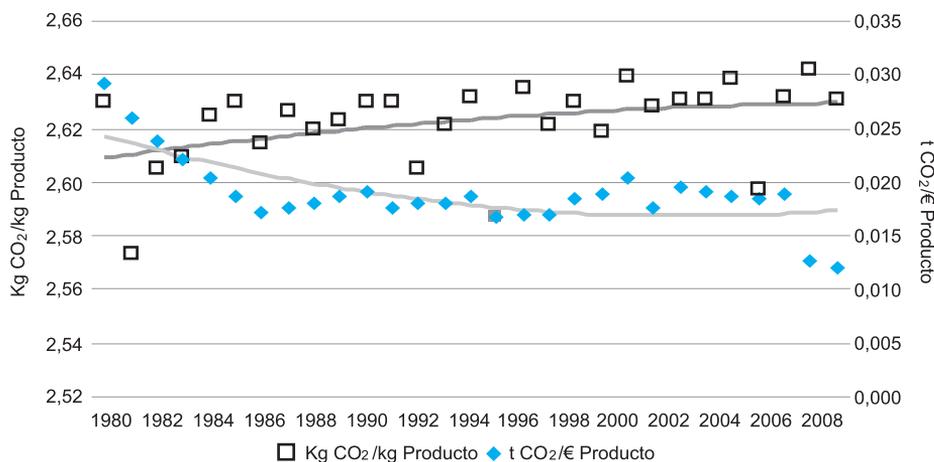
Conocida la cantidad de carbono absorbido y emitido en los diferentes cultivos, se calculan los indicadores de flujo de carbono, relacionando los balances por cultivos con los indicadores de uso de la tierra A1 y A2 de la siguiente manera:

$$F1 \text{ (kg CO}_2\text{/kg producto)} = BCC \text{ (kg CO}_2\text{/ha)} / A1 \text{ (kg producto/ha)} \quad [36]$$

$$F2 \text{ (kg de CO}_2\text{/€ producto)} = F1 \text{ (kg CO}_2\text{/kg producto)} / A2 \text{ (€/kg producto)} \quad [37]$$

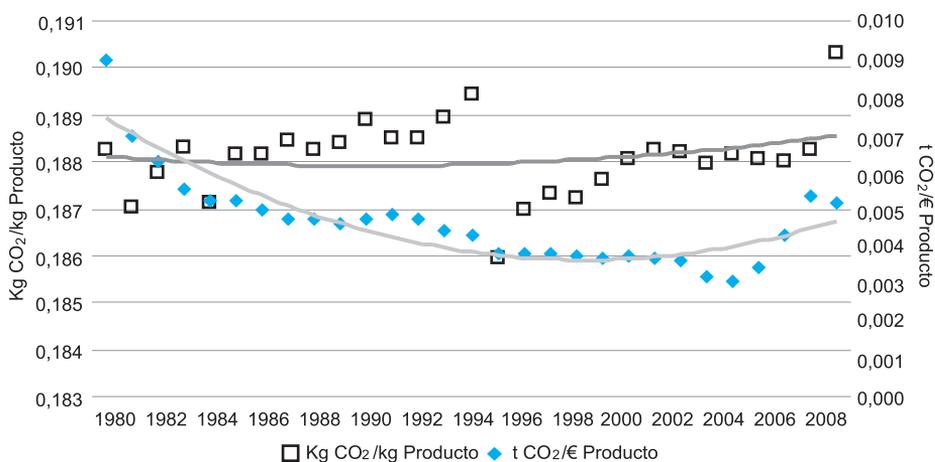
A continuación se exponen los resultados gráficos de los indicadores directos de flujo de CO₂ de varios de los cultivos estudiados.

Gráfico 65. Indicadores directos de flujo de CO₂ en el trigo



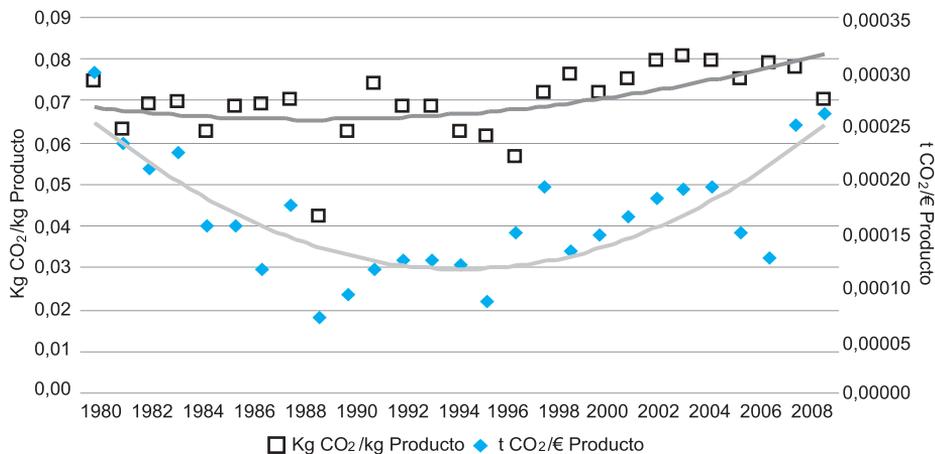
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 66. Indicadores directos de flujo de CO₂ en la remolacha



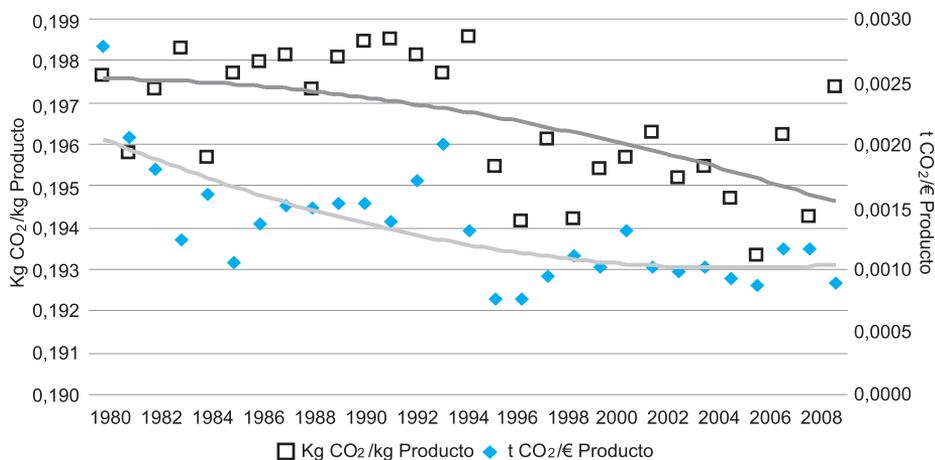
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 67. Indicadores directos de flujo de CO₂ en el viñedo de transformación

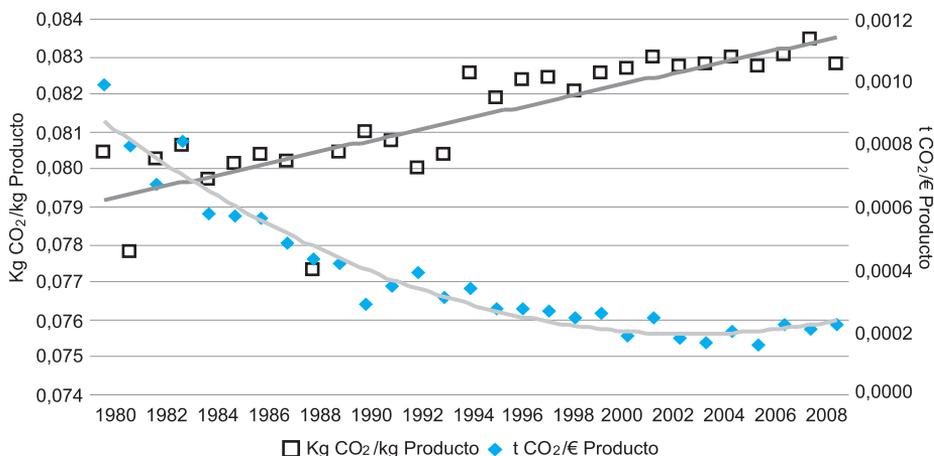


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 68. Indicadores directos de flujo de CO₂ en el naranja



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 69. Indicadores directos de flujo de CO₂ en el tomate

Fuente: Elaboración propia.

2.2.7.4. Conclusiones

De los resultados obtenidos del estudio del indicador de sostenibilidad de flujo de carbono F1 (kg de CO₂/kg producto), se puede destacar una tendencia creciente en la relación carbono captado global por kilogramo de producto, excepto en el naranjo. En todos estos cultivos la captura de carbono es superior a la emisión (aunque bien es cierto que solo se ha tenido en cuenta el consumo directo de combustible), y por tanto el flujo de carbono es positivo en todos los cultivos estudiados, con lo que se puede concluir que todos están contribuyendo a la fijación de carbono.

En los resultados de los indicadores que recogen la relación entre flujo de carbono por euro de producto obtenido, se aprecia una tendencia general a la disminución en todos los cultivos. Esta relación se explica por el aumento progresivo de los precios. En este indicador los precios tienen mucho peso al seguir una tendencia creciente con una pendiente muy alta comparado con la del flujo. Esto también explica el *outlier* que aparece en trigo en 2007 y 2008, años en que este producto vio incrementado su precio con una cuantía muy superior a la de los años anteriores de la serie.

2.3. Indicadores ganaderos

2.3.1. Necesidades de agua para la producción ganadera (porcino y aves) y evolución del consumo de agua de bebida y servicio

2.3.1.1. Introducción

Según Thulin y Brumm (1991), el agua es el elemento más importante de la ración cotidiana, debido a que es un elemento estructural que da forma al cuerpo a través de la turgencia de la célula, y juega un crucial en la regulación de la temperatura. El elevado calor específico del agua, la hace indispensable para la dispersión de calor excedente durante varios procesos metabólicos, dado que cerca de 580 calorías de calor son absorbidas cuando 1 g de agua cambia de estado líquido a vapor. El agua también es importante en el movimiento de nutrientes para las células de los tejidos del cuerpo y para la eliminación de productos residuales a partir de estas células. Su elevada constante dieléctrica tiene la propiedad de disolver una gran variedad de sustancias y transportarlas por todo el cuerpo por vía del sistema circulatorio.

El uso de agua para el consumo y el mantenimiento de los animales representa la demanda de recursos hídricos más directa asociada a la producción pecuaria ya que constituye entre el 60 y el 70% del peso corporal y es esencial para que los animales mantengan sus funciones fisiológicas. El ganado satisface sus necesidades de agua por medio del consumo directo de agua potable, del agua contenida en las sustancias alimenticias y del agua metabólica producida por la combustión de nutrientes. El cuerpo la pierde a través de la respiración (pulmones), evaporación (piel), defecación (intestinos) y orina (riñones), pérdidas que aumentan con las temperaturas altas y la humedad baja (Pallas, 1986; NRC, 1981, 1994).

Como consecuencia de la reducción del consumo de agua disminuye también la producción de carne, leche y huevos. La falta de agua causa una pérdida del apetito y del peso, y la muerte se presenta a los pocos días, cuando el animal ha perdido entre el 15 y el 30% de su peso. En los sistemas de pastoreo extensivos, el agua presente en los forrajes contribuye significativamente a satisfacer las necesidades del animal. En los climas secos, el contenido de agua de los forrajes decrece del 90% durante el período vegetativo a cerca del 10-15% durante la estación seca (Pallas, 1986). Los forrajes deshidratados, los granos y los con-

centrados que suelen utilizarse en los sistemas de producción industrial contienen cantidades de agua mucho menores: entre el 5 y el 12% del peso del alimento (NRC, 1981, 2000).

Según la fase de producción considerada, el agua en el animal desempeñará en mayor o menor medida una serie de funciones fisiológicas directamente relacionadas con la producción (crecimiento, gestación, lactación...) y otras indirectamente relacionadas con ella (mantenimiento de tejidos y órganos, termorregulación, mantenimiento de la homeostasis mineral...). Además, el agua sirve también de vehículo en la excreción de productos finales de la digestión, de factores antinutricionales ingeridos con la dieta o de fármacos y sus metabolitos. En la práctica, cuando se habla de los requerimientos de agua de los animales, generalmente, se está hablando de la cantidad total de agua que el animal utiliza (agua que retira de la línea de suministro) y no se distingue entre el agua que ingiere o consume según sus necesidades, el agua utilizada para otros fines o la cantidad que es malgastada (Babot, 2007).

El agua metabólica puede cubrir hasta el 15% de las necesidades; el resto, junto con el agua necesaria para otras funciones (especialmente la limpieza) debe proporcionarse de forma directa, a través del alimento o del agua de bebida. Una amplia variedad de factores interrelacionados determinan las necesidades de agua, entre ellos la especie animal, la condición fisiológica del animal, el nivel de ingestión de materia seca, la forma física de la dieta, la disponibilidad y calidad del agua, la temperatura del agua, la temperatura ambiental y el sistema de producción (NRC, 1981; Luke, 1987).

Usualmente los sistemas de producción presentan grandes diferencias tanto en el uso de agua por animal como en la manera de suplir la demanda. En los sistemas extensivos, los animales deben hacer un esfuerzo en la búsqueda de alimento y agua, lo que determina un aumento de sus necesidades de consumo, a diferencia de los animales en los sistemas industriales donde el movimiento es muy restringido. En contraste, la producción intensiva requiere mayores cantidades de agua de servicios para el enfriamiento del aire y la limpieza de las instalaciones. También han de tenerse en cuenta las diferencias entre los sistemas intensivos y extensivos por lo que se refiere a las fuentes de abastecimiento. En los sistemas extensivos, el 25% de las necesidades de agua (incluida el agua de servicios) proviene de la alimentación, frente al 10% de los sistemas intensivos (NRC, 1981).

2.3.1.2. Objetivos

El objetivo de esta parte del estudio es estimar el consumo medio de agua de bebida y servicio en ganadería intensiva en España, examinando su evolución en el tiempo (desde 1990 al 2008). Los valores obtenidos del estudio, se van a usar para poder determinar los siguientes indicadores de sostenibilidad y sus inversas:

- **G1** (kg de producto/L de agua) que refleja los kilos de producto obtenido por litro de agua consumido.
- **G2** (€ de producto/L de agua) que refleja son los euros percibidos por el productor por litro de agua consumido.

2.3.1.3. Metodología

Se ha realizado un análisis de la literatura sobre el consumo medio de agua de bebida y servicio expresados en L/animal y día o L/1.000 aves y día (según la especie estudiada), y se ha elaborado una propuesta de valores para ambos consumos por categorías o fase productiva según la especie animal tratada.

Para calcular la evolución del consumo medio de los litros totales de agua, se ha necesitado conocer los censos de las especies a estudiar desde 1990 al 2008. Los datos se han recogido a partir del desglose de los censos por fase productiva aportados por un estudio realizado por Tragsega. Así pues, para obtener finalmente los litros totales consumidos por año, se han multiplicado los siguientes parámetros:

Cálculo para la obtención del consumo medio de los litros totales en ganadería intensiva

$$\text{Censo de la especie} \times [\text{L/animal y día o L/1.000 aves y día}] \times 365 \text{ días} \quad [38]$$

Una vez estimado el consumo de agua expresado en litros totales por año, se han recogido datos referentes a la producción de carne y huevos así como los precios en vivo percibidos por los ganaderos desde 1990 al 2008 para poder realizar el cálculo de los indicadores de sostenibilidad objeto del estudio. También se han tomado del Anuario de Estadística Agraria

el número de cabezas sacrificadas y el peso medio de la canal, tanto en porcino como en avicultura, la producción de huevos, y los precios percibidos por los ganaderos en porcino y en aves de carne y de puesta.

A partir de esta información, se han realizado anualmente los siguientes cálculos de 1990 a 2008, para obtener finalmente los kg de carne y huevos así como los euros de producto según cada caso:

Cálculo para la obtención de los kg de carne de cerdo

$$\text{Número de cabezas sacrificadas (según su fase productiva)} \times \text{Peso medio canal (según su fase productiva en kg)} = \text{kg carne de cerdo} \quad [39]$$

Cálculo para la obtención de los kg de carne de pollo

$$\text{Animales sacrificados (avicultura)} \times \text{Peso medio canal (kg)} = \text{kg carne de pollo} \quad [40]$$

Cálculo para la obtención de los kg de huevos

$$\text{Producción huevos (miles de docenas)} \times 12.000 \times 0,050 \text{ kg (huevo)} = \text{kg huevos} \quad [41]$$

Cálculo para la obtención de € de producto (carne de cerdo)

$$\text{€ / kg PV} \times \text{kg carne de cerdo} = \text{€ producto (carne de cerdo)} \quad [42]$$

Cálculo para la obtención de € de producto (carne de pollo)

$$\text{€ / kg PV} \times \text{kg carne de pollo} = \text{€ producto (carne de pollo)} \quad [43]$$

Cálculo para la obtención de € de producto (docena de huevos)

$$\text{€ / docena} \times \text{docena de huevos} = \text{€ producto (docena de huevos)} \quad [44]$$

2.3.1.4. Resultados

Ganado porcino

En la Tabla 17, se muestra un resumen de los datos medios y rangos de variación referentes al consumo de agua registrada en distintos estudios según la fase de producción del animal en sistema intensivo. De forma general, se puede decir que, en lo referente a utilización de agua por parte de los cerdos, el denominador común es la variabilidad “entre”

e “intra” estudios. Esto es reflejo, por una parte, de la variabilidad que existe en las condiciones de realización de cada estudio y, por otra, de las diferencias entre cerdos a escala individual. Así, en lechones destetados, el rango se encuentra entre 1 y 3,7 L/lechón y día.

En el caso de la fase productiva en lechón precebo y cerdo de engorde, el rango general se encuentra alrededor de 6 L/animal y día. A pesar de la variabilidad, puede observarse que hay cierta concordancia en los distintos valores medios obtenidos. Entrando en la fase productiva de las cerdas, en el caso de las vacías el consumo de agua se encuentra cerca de 11 L/animal y día. En gestantes, se puede observar que hay dos valores que se obtienen de los rangos generales de los demás estudios, son el caso de INRA con un consumo medio de agua de 10 L/animal y día y de NRC con 20 L/animal y día. El valor de 10 se considera muy bajo y 20 demasiado alto en relación a los demás valores propuestos por los demás autores, por lo tanto, no se van a considerar a la hora de realizar las recomendaciones propuestas, de forma que, el rango general queda situado entre 15-17 L/gestante y día.

En las normas del INRA, ARC y NRC las necesidades se definen en relación al consumo de pienso. En estos casos, las necesidades diarias de agua se han calculado a partir de la estimación del consumo de pienso.

Con la recopilación de los datos mostrados en la Tabla 17, se ha procedido a proponer unas recomendaciones generales para el sector porcino sobre el consumo de agua de bebida por día y animal en litros. Así, se puede asignar una utilización media diaria de agua de 1,57 L para un lechón destetado, para un cerdo de engorde 6,02 L, para una cerda vacía 10,8 L, una gestante 16 L, una lactante 19 L y en verracos, 15,7 L.

La producción pecuaria, especialmente en las granjas industrializadas, también requiere agua para los servicios: limpieza de las unidades de producción, lavado de los animales, instalaciones de enfriamiento de los animales y sus productos (leche) y eliminación de los desechos (Hutson *et al.*, 2000; Chapagain y Hoekstra, 2004). El agua de limpieza es otro de los factores que contribuyen al consumo del recurso agua y, finalmente, también contribuye al volumen de purines generado. El agua para servicios incluye el agua utilizada para remojar instalaciones, así como la utilizada para limpiar corrales, suelos, jaulas y comederos. Para esta tarea es habitual el uso de agua con detergentes, con la posibilidad de que existan variaciones importantes en la presión y temperatura de la misma (Babot, 2007).

En la Tabla 18 los datos ponen de manifiesto un elevado uso de agua para la limpieza de las jaulas de partos por su mayor superficie y por las mayores exigencias en limpieza e higiene. En todo caso también resalta la gran variabilidad existente entre estudios, indicando que las características específicas de los alojamientos e instalaciones así como el sistema de limpieza utilizado, serán determinantes para un adecuado uso del agua. Los sistemas de limpieza de alta presión y las mangueras con salida libre de agua, son los sistemas más comúnmente utilizados para limpieza y desinfección. Utilizando un sistema de limpieza de alta presión, pueden usarse entre 15,2 y 30,4 L/min, lo que puede suponer un 20% menos de agua gastada frente al uso de las mangueras con salida libre.

Así pues, las dos nuevas columnas de la Tabla 17 y de la Tabla 18, referentes a la propuesta realizada por los autores sobre los L agua/animal y día consumidos en bebida y servicio, se han sumado obteniendo así un valor medio global del total de agua consumida por categorías en el sector porcino (ver Tabla 19).

Tabla 18. Comparación de los resultados obtenidos en distintos estudios relativos a la cantidad media de agua de servicio utilizada según la fase de producción

Animal y fase productiva	Rango peso	TRAMA (2003)*	MAGRAMA (2006)	Recomendaciones autores
(L/animal y día)	kg (periodo por ciclo) *	Valor medio (rango) **	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)
Lechones destetados	7 a 20 (45 días)		0,35 (0,12 – 0,59)	0,35 (0,12-0,59)
Lechón precebo	20 a 50 (47 días)			
Cerdo crecimiento	50 a 80 (43 días)	1,10 (B) (0,16-2,05)	0,98 (0,14 – 1,82)	1,04 (0,15-1,93)
Cerdo engorde	80 a 100 (30 días)			
Cerdo > 110 kg	110 a 125 (19 días)			
Cerda recria	125 (188 días)			
Cerda vacía	110 días			0,67 (0,47-0,88)
Cerda gestante	(114 días)	0,67 (B) (0,47-0,88)		
Cerda lactante	150 a 250 (28 días)	7,19 (B) (3,03-11,35)		7,19 (3,03-11,35)
Verraco	160 a 270 (265 días)		1,7 (1,18-2,21)	1,7 (1,18-2,21)

* Categoría rango de peso según MAGRAMA (2010). ** TRAMA 2003: Se han considerado 2,45 partos/cerda y año y un periodo de engorde de 120 días (Babot, 2007).

Tabla 19. Recomendaciones de los autores sobre el consumo de agua de bebida, servicio y el valor global del consumo medio total de agua en L/animal y día en producción porcina para cada categoría o fase productiva

Consumo agua	Rango peso	Agua bebida	Agua servicio	Total agua
		Recomendaciones autores	Recomendaciones autores	Recomendaciones autores
		Valor medio	Valor medio	Valor medio global
Animal y fase productiva	L/animal y día			
Lechones destetados	7 a 20	1,57	0,35	1,92
Lechón precebo	20 a 50			
Cerdo crecimiento	50 a 80	6,02	1,04	7,06
Cerdo engorde	80 a 100			
Cerdo > 110 kg	110 a 125	10,00		11,04
Cerda recria	125	10,44		11,11
Cerda vacía		10,8	0,67	11,47
Cerda gestante	150 a 250	16,00		16,67
Cerda lactante		19,00	7,19	26,19
Verraco	160 a 270	15,70	1,70	17,40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Estimaciones de consumo de agua de bebida (en L/animal y día) en función de la categoría animal en la especie porcina

Animal y fase productiva	Rango peso	Ensminger y Orlentine (1978)	ARC (1981)*	INRA (1984)*	Ministry Environment (1996)	NRC (1998)*	Massable (2001)*	Trama (2003)*	Omafra (2007)*	MAGRAMA (2006)	Recomendaciones autores
(L/animal y día)	kg *(1) (período por ciclo)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (B) (rango (A))	Valor medio (rango)	Valor medio
Lechones destetados	7 a 20 (45 días)	2,45 (1,1-3,8)	1,75 (1,5-2)	1,75 (1,5-2)		0,84 (A) (0,49-1,46)	2,30 (0,9-3,7)(A)		2 (1,0-3,2)	3 (2,7-3,3)	1,57
Lechón precebo	20 a 50 (47 días)	4,67 (3,25-6,10)	3 (A) (1,82-4,18)		5,10 (2-8)	3,63 (B) (1,67-5,58)		3	4,50 (3,2-7,3)		
Cerdo crecimiento	50 a 80 (43 días)			5,50 (4-7)			6,34 (3,82-8,66)	6		8,30 (7,5-9,1)	6,02
Cerdo engorde	80 a 100 (30 días)						(A)	12	9 (7,3-10)		
Cerdo > 110 kg	110 a 125 (19 días)										10,00
Cerda recria	125 (188 días)						10,44 (A)				10,44
Cerda vacía	(10 días)	9,50 (5,7-13,3)				11,50		11,60			10,80
Cerda gestante	150 a 250 (114 días)	17,10 (15,2-19)		10 (A)	17 (11-25)	20		15,60	15 (13,6-17,2)		16,00
Cerda lactante	(28 días)	22 (19-25)	18 (B) (13-20)	21,40 (A)		18 (12-20)		19,40	20 (C) (16,1-22,7)		19,00
Verraco	160 a 270 (265 días)					15 (C)				16,40 (14,8-18,0)	15,70

***(1) Categoría rango de peso estimado según MAGRAMA (2010). *ARC:** (A) Se ha calculado mediante la ecuación Aumaire (1990) (l = 248,77W + 78,7). (B). Similar en verano e invierno. ***INRA:** (A) Con un consumo de 4 a 4,5 L/kg de MS ingerida (el primer valor se refiere a las gestantes y el segundo a las lactantes, con un consumo de pienso (kg /día) de 2,5 y 4,75 respectivamente ***NRC:** (A) Valores de la primera semana después del destete hasta la tercera semana (con un mínimo de 7kg). (B) Valores calculados a partir de la ecuación: Consumo de agua (L/día) = 0,149 + (3,053 x consumo de alimento seco en kg /día). (C) A una T° 25 °C (exactamente de 70 a 110 kg). En caso de una T° de 15 °C se consumen 10 L/animal y día. ***Massabie:** Rangos obtenidos a partir de la ecuación Patrick (y = 0,063 x + 2,564). ***Omafra:** (A) Resultados a partir de la gestión y del medio en el que se encuentran los animales. (B) Consumo típico en un año según bases diarias bajo las condiciones agronómicas medias en Ontario. (c) Incluye lechones destetados.

A continuación, en la Tabla 20 se muestran los censos desde 1990 a 2008 por categorías y fase productiva en porcino que se han usado para estimar el consumo medio global de agua por año en producción porcina. Por su parte en la Tabla 21 se puede observar la estimación de los litros de agua consumidos por año y categoría y su total. Los datos se han obtenido empleando la ecuación 38.

Tabla 20. Evolución de los censos en producción porcina intensiva (1990-2008)

Categoría	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Lechones destetados	4.687.188	4.689.908	4.853.412	4.762.963	5.421.950	5.326.817	5.185.519	5.624.764	6.201.113	5.980.191
Lechones precebo	4.117.283	4.135.979	4.189.960	4.467.007	4.643.996	4.166.790	4.253.586	4.324.013	4.768.965	5.180.939
Cerdo crecimiento	3.510.630	3.451.796	3.864.869	3.449.143	3.685.180	3.981.058	3.818.038	3.913.390	4.282.021	4.396.970
Cerdo engorde	1.902.003	2.058.633	2.405.931	2.358.300	2.570.089	2.786.062	2.736.172	2.852.805	2.920.812	3.054.085
Cerdo > 110 kg	139.250	139.358	196.609	211.785	192.688	131.699	238.500	241.652	379.550	367.430
Cerda recria	159.652	150.810	164.194	174.986	176.438	171.107	179.009	203.750	228.548	197.691
Cerda vacía	94.981	97.717	101.254	95.084	98.754	98.236	88.414	91.535	107.492	106.889
Cerda gestante	1.219.473	1.216.117	1.301.743	1.341.572	1.418.216	1.409.423	1.389.664	1.498.009	1.628.906	1.606.164
Cerda lactante	443.244	456.012	472.521	443.726	460.851	458.436	412.600	427.163	501.628	498.817
Verraco	97.265	98.099	98.662	92.962	90.762	84.288	69.579	83.127	80.360	73.164
Total censo	16.370.967	16.494.429	17.649.156	18.262.475	18.758.925	18.613.916	18.371.080	19.260.207	21.099.394	21.462.340
Categoría	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Lechones destetados	6.028.532	6.326.639	6.508.955	6.464.723	7.394.309	7.164.886	6.783.369	6.905.548	6.844.873	
Lechones precebo	5.207.282	5.091.792	5.218.016	5.387.245	5.597.792	5.743.142	6.220.881	6.440.848	5.998.048	
Cerdo crecimiento	5.250.700	4.845.902	4.674.295	4.919.312	5.173.332	5.104.066	5.125.992	5.206.109	4.926.105	
Cerdo engorde	3.336.903	3.698.879	3.516.651	3.648.314	3.810.208	3.940.041	4.278.604	4.536.469	4.415.255	
Cerdo > 110 kg	429.856	509.457	612.947	572.725	583.235	620.910	794.180	739.630	664.056	
Cerda recria	194.698	211.662	245.243	237.666	241.369	234.751	233.412	247.108	227.667	
Cerda vacía	109.267	105.012	112.998	106.460	104.673	100.711	100.870	100.320	98.118	
Cerda gestante	1.617.101	1.713.456	1.717.494	1.734.168	1.770.296	1.787.459	1.834.159	1.858.246	1.689.858	
Cerda lactante	509.913	490.058	527.325	496.814	488.476	469.984	470.725	468.158	457.885	
Verraco	68.241	67.504	73.330	61.708	62.806	59.967	55.647	51.073	40.236	
Total censo	22.752.492	23.060.363	23.207.255	23.629.136	25.226.495	25.225.916	25.897.837	26.553.508	25.362.100	

Fuente: Tragega y BDPORC (2003).

Tabla 21. Estimación y evolución de litros totales de agua consumidos en producción porcina intensiva desde 1990 a 2008

Categoría	Días año	Por animal y día	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Lechones destetados	365	1,92	3,28E+09	3,29E+09	3,40E+09	3,34E+09	3,80E+09	3,73E+09	3,63E+09	3,94E+09	4,35E+09	4,19E+09	
Lechones precebo		7,06	1,06E+10	1,07E+10	1,08E+10	1,15E+10	1,20E+10	1,07E+10	1,10E+10	1,11E+10	1,23E+10	1,34E+10	
Cerdo crecimiento		7,06	9,05E+09	8,89E+09	9,96E+09	8,89E+09	9,50E+09	1,03E+10	9,84E+09	1,01E+10	1,10E+10	1,13E+10	
Cerdo engorde		7,06	4,90E+09	5,30E+09	6,20E+09	6,08E+09	6,62E+09	7,18E+09	7,05E+09	7,35E+09	7,53E+09	7,87E+09	
Cerdo >110 kg		11,04	5,61E+08	5,62E+08	7,92E+08	8,53E+08	7,76E+08	5,31E+08	9,61E+08	9,74E+08	1,53E+09	1,48E+09	
Cerda recria		11,11	6,47E+08	6,12E+08	6,66E+08	7,10E+08	7,15E+08	6,94E+08	7,26E+08	8,26E+08	9,27E+08	8,02E+08	
Cerda vacía		11,47	3,98E+08	4,09E+08	4,24E+08	3,98E+08	4,13E+08	4,11E+08	3,70E+08	3,83E+08	4,50E+08	4,47E+08	
Cerda gestante		16,67	7,42E+09	7,40E+09	7,92E+09	8,16E+09	8,63E+09	8,58E+09	8,46E+09	9,11E+09	9,91E+09	9,77E+09	
Cerda lactante		26,19	4,24E+09	4,36E+09	4,52E+09	4,24E+09	4,41E+09	4,38E+09	3,94E+09	4,08E+09	4,80E+09	4,77E+09	
Verraco		17,40	6,18E+08	6,23E+08	6,27E+08	5,90E+08	5,76E+08	5,35E+08	4,42E+08	5,28E+08	5,10E+08	4,65E+08	
Total (L)				4,17E+10	4,21E+10	4,53E+10	4,48E+10	4,74E+10	4,70E+10	4,64E+10	4,84E+10	5,33E+10	5,45E+10
Categoría		Días año	Litros animal y día	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Lechones destetados	365	1,92	4,22E+09	4,43E+09	4,56E+09	4,53E+09	5,18E+09	5,02E+09	4,75E+09	4,84E+09	4,80E+09		
Lechones precebo		7,06	1,34E+10	1,31E+10	1,34E+10	1,39E+10	1,44E+10	1,48E+10	1,60E+10	1,66E+10	1,55E+10		
Cerdo crecimiento		7,06	1,35E+10	1,25E+10	1,20E+10	1,27E+10	1,33E+10	1,32E+10	1,32E+10	1,34E+10	1,27E+10		
Cerdo engorde		7,06	8,60E+09	9,53E+09	9,06E+09	9,40E+09	9,82E+09	1,02E+10	1,10E+10	1,17E+10	1,14E+10		
Cerdo >110 kg		11,04	1,73E+09	2,05E+09	2,47E+09	2,31E+09	2,35E+09	2,50E+09	3,20E+09	2,98E+09	2,68E+09		
Cerda recria		11,11	7,90E+08	8,58E+08	9,94E+08	9,64E+08	9,79E+08	9,52E+08	9,47E+08	1,00E+09	9,23E+08		
Cerda vacía		11,47	4,57E+08	4,40E+08	4,73E+08	4,46E+08	4,38E+08	4,22E+08	4,22E+08	4,20E+08	4,11E+08		
Cerda gestante		16,67	9,84E+09	1,04E+10	1,05E+10	1,06E+10	1,08E+10	1,09E+10	1,12E+10	1,13E+10	1,03E+10		
Cerda lactante		26,19	4,87E+09	4,68E+09	5,04E+09	4,75E+09	4,67E+09	4,49E+09	4,50E+09	4,48E+09	4,38E+09		
Verraco		17,40	4,33E+08	4,29E+08	4,66E+08	3,92E+08	3,99E+08	3,81E+08	3,53E+08	3,24E+08	2,56E+08		
Total (L)				5,79E+10	5,85E+10	5,90E+10	5,99E+10	6,24E+10	6,28E+10	6,56E+10	6,71E+10	6,32E+10	

Fuente: Elaboración propia.

El número de cabezas sacrificadas por año se ha utilizado en la ecuación 39 para obtener finalmente los kg de carne de cerdo totales por año.

En la Tabla 22, se muestran los valores totales correspondientes al consumo de agua expresado en litros totales y los kg de carne de cerdo, de 1990 a 2008.

En 20 años, tanto el consumo de agua, como el censo porcino y los kg de carne de cerdo han aumentado de forma de lineal año tras año. Así, el censo porcino ha aumentado en un 54,92% desde 1990 hasta 2008, los millones de litros de agua consumidos en un 51,59% y finalmente, los kg de carne de cerdo en un 93,18%.

Tabla 22. Evolución del consumo de agua en litros totales por año en producción porcina y valores referentes a los kg de carne anuales de cerdo de 1990 a 2008

Año	Consumo total de agua expresado en millones de litros	Producción carne de cerdo expresada en millones de kg carne de cerdo
1990	4,25E+10	1.787
1991	4,29E+10	1.886
1992	4,61E+10	1.915
1993	4,78E+10	2.070
1994	4,82E+10	2.194
1995	4,78E+10	2.259
1996	4,71E+10	2.356
1997	4,92E+10	2.401
1998	5,42E+10	2.746
1999	5,53E+10	2.891
2000	5,88E+10	2.913
2001	5,93E+10	2.988
2002	5,99E+10	3.071
2003	6,08E+10	3.189
2004	6,33E+10	3.077
2005	6,36E+10	3.166
2006	6,65E+10	3.237
2007	6,79E+10	3.439
2008	6,41E+10	3.452

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de sostenibilidad en porcino

A partir de los litros de agua totales anuales que consume el sector porcino intensivo y de los kg de carne anuales que se han producido desde 1990 a 2008 (Ver Tabla 22), se ha podido trazar la evolución del indicador consumo de agua (ver Tabla 23), tomando como base el año 1990 (=100).

- 1) **G1:** kg producto/L agua
- 2) **1/G1:** L agua /kg producto

La Tabla 23 muestra la evolución de los litros de agua/kg de carne de cerdo desde 1990 a 2008; estos datos se han obtenido dividiendo los litros totales de agua consumidos y los kg de carne de cerdo calculados.

Tabla 23. Evolución de los kg de carne de cerdo/L agua y su correspondiente indicador inverso de 1990 a 2008

Año	L totales en porcino	kg carne cerdo	L agua/kg carne (1/G1) 1990=100	kg carne/L agua (G1) 1990=100
1990	41.723.386.094	1.786.908.710	100,00	100,00
1991	42.108.459.930	1.885.898.894	95,63	104,65
1992	45.303.713.549	1.915.259.992	101,28	97,67
1993	44.770.192.795	2.069.890.305	92,63	106,98
1994	47.402.469.991	2.193.527.719	92,55	106,98
1995	47.037.826.209	2.259.102.209	89,16	111,63
1996	46.383.301.013	2.355.966.729	84,33	118,60
1997	48.429.448.556	2.400.718.418	86,38	116,28
1998	53.318.876.628	2.745.616.702	83,17	118,60
1999	54.477.876.978	2.891.228.149	80,69	123,26
2000	57.899.123.072	2.912.544.698	85,14	116,28
2001	58.463.632.126	2.988.429.576	83,77	118,60
2002	59.009.316.274	3.070.988.094	82,31	120,93
2003	59.900.872.490	3.189.214.763	80,43	123,26
2004	62.363.620.725	3.077.483.837	86,77	113,95
2005	62.751.487.819	3.166.462.058	84,88	116,28
2006	65.601.383.038	3.236.839.659	86,81	113,95
2007	67.051.181.901	3.438.620.468	83,51	118,60
2008	63.249.528.865	3.452.115.434	78,46	127,91

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de los restantes indicadores de sostenibilidad expresados de la siguiente manera:

3) **G2:** € producto/L agua

4) **1/G2:** L agua /€ producto

Tabla 24. Evolución de los € de producto/L agua y su correspondiente inverso en producción porcina desde 1990 al 2007

Año	€/kg PV	kg carne cerdo año	€ producto (de carne)	L totales en porcino	L agua/€ producto (1/G2) 1990=100	€ producto/L agua (G2) 1990=100
1990	0,96	1.786.908.710	1.715.426.348	41.723.386.094	100,00	100,00
1991	0,99	1.885.898.894	1.862.141.823	42.108.459.930	92,97	107,32
1992	1,03	1.915.259.992	1.969.062.146	45.303.713.549	94,61	104,88
1993	0,89	2.069.890.305	1.846.388.032	44.770.192.795	99,71	100,00
1994	0,95	2.193.527.719	2.090.750.189	47.402.469.991	93,22	107,32
1995	1,09	2.259.102.209	2.451.142.054	47.037.826.209	78,91	126,83
1996	1,18	2.355.966.729	2.786.051.792	46.383.301.013	68,46	146,34
1997	1,25	2.400.718.418	2.992.204.785	48.429.448.556	66,57	151,22
1998	0,89	2.745.616.702	2.438.755.018	53.318.876.628	89,88	112,20
1999	0,82	2.891.228.149	2.361.831.705	54.477.876.978	94,86	104,88
2000	1,05	2.912.544.698	3.070.113.366	57.899.123.072	77,55	129,27
2001	1,30	2.988.429.576	3.892.728.366	58.463.632.126	61,76	163,41
2002	1,04	3.070.988.094	3.185.843.048	59.009.316.274	76,15	131,71
2003	0,97	3.189.214.763	3.087.159.890	59.900.872.490	79,77	126,83
2004	1,05	3.077.483.837	3.227.049.551	62.363.620.725	79,48	126,83
2005	1,08	3.166.462.058	3.419.145.731	62.751.487.819	75,45	131,71
2006	1,16	3.236.839.659	3.760.884.000	65.601.383.038	71,71	139,02
2007	1,06	3.438.620.468	3.632.902.525	67.051.181.901	75,90	131,71

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 24, muestra los resultados de los dos indicadores de sostenibilidad, que se han obtenido a partir de los datos siguientes:

- **€/kg PV:** a partir de los Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA).
- **kg de carne de cerdo:** a partir de los *Anuarios de Estadística Agraria* (MAGRAMA).
- **€ de producto:** a partir de la ecuación 42.
- **L totales en porcino:** a partir de la Tabla 21.

Con la obtención de estos datos, se han realizado las divisiones pertinentes obteniendo así los resultados que se observan en la Tabla 24. Se pueden apreciar unas tendencias generales descendentes, con un cambio de éstas a partir del año 2001 a partir del cual los indicadores parecen mantenerse. El indicador correspondiente a los L de agua/kg carne de cerdo ha descendido en una proporción de un 21,54% y en un 24% si nos referimos a los L de agua/€ de producto desde 1990 hasta el 2008.

Avicultura

En la Tabla 25, se muestra un resumen de los valores medios y rangos de variación referentes al consumo de agua registrada en distintos estudios según la fase de producción del ave en sistema intensivo. En el caso de la producción avícola, se puede observar que en una misma fase del animal los consumos de agua son distintos. Esto se debe en gran parte a su proceso de crecimiento más rápido y consecuentemente el consumo de agua también cambia más rápido si se compara con el porcino.

En el caso del pollo, comúnmente conocido como *broiler*, el rango general se encuentra entre 50-260 L/1.000 aves y día, con un valor medio de unos 150 L/1.000 aves y día. En pollitas de recría, empleadas en la reposición de las reproductoras pesadas, el rango se encuentra alrededor de 120-180 L/1.000 aves y día, con unos 130 L/1.000 aves y día.

En reproductoras pesadas (para *broilers* comerciales) el valor general se mantiene en 250 L/1.000 aves y día, siendo una de las fases productivas que más consume durante su ciclo. En pollitas rubias, que son las denominadas ponedoras jóvenes, su consumo de agua va desde los 57 a los 140 L/1.000 aves y día. En ponedoras adultas (a partir de las 18 semanas), el rango general está alrededor de 150 y 328 L/1.000 aves y día, también en éste caso se podría decir que son unas de las que más agua consumen juntamente con las reproductoras pesadas mencionadas anteriormente.

De manera general y haciendo una recopilación de la información obtenida a partir de los diferentes autores mencionados en la Tabla 25, se ha procedido a proponer unas recomendaciones generales para el sector avícola sobre el consumo de agua de bebida en L/1.000 aves y día. Así, se puede asignar una utilización media diaria de agua de 158 L para *broilers* (pollos de carne), en pollitas de recría 130 L, en el caso de reproductoras pesadas 250 L, pollitas rubias 124 L y en gallinas ponedoras 216. Las reproductoras pesadas son las que mayor consumo de agua requieren durante su ciclo.

En la Tabla 26, se puede observar que hay poca información sobre el uso de agua de limpieza en explotaciones avícolas ya que sólo hay referencia de un autor. En la Tabla 27, se puede observar el valor medio global de agua consumida (de bebida y servicio) en aves de carne y puesta que, posteriormente, junto al censo de ambos tipos de aves (Ver Tabla 28) y los 365 días se han obtenido los litros totales consumidos anualmente de agua (ver Tabla 29). Así, los datos que se han obtenido en la Tabla 29, se han extraído con la ayuda de la ecuación 38.

**Tabla 25. Estimaciones del consumo de agua de bebida
(en L/1.000 pollos/día) en función de la categoría animal en avicultura**

Animal y fase productiva (L/1.000 aves/día)	Semanas	Periodo ciclo (días)	Buxadé (1987 y 1988)*		Austic & Nesheim (1990)**		NPC (1994)*		Canada Plan Service (2001)*		BREF (2003)*		Leeson & Summers (2005)*		Omafra (2007)*		Recomendación autores	
			Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio (rango)	Valor medio	Valor medio
Pollo (broiler)	1	0-7	56		50,3													
	2	7-14	(32-80) (A)		(32,14-68,57)								24					
	3	14-21	135	155 (A)	123,2								100		105			
	4	21-28	(115-155) (A)		(103,6-142,9)										(30-180)			
	5	28-35		260 (A)	214,3								240					
	6	35-42	207,5		(178,6-250)													
	7	42-49	(150-265) (A)															234,4
Pollitas de cría (reposición de las reproductoras pesadas)	0-7	0- 49											75 (A)					
	7-17	49-119							120 (A)				140 (A)					116,6
	17-23	119-161							160 (B)				180 (A)					170,0
Reproductoras pesadas (para broilers comerciales)	23-40	161-280							300 (B)				180 (B)		250			249,3
	40-65	280-455											210 (B)		(180-320)			
	0-5	0-35	65		57,14								50 (A)					
Pollitas rubias (ponedoras jóvenes)	5-7	35-70	(20-110) (B) (C)										82,5					80,1
	7-17	70-119	150		121,42				100 (A)				(60-115) (A)					
	17-1%	119-1%	(110-190) (B)		155,35				130 (B)				127,5					
	1%-32	1%-224			203,56								(115-140) (A)					148,4
Gallinas ponedoras	32-44	224-308																
	44-55	308-385	206,18		225				210 (B)				150 (B)		250			216,6
	55-70	385-490	(140-273)	196,87 (B)	(150-300)							278,08			(180-320)			216,6
											(227,4-28,76)		180 (B)					

***Buxadé:** (A) Consumos estimados para temperaturas medias de 18 a 20 °C. (B) Con una temperatura ambiente de 18 a 20° C.(C). El rango va desde la 1º semana a la 10º semana. ***Austic & Nesheim:** (A) Valores obtenidos a partir del consumo de 2 a 2,5 g de agua/g de alimento consumido. El valor del consumo de pienso durante el periodo de FEDNA se ha extraído de las Normas FEDNA (2008). (B) De 1,5 a 2,0 g de agua/g de pienso en gallinas ponedoras. El valor del consumo de pienso se ha extraído de las Normas FEDNA (2008). ***NRC:** Varía considerablemente dependiendo de la temperatura ambiente, de la composición de la dieta, el ratio de crecimiento o la producción de huevos y tipo de equipamiento usado. Los datos presentes se han aplicado bajo temperaturas ambientales de 20 a 25° C. ***Canada Plan Service:** Estas son las cantidades de agua de consumo registradas en muchas de las literaturas. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que en condiciones de elevadas temperaturas, las aves, reducen el consumo de alimento y consecuentemente consumen casi las mismas cantidades de agua que en condiciones normales. (A) A Tº normales de 20 °C (valor medio de crecimiento). (B) En caso de aves adultas a Tº de 20 °C. ***Leeson & Summers:** (A) Indican valores aproximados del uso del agua y varían según el estado de producción, salubridad y consumo de alimento. (A) Valores obtenidos a las 4, 12 y 18 semanas respectivamente. (B) Valores obtenidos con un 50% y un 80% de producción respectivamente. ***Omafra:** (A) Resultados de la gestión y del medio en el que se encuentran los animales. (B) Consumo típico en un año según bases diarias bajo las condiciones agronómicas medias en Ontario.

Tabla 26. Comparación de los resultados obtenidos en distintos estudios relativos a la cantidad media de agua de servicio utilizada según la fase de producción

Animal y fase productiva L/1.000 aves/día	Semanas	Periodo ciclo (días)	BREF (2003)*	Recomendaciones autores
			Valor medio (rango)	Valor medio
Gallinas ponedoras*	1%-32	1%-224	5,43 (2,29-8,56)	5,43 (2,29-8,56)
	32-44	224-308		
	44-55	308-385		
	55-70	385-490		

* Incluye ponedoras en jaulas y en foso profundo.

Fuente: Referencia Comisión Europea, 2003.

Tabla 27. Recomendaciones de los autores sobre el consumo de agua de bebida, servicio y valor medio global del consumo medio total de agua en L/1.000 aves y día

Especie animal L/1.000 aves/día	Semanas	Periodo ciclo (días)	Agua de bebida	Agua de servicio	Total agua
			Recomendaciones autores	Recomendaciones autores	Recomendaciones autores
			Valor medio	Valor medio	Valor medio global
Pollo <i>broiler</i>	1	0-7	158,17		158,17
	2	7 14			
	3	14-21			
	4	21-28			
	5	28-35			
	6	35-42			
	7	42-49			
Pollitas de recría (reposición de las reproductoras pesadas)	0-7	0-49	130,53		130,53
	7 17	49-119			
	17 23	119-161			
Reproductoras pesadas (para <i>broilers</i> comerciales)	23 40	161-280	249,30		249,30
	40 65	280-455			
Pollitas rubias (ponedoras jóvenes)	0-5	0-35	124,50		124,50
	5 10	35-70			
	10 17	70-119			
Gallinas ponedoras	17 1 %	119-1%	216,60	5,43	222,03
	1% 32	1% 224			
	32 44	224 308			
	44 55	308 385			
	55 70	385 490			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Evolución de los censos en producción avícola (1990-2008)

Categoría	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pollo <i>broiler</i>	76.266.639	76.908.715	74.421.150	92.576.445	93.877.188	95.983.054	96.662.914	97.077.128	96.736.729	5.980.191
Pollitas recría	2.323.677	2.347.179	2.279.296	2.840.596	2.886.018	2.965.336	3.001.352	3.029.630	3.034.718	5.180.939
Reprod. pesadas	1.897.669	1.919.901	1.870.276	2.334.528	2.375.594	2.444.739	2.478.333	2.505.622	2.513.775	4.396.970
Pollitas recría	8.649.759	8.698.225	8.170.576	9.259.221	9.732.194	8.948.490	9.552.460	9.365.176	9.816.368	3.054.085
Gallinas ponedoras	36.154.652	35.460.111	31.610.577	34.986.600	35.875.790	32.206.741	33.587.221	32.181.561	32.961.485	367.430
Total censo	125.292.396	125.334.131	118.351.875	141.997.389	144.746.785	142.548.360	145.282.280	144.159.118	145.063.074	197.691
Categoría	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Pollo <i>broiler</i>	97.125.279	108.230.870	102.995.781	99.447.597	98.840.959	96.115.734	102.076.570	102.076.570		
Pollitas recría	3.063.039	3.424.774	3.281.898	3.180.280	3.172.555	3.085.082	3.276.411	3.276.411		
Reprod. Pesadas	2.541.216	2.845.759	2.735.535	2.654.950	2.652.609	2.579.471	2.739.443	2.739.443		
Pollitas recría	10.848.666	11.278.172	12.034.814	13.196.002	12.965.916	12.964.656	12.810.376	12.711.448		
Gallinas ponedoras	35.594.120	35.817.430	36.393.403	39.236.668	38.175.168	38.125.218	37.684.587	37.283.504		
Total censo	149.172.321	161.597.005	157.441.431	157.715.497	155.807.207	152.870.162	158.587.387	158.087.376		

Fuente: Tragega.

Tabla 29. Estimación y evolución de los litros totales de agua consumidos anualmente en producción avícola (1990-2008)

Categoría	Días año	Litros ave y día	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pollo <i>broiler</i>		0,16	4,45E+09	4,49E+09	4,36E+09	4,35E+09	5,41E+09	5,48E+09	5,61E+09	5,65E+09	5,67E+09	5,65E+09
Pollitas recría		0,13	1,10E+08	1,11E+08	1,08E+08	1,08E+08	1,35E+08	1,37E+08	1,41E+08	1,42E+08	1,44E+08	1,44E+08
Reprod. Pesadas	365	0,25	1,73E+08	1,75E+08	1,71E+08	1,71E+08	2,13E+08	2,17E+08	2,23E+08	2,26E+08	2,29E+08	2,29E+08
Pollitas rubias		0,12	3,79E+08	3,81E+08	3,90E+08	3,58E+08	4,06E+08	4,26E+08	3,92E+08	4,18E+08	4,10E+08	4,30E+08
Gallinas ponedoras		0,22	2,90E+09	2,85E+09	2,84E+09	2,54E+09	2,81E+09	2,88E+09	2,59E+09	2,70E+09	2,58E+09	2,65E+09
Total (L)			8,02E+09	8,01E+09	7,87E+09	7,52E+09	8,97E+09	9,14E+09	8,95E+09	9,13E+09	9,04E+09	9,10E+09
Categoría	Días año	Litros ave y día	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Pollo <i>broiler</i>		0,16	5,67E+09	6,32E+09	6,00E+09	6,01E+09	5,81E+09	5,77E+09	5,61E+09	5,96E+09	5,96E+09	
Pollitas recría		0,13	1,45E+08	1,63E+08	1,55E+08	1,56E+08	1,51E+08	1,51E+08	1,46E+08	1,55E+08	1,55E+08	
Reprod. Pesadas	365	0,25	2,32E+08	2,60E+08	2,48E+08	2,50E+08	2,42E+08	2,42E+08	2,35E+08	2,50E+08	2,50E+08	
Pollitas rubias		0,12	4,75E+08	4,94E+08	5,02E+08	5,27E+08	5,78E+08	5,68E+08	5,68E+08	5,61E+08	5,57E+08	
Gallinas ponedoras		0,22	2,86E+09	2,88E+09	2,85E+09	2,92E+09	3,15E+09	3,07E+09	3,06E+09	3,03E+09	2,99E+09	
Total (L)			9,38E+09	1,01E+10	9,75E+09	9,87E+09	9,93E+09	9,80E+09	9,62E+09	9,95E+09	9,92E+09	

Fuente: Elaboración propia.

Aves de carne

En la Tabla 30 se muestran los animales sacrificados y su peso medio de la canal expresada en kg de 1990 a 2008. A partir de estos datos se ha utilizado la ecuación 40 para obtener así la última columna de la Tabla 30 con los kg de carne de pollo totales.

La Tabla 31 muestra la evolución del consumo de agua total expresada en millones de litros, obtenidos a partir de la suma de los litros que consumen las siguientes categorías de aves de carne: los pollos (*broilers*), las pollitas de recría y las reproductoras pesadas (valores calculados en la Tabla 29). Los millones de kg de carne de pollo producidos se han extraído de la Tabla 30.

Tabla 30. Datos referentes a los animales sacrificados, su peso medio de la canal expresada en kg y los kg de producto final producidos (1990- 2008)

Año	Animales sacrificados (en miles)	Peso medio canal (kg)	kg carne de pollo totales
1990	537.115	1,60	859.384.000
1991	565.971	1,60	905.553.600
1992	556.083	1,60	889.732.800
1993	535.413	1,56	835.244.280
1994	600.197	1,63	978.321.110
1995	626.834	1,62	1.015.471.080
1996	647.827	1,48	958.783.960
1997	669.656	1,49	997.786.695
1998	679.435	1,56	1.059.918.288
1999	677.184	1,77	1.198.616.034
2000	668.644	1,68	1.123.322.592
2001	723.570	1,81	1.309.662.062
2002	700.022	1,9	1.330.041.040
2003	724.639	1,84	1.333.336.800
2004	753.104	1,84	1.385.712.300
2005	677.591	1,90	1.287.422.300
2006	669.010	1,90	1.271.119.760
2007	712.307	1,90	1.353.382.730
2008	689.483	2,00	1.378.965.200

Fuente: *Anuario de Estadística Agraria (MAGRAMA)*.

Tabla 31. Evolución del consumo de agua total y la producción de carne de pollo (1990-2008)

Año	Consumo de agua total expresado (millones de litros)	Producción carne de pollo (millones de kg)
1990	4.737	859
1991	4.778	906
1992	4.639	890
1993	4.625	835
1994	5.754	978
1995	5.836	1.015
1996	5.969	959
1997	6.014	998
1998	6.023	1.060
1999	6.023	1.199
2000	6.049	1.123
2001	6.743	1.310
2002	6.400	1.330
2003	6.420	1.333
2004	6.201	1.386
2005	6.165	1.287
2006	5.995	1.271
2007	6.367	1.353
2008	6.367	1.379

Fuente: Elaboración propia.

En los casi 20 años que abarcan la serie estudiada, el censo de aves de carne y los kilos de carne de pollo ha ascendido de forma lineal año tras año. La evolución de los litros de agua consumidos de 1990 a 2008, tiene una tendencia ascendente hasta el año 2001. A partir de ahí, el consumo de los litros de agua tiene una tendencia general a mantenerse.

Así, se podría decir que el censo de aves de carne ha aumentado en un 34,29% desde 1990 hasta 2008, los litros de agua consumidos han aumentado paralelamente con el censo en un 34,39% y finalmente los kilos de carne de pollo han ascendido en un 60,45%.

Indicadores de sostenibilidad en aves de carne

A partir del cálculo de los litros de agua totales consumidos anualmente en aves de carne extraídos de la Tabla 29 y los kilos de carne de pollo producidos anualmente de 1990 a 2008 (ver Tabla 30), se han podido calcular los dos siguientes indicadores de sostenibilidad (los kilos de producto se refieren a kg de carne de pollo):

- 1) **G1**: kg producto/L agua
- 2) **1/G1**: L agua /kg producto

La Tabla 32, muestra la evolución del indicador agua/kg de carne de pollo de 1990 a 2008, tomando como base el año 1990 (=100). Estos datos se han obtenido dividiendo los litros totales de agua consumidos y que se han calculado anteriormente en la Tabla 29 y los kilos de carne de pollo calculados en la Tabla 30.

Tabla 32. Evolución de los indicadores de kilos de carne de pollo/L agua y su correspondiente indicador inverso de 1990 a 2008 (1990=100)

Año	L totales en aves de carne	kg carne de pollo	L agua/kg carne de pollo (1/G1) 1990=100	kg carne de pollo/L agua (G1) 1990=100
1990	4.737.392.529	859.384.000	100,00	100,00
1991	4.778.033.559	905.553.600	95,83	105,56
1992	4.638.780.878	889.732.800	94,56	105,56
1993	4.625.010.440	835.244.280	100,54	100,00
1994	5.754.276.284	978.321.110	106,72	94,44
1995	5.836.142.326	1.015.471.080	104,36	94,44
1996	5.969.197.949	958.783.960	113,07	88,89
1997	6.013.676.233	997.786.695	109,44	94,44
1998	6.022.804.267	1.059.918.288	103,09	100,00
1999	6.022.804.267	1.198.616.034	91,11	111,11
2000	6.049.343.519	1.123.322.592	97,82	105,56
2001	6.742.863.825	1.309.662.062	93,47	105,56
2002	6.400.132.140	1.330.041.040	87,30	116,67
2003	6.420.297.226	1.333.336.800	87,30	116,67
2004	6.200.908.157	1.385.712.300	81,13	122,22
2005	6.164.900.290	1.287.422.300	86,93	116,67
2006	5.994.922.799	1.271.119.760	85,66	116,67
2007	6.366.711.555	1.353.382.730	85,30	116,67
2008	6.366.711.555	1.378.965.200	83,85	122,22

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de los siguientes indicadores de sostenibilidad expresados en:

- 3) **G2:** € producto/L agua
- 4) **1/G2:** L agua /€ producto

Para la obtención de estos dos nuevos indicadores de sostenibilidad, se han tenido que recoger los siguientes datos:

- **€/kg PV:** a partir de los Anuarios de Estadística Agraria (MAGRAMA).
- **kg de carne de pollo:** a partir de la Tabla 30.
- **€ de producto:** aplicación de la ecuación 43.
- **L totales aves de carne:** a partir de la Tabla 29.

Con la obtención de estos datos, se han realizado las divisiones pertinentes obteniendo así los resultados que se observan en la Tabla 33.

Tabla 33. Evolución de los indicadores de € de producto/L agua y su correspondiente inverso en aves de carne de 1990 a 2007 (1990=100)

Año	€/kg PV	kg carne pollo año	€ producto (de carne)	L totales en carne de aves	L agua/€ producto (1/G2) 1990=100	€ producto/L agua (G2) 1990=100
1990	0,76	859.384.000	653.321.086	4.737.392.529	100,00	100,00
1991	0,74	905.553.600	666.867.901	4.778.033.559	98,76	100,00
1992	0,75	889.732.800	669.601.656	4.638.780.878	95,59	100,00
1993	0,81	835.244.280	674.275.550	4.625.010.440	94,62	107,14
1994	0,82	978.321.110	803.713.729	5.754.276.284	98,76	100,00
1995	0,73	1.015.471.080	744.700.763	5.836.142.326	108,14	92,86
1996	0,88	958.783.960	840.274.284	5.969.197.949	97,93	100,00
1997	0,83	997.786.695	827.065.391	6.013.676.233	100,28	100,00
1998	0,80	1.059.918.288	845.496.818	6.022.804.267	98,21	100,00
1999	0,67	1.198.616.034	803.911.774	6.022.804.267	103,31	92,86
2000	0,87	1.123.322.592	973.920.687	6.049.343.519	85,66	114,29
2001	0,95	1.309.662.062	1.245.095.722	6.742.863.825	74,76	128,57
2002	0,74	1.330.041.040	986.225.431	6.400.132.140	89,52	107,14
2003	0,84	1.333.336.800	996.951.307	6.420.297.226	88,83	114,29
2004	0,86	1.385.712.300	830.835.816	6.200.908.157	102,90	92,86
2005	0,89	1.287.422.300	983.334.661	6.164.900.290	86,48	114,29
2006	0,97	1.271.119.760	1.234.765.735	5.994.922.799	67,03	150,00
2007	1,09	1.353.382.730	1.472.345.072	6.366.711.555	59,59	164,29

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden observar unas tendencias negativas con tasas decrecientes correspondientes a los litros de agua/kilo de carne de pollo y litros de agua/euros de producto respectivamente. De manera general, se podría decir que se ha producido un descenso de 1990 a 2008 de un 16,15% de los litros de agua consumidos por kilo y de un 40% de litros consumidos por euro producido.

Aves de puesta

En la Tabla 34, se muestra la producción de huevos clasificados en dos columnas según la procedencia de éstos sea de gallinas selectas o camperas expresada en miles de docenas. A partir de estos datos se ha utilizado la ecuación 41 para obtener finalmente los kilos de huevos producidos anualmente de 1990 a 2008.

Tabla 34. Datos referentes a la producción de huevos, su total y los respectivos kg de huevos de 1990 a 2008

Año	Selectas (miles de docenas)	Camperas (miles de docenas)	Total global	Total kg
1990	888.262	69.557	11.493.823.200	574.691.160
1991	848.758	67.744	10.998.027.600	549.901.380
1992	802.216	66.875	10.429.091.040	521.454.552
1993	704.502	66.690	9.254.306.160	462.715.308
1994	805.801	64.282	10.440.998.640	522.049.932
1995	833.222	63.658	10.762.562.400	538.128.120
1996	743.339	62.282	9.667.453.200	483.372.660
1997	787.705	61.357	10.188.740.400	509.437.020
1998	757.276	60.013	9.807.462.000	490.373.100
1999	788.650	58.925	10.170.891.600	508.544.580
2000	922.322	56.291	11.743.352.400	587.167.620
2001	937.460	56.539	11.927.988.000	596.399.400
2002	940.4858	55.543	11.952.336.000	597.616.800
2003	985.158	47.522	12.392.160.000	619.608.000
2004	1.081.496	45.417	13.522.956.000	676.147.800
2005	1.052.320	42.874	13.142.328.000	657.116.400
2006	1.053.920	39.592	13.122.144.000	656.107.200
2007	1.051.208	40.066	13.095.288.000	654.764.400
2008	1.042.733	31.927	12.895.920.000	644.796.000

Fuente: Anuario de Estadística Agraria (MAGRAMA).

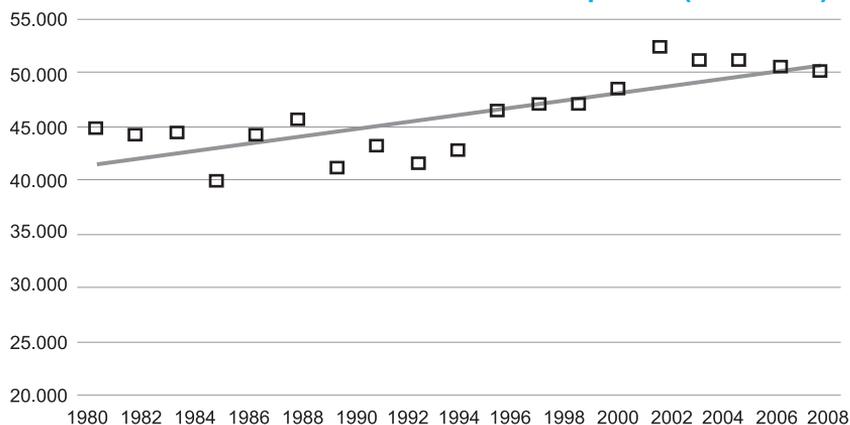
En la Tabla 35, se observa la evolución del consumo de agua total expresado en litros extraídos de la Tabla 29 (mediante la suma de los litros de agua que consumen las siguientes categorías de aves de puesta: las pollitas rubias y las gallinas ponedoras). Los kilos de huevo se han obtenido de la Tabla 34.

Tabla 35. Evolución del consumo de agua expresado en litros totales en aves de puesta de 1990 a 2008

Año	Consumo total de agua expresado (litros)	Huevos (millones de kilos)
1990	3.282.078.013	575
1991	3.228.429.178	550
1992	3.234.660.802	521
1993	2.896.200.547	463
1994	3.214.977.843	522
1995	3.307.096.049	538
1996	2.978.145.173	483
1997	3.115.451.607	509
1998	2.994.374.066	490
1999	3.076.764.148	509
2000	3.333.379.409	587
2001	3.370.123.545	596
2002	3.348.998.638	598
2003	3.449.515.126	620
2004	3.728.689.336	676
2005	3.633.373.102	657
2006	3.629.306.939	656
2007	3.587.166.822	655
2008	3.550.626.796	645

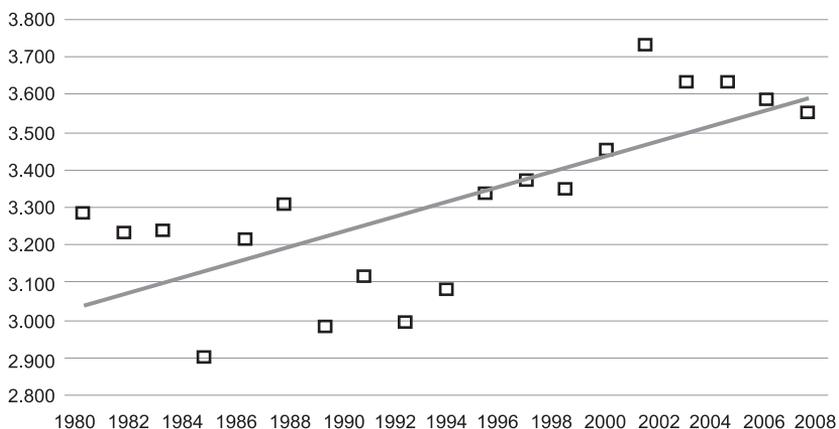
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 70. Evolución del censo en aves de puesta (1990-2008)



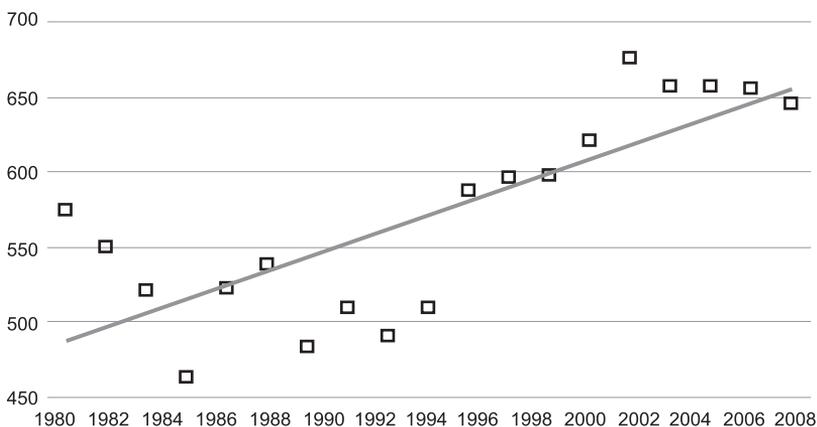
Fuente: Tragsega. Elaboración propia.

Gráfico 71. Evolución del consumo total de agua en aves de puesta (1990-2008). En millones



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 72. Evolución de los kilos de huevo producidos en aves de puesta (1990-2008)



Fuente: Elaboración propia.

El censo de aves de puesta traza una tendencia lineal ascendente, en una proporción de 1990 a 2008 de un 11,58%. En cuanto al consumo de agua, éste tiene una tendencia al aumento en una proporción de un 8,16%. Por lo que se refiere a los millones de kilos de huevos, éstos han ascendido en un 12,19%.

Indicadores de sostenibilidad en aves de puesta

La Tabla 36 muestra los resultados de los indicadores de sostenibilidad referentes a las aves de puesta. Para la obtención de estos valores se han empleado los litros de agua totales consumidos de la Tabla 29 y los kg de huevos de la Tabla 35. Con estos datos se han podido calcular los respectivos indicadores de sostenibilidad referentes al uso de agua.

Tabla 36. Evolución de los indicadores de kg de huevos/L agua y su correspondiente indicador inverso de 1990 a 2008 (1990 = 100)

Año	Litros totales en aves de puesta	Huevos (kg)	L agua/kg huevo (1/G1) 1990=100	kg huevo/L agua (G1) 1990=100
1990	3.282.078.013	574.691.160	100,00	100,00
1991	3.228.429.178	549.901.380	102,80	97,27
1992	3.234.660.802	521.454.552	108,58	92,10
1993	2.896.200.547	462.715.308	109,63	91,21
1994	3.214.977.843	522.049.932	107,88	92,69
1995	3.307.096.049	538.128.120	107,71	92,85
1996	2.978.145.173	483.372.660	107,88	92,69
1997	3.115.451.607	509.437.020	107,18	93,30
1998	2.994.374.066	490.373.100	107,01	93,45
1999	3.076.764.148	508.544.580	105,95	94,38
2000	3.333.379.409	587.167.620	99,47	100,53
2001	3.370.123.545	596.399.400	98,95	101,06
2002	3.348.998.638	597.616.800	98,07	101,96
2003	3.449.515.126	619.608.000	97,55	102,51
2004	3.728.689.336	676.147.800	96,50	103,63
2005	3.633.373.102	657.116.400	96,85	103,25
2006	3.629.306.939	656.107.200	96,85	103,25
2007	3.587.166.822	654.764.400	95,97	104,20
2008	3.550.626.796	644.796.000	96,50	103,63

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de los siguientes dos indicadores de sostenibilidad expresados en:

- 1) **G2:** € producto/L agua
- 2) **1/G2:** L agua /€ producto

Para ello, se han tenido que recoger los siguientes datos:

- **€/docena:** a partir del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA).
- **Docena huevos:** a partir del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA).
- **€ de producto:** obtenidos por el Grupo INPROVO mediante comunicación personal. Aplicación de la ecuación 44.
- **L totales en aves de puesta:** a partir de la Tabla 29.

Con la obtención de estos datos, se han realizado las divisiones pertinentes obteniendo así los resultados que se observan en la Tabla 37.

Tabla 37. Evolución de los euros de producto/L agua y su correspondiente inverso en aves de puesta de 2001 a 2007

Año	€/docena	Docena de huevos	€ producto (en docenas)	L totales en aves de puesta	L agua/€ producto 2001=100	€ producto/L agua 2001=100
2001	0,58	993.999.000	576.519.420	3.370.123.545	100,00	100,00
2002	0,57	996.028.000	567.735.960	3.348.998.638	101,72	99,42
2003	0,71	1.032.680.000	733.202.800	3.449.515.126	81,03	124,56
2004	0,50	1.126.913.000	563.456.500	3.728.689.336	113,79	88,30
2005	0,49	1.095.194.000	536.645.060	3.633.373.102	117,24	86,55
2006	0,58	1.093.512.000	634.236.960	3.629.306.939	98,28	102,34
2007	0,73	1.091.274.000	796.630.020	3.587.166.822	77,59	129,82

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 37, se han recogido datos de 2001 hasta 2007. No se han estimado los años que van de 1990 a 2000, ya que no hay constancia de precios de origen reales de la docena de huevos alrededor de estos años. Así pues, el estudio de los dos indicadores que se muestran en la Tabla 37 se ha realizado a partir del 2001. Los datos del 2008 se encuentran en el *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA) pero de manera provisional y por tanto, tampoco se han tenido en cuenta en este estudio.

En los indicadores con los litros de agua/kg de huevos y kilos de huevos/L de agua, se observa que la evolución de los datos obtenidos en el estudio varía claramente a partir del año 2000. Esto es debido a un cambio de metodología en la obtención de los datos referidos a la producción de huevos y que provienen del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA).

El indicador litros de agua/kg tiene una tendencia general negativa con tasa decreciente. Así pues, este ha disminuido respecto al año base (1990) en una proporción de un 3,50%.

En el indicador L agua/euros en aves de puesta se observa un cambio de tendencia negativa con tasa decreciente a partir del 2004, esto es debido a una fluctuación importante de los precios de origen en la producción de huevos, en un 27,08%.

2.3.1.5. Conclusiones

El consumo de agua directa en porcino intensivo en España ha aumentado con los años, y paralelamente también ha aumentado la producción de los kilos de carne de cerdo. En el último año estudiado (2007-2008), se ha mantenido la tendencia en la producción de carne y consecuentemente el consumo de agua por unidad de producto ha descendido.

En avicultura el consumo de agua directa ha tenido más variaciones entre 1990 y 2008, aunque la tendencia general ha sido un ascenso de los litros de agua consumidos tanto en aves de carne como de puesta. En aves de carne, se observa un mantenimiento del consumo de agua por unidad de producto en el último año correspondiente al 2007-2008. En aves de puesta, en cambio, se observa un descenso progresivo de su consumo a partir del 2006.

Si se observan de manera global los indicadores de sostenibilidad estudiados, en el caso del indicador G1 (kg de producto/L de agua), tanto en porcino como en avicultura, se puede apreciar como desde 1990 al 2008 hay una tendencia al aumento de los kilos de producto en proporción a los litros de agua que se consumen. Así pues, si vemos su indicador inverso ($1/G1$), la tendencia es decreciente en todos los casos.

De la misma manera ocurre con el indicador G2 (€ de producto/L de agua) y su inverso ($1/G2$). Así pues, el precio por animal vivo percibido por los ganaderos en €/kg en el caso del sector porcino y aves de carne y en €/docena en aves de puesta ha ascendido con los años en relación a los litros de agua consumidos.

Extrapolando los datos sobre el consumo de agua (que se han calculado tanto en porcino como en avicultura), y relacionándolos con los recursos hidráulicos naturales anuales de España se deduce que se dispone de unos recursos hídricos renovables de unos 105.000 hm³, para ser

utilizados fundamentalmente en el regadío, el consumo humano y animal, la industria, los servicios públicos, el turismo, los caudales ambientales y la producción de energía eléctrica.

Así pues, el sector porcino, representa en el 2008, un 0,07% de agua consumida directa. Esto pone de manifiesto cómo la principal vía de consumo de agua en la ganadería se realiza a través de los alimentos ingeridos por cada animal. En el caso de las aves de carne y de puesta representan un 0,0072 y 0,0040% respectivamente en el año 2008.

Por otra parte, si se estima el total de agua que queda retenida en el producto (en éste caso, un 70-75 % en la carne de cerdo, pollo y huevos) se obtiene que representa un porcentaje del 4% del agua consumida en carne de cerdo, un 15% en aves de carne y un 14% en el huevo. Hay que tener en cuenta entonces, que queda un porcentaje estimable de agua en el producto final.

2.3.2. Evolución de las emisiones de gases producidas por la actividad ganadera de 1990 a 2008 en España

2.3.2.1. Introducción

El aumento de emisiones ligado a la actividad humana (agricultura, industria, transporte, etc.) ha supuesto un incremento sustancial de las emisiones totales, especialmente en los últimos años, y la consiguiente alarma sobre las consecuencias de un recalentamiento global. Así, la concentración de CH_4 atrapada en los hielos polares permaneció estable hace unos 100 años (≈ 750 ppb), momento en el que empezó a aumentar hasta alcanzar los niveles actuales de 1.800 ppb (Khalil *et al.*, 1993; Johnson y Johnson, 1995).

El poder de captación de la radiación varía de unos gases a otros (Tabla 38), de forma que aunque el CH_4 , N_2O y CFC se encuentran en la atmósfera a concentraciones muy inferiores al CO_2 (200 veces menor en el caso del CH_4), su contribución al efecto invernadero alcanza niveles muy significativos del 18,6 y 14 % respectivamente, frente al 49% del CO_2 (Rhode, 1990).

Tabla 38. Poder de calentamiento global (PRG) de diferentes gases con efecto invernadero en base a equivalentes- CO_2

Gas	PRG
Dióxido de carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	21
Óxido nitroso (N_2O)	310
Clorofluorcarbonados (CFC)	140-11.700

Fuente: Hacala (2006).

Existen diferencias notables entre estos gases en cuanto a su vida media en la atmósfera (Van Soest, 1994; Chatelier y Verité, 2003) que es notablemente más corta para el metano (10–20 años) que para el CO_2 (50-200 años) y el óxido nitroso (100-150 años).

Determinados aprovechamientos agrícolas, como las praderas, permiten secuestrar carbono en la materia orgánica del suelo (del orden de 0,5 Tm de carbono/ha y año; Soussana *et al.*, 2004) reduciendo la presencia de CO_2 en la atmósfera, con la disminución consiguiente del efecto invernadero (De Blas *et al.*, 2008).

Desde el año base de referencia (1990), las emisiones de gases con efecto invernadero han aumentado una media de un 4% anual (De Blas *et al.*, 2008).

El sector agrario en su conjunto supone en España alrededor de un 10% del total, mientras que casi un 80% procede de los procesos de obtención de energía (De Blas *et al.*, 2008). A continuación, se muestra la contribución relativa de las principales fuentes de metano.

Tabla 39. Componentes de las emisiones de metano a la atmósfera (%)

Fermentación entérica	36,2
Vertederos, tratamientos de aguas residuales y otros residuos	31,0
Gestión del estiércol	23,8
Fugas de los combustibles	5,0
Actividades de combustión energética	2,9
Arrozales	0,8

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2007a).

La producción ganadera procedente de especies de rumiantes tiene en España un valor económico superior a los 10.000 millones de euros por año. Dentro de ella destaca por su relevancia la producción de leche y de carne de ganado vacuno que representan 6 millones y 650.000 Tm/año, respectivamente (MAPA, 2007).

2.3.2.2. Objetivos

Se ha realizado un análisis de la evolución de los gases de efecto invernadero en ganadería intensiva para el porcino y la avicultura, referentes a las emisiones de metano (CH_4) procedentes del estiércol y de la fermentación entérica y a las emisiones de óxido nitroso (N_2O) procedentes del establo y el cultivo, de 1990 a 2008, mediante los siguientes indicadores de sostenibilidad y sus inversas:

- **H1** (kg de producto/t de CO_2) que refleja los kilos de producto obtenido por tonelada de CO_2 emitida.
- **H2** (€ de producto/t de CO_2) que refleja los euros que recibe el productor por tonelada de CO_2 emitida.

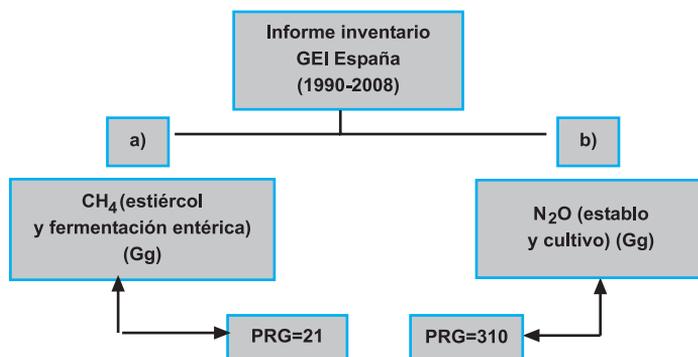
2.3.2.3. Metodología

La metodología empleada para el cálculo de las emisiones de GEI, se ha dividido en dos puntos:

1. Obtención de kg de CO_2

A partir del informe del inventario de las emisiones de gases efecto invernadero en España (1990-2008) proporcionado por el MAGRAMA (2010) y comunicación personal (J. J. Rincón), se han obtenido los siguientes datos que se muestran en la Figura 7.

Figura 7. Explicación esquemática para la obtención de las emisiones de metano y óxido nítrico expresadas en Gg



Fuente: Elaboración propia.

Emisiones de CH₄ procedentes de estiércol y fermentación entérica (expresadas en Gg) en porcino y avicultura

Las emisiones de metano procedentes del estiércol y las procedentes de la fermentación entérica se han calculado por separado mediante la ecuación que aparece a continuación. A continuación ambas se han sumado, expresándose en Gg. Una vez calculado el metano total emitido, mediante la ecuación 45 se ha obtenido el CH₄ total.

Cálculo para la obtención de CO₂- eq de CH₄

$$\begin{aligned} \text{Valor CH}_4 \text{ (estiércol, fermentación entérica o total) en Gg} \times 21 \text{ (PRG)} &= \\ = \text{CO}_2 \text{ - eq de CH}_4 \text{ en Gg (estiércol o fermentación entérica)} & \quad [45] \end{aligned}$$

El valor de metano obtenido a partir del informe de GEI y de los datos proporcionados por el MAGRAMA (2010), se ha multiplicado por el poder de calentamiento global, que en este caso es 21, ya que cada molécula de CH₄ tiene un valor PRG 21 veces superior al CO₂, obteniendo así el resultado de la ecuación 45.

En el caso de la avicultura, sólo se ha realizado el cálculo de las emisiones de metano procedentes de estiércol, siendo nulas las emisiones procedentes de la fermentación entérica.

Emisiones de N₂O procedentes del establo y del cultivo (expresadas en Gg) en porcino y avicultura

Las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo y las del cultivo se han calculado por separado mediante la siguiente ecuación:

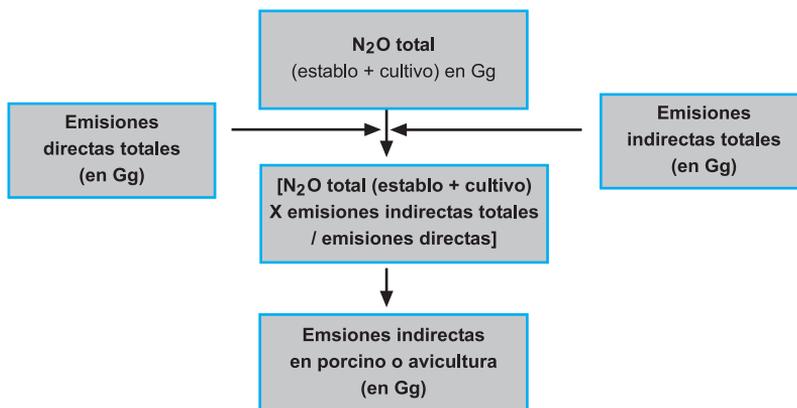
Cálculo para la obtención de CO₂ – eq de N₂O (establo o cultivo)

$$\text{Valor N}_2\text{O (establo/cultivo) (Gg)} \times 310 = \text{CO}_2\text{-eq de N}_2\text{O en Gg (establo/cultivo)} \quad [46]$$

El valor de las emisiones de óxido nitroso que se ha obtenido por comunicación personal (J. J. Rincón), se ha multiplicado por un valor PRG de 310 veces superior al CO₂ obteniendo así el resultado de la ecuación 46.

A partir de aquí, se han sumado ambas emisiones expresadas en Gg junto con las emisiones indirectas correspondientes para cada especie y que se han obtenido a partir de las emisiones directas e indirectas totales del sector agrario extraídas del informe del inventario de GEI en España (1990-2008) y de los datos proporcionados por el MAGRAMA (2010). Así pues, para entender mejor el proceso que se ha llevado a cabo para obtener el N₂O procedente de las emisiones indirectas en porcino y en aves de carne y puesta, se ha realizado un esquema para una mejor interpretación de los pasos:

Figura 8. Explicación esquemática para la obtención de N₂O total en porcino y avicultura



Fuente: Elaboración propia.

Así pues, con la obtención del valor de las emisiones indirectas, se ha realizado el siguiente cálculo para obtener finalmente el N₂O total (establo + cultivo + emisiones indirectas):

Cálculo para la obtención de CO₂ – eq de N₂O Total (establo, cultivo y emisiones indirectas)

$$\begin{aligned} \text{Valor N}_2\text{O (emisiones directas + emisiones indirectas) en Gg x 310} &= \\ &= \text{CO}_2 - \text{eq de N}_2\text{O en Gg (total)} \end{aligned} \quad [47]$$

En avicultura, tanto el cálculo de las emisiones de óxido nitroso como de metano, se han realizado diferenciando por una parte las procedentes de aves de carne y por otra las de aves de puesta.

2. Obtención de kg de producto (carne de cerdo, pollo y huevos) y euros de producto

De los *Anuarios de Estadística Agraria* publicados por el MAGRAMA se han recogido el número de cabezas sacrificadas en porcino y avicultura así como el peso medio de la canal (kg), la producción de huevos (kg de huevos), y los precios percibidos por los ganaderos en porcino (€/kg PV) y en avicultura por las aves de puesta (€/Docena) y las de carne (€/kg PV).

Con estos datos, se han realizado los siguientes cálculos para cada uno de los años de 1990 a 2008, para obtener finalmente los kg de carne y huevos así como los € de producto según cada caso:

Cálculo para la obtención de los kg de carne de cerdo

$$\text{Nº cabezas sacrificadas (porcino) x Peso medio canal (kg) = kg carne de cerdo} \quad [48]$$

Cálculo para la obtención de los kg de carne de pollo

$$\text{Animales sacrificados (avicultura) x Peso medio canal (kg) = kg carne de pollo} \quad [49]$$

Cálculo para la obtención de los kg de huevos

$$\begin{aligned} & \text{Producción huevos (miles de docenas)} \times 12.000 \times 0,050 \text{ kg (huevo)} = \text{[50]} \\ & = \text{kg huevos} \end{aligned}$$

Cálculo para la obtención de € de producto (carne de cerdo)

$$\text{€/kg PV} \times \text{kg carne de cerdo} = \text{€ producto (carne de cerdo)} \quad \text{[51]}$$

Cálculo para la obtención de € de producto (carne de pollo)

$$\text{€/kg PV} \times \text{kg carne de pollo} = \text{€ producto (carne de pollo)} \quad \text{[52]}$$

Cálculo para la obtención de € de producto (docena de huevos)

$$\text{€/docena} \times \text{docena de huevos} = \text{€ producto (docena de huevos)} \quad \text{[53]}$$

2.3.2.4. Resultados

Indicadores de sostenibilidad en porcino (estimación de las emisiones de gases efecto invernadero en porcino de 1990 a 2008)

En la Tabla 40 se muestran los resultados de los indicadores de sostenibilidad referentes a las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica. Para su cálculo se han tenido en cuenta los siguientes datos:

- **CH₄ fermentación entérica (en Gg):** A partir del informe del inventario GEI en España de 1990 a 2008 y de los datos proporcionados por el MAGRAMA (2010).
- **CO₂eq de CH₄:** A partir de la ecuación 45.
- **kg carne de cerdo:** A partir de la ecuación 48 y del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.

En la Tabla 41, se muestran las emisiones de metano procedentes de estiércol. Para la obtención de los valores que se encuentran en esta tabla, se ha procedido de la misma manera que en la Tabla 40, pero en este caso, se han recogido los datos de las emisiones de metano procedentes de estiércol.

En la Tabla 42, se muestra el cálculo de las emisiones de metano procedentes de estiércol y fermentación entérica, obteniendo así, un nuevo indicador de sostenibilidad global de ambas emisiones. Para su obtención, se han necesitado:

- **CH₄ Total (en Gg):** valor CH₄ (fermentación entérica) + CH₄ (estiércol) expresado en Gg. Estos valores se han extraído de la Tabla 40 y de la Tabla 41 respectivamente.
- **CO₂eq de CH₄:** a partir de la ecuación 45.
- **kg carne de cerdo:** a partir de la ecuación 48 y del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.

En la Tabla 43, se pueden observar los resultados de los indicadores de sostenibilidad que se refieren a las emisiones de óxido nitroso procedente del establo. Para la obtención de estos resultados, se han necesitado los siguientes datos:

- **Establo (en Gg):** obtenidos a partir de datos de comunicación personal (J. J. Rincón) referentes a emisiones en el establo.
- **CO₂eq de N₂O:** a partir de la ecuación 46.
- **kg carne de cerdo:** a partir de la ecuación 48 y del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.

Tabla 40. Evolución de las cantidades de metano expresadas en Gg procedentes de la fermentación entérica y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CH ₄ (fermentación entérica) en Gg	CO ₂ eq de CH ₄ en Gg	kg carne cerdo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	15,11	317	1.786.908.710	0,00017	5.633
1991	15,36	323	1.885.898.894	0,00017	5.847
1992	16,72	351	1.915.259.992	0,00018	5.455
1993	17,38	365	2.069.890.305	0,00018	5.670
1994	17,47	367	2.193.527.719	0,00017	5.980
1995	17,56	369	2.259.102.209	0,00016	6.128
1996	17,10	359	2.355.966.729	0,00015	6.561
1997	17,83	374	2.400.718.418	0,00016	6.411
1998	19,57	411	2.745.616.702	0,00015	6.680
1999	20,06	421	2.891.228.149	0,00014	6.862
2000	21,30	447	2.912.544.698	0,00015	6.510
2001	21,95	461	2.988.429.576	0,00015	6.484
2002	21,95	461	3.070.988.094	0,00015	6.661
2003	22,31	469	3.189.214.763	0,00015	6.806
2004	22,98	483	3.077.483.837	0,00016	6.376
2005	23,10	485	3.166.462.058	0,00015	6.526
2006	24,15	507	3.236.839.659	0,00016	6.382
2007	24,87	522	3.438.620.468	0,00015	6.584
2008	23,78	499	3.452.115.434	0,00014	6.912

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

Tabla 41. Evolución de las cantidades de metano expresadas en Gg procedentes de estiércol y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CH ₄ (estiércol) en Gg	CO ₂ eq de CH ₄ en Gg	kg carne cerdo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	162,18	3.406	1.786.908.710	0,0019	525
1991	161,60	3.394	1.885.898.894	0,0018	556
1992	174,86	3.672	1.915.259.992	0,0019	522
1993	180,75	3.796	2.069.890.305	0,0018	545
1994	183,06	3.844	2.193.527.719	0,0018	571
1995	183,87	3.861	2.259.102.209	0,0017	585
1996	180,02	3.781	2.355.966.729	0,0016	623
1997	188,04	3.949	2.400.718.418	0,0016	608
1998	201,83	4.238	2.745.616.702	0,0015	648
1999	206,62	4.339	2.891.228.149	0,0015	666
2000	220,14	4.623	2.912.544.698	0,0016	630
2001	222,51	4.673	2.988.429.576	0,0016	640
2002	221,48	4.651	3.070.988.094	0,0015	660
2003	226,66	4.760	3.189.214.763	0,0015	670
2004	231,64	4.864	3.077.483.837	0,0016	633
2005	229,23	4.814	3.166.462.058	0,0015	658
2006	243,59	5.115	3.236.839.659	0,0016	633
2007	248,73	5.223	3.438.620.468	0,0015	658
2008	236,21	4.960	3.452.115.434	0,0014	696

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

En las emisiones de metano procedentes de estiércol y fermentación entérica en porcino, se observa una tendencia general descendente hasta 2001. A partir de este año, la tendencia del indicador es a mantenerse. De 1990 a 2008 se han reducido las emisiones de metano en un 24,09%.

En la Tabla 44, se pueden observar las emisiones de óxido nítrico procedentes del cultivo. Para obtener los datos que se encuentran en esta tabla, se ha procedido de la misma manera que la Tabla 43, pero en este caso recogiendo los datos de emisiones de N₂O procedentes del cultivo en ganado porcino.

Tabla 42. Evolución de las cantidades de metano expresadas en Gg procedentes de estiércol y fermentación entérica y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CH ₄ Total en Gg	CO ₂ eq de CH ₄ en Gg	kg carne cerdo	10 ³ kg carne/kg CO ₂	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	177,29	3.723	1.786.908.710	0,00208	480
1991	176,96	3.716	1.885.898.894	0,00197	507
1992	191,58	4.023	1.915.259.992	0,00210	476
1993	198,13	4.161	2.069.890.305	0,00201	497
1994	200,53	4.211	2.193.527.719	0,00192	521
1995	201,42	4.230	2.259.102.209	0,00187	534
1996	197,12	4.140	2.355.966.729	0,00176	569
1997	205,88	4.323	2.400.718.418	0,00180	555
1998	221,40	4.649	2.745.616.702	0,00169	591
1999	226,68	4.760	2.891.228.149	0,00165	607
2000	241,45	5.070	2.912.544.698	0,00174	574
2001	244,46	5.134	2.988.429.576	0,00172	582
2002	243,45	5.112	3.070.988.094	0,00166	601
2003	248,97	5.228	3.189.214.763	0,00164	610
2004	254,62	5.347	3.077.483.837	0,00174	576
2005	252,34	5.299	3.166.462.058	0,00167	598
2006	267,74	5.622	3.236.839.659	0,00174	576
2007	273,61	5.746	3.438.620.468	0,00167	598
2008	259,99	5.460	3.452.115.434	0,00158	632

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45, se observan las emisiones de óxido nítrico directas en ganado porcino (establo + cultivo) así como las emisiones directas e indirectas totales del sector agrario extraídas a partir del informe del inventario de GEI en España desde 1990 al 2008 y de los datos proporcionados por el MAGRAMA (2010). Las emisiones indirectas para el ganado porcino se han estimado proporcionalmente a partir de la ecuación 54:

Cálculo para la obtención de las emisiones indirectas en porcino y avicultura (en Gg)

$$[E_{\text{directas}} (\text{Porcino/Avicultura}) \times E_{\text{Indirectas Totales}} / E_{\text{Directas}}] = E_{\text{Indirecta}} (\text{Porcino/Avicultura}) \text{ (en Gg)} \quad [54]$$

Partiendo de la Tabla 45, se ha elaborado la Tabla 46, en la cual se pueden observar los resultados de los indicadores de sostenibilidad que se refieren al óxido nitroso total y que incluyen las emisiones del establo, de cultivo y las emisiones indirectas que también proceden del óxido nitroso y que se han calculado anteriormente en la Tabla 45 mediante la ecuación 54. Para obtener los resultados de la Tabla 46, se han necesitado los siguientes datos:

- **CO₂eq indirecto:** a partir del valor de las emisiones indirectas en porcino (en Gg) de la Tabla 45 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq directo (establo + cultivo):** a partir de las emisiones directas en porcino que se encuentran en la Tabla 45 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq Total (directo + indirecto):** suma de los dos valores anteriores (Ver Tabla 46). También se puede hacer el mismo cálculo mediante el uso de la ecuación 47 y los valores de la Tabla 45.
- **kg carne de cerdo:** a partir de la ecuación 48 y del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.

Tabla 43. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del establo y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	Establo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg carne cerdo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne /10 ³ kg CO ₂
1990	0,55	172	1.786.908.710	0,000096	10.400
1991	0,58	181	1.885.898.894	0,000096	10.432
1992	0,62	192	1.915.259.992	0,000100	9.968
1993	0,65	202	2.069.890.305	0,000098	10.233
1994	0,68	211	2.193.527.719	0,000096	10.383
1995	0,65	201	2.259.102.209	0,000089	11.225
1996	0,60	186	2.355.966.729	0,000079	12.668
1997	0,60	187	2.400.718.418	0,000078	12.845
1998	0,72	222	2.745.616.702	0,000081	12.381
1999	0,76	236	2.891.228.149	0,000082	12.233
2000	0,81	252	2.912.544.698	0,000086	11.570
2001	0,87	269	2.988.429.576	0,000090	11.099
2002	0,87	269	3.070.988.094	0,000088	11.400
2003	0,89	276	3.189.214.763	0,000087	11.531
2004	0,91	282	3.077.483.837	0,000092	10.900
2005	0,91	281	3.166.462.058	0,000089	11.251
2006	0,90	280	3.236.839.659	0,000086	11.571
2007	0,98	305	3.438.620.468	0,000089	11.270
2008	0,98	303	3.452.115.434	0,000088	11.403

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 44. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del cultivo y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	Cultivo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg carne cerdo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne /10 ³ kg CO ₂
1990	1,94	602	1.786.908.710	0,000337	2.966
1991	1,97	609	1.885.898.894	0,000323	3.095
1992	2,11	656	1.915.259.992	0,000342	2.921
1993	2,21	684	2.069.890.305	0,000331	3.025
1994	2,22	688	2.193.527.719	0,000314	3.186
1995	2,20	681	2.259.102.209	0,000301	3.318
1996	2,15	666	2.355.966.729	0,000283	3.537
1997	2,21	687	2.400.718.418	0,000286	3.496
1998	2,43	754	2.745.616.702	0,000274	3.644
1999	2,50	775	2.891.228.149	0,000268	3.731
2000	2,65	822	2.912.544.698	0,000282	3.545
2001	2,70	836	2.988.429.576	0,000280	3.576
2002	2,69	835	3.070.988.094	0,000272	3.677
2003	2,74	849	3.189.214.763	0,000266	3.756
2004	2,82	874	3.077.483.837	0,000284	3.520
2005	2,83	878	3.166.462.058	0,000277	3.607
2006	2,95	914	3.236.839.659	0,000282	3.543
2007	3,03	940	3.438.620.468	0,000273	3.657
2008	2,91	901	3.452.115.434	0,000261	3.832

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 45. Evolución de las cantidades de óxido nitroso procedente del establo y cultivo, emisiones directas e indirectas totales y resultado de las emisiones indirectas en porcino

Año	Emisiones directas porcino (establo y cultivo) en Gg	Emisiones directas totales (Gg)	Emisiones indirectas totales (Gg)	Emisiones indirectas porcino (Gg)
1990	2,50	31,38	22,76	1,81
1991	2,55	31,02	22,39	1,84
1992	2,73	29,09	21,43	2,01
1993	2,86	26,23	19,29	2,10
1994	2,90	29,45	21,75	2,14
1995	2,85	27,48	20,68	2,14
1996	2,75	32,92	24,28	2,03
1997	2,82	30,83	22,92	2,09
1998	3,15	33,48	24,37	2,29
1999	3,26	34,53	25,56	2,41
2000	3,46	36,79	26,68	2,51
2001	3,56	33,85	25,16	2,65
2002	3,56	31,90	23,78	2,66
2003	3,63	35,08	26,06	2,70
2004	3,73	32,98	24,35	2,76
2005	3,74	29,19	22,27	2,85
2006	3,85	30,43	22,95	2,90
2007	4,02	31,70	23,42	2,97
2008	3,88	27,39	20,26	2,87

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

Tabla 46. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg de CO₂ equivalentes procedentes del establo, cultivo, las emisiones indirectas y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CO ₂ eq (indirecto) (Gg)	CO ₂ eq (directo) (Gg)	CO ₂ eq Total (directo e indirecto)(Gg)	kg carne cerdo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	561,72	774,30	1.336	1.786.908.710	0,000748	1.337
1991	570,43	790,15	1.361	1.885.898.894	0,000721	1.386
1992	624,49	847,74	1.472	1.915.259.992	0,000769	1.301
1993	652,03	886,43	1.538	2.069.890.305	0,000743	1.345
1994	664,41	899,66	1.564	2.193.527.719	0,000713	1.402
1995	663,92	882,20	1.546	2.259.102.209	0,000684	1.461
1996	628,43	852,09	1.481	2.355.966.729	0,000628	1.591
1997	649,44	873,51	1.523	2.400.718.418	0,000634	1.576
1998	710,02	975,30	1.685	2.745.616.702	0,000614	1.629
1999	748,58	1011,26	1.760	2.891.228.149	0,000609	1.643
2000	778,32	1073,38	1.852	2.912.544.698	0,000636	1.573
2001	821,20	1104,94	1.926	2.988.429.576	0,000645	1.552
2002	823,50	1104,65	1.928	3.070.988.094	0,000628	1.593
2003	836,28	1125,60	1.962	3.189.214.763	0,000615	1.626
2004	854,07	1156,60	2.011	3.077.483.837	0,000653	1.531
2005	884,42	1159,22	2.044	3.166.462.058	0,000645	1.549
2006	899,66	1193,27	2.093	3.236.839.659	0,000647	1.547
2007	919,96	1245,37	2.165	3.438.620.468	0,000630	1.588
2008	890,05	1203,58	2.094	3.452.115.434	0,000606	1.649

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Evolución de los indicadores de sostenibilidad

Año	€/kg PV	kg carne cerdo	€ producto	10 ³ kg CO ₂ (CH ₄ + N ₂ O)	10 ³ kg CO ₂ /€ producto	€ producto/10 ³ kg CO ₂
1990	0,96	1.786.908.710	1.715.426.348	5.059.052	0,0029	339,08
1991	0,99	1.885.898.894	1.862.141.823	5.076.710	0,0027	366,80
1992	1,03	1.915.259.992	1.969.062.146	5.495.483	0,0028	358,31
1993	0,89	2.069.890.305	1.846.388.032	5.699.199	0,0031	323,97
1994	0,95	2.193.527.719	2.090.750.189	5.775.240	0,0028	362,02
1995	1,08	2.259.102.209	2.451.142.054	5.776.007	0,0024	424,37
1996	1,18	2.355.966.729	2.786.051.792	5.620.147	0,0020	495,73
1997	1,25	2.400.718.418	2.992.204.785	5.846.394	0,0020	511,80
1998	0,89	2.745.616.702	2.438.755.018	6.334.749	0,0026	384,98
1999	0,82	2.891.228.149	2.361.831.705	6.520.192	0,0028	362,23
2000	1,05	2.912.544.698	3.070.113.366	6.922.051	0,0023	443,53
2001	1,30	2.988.429.576	3.892.728.366	7.059.726	0,0018	551,40
2002	1,04	3.070.988.094	3.185.843.048	7.040.599	0,0022	452,50
2003	0,97	3.189.214.763	3.087.159.890	7.190.234	0,0023	429,35
2004	1,05	3.077.483.837	3.227.049.551	7.357.773	0,0023	438,59
2005	1,08	3.166.462.058	3.419.145.731	7.342.705	0,0021	465,65
2006	1,16	3.236.839.659	3.760.884.000	7.715.466	0,0021	487,45
2007	1,06	3.438.620.468	3.632.902.525	7.911.042	0,0022	459,22

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 47, se muestran los indicadores de sostenibilidad referentes a:

- 1) **H2:** € producto/ 10^3 kg CO₂
- 2) **1/H2:** 10^3 kg CO₂/€ producto

En su obtención, se han empleado el precio en euros por kilo de peso vivo obtenido de los *Anuarios de Estadística Agraria*, los kilos de carne de cerdo calculados con la ecuación 48 y a partir del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva desde 1990 al 2008, los € de producto obtenidos en la ecuación 51 y finalmente las toneladas de CO₂ como suma del valor del CO₂eq de CH₄ Total obtenido en la Tabla 42 más el valor del CO₂eq de N₂O Total de la Tabla 46.

La tendencia general de la evolución del indicador de sostenibilidad correspondiente a las emisiones de óxido nitroso procedentes de establo, cultivo y emisiones indirectas, es decreciente, pero con un ligero cambio a partir de 2001 cuando el indicador empieza a mostrar una tendencia general creciente. De 1990 a 2008 éste se ha reducido en un 20%. El indicador de sostenibilidad referido a las emisiones de metano (estiércol y fermentación entérica) y óxido nitroso (establo, cultivo y emisiones indirectas) en relación a los € producto muestra una tendencia general descendente con una reducción de éste de un 24,13% entre 1990 y 2008.

Indicadores de sostenibilidad en aves de carne (estimación de gases efecto invernadero en aves de carne entre 1990 y 2008)

Para el cálculo de las emisiones de metano procedentes de estiércol se han necesitado los siguientes datos:

CH₄ Total (en Gg): obtenido a partir de los datos de CH₄ Total expresado en Gg para aves procedentes del informe del inventario de GEI en España entre 1990 y 2008 y proporcionados por el MAGRAMA (2010) (ver la Tabla 48). En el informe, aparecen las emisiones totales del sector avícola y que provienen tanto de las aves de carne como de puesta. Así pues, para repartir las emisiones en las dos categorías de aves, se ha recogido el censo total de aves y el censo de aves de carne (extraídos del informe sobre el consumo de agua en ganadería extensiva) (ver Tabla 28) y se ha realizado el siguiente cálculo:

Cálculo para la obtención de las emisiones de metano procedentes de aves de carne

$$\begin{aligned} & [\text{Censo Aves de Carne} \times \text{Valor CH}_4 \text{ Total (Gg)} / \text{Censo Total en Aves}] = \\ & = \text{CH}_4 \text{ Total en Gg (Aves de Carne)} \end{aligned} \quad [51]$$

Al CH₄ total obtenido en aves de carne, se le ha sumado el valor que corresponde al 5% de las emisiones de metano que proceden de las aves de puesta, ya que éstas últimas incluyen las reproductoras pesadas y por este motivo hay que sumarlas dentro la categoría aves de carne.

En la Tabla 49, se muestran las cantidades de metano expresadas en Gg procedentes de estiércol y los resultados de los indicadores de sostenibilidad. Para su cálculo se ha empleado el CO₂eq de CH₄, obtenido a partir de la ecuación 45 y los kg de carne de pollo, calculados a partir de la ecuación 49 y de la Tabla 30 del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva entre 1990 y 2008.

Tabla 48. Evolución y resultados de los valores referentes a las emisiones de metano procedentes de estiércol en aves de carne

Año	Censo aves de carne	CH ₄ total en Gg Aves	CH ₄ total en Gg Aves de carne	CH ₄ total en Gg incluyendo reprod. pesadas
1990	80.487.985	1,17	0,75	0,77
1991	81.175.795	1,17	0,76	0,78
1992	78.807.338	1,17	0,75	0,77
1993	78.570.722	1,12	0,74	0,76
1994	97.751.568	1,35	0,93	0,95
1995	99.138.801	1,39	0,95	0,97
1996	101.393.129	1,35	0,96	0,98
1997	102.142.599	1,39	0,98	1,00
1998	102.612.381	1,38	0,98	1,00
1999	102.285.221	1,39	0,98	1,00
2000	102.729.535	1,45	1,00	1,02
2001	114.501.403	1,57	1,11	1,13
2002	108.676.174	1,52	1,06	1,08
2003	109.013.214	1,55	1,07	1,10
2004	105.282.827	1,57	1,05	1,07
2005	104.666.123	1,55	1,04	1,07
2006	101.780.288	1,53	1,02	1,04
2007	108.092.424	1,58	1,07	1,10
2008	108.092.424	1,57	1,07	1,10

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

Tabla 49. Evolución de las cantidades de metano expresadas en Gg procedentes de estiércol y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CH ₄ Total en Gg	CO ₂ eq de CH ₄ en Gg	kg carne pollo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	0,77	16,21	859.384.000	0,0000189	53.018
1991	0,78	16,41	905.553.600	0,0000181	55.190
1992	0,77	16,10	889.732.800	0,0000181	55.249
1993	0,76	16,04	835.244.280	0,0000192	52.079
1994	0,95	19,88	978.321.110	0,0000203	49.199
1995	0,97	20,38	1.015.471.080	0,0000201	49.828
1996	0,98	20,63	958.783.960	0,0000215	46.474
1997	1,00	20,95	997.786.695	0,0000210	47.621
1998	1,00	21,02	1.059.918.288	0,0000198	50.413
1999	1,00	21,08	1.198.616.034	0,0000176	56.848
2000	1,02	21,40	1.123.322.592	0,0000190	52.495
2001	1,13	23,79	1.309.662.062	0,0000182	55.047
2002	1,08	22,78	1.330.041.040	0,0000171	58.397
2003	1,10	23,03	1.333.336.800	0,0000173	57.906
2004	1,07	22,52	1.385.712.300	0,0000163	61.533
2005	1,07	22,43	1.287.422.300	0,0000174	57.391
2006	1,04	21,87	1.271.119.760	0,0000172	58.108
2007	1,10	23,08	1.353.382.730	0,0000171	58.627
2008	1,10	23,05	1.378.965.200	0,0000167	59.838

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 50, se observan los indicadores de sostenibilidad referentes a las emisiones de óxido nítrico procedentes del establo. Para la obtención de estos resultados, se han necesitado los siguientes datos:

- **Establo (en Gg):** Obtenidos a partir de datos de comunicación personal (J. J. Rincón) referentes a emisiones en el establo en aves de carne.

Con el dato de las emisiones de óxido nítrico procedentes del establo expresadas en Gg y obtenidos mediante comunicación personal, se le ha sumado el valor que corresponde al 5% de las emisiones de óxido nítrico (establo) que proceden de las aves de puesta, ya que estas incluyen las de las reproductoras pesadas.

- **CO₂eq en Gg:** a partir de la ecuación 46.
- **kg carne de pollo:** a partir de la ecuación 49 y de la Tabla 30 referente al consumo de agua en ganadería intensiva entre 1990 y 2008.

Para la obtención de los datos que se muestran en la Tabla 51, se ha procedido de la misma manera que en la Tabla 50, pero en este caso se ha partido del valor de las emisiones de N₂O procedente del cultivo expresado en Gg en aves de carne.

La Tabla 52, se ha calculado de la misma manera que la Tabla 45. La única diferencia radica en la recogida de los datos ya que en este caso son los de las emisiones directas (establo + cultivo) en aves de carne.

En la Tabla 53, se observan los resultados de los indicadores de sostenibilidad que se refieren al óxido nitroso total y que incluyen las emisiones directas y las indirectas, que se han obtenido de la Tabla 52, mediante la ecuación 54.

Para la obtención de los datos de la Tabla 53, se han necesitado los siguientes datos:

- **CO₂eq indirecto:** a partir del valor de las emisiones indirectas en aves de carne (en Gg) de la Tabla 52 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq directo (establo + cultivo):** a partir de las emisiones directas en aves de carne que se encuentran en la Tabla 52 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq Total (directo + indirecto):** suma de los dos valores anteriores (Ver Tabla 52). (También se pueden obtener de la ecuación 47 y los valores de la Tabla 52).
- **kg carne de pollo:** a partir de la ecuación 49 y de la Tabla 30 del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva entre 1990 y 2008.

Tabla 50. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del establo y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	Establo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg carne pollo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	1,098	340	859.384.000	0,000396	2.525
1991	1,111	344	905.553.600	0,000380	2.630
1992	1,083	336	889.732.800	0,000377	2.649
1993	1,081	335	835.244.280	0,000401	2.493
1994	1,345	417	978.321.110	0,000426	2.346
1995	1,370	425	1.015.471.080	0,000418	2.392
1996	1,397	433	958.783.960	0,000452	2.214
1997	1,408	437	997.786.695	0,000438	2.285
1998	1,414	438	1.059.918.288	0,000413	2.419
1999	1,410	437	1.198.616.034	0,000365	2.742
2000	1,419	440	1.123.322.592	0,000391	2.554
2001	1,580	490	1.309.662.062	0,000374	2.673
2002	1,504	466	1.330.041.040	0,000351	2.852
2003	1,512	469	1.333.336.800	0,000352	2.844
2004	1,467	455	1.385.712.300	0,000328	3.047
2005	1,460	453	1.287.422.300	0,000352	2.844
2006	1,421	440	1.271.119.760	0,000347	2.886
2007	1,506	467	1.353.382.730	0,000345	2.899
2008	1,506	467	1.378.965.200	0,000338	2.954

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 51. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del cultivo y resultados de los respectivos indicadores de sostenibilidad

Año	Cultivo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg carne pollo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	0,415	129	859.384.000	0,000150	6.680
1991	0,420	130	905.553.600	0,000144	6.958
1992	0,410	127	889.732.800	0,000143	7.007
1993	0,408	127	835.244.280	0,000152	6.598
1994	0,508	157	978.321.110	0,000161	6.210
1995	0,517	160	1.015.471.080	0,000158	6.330
1996	0,527	163	958.783.960	0,000171	5.863
1997	0,532	165	997.786.695	0,000165	6.050
1998	0,534	165	1.059.918.288	0,000156	6.405
1999	0,533	165	1.198.616.034	0,000138	7.260
2000	0,536	166	1.123.322.592	0,000148	6.762
2001	0,597	185	1.309.662.062	0,000141	7.079
2002	0,568	176	1.330.041.040	0,000132	7.552
2003	0,571	177	1.333.336.800	0,000133	7.529
2004	0,554	172	1.385.712.300	0,000124	8.063
2005	0,552	171	1.287.422.300	0,000133	7.528
2006	0,537	166	1.271.119.760	0,000131	7.638
2007	0,569	176	1.353.382.730	0,000130	7.673
2008	0,569	176	1.378.965.200	0,000128	7.820

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 52. Evolución de las cantidades de óxido nitroso procedentes del establo y cultivo, emisiones directas e indirectas totales y resultado de las emisiones indirectas en avicultura

Año	Emisiones directas aves de carne (establo y cultivo) (Gg)	Emisiones Directas Totales (Gg)	Emisiones Indirectas Totales (Gg)	Emisiones Indirectas aves de carne(Gg)
1990	1,51	31,38	22,76	1,097
1991	1,53	31,02	22,39	1,105
1992	1,49	29,09	21,43	1,100
1993	1,49	26,23	19,29	1,095
1994	1,85	29,45	21,75	1,369
1995	1,89	27,48	20,68	1,420
1996	1,92	32,92	24,28	1,419
1997	1,94	30,83	22,92	1,443
1998	1,95	33,48	24,37	1,418
1999	1,94	34,53	25,56	1,438
2000	1,95	36,79	26,68	1,417
2001	2,18	33,85	25,16	1,618
2002	2,07	31,90	23,78	1,545
2003	2,08	35,08	26,06	1,548
2004	2,02	32,98	24,35	1,493
2005	2,01	29,19	22,27	1,535
2006	1,96	30,43	22,95	1,476
2007	2,08	31,70	23,42	1,533
2008	2,07	27,39	20,26	1,534

Fuente: MAGRAMA (2010) y elaboración propia.

A continuación, se van a mostrar los siguientes indicadores de sostenibilidad expresados en:

- 1) **H2**: € producto/10³ kg CO₂
- 2) **1/H2**: 10³ kg CO₂/€ producto

Para su obtención, se han necesitado los precios en (€/kg PV), recogidos del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA) (vv.aa), los kilos de carne de pollo a calculados, euros de producto total calculados en la ecuación 52 y finalmente las toneladas de CO₂ que son el resultado de la suma del valor del CO₂eq de CH₄ Total (en Gg) más el valor del CO₂eq de N₂O Total (en Gg) extraídos de la Tabla 49 y de la Tabla 53, respectivamente.

Tabla 53. Evolución de las cantidades de óxido nítrico expresadas en Gg de CO₂ equivalentes procedentes del establo, cultivo, emisiones indirectas y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CO ₂ eq (indirecto) en Gg	CO ₂ eq (directo) en Gg	CO ₂ eq Total (directo e indirecto) en Gg	kg carne pollo	10 ³ kg CO ₂ /kg carne	kg carne/10 ³ kg CO ₂
1990	340,20	468,95	809	859.384.000	0,000942	1.062
1991	342,49	474,42	817	905.553.600	0,000902	1.109
1992	340,95	462,84	804	889.732.800	0,000903	1.107
1993	339,52	461,57	801	835.244.280	0,000959	1.043
1994	424,28	574,51	999	978.321.110	0,001021	980
1995	440,25	585,00	1.025	1.015.471.080	0,001010	990
1996	439,92	596,48	1.036	958.783.960	0,001081	925
1997	447,24	601,54	1.049	997.786.695	0,001051	951
1998	439,48	603,68	1.043	1.059.918.288	0,000984	1.016
1999	445,76	602,18	1.048	1.198.616.034	0,000874	1.144
2000	439,34	605,89	1.045	1.123.322.592	0,000930	1.075
2001	501,58	674,89	1.176	1.309.662.062	0,000898	1.113
2002	478,90	642,40	1.121	1.330.041.040	0,000843	1.186
2003	479,88	645,90	1.126	1.333.336.800	0,000844	1.184
2004	462,77	626,70	1.089	1.385.712.300	0,000786	1.272
2005	475,78	623,62	1.099	1.287.422.300	0,000854	1.171
2006	457,56	606,89	1.064	1.271.119.760	0,000837	1.194
2007	475,18	643,25	1.118	1.353.382.730	0,000826	1.210
2008	475,57	643,09	1.119	1.378.965.200	0,000811	1.233

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Evolución de los indicadores de sostenibilidad

Año	€/kg PV	kg carne	€ producto	10 ³ kg CO ₂	10 ³ kg CO ₂ /€ producto	€ producto/10 ³ kg CO ₂
1990	0,76	859.384.000	653.321.086	825.355	0,0013	792
1991	0,74	905.553.600	666.867.901	833.320	0,0012	800
1992	0,75	889.732.800	669.601.656	819.891	0,0012	817
1993	0,81	835.244.280	674.275.550	817.128	0,0012	825
1994	0,82	978.321.110	803.713.729	1.018.678	0,0013	789
1995	0,73	1.015.471.080	744.700.763	1.045.633	0,0014	712
1996	0,88	958.783.960	840.274.284	1.057.028	0,0013	795
1997	0,83	997.786.695	827.065.391	1.069.734	0,0013	773
1998	0,80	1.059.918.288	845.496.818	1.064.193	0,0013	794
1999	0,67	1.198.616.034	803.911.774	1.069.027	0,0013	752
2000	0,87	1.123.322.592	973.920.687	1.066.628	0,0011	913
2001	0,95	1.309.662.062	1.245.095.722	1.200.260	0,0010	1.037
2002	0,74	1.330.041.040	986.225.431	1.144.067	0,0012	862
2003	0,84	1.333.336.800	1.114.536.231	1.148.810	0,0010	970
2004	0,86	1.385.712.300	1.187.694.012	1.111.992	0,0009	1.068
2005	0,89	1.287.422.300	1.145.290.878	1.121.838	0,0010	1.021
2006	0,97	1.271.119.760	1.234.765.735	1.086.326	0,0009	1.137
2007	1,09	1.353.382.730	1.472.345.072	1.141.514	0,0008	1.290

Fuente: Elaboración propia.

La tendencia general del indicador de sostenibilidad correspondiente a las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo, cultivo y emisiones indirectas y del indicador de sostenibilidad correspondiente a las emisiones de metano (estiércol) y óxido nitroso (establo, cultivo y emisiones indirectas) en relación a los € producto es decreciente, pero con un cambio de ésta a partir de 1998 cuando el indicador empieza a descender más rápidamente. De 1990 hasta 2008 el primer indicador se ha reducido en un 13,8% y el segundo en un 38,46%.

Indicadores de sostenibilidad en aves de puesta (estimación de gases efecto invernadero en aves de puesta de 1990 a 2008)

El único dato que varía de la Tabla 56 respecto la Tabla 49, son los kg de huevos que se han obtenido a partir de la ecuación 50 y de la Tabla 34 del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008. En la Tabla 57, se observan los indicadores de sostenibilidad referentes a las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo. En estos cálculos se han empleado las emisiones en establo y el CO₂ equivalente (Gg) que se ha obtenido siguiendo la misma metodología que la empleada en la elaboración de la Tabla 50, así como los kg de huevo, calculados a partir de la ecuación 50 y de la Tabla 34 del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva desde 1990 al 2008.

En la Tabla 58, se pueden observar las emisiones de óxido nitroso procedentes del cultivo.

Para obtener los datos que se encuentran en la Tabla 58, se ha usado la misma metodología que en la Tabla 57, pero en este caso, se ha partido de las emisiones de N₂O procedentes del cultivo expresado en Gg en aves de puesta.

La Tabla 59, se ha calculado de la misma manera que la Tabla 45 y la Tabla 52, la única diferencia radica en la recogida de los datos de las emisiones de óxido nitroso que en este caso son los referentes a los de aves de puesta.

Tabla 55. Evolución y resultados de los valores referentes a las emisiones de metano procedentes de estiércol en aves de puesta

Año	Censo aves de puesta	CH ₄ Total en Gg Aves	CH ₄ Total en Gg Aves de puesta	CH ₄ Total en Gg excluyendo reprod. pesadas
1990	44.804.411	1,17	0,42	0,40
1991	44.158.336	1,17	0,41	0,39
1992	44.331.340	1,17	0,42	0,40
1993	39.781.153	1,12	0,38	0,36
1994	44.245.821	1,35	0,42	0,40
1995	45.607.984	1,39	0,44	0,41
1996	41.155.231	1,35	0,39	0,37
1997	43.139.681	1,39	0,41	0,39
1998	41.546.737	1,38	0,40	0,38
1999	42.777.853	1,39	0,41	0,39
2000	46.442.786	1,45	0,45	0,43
2001	47.095.602	1,57	0,46	0,43
2002	46.918.762	1,52	0,46	0,44
2003	48.428.217	1,55	0,48	0,45
2004	52.432.670	1,57	0,52	0,50
2005	51.141.084	1,55	0,51	0,48
2006	51.089.874	1,53	0,51	0,48
2007	50.494.963	1,58	0,50	0,48
2008	49.994.952	1,57	0,50	0,47

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

Tabla 56. Evolución de las cantidades de metano procedentes de estiércol y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CH ₄ Total en Gg	CO ₂ eq de CH ₄ en Gg	kg Huevos	10 ³ kg CO ₂ /kg huevo	kg huevo/10 ³ kg CO ₂
1990	0,40	8,34	574.691.160	0,0000145	68.910
1991	0,39	8,25	549.901.380	0,0000150	66.615
1992	0,40	8,37	521.454.552	0,0000161	62.296
1993	0,36	7,52	462.715.308	0,0000163	61.501
1994	0,40	8,36	522.049.932	0,0000160	62.436
1995	0,41	8,71	538.128.120	0,0000162	61.809
1996	0,37	7,80	483.372.660	0,0000161	61.995
1997	0,39	8,23	509.437.020	0,0000162	61.878
1998	0,38	7,93	490.373.100	0,0000162	61.864
1999	0,39	8,21	508.544.580	0,0000161	61.976
2000	0,43	8,99	587.167.620	0,0000153	65.334
2001	0,43	9,11	596.399.400	0,0000153	65.473
2002	0,44	9,14	597.616.800	0,0000153	65.357
2003	0,45	9,51	619.608.000	0,0000153	65.178
2004	0,50	10,40	676.147.800	0,0000154	65.041
2005	0,48	10,16	657.116.400	0,0000155	64.649
2006	0,48	10,18	656.107.200	0,0000155	64.476
2007	0,48	10,01	654.764.400	0,0000153	65.405
2008	0,47	9,90	644.796.000	0,0000153	65.151

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del establo y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	Establo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg huevos	10 ³ kg CO ₂ /kg huevos	kg huevos/10 ³ kg CO ₂
1990	0,69	212,60	574.691.160	0,000370	2.703
1991	0,67	209,18	549.901.380	0,000380	2.629
1992	0,68	209,67	521.454.552	0,000402	2.487
1993	0,60	187,50	462.715.308	0,000405	2.468
1994	0,67	208,33	522.049.932	0,000399	2.506
1995	0,69	214,31	538.128.120	0,000398	2.511
1996	0,62	192,71	483.372.660	0,000399	2.508
1997	0,65	201,50	509.437.020	0,000396	2.528
1998	0,62	193,42	490.373.100	0,000394	2.535
1999	0,64	198,59	508.544.580	0,000391	2.561
2000	0,69	214,96	587.167.620	0,000366	2.732
2001	0,70	216,93	596.399.400	0,000364	2.749
2002	0,69	215,13	597.616.800	0,000360	2.778
2003	0,71	221,11	619.608.000	0,000357	2.802
2004	0,77	238,43	676.147.800	0,000353	2.836
2005	0,75	231,61	657.116.400	0,000352	2.837
2006	0,75	231,43	656.107.200	0,000353	2.835
2007	0,74	228,72	654.764.400	0,000349	2.863
2008	0,73	226,58	644.796.000	0,000351	2.846

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 58. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg procedentes del cultivo y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	Cultivo en Gg	CO ₂ eq en Gg	kg huevos	10 ³ kg CO ₂ /kg huevos	kg huevos/10 ³ Kg CO ₂
1990	0,29	89,11	574.691.160	0,000155	6.450
1991	0,28	87,67	549.901.380	0,000159	6.272
1992	0,28	87,88	521.454.552	0,000169	5.934
1993	0,25	78,59	462.715.308	0,000170	5.888
1994	0,28	87,32	522.049.932	0,000167	5.979
1995	0,29	89,82	538.128.120	0,000167	5.991
1996	0,26	80,77	483.372.660	0,000167	5.985
1997	0,27	84,45	509.437.020	0,000166	6.032
1998	0,26	81,07	490.373.100	0,000165	6.049
1999	0,27	83,23	508.544.580	0,000164	6.110
2000	0,29	90,09	587.167.620	0,000153	6.517
2001	0,29	90,92	596.399.400	0,000152	6.559
2002	0,29	90,17	597.616.800	0,000151	6.628
2003	0,30	92,67	619.608.000	0,000150	6.686
2004	0,32	99,93	676.147.800	0,000148	6.766
2005	0,31	97,07	657.116.400	0,000148	6.769
2006	0,31	97,00	656.107.200	0,000148	6.764
2007	0,31	95,86	654.764.400	0,000146	6.830
2008	0,31	94,96	644.796.000	0,000147	6.790

Fuente: Comunicación personal (J. J. Rincón). Elaboración propia.

Tabla 59. Datos referentes a cantidades de óxido nitroso procedente del establo y cultivo, emisiones directas, emisiones indirectas totales y resultados de las emisiones indirectas en avicultura de 1990 a 2008

Año	Emisiones directas aves de puesta (establo y cultivo) en Gg	Emisiones Directas Totales (Gg)	Emisiones Indirectas Totales (Gg)	Emisiones Indirectas aves de puesta (Gg)
1990	0,97	31,38	22,76	0,706
1991	0,96	31,02	22,39	0,691
1992	0,96	29,09	21,43	0,707
1993	0,86	26,23	19,29	0,631
1994	0,95	29,45	21,75	0,704
1995	0,98	27,48	20,68	0,738
1996	0,88	32,92	24,28	0,651
1997	0,92	30,83	22,92	0,686
1998	0,89	33,48	24,37	0,645
1999	0,91	34,53	25,56	0,673
2000	0,98	36,79	26,68	0,714
2001	0,99	33,85	25,16	0,738
2002	0,98	31,90	23,78	0,734
2003	1,01	35,08	26,06	0,752
2004	1,09	32,98	24,35	0,806
2005	1,06	29,19	22,27	0,809
2006	1,06	30,43	22,95	0,799
2007	1,05	31,70	23,42	0,773
2008	1,04	27,39	20,26	0,767

Fuente: MAGRAMA (2010). Elaboración propia.

En la Tabla 59, se observan los resultados de los indicadores de sostenibilidad que se refieren al óxido nitroso total (incluye las emisiones directas y las indirectas) que se han recogido de la Tabla 59 mediante la ecuación 54.

Para la obtención de los datos de la Tabla 59, se han necesitado los siguientes datos:

- **CO₂eq indirecto:** a partir del valor de las emisiones indirectas en aves de puesta (en Gg) de la Tabla 59 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq directo (establo + cultivo):** a partir de las emisiones directas (establo + cultivo) que se encuentran en la Tabla 59 y multiplicado por 310 (PRG).
- **CO₂eq Total (directo + indirecto):** suma de los dos valores anteriores (También se podría obtener mediante la 47 y la Tabla 59).

- **kg huevos:** a partir de la ecuación 50 y de la Tabla 34 del informe sobre el consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.

En la Tabla 61, se muestran los siguientes indicadores de sostenibilidad expresados en:

- 1) **H2:** € producto/ 10^3 kg CO₂
- 2) **1/H2:** 10^3 kg CO₂/€ producto

Para su obtención, se han necesitado los siguientes datos:

- **€/docena:** a partir del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA) y los precios facilitados por INPROVO mediante comunicación personal.
- **Docenas:** a partir del *Anuario de Estadística Agraria* (expresado en docenas).
- **kg huevos:** a partir de la ecuación y de la Tabla 34 del informe sobre consumo de agua en ganadería intensiva de 1990 a 2008.
- **€ producto:** a partir de la ecuación 53.
- **10^3 kg CO₂:** valor CO₂ q de CH₄ total (en Gg) + valor CO₂eq de N₂O total (en Gg) extraídos de la Tabla 56 y de la Tabla 59 respectivamente.

Tabla 60. Evolución de las cantidades de óxido nitroso expresadas en Gg de CO₂ equivalentes procedentes del establo, cultivo, emisiones indirectas y resultados de los indicadores de sostenibilidad

Año	CO ₂ eq (indirecto) en Gg	CO ₂ eq (directo) en Gg	CO ₂ eq Total en (directo e indirecto) en Gg	kg huevos	10 ³ kg CO ₂ /kg huevos	kg huevos/10 ³ kg CO ₂
1990	218,87	301,71	521	574.691.160	0,000906	1.104
1991	214,31	296,86	511	549.901.380	0,000930	1.076
1992	219,18	297,54	517	521.454.552	0,000991	1.009
1993	195,72	266,09	462	462.715.308	0,000998	1.002
1994	218,34	295,64	514	522.049.932	0,000985	1.016
1995	228,88	304,13	533	538.128.120	0,000990	1.010
1996	201,70	273,48	475	483.372.660	0,000983	1.017
1997	212,60	285,95	499	509.437.020	0,000979	1.022
1998	199,83	274,49	474	490.373.100	0,000967	1.034
1999	208,62	281,82	490	508.544.580	0,000964	1.037
2000	221,19	305,05	526	587.167.620	0,000896	1.116
2001	228,80	307,86	537	596.399.400	0,000900	1.111
2002	227,60	305,30	533	597.616.800	0,000892	1.121
2003	233,13	313,78	547	619.608.000	0,000883	1.133
2004	249,85	338,35	588	676.147.800	0,000870	1.150
2005	250,76	328,68	579	657.116.400	0,000882	1.134
2006	247,61	328,42	576	656.107.200	0,000878	1.139
2007	239,77	324,58	564	654.764.400	0,000862	1.160
2008	237,78	321,54	559	644.796.000	0,000867	1.153

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Valores referentes a los indicadores de sostenibilidad: € de producto/10³ kg CO₂ y su inverso en aves de puesta (1990-2008)

Año	€/docena	Docenas	€ producto	10 ³ kg CO ₂	10 ³ kg CO ₂ /€ producto	€ producto/10 ³ CO ₂
2001	0,58	993.999.000	576.519.420	545.765	0,00095	1.056
2002	0,57	996.028.000	567.735.960	542.042	0,00095	1.047
2003	0,71	1.032.680.000	733.202.800	556.414	0,00076	1.318
2004	0,50	1.126.913.000	563.456.500	598.601	0,00106	941
2005	0,49	1.095.194.000	536.645.060	589.602	0,00110	910
2006	0,58	1.093.512.000	634.236.960	586.211	0,00092	1.082
2007	0,73	1.091.274.000	796.630.020	574.356	0,00072	1.387

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 61, se han recogido datos de 2001 hasta 2007. No se han estimado los años que van de 1990 a 2000, ya que no hay constancia de precios de origen reales de la docena de huevos alrededor de estos

años. Así pues, el estudio de los dos indicadores que se muestran en la Tabla 61 se ha realizado a partir de 2001. Los datos de 2008 se encuentran en el *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA) pero de manera provisional y, por tanto, tampoco se han tenido en cuenta en este estudio.

En los indicadores de sostenibilidad correspondiente a las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo, cultivo y emisiones indirectas y el correspondiente a las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo, cultivo y emisiones indirectas, se observa que la evolución de los datos obtenidos en el estudio varía claramente a partir del año 2000. Esto es debido a un cambio de metodología en la obtención de los datos referidos a la producción de huevos y que provienen del *Anuario de Estadística Agraria* (MAGRAMA).

El correspondiente a las emisiones de óxido nitroso procedentes del establo, cultivo y emisiones indirectas, tiene una tendencia general negativa con tasa decreciente. Así pues, este ha disminuido respecto al año base (1990) en una proporción de un 4,23%.

En el correspondiente a las emisiones de metano (estiércol) y óxido nitroso (establo, cultivo y emisiones indirectas) en relación a € producto, se observa un cambio de tendencia negativa con tasa decreciente a partir de 2004, (esto es debido a una fluctuación importante de los precios de origen en la producción de huevos), en un 27,24%.

2.3.2.5. Conclusiones

Las emisiones de gases efecto invernadero procedentes de metano y óxido nitroso han disminuido con los años en ganadería intensiva (en el sector porcino y avícola) de 1990 a 2008.

Esto es debido en gran medida a:

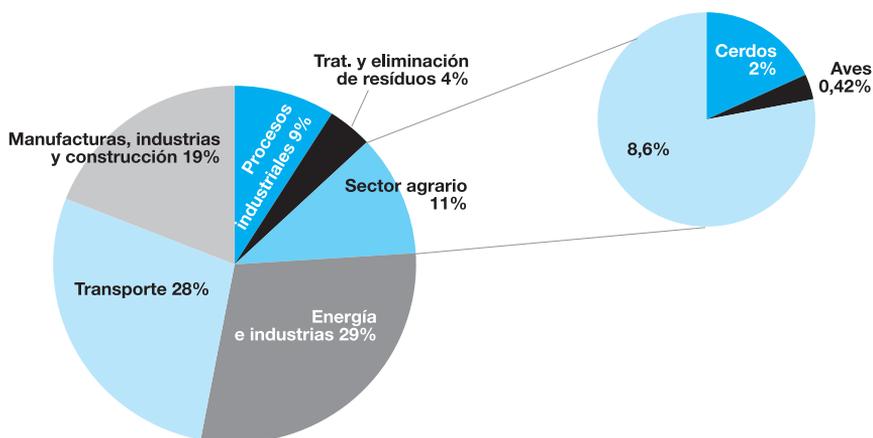
- Mejora de la genética animal.
- Mejora del sistema de manejo.
- Mejora en la nutrición animal.

Según un estudio realizado por la Universidad de Cranfield, el sistema de producción intensivo en aves de carne y puesta (en batería) tiene un menor impacto sobre el calentamiento global respecto otros tipos de manejo en avicultura (Van der Sluis, Wiebe. 2007).

La nutrición animal ha evolucionado positivamente, ofreciendo a las especies ganaderas una alimentación equilibrada, eficiente y específica según la fase productiva que se encuentre el animal y dependiendo de sus necesidades. Así como la adición de enzimas en aves y porcino, que facilitan la digestibilidad y consecuentemente, producen menos emisiones de dióxido de carbono. Un ejemplo de ello son las fitasas, enzimas que mejoran la utilización de los nutrientes tales como proteína, aminoácidos, carbohidratos, grasa, fósforo (menos eliminación de fósforo preservando al medio ambiente) y minerales traza, produciendo menos residuos por animal.

La contribución media de las diferentes fuentes al efecto invernadero se muestra en la Figura 9. El sector agrario en su conjunto supone en España alrededor de un 8,6% del total. Las emisiones procedentes del sector porcino, en el año 2008 representan un 2% y en aves tan sólo un 0,42% tal y como se puede observar en la Figura 9:

Figura 9. Contribución proporcional de las principales fuentes de efecto invernadero en España



Fuente: Elaboración propia.

3. Síntesis y conclusiones

3.1. Indicadores físicos

Los indicadores de rendimiento económico y físico calculados en el estudio se han sintetizado en el siguiente punto mediante el empleo de gráficos de tipo radial. En estos gráficos, en cada uno de los vértices que forman el pentágono resultante se representa el valor del indicador correspondiente a cada uno de los cinco años representados. Dado que cada uno de los indicadores se ha calculado con sus propias unidades, sus resultados se han normalizado de tal forma que se puedan comparar unos con otros teniendo en cuenta que los indicadores que se alejan del vértice llevan aparejado mejoras en la sostenibilidad. En todos los casos la normalización se hace con respecto a la media aritmética de toda la serie (1987-2008).

Se representan 5 líneas, referentes a los años 1987, 1992, 1997, 2002 y 2007.

Los indicadores que se han seleccionado para representar son:

Indicadores físicos:

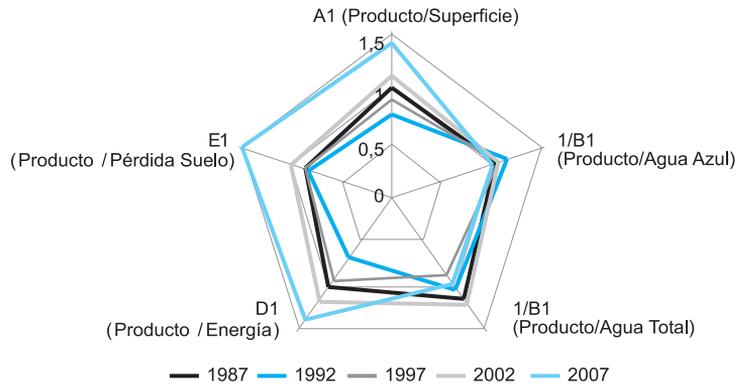
- **A1:** uso de la tierra, que representa el rendimiento en toneladas producidas por hectárea de cultivo empleada.
- **E1:** pérdidas de suelo, que indican el número de kilogramos de producto por tonelada de suelo perdido por erosión.
- **D1:** energía, que recoge los kilogramos producidos por MJ de energía consumido en la producción.
- **1/B1:** uso de agua azul (de riego) y uso de agua total, que expresa la relación entre las toneladas de producto por metro cúbico de agua consumida en el riego (agua azul) o total.

Indicadores económicos:

- **A2:** uso de la tierra, que representa el valor de producción (euros) obtenido por hectárea de cultivo.
- **E2:** pérdidas de suelo, que indican el valor de producto (euros) por tonelada de suelo perdida por erosión.
- **D2:** energía, que representa el valor de producto (euros) por MJ de energía consumido en la producción.
- **1/B2:** uso de agua azul y uso de agua total, que expresa la relación entre el valor de producto (euros) por metro cúbico de agua consumida en el riego (agua azul) o en total.

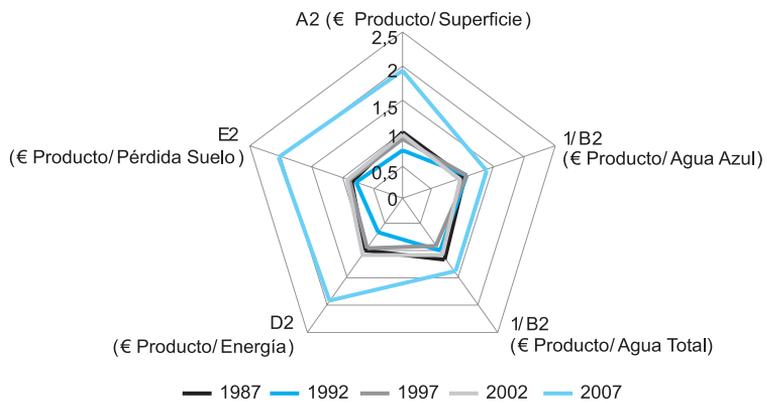
A continuación se presentan la pareja de gráficos correspondiente a algunos cultivos, situándose primero el de indicadores de producción física, y en segundo lugar el de indicadores económicos. Las conclusiones más sintéticas de cada indicador se fundamentan tanto en los gráficos “araña” correspondientes a los años 1987, 1992, 1997, 2002 y 2007, como en los gráficos correspondientes a toda la serie (1980-2007) situados en el Capítulo 2.

Gráfico 73. Indicadores físicos de sostenibilidad del trigo



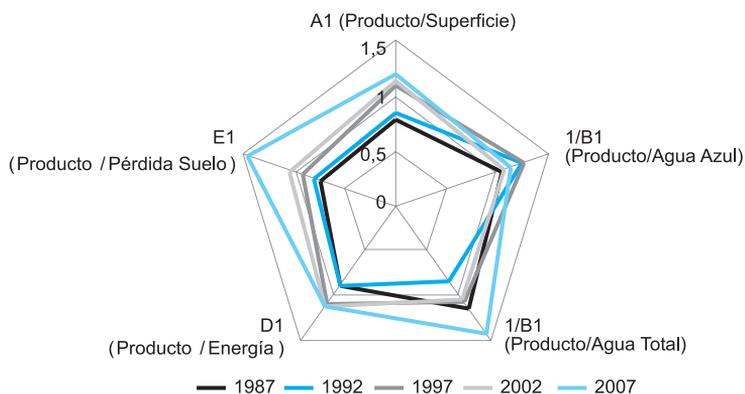
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 74. Indicadores económicos de sostenibilidad del trigo



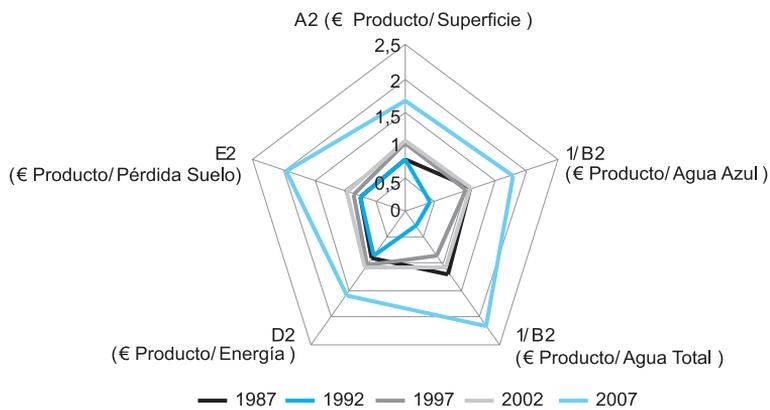
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 75. Indicadores físicos de sostenibilidad del maíz



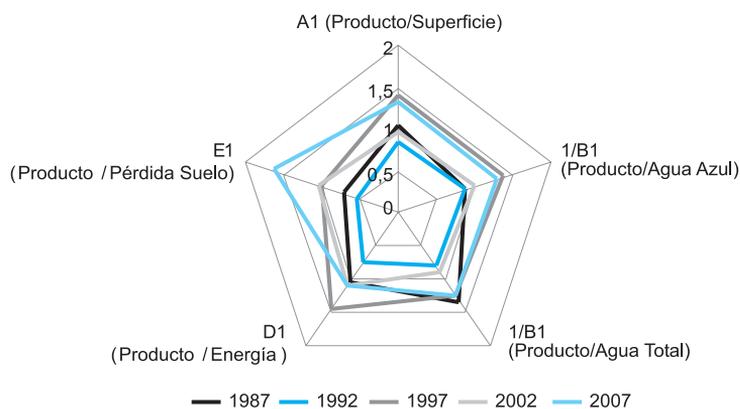
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 76. Indicadores económicos de sostenibilidad del maíz



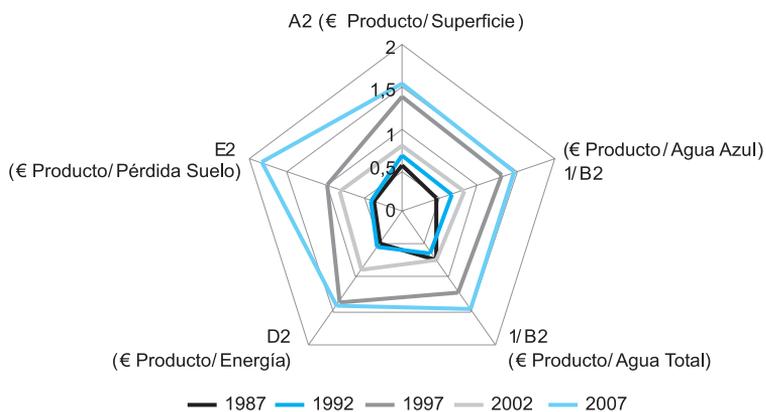
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 77. Indicadores físicos de sostenibilidad del olivar de transformación



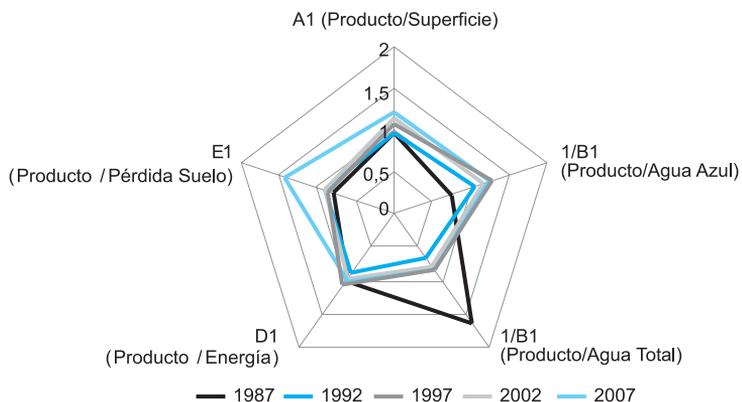
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 78. Indicadores económicos de sostenibilidad del olivar de transformación



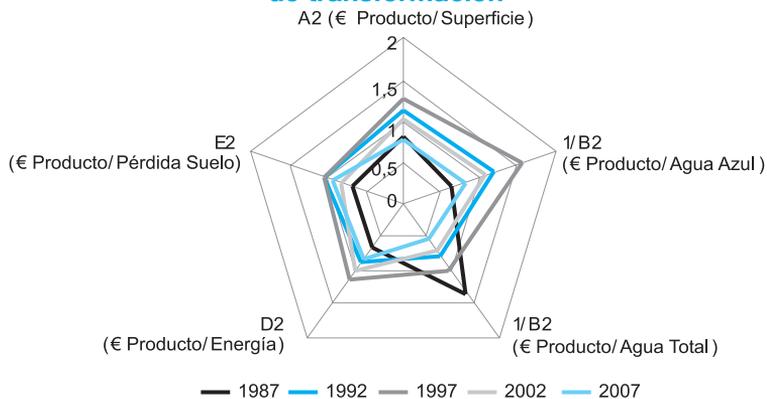
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 79. Indicadores físicos de sostenibilidad del viñedo de transformación



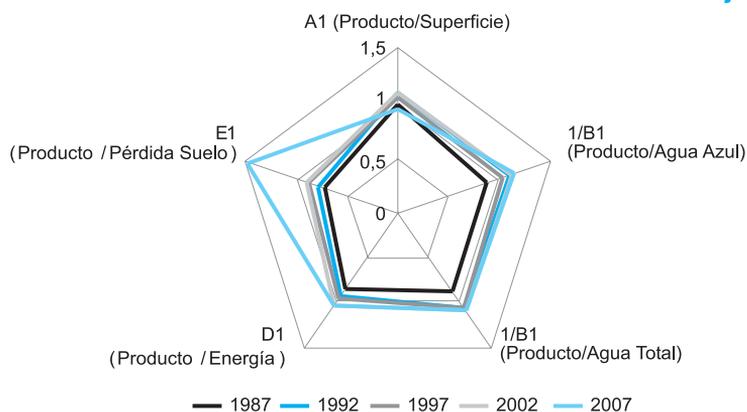
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 80. Indicadores económicos de sostenibilidad del viñedo de transformación



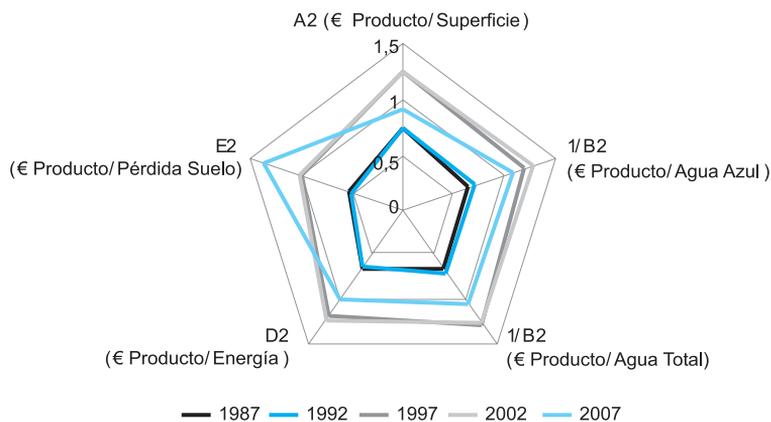
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 81. Indicadores físicos de sostenibilidad del naranjo



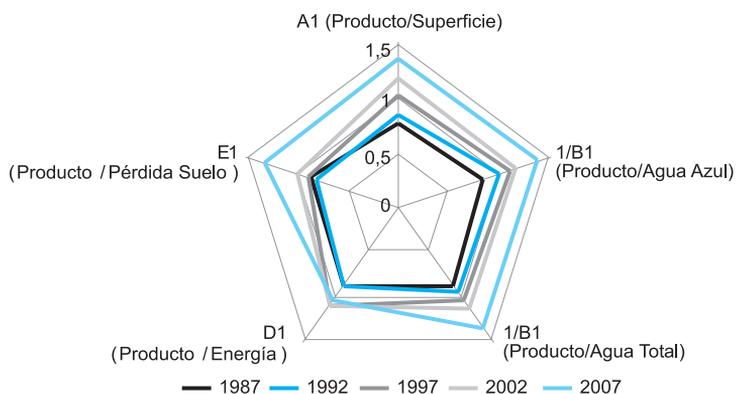
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 82. Indicadores económicos de sostenibilidad del naranjo



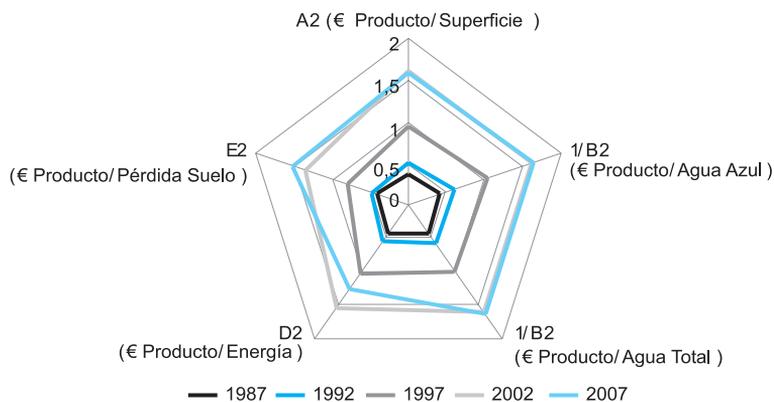
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 83. Indicadores físicos de sostenibilidad del tomate



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 84. Indicadores económicos de sostenibilidad del tomate



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1. Tierra (A1 y A2)

Los rendimientos de todos los cultivos analizados marcan tendencias claramente positivas durante el período 1980-2008. En consecuencia hace falta menos tierra para producir una tonelada de cualquiera de los productos o para obtener un euro de valor de cosecha. Los aumentos son menos acentuados en girasol, trigo, cebada y olivar de transformación, que en maíz, remolacha, olivar, viñedo, tomate, melón o remolacha. Sólo en mandarino los rendimientos muestran una tendencia plana. Los cultivos cuya producción se realiza mayoritariamente en secano muestran rendimientos medios con fuertes oscilaciones alrededor de sus tendencias.

En general los indicadores A1 y A2 en los gráficos estrella muestran un ordenamiento desde dentro en los primeros años de la serie (1987 y 1992) (menor productividad), hacia afuera (mayor productividad) en los períodos más recientes (2002 y 2007) para todas las producciones.

A partir de los gráficos presentados en el Capítulo 2, con todos los años (1980-2007) y sus tendencias se aprecian algunos matices. En general las tendencias no son lineales, mostrando en casi todos los casos una curvatura que expresa bien una aceleración de las mejoras en productividad (curvas convexas al origen) o una desaceleración (curvas cóncavas). En el primer caso, un indicador con una curva convexa creciente estaría sugiriendo que los aumentos de productividad en términos de producción por hectárea no muestran signos de agotamiento, como sería el caso de un indicador con curva cóncava.

Los cultivos con aumentos de productividad con curva convexa (creciente) son todos los cereales, la remolacha, el olivar de mesa y transformación, la uva de mesa y de transformación, el melón y el tomate. Cabe inferir de sus tendencias que estos cultivos todavía experimentarán en el futuro aumentos de productividad.

Los cultivos que, teniendo una tendencia positiva en productividad, su tendencia describe una curva cóncava (tendiendo al crecimiento nulo) son el girasol y los cítricos. No es por tanto probable que en estos cultivos se produzcan en el corto y medio plazo aumentos importantes en su productividad o rendimientos.

En términos de valor de las cosechas por superficie, debido a que la evolución del indicador resulta del efecto combinado de los precios junto al de la producción, algunos cultivos no se clasifican de la misma forma que lo hace su rendimiento. Por ejemplo, la productividad económica del

girasol y del limonero tiende al aumento a pesar de que en términos de productividad física la evolución sea negativa o creciente pero tendiendo a la estabilización. El caso contrario lo encontramos en remolacha, olivar de transformación o uva de mesa, en los cuales los fuertes crecimientos en productividad física son acompañados por tendencias a la estabilización o por ligeros descensos en términos de valor económico. Esto es evidentemente debido a tendencias negativas de los precios de los productos, especialmente en los últimos años de la serie.

3.1.2. Agua (B1 y B2)

Los gráficos estrella contienen dos vértices del pentágono que hacen referencia al uso de agua azul (agua de riego) y agua total. La metodología empleada en el cálculo del uso del agua permite diferenciar entre el consumo y la productividad del agua de lluvia (la precipitación efectiva) y de la evapotranspiración teórica, de la que se puede obtener la productividad del agua de riego. Esta posibilidad es debida al análisis diferenciado de las superficies de cultivo de secano y regadío. En general la evolución de estos índices de productividad física y económica es también positiva, pero no tanto como en los rendimientos.

Recordemos que los indicadores son cocientes de dos variables (producto total / uso de un factor) y que el gráfico los representa normalizados respecto de la media de esos cocientes para toda la serie 1987-2008. Así, en el caso del viñedo de transformación, la razón por la que el año 1987 muestra este resultado excepcional en el indicador 1/B1 (producto/Agua total) es que la cosecha ese año fue un 30% superior a la media, mientras que el uso del agua de lluvia inferior un 20% a la media (variando entre provincias). Al aumentar el numerador y disminuir el denominador, el indicador aumenta notablemente, reduciendo a su vez en términos relativos el de los demás años.

Por esta razón, los gráficos estrella solo ofrecen una visión parcial de la evolución de los parámetros de sostenibilidad de los cultivos, que debe complementarse con la evolución de cada uno de ellos por separado. En efecto, a partir de los gráficos del Capítulo 2, con todos años (1980-2008) y sus tendencias se aprecian algunos matices. En la misma medida que en el indicador de uso de tierra, y por tanto en los rendimientos económicos y productivos de los cultivos, la productividad del agua ha experimentado notables aumentos. Como es natural, los indicadores de productividad de

uso del agua siguen tendencias muy diferentes con arreglo al origen del agua. Se destacan en primer lugar los resultados correspondientes al agua de riego, y posteriormente los correspondientes al agua de lluvia.

Con respecto a la productividad del agua de riego (m^3/t) se aprecian disminuciones de consumo por unidad de producción (mejoras en la productividad) en maíz, remolacha, viñedo de mesa, cítricos, melón y tomate. Un comportamiento más estable se encuentra en girasol, olivar y viñedo de transformación.

El comportamiento de los cultivos con respecto al agua de lluvia es de estabilización en trigo, girasol y cebada, de aumento de la productividad en olivar y viñedo de transformación y disminución en uva de mesa, si bien en este cultivo el secano tiene una importancia marginal.

En términos de productividad económica, en todos los cultivos la productividad del agua de riego ha mejorado notablemente. Ello quiere decir que cada vez hace falta menos agua para generar un euro de cosecha. Sin embargo, las mejoras en productividad del agua tienden a mostrar un cierto agotamiento, como pone de manifiesto el ligero cambio de tendencia en los últimos años, revelando en conjunto que las mejoras más importantes tuvieron lugar en la primera mitad de la serie de datos (1980-1995), siendo las curvas más planas en la etapa final. Se concluye de ello que las mejoras en productividad económica del agua serán para un mismo cultivo limitadas en el tiempo, e irán asociadas a mejoras en el manejo del cultivo y en técnicas y aplicaciones de agua más precisas. Para mantener un ritmo sostenido de aumento en productividad será necesario cambiar los cultivos y las variedades.

3.1.3. Emisión y energía (C1 y C2, D1 y D2)

De acuerdo con los objetivos planteados, se ha desarrollado una metodología de análisis de la evolución de los indicadores de sostenibilidad en el apartado de la energía consumida en cultivos agrícolas y de las emisiones producidas.

Con los datos disponibles se han calculado, para los cultivos seleccionados, los parámetros requeridos: la energía empleada por unidad de superficie y, teniendo en cuenta las producciones obtenidas, la energía por cantidad de producto. A continuación, con dichos valores, se han calculado las emisiones de carbono producidas por gasto de combustible agrícola.

Los resultados ponen de manifiesto el esfuerzo realizado para reducir unos valores que en los últimos años se han visto condicionados por una legislación muy restrictiva relativa al control de emisiones de gases contaminantes. El cumplimiento de los requisitos exigidos se hace a costa del ahorro en el consumo de combustible. Los consumos energéticos por combustible aumentan, pero proporcionalmente el gasto referido a la cantidad de producto muestra una evolución positiva.

3.1.4. Pérdidas de suelo (E1 y E2)

Respecto a los resultados de los indicadores de pérdidas de suelo cabe destacar que tanto el Indicador E1 (kg de producto/t de suelo) como el E2 (€/kg de producto) aumentan a lo largo del periodo en estudio en todos los cultivos. Es decir, que cada vez se produce más cantidad de producto y el agricultor percibe más dinero por éste, con respecto a las pérdidas que se producen de suelo.

Globalmente, se puede decir que la tendencia observada es hacia un aumento de la producción y de los precios de los cultivos, al mismo tiempo que gracias a las técnicas empleadas se aprecia una disminución de la pérdida de suelos.

3.1.5. Flujo de Carbono (F1 y F2)

El crecimiento de los cultivos depende de la síntesis de compuestos orgánicos a partir de la absorción de anhídrido carbónico (CO_2) de la atmósfera, de agua y de los nutrientes absorbidos a través del suelo. Entre el 40-45% de la biomasa vegetal es carbono (C). Esto quiere decir que la absorción de carbono guarda una relación lineal para cada cultivo, por lo que la variación a lo largo del tiempo es pequeña para un mismo cultivo.

El indicador F1, kilogramos de CO_2 por kilogramo de producto, calcula la diferencia entre el CO_2 absorbido por el cultivo que depende de la producción anual y las emisiones de CO_2 . En este caso solo son consideradas las debidas al consumo directo de combustible. Por lo que la variación a lo largo del tiempo del indicador dependerá de las modificaciones en el itinerario tecnológico del cultivo vinculado al uso de combustibles (por ejemplo entre 2,59 y 2,64 para la cebada y trigo en una serie de 30 años; 1,79 y 1,81 para el maíz; 3,72 y 3,94 para el girasol; en cítricos varía entre 0,195 y 0,202.

Esto quiere decir que el valor de CO_2 absorbido nos da la capacidad máxima de fijación de CO_2 por el cultivo y que a partir de este valor techo y por descuento se obtendrá el flujo de CO_2 . Es importante señalar, aunque no se da el caso, que el objetivo de la producción agraria es principalmente la obtención de alimentos, esto es compuestos orgánicos, y que por ello no hay la finalidad de que el balance de CO_2 sea positivo, es decir podría darse el caso de que las emisiones fuesen mayores a la absorción, dado que lo que se busca es transformar una fuente inorgánica, que emite CO_2 , en otra orgánica.

En el caso de los cítricos todos presentan valores similares al tratarse de cultivos muy afines por lo que no es necesario tal grado de detalle, permitiendo su agrupación en una única categoría: cítricos. Lo mismo ocurre para el olivar de mesa y de transformación con flujos de CO_2 que varían entre 0,65 y 0,75. No obstante en estos casos si pueden aumentar las diferencias en las emisiones de CO_2 ya que el manejo del olivar puede variar de forma sustancial.

Para la remolacha el valor de F1 varía entre 0,187 y 0,190. A medida que el contenido de agua en el producto aumenta (uva, tomate) el valor del indicador disminuye. En el caso del viñedo de transformación el valor del índice varía en un rango mayor entre 0,04 y 0,08, por lo que habría que precisar el proceso de cálculo dado que en este cultivo hay muchas operaciones (poda, despuntado, poda en verde) y formas de cultivo (regadío, secano, formas de conducción) que modifican las relaciones entre el crecimiento total y el reproductivo. Aunque esto no ocurre en el viñedo de mesa que varía entre 0,085 y 0,094, seguramente debido a la mayor regularidad de las producciones.

Las diferencias entre cultivos se deben al tipo de producto cosechado y a su contenido en humedad, por lo que muestran valores más altos los productos secos (cereales) que los frescos (frutas y hortalizas).

Los valores obtenidos de absorción de CO_2 por los cultivos son acordes con los calculados por Carvajal (2009). En ese caso fueron calculados a nivel de maceta y por tanto los resultados son algo mayores que los obtenidos en este trabajo.

El indicador F2 toneladas de CO_2 por euros corrientes de producto introduce un factor económico sobre el agronómico por lo que la variabilidad aumenta. En este caso al tener un flujo de Carbono en el que prevalecen absorciones sobre emisiones, dando un valor del flujo muy robusto a lo largo del tiempo el efecto evolución del precio es mayor.

En la evolución del indicador F2 toneladas de CO₂ por euros corriente de producto desde el año 1980 a 2008, se observan dos momentos característicos que pueden estar relacionados con cambios significativos de la Política Agraria Común: uno a partir del año 1992 y otro a partir de 2004. Relacionados con cambios en la tendencia. El primero modifica el sistema de ayudas a los agricultores pasándose de ayudas vía precios a pagos directos, el precio entonces disminuye y el valor del indicador aumenta, aunque este comportamiento depende de la OCM correspondiente. A partir de 2004 se inicia el desacoplamiento de los pagos directos o compensatorios, se liberaliza la toma de decisiones del agricultor y se abandona el barbecho obligatorio. Todo ello se refleja en cambios de tendencia en los indicadores.

El indicador inverso 1/F2 muestra el valor residual que se pagaría por tonelada de CO₂ fijado por un determinado cultivo. La tendencia es creciente en toda la serie. Muestra valores que van desde los 30 euros de los cereales en general por tonelada de CO₂, a los 6.000 euros por tonelada de CO₂ del cultivo de tomate o a los 14.000 euros alcanzados alguna vez en la serie por tonelada del vino. Este indicador nos permite su comparación con el mercado de bonos de carbono que indica una cotización de precios de carbono del orden de 15 euros la tonelada. En cualquier caso, si el objetivo fuese fijar carbono, sería más ventajoso cultivar cereales que productos frescos.

3.2. Indicadores socioeconómicos

3.2.1. Macromagnitudes agrarias

La producción final agraria (PFA) en euros corrientes ha mantenido una tendencia creciente hasta el año 2003, para descender desde entonces, con ligeros repuntes en 2007 y 2008 provocados por la subida de los precios de los productos agrarios.

La evolución de la renta agraria, en euros constantes, ha seguido una senda ascendente de 1980 a 2003, especialmente desde 1993, año en el que comienzan las ayudas directas de la PAC, aumentando significativamente la componente de subvenciones dentro de la renta agraria. En euros constantes se observa esta misma evolución. Sin embargo, desde 2003, y más acusadamente en euros constantes, la renta agraria no ha dejado de disminuir, de forma que en 2008 se ha situado en los niveles de mediados de la década de los noventa, como se observaba en el Gráfico 2.

Varias causas explican este importante deterioro de la renta agraria, el cual no se ha visto compensado por el aumento de las ayudas directas.

Por un lado, se ha producido un descenso en el valor de la PFA provocado, además de por las condiciones climatológicas adversas, por la reforma de la Política Agrícola Común y la introducción de los pagos desacoplados de la producción en 2006. Esta reforma ha mejorado la orientación al mercado de los agricultores, pero con ello también ha inducido un proceso de ajuste y de disminución de la superficie cultivada y, por tanto, de la producción en aquellas zonas menos productivas.

Pero también se ha producido un importante deterioro de la relación entre los precios percibidos y los precios pagados por los agricultores, especialmente entre 2005 y 2008. En estos años, mientras que el índice de precios percibidos por los agricultores aumentó un 11,2%, el de precios pagados por los factores de producción lo hizo un 34,5%.

Finalmente, en estos años también ha aumentado notablemente el endeudamiento del sector agrario. Según datos del Banco de España, esta deuda ha pasado de 15.839,6 millones de € en 2004 a 22.647,6 millones de € en 2007, lo que representa un incremento del 34,5%. Esto refleja, por un lado, la creciente incapacidad de la agricultura para generar renta que financie las inversiones productivas, requiriéndose cada vez más crédito y, por otro lado, un aumento de los intereses generados por esa deuda, que caen sobre la renta agraria. Una parte de este endeudamiento indudablemente ha servido para mejorar las infraestructuras y equipamientos de las explotaciones agrarias.

El descenso del valor de la producción final agraria (PFA) en términos reales, representado en el Gráfico 3, ha supuesto también un deterioro importante de la capacidad de la agricultura para proporcionar alimentos y materias primas a la población. La PFA disponible por habitante, tanto en euros corrientes como constantes, aumentó significativamente, especialmente en el período 1996-2003, y desde entonces ha experimentado un gran descenso, a pesar de los aumentos registrados en la productividad.

Frente al aumento de la producción y la renta observado hasta el 2003, se ha producido una importante reducción en el empleo agrario, con tasas de disminución que se mantienen durante todo el período, aunque inferiores desde mediados de la década de los noventa, destacando el repunte registrado en 1998. Esta disminución total del empleo,

que se aprecia en el Gráfico 4, incluye un importante descenso del trabajo no asalariado, o trabajo familiar, y un ligero aumento del trabajo asalariado. Dicha evolución responde al proceso de modernización y fuerte capitalización que ha experimentado la agricultura española.

Durante el período 1980-2003, la productividad del trabajo (renta agraria en euros constantes por Unidad de Trabajo Agrario) ha crecido considerablemente. Sin embargo, desde 2003, año que marca el máximo de la serie, comienza a descender a pesar de la disminución del empleo, señalando un ligero pico en 2007, debido al alza de los precios de los productos agrarios.

3.2.2. Evolución de los precios

El análisis de la evolución de los índices de precios percibidos y al consumo de diferentes productos permite establecer algunas conclusiones.

Mientras que los índices de precios al consumo han aumentado significativamente en el periodo, no ocurre lo mismo con los índices de precios percibidos por los productores. Desde mediados de la década de los ochenta, en algunos casos se han mantenido estables (cereales, frutas, patata, pollo o porcino) y en otros muestran ligeras tasas de aumento (hortalizas, leche, ovino, huevos o vacuno). En ningún caso se observan en los precios percibidos tasas de aumento similares a las registradas en los precios al consumo.

Esta evolución desfavorable de los precios pagados por factores de producción (especialmente, energía y fertilizantes) y de los precios percibidos ha coincidido con un aumento de la productividad, debido a las mejoras tecnológicas, que ha permitido poner a disposición de los consumidores productos más baratos. Sin embargo, la evolución de los precios de los factores de producción ha sido muy desfavorable y no ha permitido mejorar la renta de los agricultores. Es decir, el sector agrario ha mejorado su competitividad, pero esa mejora no se ha visto reflejada en beneficios empresariales para el sector.

Además, se ha acentuado la divergencia entre los índices de precios al consumo de los productos frescos y los de su origen. Mientras que los precios en destino de las hortalizas se han multiplicado por 7 entre 1980 y 2008, en origen el factor ha sido 3,5. Para las frutas, se multiplicaron por 5,5 en destino y por 1,8 en origen; y en la leche se multiplicaron por 4 en destino y sólo por 2,5 en origen. En consecuen-

cia, los precios al consumo de los productos frescos han crecido mucho más que los precios en origen.

Mientras que los precios de los productos agrícolas han aumentado más que el índice general de precios, en los productos ganaderos, leche, huevos y carnes, los precios al consumo de estos productos han crecido menos que el IPC.

La brecha entre los índices de precios al consumo y los percibidos por los productores ha aumentado en los últimos años. Cabe destacar que las diferencias para los productos agrícolas son muy superiores a las registradas para los productos ganaderos. Con ello se refleja, bien el aumento en el valor añadido que ha tenido lugar en los últimos años, o bien el progresivo poder de mercado de la distribución, que se manifiesta en la fijación de crecientes márgenes comerciales. Especialmente significativo, en este sentido, es el caso de las hortalizas, con la evolución de los índices de precios percibidos y al consumo, muy por encima –estos últimos– de los generales percibidos por los agricultores y del IPC.

En el caso de los productos ganaderos estudiados, caso del porcino, los huevos o la leche, se observa un aumento de los precios al consumo por debajo del IPC, pero la evolución de los percibidos por los agricultores se ha mantenido cerca del nivel general, lo que puede indicar un ajuste en la cadena distribución mediante una disminución de los márgenes.

En todos los casos, las oscilaciones en los índices de precios percibidos se transmiten muy amortiguadas a los índices de precios al consumo.

Si a este análisis de la evolución de la relación entre precios percibidos y precios al consumo, se une la relación, ya comentada, entre precios percibidos y precios pagados por los agricultores, se observa la creciente pérdida de poder de la agricultura en la cadena de valor del sistema agroalimentario, reflejándose en el deterioro de los resultados económicos, especialmente en los últimos años. Es necesario, por tanto, seguir mejorando la eficiencia productiva para reducir los costes de producción y contribuir a una mejora de la rentabilidad de los agricultores. Sin embargo, el incremento progresivo de los costes debido a la subida de los inputs (materias primas para alimentación animal y energía, entre otros) sumado a las regulaciones derivadas del modelo europeo de producción (en sanidad y bienestar animal, medio ambiente o seguridad alimentaria, entre otras) son factores que comprometen seriamente la viabilidad de muchos productores y empresas.

Es necesario por ello trabajar de forma complementaria y decidida para lograr un aumento de la capacidad de negociación del sector primario que permita al productor trasladar estos costes adicionales y así recuperar los márgenes necesarios para su supervivencia vía precio y mercado.

3.2.3. Uso de fertilizantes

El uso de los tres tipos de fertilizantes que se incluyen en el estudio (fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio), ha disminuido progresivamente a lo largo del periodo de estudio en términos relativos con respecto a la producción final agraria obtenida. Se ha pasado de una media de unas 32 toneladas de nitrógeno por millón de euros de producción agraria en los años ochenta, a una media de 22 toneladas por millón de euros en la última década, tal como se representa en el Gráfico 6. En el caso del fósforo y el potasio el comportamiento de este indicador ha sido muy similar. Estos datos muestran un aumento en la productividad y los rendimientos agrícolas, lo que indica una mayor eficiencia de los fertilizantes. Otro factor que interviene en la evolución de este indicador, es el empleo de estiércoles, purines y otras enmiendas orgánicas procedentes de la ganadería, junto con otros residuos orgánicos.

3.3. Indicadores ganaderos

El consumo medio de agua a lo largo del periodo estudiado para bebida y servicios por kg de producto en porcino y avicultura se encuentra en 20,4 L/kg de carne de cerdo, 5,24 L/kg de carne de pollo y 5,83 L/kg de huevo. El consumo total anual medio de agua para estas tres producciones ganaderas supone 54, 6 y 3 hm³, lo que representa en conjunto un 0,06% de la disponibilidad total de agua en España: 105.000 hm³.

Las emisiones medias de gases con efecto invernadero (GEI), incluyendo tanto metano como óxido nitroso, se encuentran en 2,45 kg equivalentes de CO₂/kg carne de cerdo. En aves de carne y puesta, se deducen unos valores de 0,932 y 0,943 kg equivalentes de CO₂/kg carne de pollo y kg de huevos respectivamente. En el caso del ganado porcino la mayor parte de las emisiones (un 67%) corresponden a emisiones de metano derivadas de la gestión del estiércol, mientras que en las aves proceden mayoritariamente (en un 98 %) de la formación de óxido nitroso durante la aplicación de la gallinaza como fertilizante. El peso proporcional que suponen estas emisiones en el conjunto de las emisiones nacionales de GEI en 2008 es, como media, de un 2,50% (2,07, 0,28 y 0,14 % para el ganado porcino, las aves de carne y las aves de puesta, respectivamente).

Las estimaciones obtenidas tanto para consumo de agua como para emisiones de GEI son sensiblemente inferiores que las que normalmente se manejan en los medios de comunicación. Así por ejemplo, la revista National Geographic (2010) en su número del mes de Abril ha publicado unas cifras de necesidades de agua de 4.815, 3.912 y 3.344 L, para la producción de un kg de carne de porcino, aves y huevos, respectivamente. Una explicación parcial para estas diferencias podría estar en que en nuestro estudio no se han contabilizado ni el consumo de agua ni el de energía fósil para producir los alimentos y piensos compuestos que consumen los animales. Sin embargo, una primera estimación indica que aún considerándolos, el resultado permanecería muy por debajo de los datos que se publican habitualmente.

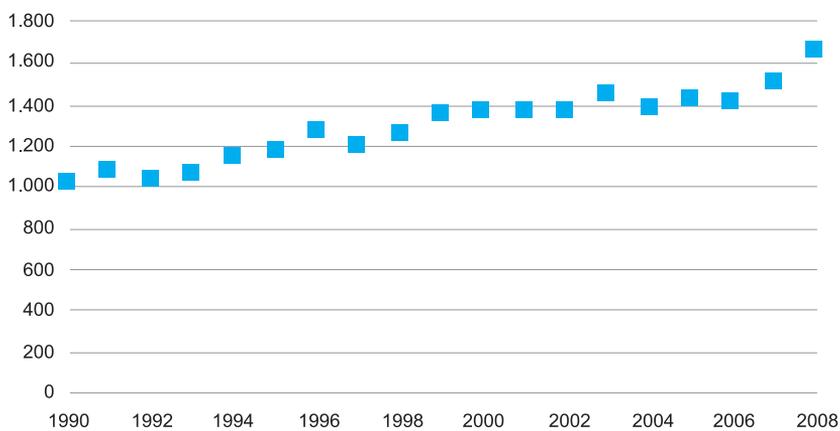
Los resultados del presente estudio indican una disminución a lo largo del período analizado de los consumos de agua y de emisiones de GEI cuando se expresan por kg de producto obtenido. Esta reducción de consumos y emisiones puede explicarse, al menos parcialmente, por una mejora paralela de la eficacia productiva, que ha seguido la evolución que se representa en el Gráfico 85, el Gráfico 86 y el Gráfico 87. Este incremento de eficacia se traduce en una menor repercusión de los consumos de agua y emisiones de GEI correspondientes al mantenimiento de los rebaños reproductores asociados a esas producciones. Además, a lo largo del periodo considerado se ha producido un incremento (no cuantificado en el presente estudio) de la eficacia alimenticia. La mejor conversión del pienso implica un menor consumo de pienso (y por tanto de agua) y una menor producción de estiércol (y por tanto de emisiones de metano y óxido nitroso) por unidad de producto obtenido.

Tabla 62. Evolución del consumo de agua y de las emisiones de GEI por unidad de producto en los sectores porcino y avícola a lo largo del periodo considerado

Consumo de agua	Reducción porcentual período 1990-2008
Por kg carne porcino	21,54
Por kg carne pollo	16,15
Por kg de huevos	3,50
Emisiones GEI	Reducción porcentual período 1990-2008
Por kg carne porcino	17,85
Por kg carne pollo	12,50
Por kg de huevos	4,34

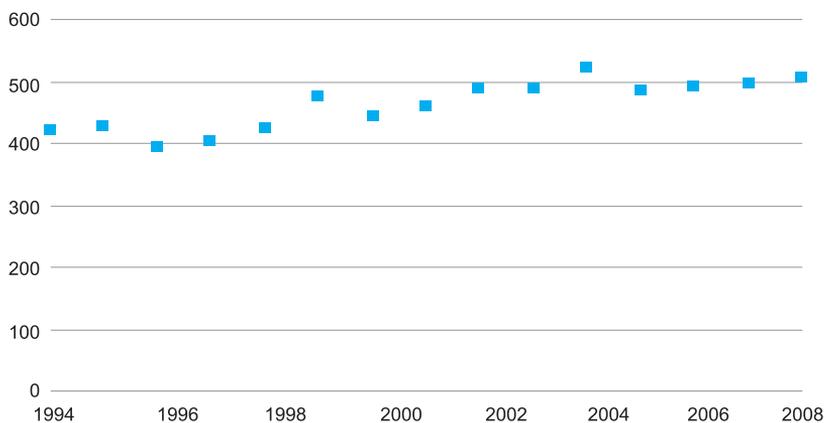
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 85. Evolución de los kg de carne producida anualmente por cerda reproductora de 1990 a 2008



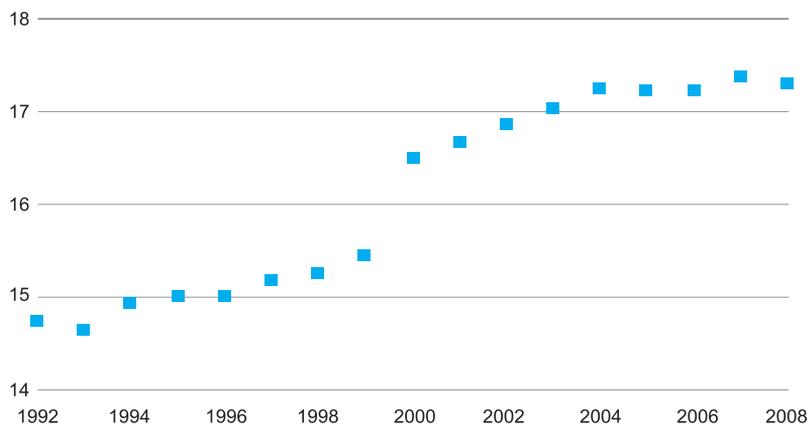
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 86. Evolución de los kg de carne producida anualmente por gallina reproductora pesada de 1994 a 2008



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 87. Evolución de los kg de huevo producidos anualmente por gallina ponedora de 1992 a 2008



Fuente: Elaboración propia.

4. Extensiones del estudio

4.1. Economía y productividad

En general, la presentación de datos agregados para toda España oculta evoluciones, tendencias y patrones de sostenibilidad diferenciados entre provincias y comunidades autónomas. Un análisis más desagregado permitiría visualizar la evolución de los indicadores desde una perspectiva geográfica y por tanto más precisa. Esto se aplica naturalmente a todos los indicadores, pero con mayor motivo a los indicadores físicos de la producción que a los económicos.

Una extensión clara del estudio consistiría en la realización de un análisis diferenciado de la evolución de los precios en origen y en destino, segmentando donde sea posible las diferentes etapas en la cadena de valor. Ello permitiría completar un estudio más preciso de las razones que explican las marcadas diferencias entre los precios percibidos por los productores y los precios pagados por los consumidores.

La productividad del agua podría medirse con mayor precisión, integrando mediciones directas, considerando las asignaciones de agua que otorgan los organismos de cuenca, la cartografía de técnicas de riego, y otras fuentes, en general dispersas, de los servicios estadísticos de las CCAA y los organismos de cuenca.

4.2. Emisiones y energía

Respecto a las posibles extensiones para el cálculo de los indicadores de sostenibilidad de la energía y de las emisiones, sería necesario tener en cuenta ciertos aspectos fundamentales.

El trabajo se ha realizado sobre la base de un período de tiempo corto y unos datos disponibles que se considera conveniente ampliar.

Resulta de gran interés profundizar en los itinerarios técnicos de los cultivos, en aquéllos casos en los que existen, porque ponen en evidencia el esfuerzo ahorrador en el gasto energético debido al consumo de combustible. Para ello se requeriría realizar una amplia labor de recopilación de datos a nivel de todo el territorio nacional.

Los datos de consumo de combustible de los tractores agrícolas proceden de una fuente de indudable solvencia, pero sería conveniente realizar una diferenciación por cultivos y potencias.

Además, aclarar que para calcular dichos indicadores sería necesario contabilizar la energía empleada de forma directa e inversa, lo que permitiría pasar a un nivel de medida más preciso. La energía directa es la que procede del gasto de combustible utilizada para todas las labores agrícolas, riego y transporte. Por su parte la energía indirecta es aquella que procede de la fabricación y mantenimiento de las máquinas, fertilizantes y productos fitosanitarios. Hasta el momento se han contabilizado los consumos de combustible agrícola en las principales operaciones agrícolas, y por lo tanto sería recomendable complementar dichos indicadores. De esta forma se ofrecerían resultados más reales para los indicadores de sostenibilidad de la energía, emisión y flujo de carbono.

4.3. Pérdidas de suelo

Las limitaciones que se han encontrado a lo largo de los indicadores de erosión son las siguientes:

1. Falta de estudios para obtener los valores de veinticuatro provincias a partir del estudio del Inventario Nacional de Erosión de Suelos. En la actualidad se disponen estudios de veintiocho provincias, lo que limita los resultados. En el futuro se dispondrán de más estudios, ya comenzados por parte del MAGRAMA para más provincias españolas.
2. No existe una fuente más fiable para la obtención de las pérdidas de suelo que el Inventario Nacional de Erosión de Suelos, por lo tanto, el estudio debería complementarse una vez que se obtengan los resultados de los estudios correspondientes.

4.4. Flujo de carbono

En el estado actual el indicador F1, kilogramos de CO₂ por kilogramo de producto, está proporcionando sus valores máximos. Por lo que es necesario identificar y valorar la ficha tecnológica de cada cultivo y en cada año para completar el cálculo de las emisiones.

Para ello es necesario incorporar el uso de la energía de forma:

Indirecta:

- Empleada en la producción y transporte de los fertilizantes y productos fitosanitarios
- Incorporada en otros medios de producción (coste de fabricación y transporte de la maquinaria, material de riego, material invernaderos, plásticos)
- Incorporada por la mano de obra del agricultor

Directa:

- Energía para el riego
- Otros usos de la energía diferentes a la maquinaria.

En cualquier caso conviene recordar que el consumo directo de energía del sector agrario en España representa sólo el 3%.

Es recomendable revisar la exactitud de algunos indicadores que se calculan como números fraccionarios ya que cuando el divisor es una cantidad extremadamente pequeña el valor que se obtiene es grande. En el caso del flujo de carbono que se calcula por diferencia entre carbono absorbido y emitido a medida que la diferencia se reduce el valor es más pequeño por lo que sus inversos tienden a aumentar. Es importante señalar aquí que la metodología empleada para el cálculo de CO₂ emitido sólo ha tenido en cuenta el desprendido a raíz del consumo de combustible por lo que sería muy conveniente, al igual que se ha comentado en el apartado de energía, incluir las emisiones de CO₂ debidas al resto de operaciones no incluidas en el estudio actual.

Se han estudiado muchos cultivos e indicadores, en estos últimos algunos por combinación de varios indicadores por lo que en un futuro se debería evaluar mediante un análisis *cluster* o de conglomerados. Este tipo de análisis se utiliza para determinar el número de clases en las que puede dividirse un conjunto de indicadores, cada uno de los cuales viene descrito por un conjunto de características o variables. Diversos trabajos han mostrado (González de Miguel *et al.*, 2009) cómo el análisis *cluster* puede discriminar la vinculación entre indicadores y por tanto simplificar el número de indicadores a estudiar.

Para el flujo de carbono sería interesante incluir el balance de materia orgánica del suelo (Paustian *et al.*, 1997). Aunque esto no es fácil ya que se requiere información de suelos detallada: tipo de suelo y contenido de materia orgánica; y conocer la rotación de cultivos que aplica el agricultor. Además el contenido de materia orgánica del suelo relaciona carbono y nitrógeno, dado que mantiene una relación C/N prácticamente constante, entonces un aumento o disminución del contenido de materia orgánica del suelo va unido a un aumento o disminución de la cantidad de nitrógeno almacenada en él. Es decir, sólo podrá aumentar la materia orgánica de un suelo si hay más nitrógeno disponible en el sistema.

4.5. Ganadería

El trabajo realizado ha permitido obtener conclusiones de interés en el área objeto del estudio. Sin embargo los resultados ofrecen una visión todavía parcial de todos los elementos a considerar. Para completarlo se proponen las siguientes actuaciones:

- Ampliar el estudio de la evolución de los parámetros determinados al ganado vacuno de carne y leche que constituye el otro gran sector ganadero que más contribuye a nivel nacional a estos índices.
- Estimar el consumo anual de agua y de energía fósil necesario para la obtención de alimentos dedicados a la producción porcina, bovina y avícola, a partir del balance de consumo de materias primas para estas especies ganaderas.
- Cuantificar la evolución de la eficiencia de conversión alimenticia a lo largo del periodo estudiado en cada una de las especies y sistemas de producción considerados.

Referencias bibliográficas

- Austic, R. y Nesheim, M. (1990): *Poultry production*. Filadelfia, Editorial Lea & Febiger.
- ARC (1981): *The Nutrient Requirements of Pigs*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough.
- Babot, D. (2007): *Gestión del Agua en la Explotación Porcina*. Universitat de Lleida, Departamento de Producción Animal.
- Babot, D.; Forcada, F.; Vidal, A. y Buxadé, C. (2009): *Diseño de alojamientos e instalaciones*. Editorial Servet.
- Babot, D.; Andrés, N.; De la Peña, L. y Chávez, E. R. (2004): *Proyecto TRAMA. Técnicas de gestión medioambiental en producción porcina*. Universitat de Lleida (disponible en <http://www.proyectotrama.com>).
- Bota, J. A.; Pastrana, P.; Cepeda, M.; Pérez, M., y Márquez, L. (2004): *Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- BDPorc (2003): *Boletín de información del banco de datos de referencia del porcino español*. Revista Suis (1).
- BDPorc (2009): *Boletín de información del banco de datos de referencia del porcino español* (6).
- Brooks, P. H.; Russel, S. J.; y Carpenter, J. L. (1984): “Water intake of weaned piglets from three to seven weeks old”; en *Vet. Rec.* (115); pp. 513-515.
- Brouwer, C. y Heibloem, Y. (1986): *Irrigation water needs. Irrigation water management*. Roma, FAO Training Manual N. 3.
- Buxadé, C. (1987): *La gallina ponedora*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Buxadé, C. (1988): *El pollo de carne*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Cajamar (2005): “Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería”; Almería, Estación Experimental de Cajamar “Las Palmerillas”. Caja Rural Intermediterránea.
- Cañada Martínez, A. (1999): “La distribución de la renta: una nota metodológica sobre las nuevas posibilidades de estudio en el SEC95 (1)”; en *Estadística Española* (41, 144); pp. 203-240.

- Carvajal, M. (2009): *Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos*. Murcia, CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (disponible en http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf)
- Cepeda, M. (2005): *Método de estimación del consumo de combustible en el medio rural de la agricultura española por actividades agrarias*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Comisión Europea (2003): *Integrated Pollution Prevention and Control*. Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs (BREF).
- Corominas Massip, J. (2009): “Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad”. Comunicaciones de los invitados especiales; *Jornadas de Ingeniería del Agua*, Madrid, 27 y 28 de octubre de 2009.
- Chapagain, A. K. y Hoekstra, A. Y. (2004): *Water footprints of nations*. Volumen 1: Main Report. Value of Water Research Report Series N. 16. UNESCO-IHE (disponible en <http://www.waterfootprint.org>).
- Chatellier, V. y Verité, R. (2003): *INRA Productions Animales* 16; pp. 231-249.
- De Blas, C.; Cambra-López, M.; García-Rebollar, P. y Torres, A. G. (2008): *XXIV Curso de Especialización FEDNA*; pp. 122-127.
- Dirección General de Análisis Macroeconómico y Economía Internacional del Ministerio de Economía y Hacienda (disponible en <http://serviciosweb.meh.es/APPS/DGPE/BDSICE/Busquedas/Busquedas.aspx>)
- Doménech, J.; Martínez M. y Fernández, M. (2010): *La agricultura y el CO₂. Cuaderno de Campo*. Gobierno de la Rioja, Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Estación de Mecánica Agrícola (varios años): *Boletines OCDE*. Varios títulos. Estación de Mecánica Agrícola.
- European Environment Agency (1995): *Europe's Environment-The Dobris Assessment*.
- European Environment Agency (1998): *Europe's Environment-Second Assessment*.

- FAO (2009): *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Roma, FAO (disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0701s.pdf>)
- FEDNA (2006): *Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino: Normas Fedna*. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal.
- FEDNA (2008): *Necesidades Nutricionales para Avicultura: Normas Fedna*. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal.
- Froese, C. y Small, D. (2001): *Water consumption and waste production during different production stages in hog operations*. DGH Engineering Ltd. Presented to: Manitoba Livestock Manure Management Initiative Inc.
- Fuertes Sánchez, A. (2009): *Posibilidades técnicas del uso de biomasa no alimentaria para la obtención de energía en España*. Proyecto Fin de Carrera, ETSIA-UPM.
- Garrido, A.; Llamas, M. R.; Varela-Ortega, C.; Novo, P.; Rodríguez-Casado, R. y Aldaya, M. M. (2010): *Water footprint and virtual water trade of Spain: policy implications*. Nueva York, Springer.
- Georgievskii, I. V.; Annenkov, B. N. y Samokhin, V. I. (1979): *Mineral nutrition of animals*. Butterworths (sexta edición).
- González de Miguel, C.; Díaz-Ambrona, C. H. y Postigo, J. L. (2009): *Evaluación de la sostenibilidad agraria. El caso de La Concordia (Nicaragua)*. Madrid, Ingeniería sin Fronteras. Asociación para el Desarrollo (disponible en <http://oa.upm.es/1746/>)
- Grass, R.; Benoit, M.; Deffontaines, J. P.; Duru, M.; Lafarge, M.; Langlet, A. y Osty, P. L. (1989): *Le Fait Technique en Agronomie. Activité Agricole, concepts et Méthodes d'Étude*. París, Institut National de la Recherche Agronomique.
- Grupo INPROVO (2010): Comunicación personal.
- Hacala (2006): *Les ruminants et le réchauffement climatique*. Institut de l'Elevage Adame.
- Hardy, L. y Garrido, A. (2010): *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España*. Papeles de Agua Virtual, Fundación Marcelino Botín.

- Hutson, S. S.; Barber, N. L.; Kenny, J. F.; Linsey, K. S.; Lumia, D. S. y Maupin, M. A. (2004): *Estimated use of water in the United States in 2000*. US Geological Survey Circular 1268.
- IDAE (2005): *Ahorro y eficiencia energética en la agricultura: ahorro del combustible en el tractor agrícola*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- IDAE (2006): *Ahorro y eficiencia energética y sistemas de laboreo*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- ICONA (varios años): Mapas de Estados Erosivos. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICONA (1988): *Agresividad de la lluvia en España*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICONA (1991): *Plan de lucha contra la erosión*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- INTERAL (2008): *Estudio de posicionamiento estratégico para el sector de alimentación animal en el escenario actual*. INTERAL, Organización Interprofesional Española de la Alimentación Animal.
- INRA (1984): *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. París, Ed. INRA.
- IPCC (2006): *IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories*. Vol. 4: *Agriculture, Forestry and other Land Use*. Japón, Hayama (Kanagawa).
- Johnson, K. A. y Johnson, D. E. (1995): *J. Anim. Sci.* (73); pp. 2483-2492.
- Khalil, N. A.; Rasmussen, R. A. y Moraes, F. (1993): *J. Geophys. Res.* (98); p. 14753.
- Lal, R. (2004): *Carbon emission from farm operations* (disponible en <http://koll1.chem.uszeged.hu/colloids/staff/marti/Kornyezetikemia/Plusz%20olvasmany/Levego/Carbon%20emission%20from%20farm%20operations.pdf>).
- Latimier, P.; Gallard, F. y Corlouër, A. (1996): "Actualisation des volumes et des quantités d'azote, de phosphore et de potasse rejetés dans le lisier par un élevage naisseur-engraisseur"; en *Journées de la Recherche Porcine en France* (28); pp. 241-248.
- Leeson, S. y Summers, J. D. (2000): *Broiler Breeder Production*. Editorial University Books.

- Leeson, S. y Summers, J. D. (2001): *Nutrition of the Chicken*. Editorial University Books (cuarta edición).
- Leeson, S. y Summers, J. D. (2005): *Commercial Poultry Nutrition*. Editorial University Books (tercera edición).
- Lewandowski, I.; Härdtlein, M. y Kaltschmitt, M. (1999): "Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability"; en *Crop. Sci.* (39); pp. 184-193.
- Loomis, R. S. y Connor, D. (2002): *Ecología de cultivos: Productividad y manejo en sistemas agrarios*. Madrid, Mundi-Prensa.
- Luke, G. J. (1987): *Consumption of water by livestock*. Resource Management Technical Report nº 60, Department of Agriculture Western Australia.
- Massabie, P. (2001): *L'abreuvement des porcs*. Vol. 24, N. 6.
- Meeusen, M. J. y Weidema, B. P. (2000): *Agricultural data life cycle assessments* (disponible en http://lcacenter.org/library/pdf/2_00_01_1.pdf).
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2004): *Estudio sobre consumos energéticos por cultivos y provincias en España*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varios años): *Anuarios de Estadística Agroalimentaria* (disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>).
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (varias fechas): *Boletín Mensual de Estadística* (disponible en <http://www.MA-GRAMA.es/>). (Disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/publicaciones/BME/introduccion.htm>).
- Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (2010): *Bases zootécnicas para el cálculo del balance de nitrógeno y de las emisiones de gases producidas por la actividad ganadera en España. Introducción*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008): *Cálculo de costes y utilización de aperos y máquinas agrícolas*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (disponible en: <http://www.mapa.es/app/mecanizacion/costesAperos>).

- Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (2010): Comunicación personal (J. J. Rincón).
- Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (2006): *Guía de Mejores Técnicas*. Disponibles del Sector Porcino. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (disponible en <http://www.MAGRAMA.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/ganaderia-y-medio-ambiente/mejores-tecnologias-disponibles-en-avicultura-y-porcino/>).
- Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (2010): *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España e información adicional. Años 1990-2008*. Comunicación a la Secretaría del convenio marco sobre cambio climático y protocolo de Kioto. Madrid, MAGRAMA.
- Ministerio de Medio Ambiente (2007a): *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1990-2005*. Comunicación a la Comisión Europea. Decisiones 28/2004/CE y 2005/166/CE. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente (2007b): *Inventario de gases de efecto invernadero de España*. Edición 2007 (Serie 1990-2005). Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino (2007): *Sostenibilidad y desarrollo: Desafíos para la sostenibilidad en España*. Madrid, Ministerio Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- Ministerio de Industria Turismo y Comercio (2007): *Estadística de la industria eléctrica, años 2002 hasta 2007*. Madrid, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Ministry of Environment (USA) (1996): *Animal weights and their food and water requirements*. Resource document.
- Ministry of Agriculture (2007): *Food and Rural Affairs 2007*. Water Requirements of Livestock (disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/07-023.htm>).
- National Geographic (2010): How much H₂O is embedded in Everyday Life? (disponible en <http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/embedded-water/>).

- Novo, P.; Garrido, A. y Varela-Ortega, C. (2009): “Are virtual water ‘flows’ in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity?”; en *Ecological Economics* (68); pp. 1454-1464.
- NRC (1981): *Effects of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Subcommittee on Environmental Stress, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (1985): *Nutrient Requirements of Sheep*. Sixth Revised Edition. Subcommittee on Sheep Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (1987): *Predicting feed intake of food-producing animals*. Subcommittee on Feed Intake, Committee on Animal Nutrition National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (1994): *Nutrient Requirements of Poultry*. Ninth Revised Edition. Subcommittee on Poultry Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (1998): *Nutrient Requirements of Swine*. Tenth Revised Edition. Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (2000a): *Nutrient requirements of beef cattle*. Seventh Revised Edition. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, National Research Council, Washington DC, National Academy Press.
- NRC (2000b): *Clean coastal waters: Understanding and reducing the effects of nutrient pollution*. Washington DC, National Academy Press.
- Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) (disponible en <http://www.sostenibilidad-es.org/>).
- OCDE (2001): *Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results*. Executive Summary.

- OECD (2008): *Agri-environmental Environmental Performance of Agriculture in OECD Countries Since 1990* (disponible en <http://213.253.134.43/oecd/pdfs/browseit/5108011E.PDF> <http://lysander.sourceoecd.org/vl=289688/cl=22/nw=1/rpsv/cw/vhosts/oecdthemes/99980002/v2008n8/contp1-1.htm> verificado 1/10/2008)
- Oficina Europea del Suelo (2000): *Estimation of the erosion risk in Italy*. Centro Común de Investigación.
- Oficina Europea del Suelo (2001): *Soil Erosion Risk in Europe*. Centro Común de Investigación.
- Olentine, C. G. y Ensminger, M. E. (1978): *Feeds & Nutrition*. The Ensminger Publishing Company.
- OSE (2009): *Sostenibilidad en España*. Observatorio de Sostenibilidad en España (disponible en <http://www.sostenibilidad-es.org/informes/informes-anuales/sostenibilidad-en-espana-2009>).
- Paustian, K.; Andrén, O.; Janzen, H. H.; Lal, R.; Smith, P.; Tian, G.; Tiessen, H.; Van Noordwijk, M. y Woomer, P. L. (1997): "Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions"; en *Soil Use and Management* (13); pp. 230-244 (disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00594.x>).
- Pallas, P. (1986): *Water for animals*. FAO, Land and Water Development Division (disponible en <http://www.fao.org/docrep/R7488E00.htm>).
- Ranjhan, S. K. (1998): *Nutrient Requirement of livestock and Poultry*. Nueva Delhi (India) Indian Council of Agricultural Research.
- Reche, J. (2005): Cultivo de la judía verde en invernadero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 228p.
- Rhode, H. (1990): *Science* (249); p. 1217.
- Sánchez-Girón Renedo, V. (2010): *Evolución del uso de la energía en la producción de cultivos*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.
- Secretaria General del Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (varios años): *Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

- Serrano, Z. (1996): *Veinte cultivos de hortalizas en invernadero*. Edt. Autor. Sevilla.
- Soussana, J. F.; Loiseau, P.; Vuichard, N.; Ceschia, E.; Balesdent, J.; Chevallier, T. y Arrouays, D. (2004): *Soil Use and Management* (20); pp. 219-230.
- Thulin, P. A. y Brumm, M. C. (1991): "Water: The forgotten nutrient"; en Miller, E. R.; Ullrey, D. E. y Austin, A. J., eds.: *Swine Nutrition*. Butterworths-Heinemann, Stoneham; pp 315-324.
- Tragsega (2010): Grupo TRAGSA. Comunicación personal.
- Tragsega: *Bases zootécnica para el cálculo del balance de nitrógeno y de las emisiones en la ganadería*. Volumen 6: Aves de puesta. Grupo TRAGSA (Disponible en http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/618.php).
- Tragsega. *Bases zootécnica para el cálculo del balance de nitrógeno y de las emisiones en la ganadería*. Volumen 7: Aves de carne. Grupo TRAGSA (disponible en: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/618.php).
- Van der Sluis, W. (2007): "Intensive Poultry Production"; en *World Poultry* (23, 12) (disponible en <http://www.worldpoultry.net>).
- Van Soest, P. J. (1994): *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock, Cornell University Press.
- Vereijken, P. (1994): *Designing prototypes. Progress Reports 1 of research network on integrated and ecological arable farming systems for EU and associated countries*. AB-DLO, Wageningen, The Netherlands, 87 pp.
- Vermorel, M. (1995): *Productions Animales* (8, 4); pp. 265-272.
- VIDO (Veterinary Infectious Diseases Organization) (1998): *Washing Water Survey by VIDO Swine Technical Group*. Veterinary Infectious Diseases Organization, Saskatoon, Saskatchewan.
- Winchell, W. (2007): *Water Requirements for Poultry*. Canada Plan Service.

- Wirén-Lehr, S. (2001): “Sustainability in agriculture. An evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice”; en *Agriculture, Ecosystems and Environment* (84); pp. 115-129.

