Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del maíz

IMPACTOS EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA

2021

Institut Cerdà

Elaboración y redacción: Fundación Institut Cerdà

Financiación: ANOVE

Año: 2021

Los contenidos de esta obra están sujetos a una licencia de Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0 de Creative Commons. Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública siempre que se cite el autor y no se haga un uso comercial. La licencia completa se puede consultar en:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es

Presentación y agradecimientos

Este trabajo realizado por la Fundación Institut Cerdà analiza el impacto social, ambiental y económico que ha generado el sector obtentor a lo largo de la cadena de valor del cultivo del maíz en los últimos 30 años. El estudio se enmarca en un conjunto de trabajos que analizan de forma análoga estos impactos en otros cultivos como el trigo blando, el tomate y el arándano.

El estudio se ha desarrollado mediante una metodología analítica y participativa para poder evaluar de forma cualitativa y cuantitativa los impactos de la mejora vegetal en el maíz, y al mismo tiempo generar un consenso por parte de los agentes de la cadena de valor agroalimentaria del maíz, desde la producción hasta el consumo.

Por ello, el estudio ha contado con la implicación de múltiples agentes de la cadena y grupos de interés mediante la realización de distintos procesos participativos. Esta participación se ha dado mediante diferentes canales que han permitido la interacción entre expertos, empresas y representantes del sector a través de entrevistas en profundidad, comités de expertos, y cuestionarios.

En este sentido, la Fundación Institut Cerdà agradece el tiempo, la dedicación y la iteración continua y valiosa al conjunto de expertos y colaboradores consultados y entrevistados durante el desarrollo del proyecto. En especial queríamos agradecer a los miembros del Comité Técnico de Expertos del maíz, Pedro Gallardo, Jose Luis Romeo, Carlos Lapetra, Alberto Moreno, Jorge de Saja y Diego Pazos por la información aportada dentro y fuera de los Comités y a las empresas obtentoras del sector del cereal por la información aportada a través de cuestionarios y entrevistas en profundidad, en particular Alberto Ojembarrena, Antonio Sancha y Alberto de la Riva.

La Fundación Institut Cerdà es una fundación privada e independiente, con casi cuarenta años de experiencia, que se dedica a asesorar y acompañar a los agentes y organizaciones públicas y privadas en la toma de decisiones estratégicas, con la finalidad de impulsar la innovación permanente y la dinamización de la sociedad. El equipo profesional de la Fundación que ha trabajado en el desarrollo del estudio está formado por las siguientes personas:

- Miguel Hernández | Director Área de Prospectiva. Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universitat Autònoma de Barcelona.
- Lluís Inglada | Director Área de Territorio. Licenciado en Geografía por la Universitat de Barcelona, Máster en Gestión Urbanística por la Universitat Politècnica de Catalunya y Máster en Estudios Territoriales y Urbanísticos por la UPC, UPF y la Escuela de Administración Pública de Catalunya
- Claudia Millan | Directora de proyectos. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas y graduada en Derecho por la Universidad Pompeu Fabra.
- Natalia Bernabé | Consultora. Graduada en Bioquímica por la Universitat Autònoma de Barcelona
- Jordi Ayala | Consultor. Ingeniero Industrial por la Universitat Politècnica de Catalunya y Licenciado en Sociología por la Universitat de Barcelona

Índice del documento

RESUMEN EJECUTIVO 11

1. Introducción 15

1.1. El maíz 15

1.2. El sector obtentor 21

1.3. Objetivo del estudio 23

2. Metodología 24

3. Mejoras introducidas por el sector obtentor 26

3.1. Evolución del cultivo de maíz y mejoras 26

3.2. Caracterización de la I+D+i del sector obtentor en el cultivo del maíz 33

4. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de producción 42

4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor consideradas 42

4.2. Impactos ambientales 48

4.3. Impactos económicos 62

4.4. Impactos sociales 68

5. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de transformación 71

5.1. Impactos ambientales 74

5.2. Impactos socioeconómicos 74

6. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de distribución y consumo 82

6.1. Impactos ambientales 82

6.2. Impactos socioeconómicos 83

7. Principales conclusiones 87

8. Referencias 93

ANEXOS 97

Anexo 1 – Aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España 99

Anexo 2 – Cuestionario referente a la I+D+i de las compañías obtentoras en el cultivo del maíz 111

Índice de Figuras

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del maíz (FAO, 2019). 15
Figura 2. Previsión de las necesidades de producción para 2029 (FAO, 2019)..... 16
Figura 3. Morfología del maíz..... 16
Figura 4. Superficie y producción de maíz en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019). 17
Figura 5. Distribución de la superficie y la producción de maíz (en grano y forrajero) en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (MAPA, 2019). 17
Figura 6. Evolución de la superficie y producción de maíz en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019). 18
Figura 7. Importación de maíz en España y porcentaje de procedencia del país de origen (Data Comex, 2020). 18
Figura 8. Morfología del grano de maíz. 19
Figura 9. Principales aportaciones de la semilla certificada 22
Figura 10. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria des de la producción hasta el consumo. 23
Figura 11. Principales tipologías de impactos analizadas en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria en este documento. 24
Figura 12. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor. 24
Figura 13. Entidades y miembros que han formado parte de los Comités de Expertos del maíz para la elaboración de este documento. 25
Figura 14. Morfología del teosinte y el maíz. A. Diferencias en la morfología de la planta. B. Diferencias en la 'oreja' o inflorescencia femenina (Yang et al., 2019). 26
Figura 15. Origen de las variedades del Corn Belt Estadounidense..... 27
Figura 16. Vigor híbrido en maíz. Las mazorcas de los extremos proceden de líneas endogámicas (es decir, reproducidas a partir de sí mismas). Las mazorcas situadas en la parte central son resultado de la hibridación de las mazorcas de los laterales. Cada híbrido está situado junto a su variedad madre (Shull, 1909). 27
Figura 17. Diferencias entre métodos de producción de híbridos a gran escala..... 28
Figura 18. Evolución del rendimiento del cultivo de maíz en EE. UU. (Nielsen, 2020). 28
Figura 19. Principales mejoras incorporadas en la planta y la mazorca del maíz para su incremento de rendimiento 29
Figura 20. Productividad del maíz en España. Adaptado de IRTA (2004) y Anuario de Estadística del MAPA (Varios años). 30
Figura 21. Evolución del registro de variedades de maíz en la UE (Community Plant Variety Office, 2021) 32
Figura 22. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del maíz en España en 2019 (encuesta propia). 33
Figura 23. Radiografía de las 8 compañías del sector obtentor en el cultivo del maíz en España (cuestionarios enviados a las compañías asociadas a ANOVE que trabajan en el subsector del maíz). 33
Figura 24. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan en el cultivo del maíz..... 34

Figura 25. Evolución del registro de variedades de maíz en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021). 35
Figura 26. Nuevas variedades de maíz registradas por parte de las empresas del cultivo del maíz encuestadas en este estudio, sobre las 38 registradas en total, durante los ejercicios 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Fuente: Encuesta propia. 35
Figura 27. VAB y puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos aportados al conjunto de la economía española por parte de las empresas del sector obtentor del cultivo del maíz durante el año 2019 35
Figura 28. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i. 36
Figura 30. Inversión interna, inversión externa y compra de I+D+i (Royalties) por parte de las empresas obtentoras del subsector del maíz en 2019 (encuesta propia). 40
Figura 31. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obtentoras del cultivo del maíz en 2019 (encuesta propia). 41
Figura 32. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento 42
Figura 33. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento. 43
Figura 34. Este estudio ha optado por considerar que los inputs han permanecido constantes en los últimos años 43
Figura 35. Factores considerados ligados a la innovación. 44
Figura 36. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del siglo XX según distintas fuentes consultadas 44
Figura 37. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del maíz durante la segunda mitad del siglo XX y en las últimas décadas según distintas fuentes consultadas. 45
Figura 38. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento. 46
Figura 39. Uso de fertilizantes en el cultivo del maíz. A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D. Cálculos propios a partir del Análisis de la economía de los sistemas de producción de Navarra y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). 49
Figura 40. Uso de fitosanitarios en el cultivo del maíz. Fuente: A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D Análisis de la economía de los sistemas de producción Navarra y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). 51
Figura 41. Evolución de las dosis de riego aplicada en el maíz en Castilla y León por superficie y por kg de maíz entre 2011 y 2018 (Inforiego Castilla y León). 56
Figura 42. Superficie dedicada al cultivo de maíz (grano) en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de MAPA (Varios años). 62
Figura 43. Impactos en el eslabón de producción en el escenario conservador y el del promedio europeo en toneladas de maíz entre los años 1990 y 2017 y anual. 63
Figura 44. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores en el escenario conservador y el de promedio europeo entre los años 1990 y 2017 y anual. 64
Figura 45. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora según escenarios 1 y 2 66

Figura 46. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora según Escenarios 1 y 2 68

Figura 47. Radiografía del sector de la transformación de pienso compuesto (CESFAC, 2019). 71

Figura 48. Principales componentes del pienso compuesto y tipologías (Reglamento (CE) 767/2009). 72

Figura 49. Principales materias primas en la fabricación de piensos compuestos. Fuente: CESFAC (2019). 73

Figura 50. Evolución de la cantidad anual de pienso producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020). 74

Figura 51. Evolución del valor de la producción de pienso entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020). 77

Figura 52. Especificaciones técnicas de análisis del grano de maíz para piensos. Fuente: FEDNA, 2000. 78

Figura 53.Porcentaje de cada grupo de aditivos utilizados directamente en la fabricación de piensos. (CESFAC, 2019) 79

Figura 54. Guía de aplicación y etiquetado de Alimentos y Piensos Modificados Genéticamente 81

Figura 55. Porcentaje de pienso compuesto con OGMs. Fuente: CESFAC a partir de datos de FEFAC (Díaz Yubero,2014) 81

Figura 56. Radiografía del sector de la ganadería, principal consumidor de pienso en España (INE, CESFAC, 2020). 82

Figura 57. Mazorcas de maíz afectadas por hongos (Agroavances, 2018). 84

Figura 58. Evolución del consumo de pienso en España entre 2009 y 2019 en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020. 86

Figura 59. Distribución del consumo de pienso en España en 2017 por comunidades autónomas en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020. 86

RESUMEN EJECUTIVO

El comienzo de la cadena alimentaria y de otras cadenas de consumo, es la semilla. Tradicionalmente se tiende a olvidar y se empieza a hablar de la planta y del producto obtenido, pero antes se encuentra **una etapa imprescindible que se encarga de la semilla, el único insumo imprescindible para el sostenimiento de la cadena de consumo tal como la entendemos, segura y diversa**.

La obtención vegetal es una actividad **altamente tecnológica y de enorme trascendencia económica**, basada en la investigación y desarrollo de nuevas variedades de plantas. Dan respuesta a las demandas de los consumidores finales contribuyendo a la sostenibilidad económica, medioambiental y social de toda la cadena alimentaria y de los cultivos de uso industrial. Entre la década de los sesenta y el año 2000, **los incrementos de productividad han sido espectaculares en todos los cultivos**. Esto ha supuesto que, por ejemplo, en el caso del maíz, el aumento de la productividad haya aumentado en este periodo más del 400% y otros cultivos como el tomate, haya alcanzado un incremento de la productividad de más del 250%.

En este contexto, el papel de la industria de semillas y plantas, los mejoradores vegetales y su capacidad para investigar e innovar, va a ser esencial para el futuro agrario español y europeo y para el alimentario e industrial, a nivel mundial.

La facturación total de las empresas del sector obtentor en el negocio de las semillas y plantas en España en 2019 fue de 733 millones de euros[1]. Esta cifra representa el 3% del total de la producción vegetal en el sector agrario en España. **Pese a su importancia, existen aún pocos estudios que hayan cuantificado su relevancia en España**. Este documento analiza y captura el impacto de la mejora vegetal en la cadena alimentaria española para un cultivo específico, el maíz, por su trascendencia en la alimentación humana y por su importancia histórica y económica.

El maíz es un cultivo de gran importancia económica mundial y uno de los cereales más consumidos del mundo. **Su cultivo permite múltiples aplicaciones, al ser utilizado para la alimentación animal y humana, y ser una materia primera básica de la industria de la transformación**. Su elevado aporte enérgico y la escasa variabilidad de su composición química lo convierten en uno de los ingredientes más utilizados para la alimentación animal. La FAO prevé que la producción mundial de maíz crecerá en el próximo decenio en 193 millones de toneladas (+16%), alcanzando los 1.315 millones de toneladas en 2029. A pesar del déficit en términos de producción, **España ocupa el primer puesto en la producción de piensos compuestos de Europa** y se encuentra entre los diez países con mayor producción del mundo. Los datos demuestran el afianzamiento de la producción de piensos en el territorio español y la robustez de las producciones ganaderas.

A continuación, se destacan los principales impactos de la obtención vegetal en los principales eslabones de la cadena alimentaria (producción, transformación y consumo). Los datos son resultado del **análisis de datos evolutivos** proporcionados por agentes públicos y privados del sector español, y de distintos **procesos participativos** (cuestionarios, entrevistas, comités técnicos de expertos) realizados con múltiples agentes de la cadena.

No existen prácticamente estudios a nivel español relativos a la aportación de la mejora vegetal al incremento de los rendimientos de los cultivos, no obstante, los análisis desarrollados indican que el incremento de rendimientos en el maíz se explicaría **entre por lo menos en un 33% por la actividad obtentora en el escenario conservador** (Escenario 1). Esta contribución podría ser, asimismo mucho más elevada, dado que las evidencias existentes en otros países europeos

[1] Se pueden consultar los datos de aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España en el Anexo 1 de este informe

cifran **la aportación de la mejora vegetal al incremento de los rendimientos de los últimos años en un 50%** en el escenario promedio europeo (Escenario 2).

El estudio analiza los impactos del sector obtentor en toda la cadena de valor agroalimentaria: producción, transformación, distribución y consumo, según el **Escenario conservador** (Escenario 1) y el **Escenario promedio europeo** (Escenario 2) y destaca los principales retos de la Estrategia europea "de la granja a la mesa" (*From farm to fork)*, que afronta cada impacto.

1. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL MAÍZ EN LA PRODUCCIÓN

El impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en maíz se da en su producción. Históricamente, la mejora vegetal ha estado dirigida al incremento de rendimientos, ya sea alterando la anatomía de la planta o haciéndola más resistente a estreses bióticos y abióticos. A nivel local, esto ha permitido incrementar la competitividad del campo español de diferentes maneras:

1 PRODUCTIVIDAD

Incrementos de productividad del 320% en los últimos 50 años, y del 85% en los últimos 30

No existen prácticamente estudios a nivel español relativos a la aportación de la mejora vegetal al incremento de estos rendimientos, no obstante, los análisis desarrollados indican que el incremento de rendimientos se explicaría en un 33% por la actividad obtentora en el escenario conservador y en un 50% en el escenario promedio europeo.

2 PRODUCCIÓN

Producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 11,3 – 17 millones de toneladas[2]

Supone un 10,5% - 16% de la producción en este periodo.

En este sentido, la aportación promedio anual sería de 404.089 – 612.257 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal.

3 INGRESOS

Ingresos adicionales para el campo entre 1990 y 2017 entre 1.980 – 3.330 millones de euros

Supone un 10% - 17% de sus ingresos en este periodo y una aportación promedio anual de 73,3 – 123,3 millones de euros, siendo más elevada en los últimos años del período.

4 PUESTOS DE TRABAJO

2.691 – 4.526 puestos de trabajo anuales equivalentes en España durante el 1990-2017

Entre 675 – 1.135 creados de manera directa, 1.337 – 2.248 indirecta y 680 – 1.143 inducida. Estos puestos han tenido un impacto más concentrado en zonas rurales productoras de maíz de Castilla León, Aragón y Extremadura.

5 REDUCCIÓN DE INPUTS

La obtención vegetal se torna imprescindible para mantener e incrementar la producción en un contexto de reducción de inputs haciendo evolucionar el actual sistema alimentario de la UE hacia un modelo más sostenible.

Exigido por la estrategia europea "De la granja a la mesa" (From farm to fork), que junto a la "Estrategia sobre Biodiversidad para 2030", cuentan con un objetivo común: contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050.

6 FITOSANITARIOS

Ahorros entre 2011 y 2015 de 614.280 kg de fitosanitarios

Según los cuestionarios realizados, más de la mitad de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo (un 53%) van encaminadas a este objetivo.

7 FERTILIZANTES

Según los datos disponibles y la opinión del comité técnico, no se aprecia una reducción en su uso

No obstante, el 65% de las iniciativas de innovación desarrolladas actualmente tienen la disminución en el uso de fertilizantes como uno de sus objetivos.

[2] Todos los datos del informe se muestran según los dos escenarios. En este caso la producción adicional acumulada seria de 11,3 millones de toneladas según el escenario conservador (Escenario 1) y de 17 millones de toneladas según el escenario promedio europeo (Escenario 2)

8 CONSUMO HÍDRICO

Ahorros de 19,3 – 29,2 millones de m^3 de agua anuales en el cultivo del maíz

Equivalente al consumo de una ciudad de 372.000 – 563.700 habitantes. Actualmente, el 71% de las iniciativas de innovación tienen como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico.

9 ENERGÍA

Ahorro energético total es de 984 – 1.490 millones de MJ/año

Equivalente al consumo anual efectuado por 27.570 – 41.770 hogares. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción, y en el transporte en la importación de maíz.

10 EMISIONES

Ahorro de emisiones de 68.000 – 103.000 t de CO2eq/año

Equivalente a las emisiones anuales de 40.000 – 60.700 coches. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción, y en el transporte en la importación de maíz.

11 DEFORESTACIÓN

Se hubiera necesitado 44.900 – 73.400 ha más cada año para obtener la producción existente de maíz

Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido

12 CAMBIO CLIMÁTICO

Capacidad de crear variedades mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas

Por ello, un 70% de las iniciativas de innovación en relación con el maíz van encaminadas hacia la adaptación de los efectos del cambio climático.

13 DESPOBLACIÓN

Se afronta el envejecimiento y la despoblación rural que está viviendo España en las últimas décadas

Gracias a la creación de puestos de trabajo, al desarrollo y a la mejora de la competitividad rural del campo español

14 RESILIENCIA

Incremento de la resiliencia de la cadena de valor a las posibles subidas de precio a nivel global del maíz

Gracias al incremento de la productividad, especialmente en un contexto en el que España es deficitaria en este cultivo, pero principal exportadora de piensos compuestos, cuya principal materia prima es el maíz

2. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL MAÍZ EN LA TRANSFORMACIÓN

El incremento del rendimiento y la producción de los cultivos en España ligados a la innovación en la mejora vegetal **se transmiten a lo largo de la cadena y tienen un impacto directo en la transformación** de sus subproductos.

1 DIGESTIBILIDAD

Mejora de la digestibilidad de los piensos compuestos a base de maíz

Mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes y mayor capacidad de producción de leche.

2 MICOTOXINAS

Reducción significativa de la presencia de micotoxinas en los cultivos de maíz

La obtención de la variedad de maíz resistente al taladro evita que se produzcan daños en la planta

3 AHORROS SECTOR DEL PIENSO

La falta de innovaciones hubiera supuesto un sobrecoste mínimo anual asociado al transporte del maíz de 9,4 – 14,2 M€

Dado que, entre 1990 y 2018 hubiera sido necesario importar por parte del sector productor de piensos 11,2 - 17 millones de toneladas de maíz adicionales, con un coste de 243 – 369 M€.

5 SEMILLA CERTIFICADA

El sistema de certificación de la semilla también es valorado por la industria de primera transformación por permitir una mayor trazabilidad de la materia prima y por lo tanto una mayor garantía de seguridad alimentaria.

Asimismo, se ha observado que las variedades de maíz transgénico resistentes al taladro tienen menos riesgo de contaminación por micotoxinas, contribuyendo de esta forma a la seguridad alimentaria en toda la cadena de valor en la alimentación animal

3. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL MAÍZ EN EL CONSUMO

El sector obtentor ha venido desarrollando desde hace años diferentes iniciativas para **dar respuesta a las demandas de los consumidores**, particularmente en maíz para forraje.

1 ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES

Investigaciones en nuevas variedades de maíz para forraje adaptadas a las necesidades de los animales

Son un ejemplo de cómo el sector obtentor contribuye a dar respuesta a las demandas de los ganaderos.

2 MAYOR TRAZABILIDAD

El consumidor valora cada vez más ver de forma clara el origen de los productos y saber cómo se han producido

En este aspecto, queda mucho camino por recorrer, pero el sector obtentor se alza como aliado para para satisfacer las demandas de los consumidores actuales

3 RESPUESTA AL INCREMENTO DE DEMANDA

Dar respuesta al incremento de la demanda de pienso en España durante los últimos años

De forma que ha permitido incrementar el porcentaje de maíz consumido en el mercado interno.

En definitiva, **la mejora vegetal y el sector obtentor en el maíz son piezas clave para**:

- **Mantener e incrementar la actividad económica y el empleo** en las zonas rurales en el contexto actual de pérdida de población de las mismas.
- **Adaptar los cultivos a las futuras condiciones climáticas** e intensificar la agricultura de forma sostenible. Las innovaciones tecnológicas en manejo de cultivo y la mejora en las variedades vegetales van de la mano para conseguir los objetivos marcados por la Comisión Europea para la agricultura.
- **Contribuir a la mejora de la calidad de los forrajes** de maíz para brindar una mejor alimentación a la ganadería.

Sin embargo, cabe destacar **que la regulación de las nuevas herramientas de edición genética son claves para conseguir el máximo potencial genético de los cultivos**, tanto en términos de productividad como en reducción de insumos. **De no resolverse la paralización en la regulación de dichas herramientas en la Unión Europea, el sector no podrá competir con la producción de terceros países**, impactando gravemente en España. El acceso a estas tecnologías, además, permitiría alcanzar los objetivos del Pacto Verde Europeo y sus dos estrategias.

Todos los impactos que aporta el sector obtentor contribuyen a afrontar los principales retos establecidos por la estrategia europea “de la granja a la mesa”, junto a la “Estrategia sobre Biodiversidad para 2030”.

1. Introducción

1.1. El maíz

a. La importancia del maíz en el mundo

El maíz es un cultivo de gran importancia económica mundial y uno de los cereales más consumidos del mundo. Su cultivo se domesticó hace más de 9.000 años para su uso en la agricultura y permite **múltiples aplicaciones, al ser utilizado para la alimentación animal y humana, y ser una materia primera básica de la industria de la transformación**, a partir de la cual se produce almidón, aceite y otros productos alimenticios. Además, en los últimos años, sus residuos vegetales han sido usados como materia prima para generar calor y electricidad, o fermentados para producir biocombustible. El valor del mercado de semillas de maíz en Europa se estima en 1,6 billones de euros según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y los subproductos como el biogás, silo o grano procedentes de esas semillas tienen un valor estimado de más de 32 billones de euros.

Según estos mismos datos, **el maíz fue el cereal más importante (en términos de producción) a nivel global**, con una producción estimada de 1.148 millones de toneladas y más de 197 millones de hectáreas cultivadas en 2019 en el mundo. La Unión Europea es la cuarta región más importante en producción, tras Estados Unidos, China y Brasil respectivamente, con alrededor de 26 millones de hectáreas cultivadas y una producción de más de 65 millones de toneladas conjuntamente (FAO, 2021).

En Europa, el maíz se usa principalmente en la alimentación animal, tanto en grano como en forraje[3]. Su elevado aporte enérgico y la escasa variabilidad de su composición química lo convierten en uno de los ingredientes más utilizados por los ganaderos y los productores de alimentación animal. Su uso en alimentación humana también es corriente -aunque minoritario-al ser una importante fuente de calorías y proteínas. Se calcula que el maíz junto al trigo y al arroz, representan el 42,5 % de todas las calorías de la dieta humana.

La FAO prevé que la producción mundial de maíz crecerá en el próximo decenio en 193 millones de toneladas (+16%), alcanzando los 1.315 millones de toneladas en 2029; los mayores incrementos se darán en China, Estados Unidos, Brasil, Argentina y Ucrania (FAO, 2020).

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del maíz (FAO, 2019).

[3] En alimentación animal, el maíz en grano se utiliza para la producción de pienso, y el forrajero mayoritariamente para ensilar o para alimentar directamente al ganado con la planta verde.

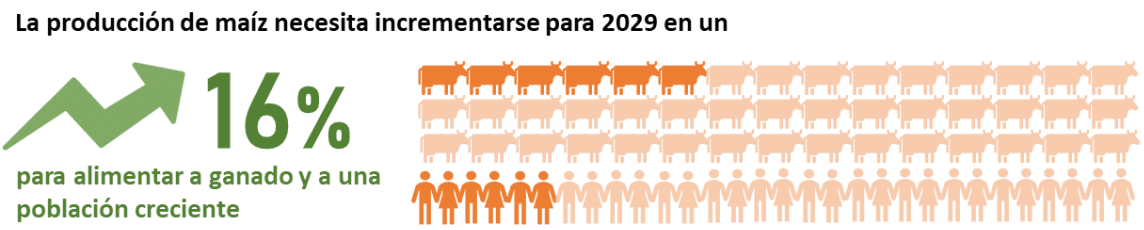


Figura 2. Previsión de las necesidades de producción para 2029 (FAO, 2019).

b. El maíz híbrido y la diferencia respecto a otros maíces

El maíz es una planta de tipo anual, cuya inflorescencia femenina acaba dando lugar a las mazorcas, con granos que pueden ser amarillos, blancos, rojos, morados o negros. La inflorescencia masculina, conocida como penacho, se encuentra en la parte superior de la planta, y es la parte que se encarga de la producción de polen (Figura 3).

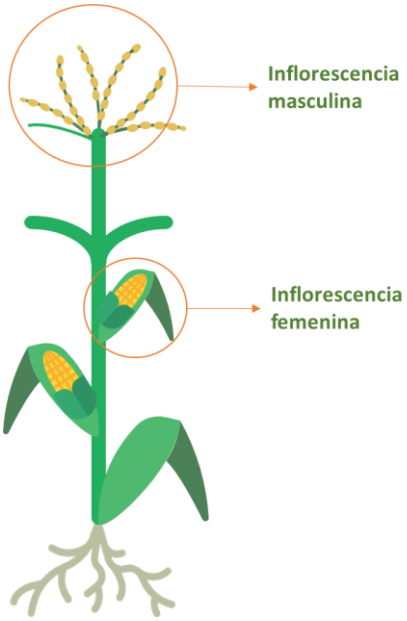


Figura 3. Morfología del maíz.

En este sentido, la reproducción de la planta puede ser mediante polinización libre, es decir, que el polen pueda polinizar a la misma planta o a otras para producir semilla, sin controlar de qué manera lo hace. Por otro lado, la planta de maíz puede reproducirse mediante la creación de híbridos. Estos híbridos provienen de dos líneas parentales que se autopolinizan, actuando una línea parental como parental masculino (emisora de polen) y la otra como parental femenino (receptora de polen). Al polinizar de forma cruzada estas dos líneas parentales, se produce un fenómeno llamado vigor híbrido, donde la planta hija tiene unas características de mayor vigor, rendimiento y resistencia que las plantas parentales. Si se utilizara el grano procedente de estos híbridos como semilla, se perdería ese vigor híbrido, por lo que es importante mantener las dos líneas parentales para la producción de semilla y de esa manera mantener la uniformidad y las ventajas que nos ofrecen los híbridos a lo largo del tiempo. Debido a sus **altos rendimientos en comparación con las variedades de polinización libre**, la mayor parte del maíz cultivado en el mundo es maíz híbrido.[4]

c. La importancia socioeconómica del maíz híbrido en nuestro país

En 2018, se sembraron de maíz el 3% de las tierras cultivables españolas (322.373 hectáreas de maíz en grano y 107.341 hectáreas de maíz forrajero), según el Anuario de Estadística del MAPA. La producción en verde de maíz forrajero ascendió a 4.055.493 toneladas, y la de maíz híbrido en grano fue de 3.736.182 toneladas. El presente trabajo se centra en el análisis de los trabajos de mejora del maíz híbrido en España por ser el más cultivado (al representar el 99% del cultivo de maíz en grano).

La mayor parte de la superficie de maíz se cultiva en regadío. El 77% de las explotaciones de maíz del país tienen una orientación a regadío, frente al 23% de secano.

[4] Para más información sobre el descubrimiento y el desarrollo del maíz híbrido, pueden consultar el apartado "3.1 Evolución del cultivo de maíz y mejoras".

Figura 4. Superficie y producción de maíz en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).

El maíz se concentra en su mayor parte en Castilla y León, Galicia y Aragón. Castilla León concentra el 24% de la superficie cultivada y el 23% de la producción de maíz, extendiéndose el cultivo a lo largo de 101.959 hectáreas y produciendo 1.778.128 toneladas de maíz (según los últimos datos publicados por el MAPA, de 2018). Lo siguen de cerca la Comunidad de Galicia (con 20% de superficie y 27% de la producción estatal) y Aragón (19% de superficie y 12% de la producción). Cataluña, Extremadura y Castilla La Mancha ocupan la cuarta, quinta y sexta posición respectivamente, con alrededor del 12%, 8% y 5% de la producción y los cultivos estatales cada una.

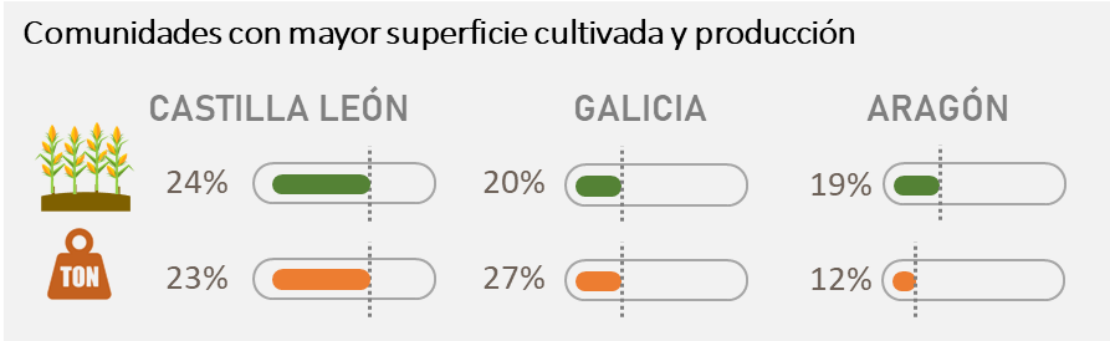


Figura 5. Distribución de la superficie y la producción de maíz (en grano y forrajero) en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (MAPA, 2019).

Respecto a la evolución de la superfie cultivada y producción en el conjunto del país en los últimos años, **España muestra un mantenimiento de la superficie de maíz forrajero** y de la productividad en verde en los últimos 30 años, **y una ligera tendencia al alza en el cultivo y producción de maíz en grano**. En consecuencia y en aras a determinar las aportaciones del sector obtentor en los último años, este informe ha priorizado el análisis del maíz en grano en el eslabón de producción.

En este sentido, tanto la superficie como la producción de maíz en grano muestran una tendencia positiva, aunque con una fuerte variabilidad. La productividad media también ha aumentado en consecuencia, siendo de las más altas de Europa y situandose alrededor de los 11.040kg/ha en los últimos 10 años.

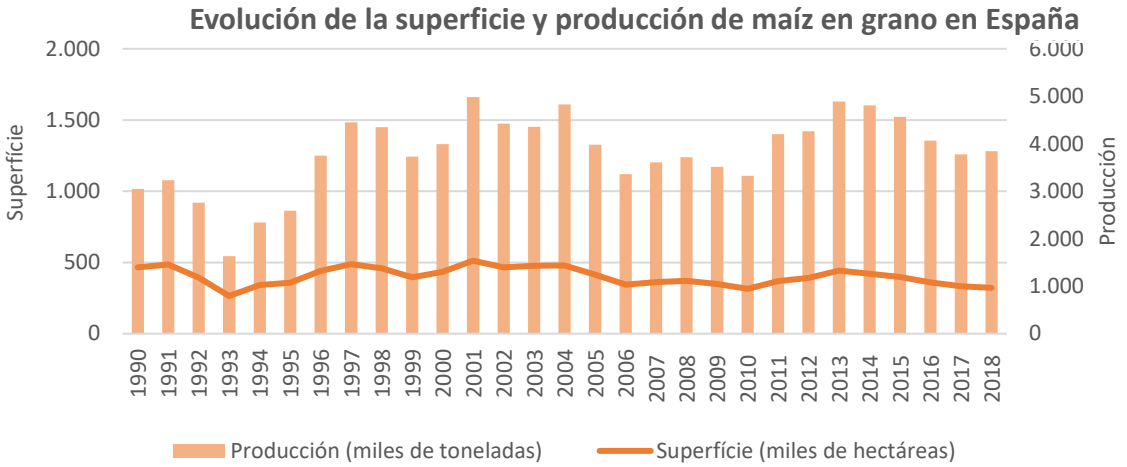


Figura 6. Evolución de la superficie y producción de maíz en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019).

A pesar de la evolución positiva del cultivo en los últimos años, a nivel comercial, **España es un país importador de cereales y en particular, de maíz**. La península ibérica cuenta con un acusado déficit de este cereal, ya que su producción nacional no llega a cubrir las necesidades internas, obligando a los operadores españoles a acudir a los mercados internacionales para suplir el déficit de producción a través de importaciones.

Según datos de Datacomex, **el déficit medio de las últimas 5 campañas** (media de las importaciones) **asciende a 8,03 millones de toneladas anuales.** Los principales socios comerciales de España son Ucrania, Brasil y Francia. En las últimas cinco campañas, más del 75% de las importaciones han tenido como origen estos tres países, representando el 36%, 23% y 19% de las importaciones españolas. La Unión Europea es un socio minoritario en este cultivo, representando tan solo el 31% de las importaciones españolas de maíz.

Figura 7. Importación de maíz en España y porcentaje de procedencia del país de origen (Data Comex, 2020).

A pesar del déficit en términos de producción, España ocupa el primer puesto en la producción de piensos compuestos de Europa y se encuentra entre los diez países con mayor producción del mundo. Los datos demuestran el afianzamiento de la producción de piensos en el territorio español y la robustez de las producciones ganaderas, a pesar del déficit productivo de cereales en la península.

d. El maíz cultivado en España

El maíz dentado (Dent) es el **principal tipo de maíz cultivado en España, más comúnmente para grano y ensilado**. El endospermo del maíz dentado tiene más almidón blando que otros tipos de maíz y el almidón duro está limitado solo a los lados del grano. Cuando el grano comienza a secarse, el almidón blando en la parte superior del grano se contrae y produce una pequeña depresión. Esto da la apariencia de un diente y de aquí su nombre.

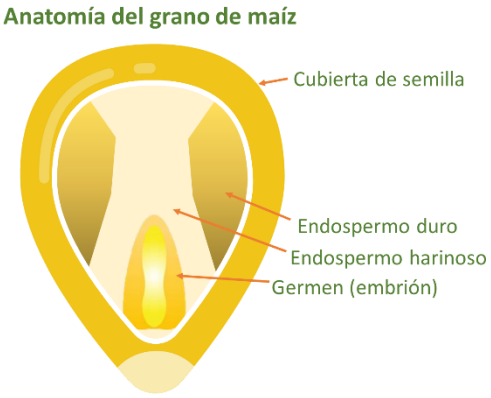


Figura 8. Morfología del grano de maíz.

Si bien, también existen **otros tipos de maíz cultivados en España como el maíz dulce**, que contiene mayor cantidad de azúcar, **o el ceroso (*waxy*),** cuya principal característica es que casi el 100% del almidón es amilopectina-. Otro tipo de maíz con menor representación en España es el **maíz duro** (Flint) en el que el endospermo está constituido sobre todo de almidón duro con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. Los maíces duros suelen usarse para alimentación humana y para hacer fécula de maíz.

También es importante destacar que, debido a la versatilidad de uso que presenta la planta de maíz, de ella se aprovecha la práctica totalidad…

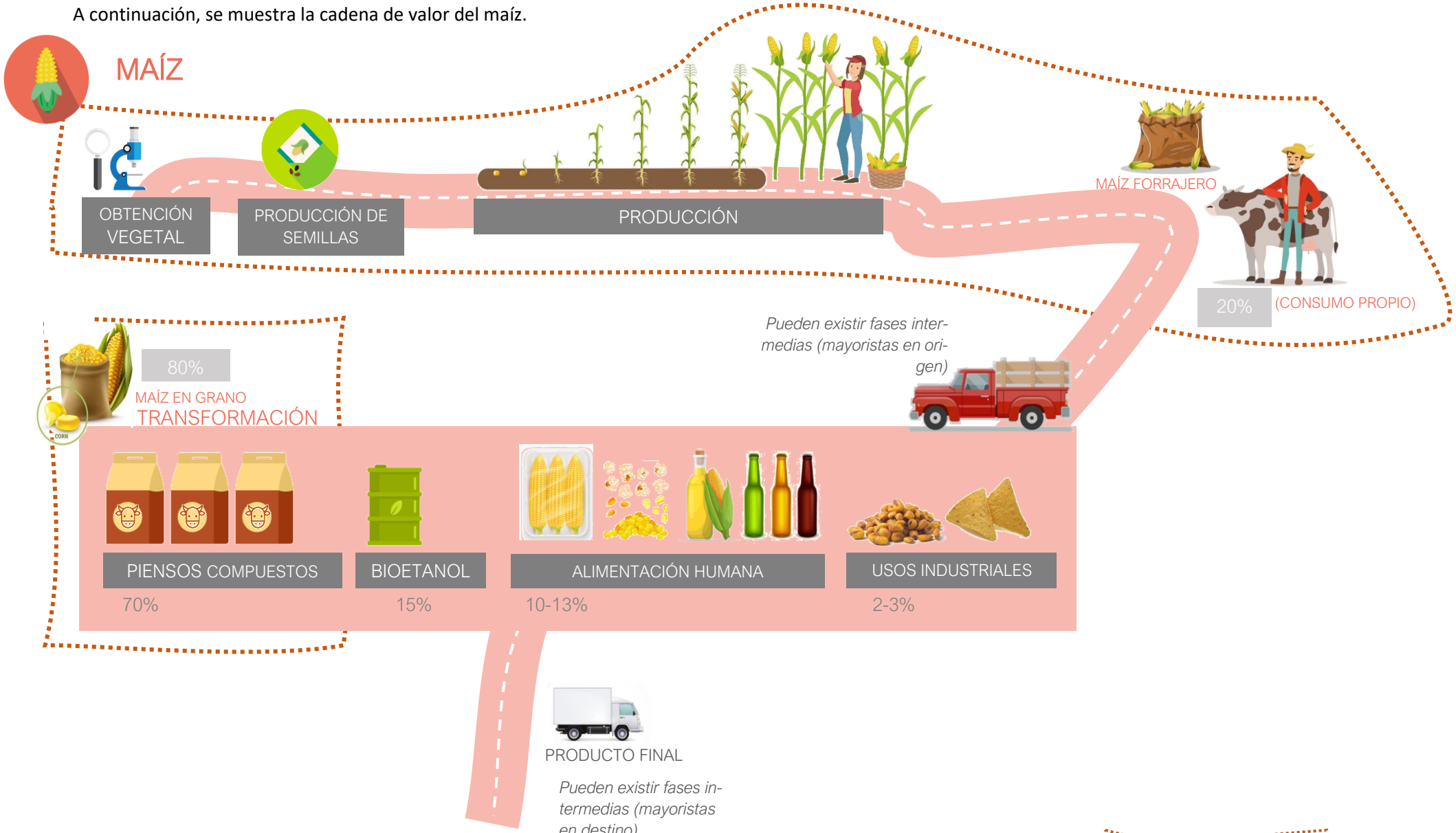
- **El grano y la mazorca de maíz se utilizan en distintas industrias** tanto para alimentación humana, como para la producción de piensos.

- **En su uso como forraje, se aprovecha también la parte verde de la planta y se utiliza mayoritariamente para autoconsumo** y, en menor medida, también como materia prima para la producción de piensos.[5]

[5] Cabe remarcar que la producción y superficie de maíz destinada para forraje puede diferir de las estadísticas del MAPA, debido a que gran parte de maíz para uso forrajero es destinado al autoconsumo y no se acaba reportando según ha comunicado para este estudio el Comité Técnico de expertos.

e. La cadena de valor del maíz

A continuación, se muestra la cadena de valor del maíz.



Parte de la cadena en la que se centra este estudio

Con el objetivo de acotar el alcance del presente estudio de impacto, el trabajo se ha centrado en aquellas partes de la cadena mayoritarias. En consecuencia**, el estudio se centra en el maíz forrajero, así como en el maíz en grano destinado a consumo animal, que abarcan conjuntamente más del 75% de la producción total.**

A continuación, se detallan más en profundidad las partes de la cadena de valor estudiadas:

- **PRODUCCIÓN**: explotaciones agrícolas o cooperativas de productores encargados de la producción de maíz híbrido (forrajero y en grano, independientemente de su destino final).
- **TRANSFORMACIÓN:** industria transformadora de los piensos compuestos a partir del uso de granos de maíz. No incluye el proceso de transformación del maíz forrajero (sector de forrajes deshidratados o ensilado), pero sí el uso de maíz forrajero como componente de los piensos compuestos.
- **TRANSPORTE, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO:** operadores que integran las plataformas logísticas de transporte y distribución de pienso animal. Son los agentes que intervienen en la distribución hasta la venta en minorista, estando en contacto directo con el cliente final. El trabajo considera a los ganaderos como los principales compradores de pienso animal, analizando tanto la compra de pienso compuesto como el valor percibido del maíz forrajero (para autoconsumo).

1.2. El sector obtentor

a. La mejora vegetal: de los orígenes de la agricultura a la actualidad

Las plantas cultivadas de interés agrícola hoy en día existen gracias a un proceso de domesticación de plantas silvestres iniciado hace más de 10.000 años. Con el origen de la agricultura, se comenzó un proceso de selección de forma inconsciente, donde el ser humano fue escogiendo aquellas plantas y variedades donde se observaban mejor resultado y adaptación, además de realizarse un proceso de selección natural en los campos de cultivo, ya que aquellos cultivos más resistentes a los factores bióticos y abióticos tenían más probabilidad de sobrevivir.

A finales del siglo XVIII tuvo lugar uno de los primeros cruces de plantas realizados de forma consciente, iniciándose así una etapa donde la mejora vegetal se empezó a realizar en base a resultados empíricos. Posteriormente, a partir de 1900 y con el redescubrimiento del trabajo de Mendel, empezó una nueva etapa de mejora vegetal, esta vez nutriéndose de los conocimientos en ciencia, realizada hasta día de hoy. En este sentido, la **mejora de especies vegetales** actualmente usa conocimientos en ciencias (genética, biología molecular, citogenética, etc.) y tecnologías (cruzamientos, selección genómica, hibridaciones, etc.) para conseguir plantas mejor adaptadas y más resistentes a los factores bióticos y abióticos, como pueden ser las condiciones climáticas, la salinidad del suelo o la resistencia a infecciones y plagas.

La **mejora vegetal** usa métodos donde se experimenta con la propia genética de la planta o mediante cruces entre plantas compatibles. La transgénesis se basa en la modificación de las plantas mediante genes de otras plantas que no son compatibles para su cruce, o genes de organismos diferentes a las plantas..

En este contexto, **el sector obtentor, dedicado a la mejora vegetal, es un sector clave para la alimentación y la economía**. La mejora vegetal es el origen de las cadenas agroalimentarias y de los procesos de elaboración de derivados vegetales. La competitividad y calidad de su actividad transciende en todos los eslabones de la cadena beneficiando la sociedad, el medio ambiente y la economía en su conjunto.

Sin embargo, se trata de un sector aún poco conocido entre la población, las instituciones y los mismos agentes de la cadena, que desconocen el origen de sus productos y no son conscientes de las inversiones ni del impacto de las investigaciones que desarrolla el sector. Según las especies cultivadas, desde el proceso de investigación hasta la puesta en el mercado de la semilla pueden pasar entre 10 y 12 años.

En España, 56 empresas obtentoras vegetales y 3 centros públicos de investigación se agrupan en torno a ANOVE (Asociación Nacional de Obtentores Vegetales) con el cometido de defender los intereses y el desarrollo del sector. En las 59 organizaciones del sector obtentor asociadas a ANOVE **trabajan actualmente más de 2.500 profesionales en el sector de la semilla, la mayoría personal altamente cualificado**[6]. El 81% de las empresas del sector obtentor asociadas dispone de un departamento propio de I+D, con un total de 52 centros de I+D repartidos por España, en los que se ocupa aproximadamente el 30% de la plantilla. En el Anexo I se pueden consultar los datos de aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España.

b. La certificación de semillas: el estándar de calidad que certifica la I+D+i realizada por el sector obtentor

La obtención de variedades vegetales por empresas y centros públicos se visibiliza mediante un sistema oficial de certificación de semillas que garantiza la calidad de la semilla en los parámetros exigidos en los Reglamentos Técnicos, siendo la semilla certificada un producto de calidad de primer orden, estandarizado y de reconocimiento internacional. Esta calidad está garantizada por el doble control ejercido, tanto por la empresa productora como por el Organismo oficial responsable, de modo que este control ofrece unas garantías que aseguran que las semillas lanzadas al mercado cumplen con unos estándares de pureza genética y varietal, es decir, que no dará lugar a diferentes tipos varietales de cultivo, hecho que dificultaría su manejo.

La certificación de semillas también asegura un óptimo estado sanitario de las mismas, al evitar la propagación de enfermedades en el cultivo durante su crecimiento, además de una máxima vitalidad, al asegurar la germinación en un alto porcentaje de forma rápida y asegurar a los agricultores el rendimiento económico del cultivo. Estos factores se traducen en un ahorro significativo de costes en el eslabón de producción, tanto por la menor dosis de semilla empleada en la siembra si es certificada, como por el tiempo y la logística necesaria para el acondicionamiento del grano (en semilla no híbrida).

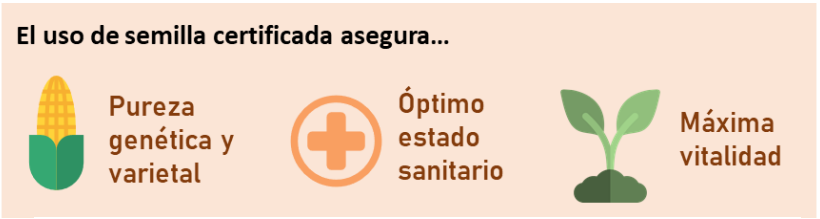


Figura 9. Principales aportaciones de la semilla certificada

[6] *Se puede consultar la información actualizada en la página web de ANOVE: https://www.anove.es/*

1.3. Objetivo del estudio

La mejora vegetal desarrollada por el sector obtentor es el origen de las cadenas agroalimentarias. Pese a su importancia, aún existen pocos estudios que hayan cuantificado su relevancia en España.

El presente documento busca capturar el impacto de la mejora vegetal en maíz, por su trascendencia en la alimentación animal y la importancia histórica y económica de este cultivo en España. En particular, el presente análisis tiene como objetivos:

1. **Analizar las mejoras introducidas en el cultivo del maíz** por parte del sector obtentor.
2. Desarrollar una **metodología analítica y participativa** para evaluar los impactos de la mejora vegetal en el maíz, que genere **consenso** por parte de los agentes de la cadena.
3. **Evaluar la aportación en las últimas décadas del sector obtentor** al medio ambiente, la sociedad, la economía y el territorio.
4. Caracterizar y dimensionar los **impactos ambientales, económicos y sociales de la I+D+i en maíz** que realiza el sector y sus efectos en los diversos eslabones de la cadena de valor, desde la producción hasta el consumo.

Figura 10. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria des de la producción hasta el consumo.

2. Metodología

Los resultados del presente estudio se basan en el análisis de **datos evolutivos** de obtención, producción, transformación, transporte, distribución y consumo de maíz en España proporcionados por agentes públicos y privados del sector.

El estudio también ha contado con la implicación de múltiples agentes de la cadena y grupos de interés mediante la **realización de distintos procesos participativos**. Esta participación se ha dado mediante diferentes canales que han permitido la interacción entre expertos, empresas y representantes del sector a través de entrevistas en profundidad, comités de expertos, y cuestionarios.

A continuación, se detallan los instrumentos metodológicos utilizados para la elaboración de este trabajo:

- **CUESTIONARIO A LAS EMPRESAS DE OBTENCIÓN VEGETAL**: para la realización del estudio se han realizado entrevistas telefónicas y en profundidad a empresas especializadas en la obtención de maíz en España, a lo que se han añadido las aportaciones recibidas a través de más del 90% de las empresas de obtención en España, en términos de facturación del subsector del maíz en el país.
  Los cuestionarios han sido la principal fuente de información utilizada para cuantificar los objetivos de la mejora varietal en los últimos 3 años, y aproximar el impacto esperado de la I+D+i del sector en el conjunto de la cadena. Se distinguen tres tipos de impactos, que vertebran el presente documento: ambientales, sociales y económicos.

Figura 11. Principales tipologías de impactos analizadas en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria en este documento.

- **ANÁLISIS EVOLUTIVO DE INDICADORES:** con el fin de identificar el impacto que tiene la I+D+i en las semillas de maíz y en el conjunto de la cadena alimentaria, se han estudiado distintas series de datos para cada eslabón de la cadena. Este análisis ha permitido identificar patrones de evolución de la especie, así como aspectos para los que existe una relación directa y cuantificable entre las innovaciones desarrolladas y la evolución de estas magnitudes. A modo de ejemplo, las mejoras atribuibles a la semilla de maíz en los últimos años han tenido una relación directa en el aumento de su productividad de manera sostenida en el tiempo.

Figura 12. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.

- **COMITÉ TÉCNICO DE EXPERTOS:** a lo largo del trabajo se ha contado con la participación de un Comité Técnico de Expertos, con representantes de los distintos eslabones de la cadena de valor del maíz, que ha aportado conocimiento técnico de la especie estudiada y ha ayudado a obtener una propuesta consensuada sobre la relación entre I+D+i y la mejora directa de parámetros a lo largo de toda la cadena.

  Los expertos han sido consultados de manera individual sobre su área de especialización, y también se han reunido conjuntamente en 2 sesiones para analizar y concretar de manera conjunta el impacto de la mejora vegetal en aquellos ámbitos donde no había suficientes datos como para establecer una relación directa.

  A continuación, se detallan las entidades y los miembros que han formado dicho Comité:

Entidad	Especialidad en la cadena	Miembro
Asociación Agraria Jóvenes Agricultores	Producción	Pedro Gallardo
agpme Asociación general de productores del maíz de España	Producción	José Luis Romeo
Tereos	Transformación	Carlos Lapetra Alberto Moreno
cesfac	Transformación	Jorge de Saja
aecec Asociación Española de Comercio Exterior de Cereales y Productos Análogos	Consumidores	Diego Pazos

Figura 13. Entidades y miembros que han formado parte de los Comités de Expertos del maíz para la elaboración de este documento.

ANOVE y el Institut Cerdà agradecen al conjunto de expertos del Comité el tiempo, la dedicación y la información aportada en el marco de este estudio.

3. Mejoras introducidas por el sector obtentor

3.1. Evolución del cultivo de maíz y mejoras

a. Origen, domesticación y dispersión del maíz

El maíz (*Zea mays spp mays)* tiene su origen en México, hace aproximadamente 9.000 años. La teoría más aceptada es que se domesticó a partir del teosinte *Z. mays spp parviglumis* (Stitzer y Ross-Ibarra, 2018). En la figura 14 se pueden observan las principales diferencias morfológicas entre el teosinte salvaje y el maíz: la planta de teosinte es más ramificada que la del maíz y tiene múltiples mazorcas en cada rama, mientras que el maíz tiene una sola mazorca en cada rama. Asimismo, las mazorcas también presentan diferencias muy significativas: el teosinte presenta pocos granos que se encuentran protegidos, mientras que el maíz tiene muchos granos expuestos.

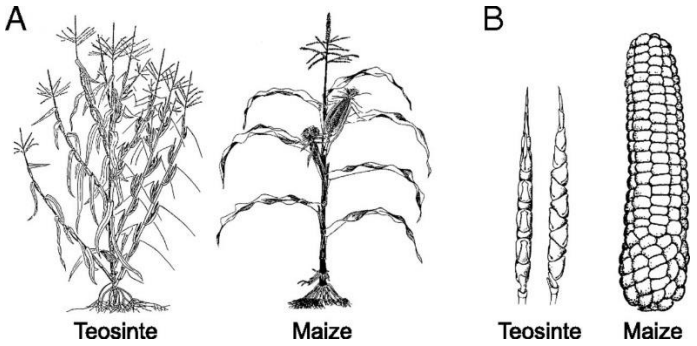


Figura 14. Morfología del teosinte y el maíz. A. Diferencias en la morfología de la planta. B. Diferencias en la 'oreja' o inflorescencia femenina (Yang et al.*, 2019).*

A raíz de su domesticación, el cultivo de maíz se fue extendiendo por todo el continente americano, desde Canadá hasta la mitad de Sudamérica, pasando por el Caribe, dando lugar a diez grupos principales diferenciados entre sí, con adaptación a distintas zonas geográficas (Tenaillon y Charcosset, 2011). No fue hasta 1493 que el maíz llegó a Europa, concretamente procedente del Caribe, traído a partir de las expediciones de Cristóbal Colón. Desde ese momento hubo más introducciones de maíz a Europa desde diferentes partes de América, extendiéndose así el cultivo de distintas variedades por el resto del mundo.

La expansión del maíz ha ido acompañada de su adaptación a distintas condiciones ambientales, ajustando el ciclo de la planta a la duración de la temporada de crecimiento y dando lugar en consecuencia a maíces que podían crecer en mayor o menor tiempo adaptados a la cantidad de luz y temperatura de cada zona[7] (Tenaillon y Charcosset, 2011).

b. Variedades locales y primeros cruces

Desde finales del siglo XV y hasta principios del siglo XX, toda la mejora vegetal del maíz fue llevada a cabo por los agricultores y semilleros, que fueron seleccionando las mejores mazorcas de sus cultivos para seguir cultivando, pese a que este tipo de selección no diera especiales progresos en el rendimiento del maíz.

[7] En este aspecto, la FAO estableció en el año 1952 una clasificación de los ciclos de maíz en base al tiempo entre los días de siembra y la maduración fisiológica del maíz (que pueden ir de 86 días a más de 161). Estos ciclos dependen de la suma de temperaturas que el maíz acumula cada día desde el día de la siembra hasta el día de la cosecha o maduración fisiológica.

Por otro lado, las variedades modernas de maíz duro (*dent)* surgieron en el Corn Belt estadounidense, a mediados del siglo XIX, a causa de una hibridación no buscada entre una variedad de maíz tropical con una variedad local del norte de Estados Unidos (Figura 15), a partir de la cual han surgido muchas de las líneas cultivadas en la actualidad, especialmente en zonas templadas (Ordas, 2013; Kutka, 2011).

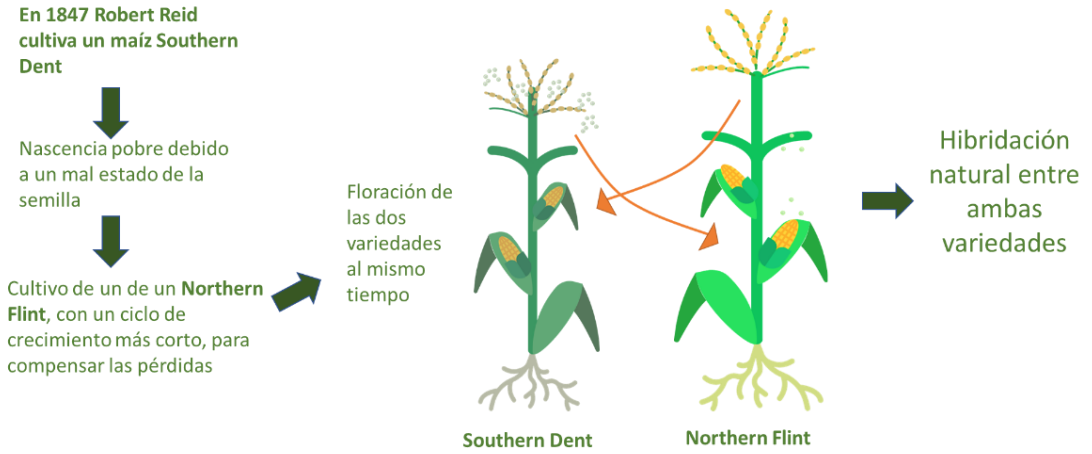


Figura 15. Origen de las variedades del Corn Belt Estadounidense

c. La irrupción de los híbridos: el despegue del rendimiento

Uno de los hitos más importantes en el cultivo y la mejora del maíz fue el "descubrimiento" de la heterosis o vigor híbrido en esta planta, a partir de los estudios de Shull. En un artículo publicado en 1909 sobre el cultivo del maíz, llegaron a la conclusión de que la autofertilización (es decir, la polinización de las variedades por sí mismas) induce a un deterioro de los fenotipos de maíz. No obstante, **al cruzar dos líneas endogámicas, se da lugar a un fenómeno conocido como vigor híbrido o heterosis, que consiste en la mayor fortaleza de diferentes características agronómicas a partir de la combinación de los puntos fuertes de sus líneas parentales**. Este fenómeno se puede apreciar a simple vista en la Figura 16. En este aspecto, Shull llegó a la conclusión que el objetivo de los obtentores de maíz no debía ser conseguir la mejor línea pura, sino encontrar y mantener la mejor combinación de híbridos a partir de estas líneas, es decir, la aptitud combinatoria específica de los parentales.

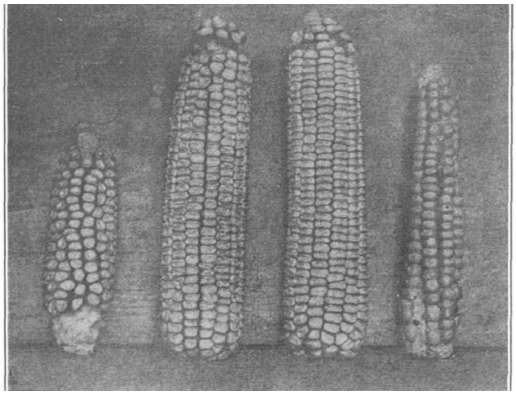


Figura 16. Vigor híbrido en maíz. Las mazorcas de los extremos proceden de líneas endogámicas (es decir, reproducidas a partir de sí mismas). Las mazorcas situadas en la parte central son resultado de la hibridación de las mazorcas de los laterales. Cada híbrido está situado junto a su variedad madre (Shull, 1909).

Teniendo como base los descubrimientos de Shull, el **primer método práctico de producción de híbridos de maíz a gran escala** se desarrolló entre 1914 y 1917 por Donald F. Jonnes. Su método

consistía en realizar **dobles híbridos**, a partir de 4 líneas endogámicas. (Byerlee, 2020). Posteriormente, este proceso se simplificó y hoy en día se crean híbridos simples, a partir del cruce de dos líneas parentales endogámicas.

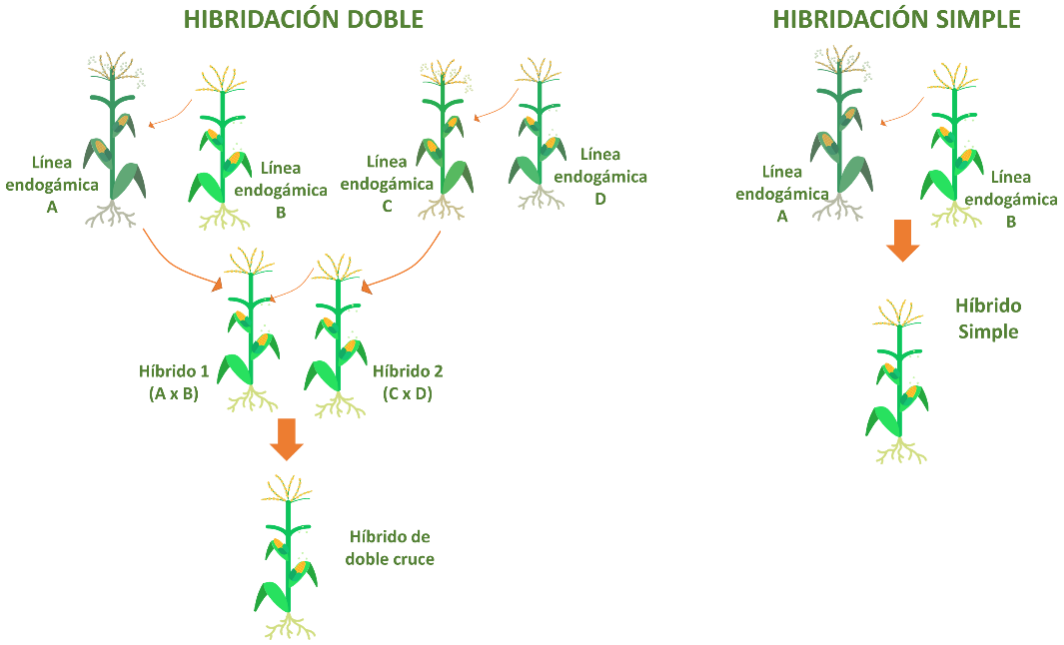


Figura 17. Diferencias entre métodos de producción de híbridos a gran escala

Este mayor vigor hizo que los agricultores fueran adaptando cada vez más los cultivos híbridos en vez de los de polinización libre que se plantaban en ese momento. En Estados Unidos, lugar en el que se descubrieron los maíces híbridos, los rendimientos en grano aumentaron significativamente. El rendimiento medio a comienzos del siglo era próximo a 1.700 kg/ha. El cultivo de maíces híbridos dobles permitió, en un primer lugar, incrementos anuales del rendimiento de 63 kg/ha.

A partir de los años 60, con la **introducción de los híbridos simples,** el aumento de rendimiento anual pasó a ser de 112 kg/ha (Figura 18). No obstante, cabe destacar que parte de estos aumentos en el rendimiento no se debieron exclusivamente a la mejora vegetal, sino también a mejoras en la gestión del cultivo, como por ejemplo el uso de fertilizantes sintéticos y una mayor eficiencia de la maquinaria de cosecha (Duvick, 2005).

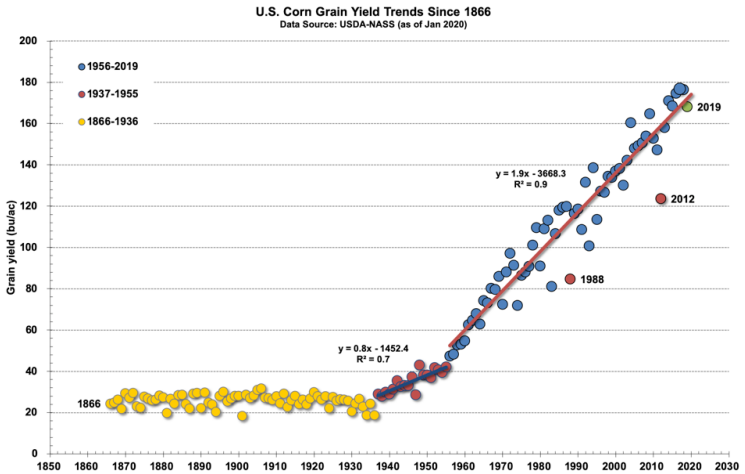


Figura 18. Evolución del rendimiento del cultivo de maíz en EE. UU. (Nielsen, 2020).

Con el descubrimiento de los híbridos, la mejora vegetal en maíz ha permitido desde el siglo XX incrementar rendimientos gracias a mazorcas más sólidas, con granos más grandes y seleccionadas para ser cultivadas a una mayor densidad.

Más allá del rendimiento, la introducción de híbridos también ha conllevado otras mejoras.

Por un lado, **la mejora vegetal ha producido cambios en la composición del grano de maíz.** El aumento del tamaño del grano ha permitido en consecuencia aumentar la cantidad de almidón presente en el mismo, mientras que el contenido proteico se ha visto disminuido. Concretamente, teniendo en cuenta cultivares estadounidenses, el contenido de almidón en grano entre 1930 y 1991 aumentó un 0,3% por década. Por su parte, el contenido proteico disminuyó un 0,3% por década (Duvick, 2005) (Thomas y Ougham, 2014).

Otra característica en la que ha incidido la mejora vegetal es **un mayor retraso en el envejecimiento de las hojas de la planta de maíz**, que en variedades no híbridas suele producirse a los 30 días de la floración de la planta. Esta característica, conocida como ***Stay Green***, da lugar a una mayor acumulación de materia seca durante la maduración del grano de las mazorcas. (Caicedo Villafuerte, 2018). En este sentido, a finales de 1970, se estableció el 'stay-green' como una característica superior y un rasgo de comercialización de los cultivos de maíz mejorados, debido a su contribución en la mejora de rendimientos (Thomas y Ougham, 2014) (Duvick, 2005).

Figura 19. Principales mejoras incorporadas en la planta y la mazorca del maíz para su incremento de rendimiento

En España el aumento del rendimiento del maíz ha sido similar al de los Estados Unidos, si bien con un rasgo diferencial destacable, puesto que éste no se inició hasta los años 50, debido a la introducción más tardía de las variedades híbridas. En el caso español, durante la primera mitad del siglo XX los rendimientos se mantuvieron estables, con un valor medio de 1.455 kg/ha; entre los años 1950 y 1967 se produjo un incremento anual de 44 kg/ha; y a partir de este último año, de 193 kg/ha.

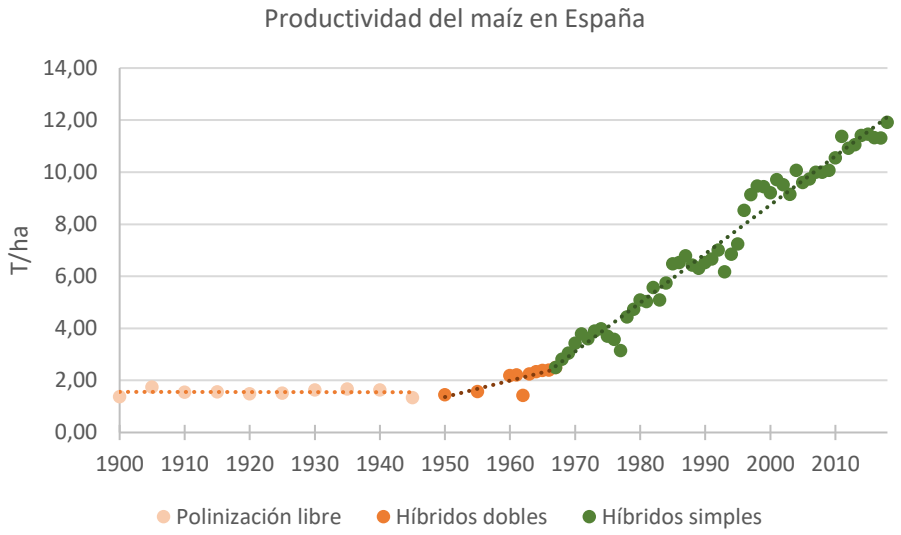


Figura 20. Productividad del maíz en España. Adaptado de IRTA (2004) y Anuario de Estadística del MAPA (Varios años).

d. Más allá del rendimiento: resistencia a sequías, enfermedades y plagas

Más allá de los cambios morfológicos y de desarrollo en el aumento de rendimiento del maíz, hay otros rasgos a los que la mejora vegetal ha estado orientada y que han afectado de forma indirecta también al mantenimiento de rendimientos. En particular, la mejora vegetal ha permitido lograr una mayor tolerancia de la planta de maíz frente a estreses bióticos y abióticos.

En este sentido, pese a que la mayoría de maíz se planta en regadío en España, el riego es costoso y el proveimiento de agua a veces es insuficiente. **La mejora al estrés por sequía ha sido un objetivo de los trabajos de mejora fundamental**, demostrándose que los nuevos híbridos tienen una mejor *performance* respecto a los cultivos de polinización libre y los híbridos más antiguos (Duvick, 2005).

Por otro lado, y en lo que respecta a estreses bióticos, la investigación genética ha permitido localizar zonas del genoma del maíz, así como genes candidatos en las distintas variedades del maíz, relacionados con resistencias a plagas y patógenos (Kaiser, 2020). En España, son especialmente relevantes las infecciones en maíz por virus y por hongos de las familias de *Cephalosporium, Helminthosporium* y también de *Fusarium y Aspergillus*, que producen podredumbre de la mazorca y contaminan el grano con micotoxinas (García-Díaz, 2020). Este es uno de los aspectos donde está trabajando actualmente la obtención vegetal, con programas de mejora que incluyen resistencias a estos patógenos (Kaiser, 2020).

Respecto al nivel de resistencias a plagas, es importante destacar la introducción de variedades de maíz transgénico Bt[8]. Para producir este maíz, la mejora vegetal ha ido más allá de la genética de la propia planta, introduciendo en las plantas un gen que codifica la proteína Cry, producida naturalmente por *Bacillus thuringiensis* y que es tóxica para las larvas de insectos del taladro del maíz (*Ostrinia nubilalis* y especies de *Sesamia*).

En España el cultivo de maíz Bt se inició en 1998 y desde su autorización en la Unión Europea, la superficie estimada de siembra de maíz Bt ha seguido una tendencia ascendente. En el año 1998 se cultivaron 22.317 hectáreas, alcanzando las 98.151 hectáreas en 2020. Este cultivo se sitúa principalmente en el Valle del Ebro, lugar donde la plaga de taladro ha tenido históricamente una mayor incidencia. Gracias a la protección que ofrece el maíz Bt a la plaga del taladro, permite proteger los rendimientos y disminuir el uso de fitosanitarios en los campos cultivados.

El uso de maíz transgénico ha suscitado mucho debate, a pesar de que se ha demostrado que sus modificaciones no tienen efectos adversos hacia la salud y los ecosistemas. A nivel de salud humana y animal, la cantidad de proteína Cry expresada en los cultivos transgénicos es muy baja y tiende a disminuir con el procesamiento del maíz, razón por la cual ha sido catalogado como seguro, tanto para consumo humano como animal (Koch, 2015). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2021) y la FDA también han avalado el uso de transgénicos en maíz, confirmando su seguridad para uso alimentario. El uso de transgénicos ha supuesto en este sentido un avance en términos de seguridad alimentaria, disminuyendo el riesgo a infecciones fúngicas y una menor presencia de micotoxinas (Arias-Martín, 2016; Fundación Antama, 2016).

Asimismo, a nivel ecológico, no se han detectado efectos negativos del maíz Bt en otros grupos de insectos, herbívoros y parasitoides, por lo que el impacto ecológico según diversos autores es reducido (Arias-Martín, 2016; Koch, 2015).

A pesar de la creciente extensión de los maíces transgénicos en el mundo, resistentes a herbicidas y plagas tan importante como la diabrótica, en Europa su uso aún es limitado. En este sentido, Estados Unidos cuenta con el 90% de la superficie cultivada de maíz sembrada con variedades híbridas modificadas genéticamente. Sin embargo, en la Unión Europea sólo el 2% del total de la superficie de maíz es transgénico. En este sentido, en Europa desde 2008 no se ha aprobado ningún tipo nuevo de maíz transgénico para su cultivo, a pesar de que hay más de 30 eventos aprobados para su consumo.

e. No todo es grano: adaptaciones y mejoras en el maíz para forraje

Tal y como se apuntaba en anteriores apartados, la versatilidad del maíz permite aprovechar no solamente las mazorcas y el grano del maíz (para alimentación humana y animal), sino la planta entera cuando su uso es destinado a forrajes.

En este aspecto, la mejora vegetal ha contribuido a mejorar las cualidades nutritivas del grano y por ende también del forraje, aunque la mejora ha sido perceptible en un porcentaje menor en el resto de la planta. En este sentido, distintos autores han observado que la digestibilidad de la

[8] Cabe apuntar que, en la UE, de 1998 a 2005 se comercializó el evento Bt176. A partir del 2003 se empezó a comercializar el evento MON810, hasta la actualidad.

pared celular de la parte verde de la planta se ha ido reduciendo progresivamente, debido principalmente a un mayor contenido en lignina que confiere resistencia al encamado (Barriere et al., 2010).

Esta tendencia se ha revertido en los últimos años, gracias la aparición de nuevos programas de mejora de maíz para ensilado. Concretamente, **los programas de mejora han permitido integrar mejoras a partir de genes y grupos de genes candidatos para incrementar la digestibilidad de la planta entera**, enfocado en la digestibilidad de la pared celular, así como la cantidad de fibra que esta contiene (Lopez-Malvar *et al*., 2021) (Jung et al., 2011). Además, a finales de los 90 se empezó a extender el uso de variedades BMR en EE. UU., que tienen una mutación genética que reduce el contenido de lignina en las paredes celulares de los tejidos, que permite una mejor digestión de las hojas y tallos del maíz en comparación con el maíz tradicional. En Europa, sin embargo, no se ha iniciado su venta hasta el 2020 (concretamente, en Italia, España y Portugal).

En definitiva, como resultado de los avances científicos y la inversión en I+D en el sector obtentor, tanto en ámbito público como privado, desde los años 90 se han registrado más de 1.000 nuevas variedades de maíz en la Unión Europea (Figura 21), cada una con características concretas, que han contribuido al aumento del rendimiento de este cultivo. Se trata, por tanto, de un sector en constante evolución, que se adapta a las necesidades de los agricultores y la industria en cada momento.

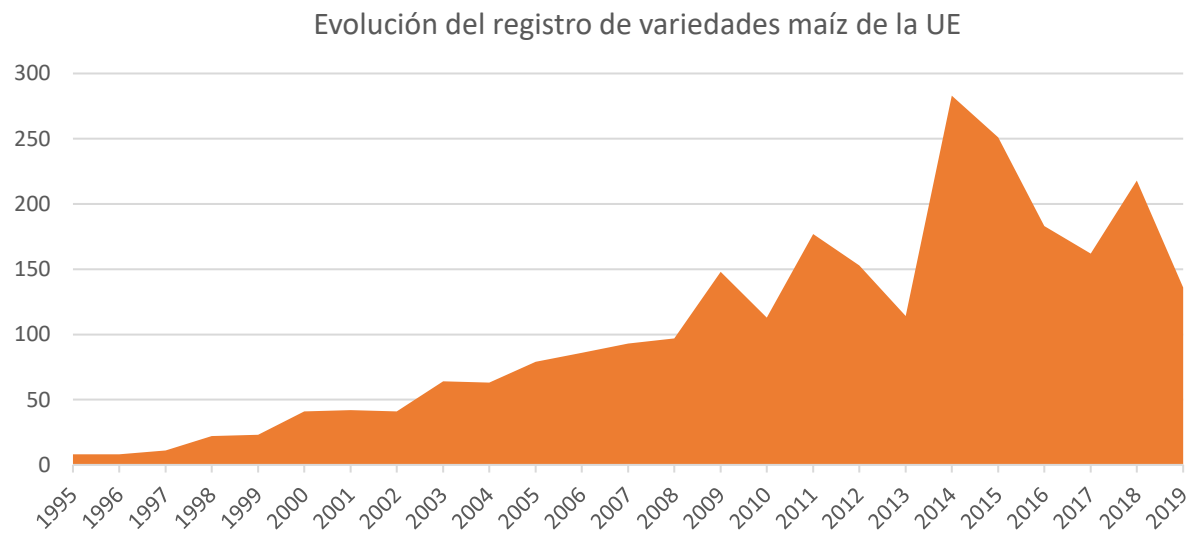


Figura 21. Evolución del registro de variedades de maíz en la UE (Community Plant Variety Office, 2021)

3.2. Caracterización de la I+D+i del sector obtentor en el cultivo del maíz

En este apartado se presentan los **datos relativos a la I+D+i del sector obtentor en el subsector del maíz**. Los datos proceden de una encuesta propia rellenada por las principales compañías del sector del maíz en España, asociadas a ANOVE y **cuya actividad incluye la investigación y desarrollo para la mejora vegetal del maíz en España**.

Este estudio recoge los datos de 8 compañías que realizan mejora vegetal del maíz en España y que **concentran prácticamente la totalidad de la actividad de I+D+i de este cultivo en el país.** En particular se ha obtenido información más detallada a través de una encuesta propia a 7 empresas, mientras que los indicadores de la compañía de los que no se dispone de datos se han extraído de información pública de la empresa, con el fin de poder abarcar todos los datos del sector del maíz.

Todas las empresas están especializadas en otros tipos de cultivos más allá del maíz, como oleaginosas, cereales, proteaginosas, etc. Este apartado **se centra en los datos de estas compañías correspondientes exclusivamente al cultivo del maíz.**

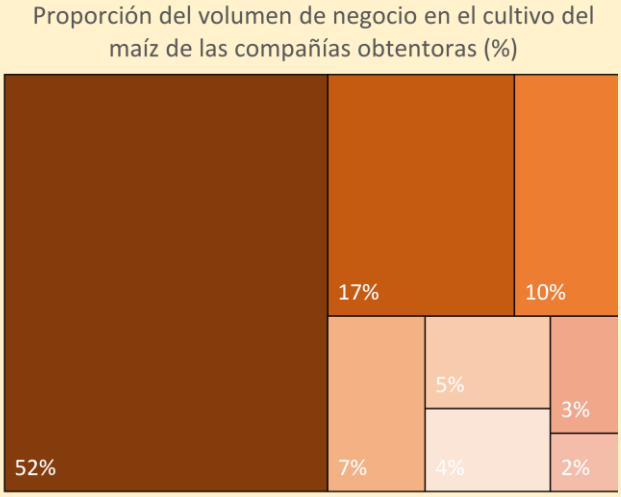


Figura 22. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del maíz en España en 2019 (encuesta propia).

a. Radiografía de la actividad de I+D+i del sector obtentor en el cultivo del maíz

El **volumen de negocio** de las compañías relativo al cultivo del maíz en España en 2019 es de **91,4 millones de euros**. **La generación de empleo del subsector es de 406 puestos de trabajo directos** en el país. De estos puestos de trabajo, 29 están directamente relacionados con empleos en el ámbito de la investigación y el desarrollo.

Figura 23. Radiografía de las 8 compañías del sector obtentor en el cultivo del maíz en España (cuestionarios enviados a las compañías asociadas a ANOVE que trabajan en el subsector del maíz).

Todas las compañías del sector obtentor en el cultivo del maíz, excepto una, **realizan actividades de investigación[9] en España mediante programas de mejora vegetal propios**. Algunas también realizan las actividades de investigación de manera externa (en compañías del grupo de otros

[9] Se define como investigación a todas aquellas actividades cuyo objetivo es la adquisición de nuevos conocimientos y una mayor comprensión en el ámbito científico y tecnológico, así como la creación de nuevos genotipos.

países, o mediante compra externa), para reducir el riesgo económico que supone dicha actividad. En este sentido, según datos del sector, el desarrollo de una variedad vegetal de interés requiere entre 10 y 12 años de investigación y experimentación. Sin embargo, no todas las obtenciones vegetales tienen éxito y, aunque las variedades muestren mejoras significativas, los cambios en las necesidades del mercado pueden eliminar la posibilidad de rentabilizar las elevadas inversiones necesarias que requieren (personal cualificado, equipos especializados, tierras de cultivo, etc.).

Mientras que todas las empresas encuestadas realizan **actividades de desarrollo e innovación[10] en distintas localizaciones del país**. La mayor parte de estas compañías del cultivo del maíz se concentran en las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Aragón, Cataluña, Navarra y Andalucía, donde están ubicadas sus sedes y sus centros de investigación y desarrollo**.** Aunque otras comunidades como Extremadura, Galicia y Castilla La Mancha también son grandes productoras del cultivo.

Figura 24. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan en el cultivo del maíz.

El desarrollo de actividades de I+D+i ha permitido al sector incrementar el número de variedades de maíz disponibles en el mercado en los últimos años, aumentando su actividad significativamente a partir de 2008 y con un pico de variedades registradas especialmente alto en 2013. En este sentido, las compañías obtentoras han registrado 195 nuevas variedades de maíz desde 2008, de las cuales 38 fueron registradas entre los años 2017 y 2019. De estas 38 nuevas variedades, 36 han sido registradas por parte de alguna de las compañías analizadas en este estudio[11]. El uso de semilla certificada por parte de los agricultores es, en este sentido, una forma indirecta de financiar la innovación, dado que entre un 6 y un 7% del pago que realiza por la semilla[12], se destina a la I+D+i.

[10] Se define como desarrollo las actividades que aplican los resultados de la investigación para testear las potenciales mejoras encontradas. Se define como innovación a aquellas actividades que aportan valor añadido ligadas con el diseño y la puesta en el mercado del producto final.

[11] El resto fueron registradas por otra empresa con poca especialización en el cultivo del maíz.

[12] Según datos de Javier de Sebastián, coordinador del Comité de Propiedad Intelectual de Cereales de ANOVE en el año 2016.

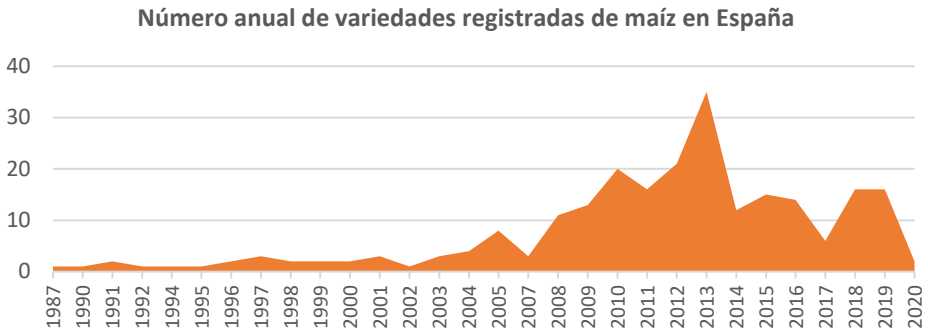


Figura 25. Evolución del registro de variedades de maíz en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

Figura 26. Nuevas variedades de maíz registradas por parte de las empresas del cultivo del maíz encuestadas en este estudio, sobre las 38 registradas en total, durante los ejercicios 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Fuente: Encuesta propia.

El valor socioeconómico que estas empresas del sector obtentor del cultivo del maíz **aportan al conjunto de la economía española se mide a partir del Valor Añadido Bruto (VAB) y la generación de puestos de trabajo**. Estos dos indicadores tienen en cuenta el valor generado por el conjunto de empresas de un área económica, recogiendo los valores que se agregan a los bienes y servicios en las distintas etapas del proceso productivo. La aportación del sector obtentor en el cultivo del maíz se ha cuantificado en base a esta metodología a partir de la información de base publicada en el marco input-output de España (INE)[13], desagregando los impactos directos, indirectos e inducidos que se derivan de esta actividad.

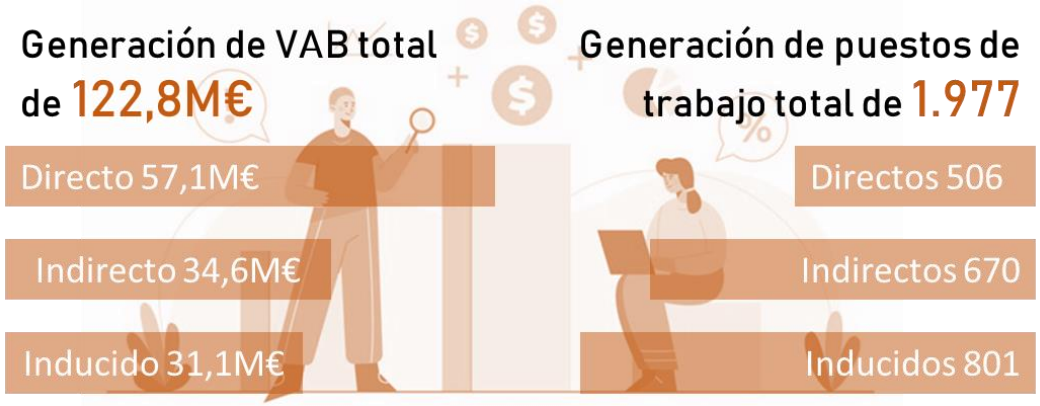


Figura 27. VAB y puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos aportados al conjunto de la economía española por parte de las empresas del sector obtentor del cultivo del maíz durante el año 2019

[13] En el apartado 4.3c se explica la metodología utilizada para el cálculo del valor. En este caso se utilizan los multiplicadores vinculados al CNAE de actividades profesionales, científicas y técnicas.

b. Orientación de las iniciativas en I+D+i del cultivo del maíz

Los cuestionarios rellenados por las empresas del subsector del maíz han permitido **conocer el detalle de 17 iniciativas en el ámbito de la I+D+i desarrolladas entre los años 2017 y 2019**. Todas estas iniciativas en I+D+i buscan incorporar mejoras en el maíz que **generen impactos sobre la cadena alimentaria**. Algunos de estos impactos son más fácilmente medibles como la mejora de la productividad del cultivo o la menor necesidad de irrigación. **Otros en cambio son más difíciles de determinar,** como la mejora de las condiciones organolépticas del cultivo (sabor, textura, olor, color, etc.).

Todas las iniciativas tienen como objetivo principal **mejorar aspectos y parámetros del maíz que tendrán impactos positivos de forma directa o indirecta** en alguno o varios de los eslabones de la cadena agroalimentaria. **Para conocer la orientación de cada iniciativa de I+D+i** las empresas han puntuado **22 factores, segregados según los eslabones de la cadena alimentaria**, de modo que ha permitido identificar donde las iniciativas de I+D+i generan un mayor impacto.

Figura 28. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i.

Se han distinguido **4 subsectores de especialización para las iniciativas desarrolladas** en el ámbito de la I+D+i, que son las siguientes:

- Industria para consumo humano
- **Industria del pienso para ganadería**
- Industria para usos energéticos
- **Forraje para ganadería**

En este apartado se analiza el **impacto que buscan las iniciativas en cada eslabón de la cadena agroalimentaria** y en particular para los subsectores de especialización destinados **al consumo para la ganadería (foco de este estudio); es decir la industria del pienso y el forraje**. Los datos establecen que la mayor parte de las iniciativas de mejora vegetal del cultivo están orientadas a generar un mayor impacto en los factores que corresponden a los eslabones de la distribución, la producción y el consumo respectivamente.

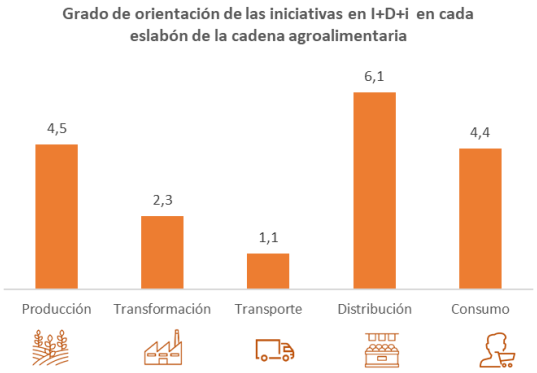


Figura 29. Puntuación total de las 17 iniciativas para cada eslabón de la cadena (sobre 10)[14].

[14] En la encuesta se pedía específicamente que se puntuara del 1 al 5 el grado de impacto de cada iniciativa para cada eslabón de la cadena de valor. El valor del gráfico indica la suma de estas puntuaciones sobre 10.

A continuación, se detalla cuáles son los principales factores donde se orienta la I+D+i del maíz para cada eslabón de la cadena agroalimentaria, según los datos obtenidos en las encuestas de las empresas.

Distribución

El **eslabón** de la Distribución es **en el que se orientan la mayoría de las iniciativas en I+D+i del maíz.** Los factores sobre los que el sector ha considerado que está más orientada la I+D+i en este eslabón, ordenados de mayor a menor impacto, son los siguientes. Para cada factor se indica el valor del promedio de la valoración (sobre 10) de las 17 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón de la Distribución	*Grado de impacto promedio (sobre 10)*
1. Aumento de las **exportaciones**	*7,8*
2. Mayor **diversidad** de producto. Por ejemplo que una misma especie pueda usarse para ofrecer diferentes productos según las necesidades del distribuidor	*5,6*
3. **Diferenciación** respecto a otros productos	*5,5*
4. Mayor **disponibilidad** de variedades durante el año	*5,4*

Los resultados de las encuestas muestran que el **factor con una mayor orientación** de las iniciativas en I+D+i en el eslabón de la Distribución, es el **aumento de las exportaciones**. De hecho, este es el factor donde las iniciativas en I+D+i pretenden generar **más impacto en promedio**, considerando el resto de los factores de la cadena. Los otros factores del eslabón de la distribución obtienen una valoración similar entre ellos.

Producción

El eslabón de la Producción es el segundo con una mayor orientación global de las iniciativas en I+D+i del maíz. Los factores sobre los que el sector ha considerado que está más orientada la investigación y por lo tanto sobre los que se pretende generar mayores impactos en este eslabón, ordenados de mayor a menor impacto, son los siguientes. Para cada factor se indica el valor del promedio de la valoración (sobre 10) de las 17 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón de la Producción	*Grado de impacto promedio (sobre 10)*
1. Incremento del **rendimiento** del cultivo	*6,8*
2. Mejora del **manejo** del cultivo	*6,2*
3. Compensación de los efectos del **cambio climático**	*5,2*
4. Disminución del uso de **maquinaria** para su producción	*4,2*
5. Reducción de la **mano de obra**	*3,9*
6. Disminución del uso de **fertilizantes**	*3,3*
7. Disminución de la **estacionalidad**	*3,3*
8. Mayor resistencia a **plagas y enfermedades**	*2,9*

Los resultados de las encuestas muestran que los **factores con una mayor orientación** de las iniciativas en I+D+i en el eslabón de la Producción, en promedio, son el **incremento del rendimiento y la mejora del manejo del cultivo**. A continuación, el sector considera con una menor orientación los factores que tienen que ver con la compensación de los efectos del **cambio climático,** la disminución del **uso de maquinaria** y la reducción de la necesidad de **mano de obra**.

Los factores considerados con una menor orientación de las iniciativas en I+D+i son los que tienen que ver con la disminución del uso de fertilizantes, la disminución de la estacionalidad del cultivo y la resistencia a plagas y enfermedades.

Consumo

El eslabón del Consumo ocupa la **tercera posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del maíz,** con una valoración media muy similar al eslabón de producción. Los factores sobre los que el sector ha considerado que está más orientada la I+D+i en este eslabón, ordenados de mayor a menor impacto, son los siguientes. Para cada factor se indica el valor del promedio de la valoración (sobre 10) de las 17 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón del Consumo	*Grado de impacto promedio (sobre 10)*
1. Mayor **calidad** y valor nutritivo. Por ejemplo, parámetros relacionados con la digestibilidad de la fibra, proteína, etc.	*4,8*
2. Mayor atractivo exterior y **palatabilidad** (gratitud del paladar). En cuanto a parámetros como la textura, el olor o el color	*4,8*
3. Mayor **diversidad** de producto. Por ejemplo, que una misma especie permita ofrecer diferentes productos en función de la demanda del consumidor	*4,5*
4. Mayor **disponibilidad** de productos durante el año	*3,3*

Los resultados de las puntuaciones muestran como los factores donde más se está orientando la I+D+i en el cultivo del maíz en el eslabón del Consumo son, en primer, lugar las mejoras en términos de **calidad y valor nutritivo del producto final** y de **palatabilidad y/o atractivo exterior del producto.** En segundo lugar, el aumento de la diversidad del producto final**.** Por último, se considera con una menor orientación las iniciativas en I+D+i relacionadas con una mayor disponibilidad de la oferta de productos durante el año.

Transformación

El eslabón de la Transformación ocupa la cuarta posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del maíz, únicamente por encima del eslabón del Transporte. Los factores sobre los que el sector ha considerado que está más orientada la I+D+i en este eslabón, ordenados de mayor a menor impacto, son los siguientes. Para cada factor se indica el valor del promedio de la valoración (sobre 10) de las 17 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón del Consumo	*Grado de impacto promedio (sobre 10)*
1. Mayor **eficiencia** y resultados industriales. Por ejemplo, en la reducción mermas o de consumos	*2,7*
2. Mejor adaptación a los **procesos productivos.** Por ejemplo, a partir de la mejora de determinados parámetros	*2,4*
3. Mejora de **parámetros técnicos** que aporten valor al producto final	*2,2*
4. Aumento de las **exportaciones**	*1,8*

Los resultados de las encuestas a las compañías obtentoras de maíz muestran como los factores donde más se está orientando la I+D+i en el eslabón de la transformación son los que **tratan de conseguir una mejora de la eficiencia y mejores resultados industriales y una mejora de la adaptación a los procesos productivos.** Por último, se han valorado los factores que tienen que ver con las mejoras de los parámetros técnicos para aportar más valor al producto final y contribuir al aumento de las exportaciones**.**

Transporte y logística

El eslabón del Transporte y la Logística es al que **las iniciativas en I+D+i del maíz están menos orientadas**. Las puntuaciones en los 3 factores considerados en este eslabón han sido las más bajas en comparación con los factores de los eslabones anteriores. Los factores considerados en este eslabón, ordenados de mayor a menor impacto, son los siguientes. Para cada factor se indica el valor del promedio de la valoración (sobre 10) de las 17 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón del Consumo	*Grado de impacto promedio (sobre 10)*
1. Optimización del **envasado**. Por ejemplo, obtención de variedades que por sus características minimicen la necesidad de embalajes para su transporte.	*2,7*
2. Optimización del **almacenamiento**. Por ejemplo, obtención de variedades que por sus características minimicen las necesidades de espacio o faciliten el manejo del producto durante la fase de almacenamiento.	*2,4*
3. Mejora de la **resistencia** del producto durante el transporte sin resentirse la calidad.	*2,2*

Los resultados de las de las encuestas a las compañías del cultivo del maíz muestran como **la I+D+i no está orientada específicamente a ninguno de los tres factores considerados en el eslabón del transporte y la logística.**

Por este motivo, se descarta el análisis de esta parte de la cadena en el presente estudio.

Los resultados obtenidos en este apartado son de utilidad para los apartados 4, 5 y 6 de este informe. Estos resultados permiten identificar en qué eslabones de la cadena alimentaria está más orientada la I+D+i del sector obtentor para poder **analizar la generación de impactos ambientales, sociales y económicos de esta I+D+i en cada eslabón**.

c. Inversión del sector obtentor en I+D+i

Según los datos recabados en la encuesta realizada al sector**, la inversión en I+D+i por parte del sector obtentor en el cultivo del maíz en el año 2019 fue de 4,2 millones de euros**. El 80% de esta inversión es la que realizan las empresas obtentoras en sus programas de investigación y desarrollo internos de mejora vegetal en España. El 19% de la inversión económica es en concepto de inversión en I+D+i externa, subcontratada a empresas externas o a otras empresas del mismo grupo, y el resto, el 1% en concepto de pago de royalties por innovaciones ya realizadas y patentadas por otras organizaciones.

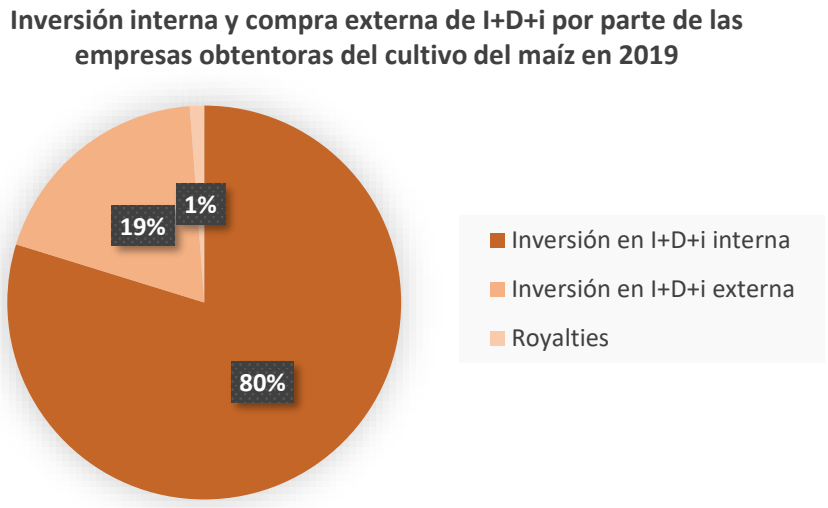


Figura 30. Inversión interna, inversión externa y compra de I+D+i (Royalties) por parte de las empresas obtentoras del subsector del maíz en 2019 (encuesta propia).

La **inversión en I+D+i que realizan las empresas obtentoras** españolas en el cultivo del maíz es de 4,2 millones de euros. **Esta cifra supone un promedio del 9% del volumen de negocio** anual que generan las empresas obtentoras en el subsector del maíz en España.

A continuación, se detallan las principales características para cada tipo de inversión

i. Inversión interna en I+D+i

Durante el año 2020 se han identificado **17 iniciativas de I+D+i interna en marcha** en el cultivo del maíz en España por parte de las diferentes empresas encuestadas[15]. Se han tenido en cuenta únicamente las iniciativas en I+D+i directamente **relacionadas con la mejora del maíz para la ganadería**, tanto la industria del pienso como del forraje. Estas iniciativas forman parte de los programas y las líneas de investigación que la mayoría de las empresas del sector tiene abiertas de forma continua.

La **inversión en estas iniciativas internas en el último ejercicio disponible (2019) fue de 3,4 millones de euros**. Esta cifra supone **el 4% del volumen de negocio anual** que generan las empresas obtentoras en el cultivo del maíz en España. Esta inversión interna se financió **totalmente a partir de fondos de las propias empresas** obtentoras.

ii. Inversión externa en I+D+i

Algunas de las compañías encuestadas optan por complementar su I+D+i externalizando una parte de estas actividades. Concretamente, la inversión en I+D+i externa por parte de las **empresas obtentoras españolas del cultivo del maíz en el año 2019 fue de 808.000 euros**.

Esta **inversión externa se destinó a otras organizaciones** que pueden estar dentro o fuera de España y pueden ser otras empresas que pertenecen al mismo grupo, otras empresas externas, organismos de la Administración Pública, universidades y centros de enseñanza o instituciones privadas sin fines de lucro. En el año 2019 la mayor parte de la **inversión externa en I+D+i por parte de compañías obtentoras en el cultivo del maíz se destinó a otras empresas del mismo grupo con sedes en Europa**.

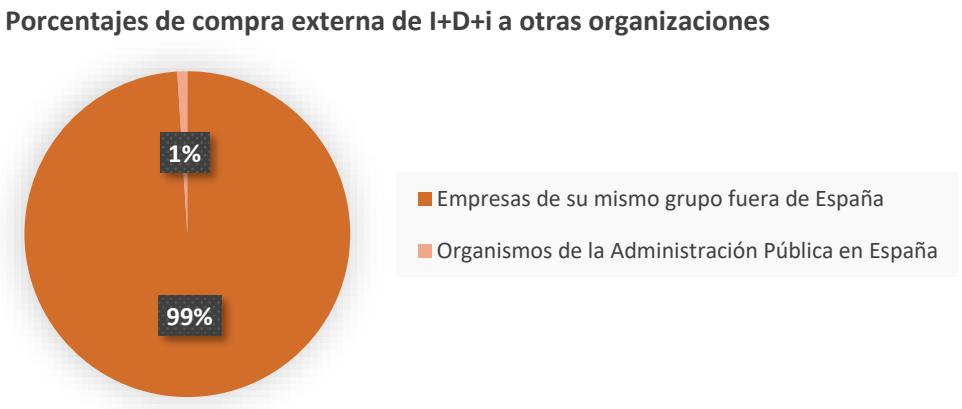


Figura 31. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obten*toras del cultivo del maíz en 2019 (encuesta propia).*

iii. Compra externa I+D+i: Royalties

En algunos cultivos una parte importante de la inversión en I+D+i, se produce en forma de royalties por parte del sector obtentor. Esta inversión corresponde a lo que pagan unas empresas a otras en concepto de propiedad intelectual y que **permite la inversión en investigación de nuevas variedades del cultivo por parte de las compañías obtentoras**.

En el caso del cultivo del maíz, esta cantidad supone únicamente el 1% de la inversión total en I+D+i que realiza el sector obtentor, por lo que supone una cantidad poco significativa.

[15] Las 17 iniciativas están identificas y caracterizadas a través de los cuestionarios propios

4. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de producción

En este capítulo se analizan y se cuantifican las aportaciones y los impactos ambientales, sociales y económicos del sector obtentor en la fase de producción de la cadena alimentaria. Estas aportaciones están contextualizadas **como respuesta a los principales retos de la cadena, en el marco del cumplimento con la Estrategia europea "de la granja a la mesa".**

En este sentido, en octubre de 2020, el Consejo adoptó una serie de Conclusiones en torno a la Estrategia, en las que refrendaba el objetivo de desarrollar **un sistema alimentario europeo sostenible, desde la producción hasta el consumo**. En las Conclusiones se exponen los tres ejes del mensaje político de los Estados miembros, que acordaron garantizar:

- **Alimentos suficientes y asequibles**, contribuyendo a la neutralidad climática de aquí a 2050,
- Unos **ingresos justos** y un firme apoyo a los productores primarios,
- **Competitividad** de la agricultura de la UE a escala global.

Para cada impacto analizado que aporta el sector obtentor, se destaca cuáles de los siguientes retos son los que da mayor respuesta:

Figura 32. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento

4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor consideradas

Las aportaciones del sector obtentor (ya resumidas en el apartado 3) **son especialmente perceptibles en términos de productividad en todos los cultivos.** Entre la década de los 70 y el año 2000, y en particular para el maíz, los incrementos de productividad pueden cuantificarse en crecimientos medios del 3% anual. Esto ha supuesto un **aumento de la productividad global en este periodo cercano al 154%.** En los últimos 30 años (desde el año 90), el incremento ha sido de un 82%.

Es habitual en el desarrollo de estudios de impacto econométrico asociar los incrementos de rendimientos o productividad a la interacción de dos factores: la variación en el uso de recursos o inputs de la producción y la innovación. La innovación, en términos econométricos, puede medirse gracias al Factor Total de Productividad (FTP), que indica qué partes de los cambios observados en la productividad son causados por la innovación y no están relacionados con el incremento/decremento de la intensidad en el uso de recursos o inputs de la producción.

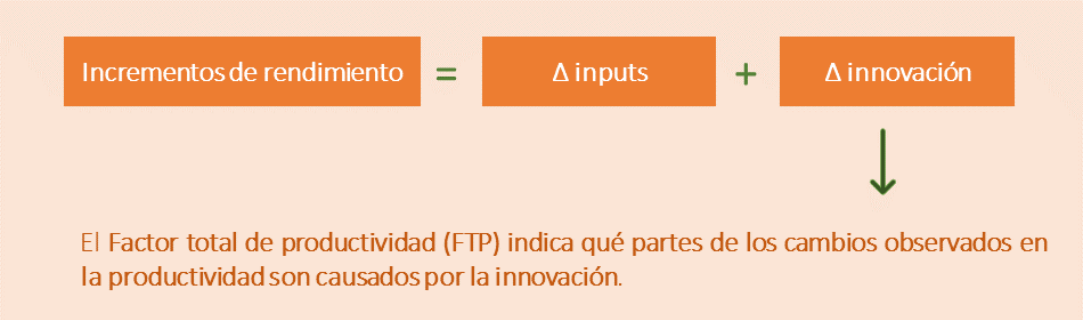


Figura 33. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.

Según distintos estudios, en la zona mediterránea el uso global de *inputs* en la agricultura ha disminuido en los últimos años. En consecuencia, las mejoras atribuibles al sector obtentor explicarían no solo la totalidad del incremento de rendimientos, sino la pérdida de productividad causada por el decremento en el uso de *inputs* en la agricultura.

En el caso concreto del maíz, si bien ha podido identificarse una disminución del empleo de fitosanitarios y de la utilización de capital humano, se ha producido un incremento de la mecanización, no habiéndose podido establecer una tendencia clara en el caso del empleo de fertilizantes. En este sentido, si bien en términos globales se considera que se ha producido una disminución de los inputs en este cultivo, con la información existente no puede llegarse a cuantificar la misma. Por este motivo, **este estudio ha optado por considerar que los inputs totales de este cultivo han permanecido constantes en los últimos años**. Por lo que, l**a evolución del factor total de productividad sería, en consecuencia, igual a la evolución del rendimiento de este cultivo, y por lo tanto a la introducción de innovaciones.**

Figura 34. Este estudio ha optado por considerar que los inputs han permanecido constantes en los últimos años.

El aumento registrado en términos de rendimiento ligado a la innovación (y no asociado con el incremento de *inputs* en el cultivo), puede atribuirse a distintos factores:

1. **Los avances en términos de selección genética**, y por lo tanto a incrementos del potencial de rendimiento per se de las nuevas variedades, gracias una mejor adaptación a condiciones de estrés (tanto abióticos, como bióticos), a la calidad del grano o a otros hitos de los programas de mejora genética.
2. **La mejora de los procesos y técnicas agrarias,** en términos de fertilización, control de plagas/malas hierbas, trabajos del suelo o manejo del cultivo, entre otros.
3. **La interacción de estos dos factores**.

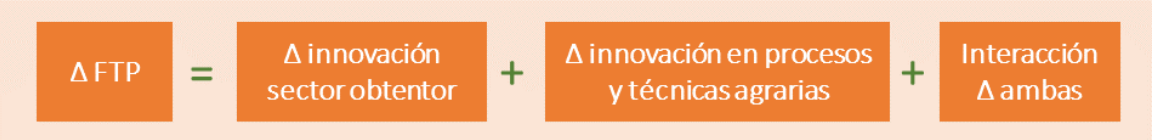


Figura 35. Factores considerados ligados a la innovación.

No resulta sencillo separar el efecto de estos factores. No obstante, la literatura científica ya ha intentado **determinar en el pasado la contribución de la mejora genética** al incremento de rendimientos en el conjunto de cultivos, y en particular, para el maíz.

Para el conjunto de cultivos, las fuentes consultadas se muestran de acuerdo en **que la aportación del sector obtentor al incremento de la productividad del conjunto de los cultivos en la segunda mitad del siglo XX se encontraría en torno al 50%.**

Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del siglo XX: meta-análisis

2010	*Aproximadamente un 50% del incremento de la productividad en el último siglo es atribuible a mejores genotipos*	40 -50%
2015	*Andersen et al, 2015.: La obtención vegetal, por un lado, y la mejora de los métodos de cultivo, por el otro han contribuido de forma proporcional al incremento de productividad de las producciones agrícolas*	50%
	El criterio del 50% referido a décadas del pasado siglo se apoya también en los resultados obtenidos por Araus et al (2008), Duvick y Cassman (1999), Friedt y Ordon (1998), McLaren (2000) y Monneveux et al (2013).	50%
2000	*Reilly and Fuglie, 1998 y Scott y Jaggard (2000): los mejores genotipos habrían contribuido entre un 30% y un 47% en el contexto del Reino Unido.*	30-47%

Figura 36. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del siglo XX según distintas fuentes consultadas.

En el caso del maíz, según las fuentes consultadas la aportación del sector obtentor durante la segunda mitad del siglo XX sería similar al promedio indicado para el conjunto de cultivos. No obstante, **la aportación se habría incrementado en las últimas décadas oscilando entre el 39-75% de los incrementos de productividad**, según distintas fuentes europeas.

Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del maíz en las últimas décadas: meta-análisis

1998	*Fuglie (1998), Scott and Jaggard (2000) y Duvick (2005). En el contexto de Estados Unidos diferentes estudios han determinado que entre un 50% y un 60% del incremento de la productividad del maíz estaría relacionada con la mejora vegetal.*	55%
1991	*Russel, 1991. Estudio que evalúa la evolución de los rendimientos del cultivo del maíz en Estados Unidos, Ontario (Canadá), Francia y Yugoslavia. El estudio concluyó que la aportación de la obtención al incremento de rendimientos variaba entre un 29% y un 94%, con una media del 66%.*	66%
1997	*Cunha Fernandes y Franzon (1997). De acuerdo con los autores, la obtención sería responsable de un 51% de los incrementos de productividad observados en el maíz en las últimas décadas.*	51%
2010	*Fischer y Emeades, 2010. Los autores llegaron a la conclusión que la mejora varietal habría contribuido en torno a un 66% de los incrementos de productividad de las últimas décadas.*	66%
2006	*Crosbie et al (2006). Los autores argumentan que entre un 56% y un 94% de los crecimientos de la productividad del maíz en los últimos años serían atribuibles a la mejora vegetal.*	75%
2018	*Chazarreta (2018). De acuerdo con la autora, un 39% del incremento de rendimientos observados en el cultivo del maíz entre 1990 y 2012 sería atribuible al sector obtentor.*	39%
2016	*Noleppa, 2016. Atendiendo a los resultados anteriores, en el estudio elaborado por HFFA en 2016 se consideró que un 70% del incremento del factor total de productividad del maíz a escala europea en los últimos años se debía a la obtención vegetal.*	70%
2007	***El único estudio identificado relativo a España que hace mención a la aportación del sector obtentor hace referencia a unas cifras más reducidas.*** *Según el IRTA, la introducción de nuevas variedades de maíz podría justificar aproximadamente el 33% del aumento de los rendimientos que se han observado en los últimos 30 años en Cataluña.*	33%

Figura 37. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del maíz durante la segunda mitad del siglo XX y en las últimas décadas según distintas fuentes consultadas.

Tras la revisión de la literatura científica y distintas consultas con el Comité de expertos formado en el marco de este proyecto, **este informe toma como hipótesis que la introducción de nuevas variedades explica al menos entre el 33% y el 50% del aumento de los rendimientos de maíz (y por lo tanto de las toneladas producidas) en España en los últimos 30 años.** Así, a lo largo del informe se presentan dos escenarios:

1. **ESCENARIO 1 (CONSERVADOR):** toma como hipótesis la misma que el IRTA -único estudio disponible a nivel estatal- y considera que la innovación en semillas explica al menos el 33% del aumento de rendimiento de maíz.
2. **ESCENARIO 2 (PROMEDIO EUROPEO):** toma como hipótesis la media de los estudios identificados, y considera que la innovación en semillas explica al menos el 50% del aumento de rendimiento de maíz.

Para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos en este documento se han considerado los dos escenarios, uno de más conservador teniendo en cuenta el 33%, considerado en el estudio del IRTA (ESCENARIO 1), y otro del 50%, considerando el promedio europeo (ESCENARIO 2). Estos cálculos han sido contrastados por el Comité de Expertos y deberían ser revisados en la medida que exista una mayor evidencia científica.

Los incrementos en el rendimiento, y, por lo tanto, en las toneladas producidas, es el impacto más visible y estudiado tradicionalmente en la innovación en semilla. No obstante, las innovaciones del sector obtentor (vistas en el apartado 3) buscan ir más allá, y tienen impactos ambientales, sociales y económicos en el cultivo de maíz, los procesos de transformación (en pienso y ensilado), el transporte, la distribución y el consumo de sus productos derivados.

Este estudio también busca cuantificar los efectos (cuantitativos y cualitativos) que hubiera supuesto la inexistencia de innovación en mejora genética a lo largo de la cadena de valor del maíz. Estos efectos se exponen y cuantifican en los siguientes apartados según el tipo de impacto (ambiental, social u económico) y la parte de la cadena de valor a la que impacta (apartados 4, 5 y 6 del presente documento).

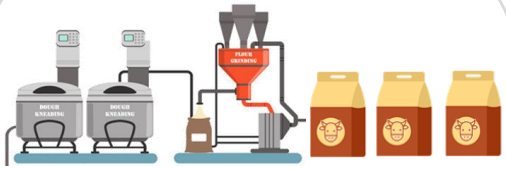
En este sentido, se han formulado hipótesis para cada uno de los apartados, marcadas con un cuadro blanco como en la figura 36 para posteriormente poder analizar si las mismas eran correctas o los datos evolutivos no lograban demostrarlo.

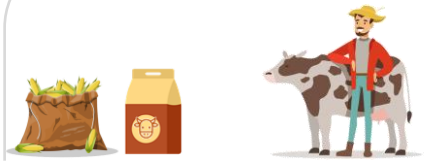
H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución del consumo de fitosanitarios.

Figura 38. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.

Aportación del sector de la mejora vegetal en la cadena de valor del maíz





PRODUCCIÓN → TRANSFORMACIÓN → DISTRIBUCIÓN → CONSUMO

IMPACTO DE LA MEJORA VEGETAL (innovación en semilla)

Hipótesis (H): Δ 33-50% del rendimiento del maíz…

+ Otros impactos ambientales, sociales y económicos

impacto en producción

… El aumento de rendimiento del cultivo (y por lo tanto en las toneladas producidas), se transmiten e impactan a lo largo de la cadena…)

+ Otros impactos ambientales, sociales y económicos, que se diluyen a lo largo de la cadena

impacto en transformación

impacto en distribución

impacto en consumidor

OTROS IMPACTOS (otras innovaciones en la cadena) – no son objeto de este estudio

- Uso de fertilizantes
- Uso de fitosanitarios
- Prácticas culturales (manejo del cultivo, riego, controles…)
- Uso de maquinaria

- Transformación y adición de otros componentes
- Uso de maquinaria

- Embalaje
- Condiciones de transporte

- Atractivo del embalaje
- Otros componentes del producto final

4.2. Impactos ambientales

a. Insumos del cultivo del maíz

En este apartado se analizan **los principales insumos utilizados para el cultivo del maíz**:

- Los fertilizantes
- Los fitosanitarios
- El consumo hídrico
- Y el consumo de energía necesario para la producción agrícola.

i. Consumo de fertilizantes

Los fertilizantes son utilizados frecuentemente en la agricultura para aportar nutrientes a los cultivos de los que carece el suelo y asegurar un crecimiento óptimo.

Algunos estudios europeos (HFFA) indican que el consumo de fertilizantes para la agricultura ha ido disminuyendo de forma sostenida en las regiones mediterráneas. En este contexto, podría argumentarse que la mejora vegetal ha tenido un papel en la disminución del consumo de fertilizantes, al dar lugar a variedades cuya eficiencia en la absorción de nutrientes podría ser más alta. Por ello, se estableció la siguiente hipótesis:

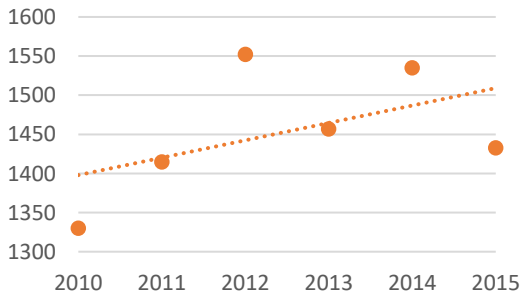
H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución del consumo de fertilizantes.

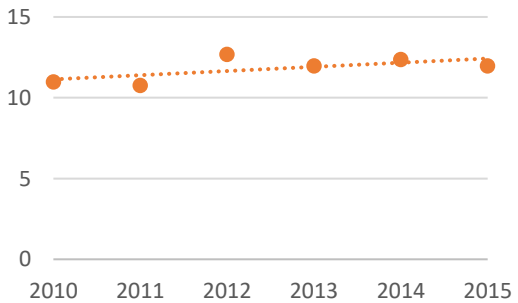
Según datos del Anuario de Estadística (MAPA), para el total de la agricultura, la tendencia en el consumo de fertilizantes se ha mantenido estable desde el 1990. En este contexto, cabe destacar **no se disponen datos a nivel nacional de consumo de fertilizantes por tipo de cultivo**. No obstante, los *Estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias (ECREA)* realizados de 2010 a 2015 recogen datos sobre gasto de fertilizantes por hectárea en cultivos de maíz para las comunidades autónomas de Andalucía, Aragón, Castilla y León, Castilla-la Mancha y Extremadura. Asimismo, los *Análisis de la economía de los sistemas de producción* en Navarra recogen datos de gasto de fertilizantes por hectárea en dicha comunidad autónoma. Teniendo en cuenta el gasto por hectárea y kg de fertilizante (MAPA), se ha hecho un cálculo del consumo aproximado de fertilizante por hectárea cultivada de maíz, así como del uso de fertilizantes por 100 kg de maíz producido.

A partir de estos datos, se puede observar cómo el consumo de fertilizantes en las regiones estudiadas por ECREA y en Navarra tiene a aumentar ligeramente, tanto en su uso por hectárea como en su uso por 100 kg de producto.

A. Uso de fertilizantes por **hectárea cultivada de maíz** (kg fertilizante/ha)



B. Uso de fertilizantes por **100 kg de maiz** (kg fertilizante/100 kg producto)



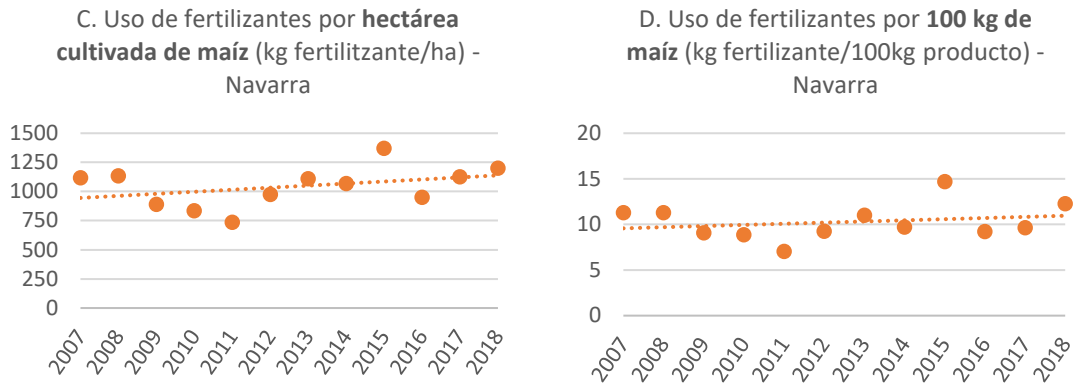


Figura 39. Uso de fertilizantes en el cultivo del maíz. A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D. Cálculos propios a partir del Análisis de la economía de los sistemas de producción de Navarra y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).

En este sentido, cabe destacar que el consumo de fertilizantes, además, se encuentra también influenciado por las condiciones económicas de los agricultores, además de las previsiones climáticas de la zona (Salim y Raza, 2019).

Los resultados de consumo de fertilizantes por kg producido de maíz **no se han visto disminuidos**, tanto en su uso por hectárea como en uso por kg de producto obtenido.

En este contexto, el Comité de Expertos estuvo de acuerdo en asumir que el **uso de fertilizante no se ha visto afectado por la introducción de nuevas variedades vegetales**.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, **el 65% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la disminución del uso de fertilizantes**. En concreto se espera que cuatro tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y siete, menor.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, se espera una evolución positiva en este aspecto. Cabe esperar que la innovación en este campo cobrará una especial importancia futura, dado que el incremento esperado de la superficie cultivada a nivel mundial y el progresivo agotamiento de determinados yacimientos de carácter mineral origen de algunos fertilizantes (especialmente de aquellos con base en fósforo) impulsen una mayor demanda e incremento de precios de estos productos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

ii. Consumo de fitosanitarios

En el ámbito de los fitosanitarios cabe diferenciar tres tipos:

- **Herbicidas**: utilizados para eliminar las malas hierbas en los campos de cultivo.
- **Fungicidas, bactericidas, insecticidas**: utilizados para combatir las infecciones y plagas. El input dependerá de las condiciones y de las resistencias endémicas de los cultivos.
- **Fauna auxiliar**: uso de depredadores naturales de insectos para el control de plagas en el cultivo. Tiene más relevancia en cultivos hortícolas.

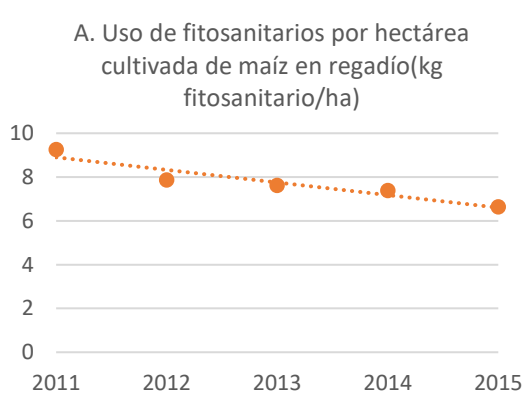
Como se ha expuesto anteriormente, **uno de los principales ejes clave en la investigación en la mejora del maíz es la resistencia a enfermedades y plagas**, destacando, por ejemplo, las resistencias a los hongos *Fusarium* o *Exerohilum turcicum* o a diferentes virus (MRDV y MDMV), incluido el maíz Bt, resistente a la plaga del taladro. Por ello, en este apartado se parte de la hipótesis que la mejora varietal ha contribuido a disminuir su uso.

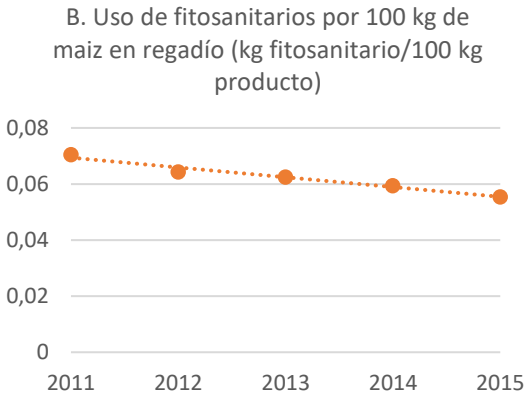
H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución del consumo de fitosanitarios.

En este contexto, de igual modo que con los datos de fertilizantes, no existen datos de fitosanitarios usados por tipo de cultivo para el conjunto del país. No obstante, los *Estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias (ECREA)* realizados de 2010 a 2015 recogen **datos sobre gasto de fitosanitarios por hectárea en cultivos de maíz para las comunidades autónomas** de Andalucía, Aragón, Castilla y León, Castilla-la Mancha y Extremadura.

Asimismo, los *Análisis de la economía de los sistemas de producción* en Navarra recogen datos de gasto de fitosanitarios por hectárea en dicha comunidad autónoma. Teniendo en cuenta el gasto por hectárea en fitosanitarios según las fuentes anteriores, y correlacionándolo con el consumo de fitosanitarios (Encuesta de consumo de fitosanitarios, MAPA) y la variación del precio anual pagado por agricultores en fitosanitarios (Anuario de estadística, MAPA), se ha hecho un cálculo del consumo aproximado de fitosanitarios por hectárea cultivada de maíz, así como el uso de fitosanitarios por 100 kg de maíz producido. En este caso, los datos disponibles respecto al consumo de fitosanitarios permiten afirmar que se **ha producido una reducción de su consumo (principalmente fungicidas), tanto por hectárea, como por kg de maíz producido en el periodo analizado.**





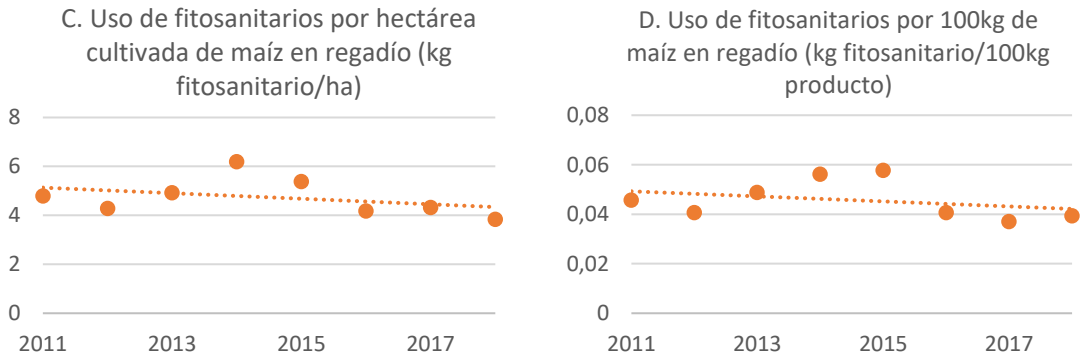


Figura 40. Uso de fitosanitarios en el cultivo del maíz. Fuente: A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D Análisis de la economía de los sistemas de producción Navarra y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).

Esta disminución en el consumo de fitosanitarios no es consecuencia de la introducción de resistencias por parte del sector obtentor, sino que también viene condicionada por otros factores, como las limitaciones en el uso de fitosanitarios consecuencia de nuevas normativas de la Unión Europea o mejoras en el manejo del cultivo. En este aspecto, teniendo en cuenta el % de aportación del sector obtentor se considera:

A partir de los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora **permitió ahorrar entre 2011 y 2015 en el cultivo del maíz** 614.280 kg de fitosanitarios en los dos Escenarios.

Tomando como referencia los datos de ECREA, el ahorro de fitosanitarios gracias a la aportación del sector obtentor se ha calculado según la siguiente metodología.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (I)

El **ahorro de fitosanitarios** durante el período comprendido entre 2011 y 2015, gracias al impacto del sector obtentor, se ha calculado en base a la tendencia en el consumo de fitosanitarios por hectárea, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Se han tomado como referencia los datos de kg de fitosanitarios por kg de maíz producido de ECREA, debido a que toma como base comunidades autónomas representativas en el cultivo de maíz.

El cálculo de la **cantidad de fitosanitarios ahorrados** es el siguiente:

$$FSI = \sum_{i=2011}^{2015} (FS_i - FS_{2011}) * P_i * \%AP$$

Donde:

- FSI = Fitosanitarios ahorrados entre 2011-2015 [kg]
- FSi = Fitosanitarios usados en el año i [kg fitosanitario/kg producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- FS_{2011} = Fitosanitarios usados en el año 2011 [kg fitosanitario/kg producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- Pi = Producción de cultivo de maíz en el año en España [kg] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el 50% de aportación del sector obtentor*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el 53% de las iniciativas de innovación del sector obtentor **tienen como objetivo incorporar resistencias a distintas plagas y enfermedades del maíz**. En concreto esperan que 3 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 6 menor, según datos obtenidos a través de los cuestionarios rellenados por las empresas obtentoras.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, **se espera una evolución positiva en este aspecto**, en línea con la tendencia de las normativas europeas en la materia, orientadas a la progresiva limitación del uso de estos productos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

iii. Consumo de energía

Los cambios fenotípicos introducidos por la mejora vegetal en el maíz, cambiando la estructura de la planta para la mejora de su manejo o disminuyendo la intensidad de inputs, podrían estar relacionados con cambios en el consumo de energía para la producción del cultivo. Por ello se partió de la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz, y en concreto sus cambios fenotípicos, ha contribuido a la disminución del consumo de energía.

En este aspecto, no se dispone de información evolutiva respecto al consumo de energía en el proceso de producción del maíz. La información pública existente fue elaborada por el IDAE en el año 2009 **con datos de valores medios de energía consumida en la producción de cultivos herbáceos según el sistema de manejo y según comunidad autónoma**.

El Comité de Expertos estuvo de acuerdo que, ante la falta de datos evolutivos, sí podía afirmarse que, como mínimo, el consumo energético por hectárea de maíz producida ha permanecido constante desde el año 2009.

Considerando que el consumo energético por hectárea ha permanecido constante desde el año 2009 y que la productividad del cultivo del maíz se ha incrementado entre 2009 y 2018, gracias a la actividad del sector obtentor**, durante el periodo 2014-2018 el consumo de energía por kg de maíz fue un 13,9% inferior a la existente durante el periodo 2005-2009**. En consecuencia:

En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de maíz durante este periodo, hubiera sido necesario la siguiente cantidad de energía adicional:

727 millones de MJ anuales según el Escenario 1

1.102 millones de MJ anuales según el Escenario 2

Esto equivale al consumo anual efectuado por **20.382 hogares**[16] según el Escenario 1 y a **30.880 hogares** según el Escenario 2.

[16] Se ha tenido en cuenta un consumo medio anual de un hogar de 41,9MJ/hogar, según datos del IDAE en el informe *Consumos del Sector Residencial en España: Información básica*

METODOLOGIA DE CÁLCULO (II)

La información respecto a la evolución de fertilizantes no es concluyente, por lo que se ha considerado que la misma ha permanecido en un mismo orden de magnitud desde el año 2009, de igual manera que el consumo energético asociado a la producción de fertilizantes. También, se ha considerado que el grado de mecanización de las labores apenas ha variado desde el año 2009.

Zona de cultivo	Laboreo convencional (GJ/ha)	Mínimo laboreo (GJ/ha)	Siembra directa (GJ/ha)
Andalucía	38,00	37,68	31,72
Castilla-La Mancha	23,56	22,82	21,88
Castilla y León	37,11	35,95	30,53
Galicia	20,14	19,46	18,95

Figura 38. Consumo de energía en la producción de cultivos herbáceos según sistema de laboreo/manejo y comunidad autónoma (IDAE, 2009).

Se ha considerado el **consumo energético del laboreo convencional de la comunidad autónoma de Castilla y León**, al ser la provincia de León una de las mayores productoras de maíz en España.

A partir de aquí se ha calculado la **energía consumida por cada tonelada de maíz producido**, durante los períodos 2005-2009 y 2014-2018 en base a la productividad media de cada período:

$$ECM_p = \frac{CE}{PR_p}$$

Donde:

- ECM_p = Energía consumida por kg de maíz producido en el período 2005-2009 y en el período 2014-2018 [GJ/kg]
- CE = Consumo energético del laboreo por hectárea, 37,11 GJ/ha. *Fuente: Tabla superior*
- PR_p = Promedio de la productividad durante el período 2005-2009 y 2014-2018 a partir de los datos de producción y superficie anual de maíz [t/ha]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

El **cálculo del ahorro energético durante el período 2014-2018** respeto el período 2005-2009 se obtiene a través del siguiente cálculo:

$$E\ AH = (ECM_{2005-2009} - ECM_{2014-2018}) \times PPR_{2014-2018} \times \%AP$$

Donde:

- E AH = Energía ahorrada durante el período 2014-2018 en comparación al período 2005-2009 debido al incremento de productividad asociado al sector obtentor [MJ/periodo]
- ECM = Energía consumida por kg de maíz producido [MJ/t]
- PPR = Producción promedio en el período 2014-2018 [t] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

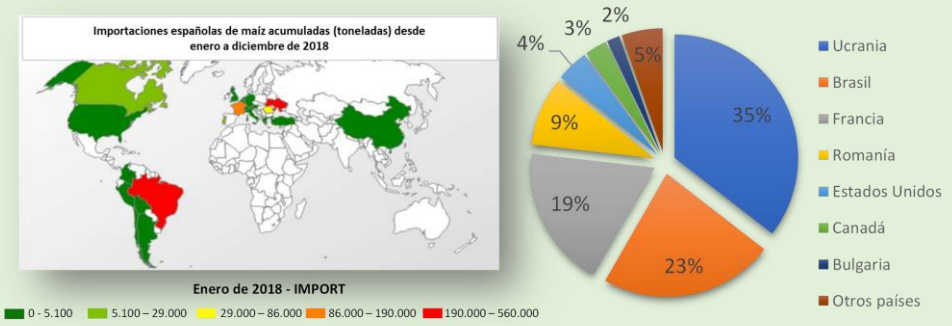
Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia al consumo energético adicional en ausencia de obtención vegetal en caso de que la producción de este maíz adicional se hubiera producido en España. Sin embargo, en ausencia de obtención, el escenario más probable es que **este maíz no hubiese sido generado en nuestro país**, sino que hubiera sido importado, por lo que a los consumos anteriores deben añadirse **los asociados al traslado de este maíz importado**.

El cálculo de la cantidad de maíz que hubiera sido necesario importar durante el período comprendido entre 1990 y 2018, sin el impacto del sector obtentor, está detalla en el siguiente cuadro de “Metodología de cálculo (III)”.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (III)

A partir del valor de la **cantidad de maíz que hubiera sido necesario importar** durante el período comprendido entre 1990 y 2018, calculado según el recuadro de la "Metodología de cálculo (VII)", se estima **el consumo energético de esta importación ponderando los consumos** según modalidad de transporte (ferroviario, carretera, marítimo) y según porcentaje de importaciones de cada país en los últimos 5 años:

- **Distribución de las importaciones** según país de origen:



- Se han realizado los cálculos asociados a la importación considerando cada país importador **en función de la distancia y el modo de transporte** utilizado.

Estos cálculos han permitido **obtener el consumo energético promedio por tonelada debido al transporte (CEP)**, que es de 634,7 MJ/t importada. Por lo que el cálculo del consumo energético total de la importación es el siguiente:

$$CETI = MI \times CEP$$

Donde:

- CETI = Consumo energético total de la importación entre los años 1990-2018 [MJ]
- MI = Maíz que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)"*
- CEP= Consumo energético promedio que tiene un valor de 615,4 MJ/tonelada importada

En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, hubiera sido necesario importar la siguiente cantidad de maíz, entre 1990 y 2018:

11,3 millones de toneladas según el Escenario 1

17,1 millones de toneladas según el Escenario 2

Esta importación adicional de maíz desde otros países hubiera tenido unos gastos energéticos adicionales principalmente asociados al consumo energético de los diferentes modos de transporte utilizados.

En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, se hubiera producido un **consumo energético adicional** asociado a los gastos energéticos del transporte en la fase de importación de:

256 millones de MJ anuales según Escenario 1

389 millones de MJ anuales según Escenario 2.

Esto equivale al consumo anual efectuado por **7.190 hogares** según el Escenario 1 y a **10.890 hogares** según el Escenario 2.

Por lo tanto, el **ahorro energético total** correspondiente a la suma de los **ahorros energéticos en la producción, y en la importación** de maíz que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor **es de**

984 millones de MJ/anuales según el Escenario 1

1.490 millones de MJ/anuales según el Escenario 2

En total esto equivale al consumo anual efectuado por **27.570 hogares** según el Escenario 1 y a **41.770 hogares** según el Escenario 2

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, 53% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como **objetivo disminuir el uso de maquinaria para su cosecha**. Se esperan que seis tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y tres, menor, según datos obtenidos a través de los cuestionarios rellenados por las empresas obtentoras.

Por otro lado, el 76% de las iniciativas aspiran a **mejorar el manejo del cultivo**. En concreto, esperan que once tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y dos, menor, según datos obtenidos a través de los mismos cuestionarios.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, **se espera una evolución positiva en este aspecto**.

iv. Consumo hídrico

El consumo hídrico de maíz corresponde al suministro de las necesarias cantidades de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego. Este tipo de agricultura requiere inversiones de capital y una cuidada infraestructura hídrica: canales, acueductos, aspersores, estanques, etc., que exigen, a su vez, un desarrollo técnico avanzado.

El maíz se riega fundamentalmente por el sistema de gravedad, si bien es cierto que el sistema por aspersión ya está casi a la par con el sistema mayoritario. La superficie irrigada de este cultivo aumentó en 2019 respecto al año anterior un 4,34% a pesar del descenso respecto al promedio de 2009-2018, según la *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos del MAPA*. Por ello, se estableció la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución del consumo de agua para la irrigación del cultivo del maíz.

Según datos de InfoRiego para la comunidad autónoma de Castilla y León, las dosis de riego aplicadas en el maíz por hectárea han seguido una tendencia a la baja durante los últimos años. Castilla y León es la comunidad con una mayor superficie de cultivo de maíz en España con una superficie en regadío de 88.279 ha en 2017, según el *Anuario de estadística y ESYRCE* (MAPA). Del mismo modo que en otros apartados, se ha calculado la dosis de riego por kg de maíz producido en Castilla y León que también ha experimentado una disminución en los últimos años.

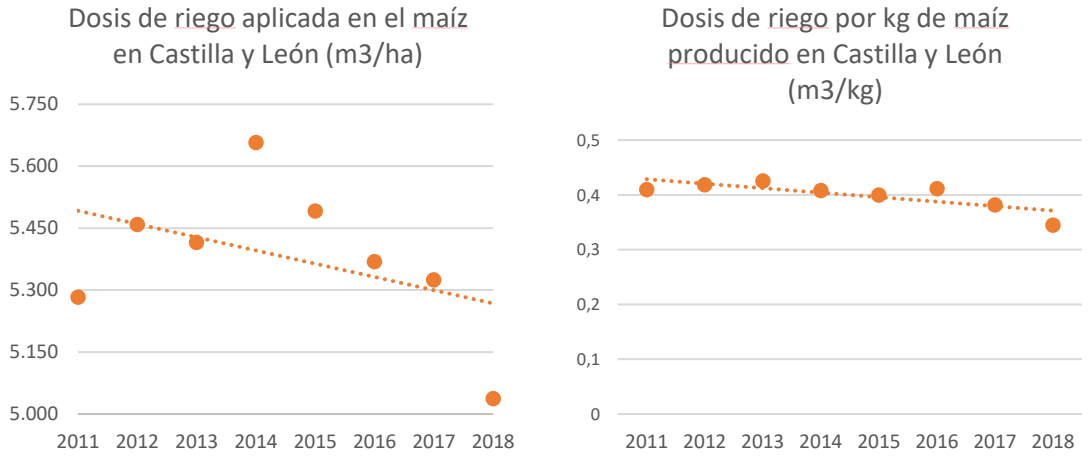


Figura 41. Evolución de las dosis de riego aplicada en el maíz en Castilla y León por superficie y por kg de maíz entre 2011 y 2018 (Inforiego Castilla y León).

El Comité de Expertos atribuye parte de esta disminución del consumo de agua por kg de maíz en regadío producido a **factores como la modernización y optimización de los sistemas de regadío**. No obstante, estuvo de acuerdo en asumir que la actividad obtentora también ha tenido un efecto en la disminución de las necesidades de irrigación del cultivo por kg de maíz producido.

Los resultados de las dosis de consumo de agua por kg producido de maíz **tienden a disminuir en los últimos años**. A partir de los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora **permite ahorrar la siguiente cantidad de agua** en el cultivo del maíz:

19,3 millones de metros cúbicos de agua anuales en el Escenario 1
29,2 millones de metros cúbicos de agua anuales en el Escenario 2

El ahorro de agua es el equivalente **al consumo de una ciudad de 372.000 habitantes** según el Escenario 1 y a **563.700 habitantes** según el Escenario 2.

A continuación, se describe la metodología para el cálculo del ahorro en el consumo hídrico

METODOLOGIA DE CÁLCULO (IV)

El **ahorro en el consumo de agua** durante el período comprendido entre 2011 y 2018, gracias al impacto del sector obtentor, se ha calculado en base a la tendencia en el consumo de agua por kg de cultivo de maíz de regadío producido, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Se ha tomado como referencia la relación de la dosis de riego con la producción obtenida de maíz (m3/kg) en Castilla y León, debido a que es la comunidad autónoma más representativa en el cultivo de maíz.

El cálculo del **consumo hídrico ahorrado** es el siguiente:

$$ACH = \sum_{i=2011}^{2018} (CEA_i - CEA_{2011}) * P_i * \%AP$$

Donde:

- ACH = Ahorro en el consumo hídrico entre 2011-2018 [m^3]
- CEA_i = Consumo específico de agua en el año *i* [m^3 agua/kg producido] *Fuente: InfoRiego Castilla y León*
- CEA_{2011} = Consumo específico de agua en el año 2011 [m^3 agua/kg producido] *Fuente: InfoRiego Castilla y León*
- Pi = Producción de cultivo de maíz en el año en España [kg] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, 71% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico. Se espera que ocho tengan un impacto alto o muy alto, y cuatro, menor, según datos obtenidos a través de los cuestionarios rellenados por las empresas obtentoras. Más del 80% de las empresas obtentoras en el cultivo del maíz tienen por lo menos una línea de investigación centrada en la mejora del estrés hídrico del cultivo.

Las iniciativas enfocadas a mejorar el estrés hídrico del maíz pretenden **compensar los efectos que producirá el cambio climático en la disponibilidad de agua**. La innovación en este campo cobrará una especial importancia futura, teniendo en cuenta que la mayor parte del cultivo en España es de regadío y que las previsiones climáticas apuntan a un aumento de los períodos de sequía en los próximos años, siendo España es uno de los primeros países europeos en percibir estos efectos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

b. Emisiones de gases de efecto invernadero

Atendiendo a que las emisiones están asociadas principalmente al consumo energético, y habiéndose considerado que éste se ha mantenido, por hectárea, constante desde el año 2009, se ha realizado una aproximación para estimar las emisiones, similar a la elaborada para el consumo energético. En particular, este informe considera la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución de emisión de gases de efecto invernadero en su cultivo.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (V)

Para el cálculo de las **emisiones de gases de efecto invernadero se dispone de las emisiones de CO_2 equivalentes** de los principales manejos y tareas en el cultivo del maíz:

Tipo de proceso	Emisiones CO_2 por tonelada de maíz en 2012 (kg CO_2/t)*	Emisiones CO_2 por tonelada de maíz en 2018 (kg CO_2/t)**
Gasoil	31,28	28,6
Aceite	0,04	0,04
Semillas	1,86	1,70
Fitosanitarios	2,57	2,30
Fertilizante	194,94	194,9
Otros	284,08	260,2
Total	**514,8**	**487,8**

** Según datos del estudio "Huella de carbono de los cereales: Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en el sector agroalimentario" (2012)*

*** Considerando una disminución de emisiones entre 2012 y 2020 proporcional al incremento de productividad del maíz entre estos dos años.*

Las emisiones de CO_2 derivadas de la producción del maíz en 2018 se calculan en base el porcentaje de incremento de la productividad desde 2012:

$$EM_{2018} = EM_{2012} \times \frac{PR_{2012}}{PR_{2018}}$$

Donde:

- EM = Emisiones de CO_2 por kg de maíz producido [tCO_2/t maíz] *Según datos tabla superior*
- PR = Productividad del maíz [t maíz/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

De modo que a partir de la **diferencia entre emisiones de CO_2 por kg de maíz producido entre 2012 y 2020** se puede obtener el ahorro promedio anual de la siguiente manera:

$$AH\ CO2 = (PPR \times \%AP) \times (EM_{2012} - EM_{2018})$$

Donde:

- AH CO_2 = Ahorro promedio anual de emisiones de CO_2 debido al incremento de producción del maíz gracias a las innovaciones del sector obtentor [tCO_2/año]
- PPR = Producción promedio en el período 2013-2018 [t] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de maíz durante el periodo 2013-2018, hubiera sido necesario emitir **la siguiente cantidad de toneladas de CO_2 adicionales:**

38.600 toneladas de CO_2 anuales según el Escenario 1
58.400 toneladas de CO_2 anuales según el escenario 2

Esto equivale a las emisiones anuales de **22.700 coches** según el Escenario 1 y a **34.400 coches** según el Escenario 2.

Las estimaciones anteriores hacen referencia a las emisiones adicionales en ausencia de obtención, en caso de que la producción de este maíz adicional se hubiera producido en España. Pero en ausencia de obtención, el escenario más probable es que **este maíz no hubiese sido generado en nuestro país, sino que hubiera sido importado**, por lo que a las emisiones anteriores deben añadirse las asociadas al traslado de este maíz importado.

En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, **hubiera sido necesario importar, entre 2012 y 2018**
4,2 millones de toneladas de maíz, con unas emisiones de **206.000 t de CO_2eq adicionales** en el Escenario 1
6,4 millones de toneladas de maíz, con unas emisiones de **312.000 t de CO_2eq adicionales** en el Escenario 2

En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto unas emisiones adicionales promedio anuales asociadas al transporte de
29.400 t de CO_2eq/año según el Escenario 1
44.600 t de CO_2eq/año según el Escenario 2

Esto equivale a las emisiones anuales de **17.300 coches** según el Escenario 1 y a **26.300 coches** según el Escenario 2.

Por lo tanto, el ahorro de emisiones total correspondiente a la **suma de los ahorros de emisiones en la producción, y en la importación** de maíz que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor es de:
68.000 t de CO_2eq/año según el Escenario 1
103.000 t de CO_2eq/año según el Escenario 2

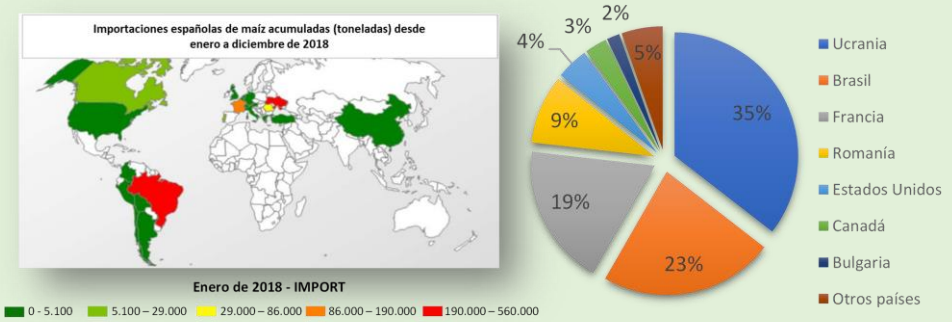
En total esto equivale a las emisiones anuales de **40.000 coches** según el Escenario 1 y a **60.700 coches** según el Escenario 2.

[17] Para el cálculo del promedio de emisiones de un coche se han tenido ha considerado:
- Los "km medios recorridos al año por los vehículos para uso personal (km/año)" del INE
- Y las "emisiones medias anuales de un coche (kg CO_2/año)" del IDAE

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VI)

A partir del promedio de la cantidad anual adicional producida de maíz gracias al sector obtentor entre 2012 y 2018, se estima las emisiones de CO_2 adicionales asociadas a esta producción que se supone que se hubiera tenido que importar, **ponderando las emisiones** del transporte según modalidad de transporte (ferroviario, carretera, marítimo) y según porcentaje de importaciones de cada país en los últimos 5 años:

- **Distribución de las importaciones** según país de origen:



- Se han realizado los cálculos asociados a la importación considerando cada país importador **en función de la distancia y el modo de transporte** utilizado.

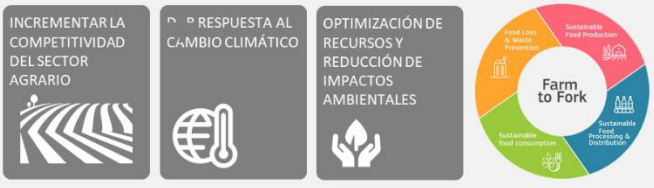
Estos cálculos han permitido **obtener las emisiones de CO_2 promedio por tonelada debido al transporte (ECO2P)**, que son de 48,8 kg CO_2/t importada. Por lo que el cálculo de las emisiones totales de la importación es el siguiente:

$$ETI = PPAA \times ECO2P$$

Donde:

- ETI = Emisiones de CO_2 totales de la importación entre los años 2005-2018 [€]
- PPAA = Promedio de la producción adicional anual de maíz entre 2012-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)"*
- ECO2P = Emisiones de CO_2 promedio, que tiene un valor de 48,8 kg CO_2/tonelada importada

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



c. Extensión de las tierras de cultivo y deforestación

La mejora vegetal, al contribuir a incrementos productivos, también contribuye a usar menos superficie de cultivo para obtener la misma producción. Por ello, se realiza la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la disminución de la deforestación y a una disminución en la extensión de las tierras de cultivo.

El cálculo de superficie de maíz que hubiera sido necesaria cultivar durante el período comprendido entre 1990 y 2018 para mantener la producción obtenida dichos años, sin el impacto del sector obtentor, está detallada en el cuadro de "Metodología de cálculo (VII)".

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VII)

La **superficie que hubiera sido necesaria cultivar** durante el período comprendido entre 1990 y 2018, sin el impacto del sector obtentor, se calcula en base a la suma de la producción atribuible a la mejora vegetal, considerando las siguientes hipótesis:

- Se considera que la mejora vegetal aún no tenía efectos sobre la productividad en el año 1990.
- Se considera que la diferencia entre la productividad anual de los años 1991-2018 y la productividad en 1990 es atribuible a la mejora vegetal, en el porcentaje de aportación del sector obtentor considerado en cada escenario.

El cálculo de la **superficie que hubiera sido necesaria cultivar** es la siguiente:

$$SPI = \sum_{i=1990}^{2018} \frac{(PR_i - PR_{1990}) \times \mathrm{SP}_i \times \%AP}{PR_i - (PR_i - PR_{1990}) \times \%AP} = \frac{PMAi}{PRii}$$

Donde:

- SPI = Superficie adicional de maíz que hubiera sino necesaria cultivar entre 1990 y 2018
- PMAi = Producción de maíz adicional gracias a la mejora en el año *i* [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)"*
- PRii = Productividad año *i* sin la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPAy cálculos propios*PRii = Productividad año *i* sin la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA y cálculos propios*
- PRi = Productividad año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SPi = Superficie de cultivo de maíz en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido, (Figura) para obtener la producción obtenida anualmente de maíz **se hubiera necesitado una media anual de:**

44.900 ha más en el Escenario 1, equivalente a 64.200 campos de futbol

73.400 ha más en el Escenario 2, equivalente a 104.900 campos de futbol

Esta superficie extra hubiera entrado en competición con otros tipos de cultivo o con superficies forestales, tanto del estado español como externas, en el caso que se hubiera optado por importarlas.

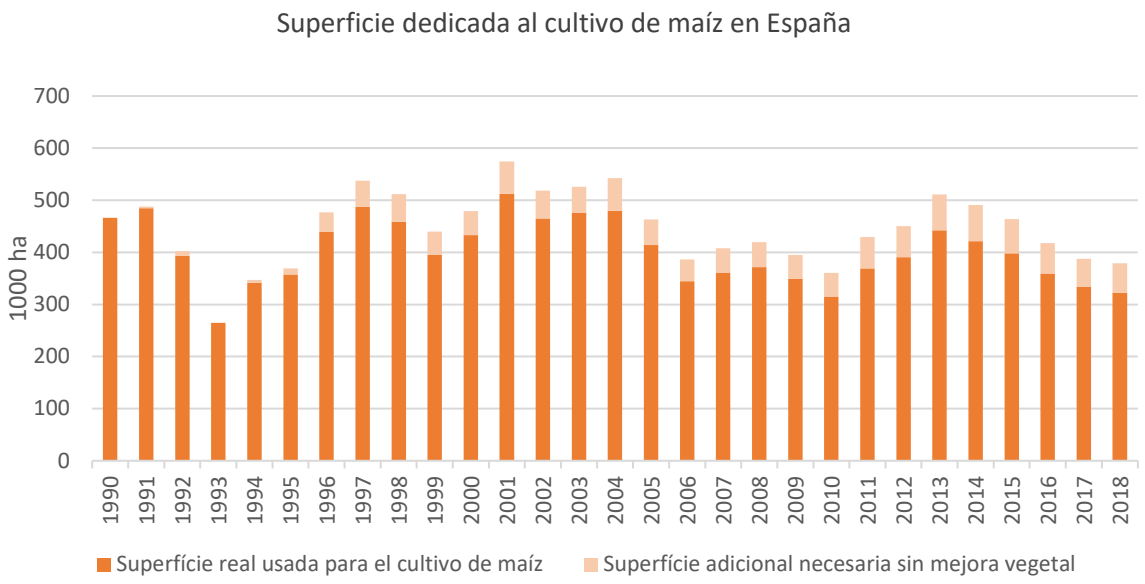
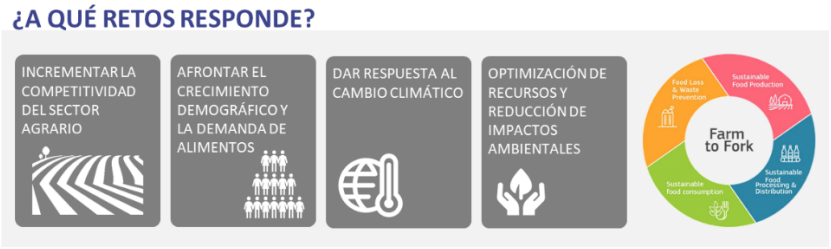


Figura 42. Superficie dedicada al cultivo de maíz (grano) en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de MAPA (Varios años).



4.3. Impactos económicos

a. Incremento de las toneladas de maíz producidas

El incremento de la productividad de los cultivos que ha aportado el sector obtentor en los últimos años ha supuesto **un incremento de las toneladas de maíz producidas**.

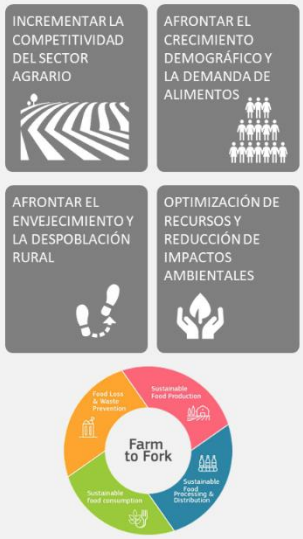
Teniendo en cuenta los incrementos de producción derivados de las mejoras en el sector obtentor y **los dos escenarios contemplados en el apartado 4.1**, se estima que la mejora vegetal ha permitido obtener…

Figura 43. Impactos en el eslabón de producción en el escenario conservador y el del promedio europeo en toneladas de maíz entre los años 1990 y 2017 y anual.

Según los dos escenarios contemplados, se asume que…

- **ESCENARIO 1 (CONSERVADOR) – 33%:** la producción acumulada adicional **entre 1990 y 2017 ha sido de 11,3 millones de toneladas, un 10,5% de la producción en este periodo**. En este sentido, la aportación anual sería de 404.089 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal.
- **ESCENARIO 2 (PROMEDIO EUROPEO) – 50%**: la producción acumulada adicional **entre 1990 y 2017 ha sido de 17,1 millones de toneladas, un 16% de la producción en este periodo**. En este sentido, la aportación anual sería de 612.257 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



METODOLOGIA DE CÁLCULO (VIII)

La **cantidad de maíz que hubiera sido necesario importar** durante el período comprendido entre 1990 y 2018, sin el impacto del sector obtentor, se calcula en base a la suma de la producción atribuible a la mejora vegetal, considerando las siguientes hipótesis:

a. Se considera que la mejora vegetal aún no tenía efectos sobre la productividad en el año 1990.
b. Se considera que la diferencia entre la productividad anual de los años 1991-2018 y la productividad en 1990 es atribuible a la mejora vegetal, en el porcentaje de aportación del sector obtentor considerado en cada escenario.

El cálculo de la **cantidad de maíz adicional que hubiera sido necesario importar** sin considerar el impacto del sector obtentor, es el siguiente:

$$PMA = \sum_{i=1990}^{2018} [(PR_i - PR_{1990}) \times \mathrm{SP}_i] \times \%\mathrm{AP}$$

Donde:

- PMA = Producción de maíz adicional que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t]
- PRi = Productividad año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SPi = Superficie de cultivo de maíz en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

b. Incremento de los ingresos derivados del incremento de la producción

El incremento de la productividad y de la calidad del maíz que ha aportado el sector obtentor en los últimos años, ha permitido un incremento de los rendimientos económicos obtenidos por los productores. Teniendo en cuenta los incrementos de producción derivados de las mejoras en el sector obtentor y los dos escenarios contemplados en el apartado 4.1, se estima que la mejora vegetal ha permitido:

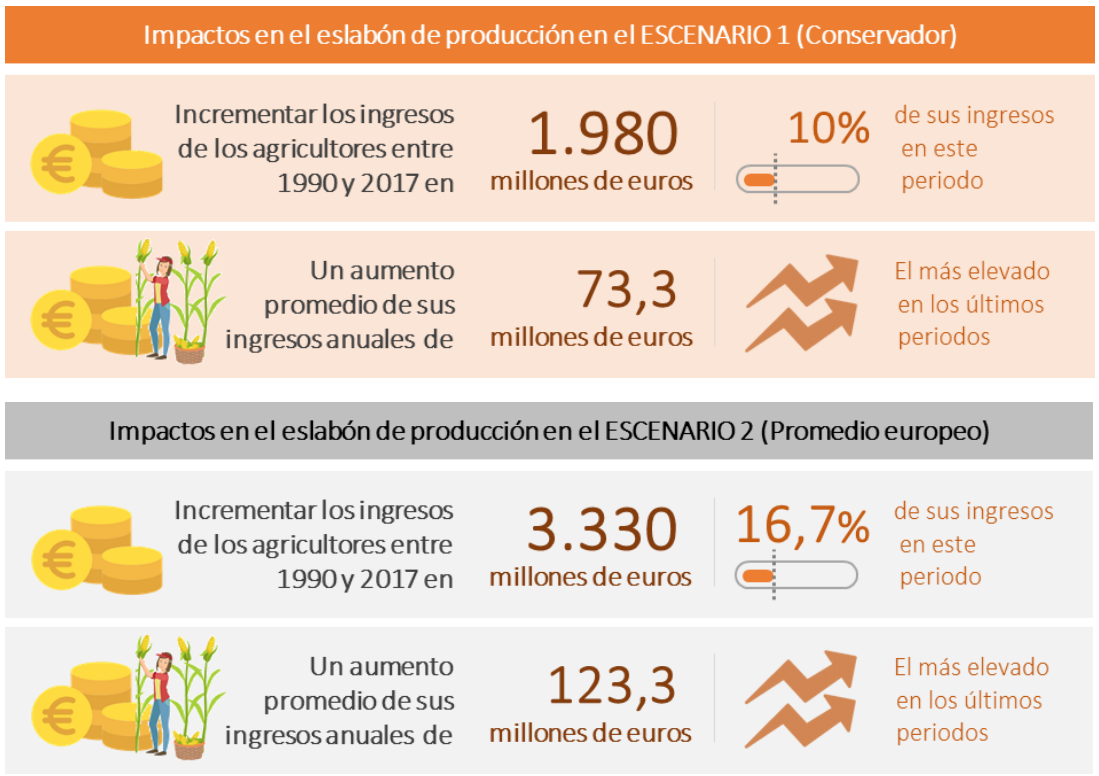


Figura 44. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores en el escenario conservador y el de promedio europeo entre los años 1990 y 2017 y anual.

Según los dos escenarios en este informe, se asume que…

- **ESCENARIO 1 (CONSERVADOR) – 33%:** El incremento de la producción asociado a la actividad del sector obtentor ha permitido **aumentar los ingresos de los agricultores entre 1990 y 2017 en 1.980 millones de euros, un 9,9% de sus ingresos de este periodo.** Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 73,3 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.
- **ESCENARIO 2 (PROMEDIO EUROPEO) – 50%:** El incremento de la producción asociado a la actividad del sector obtentor ha permitido **aumentar los ingresos de los agricultores entre 1990 y 2017 en 3.330 millones de euros, un 16,7% de sus ingresos de este periodo.** Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 123,3 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

METODOLOGIA DE CÁLCULO (IX)

Para el **cálculo del incremento de los ingresos de los agricultores durante el período comprendido entre 1990 y 2017,** debido al impacto del sector obtentor, se han considerado las siguientes hipótesis:

- Se considera que la mejora vegetal aún no tenía efectos sobre la productividad en el año 1990.
- Se considera que la diferencia entre la productividad anual de los años 1991-2018 y la productividad en 1990 es atribuible a la mejora vegetal, en el porcentaje de aportación del sector obtentor considerado en cada escenario.

El incremento de los ingresos de los agricultores atribuibles a la mejora vegetal entre 1990 y 2018 se calcula en base a **(1) el valor a precios básicos por tonelada** de maíz producida y a **(2) la producción atribuible a la mejora vegetal**:

- El cálculo del valor a **precios básicos por tonelada** de maíz producida se ha calculado de la forma siguiente:

$$PBT_i = \frac{PB_i}{PA_i}$$

Donde:

- PBT_i = Valores a precios básicos por tonelada producida en el año *i* [€/t].
- PB_i = Valores a precios básicos en el año *i* [€] *Fuente: Cuentas Anuales de la Agricultura (CEA)*
- PA_i = Producción anual en el año *i* [t]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

- El cálculo de la producción atribuible a la mejora vegetal se calcula en base a la **cantidad de maíz que hubiera sido necesario importar** sin las innovaciones del sector obtentor:

$$MNI_i = (PR_i - PR_{1990}) \times \mathrm{SP}_i$$

Donde:

- MNI_i = Maíz que hubiera sido necesario importar en el año *i* [t]
- PR_i = Productividad del año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SP_i = Superfície de cultivo de maíz en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*SP_i = Superficie de cultivo de maíz en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

De modo que los **ingresos atribuibles a la mejora vegetal entre los años 1990 y 2017** se calculan de siguiente modo:

$$IIA = \sum_{i=1990}^{2018} [PBT_i \times MNI_i] \times \%\mathrm{AP}$$

Donde:

- IIA = Incremento de los ingresos de los agricultores atribuibles a la mejora vegetal [€]
- PBT_i = Valores a precios básicos por tonelada producida en el año *i* [€/t]
- MNI_i = Maíz que hubiera sido necesario importar en el año *i* [t]
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se consideran dos escenarios, el del 33% y el del 50% de aportación del sector obtentor*

c. Incremento del Valor Añadido Bruto derivado del incremento de los ingresos

El incremento de los ingresos para los agricultores ha supuesto, a su vez, una **aportación al conjunto de la economía española en forma de Valor Añadido Bruto (VAB, en adelante)**. Según la definición de la Economipedia, el VAB es la macromagnitud económica que mide el valor añadido generado por el conjunto de productores de un área económica, recogiendo en definitiva los valores que se agregan a los bienes y servicios en las distintas etapas del proceso productivo. La aportación del sector obtentor se ha cuantificado en base a esta metodología, desagregando los impactos directos, indirectos e inducidos que se derivan de esta actividad…

- **Impacto directo:** corresponde a la generación de ocupación e ingresos de forma directa por la actividad.
- **Impacto indirecto:** corresponde a la generación de ingresos y ocupación producida en las empresas relacionadas con las actividades generadoras de efectos directos (básicamente a través de la provisión de bienes y servicios).
- **Impacto inducido:** valor económico y puestos de trabajo generados como consecuencia del gasto y el consumo de los empleados de las actividades directa e indirectamente relacionadas con el sector evaluado.

Teniendo en cuenta los ingresos adicionales del sector agrario gracias a las aportaciones de las compañías obtentoras, se ha obtenido el valor del añadido bruto en el escenario conservador.

La actividad obtentora **ha permitido incrementar el VAB** total durante el periodo comprendido entre 1990 y 2017 **en**
2.740 millones de euros según el Escenario 1
4.600 millones de euros según el Escenario 2

Lo que **supone una aportación al VAB total anual en promedio de**
102 millones de euros/año según el Escenario 1
171 millones de euros/año según el Escenario 2

Para el cálculo del impacto económico debido a las aportaciones del sector obtentor, se han calculado los impactos directos, indirectos e inducidos del valor añadido bruto (VAB).

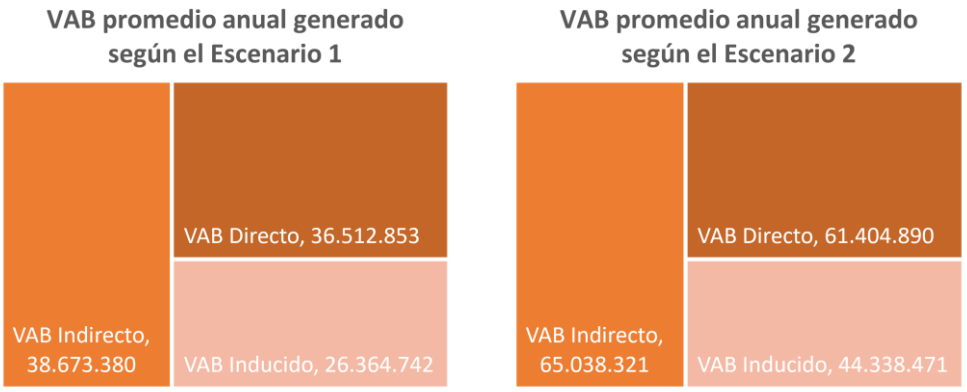
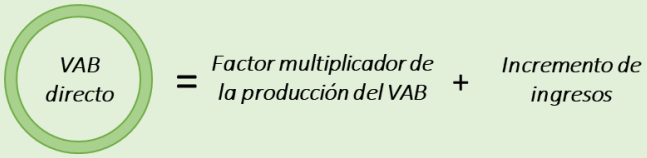


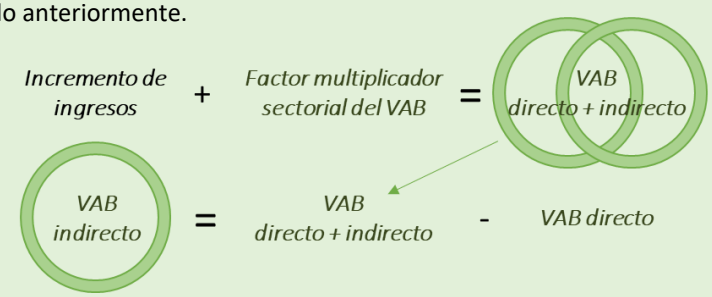
Figura 45. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora según escenarios 1 y 2.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (X)

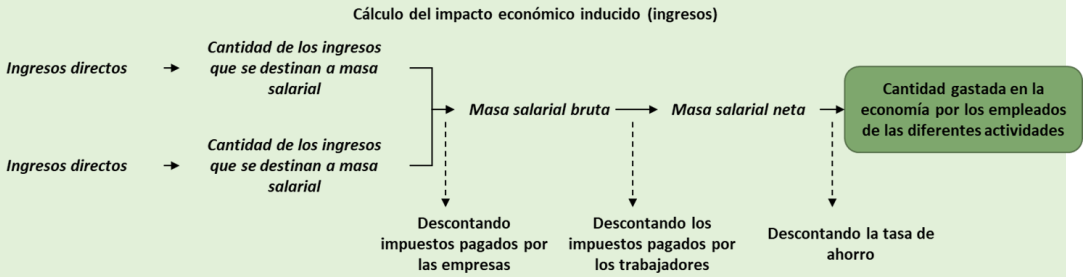
El cálculo del Valor Añadido Bruto (VAB) **parte del incremento de los ingresos de los agricultores gracias a la aportación del sector obtentor**. Este incremento ha supuesto, a su vez, una aportación al conjunto de la economía en forma de valor añadido bruto generado de forma directa. La relación entre los ingresos adicionales y el VAB directo se calcula con la información de base publicada en el marco input-output de España (INE). Los multiplicadores utilizados para el cálculo son los vinculados al CNAE de las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca



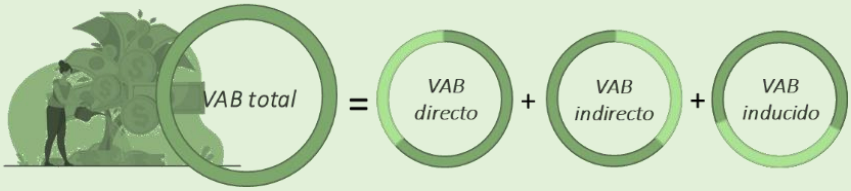
De forma análoga el **cálculo del VAB indirecto generado a partir del incremento de ingresos de los agricultores** se realiza en base a los factores multiplicadores publicados en el marco de las tablas input-output de España (INE). Estos multiplicadores miden el **efecto de un incremento de una unidad final en el sector de análisis sobre la producción de todos los sectores** de actividad económica. De este modo, al multiplicar los ingresos directos obtenidos previamente por los diferentes factores multiplicadores, se obtiene un número relativo al valor añadido bruto, que incluye tanto el impacto directo como indirecto derivado de la inversión en I+D+i. Por tanto, para obtener el impacto indirecto, se resta al número obtenido, el VAB directo calculado anteriormente.



Finalmente, para el **cálculo del efecto inducido de cada actividad**, se ha trasladado la masa salarial total estimada a partir de los impactos directos e indirectos a renta bruta disponible. A esta cantidad se le han restado los impuestos, estimando, de este modo, la masa salarial neta que reciben los trabajadores. Descontando las cantidades que se destinan a ahorro, se ha obtenido el gasto realizado en las diferentes ramas de la economía por parte de los trabajadores.



El Valor Añadido Bruto total en base a los ingresos adicionales generados por la actividad **del sector obtentor** se calcula a partir de la suma del VAB directo, indirecto e inducido



4.4. Impactos sociales

a. Generación de puestos de trabajo

Más allá del impacto económico generado, la obtención vegetal también tiene una gran trascendencia en el desarrollo agrario en términos de ocupación. La generación de ingresos asociada a la actividad del sector obtentor ha hecho posible, a su vez, la **generación de puestos de trabajo adicionales de forma directa, indirecta e inducida**.

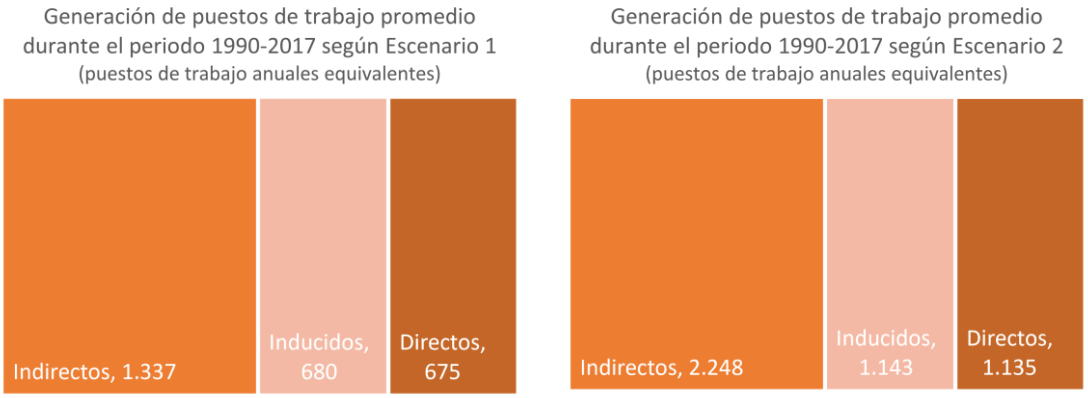


Figura 46. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora según Escenarios 1 y 2

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XI)

El cálculo de **los puestos de trabajo generados de forma directa, indirecta e inducida por el incremento de ingresos del sector agrario generado por la actividad del sector obtentor** es análogo a lo que sucede en el caso del VAB. En el marco de las tablas input-output de España también se han publicado factores multiplicadores relativos a la generación de puestos de trabajo. De modo que la metodología utilizada para la estimación del número de puestos de trabajo generados de forma indirecta por las diferentes actividades será similar a la utilizada en el caso del VAB.

La generación total de puestos de trabajo en base a **los ingresos adicionales generados por la actividad del sector obtentor** se calcula a partir de la suma de los puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos

En este sentido, **durante el periodo 1990-2017** se han generado los siguientes puestos de trabajo anuales equivalentes:

2.691 puestos de trabajo anuales equivalentes según el Escenario 1

4.526 puestos de trabajo anuales equivalentes según el Escenario 2

A pesar de que el número de puestos creados puede parecer testimonial, **el impacto económico social es importante si se tiene en cuenta las zonas rurales en las que se han creado mayoritariamente.**

En este sentido, Castilla y León es la CC.AA. con mayor superficie de cultivo de maíz en España (29% en 2019), seguida de Aragón (24%) y Extremadura (14%) son en consecuencia las regiones que reciben un mayor impacto en cuanto a la generación de puestos de trabajo en el eslabón de la producción. A nivel de empleo agrícola, según datos del INE, en 2019 entre **las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Aragón y Extremadura sumaron 146.250 ocupados en la agricultura**. En este aspecto, **los puestos de trabajo equivalentes generados** gracias a la aportación del sector obtentor al maíz **sería de un 2%** según el Escenario 1 **y de un 3%** según el Escenario 2.

b. Innovación social realizada por el sector obtentor en la agricultura

El estudio también ha buscado capturar aquellas iniciativas de innovación social que van más allá de la propia actividad económica. A través de los cuestionarios respondidos por parte de las compañías obtentoras en el cultivo del maíz, se han identificado **más de 20 iniciativas de diferente naturaleza vinculadas a la responsabilidad social corporativa (RSC),** impulsadas y financiadas por las empresas obtentoras.

El sector obtentor es uno de los sectores **económicos con un mayor conocimiento de la España rural**. Su estrecho vínculo con los agricultores los ha llevado a **implementar distintas iniciativas que favorecen y mejoran las condiciones de vida de los agricultores** en las zonas donde desarrollan el cultivo del maíz.

A continuación, se destacan algunas de ellas.

Iniciativas de apoyo del sector primario y al medio rural

Programa TalentA	Reconocimiento y apoyo financiero a las iniciativas rurales de emprendimiento por parte de mujeres.
Programa Puebla	Reconocimiento y apoyo financiero a proyectos de jóvenes que quieran establecerse en el entorno rural como lucha contra despoblación.
Good Growth Plan	Plan de compromisos global con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola para 2020. Se inicia en 2013. Engloba proyectos como Operación Polinizador.
Cruz Roja Responde	Donación a la iniciativa Cruz Roja Responde, que da soporte a zonas rurales tras la pandemia del Covid'19.
	Financiación y colaboración con la entidad Aldeas Infantiles para la adquisición de un tractor agrícola y adecuación de sus instalaciones en Malvaseda, Zaragoza donde tienen un

Aldeas infantiles	huerto para uso y desarrollo de los niños desfavorecidos y con problemas de integración.

Convenios con universidades

Cátedra en agricultura digital y sostenibilidad Catedra de Digitalización y Sostenibilidad	Financiación y colaboración con la Universidad de Sevilla para el desarrollo de la agricultura de precisión y la sostenibilidad agrícola.
Universitat de Lleida Cátedra Corteva de Malherbología Cátedra de Malherbología	Financiación y colaboración con la Universidad de Lleida en la investigación del control y desarrollo de tolerancias a herbicidas por parte de las malas hierbas.
ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID Cátedra de Sostenibilidad y Medio Ambiente	Financiación y colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid para el estudio de la sostenibilidad rural.

Donaciones

BAOBAB MOZAMBIQUE Donación a BAOBAB	Colaboración con ONG en Mozambique mediante la donación de material informático y escolar para Escuela Social Agraria.
Donación al Banco de Alimentos de Medina Azahara	Colaboración económica para atender los fines asistenciales de la asociación por motivo de la actual situación de emergencia sanitaria
Pasión por la Agricultura Tienda virtual Pasión por la agricultura	Creación de una tienda online cuyos beneficios (1€ de cada 3€) son donados a diversas iniciativas sociales.

5. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de transformación

La industria de **transformación de pienso compuesto**[18] engloba a un total de **782 fábricas** de pienso. Según datos de la Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos (CESFAC, en adelante), el sector produce **26,2 millones de toneladas** de pienso para animales de granja y mascotas (sin incluir el autoconsumo[19]) y cuenta con una facturación aproximada de **7.758 millones de euros**, lo que representa el 6% del total de la industria alimentaria (CESFAC, 2019).

Las empresas que lo integran están localizadas en toda la geografía nacional, aunque con una **presencia más acentuada en las regiones con mayor desarrollo ganadero.** Cataluña, Aragón y Castilla y León concentran en este sentido más de la mitad de la producción, con un 25%, 18% y 14% del total de la producción española respectivamente. El sector se caracteriza por su marcada dualidad. Nueve grupos empresariales producen el 40% de la producción, coexistiendo con un gran número de pequeñas y medianas empresas, que también cumplen un importante papel como suministradores y cubren la totalidad del territorio (Díaz Yubero, 2014).

España lidera la producción de piensos compuestos de Europa (una posición que ocupa desde 2019), y se encuentra entre los diez países con mayor producción del mundo. A pesar de ser un país importador de cereal -principal materia prima utilizada para la fabricación de piensos-, los buenos datos en términos de exportación demuestran el afianzamiento de la producción de piensos en el territorio español y la robustez de las producciones ganaderas.

Figura 47. Radiografía del sector de la transformación de pienso compuesto (CESFAC, 2019).

Antes de entrar en el análisis de impactos identificados, conviene matizar algunos aspectos respecto a los distintos piensos presentes en el mercado, su composición y el porcentaje medio de maíz que presentan.

[18] El pienso compuesto es la mezcla de al menos dos materias primas para piensos, independientemente del uso de aditivos.

[19] La industria de pienso engloba tanto a los fabricantes de pienso compuesto, como las explotaciones ganaderas que fabrican pienso para autoconsumo. En España, la producción total de piensos alcanzó las 37.415.629 toneladas en 2019 según el MAPA. Este apartado analiza la transformación del maíz en grano y del maíz forrajero como componentes de los piensos compuestos. No obstante, no profundiza en el proceso de transformación del maíz forrajero (sector de forrajes deshidratados).

RESPECTO A LOS DISTINTOS TIPOS DE PIENSOS…

La legislación europea para la alimentación animal (Reglamento 767/2009) define el pienso compuesto como aquel formado por al menos dos **materias primas** de origen animal o vegetal, pudiendo contener (o no) aditivos, con el objetivo de aumentar su valor nutritivo o potenciar determinadas funciones productivas y energéticas en los animales. Los **aditivos** deben estar autorizados por la reglamentación, y se diferencian de las **premezclas** cuando contienen como soporte una o más materias primas, además de agua. La normativa también establece una clasificación y definición de los distintos tipos de piensos, diferenciando entre piensos completos y complementarios.

- Los **piensos compuestos completos**, debido a su composición, son suficientes para una ración diaria.
- Los **piensos compuestos complementarios** cuentan con un contenido elevado de determinadas sustancias, pero, debido a su composición, no son suficientes *per se* y deben complementarse con otros piensos. Según la normativa, existen distintos tipos de piensos complementarios, desde piensos minerales (con más del 40% de su contenido de cenizas) a piensos de lactancia (para alimentar a animales jóvenes como sustituto de la leche), entre otros.

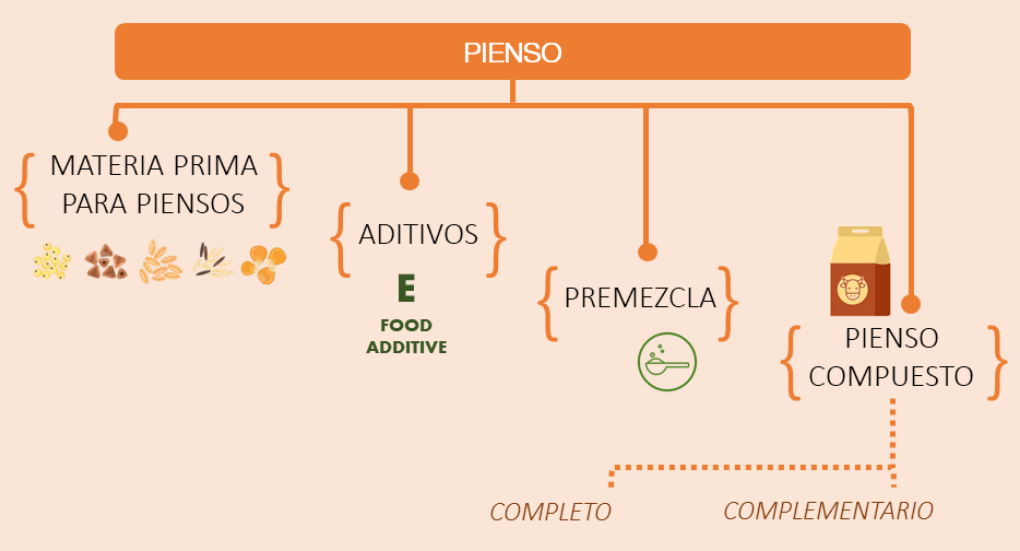


Figura 48. Principales componentes del pienso compuesto y tipologías (Reglamento (CE) 767/2009).

RESPECTO A LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS…

Según datos de CESFAC (2019), los cereales representan el 67% del consumo de materias primas para la fabricación de piensos, seguidos por las oleaginosas que representan el 17%. El uso de forraje representa apenas un 3% de las materias primas. Entre los cereales, **el grano de maíz es el principal cereal utilizado (35%)**, siendo particularmente apreciado por su alto valor energético, palatabilidad (grato al paladar), escasa variabilidad de su composición química y bajo contenido en factores antinutritivos. Lo siguen el trigo (28%) y la cebada (23%) siendo el segundo y tercer cereal más utilizado.

Sobre el total de materias primas consumidas, el maíz en grano representa de media un 23% de los piensos compuestos en España, y el trigo y la cebada un 19% y 15% respectivamente.

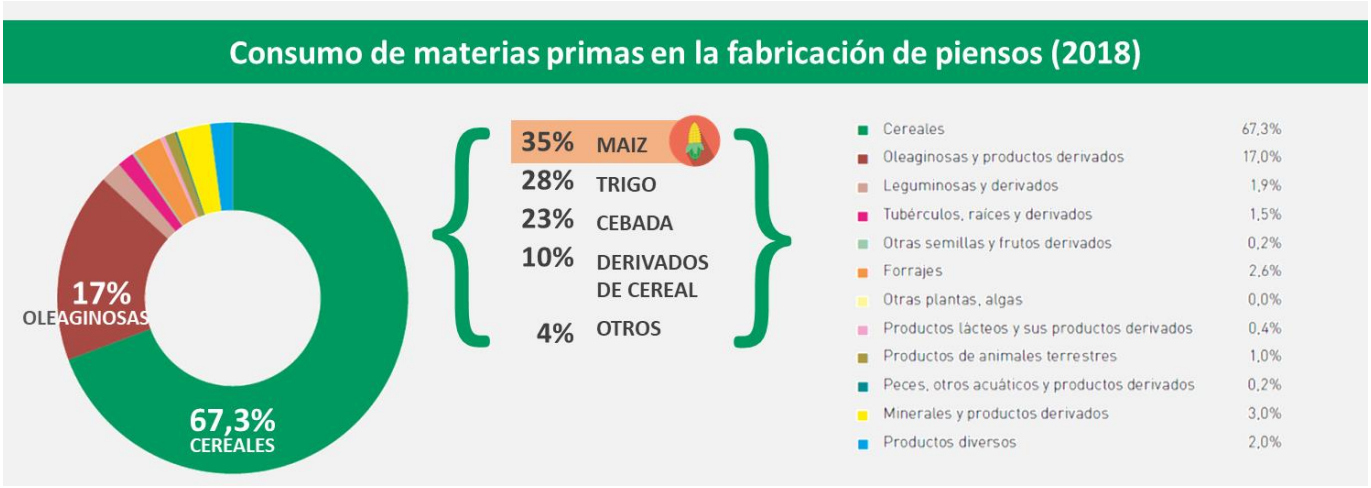


Figura 49. Principales materias primas en la fabricación de piensos compuestos. Fuente: CESFAC (2019).

Este apartado analiza el impacto de las innovaciones en mejora vegetal en la industria de piensos compuestos. **No obstante, conviene recalcar que el grado de contribución de la mejora vegetal en este eslabón resulta difícil de separar,** debido a tres factores:

a. El pienso compuesto es un **producto transformado**, y por ende compuesto por distintas materias primas y aditivos. Los cereales aportan el 67% del consumo de materias primas de la fabricación de piensos, siendo el maíz el principal cereal empleado y representando un 24% del total de componentes. Ello impacta directamente en la calidad final del producto.

b. Un **elevado porcentaje del maíz que transforma la industria proviene del exterior**. Si bien no existe una estadística exacta sobre este porcentaje, tradicionalmente el destino del volumen importado (8 millones de toneladas, vs. 3,7 millones producidas) es destinado prácticamente en su totalidad para la transformación de pienso.

c. La ganadería, principal destino de la producción de piensos compuestos, es un **sector altamente reglado.** En consecuencia, en los últimos años el sector de los piensos compuestos se ha visto sometido a profundas transformaciones para cumplir con las distintas normas establecidas (sobre seguridad alimentaria, contaminaciones cruzadas, etiquetado etc.) impactando en la calidad y composición del producto final.

Teniendo en cuenta estos matices, **el presente apartado identifica distintas hipótesis de impacto en la industria de piensos compuestos derivadas de la innovación del sector obtentor, así como el impacto que ha tenido para el sector los aumentos de rendimiento percibidos en la producción de maíz en el escenario conservador.**

5.1. Impactos ambientales

Los principales impactos ambientales de la industria de piensos se derivan principalmente del consumo energético de las fábricas de pienso y de la generación de residuos peligrosos, siendo principalmente trapos impregnados con aceites y/o disolventes, baterías usadas y aceites y lubricantes generados en el mantenimiento de la maquinaria.

En el marco del estudio **no se ha identificado que la I+D+i por parte del sector obtentor esté orientada a incidir en estos ámbitos**.

Sin embargo, desde hace años, y de forma más intensa en el futuro, se le exige al sector no solo que cumpla con su papel de productor de insumos para la ganadería, sino que también satisfaga una serie de requisitos entre los que destaca **el uso de materias primas agrícolas que se produzcan de forma sostenible**. Teniendo este punto en cuenta y el papel de la mejora vegetal en la sostenibilidad de los cultivos, se puede afirmar que el sector obtentor contribuye a dar respuesta a este reto del sector transformador, reduciendo el impacto ambiental que se genera aguas arriba en la cadena de valor.

5.2. Impactos socioeconómicos

a. Cantidad producida de pienso

La producción de pienso se incrementó desde el año 1993 desde entorno los 10,4 millones de toneladas a 26,2 millones de toneladas el año 2019. Esto supone un **incremento en términos de producción de un 152% en los últimos 24 años.**

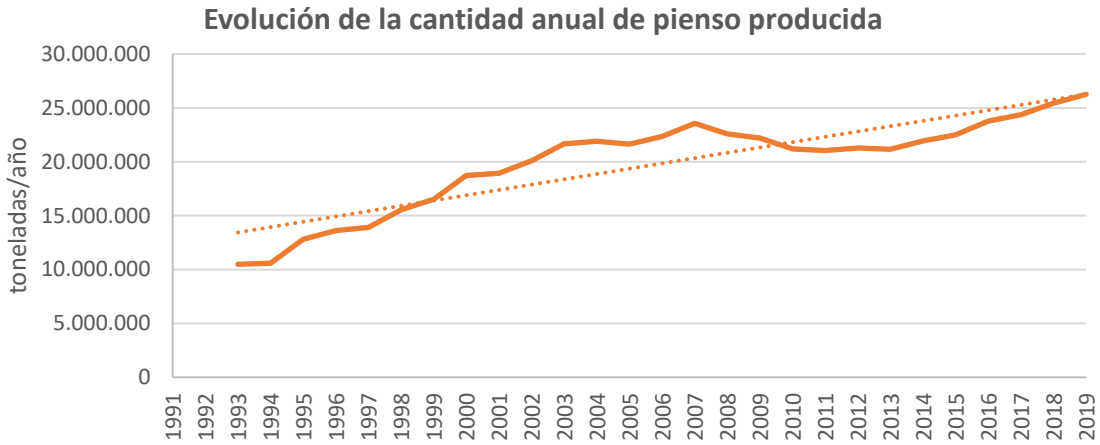


Figura 50. Evolución de la cantidad anual de pienso producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).

Según fuentes del sector, el incremento de producción apreciado en la industria del pienso en los últimos años se ha debido principalmente a un aumento en la demanda de alimentos, consecuencia del crecimiento del sector ganadero, y especialmente de la ganadería intensiva.

En el marco de este informe se ha considerado la hipótesis de que el sector obtentor ha contribuido, en alguna medida, a este aumento de producción.

H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido al aumento de la producción de pienso y forraje y, por ende, a mejorar el rendimiento de la industria de la alimentación animal.

Si bien no se han identificado datos concluyentes en este estudio de que la I+D+i por parte del sector obtentor esté orientada a incidir en este ámbito, sí puede atribuirse a la mejora varietal una parte del rendimiento derivado de la producción del maíz.

En este sentido, si no hubiera podido incrementarse la producción de cereal, y en este caso particular de maíz, en España gracias al sector obtentor (cuantificada en el apartado 4), **estas cantidades hubieran tenido que importarse**, con el sobrecoste que ello hubiera supuesto para el sector del pienso[20]. Por ello, se realizan las siguientes hipótesis:

El **incremento del rendimiento y la producción de maíz en España** tiene un impacto directo en la transformación y en el incremento de producción del pienso.

En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, **entre 1990 y 2018 hubiera sido necesario importar:**

11,2 millones de toneladas de maíz, con un coste de 243 millones de euros según el Escenario 1

17 millones de toneladas de maíz, con un coste de 369 millones de euros según el Escenario 2

En promedio, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector del pienso **un sobrecoste anual asociado al transporte de maíz de**

9,4 millones de euros en el Escenario 1

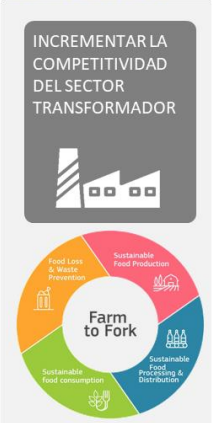
14,2 millones de euros en el Escenario 2

Asimismo, debe considerarse que los costes indicados serían los mínimos que se hubieran producido, dado que se han calculado considerando que la actividad obtentora no se hubiera producido en España, pero sí en el resto del mundo. En caso de considerarse la ausencia de actividad obtentora a nivel global, **el sobrecoste hubiera sido más elevado o, directamente, no hubiera podido satisfacerse la totalidad de la demanda** mediante importación.

La mejora vegetal del maíz tiene **efectos a nivel global, que trascienden en la cadena de valor del maíz**. La falta de investigación, desarrollo e innovación del sector obtentor hubiera tenido distintos impactos:

1. La productividad de maíz en el resto del mundo hubiera sido más baja, lo que habría impactado tanto en la **cantidad de maíz disponible en el mercado** (que sería más baja), **como en su precio** (que sería más caro, al existir menos oferta).
2. En caso de que la cantidad de maíz en el mercado se hubiera mantenido, lo hubiera hecho a precios más elevados. Para elevar las cantidades producidas, **hubiera sido necesario incrementar la superficie cultivada de maíz** en el mundo.
3. En cualquiera de los dos casos, los costes por kg producido habrían sido más elevados que los actuales y por lo tanto también su adquisición en mercados internacionales.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



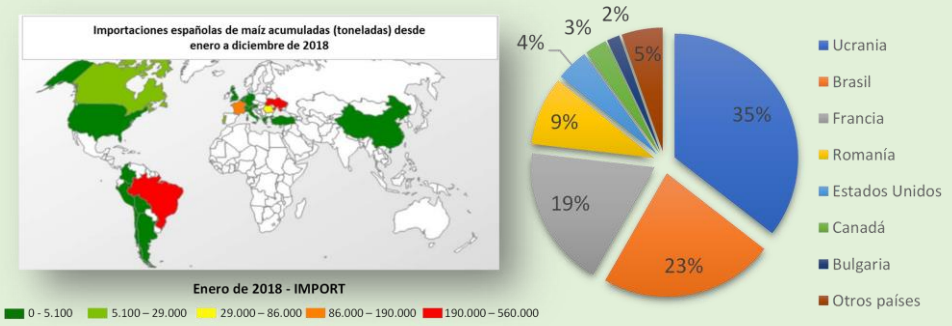
[20] La metodología utilizada para inferir el número de importaciones adicionales necesarias y el sobrecoste anual asociado a la falta de actividad del sector obtentor es el mismo que el detallado en el Apartado 4.3.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XII)

Se ha cuantificado la **cantidad de maíz que hubiera sido necesario importar durante el período comprendido entre 1990 y 2018**, sin el impacto del sector obtentor, en base a la suma de la producción atribuible a la mejora vegetal. Para consultar la metodología ver el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)", en la página 63.

El **coste asociado a esta importación se calcula ponderando los costes de transporte según modalidad de transporte** (ferroviario, carretera, marítimo) y según porcentaje de importaciones de cada país en los últimos 5 años:

1. Distribución de las importaciones según país de origen:



2. Se han realizado los cálculos asociados a la importación considerando cada país importador en función de la distancia y el modo de transporte utilizado.

Estos cálculos han permitido obtener **un coste transporte promedio por tonelada, que es de 21,7 €/t importada**. Por lo que para el cálculo del **extracoste del precio del pienso debido a la importación del maíz,** se ha tenido en cuenta la **producción total de maíz entre 1993 y 2018 atribuible a la aportación del sector obtentor y el coste de la exportación**, dado que únicamente se dispone de datos de producción de pienso a partir de 1993:

$$EP = PM \times CTP$$

Donde:

- EP = Extracoste del pienso debido al coste de la importación del maíz por tonelada entre los años 1993-2018 [€/t]
- PM = Producción de maíz entre 1993 y 2018 atribuible a la mejora vegetal (t). *Fuente: INE*
- CTP= Coste transporte promedio que tiene un valor de 21,7 €/tonelada importada

b. Valor de la producción

En términos monetarios, la evolución del valor de la producción de pienso ha aumentado, aunque de manera desigual, en los últimos 25 años. Los cereales y las oleaginosas son las principales materias primas y un componente fundamental de los piensos. Su incidencia en sus precios es muy alta representando, según datos de CESFAC, más del 80% de los costes de producción.

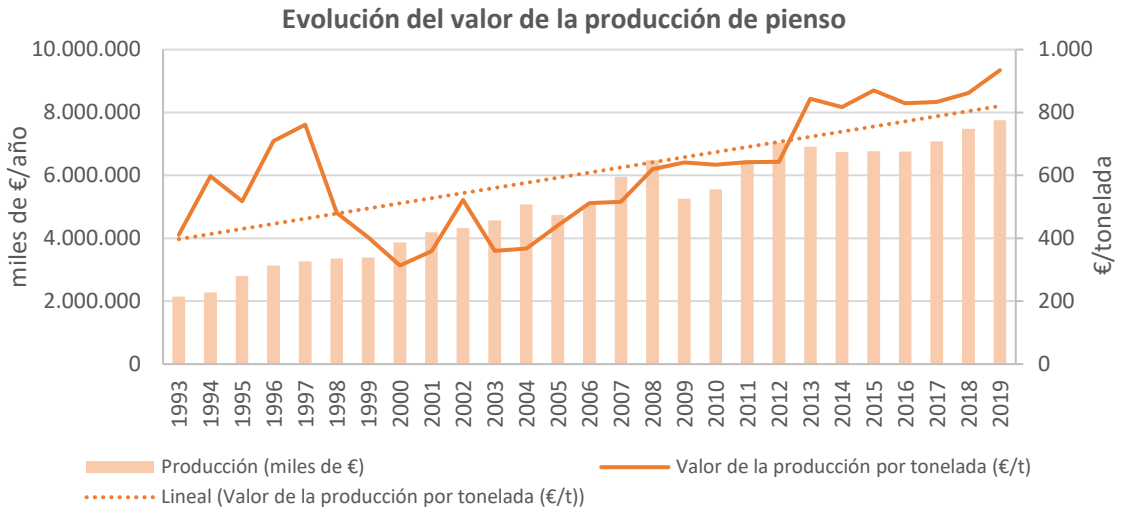


Figura 51. Evolución del valor de la producción de pienso entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).

Entre los cereales, el grano de maíz es el principal cereal utilizado (35%). Por ello, en el marco del presente estudio se ha querido comprobar la validez de la siguiente hipótesis:

H

El incremento de la producción en España ha permitido contener los precios del maíz y por lo tanto mantener los ingresos y los puestos de trabajo del sector, en un contexto de reducción del precio de la tonelada del maíz.

Con el objetivo de contrastar la anterior hipótesis, es importante recalcar cómo la **dependencia del sector en los mercados exteriores** ha tenido un papel importante en las fluctuaciones del precio del pienso.

El consumo aparente de maíz en España se sitúa en los últimos años entre los 5 y 9 millones de toneladas, de los que la importación suele representar entre el 30 y el 50%. Tradicionalmente, según datos de CESFAC, el destino del volumen importado ha sido prácticamente en su totalidad a pienso. En este sentido, los fuertes altibajos en la producción mundial de maíz -que ha crecido menos que su consumo en los últimos años-, el incremento de la ganadería y el aumento del uso de maíz para la producción de biocombustibles han provocado profundas alteraciones en los precios y una fuerte volatilidad en sus cotizaciones. Las tasaciones de maíz han llegado a duplicarse en pocos meses o a desplomarse en sentido contrario en el mercado internacional.

La falta de estudios comparativos entre variedades tradicionales y mejoradas ligadas al incremento de productividad del maíz y su impacto en precios, no ha permitido obtener conclusiones significativas ni confirmar nuestra hipótesis.

Sin embargo, **sí puede afirmarse que el incremento del rendimiento y la producción del maíz en España tiene un impacto directo en el incremento de producción de piensos y, por ende, en el mantenimiento de los ingresos y los puestos de trabajo del sector.**

En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector del pienso compuesto un **extracoste, asociado a la importación de maíz, de:**

0,5€/tonelada de pienso según el Escenario 1
0,7€/tonelada de pienso según el Escenario 2

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XIII)

Para le cálculo del ahorro del **extracoste por tonelada de pienso compuesto**, asociado a la importación del maíz, se ha considerado la producción total de pienso entre 1993 y 2018 [PTP]:

$$ETP = \frac{EP}{PTP}$$

Donde:

- ETP = Extracoste por tonelada de pienso compuesto [€/t]
- EP = Extracoste del pienso debido al coste de la importación del maíz por tonelada entre los años 1993-2018 [€/t] *Fuente: Calculado en el recuadro anterior de la metodología de cálculo XIII.*

c. Calidad del pienso

Tal y como se ha indicado al inicio de este apartado, el pienso es un alimento compuesto por una gran diversidad de materias primas. La industria transformadora tiene en cuenta **una amplia diversidad de parámetros para determinar su composición y aprovisionamiento,** desde la utilización de fórmulas concretas determinadas en base las necesidades nutricionales de los animales (en proteínas, lípidos, carbohidratos y micronutrientes), la calidad del grano y la homogeneidad de los lotes en el mercado, hasta el precio de las materias primas en cada momento.

Respecto a la calidad del grano, la Federación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal (Fedna) elabora periódicamente tablas de composición de piensos y normas de calidad para las distintas materias primas utilizadas en su composición. En el caso del maíz, los parámetros recomendados en grano por la Federación son los siguientes:

Análisis recomendados en el laboratorio

análisis	Nominal (% sobre total de producto)	Tolerancia	Periodicidad	Ensayos
Humedad		Max 15	Cada Lote	RD 2257/1994 nº6
Proteína bruta	7,7	±1	Cada Lote	RD 2257/1994 nº3 o NF V 18-120 Dumas
Extracto etéreo	3,6	±0,5	Nuevo producto proveedor	RD 609/1999 nº4
Fibra bruta	2,5	±0,5	Nuevo producto proveedor	RD 2257/1994 nº7 o Fibersac
Almidón	63,4	±2,5	Cada Lote	Orden 16.02.00
Cenizas		Max 2	Nuevo producto proveedor	RD 2257/1994 nº12

Figura 52. Especificaciones técnicas de análisis del grano de maíz para piensos. Fuente: FEDNA, 2000.

Teniendo estos parámetros en cuenta se puede establecer la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal, y en concreto su efecto en los parámetros de calidad del grano, han aumentado la calidad nutricional del pienso.

Antes de dar respuesta a la anterior hipótesis, es preciso matizar que la industria transformadora de piensos suele hacer uso de **aditivos,** que complementan las características de las materias primas usadas y que dificultan aislar el efecto de la mejora vegetal. Entre estos aditivos, los más usados son los nutricionales, que suelen ser vitaminas, aminoácidos y oligoelementos.

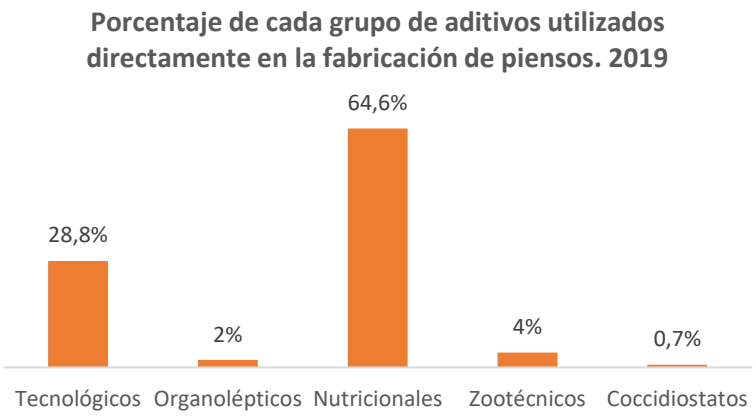


Figura 53.Porcentaje de cada grupo de aditivos utilizados directamente en la fabricación de piensos. (CESFAC, 2019)

En consecuencia, **cuanto mayor es la calidad nutricional de la materia prima, destacando principalmente el papel de la proteína, menor cantidad de aditivos nutricionales se suelen incorporar.** En este aspecto, la cantidad de proteína no depende solamente de la variedad usada, sino también en gran medida del manejo del cultivo. Debido a la gran diversidad de materias primas empleadas en la producción de pienso y la falta de estudios científicos en este aspecto, es difícil relacionar la influencia del sector obtentor en la calidad nutricional de estos.

Sin embargo, tal y como se ha mencionado en el apartado "3.1. Evolución del cultivo y mejoras", distintos estudios han señalado que el porcentaje de proteína en grano en maíz se ha visto reducido en los últimos años, a la vez que se ha observado un aumento en la cantidad de almidón.

Debido a la complejidad de la composición del pienso y la falta de datos no se pueden obtener conclusiones sobre el impacto de la mejora vegetal en parámetros de calidad nutricional del alimento.

El Comité de Expertos estuvo de acuerdo en el hecho de que, más allá de un aumento en la cantidad de materia prima disponible a nivel nacional, no se han observado cambios en los parámetros de calidad nutricional del maíz como materia prima para la industria transformadora.

Otro de los parámetros de calidad considerados por la industria, y altamente ligado con la seguridad alimentaria, son las micotoxinas. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) cuenta con estrictas regulaciones para limitar su contenido bajo unos mínimos que garanticen la seguridad de los alimentos para animales. En este aspecto, a nivel de calidad y seguridad de grano, se establecen contenidos máximos de aflatoxinas B1 y recomendaciones para Ocratoxinas, Vomitoxinas, Nivalenol, Toxina T-2 y HT-2, Zearalenonas y Fumonisinas (MAPA, 2015).

Según distintos autores, la mejora vegetal relacionada con el descubrimiento de ciertas variedades de maíz con resistencias a plagas (incluyendo las variedades transgénicas resistentes al taladro) ha tenido una influencia positiva en la reducción de micotoxinas en grano. Es por ello, que se puede formular la siguiente hipótesis:

H La mejora vegetal, y en concreto la incorporación de resistencias frente a insectos y patógenos, han aumentado la seguridad alimentaria del pienso.

Si bien la aparición de micotoxinas en maíz y el resto de cereales no depende únicamente de la genética de la planta, sino también del manejo del cultivo, su cosecha y almacenamiento (MAPA, 2015), este estudio no ha podido aislar el efecto de la mejora vegetal en este aspecto, debido a la falta de datos de análisis para el conjunto de España.

La mejora vegetal podría tener relación con la mejora de la seguridad alimentaria del pienso, gracias a una menor propensión a infecciones fúngicas durante su producción y cosecha. No obstante, este impacto no se ha podido cuantificar a nivel español debido a la falta de datos.

El Comité de Expertos estuvo de acuerdo en el hecho de que se había detectado menos presencia de micotoxinas en ciertos maíces de origen español.

d. Trazabilidad y seguridad alimentaria

La semilla certificada en la producción de maíz aporta un valor añadido adicional, más allá del propio eslabón de producción. Si bien contribuye a la salud de la semilla plantada y a un ahorro significativo en las dosis de siembra, **la certificación también es valorada por la industria transformadora, al asegurar una completa trazabilidad de la materia prima.**

La trazabilidad, según la FAO, permite identificar el origen del producto desde el campo hasta el consumidor. Todas las acciones de control y monitoreo de los movimientos en las unidades de entrada y salida de una empresa son en este aspecto fundamentales, apuntando a una cadena productiva que ofrezca calidad con origen seguro. En este sentido, el Reglamento 183/2005 que establece la trazabilidad de los piensos y sus ingredientes es una norma esencial para garantizar la inocuidad del producto final.

Por ello, la compra (y el uso) de semilla certificada de maíz derivada de la obtención vegetal, garantiza a la industria transformadora que la materia prima tenga la calidad que especifica y cumpla con unos estándares mínimos.

En este aspecto, el sector obtentor, mediante la certificación de semillas contribuye al garante de trazabilidad exigido por los sistemas regulatorios de seguridad alimentaria en el sector de piensos y alimentación animal.

<u>Adicionalmente, en el caso particular de los transgénicos,</u> una parte de la población creyó que dicha tecnología induciría a cambios no intencionados que podrían afectar la seguridad alimentaria (tanto en humanos como en el resto de animales) en el momento de su introducción. Si bien numerosos estudios han encontrado que las variedades transgénicas tienen una composición equivalente a los cultivos convencionales y que no suponen ningún riesgo para la salud, **hoy en día existen amplios requerimientos en su etiquetado y evaluación de seguridad**. (Glenn et al., 2017)

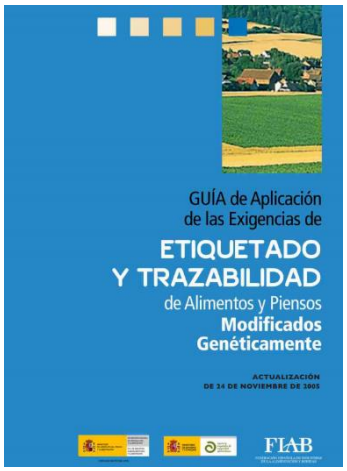


Figura 54. Guía de aplicación y etiquetado de Alimentos y Piensos Modificados Genéticamente

En este sentido, en términos de trazabilidad el Reglamento europeo 1830/03 establece los requisitos para una trazabilidad continua de los OMG y sus derivados. La información de los productos puestos en mercado según la normativa debe ser trazable desde el origen hasta el consumidor final, por lo cual la industria transformadora tiene un papel destacable al respecto. (MAPA, 2014)

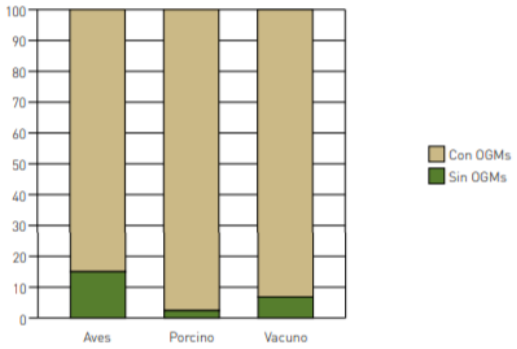


Figura 55. Porcentaje de pienso compuesto con OGMs. Fuente: CESFAC a partir de datos de FEFAC (Díaz Yubero,2014)

6. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de distribución y consumo

La ganadería constituye un sector estratégico de la economía española y no ha dejado de crecer en los últimos años. Actualmente, en España hay más de 6 millones de cabezas de ganado bovino, alrededor de 18,5 millones de cabezas de ganado ovino, prácticamente 3 millones de cabezas de ganado caprino y más de 25 millones de ganado porcino (INE, 2019). Esto representa **un total de más de 348.000 granjas o instalaciones productivas**, teniendo en cuenta también las granjas avícolas, y una **aportación a la Producción Final Agraria de 15.476 millones de euros**.

Según datos del último Censo Agrario realizado por el Instituto Nacional de Estadística, **España se situaba en 2009 en el segundo lugar de la Unión Europea en cabezas de ganado porcino y ovino**, mientras que en ganado bovino ocupaba el sexto lugar. El sector porcino español representaba el segundo mayor productor de carne de cerdo después de Alemania (INE, 2009).

Se estima que **la ganadería española emplea de forma directa a más de medio millón de personas**, mientras que las industrias cárnicas generan 97.000 puestos de trabajo. Se calcula que el sector ganadero de carne en la actualidad **está compuesto por más de 350.000 granjas en España**.

El crecimiento del conjunto de ganados en España ha hecho que **se estén alimentando con pienso de manera constante en el país a más de 62 millones de animales** destinados al consumo humano. Se calcula que este ganado consume el 97,2% de la producción total de piensos en España. A su vez, para el consumo de este pienso es necesaria la utilización de materias primas de naturaleza distinta, **una de ellas el maíz que se calcula que representa un 35%** del total.

El consumo aparente de maíz en España se sitúa entre 5 y 9 millones de toneladas, de los que **la importación suele suponer entre el 30% y el 50% (CESFAC, 2008).** El consumo del maíz ha mostrado una tendencia al alza en España, si bien este incremento se ha producido de forma más pronunciada en la Unión Europea y en Estados Unidos, cuyos consumos determinan la evolución de los mercados mundiales.

Figura 56. Radiografía del sector de la ganadería, principal consumidor de pienso en España (INE, CESFAC, 2020).

6.1. Impactos ambientales

Los impactos ambientales identificados en el eslabón de la distribución y el consumo están relacionados principalmente con el **transporte del pienso hacia los centros de comercialización e instalaciones de consumo**.

En el marco del estudio no se ha identificado que la I+D+i por parte del sector obtentor esté orientada a incidir en este ámbito.

6.2. Impactos socioeconómicos

a. Mejora de la digestibilidad del maíz ensilado

El **ensilado de maíz es comúnmente utilizado en la alimentación de ganado lechero**. El proceso de ensilado es habitualmente realizado por el propio ganadero, por ser uno de los forrajes más sencillos de transformar y a la vez más económicos de obtener, teniendo en cuenta el rendimiento y su valor energético.

Existen **múltiples parámetros que pueden influir en la digestibilidad del ensilado**, desde las características de obtención de la semilla, pasando por la madurez del grano en el momento de la cosecha, la permanencia del verde de la base de la planta, el porcentaje de materia seca, su altura, longitud del corte, o hasta el procesamiento de la propia planta. En este sentido se realiza la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la **mejora de la digestibilidad del maíz ensilado** para la ganadería.

Tal y como se ha comentado en anteriores apartados (3.1), la investigación en mejora genética en híbridos de maíz destinados a alimentación animal ha permitido obtener variedades con un alto contenido en almidón en las mazorcas, pero sobre todo en los últimos años, **ha permitido incrementar la digestibilidad de la parte verde de la planta**. Estas variedades ofrecen actualmente una mejora de la digestibilidad debido a la disminución de la cantidad de fibra no digestible.

Asimismo, alguna variedad introducida en los últimos años –como los maíces *Brown Mid Rib* (BMR), por la coloración morada que toma el nervio central de las hojas– presenta una mutación genética natural que afecta la síntesis de la lignina. Estas mutaciones han reducido los niveles de lignina en la planta, aumentando la digestibilidad de la fibra y traduciéndose en un **mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes** (superior al de los híbridos convencionales) y en unos mayores porcentajes de ingestión (Corteva).

El Comité de Expertos reafirmó la labor de investigación realizada para la obtención de nuevas variedades de maíz para ensilado, consensuando que ha permitido incrementar el contenido en almidón y la digestibilidad de la fibra.

El **incremento en la digestibilidad de la fibra** en variedades BMR puede variar entre un 4% y un 10% según datos de CORTEVA respecto a maíces convencionales, apreciándose una mayor capacidad de ingestión de materia seca por parte de los animales alimentados con silo de estas variedades de maíz. Esto se traduce en **un mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes y una mayor capacidad de producción de leche**.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente el 25% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo mejorar la digestibilidad del maíz ensilado. El 40% de las empresas obtentoras en el cultivo del maíz tienen por lo menos una línea de investigación centrada en la mejora la digestibilidad del cultivo.

Entre las aportaciones que pretenden generar estas iniciativas están la búsqueda de variedades con una mejor calidad de las fibras para poder incrementar el rendimiento tanto de la leche como de la carne y, a su vez, mejorar la salud de los animales. También se centran en poder ofrecer variedades con un bajo contenido de lignina.

b. Disminución de la contaminación del maíz por micotoxinas

Según estimaciones de la FAO, cada año se pierden un millón de toneladas de cultivos como consecuencia de las micotoxinas, un **contaminante natural producido por hongos que se aloja principalmente en cereales**. Además de generar importantes pérdidas económicas, las micotoxinas **pueden resultar un riesgo para la seguridad alimentaria y la salud humana y animal**.

Existe una variedad muy amplia de micotoxinas, dependiendo del hongo que las produce, y cuya presencia depende de muchos factores como el tipo de alimento, la humedad y la temperatura. Existen así micotoxinas que se forman principalmente en el campo (durante el cultivo), otras durante la cosecha y otras durante el almacenamiento (o en varias etapas a la vez). **Una vez presentes en el alimento, este no se puede descontaminar** al resistir a los procesos de secado, molienda y procesado. Además, debido a su estabilidad térmica, tampoco suele desaparecer mediante el cocinado. Estas micotoxinas entran en la cadena alimentaria normalmente a través de cultivos contaminados, principalmente cereales, que son destinados a alimentos y piensos.

Figura 57. Mazorcas de maíz afectadas por hongos (Agroavances, 2018).

Para la mayoría de las micotoxinas, los organismos evaluadores del riesgo (EFSA en la UE) **han establecido valores de referencia toxicológicos**. Actualmente, en lo que se refiere al consumo, los límites máximos vigentes de micotoxinas en los alimentos con mayor exposición en la dieta europea se recogen en el Reglamento 1881/2006, de Diciembre de 2006. El establecimiento de **límites máximos en la legislación es la medida de gestión más eficaz** para reducir la exposición a un contaminante en la población general.

Teniendo en cuenta las afirmaciones sostenidas en apartados anteriores (3.1 y 5), este estudio parte de la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del maíz **contribuye de forma directa a evitar la aparición de micotoxinas** en el cultivo principalmente a través de las variedades transgénicas.

En este aspecto, tal y como se ha mencionado en el apartado "3.1. Evolución del cultivo y mejoras", cabe destacar la **emergencia del maíz transgénico (OGM) MON810** en la resistencia a plagas. En este sentido, la introducción de un gen en estas variedades que codifica una proteína del maíz, producida naturalmente, y que es tóxica para las larvas de insectos del taladro del maíz, permite asegurar un menor daño en la planta a causa del taladro y reducir el riesgo de infecciones fúngicas. En consecuencia, las variedades transgénicas tienen, por ende, una menor probabilidad de contar con micotoxinas.

Más allá de las variedades transgénicas, la certeza que aporta el uso de semilla certificada en las variedades de maíz se ve diluida a lo largo de la cadena, debido a las transformaciones sufridas por la materia prima y los controles de calidad adicionales requeridos en cada eslabón (especialmente en los de producción del cultivo y transformación de pienso). La adición de otras materias primas o componentes contaminados aumenta la probabilidad que **lleguen lotes infectados con micotoxinas al final de la cadena alimentaria**, que tendrán que ser descartados antes de la llegada a los consumidores finales. Este hecho puede suponer un riesgo para la salud y al mismo tiempo supone la generación de mermas y de desperdicio alimentario.

La obtención de la nueva variedad de maíz tolerante al taladro evita que se produzcan daños en la planta y por lo tanto **reduce significativamente la presencia de micotoxinas en los cultivos de maíz**. Desde la óptica del consumidor, esta variedad OGM aporta la **certeza de un mínimo contenido en micotoxinas en el grano**, lo que permite hacer llegar un alimento más seguro hasta **la parte final de la cadena alimentaria,** que es la distribución y el consumo.

Al mismo tiempo, la reducción de la presencia de micotoxinas en los cultivos de maíz, **contribuye a reducir el desperdicio alimentario**

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

c. Incremento del consumo interno de maíz

Como se ha comentado en el apartado 5 del impacto del sector obtentor en la fase de Transformación, **España lidera la producción de piensos compuestos de Europa** (una posición que ocupa desde 2019), y se encuentra entre los diez países con mayor producción del mundo. Además, **el maíz es una de las materias primas más utilizada** para la fabricación de pienso. Por ello el presente estudio presenta la siguiente hipótesis:

H

El sector obtentor ha contribuido a **dar respuesta al incremento de la demanda interna de maíz en España** para la producción de pienso.

Tal que como muestra la Figura 56, el incremento de la producción de pienso durante los últimos años ha venido acompañado de **un incremento del consumo interno de pienso en España**, siendo Castilla y León, Cataluña y Aragón las comunidades autónomas con un mayor consumo de pienso.

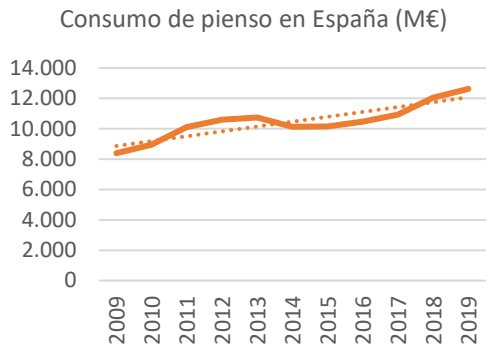


Figura 58. Evolución del consumo de pienso en España entre 2009 y 2019 en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020.

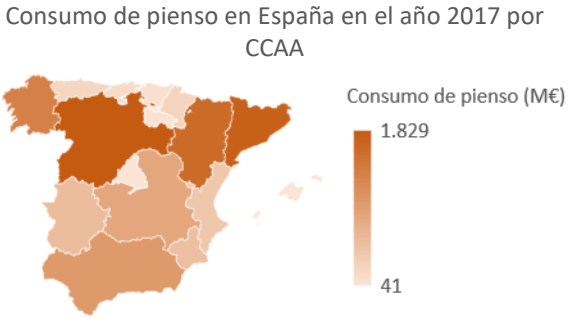


Figura 59. Distribución del consumo de pienso en España en 2017 por comunidades autónomas en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020.

Como se ha comentado anteriormente España es un país importador de maíz, por lo que el incremento de la demanda interna de pienso **contribuye a que la producción de maíz sea consumida por el mercado interno**.

El incremento de la productividad del maíz debido a la mejora vegetal ha contribuido a **dar respuesta al incremento de la demanda de pienso en España** durante los últimos años, de forma que ha permitido incrementar el porcentaje de maíz consumido en el mercado interno.

7. Principales conclusiones

La semilla es el primer eslabón de la cadena alimentaria, y, por lo tanto, un **insumo imprescindible para el sostenimiento de la cadena**. Su importancia, sin embargo, todavía no es suficientemente conocida ni valorada por la sociedad actual, hasta el punto de que la semilla, en el ámbito regulatorio, no está incluida en la cadena alimentaria.

El maíz se domesticó hace más de 9.000 años para su uso en la agricultura en América, y actualmente **es uno de los cultivos más extendidos por el mundo**. A partir del siglo XX, con los avances en mejora genética vegetal, es cuando se han producido cambios más significativos en su rendimiento y atributos. **El surgimiento de la industria obtentora y el desarrollo de nuevas variedades a través de la mejora genética permitió que se seleccionaran y desarrollaran variedades con características específicas**, permitiendo extender los beneficios de una actividad altamente tecnológica a toda la cadena alimentaria.

El presente estudio, pese a la falta de fuentes disponibles en el ámbito estatal que estimen el impacto de la mejora genética, ha permitido **identificar y cuantificar la trascendencia de la investigación y el desarrollo de nuevas variedades de maíz**, así como su contribución a la sostenibilidad económica, medioambiental y social en toda la cadena alimentaria española. En este aspecto, la mejora vegetal se configura como una h**erramienta tecnológica imprescindible para dar respuesta a los diferentes retos a los que se enfrenta la cadena de valor** de este producto en los próximos años.

Históricamente, la mejora vegetal ha estado dirigida al incremento de rendimientos, ya sea alterando la anatomía de la planta o haciéndola más resistente a estreses bióticos y abióticos. **No existen prácticamente estudios a nivel español relativos a la aportación de la mejora vegetal** al incremento de estos rendimientos, no obstante, los análisis desarrollados indican que el incremento de rendimientos se explicaría **entre por lo menos en un 33% por la actividad obtentora en el escenario conservador** (Escenario 1). Esta contribución podría ser, asimismo mucho más elevada, dado que las evidencias existentes en otros países europeos cifran **la aportación de la semilla mejorada al incremento de los rendimientos de los últimos años en una media del 50%** en el escenario promedio europeo (Escenario 2).

El estudio analiza los impactos del sector obtentor en toda la cadena de valor agroalimentaria: producción, transformación, distribución y consumo, según el **Escenario conservador** (Escenario 1) y el **Escenario promedio europeo** (Escenario 2) y destaca los principales retos de la Estrategia europea “de la granja a la mesa” (*From farm to fork)*, que afronta cada impacto.

Sobre la aportación de la mejora vegetal en maíz en el sector agrícola (producción).

El impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en maíz se da en su producción. Históricamente, la mejora vegetal ha estado dirigida al incremento de rendimientos, ya sea alterando la anatomía de la planta o haciéndola más resistente a estreses bióticos y abióticos. A nivel local, esto ha permitido **incrementar la competitividad del campo español** de diferentes maneras:

1. **Incremento de la productividad y de los ingresos en el campo español**

Gracias a la introducción de nuevas variedades vegetales, unido a una mejora en las tecnologías y el manejo del cultivo, **se han producido incrementos de productividad en maíz superiores al 320% en los últimos 50 años, y del 85% en los últimos 30**. En 1965, la productividad media del

maíz en España se situaba en 2,39 toneladas por hectárea, mientras que en 2018 se alcanzaron 11,92 toneladas por hectárea.

- Si se considera **el escenario conservador**, se estima que el incremento de la productividad del maíz ha supuesto una **producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 11,3 millones de toneladas**, un 10,5% de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación promedio anual sería de 404.089 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal. Estos impactos también se encuentran asociados a los ingresos de los agricultores. La actividad obtentora habría supuesto, entre 1990 y 2017, unos **ingresos adicionales para el campo de 1.980 millones de euros**, un 10% de sus ingresos en este periodo. Esto supone una aportación promedio anual de 73,3 millones de euros, siendo más elevada en los últimos años del período.
- Si se toma en cuenta **el segundo escenario**, el incremento de productividad del maíz habría supuesto una **producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 17,1 millones de toneladas**, un 16% de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación anual sería de 612.257 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal. Estos incrementos de rendimientos habrían supuesto unos **ingresos para los agricultores entre 1990 y 2017 de 3.330 millones de euros**, un 16,7% de sus ingresos en este periodo. Lo que supone una aportación promedio anual a los ingresos agrícolas de 123,3 millones de euros/año, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Incrementar la competitividad del sector agrario
- Afrontar el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos
- Optimización de recursos y reducción de impactos ambientales

En este aspecto, cabe destacar **que la regulación de las nuevas herramientas de edición genética son claves para conseguir el máximo potencial genético de los cultivos**, tanto en términos de productividad como en reducción de insumos. **De no resolverse la paralización en la regulación de dichas herramientas en la Unión Europea, el sector no podrá competir con la producción de terceros países**, impactando gravemente en España. El acceso a estas tecnologías, además, permitiría alcanzar los objetivos del Pacto Verde Europeo y sus dos estrategias.

2. Incremento de la resiliencia del subsector del maíz

El incremento de demanda de maíz a nivel mundial esperado para las próximas décadas (estimado en un 50% para 2050 según la FAO), sucederá principalmente en otros países del mundo donde se esperan mayores crecimientos demográficos en los próximos años. En un contexto de mercado cada vez más globalizado, este hecho podría acabar teniendo consecuencias en el precio del maíz, que al ser una *commodity*, **viene marcado por los mercados internacionales**.

El incremento de la demanda de maíz, aunado a un escenario de incertidumbre respecto a su producción en determinadas partes del mundo como consecuencia del cambio climático, **hacen esperar que los precios del maíz se incrementen en los próximos años** a no ser que se apliquen nuevas innovaciones a su cultivo.

Incrementar la productividad del maíz en España, teniendo estos hechos en cuenta, no solo incrementa la competitividad del campo español, sino que **hace que la cadena de valor del maíz sea más resiliente a las posibles subidas de precio a nivel global de maíz**, especialmente en un contexto en el que España es deficitaria en este cultivo, pero principal exportadora de los piensos compuestos, cuya principal materia prima es el maíz.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Dar respuesta al cambio climático
- Seguridad alimentaria y trazabilidad
- Afrontar el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos
- Mejorar la calidad nutricional en un contexto de crecimiento demográfico

3. Creación de puestos de trabajo y contribución a la lucha contra la despoblación rural

Otro campo al que contribuye la obtención vegetal del maíz, estrechamente ligado a su impacto en los incrementos de rendimiento, es a afrontar el envejecimiento y la despoblación rural que está viviendo España en las últimas décadas. **En este sentido la mejora vegetal ha permitido la creación de puestos de trabajo en España y contribuido al desarrollo y la competitividad rural del campo español.**

El impacto del sector obtentor en materia laboral va más allá del impacto directo de la propia actividad. Así, gracias al incremento de rendimientos en el cultivo del maíz, la actividad obtentora **en el escenario conservador (Escenario 1)** ha generado en España **2.691 puestos de trabajo anuales** equivalentes durante el periodo 1990-2017, de los cuales 675 fueron creados de manera directa, 1.337 indirecta y 680 inducida. Y en el **escenario promedio europeo** (Escenario 2), el sector obtentor ha generado 4.526 puestos de trabajo anuales durante el mismo período de los cuales 1.135 creados de manera directa, 2.248 indirecta y 1.143 inducida.

Estos puestos han tenido un impacto **más concentrado en las Comunidades Autónomas productoras de maíz (Castilla León, Aragón y Extremadura), por su estrecho vínculo con la actividad obtentora**, contribuyendo al crecimiento socioeconómico en las mismas. Estos puestos de trabajo, generados en el sector del maíz, corresponderían a un 2% de los puestos de trabajo generados por el sector agrícola en estas tres regiones en 2018 según el Escenario 1 y aun 3% según el Escenario 2.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Incrementar la competitividad del sector agrario
- Afrontar el envejecimiento y la despoblación rural
- Incrementar la competitividad de los sectores económicos

4. Reducción de inputs necesarios para la cosecha del maíz

Por otro lado, la obtención vegetal se torna imprescindible para mantener e incrementar la producción en un contexto de **reducción de inputs,** exigido por la estrategia europea "De la granja a la mesa" (*From farm to fork)*, que junto a la "Estrategia sobre Biodiversidad para 2030", cuentan con un objetivo común: contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050 haciendo evolucionar el actual sistema alimentario de la UE hacia un modelo más sostenible. Para ello, establece ciertos objetivos para 2030, como la reducción en un 50% del uso de los fitosanitarios, en un 20% del uso de fertilizantes, así como la disminución de pérdidas de nutrientes un 50% sin alterar la fertilidad del suelo. Asimismo, señala que una intensificación sostenible de la agricultura debe ir ligada a una reducción de las emisiones generadas por el sector.

- En este aspecto, a partir de los datos disponibles se estima que la actividad obtentora **permitió ahorrar entre 2011 y 2015 en el cultivo del maíz 614.280 kg de fitosanitarios en los Escenarios 1 y 2**. Según los cuestionarios realizados, gran parte de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo (un 53%) van encaminadas a este objetivo.

- En cuanto al uso de fertilizantes, según los datos disponibles y la opinión del Comité Técnico, no se aprecia una reducción en su uso. No obstante, **el 65% de las iniciativas de innovación del sector obtentor desarrolladas actualmente tienen la disminución en el uso de fertilizantes** como uno de sus objetivos. En este aspecto, distintos autores coinciden en que el maíz tiene margen de mejora en cuanto a la eficiencia en la absorción de nutrientes en sus raíces y el uso de estos nutrientes en la propia planta (Hawkesford y Griffiths, 2019).
- Otro de los insumos que la aportación del sector obtentor ha permitido reducir es el consumo hídrico del cultivo del maíz. Los resultados de **consumo de agua por kg producido de maíz tienden a disminuir en los últimos años**. Con los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora permite ahorrar 19,3 millones de metros cúbicos de agua anuales en el cultivo del maíz según el Escenario 1 y 29,2 millones de metros cúbicos anuales según el Escenario 2. **El ahorro de agua es el equivalente al consumo de una ciudad de 372.000 habitantes para el Escenario 1 y 563.700 habitantes para el Escenario 2.** Actualmente, el 71% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico. Esto es particularmente importante en la adaptación de este cultivo en España, ya que en su mayoría se planta en regadío y España tiene un alto riesgo de experimentar sequías y déficits hídricos debidos al cambio climático (MITERD, 2021).
- En el ámbito energético y de emisiones, la mejora vegetal en el maíz puede contribuir a la **disminución de las emisiones de efecto invernadero en su cultivo**. En particular, el ahorro de emisiones total es de 68.000 t de CO_2eq/año según el Escenario 1 y de 103.000 t de CO_2eq/año según el Escenario 2, correspondiente a la suma de los ahorros de emisiones en la producción, y a las emisiones evitadas gracias al ahorro del transporte asociado a la importación de maíz. **Estas emisiones son equivalentes a las emisiones anuales de 40.000 coches** para el Escenario 1 y de **60.700 coches** para el Escenario 2**.**
- Asimismo, la mejora vegetal del maíz ha contribuido a la **disminución de la "deforestación" y a una disminución en la extensión de las tierras de cultivo.** En particular, si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido, se hubiera necesitado una media de 44.900 y 73.400 ha más cada año según el Escenario 1 y 2 respectivamente, para obtener la producción existente de maíz, el equivalente a 64.200 y 104.900 campos de fútbol. Esta superficie extra hubiera entrado en competición con otros tipos de cultivo o con superficies forestales, tanto del estado español como en otros países, en el caso que se hubiera optado por importarlas. El mantener o usar menos superficie obteniendo más producción, **permite conservar la biodiversidad en las superficies forestales**.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa junto a la estrategia sobre biodiversidad para 2030:

- Optimización de recursos y reducción de impactos ambientales
- Dar respuesta al cambio climático

5. Mejora de la adaptación del cultivo al cambio climático

Pese a los esfuerzos realizados en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio climático ya está afectando y afectará a la geografía española y a sus cultivos. A nivel de temperatura, se calcula que por cada grado Celsius que suba la temperatura media global**, se producirán unas pérdidas de rendimiento de un 4% en maíz** (Zhao et al., 2017). En este aspecto, los incrementos de temperatura afectarán de forma más directa a todo aquel maíz cultivado en secano. El maíz cultivado en regadío, pese a presentar cierta tolerancia a los incrementos de

temperatura, se verá afectado por la disponibilidad de agua en el futuro, debido a mayores episodios de sequía y aumentos en los costes del riego, tal y como indican las previsiones de cambio climático (Ferrero et al., 2014). Por todo ello, la adaptación de los cultivos al nuevo contexto de cambio climático es uno de los principales retos a los que se enfrenta el país.

En este aspecto, **crear maíz mejor adaptado a las futuras condiciones climáticas** de manera que el descenso en lluvias y la subida de temperaturas no afecte a su rendimiento, se vuelve imprescindible. El hecho de que un 70% de las iniciativas de innovación del sector obtentor identificadas en relación con el maíz van encaminadas hacia la adaptación y compensación de los efectos del cambio climático ratifica la importancia otorgada por el sector.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:
- Dar respuesta al cambio climático
- Afrontar el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos

Sobre la aportación de la mejora vegetal en maíz a la industria transformadora de pienso compuesto.

1. Ahorro de costes para la industria de los piensos

El incremento del rendimiento y la producción de los cultivos en España ligados a la innovación en semilla se transmiten a lo largo de la cadena y tienen un impacto directo en la transformación de sus subproductos.

En caso de no haberse producido la actividad obtentora, si la industria de piensos hubiera mantenido el consumo de maíz entre 1990 y 2018, hubiera sido necesario importar por parte del sector productor de piensos **11,2 millones de toneladas de maíz adicionales, con un coste de 243 millones de euros** según el Escenario 1 y una **importación de 17 millones de toneladas de maíz adicionales con un coste de 369 millones de euros** según el Escenario 2. En promedio, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector productor de piensos **un sobrecoste mínimo anual asociado al transporte de maíz de 9,4 millones de euros** según el Escenario 1 y de **14,2 millones de euros** según el Escenario 2**.**

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:
- Contención de precios
- Incrementar la competitividad del sector transformador

2. Mejora de la digestibilidad de la fibra

La mejora vegetal del maíz ha contribuido a la **mejora de la digestibilidad del maíz ensilado** para la ganadería. **El incremento en la digestibilidad de la fibra en variedades BMR puede variar entre un 4% y un 10%** según datos de CORTEVA respecto a maíces convencionales, apreciándose una mayor capacidad de ingestión de materia seca por parte de los animales alimentados con silo de estas variedades de maíz. Esto se traduce en un mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes y una mayor capacidad de producción de leche.

El 40% de las empresas obtentoras en el cultivo del maíz tienen por lo menos una línea de investigación centrada en la mejora la digestibilidad del cultivo.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:
- Mejorar la calidad nutricional en un contexto de crecimiento demográfico
- Adaptación a las necesidades de los consumidores

3. Mejora de la trazabilidad y de la seguridad alimentaria del producto

Otro de los aspectos a destacar que aporta el sector obtentor a la industria de los piensos está relacionado con la **trazabilidad de los productos y la seguridad alimentaria**:

- El valor añadido de la certificación de la semilla trasciende al propio eslabón de producción. La **certificación también es valorada por la industria de la transformación** por permitir una mayor trazabilidad de la materia prima y por lo tanto una mayor garantía de **seguridad alimentaria**, dando respuesta también, a los requerimientos legales relacionados.
- Asimismo, se ha observado que las variedades de maíz transgénico resistentes al taladro tienen menos riesgo de contaminación por micotoxinas, **contribuyendo de esta forma a la seguridad alimentaria en toda la cadena de valor** en la alimentación animal.
- Al mismo tiempo, la reducción de la presencia de micotoxinas en los cultivos de maíz, **contribuye a reducir el desperdicio alimentario**

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Seguridad alimentaria y trazabilidad

Sobre la aportación de la mejora vegetal en maíz (en piensos y ensilado) en la distribución y el consumo.

El sector obtentor ha venido desarrollando desde hace años diferentes iniciativas para **dar respuesta** a las demandas de los consumidores, particularmente en maíz para forraje:

- Las investigaciones en **nuevas variedades de maíz para forraje adaptadas a las necesidades de los animales** son un claro ejemplo de cómo el sector obtentor contribuye a dar respuesta a las demandas de los ganaderos.
- **Por otro lado, el consumidor quiere conocer** de forma clara el **origen de los productos y saber cómo se han producido**, siendo estos los factores de sostenibilidad que más influyen en sus decisiones de compra. En este aspecto, queda mucho camino por recorrer, pero el sector obtentor se alza como aliado para para satisfacer las demandas de los consumidores actuales, al ser la única alternativa para asegurar la trazabilidad desde el inicio de la cadena.

Este impacto da respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Adaptación a las necesidades de los consumidores
- Seguridad alimentaria y trazabilidad

En definitiva, la mejora vegetal y el sector obtentor en el maíz son piezas clave para:

- **Mantener e incrementar la actividad económica y el empleo en las zonas rurales en el contexto actual de pérdida de población de las mismas.**
- **Adaptar los cultivos a las futuras condiciones climáticas e intensificar la agricultura de forma sostenible. Las innovaciones tecnológicas en manejo de cultivo y la mejora en las variedades vegetales van de la mano para conseguir los objetivos marcados por la Comisión Europea para la agricultura.**
- **Contribuir a la mejora de la calidad de los forrajes de maíz para brindar una mejor alimentación a la ganadería.**
- **Satisfacer las demandas de los consumidores en cuanto a la trazabilidad de los alimentos y a la compra de productos de proximidad.**

8. Referencias

Arias Martín M. (2016). Riesgos y beneficios del cultivo en España de maíz Bt (MON810) resistente a insectos. Universidad Complutense de Madrid.

Agroavances (2018). Las micotoxinas amenazan la producción de alimentos. Recuperado de: https://agroavances.com/sabiasque-detalle.php?idSab=278

Barrièrea Y., Guilleta C., Goffnerb D., Pichon M. (2003). Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. Animal Research, 52 (3): 193 – 228.

Brookes. G., Barfoot P. (2017). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. Biotechnology in Agriclture and the Food Chain, 8 (2): 117 – 147.

Byerlee D. (2020). The globalization of hybrid maize, 1921–70. Journal of Global History, 15 (1): 101 – 122.

Caicedo Villafuerte M.B. (2018). Mejora genética de maíz para senescencia retrasada "Stay Green". Universidade de Santiago de Compostela (CIEDUS).

Campo CyL (2014). Acertar con la variedad de maíz es clave en la rentabilidad del cultivo Recuperado de: https://www.campocyl.es/category/maiz/acertar-con-la-variedad-de-maiz-es-clave-en-la-rentabilidad-del-cultivo/

CESFAC (2008). Estudio de posicionamiento estratégico para el sector de alimentación animal en el escenario actual. Interal, MAPA.

CESFAC (2012). Análisis de la evolución de las capacidades y competencias humanas y su variación con la edad, en relación a las demandas exigidas en el puesto de trabajo, en el sector de fabricación de piensos. Recuperado de: https://cesfac.es/media/attachments/2019/08/08/memoria.pdf

CESFAC (2019). Informe Mercados Estadística 2019

Corteva. P2046 BMR. Recuperado de: https://www.corteva.es/

CEA (varios años). Estimación renta agraria nacional. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

Díaz Yubero M.A. (2014). Marco estratégico de la industria de piensos compuestos. CESFAC.

Duvick D. N. (2005). The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea Mays* L.). Advances in Agronomy, 86: 83 – 145.

Dwivedi, S. L., Ceccarelli, S., Blair, M. W., Upadhyaya, H. D., Are, A. K., Ortiz, R. (2016). Landrace germplasm for improving yield and Abiotic Stress Adaptation. *Trends in Plant Science,* 21(1), 31-42.

FAO (Food and Agricultural Organzation). (2020) OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. Roma: FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). FAOSTAT statistical database. FAO.

FEDNA (2000). Especificación técnica de materia prima (Cereales). Recuperado de: http://www.fundacionfedna.org/normas-fedna-control-calidad

Ferrero, R., Lima, M., Gonzalez-Andujar, J. L. (2014). Spatio-Temporal dynamics of maize Yield Water constraints under climate change in Spain. *PLoS ONE*, 9(5). doi:10.1371/journal.pone.0098220

Fundación Antama (2016). Beneficios del maíz Bt en España (1998-2015). Una perspectiva económica, social y ambiental.

García-Díaz, M., Gil-Serna, J., Vázquez, C., Botia, M. N., y Patiño, B. (2020). A comprehensive study on the occurrence of mycotoxins and their producing fungi during the Maize production cycle in Spain. *Microorganisms*, 8(1), 141.

Glenn, K. C., Alsop, B., Bell, E., Goley, M., Jenkinson, J., Liu, B., Vicini, J. L. (2017). Bringing new plant varieties to Market: Plant breeding and selection Practices Advance BENEFICIAL characteristics while Minimizing unintended changes. *Crop Science*, 57(6), 2906-2921.

Hawkesford, M. J., Griffiths, S. (2019). Exploiting genetic variation in nitrogen use efficiency for cereal crop improvement. *Current Opinion in Plant Biology*, 49, 35-42.

Jung HJ. G, Samac D.A., Sarath G. (2011). Modifying crops to increase cell wall digestibility. *Plant Sci*, 185 – 186, 67 – 77.

Kaiser, N., Douches, D., Dhingra, A., Glenn, K. C., Herzig, P. R., Stowe, E. C., Swarup, S. (2020). The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops. *Trends in Food Science Technology*, 100, 51-66. doi:10.1016/j.tifs.2020.03.042

Koch, M. S., Ward, J. M., Levine, S. L., Baum, J. A., Vicini, J. L., Hammond, B. G. (2015). The food and environmental safety of Bt crops. *Frontiers in Plant Science*, 06. doi:10.3389/fpls.2015.00283

Kutka F. (2011). Open-pollinated vs. hybrid maize cultivars. *Sustainability*, 3 (9): 1531 – 1554.

InfoRiego. (10 de marzo de 2021). Junta de Castilla y León. Recuperado de: http://www.inforiego.org/opencms/opencms

IDAE (2009). Ahorro y eficiencia energética con agricultura de conservación. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del Gobierno de España.

IDAE (2011). Consumos del sector residencial en España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo del Gobierno de España.

INE (2020). Ocupados por rama de actividad, sexo y comunidad autónoma.

INE (2008). Encuesta de hogares y medio ambiente.

Lopez-Malvar, A., Malvar, R. A., Butron, A., Revilla, P., Pereira-Crespo, S., Santiago, R. (2021). Genetic dissection for maize forage digestibility traits in a multi-parent advanced generation intercross (magic) population. *Agronomy, 11*(1), 104. doi:10.3390/agronomy11010104

MAPA (2004). Guia de Aplicación de las Exigencias de Etiquetado y Trazabilidad de Alimentos y Piensos Modificados. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MAPA (2019). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre regadíos en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

MAPA (varios años). Anuario de Estadística del MAPA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

MAPA (2015). Recomendaciones para la precención, el control y la vigilancia de las micotoxinas en las fábricas de harinas y sémolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

MITERD (2021). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico: Madrid.

Nielsen R.L. (2020). Historical corn grain yields in the U.S. Corny News Network. Recuperado de: https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/YieldTrends.html.

Noleppa, S. (2016). The economic, social and environmental value of plant breeding in European Union. An ex post evlauation and ex ante assesment. Berlin: HFFA Research GmbH.

Ordás A. (2013). Maíz. Misión Biológica de Galicia (CSIC), 133 – 154.

Reglamento (CE) 767/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre la comercialización y la utilización de los piensos. Recuperado de: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-81606

Reglamento (CE) nº *183*/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de enero de 2005 por el que se fijan requisitos en materia de higiene de los piensos. Recuperado de: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2005-80251

Reglamento (CE) nº 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Recuperado de: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-82588

Shull, G. H. (1909). A pure-line method in corn breeding. *Journal of Heredity*, Os-5(1), 51-58.

Salim, N., Raza, A. (2019). Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43 (2): 297 – 315.

Stitzer M.C., Ross-Ibarra J. (2018). Maize domestication and gene interaction. *New Phytologist Foundation*, 220 (2): 395 – 408.

Tenaillon M. I., Charcosset A. (2011). A European perspective on maize history. *Comptes Rendus Biologies*, 334 (3): 221 – 228.

Thomas H., Ougham H. (2014). The stay-green trait. *Journal of Experimental Botany*, 65 (14): 3889 – 3900.

Yang, C. J., Samayoa, L. F., Bradbury, P. J., Olukolu, B. A., Xue, W., York, A. M., Doebley, J. F. (2019). The genetic architecture of teosinte catalyzed and constrained maize domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(12), 5643-5652.

Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces GLOBAL yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 114*(35), 9326-9331.

ANEXOS

Anexo 1 – Aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España

1. El sector obtentor en España

El comienzo de la cadena alimentaria y de otras cadenas de consumo, es la semilla. Tradicionalmente se tiende a olvidar y se empieza a hablar de la planta y del producto obtenido, pero antes se encuentra una etapa imprescindible que se encarga de la semilla, el único insumo imprescindible para el sostenimiento de la cadena de consumo tal como la entendemos, segura y diversa.

La semilla tiene una importancia todavía no suficientemente valorada, no solo para el agricultor, sino de manera mucho más especial para el consumidor y para la sociedad en general

La obtención o mejora vegetal es una actividad altamente tecnológica y de enorme trascendencia económica, basada en la investigación y desarrollo de nuevas variedades de plantas. Dan respuesta a las demandas de los consumidores finales contribuyendo a la sostenibilidad económica, medioambiental y social de toda la cadena alimentaria y de los cultivos de uso industrial.

Entre la década de los sesenta y el año 2000, los incrementos de productividad han sido espectaculares en todos los cultivos. Esto ha supuesto que, por ejemplo, en el caso del maíz, el aumento de la productividad haya aumentado en este periodo más del 400% y otros cultivos como el tomate, haya alcanzado un incremento de la productividad de más del 250%.

ANOVE, la asociación que representa a las empresas obtentoras

ANOVE, Asociación Nacional de Obtentores Vegetales, es una entidad que agrupa la industria de las semillas y material vegetal de reproducción en España, es decir, la producción y mejora de variedades agrícolas para contribuir a resolver los retos de la agricultura y el futuro alimentario de nuestro país, Europa y el mundo. También es un instrumento de colaboración con las administraciones competentes y con las organizaciones representativas de los diferentes sectores de la producción agraria.

En este contexto, el papel de la industria de semillas y material vegetal de reproducción, los mejoradores vegetales y su capacidad para investigar e innovar, va a ser esencial para el futuro agrario europeo y para el alimentario e industrial, a nivel mundial.

Las empresas asociadas desempeñan un papel fundamental en el sector agrario, como investigadores y proveedores de una tecnología esencial para el desarrollo agrícola: las nuevas variedades.

En el sector alimentario, la semilla y, por tanto, las empresas dedicadas a su obtención son el origen de la cadena alimentaria. Por ello son un elemento clave para la obtención de alimentos y aportan un importante valor añadido a toda la cadena. Su labor ha permitido que la oferta de productos agroalimentarios haya mejorado tanto en calidad como en versatilidad en los últimos años permitiendo aumentar la oferta a los consumidores.

2. Caracterización de las empresas del sector obtentor

Las empresas del sector obtentor que representa Anove son un total de 59 entidades, de las que 56 son empresas privadas y 3 centros públicos de investigación. La asociación se organiza en Secciones por cultivos (Hortícolas y Ornamentales; Cereales y Proteaginosas; Maíz, Oleaginosas y Cultivos Industriales; Árboles Frutales y Frutos Rojos), así como en Comités y Grupos temáticos.

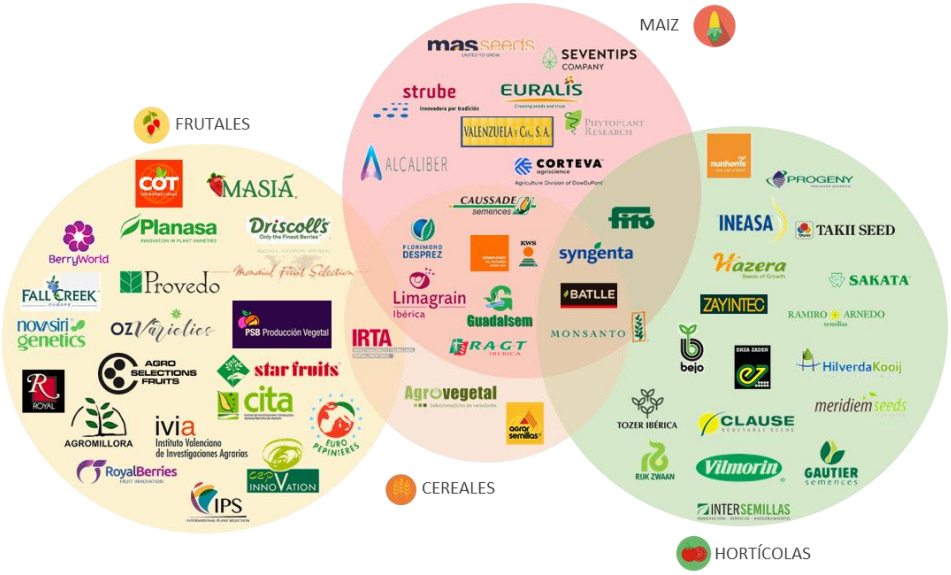


Figura 1. Empresas asociadas a ANOVE clasificadas según secciones por cultivos

Facturación del sector

Las compañías asociadas a ANOVE son muy diversas. Existen empresas especializadas en uno o más tipos de cultivos y existen de una gran variedad de tamaños. Más de la mitad de las empresas asociadas tienen una facturación menor a los 5 millones de euros anuales. Mientras que 5 empresas superan los 40 millones de euros anuales, lo que representa el 8% de las empresas asociadas.

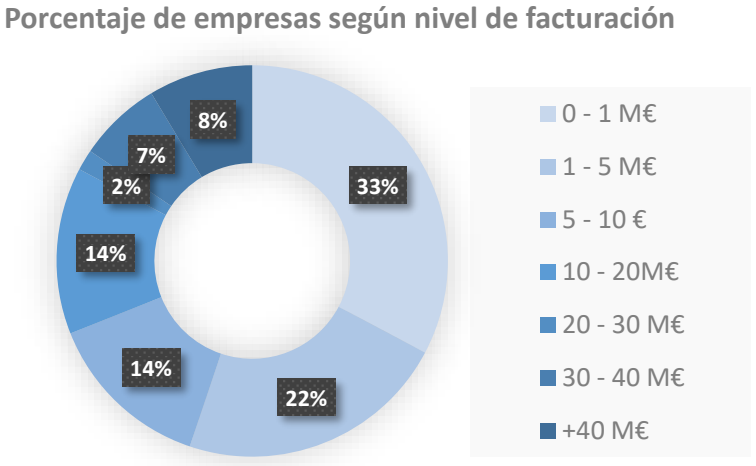


Figura 2. Empresas asociadas a ANOVE clasificadas según el nivel de facturación

La facturación total de las empresas del sector obtentor en el negocio de las semillas y plantas en España en 2019 fue de **733 millones de euros**

Esta cifra representa el **3% del total de la producción vegetal** en el sector agrario en España en 2019

De los 733 millones de euros generados por las empresas del sector obtentor, el 43% corresponde a la facturación de las 5 compañías con una facturación superior a los 40M€

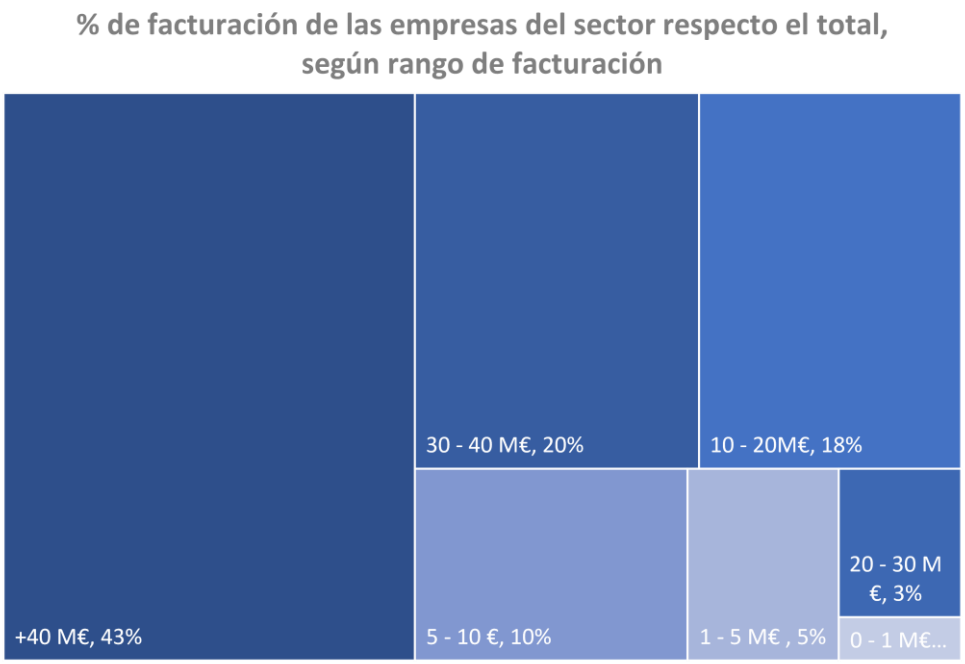


Figura 3. % de facturación de las empresas del sector obtentor respecto el total, según rango de facturación en España en 2019. Por ejemplo, la suma de la facturación de las empresas con un rango de facturación superior a los 40M€, representa un 43% de la facturación total de todas las empresas del sector

El tamaño y grado de facturación de las empresas del sector obtentor está correlacionado con el tipo de cultivo de especialización. En general, las empresas de la sección de los frutales son empresas pequeñas con volúmenes de facturación inferiores que el resto de las secciones. Las empresas de las secciones del cereal y del maíz de media tienen volúmenes de facturación más elevados que los anteriores, siendo las de la sección del tomate las que concentran empresas con volúmenes de facturación más elevados.

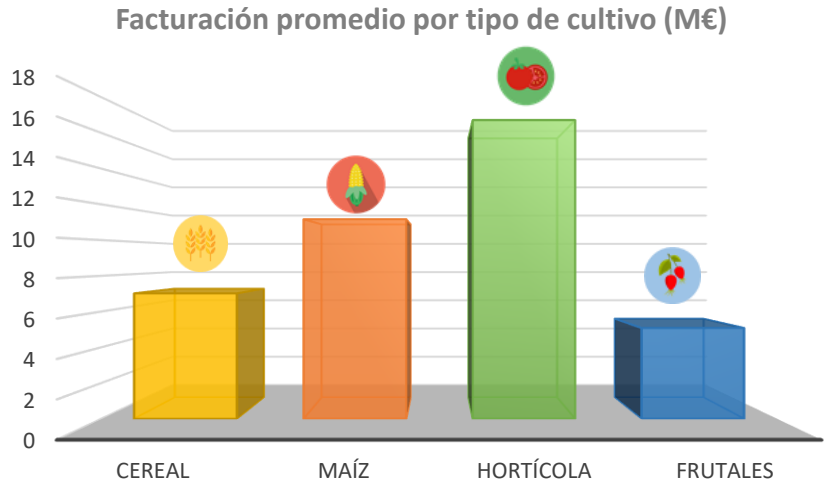


Figura 4. Facturación promedio de las empresas del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

APUNTE METODOLÓGICO

Una misma empresa puede estar especializada en más de una sección de cultivo (por ejemplo, en cereal y maíz). En estos casos se ha divido la facturación de esta empresa por el número de secciones en la que está especializada. Por ejemplo, si una misma empresa está especializada en las secciones de cereal y maíz y tiene una facturación de 10M€, se han contabilizado 5M€ en cereal y 5M€ en maíz.

Se ha realizado esta misma aproximación para el resto de los indicadores: trabajadores, trabajadores en I+D+i e inversión en I+D+i

Trabajadores del sector

Más allá de la cifra de negocio generada por las empresas del sector obtentor, la obtención vegetal también tiene una gran trascendencia en el desarrollo agrario en términos de ocupación. La generación de puestos de trabajo tiene un impacto social y económico en España, más aún si se tiene en cuenta que donde se ha generado ocupación mayoritariamente es en las zonas rurales de España.

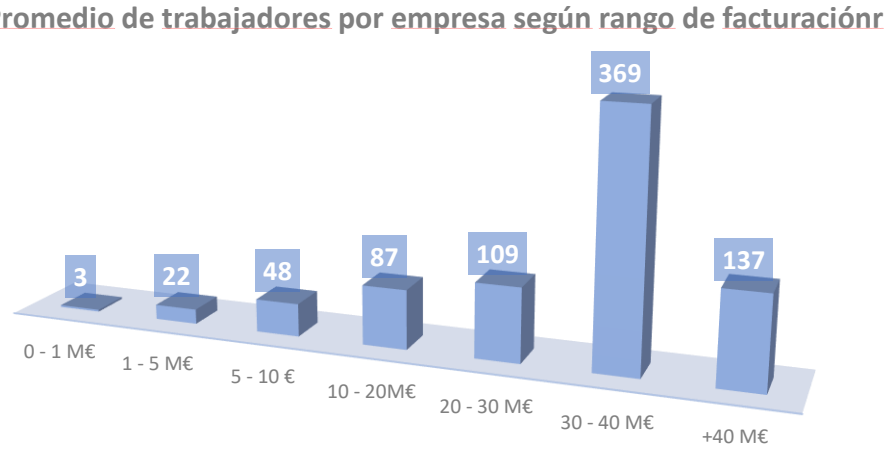


Figura 5. Número promedio de trabajadores por empresa según el rango de facturación.

El número de trabajadores de las empresas del sector obtentor en 2019 fue superior a los **3.600 puestos de trabajo**.

Las empresas con un rango de facturación superior a los 20 millones de euros que representan el 17%, generan más de 100 puestos de trabajo directos cada una.

Las empresas del sector obtentor de la sección del cultivo de hortícolas son las más intensivas en necesidad de mano obra. Sin embargo, también es la sección donde se concentran un mayor número de empresas de gran tamaño, con una facturación más elevada.

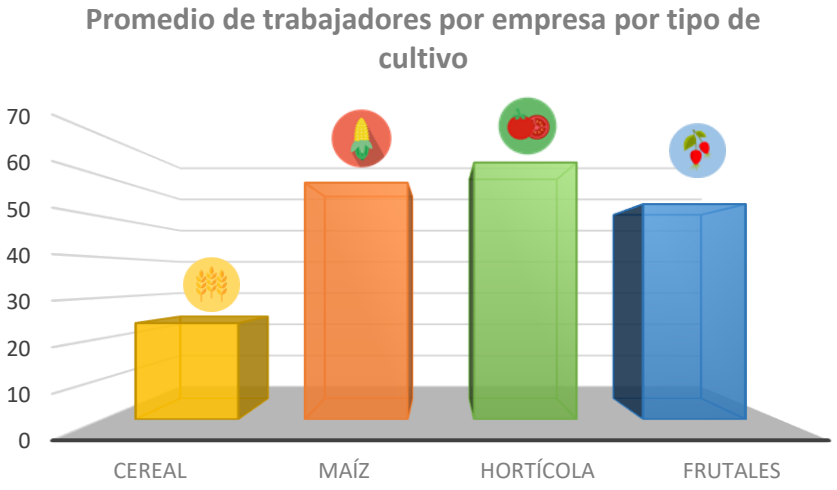


Figura 6. Promedio de trabajadores por empresa del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

3. Inversión en I+D+i de las empresas del sector obtentor

Inversión en I+D+i

La investigación y la innovación del sector obtentor es imprescindible para el sector agrario, ya que ha permitido adaptar variedades a territorios donde antes no se cultivaban, ha mejorado la tolerancia a las condiciones climáticas extremas, ha aumentado la protección contra plagas y enfermedades y ha multiplicado el rendimiento de las explotaciones reduciendo los costes. De hecho, gracias a la innovación realizada en obtención vegetal, la producción mundial de alimentos no deja de aumentar, lo cual deriva en unos precios más estables de las cosechas y en beneficios directos para agricultores y productores.

La inversión en iniciativas de I+D+i para la mejora vegetal de las empresas del sector obtentor durante el año 2019 fue de **105 millones de euros.**

Esta inversión representa una

intensidad en I+D+i del sector obtentor del 14%

lo que significa que de media las empresas del sector obtentor invierten el 14% de la facturación en actividades de I+D+i.

Esta cifra es más elevada que los sectores que registran **mayores porcentajes de intensidad en I+D+i** en la economía española como el sector farmacéutico, el aeroespacial o el sector de productos informáticos, electrónicos y ópticos

En general las empresas que dedican un mayor porcentaje de su facturación a la inversión en iniciativas de I+D+i son las que tienen una mayor facturación, llegando al 20% de media en el caso de las empresas con una facturación entre 30 y 40M€.

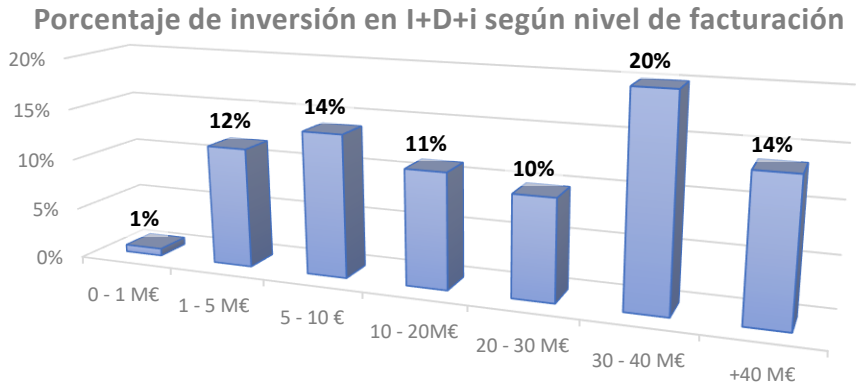


Figura 7. *Porcentaje promedio de inversión en iniciativas de I+D+i de las empresas del sector obtentor según el rango de facturación*[21]

[21] *Para graficar el dato del % de inversión en I+D+i respecto la facturación, no se ha tenido en cuenta la inversión en I+D+i de los centros de investigación (IRTA, IVIA y Phytoplant Research) dado que al estar en rangos de facturación inferiores a 1M€, el porcentaje de inversión de este rango que se mostraría en el gráfico estaría sobredimensionado*

De nuevo, la sección de cultivo con un mayor porcentaje promedio de inversión en iniciativas de I+D+i respecto a su facturación, es el de las empresas hortícolas, con una media del 18%. En el resto de las secciones el promedio de inversión se sitúa entre el 10 y el 12%.

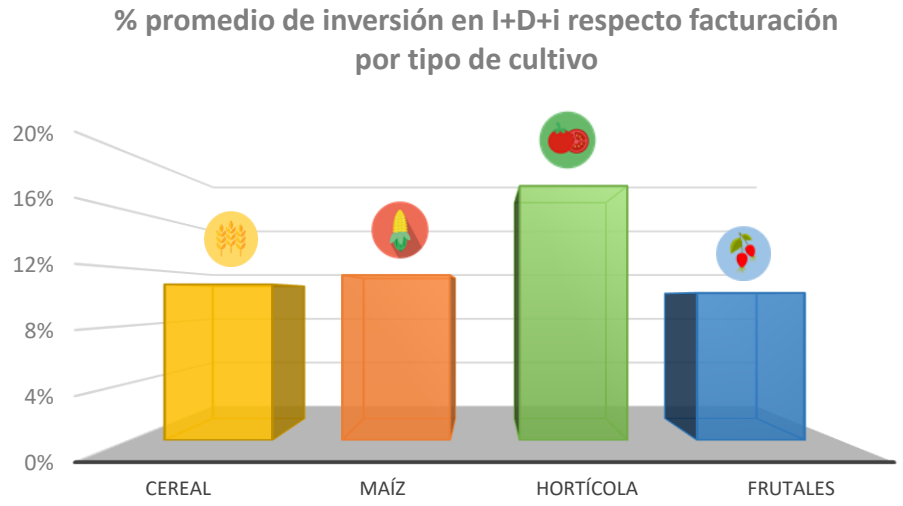


Figura 8. Porcentaje promedio de inversión en iniciativas de I+D+i de las empresas del sector obtentor según sección de cultivo

Trabajadores en I+D+i

La singularidad del sector obtentor es que casi la totalidad de las empresas que operan en él, desarrollan actividades de I+D+i. Se trata de uno de los sectores económicos que más apuesta por la investigación y con más porcentaje de trabajadores dedicados a la I+D+i.

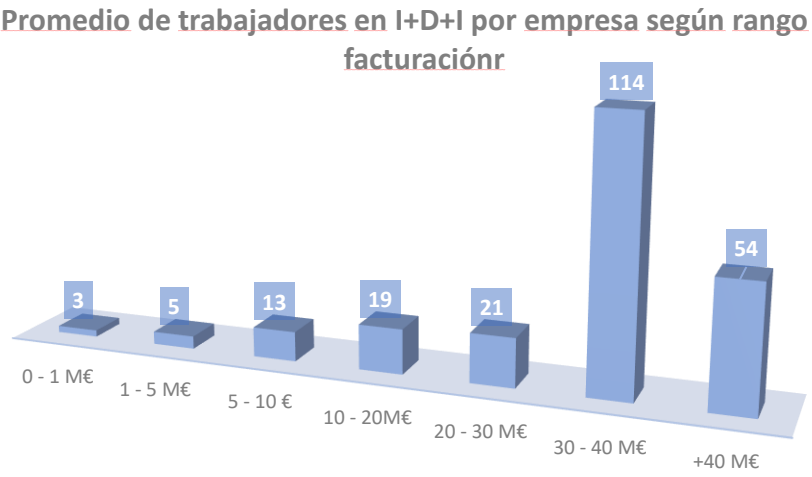
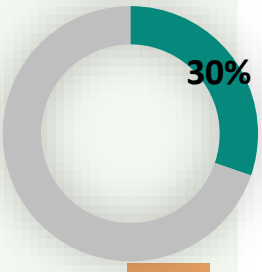


Figura 9. Número promedio de trabajadores en I+D+i por empresa según el rango de facturación.

El número de trabajadores en I+D+i de las empresas del sector obtentor en 2019 fue superior a los **1.100 puestos de trabajo**.

Esta cifra sitúa al sector obtentor como uno de los sectores líder en proporción de los empleados de la plantilla que se dedica a actividades de I+D+i, con un porcentaje que representa el **30%** de los profesionales dedicados a actividades de I+D+i



Las empresas con un rango de facturación superior a los 20 millones de euros que representan el 17%, generan un total de 750 puestos de trabajo directos dedicados a la investigación y el desarrollo

La sección de cultivo que genera más puestos de trabajo en sus departamentos de I+D+i es el de las empresas hortícolas, con una media de 31 trabajadores en I+D+i por empresa, seguidos por las del maíz, el cereal y frutales, con un promedio de 17, 8 y 5 trabajadores en I+D+i respectivamente.

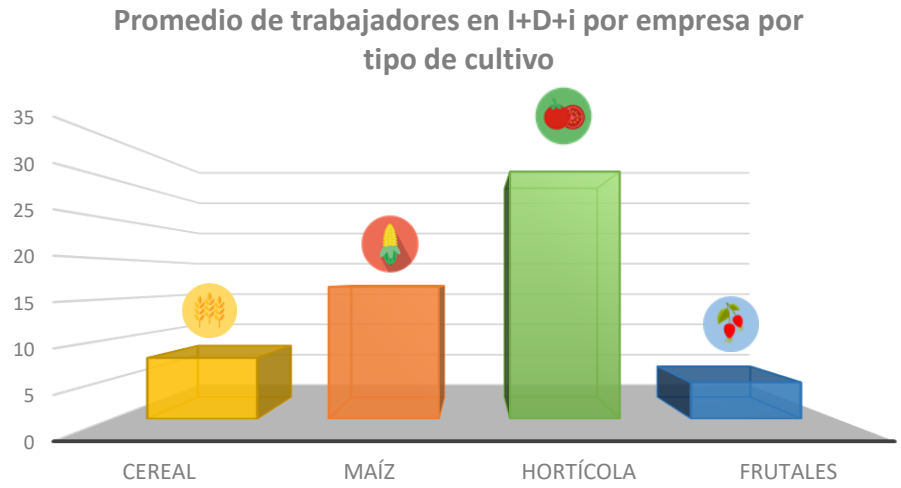


Figura 10. Promedio de trabajadores en I+D+i por empresa del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

4. Impacto del sector obtentor

La facturación de las empresas del sector obtentor ha supuesto, a su vez, una aportación al conjunto de la economía española en forma de Valor Añadido Bruto (VAB, en adelante). El VAB es la macromagnitud económica que mide el valor añadido generado por el conjunto de empresas de un área económica, recogiendo en definitiva los valores que se agregan a los bienes y servicios en las distintas etapas del proceso productivo. La aportación del sector obtentor se ha cuantificado en base a esta metodología, desagregando los impactos directos, indirectos e inducidos que se derivan de esta actividad:

- Impacto directo: corresponde a la generación de ocupación e ingresos de forma directa por la actividad.
- Impacto indirecto: corresponde a la generación de ingresos y ocupación producida en las empresas relacionadas con las actividades generadoras de efectos directos (básicamente a través de la provisión de bienes y servicios).
- Impacto inducido: valor económico y puestos de trabajo generados como consecuencia del gasto y el consumo de los empleados de las actividades directa e indirectamente relacionadas con el sector evaluado.

La actividad obtentora ha permitido generar un VAB total en el conjunto de la economía española durante el año 2019 de **985 millones de euros**, de los cuales 458 se han generado de forma directa por el sector, 277 de forma indirecta y 249 de forma inducida

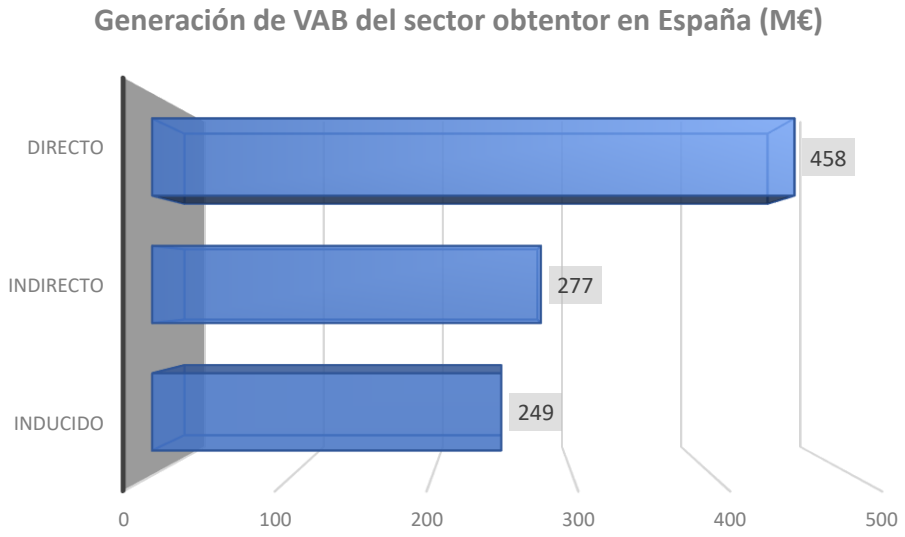


Figura 11. Generación de VAB directo, indirecto e inducido del sector obtentor en España en 2019.[22]

[22] El VAB y la generación de puestos de trabajo del sector obtentor se calculan con la información de base publicada en el marco input-output de España (INE).

Más allá del impacto económico generado, la obtención vegetal también tiene una gran trascendencia en el desarrollo agrario en términos de ocupación. La generación de valor añadido bruto asociada a la actividad del sector obtentor ha hecho posible, a su vez, la **generación de puestos de trabajo adicionales, también de forma directa, indirecta e inducida**.

La actividad obtentora ha permitido generar en el conjunto de la economía española un total de **15.854 puestos de trabajo** durante el año 2019, de los cuales 4.058 se han generado de forma directa por el sector, 5.371 de forma indirecta y 6.424 de forma inducida

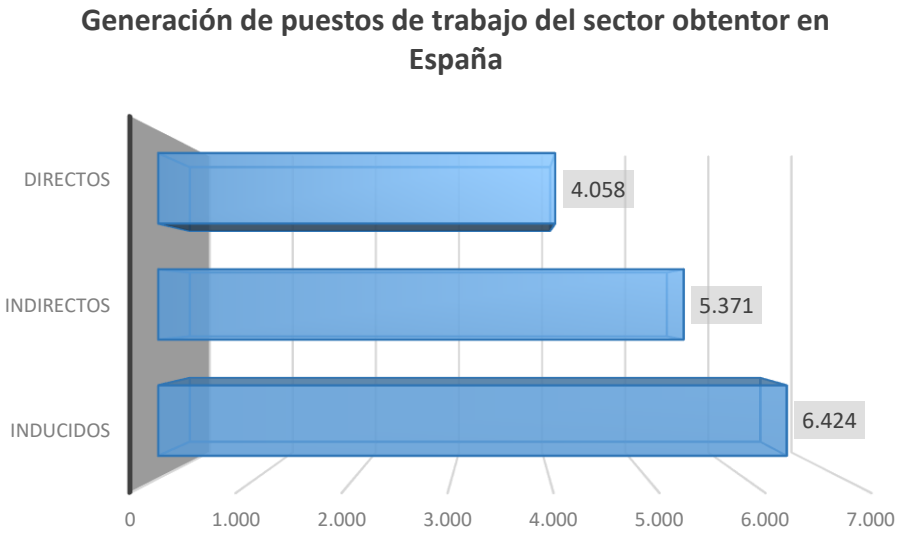


Figura 12. Generación de puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos del sector obtentor en España en 2019.

Anexo: Detalle de las principales magnitudes

		Nº de empresas	Facturación (M€)		Trabajadores		Inversión en I+D+i (€)			Trabajadores en I+D+i	
			Total	Promedio	Total	Promedio	Total	Promedio	% respecto facturación	Total	Promedio
Según rango de facturación	0 - 1 M€	19	7	0,4	52	3	1.279.953	67.366	1%[b]	53	3
	1 - 5 M€	13	39	3	283	22	4.580.402	352.339	12%	70	5
	5 - 10 €	8	71	9	388	48	9.828.344	1.228.543	14%	101	13
	10 - 20M€	8	133	17	698	87	14.873.104	1.859.138	11%	154	19
	20 - 30 M€	1	25	25	109	109	2.397.837	2.397.837	10%	21	21
	30 - 40 M€	4	144	36	1475	369	29.363.304	7.340.826	20%	456	114
	+40 M€	5	315	63	684	137	43.093.453	8.618.691	14%	268	54
Según sección de cultivo	Cereal	13[a]	91	7	309	24	9.923.416	763.340	11%	99	8
	Maíz	15[a]	167	11	875	58	19.301.369	1.286.758	11%	248	17
	Hortícola	22[a]	368	17	1.393	63	65.218.512	2.964.478	18%	680	31
	Frutales	21[a]	107	5	1.115	53	10.973.102	522.529	10%	96	5
TOTAL		**58**	**733**		**3.689**		**105.416.398**			**1.123**	

a. *Las empresas con más de una sección de cultivo se han contabilizado tantas veces como el número de secciones en las que opera. En estos casos se han divido los indicadores de esta empresa por el número de secciones en la que está especializada. Por ejemplo, si una misma empresa está especializada en las secciones de cereal y maíz y tiene una facturación de 10M€, se han contabilizado 5M€ en cereal y 5M€ en maíz.*

b. *Para el cálculo del porcentaje de la I+D+i respecto de la facturación no se ha tenido en cuenta los valores del IRTA, IVIA y Phytoplant Research dado que al estar en rangos de facturación inferiores a 1M€, el porcentaje de inversión de este rango estaría sobredimensionado.*

Generación de Valor Añadido Bruto del sector (M€)				Generación de puestos de trabajo del sector			
Directo	Indirecto	Inducido	TOTAL	Directo	Indirecto	Inducido	TOTAL
458	277	249	985	4.058	5.371	6.424	15.854

Anexo 2 – Cuestionario referente a la I+D+i de las compañías obtentoras en el cultivo del maíz

Con el objetivo de disponer de i**nformación relevante y contrastada sobre el valor social, económico y ambiental de la inversión en mejora vegetal del sector obtentor**, durante el transcurso del proyecto se ha enviado el siguiente cuestionario a las empresas obtentoras del cultivo del maíz.

En este cuestionario **se identifican y se cuantifican las inversiones en iniciativas de I+D+i realizadas en Iberia por el sector obtentor** y los impactos de estas iniciativas en los diversos eslabones de la cadena de valor. El cuestionario se estructura en 4 bloques.

1. Información general
2. Información relativa al esfuerzo en I+D+i
3. Información de las iniciativas en I+D+i realizadas en los últimos 3 años
4. Información de iniciativas en innovación social y RSC en los últimos 3 años

Algunas de las preguntas están extraídas de la "Encuesta sobre innovación en las Empresas" que las compañías rellenan anualmente para el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Los datos suministrados voluntariamente a través de este cuestionario han sido guardados en un fichero responsabilidad de INSTITUT CERDÀ con la estricta finalidad de realizar un estudio estadístico agregado del volumen de inversión del sector y de su impacto en la cadena de valor y el entorno. Los datos recabados han sido tratados con absoluta confidencialidad, no siendo accesibles a terceros para finalidades distintas para las que han sido autorizados, y se eliminarán una vez el estudio haya finalizado.

A continuación, se muestra el cuestionario con las preguntas rellenadas por las empresas obtentoras.

1. INFORMACIÓN GENERAL

El objetivo de este primer bloque es capturar datos generales sobre la actividad de la compañía.

1.1	Nombre de la empresa	
1.2	Persona que realiza el cuestionario	
1.3	Actividad económica principal de la empresa (CNAE)	
1.4	Subsector de especialización	☐ Cereales y cultivos proteicos ☐ Frutales ☐ Hortícolas ☐ Maíz, oleaginosas y cultivos industriales ☐ Otros (indicar):

Indique el valor de las siguientes variables en los últimos 3 años (según calendario natural, fiscal o agrícola)

		2018/2019	2017/2018	2016/2017	
1.5	Volumen de negocio anual de la compañía en España en facturación de semillas (MI)				MI
1.6	Volumen de negocio anual de la compañía en facturación de semillas en el subsector del maíz en España (MI)				MI
1.7	Nº de trabajadores y colaboradores equivalentes en obtención vegetal a tiempo completo (ETC) en España				ETC
1.8	Nº de trabajadores y colaboradores equivalentes en obtención vegetal en maíz a tiempo completo (ETC) en España				ETC

1.9	¿Realiza su compañía producción/multiplicación de semillas de maíz en España?	☐ Sí ☐ Desde su propia empresa ☐ Se externaliza a otras compañías en España ☐ No	
1.10	Distribución geográfica del volumen de ventas de semillas de maíz (%)	Península ibérica Otros países de la UE y EFTA Otros países no incluidos anteriormente	% % 100 %

2. INFORMACIÓN RELATIVA AL ESFUERZO EN I+D+i anual en Iberia durante el ejercicio anterior

Este segundo bloque pretende obtener información sobre cuestiones relativas al **esfuerzo en I+D+i** realizado por la compañía en **Iberia** en el **SUBSECTOR DEL MAÍZ durante el último ejercicio.**

2.1

¿Realiza su empresa actividades de Investigación en el sector del maíz?

Se entiende por investigación aquellas actividades cuyo objetivo es la adquisición de nuevos conocimientos y una mayor comprensión en el ámbito científico y tecnológico, así como la creación de nuevos genotipos

Investigación
- ○ Sí, mediante breeding propio
- ○ No ☐
- ☐
- ☐
- ☐

¿Realiza su empresa actividades de Desarrollo en el sector del maíz?

Se entiende por desarrollo las actividades que aplican los resultados de la investigación para testear las potenciales mejoras encontradas.

Desarrollo
- ○ Sí
- ○ No ☐
- ☐
- ☐

¿Realiza su empresa actividades de Innovación en el sector del maíz?

Se entiende por innovación las actividades que aportan valor añadido, ligadas con el diseño y la puesta en el mercado del producto final, con servicios adicionales de asesoramiento técnico al agricultor, etc

Innovación
- ○ Sí
- ○ No ☐
- ☐

2.2 (*) Número de trabajadores equivalentes a tiempo completo (ETC) en España dedicado a actividades de I+D+i interna en maíz

TOTAL	DESAGREGADO (opcional, si se dispone de los datos)		
	Investigadores	Técnicos	Auxiliares

2.3 (*) Gastos en actividades de I+D+i interna en maíz, en € (sin IVA)

TOTAL (€)	DESAGREGADO (opcional, si se dispone de los datos)		
	Coste laboral	Otros gastos corrientes	Costes de capital en I+D+i

		Fondos a cargo de la propia empresa	Fondos sin contrapartida	Fondos con contrapartida
2.4 (*)	Financiación de los gastos en I+D+i interna en maíz			

		En España (€)					En el resto del mundo (€)				
		Empresas de su mismo grupo	Otras empresas	Organismos de la Administración Pública	Universidades y otros centros de enseñanza	Instituciones privadas sin fines de lucro	Empresas de su mismo grupo	Otras empresas	Organismos de la Administración Pública	Universidades y otros centros de enseñanza	Instituciones privadas sin fines de lucro
2.5 (*)	Compra de I+D externa en maíz, en € (sin IVA)										

		2018/2019	2017/2018	2016/2017
2.6	Royalties recibidos por especie y por año en los 3 últimos años en maíz, en € (venta de variedades registradas)			
	Royalties recibidos por especie y por año en los 3 últimos años en maíz, en € (venta de variedades registradas)			

		2018/2019	2017/2018	2016/2017
2.7	Número de variedades registradas en maíz por año en los últimos 3 años en España			

		2018/2019	2017/2018	2016/2017
2.8	Número de variedades registradas en maíz por año en los últimos 3 años en otros paises de la UE y comercializadas en España			

Contabilizar aquellas variedades registradas en que se ha realizado su investigación,ylo desarrollo, o parte de ello, en España

3. INFORMACIÓN DE LAS INICIATIVAS EN I+D+i en el subsector del maíz en los últimos 3 años

El tercer bloque busca profundizar en el **detalle de las iniciativas en el subsector del maíz** realizadas por la compañía en **Iberia** en los **últimos tres años** (registradas, en proceso de investigación o descartadas).

Número de iniciativas desarrolladas en el sector del maíz durante los últimos 3 años

Debe rellenarse **1 ficha por cada iniciativa** desarrollada durante los últimos 3 años

INICIATIVA 1

Nombre de la iniciativa	
Subsector de especialización	☐ Industria para consumo humano ☐ Industria del pienso para ganadería ☐ Industria para usos energéticos ☐ Forraje para ganadería
Periodo de desarrollo Año inicio- Año fin (o año previsto fin si no finalizada)	
Objetivos de la iniciativa	
Inversión realizada (€, total)	
Estado de la innovación	

Puntuar en una escala del 0 al 5 cada factor, puntuando con un 0 los factores sin impacto y con un 5 aquellos factores con un impacto muy alto en este eslabón de la cadena.

Impacto de la iniciativa producido en la fase de Producción	1. Mayores rendimientos	
	2. Mayor resistencia a plagas y enfermedades	
	3. Disminución del uso de fertilizantes	
	4. Compensación de los efectos del cambio climático	
	5. Optimización del agua de riego	
	6. Disminución de la estacionalidad	
	7. Reducción de la mano de obra	
	8. Mejora el manejo del cultivo	
	9. Aumento en la generación de biomasa	
	10. Incremento del margen del productor	
	11. Otros (indicar)	
	12. Ninguno	☐
	13. Lo desconozco	☐
Impacto de la iniciativa producido en la fase de Transformación	1. Mejor adaptación a los procesos productivos	
	2. Mejora eficiencia y resultados industriales (reducción mermas, consumos...)	
	3.Mejora de parámetros técnicos que aporten valor al producto final	
	4. Aumento de las exportaciones	
	5. Otros (indicar)	
	6. Ninguno	☐
	7. Lo desconozco	☐
Impacto de la iniciativa producido en la fase de Transporte/Logística	1. Optimización del envasado	
	2. Optimización del almacenamiento (espacio, etc)	
	3. Mejora resistencia producto durante el transporte sin resentirse la calidad	
	4. Otros (indicar)	
	5.Ninguno	☐
	6. Lo desconozco	☐
Impacto de la iniciativa producido en la fase de Distribución	1. Mayor diversidad de producto	
	2. Diferenciación respecto a otros productos	
	3. Mayor disponibilidad de variedades durante el año	
	4. Mejor valoración por parte del cliente	
	5. Otros (indicar)	
	6. Ninguno	☐
	7. Lo desconozco	☐
Impactode la iniciativa producido en la fase de Consumo (animal y humano)	1. Mejora de la digestión del producto	
	2. Mayor calidad y valor nutritivo	
	3. Mejores condiciones organolépticas (sabor, textura, olor, color o temperatura)	
	4. Aumento de ventas	
	3. Mayor disponibilidad de variedades durante el año	
	4. Otros (indicar)	
	5. Ninguno	☐
	6. Lo desconozco	☐
Impacto percibido de la iniciativa en cada eslabón de la cadena	1. Producción	
	2. Transformación	
	3. Transporte/Logística	
	4. Distribución	
	5. Consumo	

4. INFORMACIÓN DE INICIATIVAS EN INNOVACIÓN SOCIAL O RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA (RSC) en los últimos 3 años

El cuarto bloque **busca completar el estudio, capturando aquellas iniciativas de innovación social que van más allá de la tecnología**.

El sector obtentor es uno de los sectores económicos con un mayor conocimiento de la España rural. Es conocido que las organizaciones del sector llevan a cabo distintas iniciativas en el ámbito de la (RSC) y de la innovación social para favorecer y mejorar las condiciones de vida de los agricultores y evitar o tratar de contener la despoblación de estas zonas rurales.

En caso de que la organización haya desarrollado alguna **iniciativa o campaña de sensibilización en el ámbito de la innovación social o RSC en los últimos tres años**, se pide rellenar la siguiente tabla aportando una breve descripción de cada iniciativa y el importe destinado para su desarrollo.

Número de iniciativas desarrolladas durante los últimos 3 años	

Rellenar **1 ficha por cada iniciativa** desarrollada durante los últimos 3 años

INICIATIVA 1	
Nombre de la iniciativa	
Breve descripción	
Presupuesto (€)	
Tipo de iniciativa	
Entidad que otorga el reconocimiento (en caso de externa)	

INICIATIVA 2	
Nombre de la iniciativa	
Breve descripción	
Presupuesto (€)	
Tipo de iniciativa	
Entidad que otorga el reconocimiento (en caso de externa)	

Institut Cerdà

www.icerda.org

@InstitutCerdà InstitutCerdà

Numància 185 08034 Barcelona Tel 932802323

Diego de León, 30 28006 Madrid Tel 915 639 572

Antonio Bellet 143, oficina 511 Providencia, Santiago de Chile