

Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor en España



2021

Institut  Cerdà

Elaboración y redacción: Fundació 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 proyecto, 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 en los últimos 30 años. Tradicionalmente se empieza a hablar de la planta y del producto obtenido cuando uno se refiere a la cadena alimentaria, pero antes se encuentra una etapa muy importante 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 o mejora vegetal es una actividad altamente tecnológica y de enorme trascendencia económica, basada en la investigación y desarrollo de nuevas variedades de plantas. Este sector, permite dar 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.

Debido a la diversidad de subsectores donde interviene el sector obtentor y a la complejidad del proyecto, este documento analiza por un lado el impacto socioeconómico de las empresas del sector obtentor en España y por el otro un cultivo representativo para los subsectores del cereal, del maíz y oleaginosas, de los hortícolas y de los frutales. En el caso del subsector del cereal se ha analizado el cultivo del trigo blando, en el subsector del maíz y oleaginosas se ha analizado el maíz, en el subsector de los hortícolas, el tomate y en el subsector de los frutales, el arándano.

Por lo tanto, el estudio busca cuantificar el grado de impacto del sector obtentor en la cadena agroalimentaria en España, en particular mediante los siguientes objetivos:

- Evaluar la aportación en las últimas décadas del sector obtentor al medio ambiente, la sociedad, la economía y el territorio.
- Desarrollar una metodología analítica y participativa para evaluar los impactos de la mejora vegetal a lo largo de la cadena, que genere consenso por parte de los agentes representantes de sus diversos eslabones.
- Caracterizar y dimensionar los impactos ambientales, económicos y sociales de la I+D+i que realiza el sector y sus efectos en los diversos eslabones de la cadena de valor, 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. También agradecemos especialmente a las empresas obtentoras por la información aportada a través de cuestionarios y entrevistas en profundidad.

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 general

- I. Aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España
- II. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del trigo blando
- III. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del maíz
- IV. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del tomate
- V. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del arándano

I. Aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España



2021

Objetivo del documento

En este documento se muestra el impacto socioeconómico del sector obtentor en la cadena agroalimentaria y en la economía española. En concreto se presenta el sector obtentor y sus principales características y se muestran los datos sobre:

- Facturación del sector
- Número de trabajadores
- Inversión en I+D+i
- Número de trabajadores en I+D+i
- Valor añadido bruto (VAB)
- Generación de puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos.

Este análisis se presenta desglosado según los 4 principales subsectores del sector obtentor: el cereal, el maíz, los hortícolas y los frutales.

El análisis en profundidad de los 4 cultivos representativos de cada subsector (trigo blando, maíz, tomate y arándano) se puede consultar en los informes específicos elaborados para cada uno de ellos:

- Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del trigo blando
- Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del maíz
- Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del tomate
- Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del arándano

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 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, 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.

Porcentaje de empresas según nivel de facturación

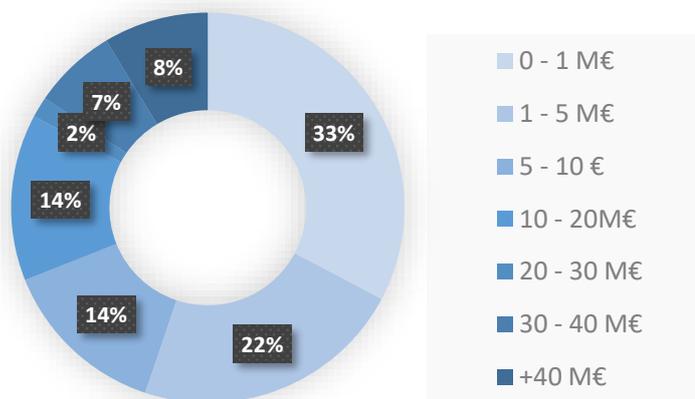


Figura 2. Empresas asociadas a ANOVE clasificadas según el nivel de facturación

La facturación total de las empresas del sector obtentor en el negocio de las semillas 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€

% de facturación de las empresas del sector respecto el total, según rango de facturación

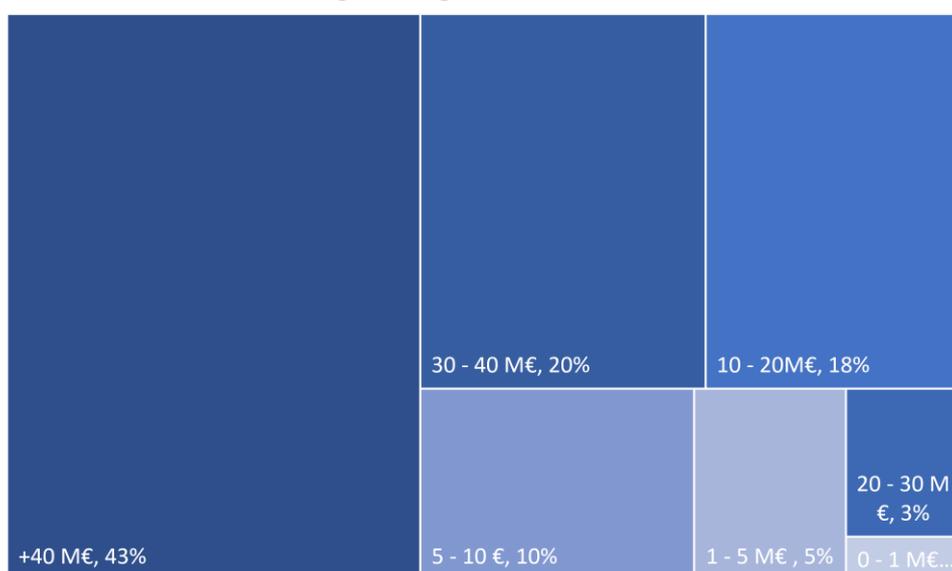


Figura 3. % de facturación de las empresas del sector obtentor respecto el total, según rango de facturación en España en 2019. Por ejemplo, la suma de la facturación de las empresas con un rango de facturación superior a los 40M€, representa un 43% de la facturación total de todas las empresas del sector

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.

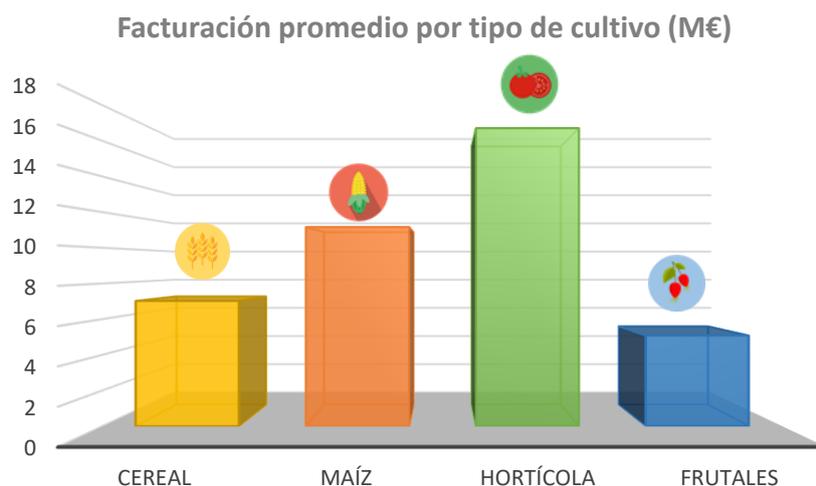


Figura 4. Facturación promedio de las empresas del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

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 dividido 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.

Promedio de trabajadores por empresa según rango de facturación

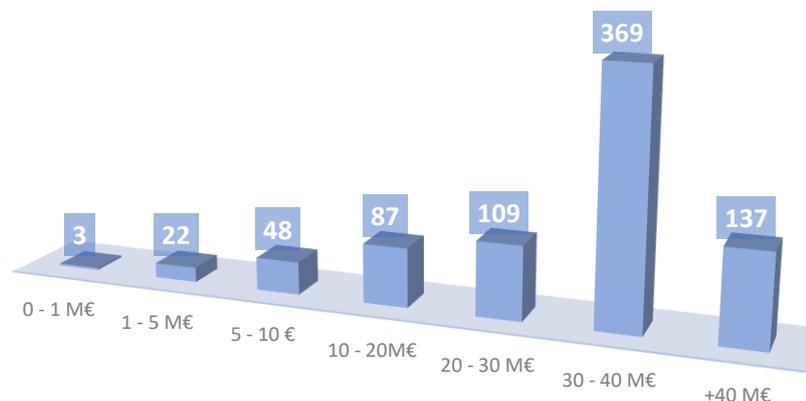


Figura 5. Número promedio de trabajadores por empresa según el rango de facturación.

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.

Promedio de trabajadores por empresa por tipo de cultivo

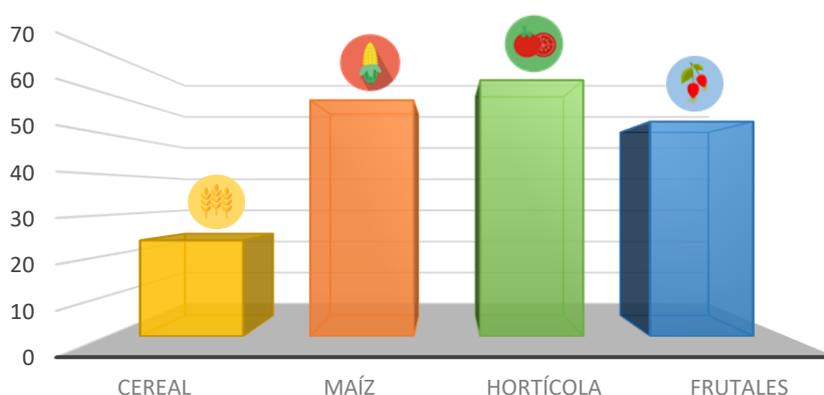


Figura 6. Promedio de trabajadores por empresa del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

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€.

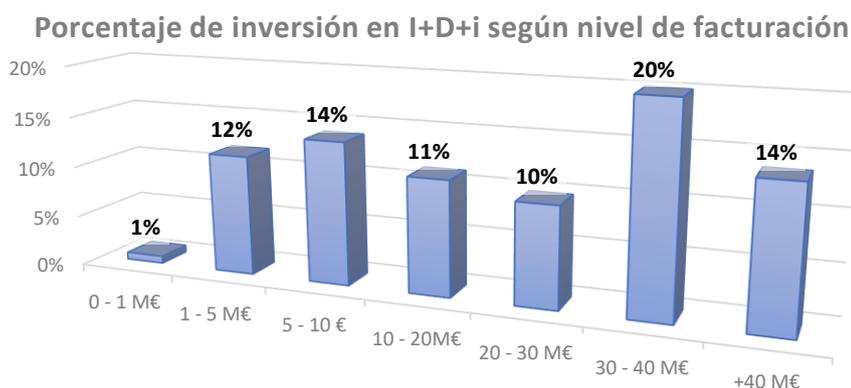


Figura 7. Porcentaje promedio de inversión en iniciativas de I+D+i de las empresas del sector obtentor según el rango de facturación¹

¹ 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%.

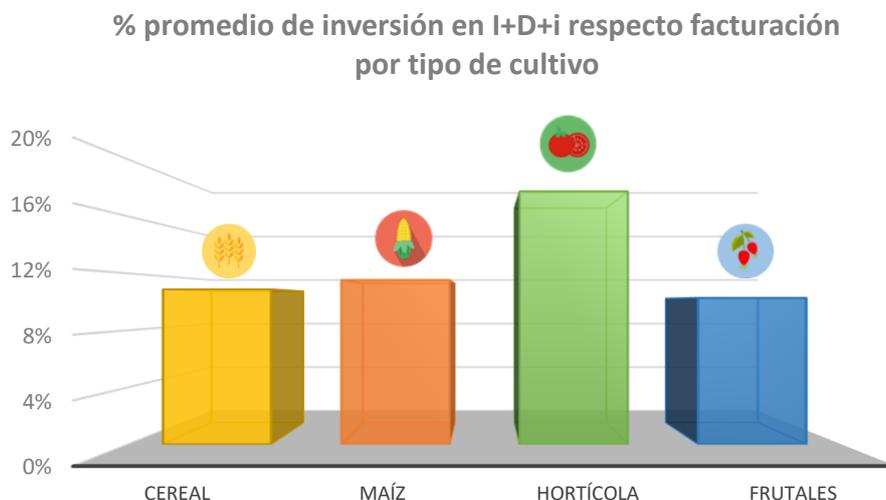


Figura 8. Porcentaje promedio de inversión en iniciativas de I+D+i de las empresas del sector obtentor según sección de cultivo

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.

Promedio de trabajadores en I+D+i por empresa según rango de facturación

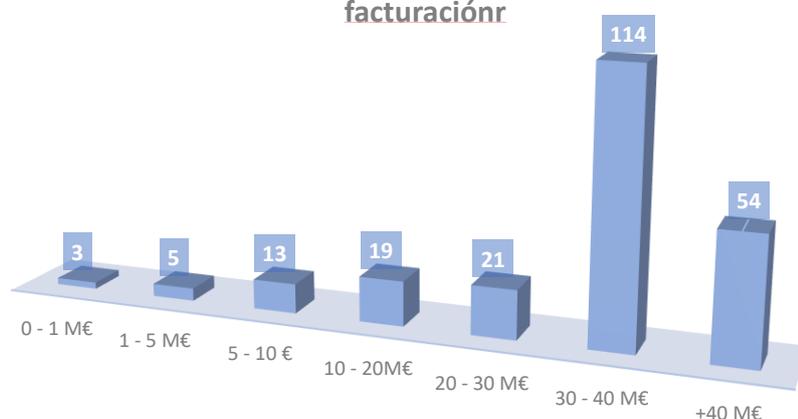
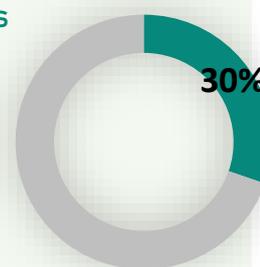


Figura 9. Número promedio de trabajadores en I+D+i por empresa según el rango de facturación.

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.

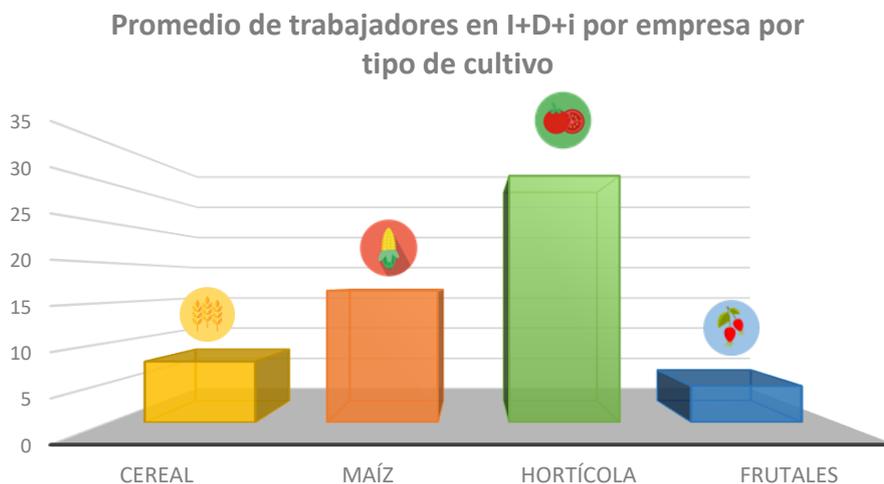


Figura 10. Promedio de trabajadores en I+D+i por empresa del sector obtentor asociadas a ANOVE por cada sección de cultivo

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

Generación de VAB del sector obtentor en España (M€)

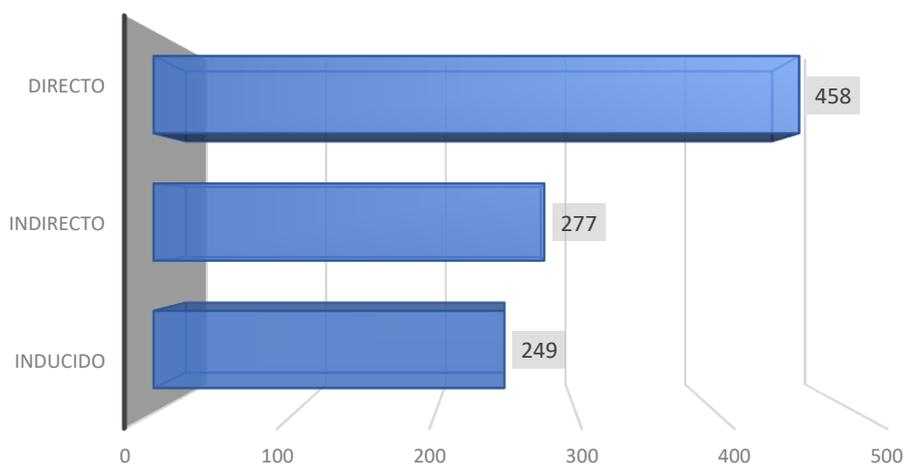


Figura 11. Generación de VAB directo, indirecto e inducido del sector obtentor en España en 2019.²

² 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

Generación de puestos de trabajo del sector obtentor en España

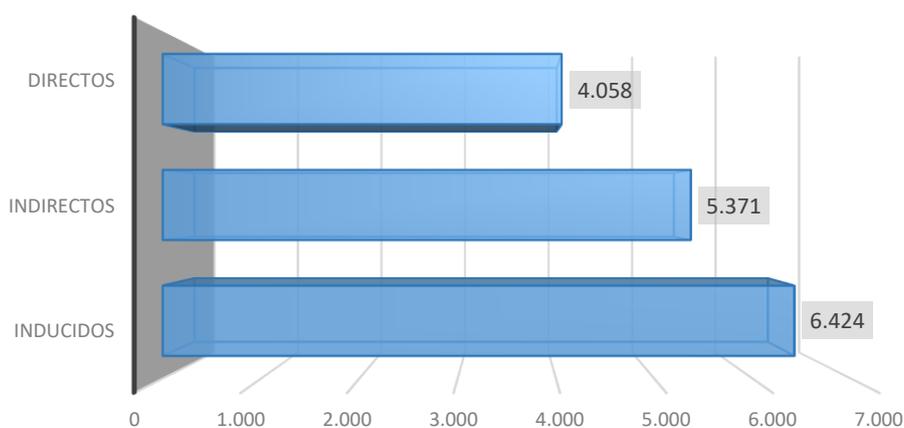


Figura 12. Generación de puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos del sector obtentor en España en 2019.

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 dividido 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

II. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del trigo blando



IMPACTOS EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA

2021

Elaboración y redacción: Fundació 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>

Índice del documento

RESUMEN EJECUTIVO	8
1. Introducción.....	12
1.1. El trigo blando	12
1.2. El sector obtentor.....	16
1.3. Objetivo del estudio	20
2. Metodología	21
3. Mejoras introducidas por el sector obtentor	23
3.1. Evolución del cultivo y mejoras.....	23
3.2. Caracterización de la I+D+i del sector obtentor en el cultivo del trigo blando.....	27
4. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de producción	37
4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor consideradas	37
4.2. Impactos ambientales	43
4.3. Impactos económicos.....	58
4.4. Impactos sociales	64
5. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de transformación	67
5.1. Impactos ambientales	68
5.2. Impactos socioeconómicos	71
6. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de distribución y consumo	83
6.1. Impactos ambientales	83
6.2. Impactos sociales	83
6.3. Impactos económicos.....	86
7. Principales conclusiones	87
8. Referencias.....	94

Índice de Figuras

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del trigo (FAO, 2016)	12
Figura 2. Diferentes usos para el trigo blando y el trigo duro	13
Figura 3. Superficie y producción del trigo blando en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).....	13
Figura 4. Distribución de la superficie y la producción de trigo blando en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (Anuario de estadística MAPA, 2019)	14
Figura 5. Evolución de la superficie y producción de trigo blando en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019)	14
Figura 6. Importación de trigo blando en España y porcentaje de procedencia del país de origen (Data Comex, 2020)	14
Figura 7. Principales aportaciones de la semilla certificada	18
Figura 8. Porcentaje de semilla certificada usada en trigo blando en España en comparación con otros países europeos (ANOVE, 2020)	18
Figura 9. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria des de la producción hasta el consumo	20
Figura 10. Principales tipologías de impactos analizadas en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria en este documento	21
Figura 11. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor	21
Figura 12. Entidades y miembros que han formado parte de los Comités de Expertos del trigo blando para la elaboración de este documento	22
Figura 13. Productividad y superficie cultivada de trigo blando en España entre los años 1965 y 2019(Anuario de estadística MAPA, 2020)	24
Figura 14. Altura y granos por espiga en variedades locales y mejoradas cultivadas de trigo blando en secano. Cálculos propios a partir de (Pérez, M, 2018) y (INTIA, 2018).....	24
Figura 15. Evolución de variedades de trigos blandos de diferentes épocas cultivados en las mismas condiciones de cultivo en España. Resultados de las actividades de experimentación 2017, 2018, 2019 del INTIA (INTIA, 2019).....	25
Figura 16.Principales cambios fenotípicos del trigo blando debidos a la mejora vegetal en el siglo XX.	25
Figura 17. Principales cambios en la calidad de la harina debidos a la mejora vegetal en el siglo XX (Sanchez-García, 2015).....	26
Figura 18. Evolución del registro de variedades de trigo blando en la UE (Community Plant Variety Office, 2021)	26
Figura 19. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el subsector del cereal en España en 2019. Fuente: Encuesta propia.....	27
Figura 20. Radiografía del sector obtentor en el subsector del cereal en España en 2019. Los puestos de trabajo corresponden al número de trabajadores equivalentes a tiempo completo. Fuente: Encuesta propia	28
Figura 21. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan con el subsector del cereal.....	28
Figura 22. Evolución del registro de variedades de trigo blando en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).	29
Figura 23. Nuevas variedades de trigo blando registradas por parte de las empresas del sector del cereal analizadas en este estudio, sobre las 41 registradas en total, durante los ejercicios 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Fuente: Encuesta propia	29

Figura 24. 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 cereal durante el año 2019.....	30
Figura 25. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i.....	30
Figura 26. Puntuación total de las 16 iniciativas para cada eslabón de la cadena agroalimentaria (sobre 10)	31
Figura 27. Inversión interna, inversión externa y compra de I+D+i por parte de las empresas obtentoras del subsector del cereal en 2019. Fuente: Encuesta propia	34
Figura 28. Distribución de la financiación de la I+D+i interna de las empresas obtentoras españolas en el subsector del cereal en el año 2019. Fuente: Encuesta propia	35
Figura 29. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obtentoras del subsector del cereal en 2019. Fuente: Encuesta propia.....	35
Figura 30. Evolución de la compra anual de Royalties por parte del sector obtentor en el subsector del cereal entre los años 2017 y 2019. Fuente: Encuesta propia.....	36
Figura 31. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento.....	37
Figura 32. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento	38
Figura 33. Este estudio ha optado por considerar que los inputs han permanecido constantes en los últimos años.....	38
Figura 34. Factores considerados ligados a la innovación	38
Figura 35. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del siglo XX según distintas fuentes consultadas.....	39
Figura 36. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del trigo blando durante la segunda mitad del siglo XX y en las últimas décadas según distintas fuentes consultadas	40
Figura 37. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.	41
Figura 38. Uso de fertilizantes en el cultivo de trigo blando. 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 Navarra y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).....	44
Figura 39. Uso de fitosanitarios en el cultivo de trigo blando. 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).	46
Figura 40. Consumo de energía en la producción de trigo. Fuente: CIEMAT-IDAE, 2005	48
Figura 41. Superficie dedicada al cultivo de trigo blando en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de datos del anuario de estadística (MAPA).	57
Figura 42. Impactos en el eslabón de producción en el escenario conservador y el del promedio europeo en toneladas de trigo blando entre los años 1990 y 2018 y anual.....	58
Figura 43. 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 2018 y anual	59
Figura 44. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2018 y anual generado por la actividad obtentora según escenario 1 y 2	62
Figura 45. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2018 generados por la actividad obtentora según escenario 1 y 2	64

Figura 46. Radiografía del sector de la transformación del trigo. Fuente: Análisis de la demanda de trigo blando de la industria harinera, (AFHSE, 2018).....	67
Figura 47. Consumo de energía promedio en los procesos de producción de la harina y participación relativa de cada parte de la cadena a la demanda total de energía (P. Valero, 2013)	69
Figura 48. Principales puntos de consumo energético en la 2ª transformación y evolución del consumo de energía de la industria panadera y pastelera (IDAE, 2006)	70
Figura 49. Evolución de la cantidad anual de harina de trigo blando producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020)	71
Figura 50. Evolución del consumo interno y de las exportaciones de harina de trigo entre 1996 y 2019 (INE 2020)	72
Figura 51. Evolución del valor de la producción de harina de trigo blando entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020)	75
Figura 52. Principales factores que afectan la calidad del trigo blando en la producción.....	77
Figura 53. Factores que afectan la decisión de compra del trigo por parte de la industria transformadora	78
Figura 54. Comparativa de las principales propiedades de las variedades locales y mejoradas. Fuente: GENVCE y Estudio.	79
Figura 55. Subsectores que atiende la industria de la harina (AFHSE)	80
Figura 56. Cantidad anual de pan producido y valor de la producción por tonelada de pan producida (Anuario de Estadística del MAPA, 2020)	81
Figura 57. Radiografía del sector de producción y comercialización de la panadería. Fuente: INE, 2018	83
Figura 58. Resultados de la investigación con una nueva variedad de trigo apta para el segmento de población celíaca (Barro, F., 2014).....	84



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 euros¹. 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 trigo blando, por su trascendencia en la alimentación humana y por su importancia histórica y económica.

El trigo es, junto al maíz y el arroz, uno de los cereales más consumidos en el mundo. Distintos organismos lo consideran un alimento básico en la dieta de más de un tercio de la población mundial, al aportar más proteínas que la suma de las carnes de ave, porcino y bovino. **En 2019 el trigo fue el cereal de mayor superficie cultivada en el mundo, y el segundo por detrás del maíz en cuanto a producción mundial.** España, no obstante, es un país importador de este cereal. 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 productivo. La FAO espera un aumento del 60% de la producción para 2050, para poder alimentar una población mundial estimada de 9.600M de personas. **En el actual contexto de emergencia climática, la apuesta por la investigación en mejora vegetal deviene imprescindible.**

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 trigo blando se explicaría **entre por lo menos en un 50% por la actividad obtentora en el escenario conservador** (Escenario 1). Esta contribución podría ser, asimismo mucho más elevada, dado que las evidencias existentes en

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

otros países europeos cifran **la aportación de la mejora vegetal al incremento de los rendimientos de los últimos años en un 75%** 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 TRIGO BLANDO EN LA PRODUCCIÓN

El **impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en trigo blando 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 220% en los últimos 50 años, y del 37% 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 el escenario más conservador, en por lo menos un 50% por la actividad obtentora y en un 75% en el escenario promedio europeo

2 PRODUCCIÓN



Producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 entre 14,7 - 22 millones de toneladas²

Supone entre un 11,5% - 17,2% de la producción en este periodo.

La aportación promedio anual sería de entre 523.776 – 785.664 toneladas de trigo adicionales gracias a la mejora vegetal.

3 INGRESOS



Ingresos adicionales para el campo entre 1990 y 2018 entre 2.618 – 3.926 millones de euros

Supone entre un 11,3% - 17% de sus ingresos en este periodo, y una aportación promedio anual de 93,5 – 140,2 millones de euros, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

4 PUESTOS DE TRABAJO



3.431 – 5.146 puestos de trabajo anuales equivalentes en España durante el 1990-2018

Entre 861 – 1.291 creados de manera directa, 1.704 – 2.556 indirecta y 866 – 1.299 inducida, con un impacto más concentrado en zonas rurales productoras de trigo blando de Castilla León, Castilla la Mancha, y Aragón.

5 REDUCCIÓN DE INPUTS



La obtención vegetal se torna imprescindible para mantener e incrementar la producción en un contexto de reducción de inputs, permitiendo la transición del actual sistema alimentario de la UE hacia un modelo más sostenible.

*La estrategia europea “De la granja a la mesa” (*From farm to fork*), 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 entre 656.144 – 984.216 kg de fitosanitarios

Según los cuestionarios realizados, gran parte de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo (un 86%) van encaminadas a este objetivo.

7 FERTILIZANTES



Los datos disponibles no permiten correlacionar una reducción en su uso

No obstante, parte de las iniciativas desarrolladas actualmente tienen la disminución en el uso de fertilizantes uno de sus objetivos.

² Todos los datos del informe se muestran según los dos escenarios. En este caso la producción adicional acumulada sería de 14,7 millones de toneladas según el escenario conservador (Escenario 1) y de 22 millones de toneladas según el escenario promedio europeo (Escenario 2)

8 ENERGÍA



Ahorro energético total de entre 1.100 – 1.650 millones de MJ/año

Equivalente al consumo anual efectuado por entre 30.700 – 46.200 hogares. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción y en el transporte (por importación) de trigo.

10 DEFORESTACIÓN



Se hubieran necesitado entre 186.100 - 335.600 ha más cada año para obtener la producción existente de trigo blando

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

12 RESILIENCIA



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

Gracias al incremento de la productividad del cultivo, especialmente en un contexto en el que España es deficitaria en este cultivo.

9 EMISIONES



Ahorro de emisiones de entre 96.650 – 145.000 t de CO₂eq/año

Equivalente a las emisiones anuales de 57.000 – 85.500 coches. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción y en el transporte (por importación) de trigo.

11 CAMBIO CLIMÁTICO



Capacidad de crear variedades mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas

Un 75% de las iniciativas de mejora en trigo blando van encaminadas hacia la adaptación del cultivo a los efectos del cambio climático.

13 DESPOBLACIÓN



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

Además, la **genética del trigo blando sigue teniendo margen de mejora para llegar a su productividad óptima**. Distintos aspectos, como la tolerancia al calor o a la sequía, la estructura óptima en el dosel de la planta y su fenología, la mejora en la absorción de agua y la reducción de la senescencia de las hojas, podrían ser aspectos claves en la mejora vegetal del trigo blando en los próximos años, cuyo rendimiento podría aumentar entre 3 o 4 toneladas más por hectárea gracias a la mejora vegetal.

2. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL TRIGO BLANDO EN LA TRANSFORMACIÓN

La investigación en mejora vegetal de trigo blando también ha contribuido al **aumento de la calidad harinera y al desarrollo de nuevas variedades**, que cuentan con una mejor aptitud para la panificación y se ajustan a las demandas de la cadena.

1 MEJORA DE PARÁMETROS



Las variedades mejoradas tienen un mejor comportamiento respecto a fuerza (W) y equilibrio (P/L) que las tradicionales

Pudiéndose afirmar que presentan unas mejores características para su transformación en harina.

2 CALIDAD DEL GLUTEN



Las variedades mejoradas presentan un mayor contenido y calidad del gluten

Cuentan con una mejor tolerancia a la fermentación, y han permitido la reducción del uso de aditivos para conseguir calidades óptimas en la panificación.

3 AHORROS SECTOR HARINERO



La falta de innovaciones hubiera supuesto un sobrecoste mínimo anual asociado al transporte de trigo de entre 9,5 – 14,3M€

Dado que, entre 1990 y 2018 hubiera sido necesario importar por parte del sector harinero entre 14,7 – 22 millones de toneladas de trigo adicionales, con un coste de 267 - 400M€.

4 AHORROS POR TONELADA



La falta de innovaciones hubiera supuesto un extracoste, asociado al transporte de trigo, de entre 4,6 – 6,8€/tonelada de harina

Dado que el incremento de la producción ha permitido contener los precios de la harina, manteniendo los ingresos y los puestos de trabajo del sector.



5 SEMILLA CERTIFICADA

El sistema de certificación de la semilla 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.

Además, el uso de semilla certificada en el trigo blando permite al agricultor conseguir lotes de trigo homogéneos demandados por la industria harinera.

1. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL TRIGO BLANDO EN EL CONSUMO

El sector obtentor también ha desarrollado distintas iniciativas para dar respuesta a las nuevas demandas de los consumidores.

1 NUEVAS DEMANDAS



Variedades adaptadas al segmento de la población celíaca o al desarrollo de trigo blando ecológico

Son ejemplos de cómo el sector obtentor contribuye a dar respuesta a la demanda de los consumidores en el sector panadero.

2 MAYOR TRAZABILIDAD



Mayor visibilidad del origen de los productos y de su producción

Pese al camino que queda aún por recorrer, el uso de semilla certificada permite asegurar la estandarización y la trazabilidad de la harina panadera, dando respuesta la creciente demanda por parte de la población.

3 CONTENCIÓN DEL PRECIO DEL PAN



La mejora vegetal, y en particular, el aumento del rendimiento del trigo, han permitido contener el precio de la harina y en consecuencia el precio de los productos panaderos entre un 1,4% - 2,1%.

En definitiva, la mejora vegetal y el sector obtentor en el trigo blando 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 calidad de la harina.
- Satisfacer las demandas de los consumidores en cuanto a diversidad de producto, a la trazabilidad de los alimentos y a la seguridad alimentaria.

Además, 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 trigo blando

a. La importancia del trigo en el mundo, y en particular en la alimentación

El trigo es, junto al maíz y el arroz, uno de los cereales más consumidos en el mundo. Su cultivo se domesticó hace más de 10.000 años para su uso en la agricultura y distintos organismos mundiales lo consideran un **alimento básico en la dieta de más de un tercio de la población mundial**.

Su cultivo se considera fundamental para la seguridad alimentaria, al ser una de las principales fuentes de calorías y proteínas de la dieta humana. En este sentido, **el trigo aporta a nivel global más proteínas a la dieta humana que la suma de las carnes de ave, porcino y bovino**. En América del Norte y Europa occidental, donde los productos animales constituyen casi dos terceras partes de la aportación de proteínas, el consumo de trigo representa al menos el 20% de las proteínas consumidas y el 19% de las calorías de la dieta diaria.

Según datos de FAOSTAT, en 2019 el trigo fue el **cereal de mayor superficie cultivada en el mundo** (215 millones de hectáreas), y el **segundo por detrás del maíz en cuanto a producción mundial**, con 765 millones de toneladas producidas. Las principales regiones y países productores son la Unión Europea, China, India, Rusia y Estados Unidos (FAO, 2021).

En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), **espera un aumento del 60% de la producción de este cultivo para 2050**, especialmente en los países en desarrollo, para poder alimentar una población mundial estimada de 9.600M de personas (FAO, 2016).



b. El trigo blando y el trigo duro

El trigo pertenece al género *Triticum* y comprende un gran número de especies. Las más cultivadas son el trigo blando, también conocido como trigo harinero o panadero, y el trigo duro.

La **principal diferencia entre ambas especies reside en la dureza del grano**, que indica el comportamiento en la molienda y su rotura. El trigo duro tiene una dotación genética tetraploide³ y contiene un elevado contenido proteico. Cuenta así con un contenido celular más compactado y se utiliza para la fabricación de sémola y pastas secas. El trigo blando, en cambio, cuenta con una dotación genética hexaploide⁴. Sus paredes son más finas y se utiliza para la elaboración de piensos, harinas, panes, masas congeladas y bollería.



Figura 2. Diferentes usos para el trigo blando y el trigo duro

c. La importancia socioeconómica del trigo blando en nuestro país

En 2018, se sembraron de trigo el 12% de las tierras cultivables españolas (2.061.508 hectáreas), de las que el 80% correspondieron a trigo blando según el Anuario de Estadística del MAPA (1.686.900 hectáreas). El presente trabajo se centra en el análisis del mejoramiento del trigo blando en España por ser el tipo de trigo más cultivado.

La mayor parte de la superficie de trigo blando se cultiva en secano, al tratarse de una cosecha muy adaptable en cuanto a condiciones climatológicas: el 85% de las explotaciones de trigo blando del país tienen una orientación de secano, frente al 15% de regadío.



Figura 3. Superficie y producción del trigo blando en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA))

Castilla León concentra el 52% de la superficie cultivada y el 54% de la producción de trigo blando, extendiéndose el cultivo a lo largo de 872.657 hectáreas y produciendo 3.593.567 toneladas de trigo (según los últimos datos publicados por el MAPA, de 2018). La siguen Castilla La Mancha (con 14% de superficie y 11% de la producción estatal) y Aragón (9% de superficie y 8% de la producción). Andalucía, Navarra y Cataluña se encuentran en cuarta, quinta y sexta

³ En los seres vivos pueden producirse fenómenos de poliploidía, por el cual los organismos tienen más de un juego de cromosomas, de la misma especie o de especies distintas. En el caso de las especies tetraploides, estas tienen 4 juegos de cromosomas.

⁴ Idem nota 1, pero con 6 juegos de cromosomas.

posición respectivamente, con alrededor del 5% de la producción y los cultivos estatales cada una.

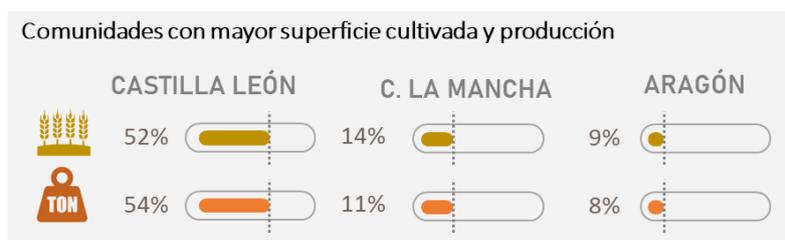


Figura 4. Distribución de la superficie y la producción de trigo blando en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (Anuario de estadística MAPA, 2019)

Respecto a la evolución de la superficie cultivada y producción en el conjunto del país en los últimos años, **España muestra una tendencia al alza en el cultivo y producción de trigo blando en los últimos 30 años, aunque con una fuerte variabilidad.** La productividad media también ha aumentado, asimismo, siendo de 3.280kg/ha en los últimos 10 años.

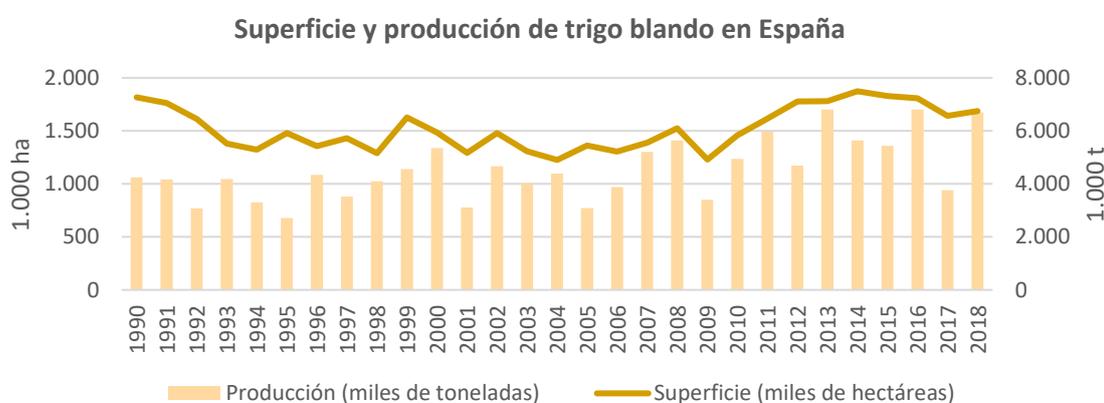


Figura 5. Evolución de la superficie y producción de trigo blando en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019)

A pesar del incremento de superficie y productividad observado en los últimos años, **España es un país importador de cereales y en particular, de trigo blando.** 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 Data Comex, **el déficit medio de las últimas 5 campañas** (media de las importaciones) **asciende a 7,06 millones de toneladas.** En este periodo, **más del 75% de las importaciones procedieron de otros países de la Unión Europea,** siendo Francia, Bulgaria y Rumanía los principales orígenes, representando respectivamente el 25%, 18% y 8% (respectivamente) de las importaciones españolas. De los países extracomunitarios, destacan Ucrania, siendo origen del 11% de las importaciones, y el Reino Unido, con el 7%.

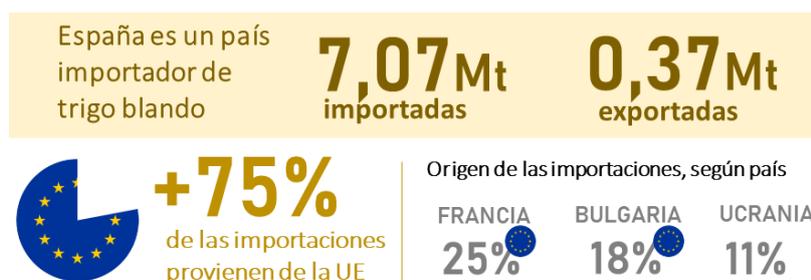
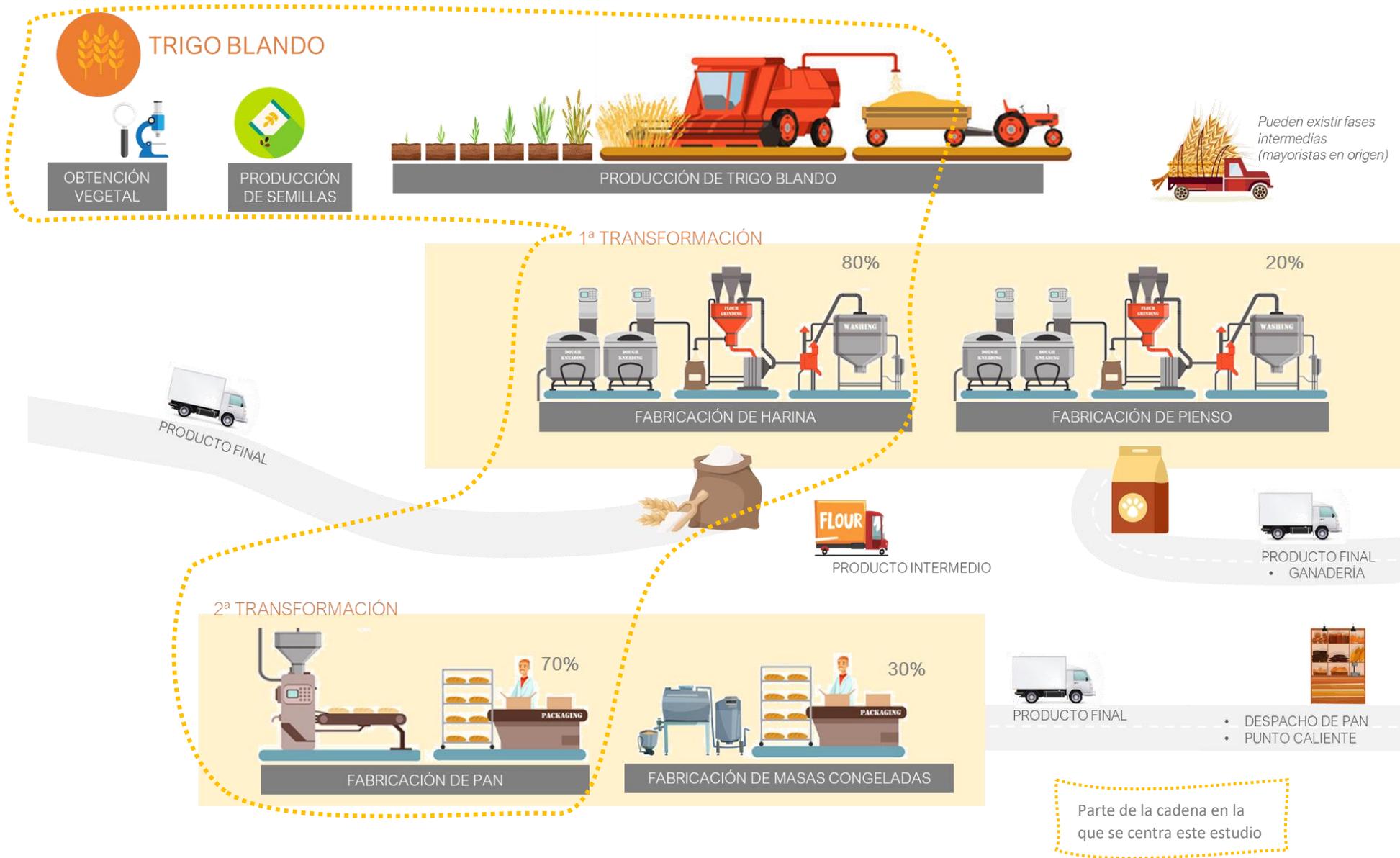


Figura 6. Importación de trigo blando en España y porcentaje de procedencia del país de origen (Data Comex, 2020)

d. La cadena de valor del trigo blando

A continuación, se muestra la cadena de valor del trigo blando, desde su obtención hasta la llegada a consumidor final.





Con el objetivo de acotar el alcance del presente estudio de impacto, el trabajo se centra en aquellas partes de la cadena en las que ha tenido un mayor impacto el proceso de mejora varietal de trigo blando. En consecuencia, **el estudio abarca tanto la producción destinada a consumo humano -que representa más del 80% de la producción-,** como la primera transformación (harina) y la fabricación de pan (segunda transformación).

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 trigo blando -en exclusiva o bien en combinación con otras especies- así como de su expedición a mayoristas en origen o a la industria de segunda transformación.
- **1ª y 2ª TRANSFORMACIÓN:** fabricantes de harina y pan.
- **TRANSPORTE, DISTRIBUCIÓN y CONSUMO:** operadores que integran las plataformas logísticas de transporte y distribución de los establecimientos de despacho de pan o puntos calientes. Son los agentes que intervienen en la distribución hasta la venta en minorista, estando en contacto directo con el cliente final. El trabajo también incorpora las mejoras percibidas en el pan por parte del consumidor final.

1.2. El sector obtentor

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 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%.

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.

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 trasciende 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 un tiempo de 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**⁵. 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.

Los avances en herramientas **biotecnológicas y técnicas de edición genética** desarrollados los últimos años, tienen la capacidad de acelerar los resultados de la I+D+i en la mejora vegetal, permitiendo generar variedades con las características deseadas de forma más efectiva.

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

⁵ Se puede consultar la información actualizada en la página web de ANOVE: <https://www.anove.es/>

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 la selección y acondicionamiento de la semilla.

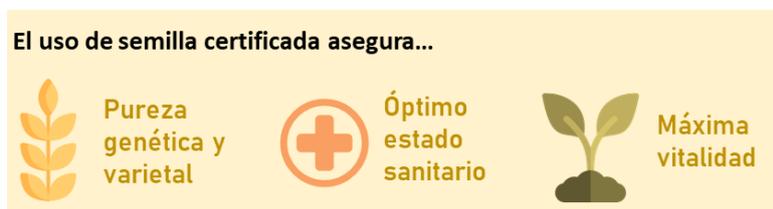


Figura 7. Principales aportaciones de la semilla certificada

Según datos oficiales proporcionados por el sector, la utilización de semilla certificada de trigo blando en España fue de un 33% en 2019, muy por debajo de países vecinos como Francia, Alemania y Reino Unido (Figura 8) y del porcentaje de certificación del trigo duro, que alcanzaría aproximadamente el 80% de los cultivos.

La reutilización de semillas por parte de los agricultores⁶ se estima alrededor de un 26%, provocando que **casi un 40% de este cultivo en España no incorpore el enriquecimiento genético constante que contienen las nuevas variedades** lanzadas al mercado, además de no contribuir a la I+D+i de la mejora del cultivo.

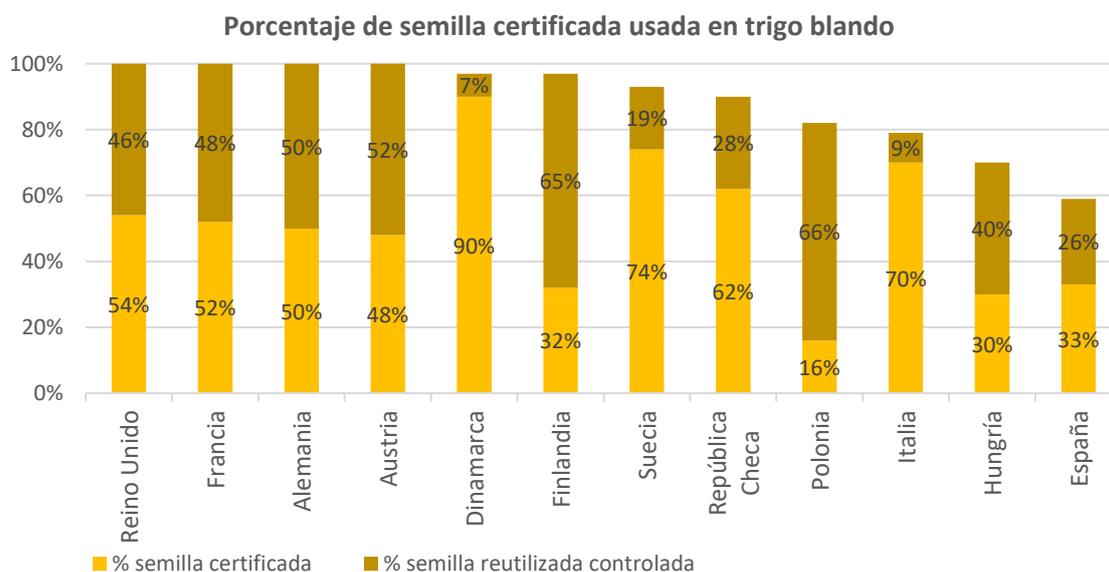


Figura 8. Porcentaje de semilla certificada usada en trigo blando en España en comparación con otros países europeos (ANOVE, 2020)

⁶ Según la Ley 3/2000 de 7 de enero, los agricultores pueden proveerse de semilla mediante la adquisición de semilla certificada en el mercado o mediante la reutilización de semillas producida por ellos mismos. En este caso, cuando la semilla reutilizada procede originalmente de variedades obtenidas mediante mejora vegetal, la reutilización se realiza de forma controlada, de forma que los agricultores pagan un canon al obtentor de la variedad.



La baja utilización de semilla certificada **genera un coste de oportunidad** para este cultivo, que se traduce en...

- Incrementos de **rendimiento inferiores** a aquellos potenciales.
- **Pérdida de competitividad** frente a otros países.
- **Reducción del desarrollo de nuevas variedades** adaptadas al campo español.

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 trigo blando, por su trascendencia en la alimentación humana 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 trigo blando por parte del sector obtentor.
2. Desarrollar una metodología analítica y participativa para evaluar de los impactos de la mejora vegetal en el trigo blando, 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 trigo blando que realiza el sector y sus efectos en los diversos eslabones de la cadena de valor, desde la producción hasta el consumo.



Figura 9. 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 trigo blando 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 trigo blando en España, a lo que se han añadido las aportaciones recibidas a través de cuestionarios respondidos por el 99% de las empresas de obtención de cereal asociadas a ANOVE, en términos de facturación. 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 10. 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 trigo blando 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 del trigo blando, 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 trigo blando en los últimos años han tenido una relación directa en el aumento de su productividad de manera sostenida en el tiempo.



Figura 11. 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 de trigo blando, que ha aportado conocimiento técnico de la especie estudiada y 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
 cooperativas agro-alimentarias España	Producción	Antonio Catón Vázquez
 aetc Asociación Española de Técnicos Cerealistas	Producción	Alejandro Castilla Bonete
 AFHSE Asociación de Fabricantes de Harinas y Sémolas de España	1ª transformación	Ramón Sánchez Expósito
 ceo ppan Confederación Española de Asociaciones de Panadería y Pastelería	2ª transformación	Jose M ^a Fernández del Vallado
 asemac* asociación española de la industria de panadería, bollería y pastelería	2ª transformación	Felipe Ruano Fernandez Hontoria, Silvia Martin Montaña
 INCERHPAN	2ª transformación	David Manzanares Fernández
 cecu CONFEDERACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS	Consumidores	Julian Tío Barraca

Figura 12. Entidades y miembros que han formado parte de los Comités de Expertos del trigo blando para la elaboración de este documento

El Institut Cerdà agradece 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 y mejoras

El trigo blando o *triticum aestivum*, tiene su origen en la hibridación de forma natural entre dos especies cultivadas por el hombre hace unos 10.000 años: *T. turgidum* i *Ae. Tauschii*. A partir de ese momento, el cultivo del trigo blando sufrió un proceso de domesticación, cultivo, selección y expansión por todo el mundo, hasta dar lugar al trigo harinero que conocemos hoy en día. **Las distintas variedades de trigo blando se fueron definiendo en base a la selección natural.** Así, si una variedad era poco resistente a plagas o heladas, sencillamente no sobrevivía y no se seguía reproduciendo, y aquellas en que los agricultores observaban un mejor funcionamiento, se seleccionaban los granos de aquellos trigos con más productividad, por ejemplo.

No es hasta 1790 cuando se producen los primeros cruces de trigo blando de forma intencionada por parte del hombre en Inglaterra. Gracias a ellos, se pudieron observar mejoras en lo relativo a resistencias a enfermedades. En este contexto, se inició un **proceso de mejora vegetal empírica**, mediante la cual hibridaciones manuales y la selección artificial del trigo blando dieron lugar al desarrollo de variedades con mayores rendimientos y mejores resistencias. Estas variedades presentaban resultados superiores a las variedades tradicionales cultivadas en aquel momento, aunque no se tenía un conocimiento claro de los fundamentos de aquellos cruces.

En 1900, con el redescubrimiento del trabajo de Mendel y la genética mendeliana, se empezó a estudiar la resistencia del trigo a diferentes enfermedades por primera vez, con una base científica sólida. A partir de este punto, se produjo un aumento exponencial de conocimiento y tecnología acerca de la biología del trigo y las posibilidades de mejora para la resistencia a diferentes estreses bióticos y abióticos (Venske, 2019). Los primeros científicos dedicados a la mejora vegetal **empezaron a cruzar variedades locales de distintos orígenes** con el objetivo de obtener variedades superiores, de mayor rendimiento y adaptación a diferentes terrenos (Tadesse, 2019) o con mayores contenidos de gluten en el caso del oeste europeo (Pujol-Andreu, 2011).

Un punto inflexión en la historia de la mejora del trigo fue el cruce de las variedades existentes con trigos semi-enanos procedentes del Japón, una iniciativa liderada por Norman Borlaug a finales de 1960 que dio lugar a la llamada Revolución verde y encabezada por el Centro Internacional de Mejora de Maíz y Trigo (CIMMYT). La introducción de variedades semi-enanas revolucionó la producción de trigo y mejoró en gran medida su rendimiento gracias a la **reducción de la altura de la planta**. De esta manera, la planta pudo destinar más energía producida durante la fotosíntesis a la producción del grano, además de hacerla más resistente al encamado (caída del trigo debido al viento) (Venske, 2019).

En el ámbito español, las primeras variedades derivadas de cruces intencionados se introdujeron durante la década de 1950, incrementando un 30% el rendimiento respecto las variedades locales, principalmente debido al incremento en el número de granos por espiga. Posteriormente, a principios de la década de los 70 se introdujo en España el trigo semi-enano procedente de la *Revolución verde*. Esta nueva genética redujo la altura de la planta y aumentó el número de cañas por planta, dando lugar a mayores incrementos en su productividad (Sanchez-García, 2013), (Pujol-Andreu, 2011).

Productividad y superficie cultivada de trigo blando en España

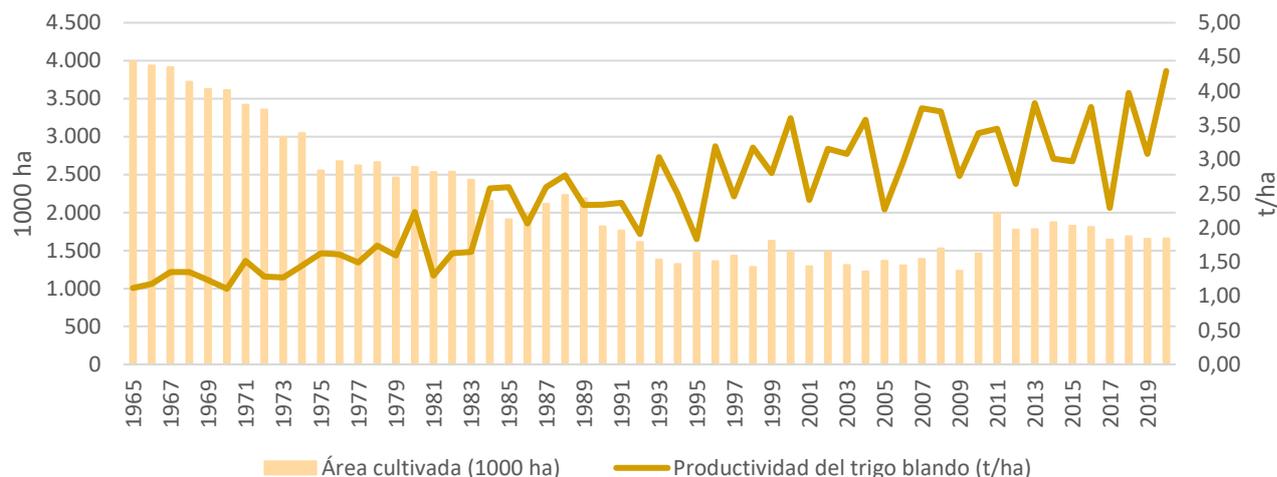


Figura 13. Productividad y superficie cultivada de trigo blando en España entre los años 1965 y 2019 (Anuario de estadística MAPA, 2020)

Este hecho también se puede observar comparando variedades tradicionales con variedades modernas cultivadas en España (Figura 14). Las **variedades actuales presentan una media de aproximadamente 18 granos por espiga más que variedades tradicionales. Asimismo, la altura de las nuevas variedades es de aproximadamente 18 centímetros inferior a las variedades tradicionales caracterizadas.**



Figura 14. Altura y granos por espiga en variedades locales y mejoradas cultivadas de trigo blando en seco. Cálculos propios a partir de (Pérez, M, 2018) y (INTIA, 2018)

Por otro lado, dichos aumentos de productividad también se pueden observar en los ensayos del INTIA, (Figura 15) donde comparan la evolución de variedades de trigos blandos de diferentes épocas cultivados en las mismas condiciones de cultivo. Según los ensayos realizados por la entidad en 2017, 2018 y 2019, **las variedades más antiguas de trigo blando dan rendimientos inferiores a las variedades modernas, cuando éstas son cultivadas en las mismas condiciones.** Asimismo, de las variedades ensayadas, aquellas cuyo año de lanzamiento es anterior a los años 60, fueron las únicas que presentaron encamado en los ensayos realizados los tres años, debido, también, a su altura.

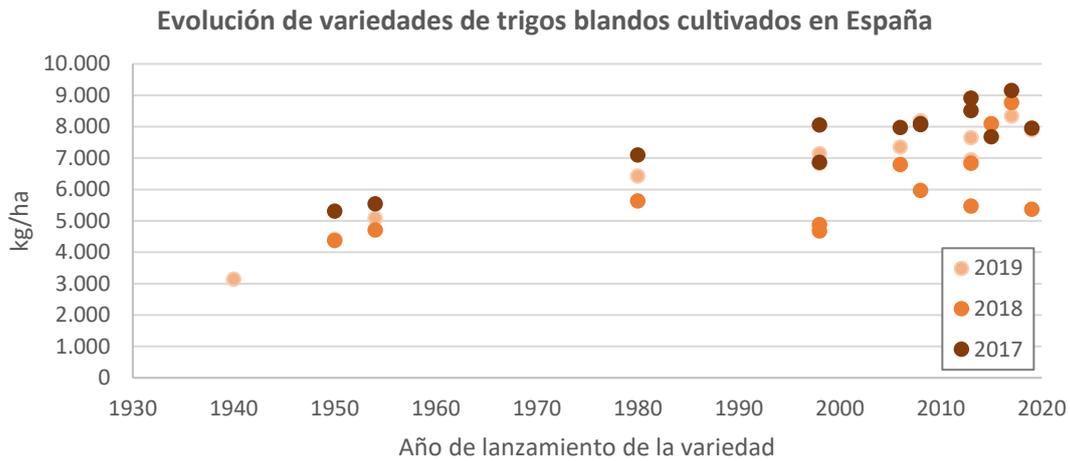


Figura 15. Evolución de variedades de trigos blandos de diferentes épocas cultivados en las mismas condiciones de cultivo en España. Resultados de las actividades de experimentación 2017, 2018, 2019 del INTIA (INTIA, 2019)

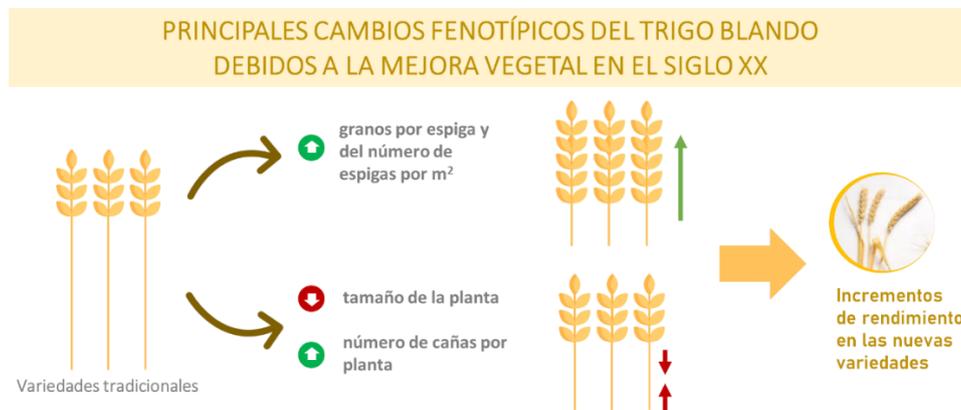


Figura 16. Principales cambios fenotípicos del trigo blando debidos a la mejora vegetal en el siglo XX.

Aunque el principal objetivo de la mejora del trigo haya sido el aumento de rendimiento, la resistencia a enfermedades también se ha trabajado en los últimos años, contribuyendo, a su vez, a mantener y aumentar los rendimientos. Esta línea de mejora ha sido clave para el trigo español, debido a las infecciones por el hongo patógeno de la roya, siendo el valle del Guadalquivir y Girona las zonas españolas más afectadas por estas enfermedades (Martínez-Moreno y Solís, 2019). En este sentido, las variedades semi-enanas introducidas en la década de los 70 tenían **buena resistencia a la roya amarilla y roya parda** (Martínez-moreno y Solís, 2019).

Cabe destacar que en 2015 apareció un nuevo tipo de roya amarilla en España. La raza *warrior/ambition*, procedente de Escandinavia y las Islas Británicas, para la que **ya se han logrado variedades resistentes**, gracias a las investigaciones realizadas desde el sector obtentor. A parte de la roya, la mayoría de las variedades comerciales en España incluyen resistencias a otras infecciones fúngicas a las que suele enfrentarse el trigo, como la septoria, el oídio y algunos hongos del cuello de la raíz.

Por otro lado, la mejora del trigo también ha estado orientada a mejorar la calidad del grano de cara a su aptitud panadera. En este sentido, con la introducción de las variedades mejoradas de los años 50 **se produjo una reducción de proteína en el grano** relacionada con los incrementos de rendimiento de la época. En las variedades introducidas posteriormente, en la década de los 70, se desligó la reducción de proteína en grano de los aumentos de productividad, dando lugar a un **aumento de proteína producida por hectárea** (Sanchez-García, 2015).

PRINCIPALES CAMBIOS EN LA CALIDAD DE LA HARINA DEBIDOS A LA MEJORA VEGETAL EN EL SIGLO XX

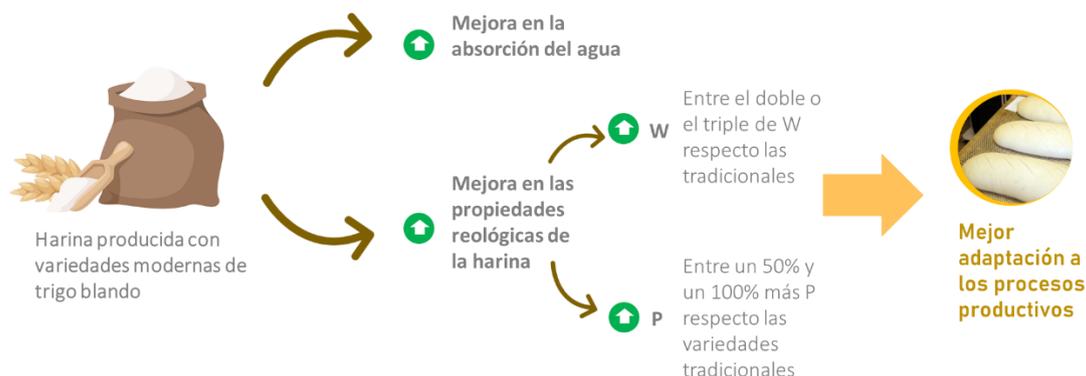


Figura 17. Principales cambios en la calidad de la harina debidos a la mejora vegetal en el siglo XX (Sanchez-García, 2015)

En cuanto a **la calidad de la harina, distintos estudios coinciden en que esta ha mejorado considerablemente en diversos aspectos gracias a la mejora vegetal**. Se ha producido una mejora en la capacidad de absorción del agua gracias a las variedades modernas, así como una mejora en las propiedades reológicas de la harina. Además, las mejoras en la calidad del gluten gracias a las mejoras introducidas en las últimas décadas permitieron a las variedades modernas de trigo blando encajar con los requerimientos industriales de fermentación y estabilidad de la harina (Sanchez-García, 2015).



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 trigo blando en la Unión Europea, (Figura 18) 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.

Evolución del registro de variedades de trigo blando en la UE

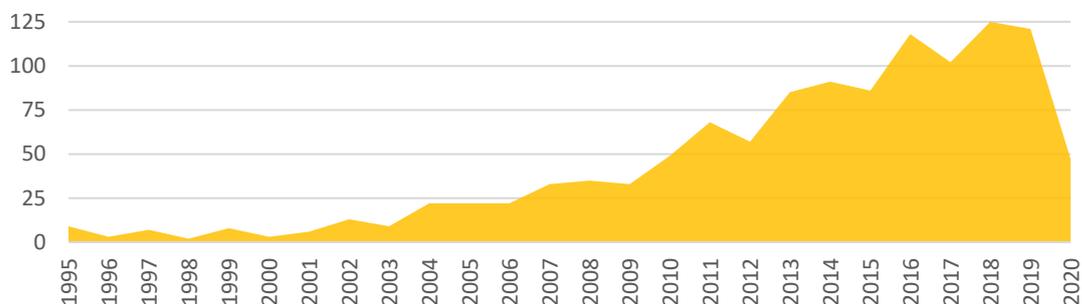


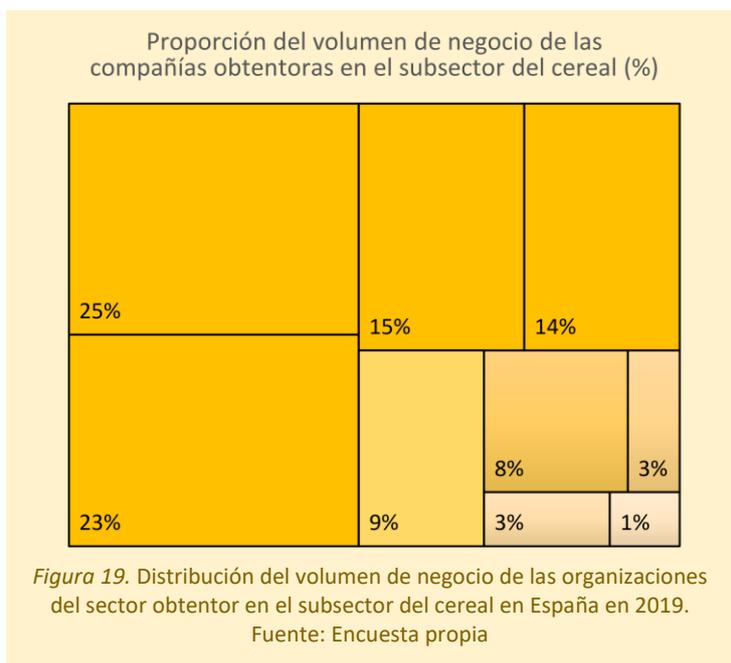
Figura 18. Evolución del registro de variedades de trigo blando en la UE (Community Plant Variety Office, 2021)

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

En este apartado se presentan los datos relativos a la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i en adelante) del sector obtentor para el cultivo del trigo blando.⁷ Los datos proceden de la encuesta realizada al conjunto de las compañías del subsector del cereal, cuya actividad incluye la investigación y desarrollo para la mejora vegetal del trigo blando en España⁸.

La mayoría de las compañías de obtención vegetal operan a escala global y realizan actividades de I+D+i en más de un subsector de especialización (en el ámbito del cereal, o de otros cultivos extensivos como el maíz o incluso otros subsectores). Los datos aportados en este estudio, sin embargo, corresponden a la I+D+i del sector realizada en España en el subsector del cereal.

Este estudio recoge los datos de 9 compañías que realizan mejora vegetal en cereal en España que representan el 100% en términos de facturación del subsector del cereal y que concentran prácticamente toda la actividad de I+D+i en este subsector; en particular 8 empresas y un centro de investigación. De las 9 compañías, cuatro concentran más de tres cuartas partes del volumen de negocio del subsector del cereal en España⁹.



a. Radiografía de la actividad de I+D+i del sector obtentor en el subsector del cereal

De acuerdo con la encuesta realizada en el marco de este estudio, las compañías del sector obtentor suman un **volumen de negocio de 33 millones de euros en el subsector del cereal y generan 138 puestos de trabajo de forma directa** en España. De estos puestos de trabajo, 55 están dedicados a actividades de I+D+i.

⁷ Se pueden consultar los datos de aportación socioeconómica de las empresas del sector obtentor en España en el Anexo 1

⁸ Para más información sobre la encuesta, consultar el Anexo 2.

⁹ Para garantizar la confidencialidad de los datos facilitados por las compañías del subsector del cereal encuestadas, en el documento no se especifica su denominación y los datos se presentan de forma agregada.



Figura 20. Radiografía del sector obtentor en el subsector del cereal en España en 2019. Los puestos de trabajo corresponden al número de trabajadores equivalentes a tiempo completo. Fuente: Encuesta propia

Las actividades de I+D+i varían en función de cada compañía, incluyendo desde formas de I+D+i realizadas de manera interna, externa o híbrida. Se detectan dos tendencias:

- **La mitad de las compañías de obtención en el subsector de cereal (4 de 9) realizan actividades de investigación¹⁰ en España, mediante programas de mejora vegetal propios.** El resto, realizan las actividades de investigación de manera externa (en compañías del grupo de otros 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.).
- **Todas las empresas encuestadas realizan actividades de desarrollo e innovación¹¹ en distintas localizaciones del país.** La mayor parte de estas compañías del subsector del cereal se concentran en las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Andalucía, Cataluña, Aragón, Navarra y la Comunidad de Madrid, donde están ubicadas sus sedes y sus centros de investigación y desarrollo.



Figura 21. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan con el subsector del cereal

El desarrollo de actividades de I+D+i ha permitido al sector incrementar progresivamente el número de variedades de trigo blando disponibles en el mercado en los últimos 40 años, aumentando su actividad significativamente en los últimos diez años. En este sentido, las

¹⁰ 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.

¹¹ 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.

compañías obtentoras han registrado 128 nuevas variedades de trigo blando desde 2011, de las cuales 41 fueron registradas en los últimos dos años. De estas 41 nuevas variedades, 35 han sido registradas por parte de alguna de las compañías analizadas en este estudio¹². 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 semilla¹³, se destina a la I+D+i.

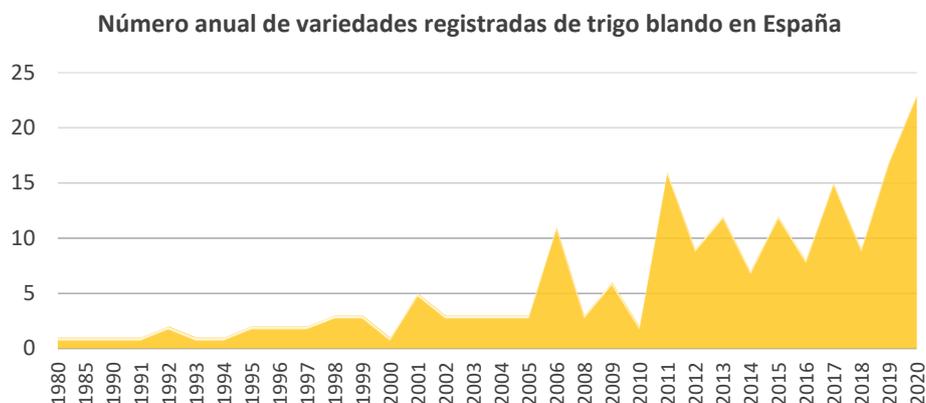


Figura 22. Evolución del registro de variedades de trigo blando en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).



Figura 23. Nuevas variedades de trigo blando registradas por parte de las empresas del sector del cereal analizadas en este estudio, sobre las 41 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 cereal **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 cereal se ha cuantificado en base a esta metodología a partir de la información de base publicada en el marco input-output de España (INE)¹⁴, desagregando los impactos directos, indirectos e inducidos que se derivan de esta actividad.

¹² El resto fueron registradas por empresas que prácticamente no tienen presencia ni actividad en España.

¹³ Según datos de Javier de Sebastián, coordinador del Comité de Propiedad Intelectual de Cereales de ANOVE en el año 2016.

¹⁴ 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.

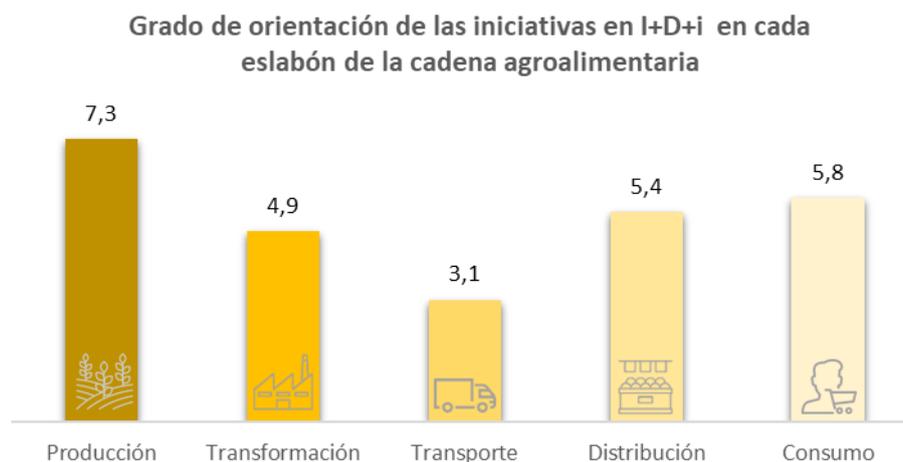


Figura 26. Puntuación total de las 16 iniciativas para cada eslabón de la cadena agroalimentaria (sobre 10)¹⁵

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

Producción

El **eslabón** de la Producción es **en el que se orientan la mayoría de iniciativas en I+D+i del trigo blando**. 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:

1. Obtener mayores **rendimientos** de los cultivos.
2. Adaptación a los efectos del **cambio climático**.
3. Mayor **resistencia** a plagas y enfermedades.
4. Aumento de las **exportaciones**, por requerirse variedades con parámetros determinados para el mercado exportador.
5. Disminución del uso de **fertilizantes**
6. Mejora el **manejo** del cultivo.
7. Reducción de la **mano de obra**.
8. Disminución del **uso de maquinaria** para su producción.
9. Disminución de la **estacionalidad**.

Los resultados de las encuestas a las compañías del subsector del cereal muestran que las innovaciones en semilla buscan la búsqueda de **mayores rendimientos** de los cultivos, una adaptación los **efectos del cambio climático** y un incremento de la **resistencia de los cultivos a plagas y enfermedades**.

¹⁵ 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.

Consumo

El eslabón del Consumo ocupa la **segunda posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del trigo blando**. 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:

1. **Mayor calidad y valor nutritivo.** Los parámetros para medir la calidad y el valor nutritivo están muy condicionados por el tipo de producto final. En general se miden a partir de parámetros como el contenido en proteína, la fuerza de los alveogramas, el índice de elasticidad, etc.
2. **Mayor diversidad de producto.** Por ejemplo que una misma especie permita ofrecer diferentes productos en función de la demanda del consumidor.
3. **Mejores condiciones organolépticas.** En cuanto a parámetros como el sabor, la textura, el olor, el color o la temperatura.
4. **Mayor disponibilidad de variedades** durante el año.



Los resultados de las puntuaciones muestran como los factores donde más se está orientando la I+D+i en el cultivo del trigo blando en el eslabón del Consumo son, en primer lugar las **mejoras en términos de calidad y valor nutritivo del producto** y, en segundo y tercer lugar, las mejoras ligadas a las condiciones organolépticas y al aumento de la diversidad del producto final (harina o pan). En definitiva, el objetivo final de estas mejoras es **una mejor adaptación a las demandas del consumidor final**.

Distribución

El eslabón de la Distribución ocupa la tercera posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del trigo blando, un poco por debajo del eslabón del Consumo. 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:

1. **Diferenciación** respecto a otros productos.
2. **Mayor diversidad** de producto. Por ejemplo que una misma especie permita ofrecer diferentes productos según las necesidades del distribuidor.
3. Mayor **disponibilidad de variedades** durante el año.



Los resultados de las encuestas muestran que el factor con una mayor orientación en el eslabón de la Distribución es la **diferenciación del producto transformado respecto a otros productos**. La diversidad de producto y la mayor disponibilidad durante el año son para este producto menos importantes, pero también significativas.

En este sentido, el presente informe trata los eslabones de la distribución y el de consumo de forma conjunta, dado que no se distinguen diferencias significativas en la orientación de las iniciativas en I+D+i en estos dos eslabones.

Transformación

El eslabón de la Transformación ocupa la cuarta posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del trigo blando, 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:

1. Mejora de **parámetros técnicos** que aporten valor al producto final. Por ejemplo, mejora de parámetros como el índice de gluten
2. Aumento de las **exportaciones**.
3. Mejora **eficiencia y resultados industriales**. Por ejemplo, en la reducción mermas o de consumos.
4. Mejor **adaptación** a los procesos productivos. Por ejemplo, a partir de la mejora de determinados parámetros.



Los resultados de las de las encuestas a las compañías del subsector del cereal muestran como los factores donde más se está orientando la I+D+i en el cultivo del trigo blando en el eslabón de la transformación son los que **tratan de conseguir 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 trigo blando están menos orientadas**. Las puntuaciones en los 3 factores considerados en este eslabón han sido muy 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:

1. 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. Mejora de la **resistencia del producto durante el transporte** sin resentirse la calidad.
3. Optimización del **envasado**. Por ejemplo, obtención de variedades que por sus características minimicen la necesidad de embalajes para su transporte.



Los resultados de las de las encuestas a las compañías del subsector del cereal 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 subsector del cereal en el año 2019 fue de 5,1 millones de euros**. Casi la mitad de esta inversión es la que realizan las empresas obtentoras en sus programas de investigación y desarrollo internos de mejora vegetal. El 39% de la inversión económica en I+D+i es en concepto de pago de royalties por innovaciones ya realizadas y patentadas por otras organizaciones y el resto, el 15%, en concepto de inversión en I+D+i externa, subcontratada a empresas externas o a otras empresas del mismo grupo.

Inversión interna y compra externa de I+D+i por parte de las empresas obtentoras del subsector del cereal en 2019

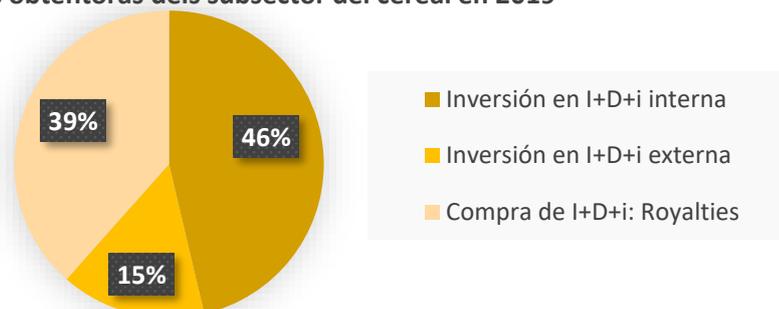


Figura 27. Inversión interna, inversión externa y compra de I+D+i por parte de las empresas obtentoras del subsector del cereal en 2019. Fuente: Encuesta propia



La **inversión en I+D+i que realizan las empresas obtentoras** españolas en el subsector del cereal es de 5,1 millones de euros. **Esta cifra supone un promedio del 18,3% del volumen de negocio** anual que generan las empresas obtentoras en el subsector del cereal 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 **16 iniciativas de I+D+i interna en marcha** en el cultivo del trigo blando en España por parte de las diferentes empresas encuestadas¹⁶. 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 en el último ejercicio disponible (2019) fue de 2,4 millones de euros**. Esta cifra supone el **7,2% del volumen de negocio anual** que generan las empresas obtentoras en el subsector del cereal en España. Esta inversión interna se financió **mayoritariamente a partir de fondos de las propias empresas** obtentoras. Únicamente el 6% se financió a partir de fondos sin contrapartida, es decir a partir de subvenciones, ayudas o donaciones. Y el 4% restante se financió a través de fondos con contrapartida como la venta de I+D+i o acuerdos de colaboración con otros agentes del sector.

¹⁶ Las 16 iniciativas están identificadas y caracterizadas a través de los cuestionarios propios

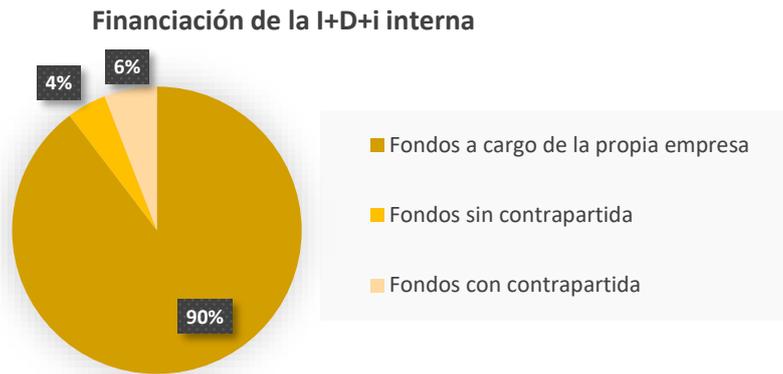


Figura 28. Distribución de la financiación de la I+D+i interna de las empresas obtentoras españolas en el subsector del cereal en el año 2019. Fuente: Encuesta propia

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 subsector del cereal en el año 2019 fue de 776.000 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 del subsector del cereal se destinó a otras empresas del mismo grupo con sedes en Europa.**

Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones



Figura 29. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obtentoras del subsector del cereal en 2019. Fuente: Encuesta propia

iii. Compra externa I+D+i: Royalties

Otra parte importante de la compra externa de I+D+i se produjo por parte del sector obtentor en forma de *royalties*, que pagan unas empresas a otras en concepto de propiedad intelectual y que **permite la inversión en investigación de nuevas variedades de distintas especies de cereales por parte de las compañías obtentoras.**

La **compra de royalties por parte de las empresas obtentoras españolas del subsector del cereal en el año 2019 fue de 2 millones de euros**, de los cuales más del 90% fueron compras a empresas del mismo grupo situadas en Europa. En general, la compra de regalías por parte de las empresas del sector obtentor en el subsector del cereal ha ido aumentando en los últimos años.

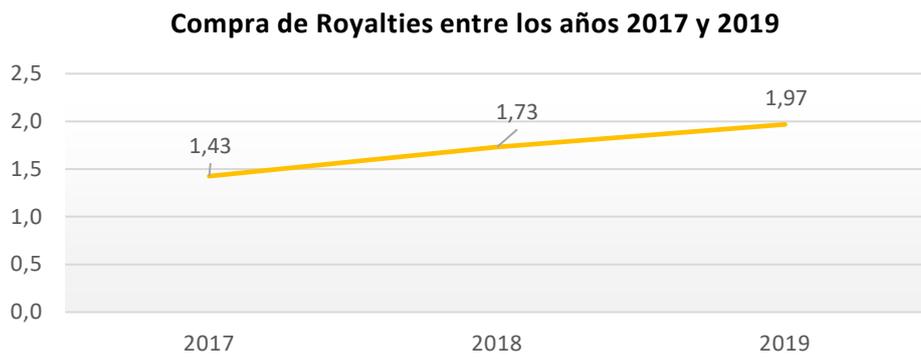


Figura 30. Evolución de la compra anual de Royalties por parte del sector obtentor en el subsector del cereal entre los años 2017 y 2019. Fuente: Encuesta propia

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 cumplimiento 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 31. 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 trigo blando, los incrementos de productividad pueden cuantificarse en crecimientos entre el 1 y el 3% anual. Esto ha supuesto un **aumento de la productividad global en este periodo cercano al 220%**. En los últimos 30 años (desde el año 90), el incremento ha sido de un 37%.

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.

$$\text{Incrementos de rendimiento} = \Delta \text{ inputs} + \Delta \text{ innovación}$$



El Factor total de productividad (FTP) indica qué partes de los cambios observados en la productividad son causados por la innovación.

Figura 32. 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 trigo blando, 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, la **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.**

$$\Delta \text{ innovación} = \Delta \text{ FTP} = \text{Incrementos de rendimiento}$$

Figura 33. 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.**

$$\Delta \text{ FTP} = \Delta \text{ innovación sector obtentor} + \Delta \text{ innovación en procesos y técnicas agrarias} + \text{Interacción } \Delta \text{ ambas}$$

Figura 34. 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 trigo blando.

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: metaanálisis

 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 35. 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 trigo blando, 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 75-90% de los incrementos de productividad**, según distintas fuentes europeas.

Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del trigo en las últimas décadas: metaanálisis

 1994	<p>Silvey, 1994. En el contexto del Reino Unido, el autor llegó a la conclusión que la proporción de los cambios en la productividad atribuibles a la obtención vegetal fue de un 47% para el trigo y de un 55% para la cebada.</p>	<p>47%</p>
 2013	<p>Si bien se indica que la obtención vegetal contribuyó en torno al 50% al crecimiento de la productividad entre 1947 y 1982, BSPB considera que la contribución de la obtención vegetal al incremento de la productividad de los cereales sería de más del 90% desde 1982. En relación al trigo resultados similares han sido indicados por Fischer y Edmeades (2010) así como por Mackay et al (2009) y Webb (2010).</p>	<p>90%</p>
 2014	<p>Björnstad, 2014. En las tierras cultivadas de Finlandia, Noruega y Suecia, la obtención vegetal sería responsable de un 29% de los incrementos de los rendimientos observados entre 1946 y 1960, del 43% de los observados entre 1960 y 1980 y del 89% de los observados entre 1980 y 2005.</p>	<p>89%</p>
 2013	<p>Noleppa y von Witke, 2013. Antes del cambio de milenio la importancia promedio de la obtención vegetal en el incremento de productividad en los cultivos de Alemania se encontraba en el 50%, habiéndose incrementado hasta el 75% desde el cambio de siglo.</p>	<p>75%</p>
 2015	<p>Carter et al, 2015. De acuerdo con el autor un mínimo del 88% del incremento de la productividad en el caso del trigo debería asociarse a la obtención vegetal.</p>	<p>89%</p>
 2016	<p>Noleppa, 2016. Atendiendo a los resultados anteriores, en el estudio elaborado por HFFA en 2016 se consideró que un 80% del incremento del factor total de productividad del trigo a escala europea en los últimos años se debía a la obtención vegetal.</p>	<p>80%</p>
 2009	<p>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 podría justificar más del 50% del aumento de los rendimientos que se han observado en los últimos 30 años en Cataluña.</p>	<p>50%</p>

Figura 36. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del trigo blando 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 50% y el 75% del aumento de los rendimientos de trigo blando (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 **50%** del aumento de rendimiento de trigo blando.
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 **75%** del aumento de rendimiento de trigo blando.

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 50%, considerado en el estudio del IRTA (ESCENARIO 1), y otro del 75%, 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 trigo, los procesos de transformación (en harina y posteriormente pan), 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 trigo blando. 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 para posteriormente poder analizar si las mismas eran correctas o los datos evolutivos no lograban demostrarlo.

H

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

Figura 37. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.

Aportación del sector de la mejora vegetal en la cadena de valor del trigo blando



IMPACTO DE LA MEJORA VEGETAL (innovación en semilla)

Hipótesis (H): Δ 50-75% del rendimiento del trigo blando...

+ 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

Impacto de la mejora vegetal

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 trigo blando

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

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

El consumo hídrico para el riego no se ha analizado debido a su leve impacto, al ser un cultivo producido en el 80% de las explotaciones en secano. Sin embargo, según la European Seed Association el valor de las cosechas obtenidas por metro cúbico de agua utilizada ha aumentado en un 19% en los cultivos de trigo.

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 (Cormier, 2016). Por ello, se estableció la siguiente hipótesis:

H

La mejora vegetal del trigo blando 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 trigo blando y semiduro 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 trigo blando, así como el uso de fertilizantes por 100 kg de trigo blando producido.

A partir de estos datos, se puede observar cómo el consumo de fertilizantes en las regiones estudiadas por ECREA tiene a aumentar ligeramente. En cambio, en Navarra el consumo de fertilizantes se mantiene estable (Figura 38).

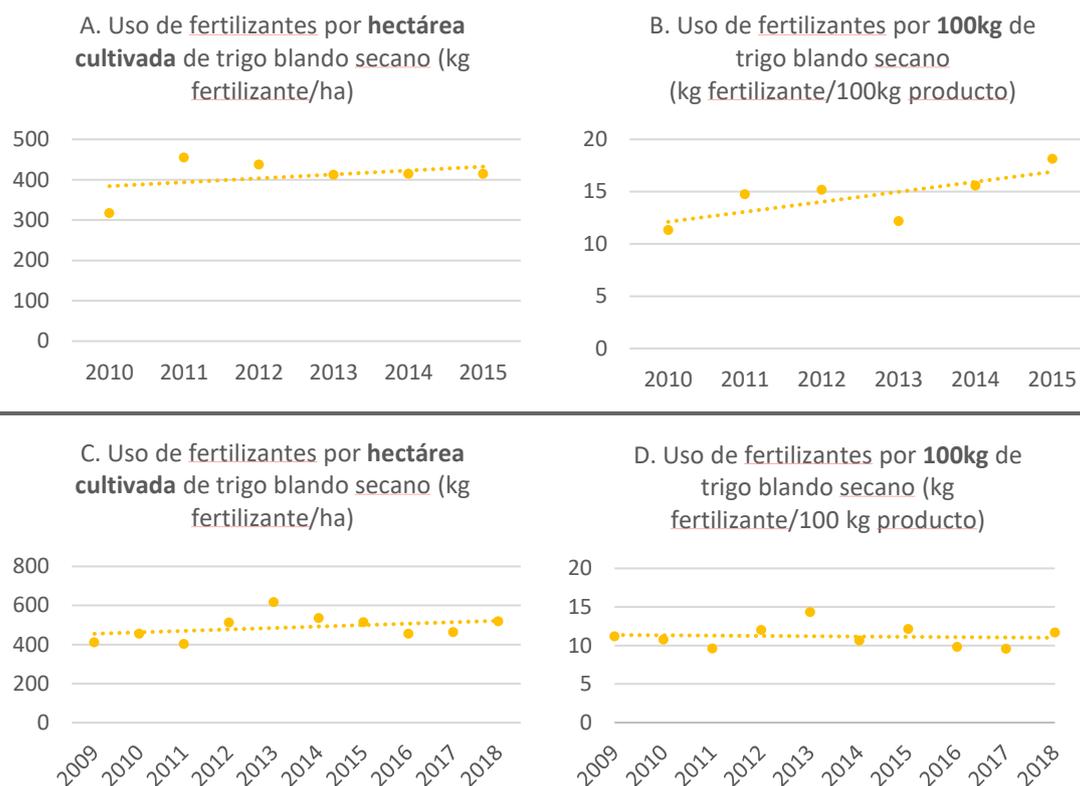


Figura 38. Uso de fertilizantes en el cultivo de trigo blando. A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D. Cálculos propios a partir del Análisis de la economía de los sistemas de producción 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, Raza, 2019).



Según el Comité de Expertos, la aplicación de fertilizantes en el cultivo viene dada muchas veces por la **previsión climática** que tenga el agricultor y cómo esta influenciará en el cultivo. Si se espera que una cosecha dará buenos rendimientos, se invierte en fertilizantes para garantizar buenos resultados. Si debido a las condiciones climáticas, el cultivo no se desarrolla de forma óptima y se esperan bajos rendimientos, el agricultor decide no invertir en fertilizantes para reducir el margen de pérdidas que puede dar lugar el cultivo.



Los resultados de consumo de fertilizantes por kg producido de trigo blando en seco **no son concluyentes**, habiendo territorios donde se observan incrementos y otros donde el consumo por kg se ha estabilizado o reducido ligeramente.



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, 60% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la disminución del uso de fertilizantes. En concreto esperan que seis tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y cuatro, 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 destacar 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) hace esperar una mayor demanda e incremento de precios de estos productos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



ii. Consumo de fitosanitarios

En el ámbito de los fitosanitarios cabe diferenciar tres tipos:

- **Herbicidas:** se usan para eliminar las malas hierbas en los campos de cultivo.



Según el Comité de Expertos, este input suele ser constante.

- **Fungicidas, bactericidas, insecticidas:** se usan para combatir las infecciones y plagas. El input dependerá de las condiciones del cultivo (si ha habido mucha humedad, por ejemplo, habrá más probabilidad de infecciones fúngicas, mientras que en épocas de sequía – como la vivida en 2012 – su uso será menor) 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 trigo blando es la resistencia a enfermedades y plagas**. Por ello, en este apartado se partió de la hipótesis que la mejora varietal ha contribuido a disminuir su uso.

H

La mejora vegetal del trigo blando 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 trigo blando y semiduro 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 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 (Anuario de estadística, MAPA), se ha hecho un cálculo del consumo aproximado de fitosanitarios por hectárea cultivada de trigo blando, así como el uso de fertilizantes por 100 kg de trigo blando producido (

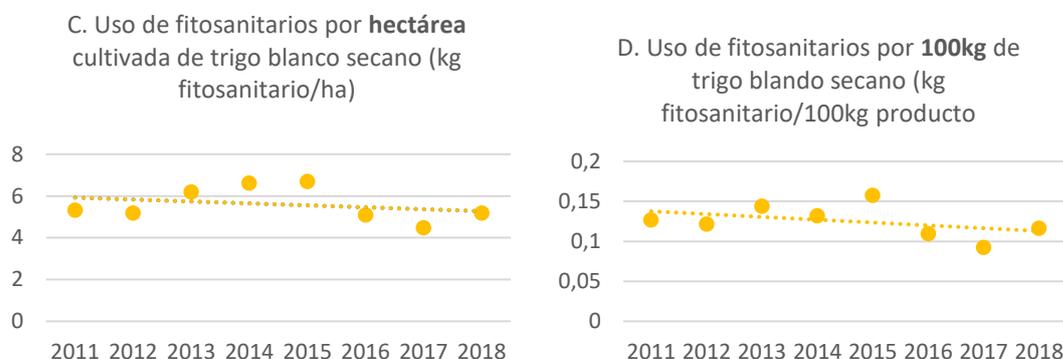


Figura 39). En este caso, los datos disponibles respecto al consumo de fitosanitarios permiten afirmar que se ha producido una reducción de su consumo (principalmente fungicidas), tanto por hectárea, como por kg de trigo blando producido en el periodo analizado.

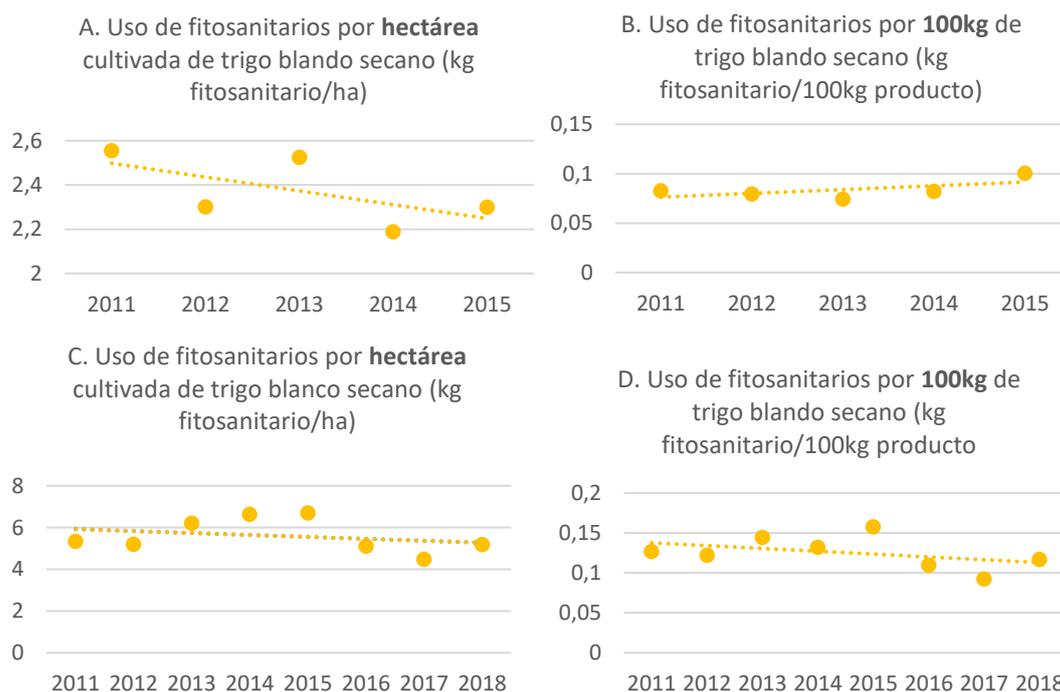


Figura 39. Uso de fitosanitarios en el cultivo de trigo blando. Fuente: A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D Análisis de la economía de los sistemas de producción Navarra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



A partir de los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora **permitió ahorrar la siguiente cantidad de fitosanitarios:**

656.144 kg según el ESCENARIO 1

984.216 kg según el ESCENARIO 2

entre 2011 y 2015 en el cultivo de trigo blando:

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 hectárea de ECREA, debido a que toma como referencia comunidades autónomas representativas en el cultivo de trigo blando.
- Se considera que la tendencia de disminución de uso entre 2011 y 2015 (-6,24% anual) es atribuible a la mejora vegetal, en el porcentaje de aportación del sector obtentor a la mejora de productividad en el escenario considerado.

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

$$FSI = \sum_{i=2011}^{2015} (FS_i * SP_i) - (FST_i * SP_i)$$

$$FST_i = FS_i + (FS_i * 6,24\% * \%AP)$$

Donde:

- FSI = Fitosanitarios ahorrados entre 2011-2015 [kg]
- FS_i = Fitosanitarios usados en el año i [kg/ha] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- FST_i = Fitosanitarios usados en el año i sin aportación del sector obtentor [kg/ha]
- SP_i = Superficie de cultivo de trigo blando 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 50% y el 75% de aportación del sector obtentor*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el 81% de las iniciativas de innovación del sector obtentor **tienen como objetivo incorporar resistencias a distintas plagas y enfermedades del trigo blando**. En concreto esperan que diez 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.

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 las tendencias normativas europeas en la materia, orientadas a la progresiva limitación del uso de estos productos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



iii. Consumo de energía

Los cambios fenotípicos introducidos por la mejora vegetal en el trigo blando 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 trigo blando, 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 fabricación del trigo blando. La información pública existente fue elaborada por el CIEMAT e IDAE en el año 2005 (Figura 40). Como se puede observar, el principal consumo energético en el sistema de producción agrícola del trigo blando está asociado a la **fabricación de los fertilizantes empleados en el cultivo**. Mientras que durante el proceso de mecanización del trigo blando los principales consumos energéticos del cultivo provienen de la **fase de cosecha del cereal**.

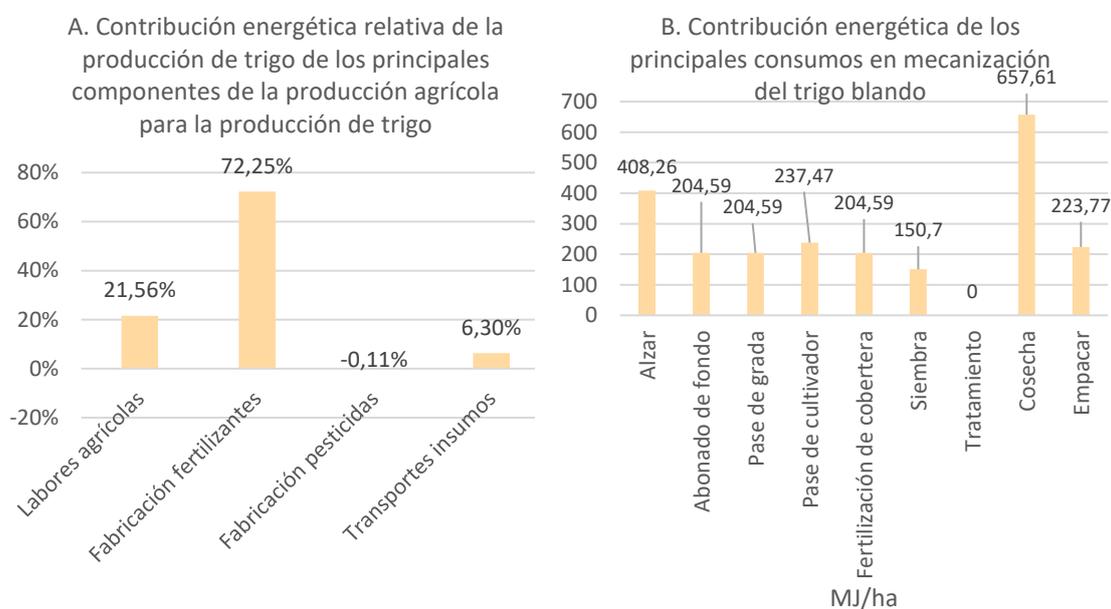


Figura 40. Consumo de energía en la producción de trigo. Fuente: CIEMAT-IDAIE, 2005



El Comité de Expertos estuvo de acuerdo que, ante la falta de datos evolutivos, sí podía afirmarse que, como mínimo, el consumo energético en los cultivos se ha mantenido constante desde 2005.

Considerando que el consumo energético por hectárea ha permanecido constante desde el año 2005 y que la productividad del cultivo de trigo blando se ha incrementado entre 2005 y 2018, gracias a la actividad del sector obtentor, **durante el periodo 2013-2018 el consumo de energía por kg de trigo producido fue un 8,8% inferior a la existente durante el periodo 2000-2005**.

A través de la siguiente metodología de cálculo se ha podido obtener la cantidad de energía adicional que hubiera sido necesario consumir durante el periodo 2013 y 2018.

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 2005, 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 2005.

Tipo de proceso	Consumo (MJ/ha)
Labores agrícolas	2.285
Fabricación de fertilizantes	6.177
Transportes / insumos	575
Consumo Energético Total	9.037

Fuente: Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte (2005), Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas

A partir de aquí se ha calculado la **energía consumida por cada tonelada de trigo blando producido**, durante los períodos 2000-2005 y 2013-2018 en base a la productividad media de cada período:

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

Donde:

- ECT_p = Energía consumida por kg de trigo blando producido en el período 2000-2005 y en el período 2013-2018 [MJ/kg]
- CE = Consumo energético total, 9.037 MJ/ha. Fuente: Tabla superior
- PR_p = Promedio de la productividad durante el período 2000-2005 y 2013-2018 a partir de los datos de producción y superficie anual de trigo blando [kg/ha]. Fuente: Anuario Estadística MAPA

El **cálculo del ahorro energético durante el período 2013-2018** respecto al período 2000-2005 se obtiene a través del siguiente cálculo:

$$E_{AH} = (ECT_{2000-2005} - ECT_{2013-2018}) \times PPR_{2013-2018} \times \%AP$$

Donde:

- E AH = Energía ahorrada durante el período 2013-2018 en comparación al período 2000-2005 debido al incremento de productividad asociado al sector obtentor [MJ/período]
- ECT = Energía consumida por kg de trigo blando producido [MJ/t]
- PPR = Producción promedio en el período 2013-2018 [t] Fuente: Anuario Estadística MAPA
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] Se consideran dos escenarios, el del 50% y el 75% de aportación del sector obtentor

El **porcentaje de variación en el consumo energético por kg de trigo producido** (%VCET), entre el período 2013-2018 y el período 2000-2005 se calcula de la siguiente forma:

$$\%VCET = \frac{(ECT_{2000-2005} - ECT_{2013-2018})}{ECT_{2000-2005}} \times 100$$



En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de trigo durante 2013 y 2018, hubiera sido necesario **la siguiente cantidad de energía adicional:**

3.878 millones de MJ según el escenario 1

5.817 millones de MJ según el escenario 2

Es decir, un consumo de energía adicional en promedio durante este periodo de:

776 millones de MJ/anales según el escenario 1

1.163 millones de MJ/anales según el escenario 2



Esto equivale al consumo anual efectuado por **21.700 hogares**¹⁷ según el escenario 1 y a **32.600 hogares** según el escenario 2.

Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia al consumo energético adicional en ausencia de obtención vegetal en caso de que la producción de este trigo blando adicional se hubiera producido en España. Sin embargo, en ausencia de obtención, el escenario más probable es que **este trigo 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 trigo importado**.

El cálculo de la cantidad de trigo blando que hubiera sido necesario importar durante el período comprendido entre 1990 y 2018, sin el impacto del sector obtentor, está detalla en el cuadro de “Metodología de cálculo (VII)” en la página 59.



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

14,7 millones de toneladas según el escenario 1

22 millones de toneladas según el escenario 2

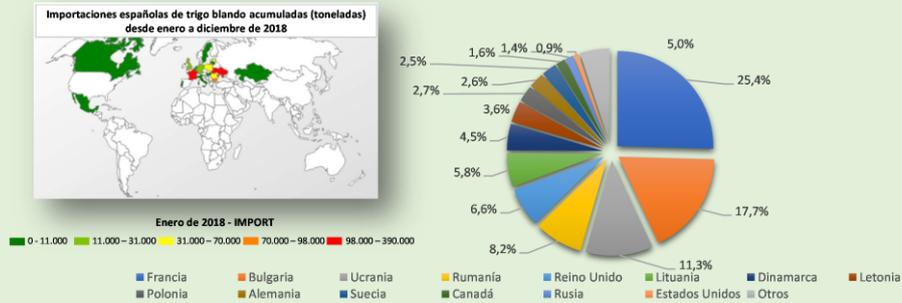
Esta importación adicional de trigo blando desde otros países hubiera tenido unos gastos energéticos adicionales principalmente asociados al consumo energético de los diferentes modos de transporte utilizados, según se explica en el recuadro siguiente de la metodología de cálculo III.

¹⁷ Se ha tenido en cuenta un consumo medio anual de un hogar de 35.672 MJ/hogar, según datos del IDAE en el informe *Consumos del Sector Residencial en España: Información básica* https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

METODOLOGIA DE CÁLCULO (III)

A partir del valor de la **cantidad de trigo blando 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 615,4 MJ/t importada. Por lo que el cálculo del consumo energético total de la importación es el siguiente:

$$CETI = TBI \times CEP$$

Donde:

- CETI = Consumo energético total de la importación entre los años 1990-2018 [MJ]
- TBI = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VII)”*
- 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, se hubiera producido un **consumo energético adicional asociado a los gastos energéticos del transporte en la fase de importación de:**

- 9.000 millones de MJ** según el escenario 1
- 13.500 millones de MJ** según el escenario 2

En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto un **consumo de energía promedio anual en el transporte de**

- 322 millones de MJ/anales** en el escenario 1
- 483 millones de MJ/anales** en el escenario 2



Esto equivale al consumo anual efectuado por **9.000 hogares** en el escenario 1 y **13.500 hogares** en 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 trigo blando que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor **es de**

- 1.100 millones de MJ/anales** según el escenario 1
- 1.650 millones de MJ/anales** según el escenario 2



En total esto equivale al consumo anual efectuado por **30.700 hogares** según el escenario 1 y **46.200 hogares** según el escenario 2.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, 43% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como **objetivo disminuir el uso de maquinaria para su cosecha y mejorar el manejo del cultivo**. En concreto esperan que dos tengan un impacto alto o muy alto y cinco un impacto 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**.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



A continuación, se muestra la metodología utilizada para el cálculo del consumo energético de la importación entre los años 1990-2018.

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 2005, se ha realizado una aproximación similar a la elaborada para el consumo energético. En particular, este informe considera la siguiente hipótesis:

H

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

METODOLOGIA DE CÁLCULO (IV)

Para el cálculo de las **emisiones de gases de efecto invernadero se dispone de las emisiones de CO₂ equivalentes** de los principales manejos y tareas en el cultivo del trigo blando:

Tipo de proceso	Emisiones CO ₂ por hectárea (kg CO ₂ /ha)*	Emisiones CO ₂ por tonelada de trigo producida (t CO ₂ /t trigo)**
Operaciones cultivo	181,1	39,4
Mantenimiento maquinaria	56,1	4,7
Semillas	180,8	38,5
Fitosanitarios	39,7	18,9
Fertilizante	9.037	151,9
Total	1.165	253,4

* Según datos del estudio "Mejora de la sostenibilidad ambiental y económica de la producción de trigo en España" del grupo operativo Innovatrigo (2020)

** Considerando una productividad del trigo blando en 2020 de 4.598 kg/ha. Dato procedente del mismo estudio que en el caso anterior.

Por lo tanto, **las emisiones de CO₂ derivadas de la producción del trigo blando en 2020 son de 253,4 t CO₂/t de trigo producido (ETCSO)**. Para el cálculo de este mismo valor en el caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, se ha tenido en cuenta el **porcentaje de variación en el consumo energético por kg de trigo producido (%VCET)** calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (II)", **¡Error! Marcador no definido.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$ETSSO = \frac{ETCSO}{(1 + \%VCET)}$$

Donde:

- ETSSO = Emisiones de CO₂ por kg de trigo producido sin el sector obtentor [tCO₂/t trigo]
- ETCSO = Emisiones de CO₂ por kg de trigo producido con el sector obtentor, 253,4 tCO₂/t trigo *Según datos tabla superior*
- %VCET = Porcentaje de variación en el consumo energético por kg de trigo producido [%] *Según la explicación del recuadro de la "Metodología de cálculo (II)", ¡Error! Marcador no definido..*

De modo que a partir de la **diferencia entre emisiones de CO₂ por kg de trigo producido con y sin las innovaciones del sector obtentor y de la producción** de trigo blando se puede obtener el ahorro promedio anual de la siguiente manera:

$$AH\ CO_2 = (PPR \times \%AP) \times (ETSSO - ETCSO)$$

Donde:

- AH CO₂ = Ahorro promedio anual de emisiones de CO₂ debido a las innovaciones del sector obtentor [tCO₂/año]
- PPR = Producción promedio en el período 2013-2018 [t] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaie de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se*



En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de trigo durante el periodo 2005-2018, hubiera sido necesario emitir **la siguiente cantidad de toneladas de CO₂ adicionales:**

360.000 toneladas de CO₂ según el escenario 1

540.000 toneladas de CO₂ según el escenario 2

Es decir, unas emisiones promedio anuales de

71.900 toneladas de CO₂ según el escenario 1

107.900 toneladas de CO₂ según el escenario 2



Esto equivale a las emisiones anuales de **42.400 coches¹⁷** en el escenario 1 y a **63.600 coches** en el escenario 2

Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia a las emisiones adicionales en ausencia de obtención en caso de que la producción de este trigo adicional se hubiera producido en España. Pero en ausencia de obtención, el escenario más probable es que **este trigo 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 trigo importado.



En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, **hubiera sido necesario importar, entre 2005 y 2018, 10 millones de toneladas de trigo**, con unas emisiones de **473.200 t de CO₂eq adicionales** en el escenario 1

15 millones de toneladas de trigo, con unas emisiones de **709.800 t de CO₂eq 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**

24.700 t de CO₂eq/año en el escenario 1

37.100 t de CO₂eq/año en el escenario 2.



Esto equivale a las emisiones anuales de **14.600 coches** en el escenario 1 y a **21.900 coches** en 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 trigo blando que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor **es de:**

96.600 t de CO₂eq/año en el escenario 1

145.000 t de CO₂eq/año en el escenario 2



En total esto equivale a las emisiones anuales de **57.000 coches** en el escenario 1 y a **85.500 coches** en el escenario 2.

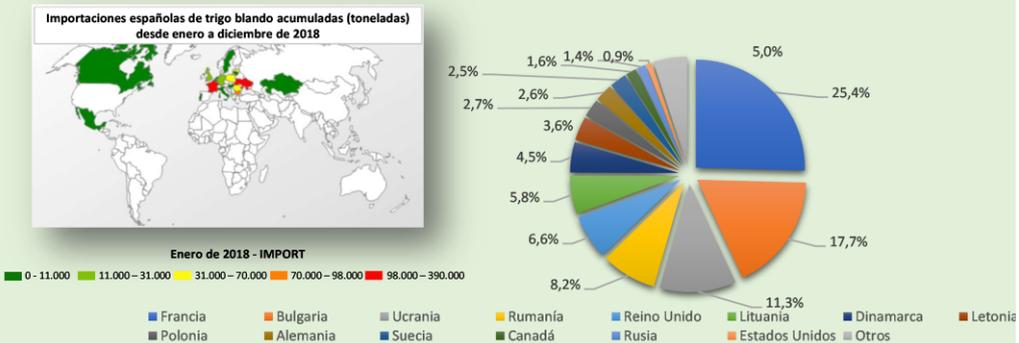
¹⁸ Para el cálculo del promedio de emisiones de un coche se han tenido en considerado:

- 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 CO₂/año)" del IDAE

METODOLOGIA DE CÁLCULO (V)

A partir del valor de la **cantidad de trigo blando que hubiera sido necesario importar** durante el período comprendido entre 1990 y 2018, calculado según el recuadro de la “Metodología de cálculo (VII)” en la página 59, se estima las emisiones de CO2 adicionales asociadas a esta importación **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.



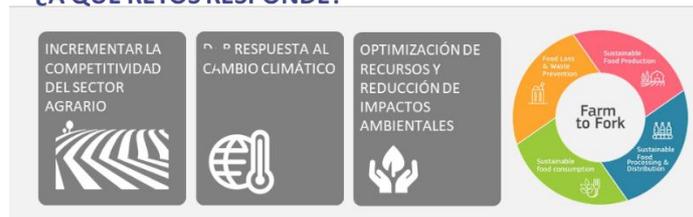
Estos cálculos han permitido **obtener las emisiones de CO2 promedio por tonelada debido al transporte (ECO2P)**, que son de 47,2 kg CO2/t importada. Por lo que el cálculo de las emisiones totales de la importación es el siguiente:

$$ETI = TBI \times ECO2P$$

Donde:

- ETI = Emisiones de CO2 totales de la importación entre los años 2005-2018 [€]
- TBI = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar entre 2005-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VII)” en la página 59*
- ECO2P = Emisiones de CO2 promedio, que tiene un valor de 47,2 kg CO2/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 trigo blando 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 trigo blando 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 (VI)” en la página 59.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VI)

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 y la productividad teórica sin tener en c:

- 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:

$$SPI = \sum_{i=1990}^{2018} \frac{(PR_i - PR_{1990}) \times SP_i \times \%AP}{PR_i - (PR_i - PR_{1990}) \times \%AP} = \frac{TBi}{PRii}$$

Donde:

- SPI = Superficie adicional de trigo blando que hubiera sido necesaria cultivar entre 1990 y 2018
- TBi = Producción de Trigo Blando adicional gracias a la mejora en el año *i* [t] *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VII)” en la página 59*
- PRii = Productividad año *i* sin la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PRi = Productividad año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SPi = Superficie de cultivo de trigo blando 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 50% y el 75% de aportación del sector obtentor*



Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido, (Figura 41) para obtener la producción obtenida anualmente de trigo blando se hubiera necesitado una media anual de

186.100 ha más en el escenario 1

335.600 ha más en el escenario 2

El equivalente a **266.000 campos de fútbol** en el escenario 1 y **480.000** en el escenario 2.

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.

Superficie dedicada al cultivo de trigo blando en España

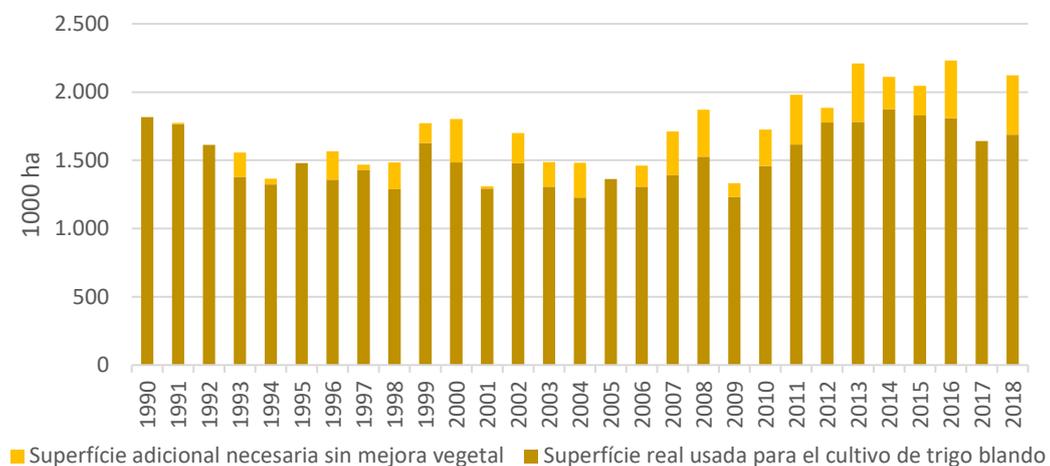


Figura 41. Superficie dedicada al cultivo de trigo blando en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de datos del anuario de estadística (MAPA).

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



4.3. Impactos económicos

a. Incremento de las toneladas de trigo blando producidas

El incremento de la productividad del cereal que ha aportado el sector obtentor en los últimos años ha supuesto **un incremento de las toneladas de trigo 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 42. Impactos en el eslabón de producción en el escenario conservador y el del promedio europeo en toneladas de trigo blando entre los años 1990 y 2018 y anual.



Según los dos escenarios contemplados, se asume que...

- **ESCENARIO 1 (CONSERVADOR) – 50%:** la producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 ha sido de **14,7 millones de toneladas**, un **11,5%** de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación anual sería de 523.776 toneladas de trigo adicionales gracias a la mejora vegetal.
- **ESCENARIO 2 (PROMEDIO EUROPEO) – 75%:** la producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 ha sido de **22 millones de toneladas**, un **17,2%** de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación anual sería de 785.664 toneladas de trigo adicionales gracias a la mejora vegetal.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



METODOLOGIA DE CÁLCULO (VII)

La **cantidad de trigo blando 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:

- 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 **cantidad de trigo blando que hubiera sido necesario importar** es el siguiente:

$$TBI = \sum_{i=1990}^{2018} [(PR_i - PR_{1990}) \times SP_i] \times \%AP$$

Donde:

- TBI = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t]
- PR_i = Productividad año *i* [t/ha] Fuente: *Anuario Estadística MAPA*
- SP_i = Superficie de cultivo de trigo blando 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 50% y el 75% 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 cereal 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 43. 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 2018 y anual



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

- **ESCENARIO 1 (CONSERVADOR) – 50%:** El incremento de la producción asociado a la actividad del sector obtentor ha permitido **augmentar los ingresos de los agricultores entre 1990 y 2018 en 2.617,5 millones de euros, un 11,3% de sus ingresos de este periodo.** Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 93,5 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.
- **ESCENARIO 2 (PROMEDIO EUROPEO) – 75%:** El incremento de la producción asociado a la actividad del sector obtentor ha permitido **augmentar los ingresos de los agricultores entre 1990 y 2018 en 3.926 millones de euros, un 17% de sus ingresos de este periodo.** Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 140,2 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



METODOLOGIA DE CÁLCULO (VIII)

Para el **cálculo del incremento de los ingresos de los agricultores durante el período comprendido entre 1990 y 2018**, 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 trigo blando producida y a **(2) la producción atribuible a la mejora vegetal**:

- El cálculo del valor a **precios básicos por tonelada** de trigo blando 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 trigo blando que hubiera sido necesario importar** sin las innovaciones del sector obtentor:

$$TBI_i = (PR_i - PR_{1990}) \times SP_i$$

Donde:

- TBI_i = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar en el año *i* [t]
- PR_i = Productividad del año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SP_i = Superficie de cultivo de trigo blando en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

De modo que los **ingresos atribuibles a la mejora vegetal entre los años 1990 y 2018** se calcula de siguiente modo:

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

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]
- TBI_i = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar en el año *i* [t]
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se consideran dos escenarios, el del 50% y el 75% 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)**. 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 1 y 2.



La actividad obtentora **ha permitido incrementar el VAB total** durante el periodo comprendido entre 1990 y 2018 en
3.625 millones de euros según el escenario 1
5.437 millones de euros según el escenario 2

Lo que supone una aportación al VAB total anual en promedio de
129 millones de euros/año según el escenario 1
194 millones de euros/año según el escenario 2

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

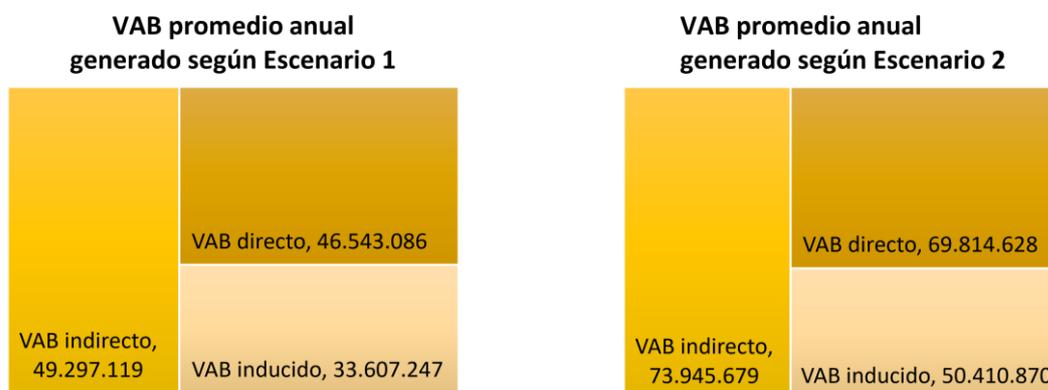


Figura 44. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2018 y anual generado por la actividad obtentora según escenario 1 y 2

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

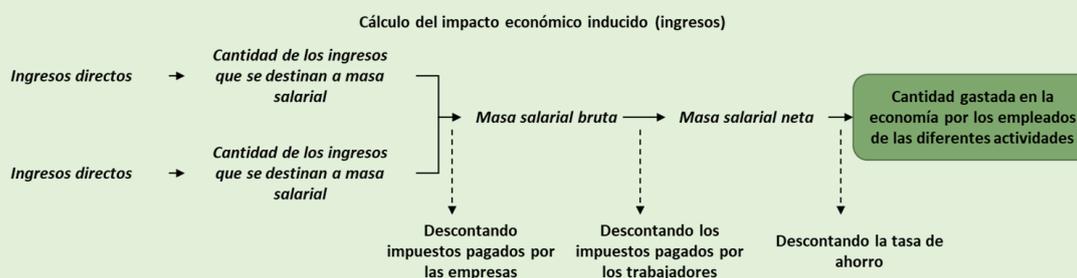
$$\text{VAB directo} = \text{Factor multiplicador de la producción del VAB} + \text{Incremento de ingresos}$$

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.

$$\text{Incremento de ingresos} + \text{Factor multiplicador sectorial del VAB} = \text{VAB directo + indirecto}$$

$$\text{VAB indirecto} = \text{VAB directo + indirecto} - \text{VAB directo}$$

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

$$\text{VAB total} = \text{VAB directo} + \text{VAB indirecto} + \text{VAB inducido}$$

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**.

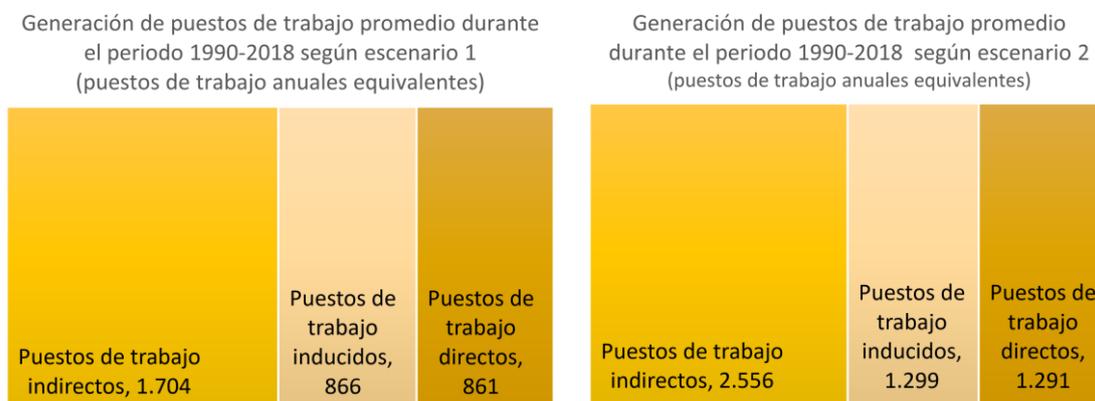
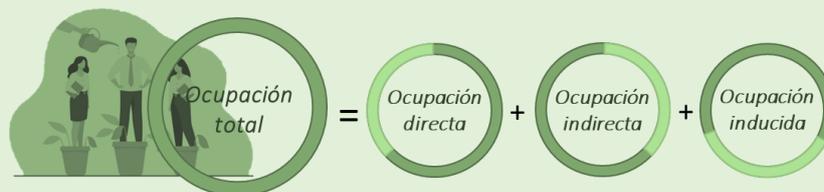


Figura 45. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2018 generados por la actividad obtentora según escenario 1 y 2

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 1990-2018** se han generado los siguientes puestos de trabajo anuales equivalentes:

3.431 puestos de trabajo según escenario 1

5.146 puestos de trabajo según escenario 2

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

En este sentido, Castilla y León es la CC.AA. con mayor superficie de cultivo de trigo blando en España (52% en 2018), seguida de Castilla-la Mancha (14%) y Aragón (9%) y, en consecuencia, son 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 Aragón, Castilla y León y Castilla – La Mancha sumaron 149.700 ocupados en la agricultura. En este aspecto, los puestos de trabajo equivalentes generados **gracias a la aportación del sector obtentor al trigo blando 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 del subsector del cereal, 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 el ámbito del cereal.

A continuación, se destacan algunas de ellas.

Iniciativas de apoyo del sector primario y al medio rural



Talento joven rural

Inculcar los valores de la profesión en el sector de la agricultura entre los estudiantes de bachillerato en el medio rural



Cruz Roja Responde

Donación a la iniciativa de Cruz Roja para ayuda en zonas rurales tras la pandemia del Covid'19



Grupo Operativo TRIDURAND

Puesta en valor de la producción de variedades de trigo duro de alta calidad en Andalucía



Defensa de la agricultura

Promoción de una regulación de los mercados agrícolas a nivel mundial, para defender a todos los agricultores y a todos los tipos de agricultura del mundo

Donaciones



Huerto solidario

Superficie de 10.000 m² de cultivo para sembrar y cosechar alimentos de primera necesidad y de alto valor nutritivo que serán



Donación a BAOBAB

envasados y entregados a Cáritas para que lo distribuyan allá donde haga más falta.

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



Donación a la Fundación Aspros

Campaña solidaria "Plantamos Futuro", en la cual se regalan semillas a las personas o empresas que realicen una donación a la Fundación. Con esta iniciativa solidaria se quiere ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad intelectual

Otras iniciativas



Energía Verde

Firma de contratos de consumo de energía eléctrica solo proveniente de fuentes Renovables



Manifiesto ECODES COEPLAN

Adhesión al grupo de Empresas por la regeneración del modelo económico

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

La industria de transformación de trigo en harina **engloba a un total de 110 fábricas** harineras. El sector transforma anualmente **4,2 millones de toneladas de trigo blando** y cuenta con una facturación aproximada de **1.400 millones de euros**, lo que representa el 2% del total de la industria alimentaria (AFHSE, 2018).

Las empresas que lo integran se caracterizan por su reducida dimensión -en su mayoría son pequeñas **y medianas empresas de carácter familiar** en segunda, tercera y hasta cuarta generación – y por su falta de integración vertical con el sector primario o con la industria alimentaria de segunda transformación.

Según datos de la Asociación de Fabricantes de Harinas y Sémolas de España (AFHSE), el sector genera **2.500 empleos directos estables**, y cuenta con una media de 20 empleados por centro de producción. La ubicación de esta industria (80% de las empresas se ubican a proximidad de zonas cerealistas) ha repercutido tradicionalmente de manera positiva en la creación de empleo y la dinamización de la actividad económica del medio rural. Castilla León es la comunidad autónoma con un mayor número de empresas harineras, al concentrar dos de cada diez empresas del territorio nacional.

El sector cuenta con una dimensión relativamente reducida, en comparación con el resto de la cadena (que cuenta con decenas de miles de agentes implicados y volúmenes de facturación notablemente más elevados), considerándose el principal “cuello de botella” de la misma. No obstante, la industria harinera constituye la base insustituible sobre la que asientan otros sectores alimentarios de segunda transformación, con un alto impacto social y económico (12% del gasto alimentario de los españoles).



Figura 46. Radiografía del sector de la transformación del trigo. Fuente: Análisis de la demanda de trigo blando de la industria harinera, (AFHSE, 2018)



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

- Las **importantes inversiones tecnológicas efectuadas** en los últimos 25 años por la industria han tenido afectaciones significativas en el aumento de la producción y el rendimiento de la harina.
- La harina es un **producto transformado**, que en numerosas ocasiones mezcla distintas variedades de trigo y que puede recurrir al empleo de mejorantes/enzimas como medio auxiliar para conseguir la homogeneidad deseada por sus clientes. Ello impacta directamente en la calidad de esta.
- Aproximadamente un 50% del trigo **blando que moldura la industria harinera proviene del exterior** (estimación realizada por los miembros del Comité técnico especializados en el primer eslabón de transformación del trigo blando).¹⁷

Teniendo en cuenta estos matices, **el presente apartado identifica distintas hipótesis de impacto en la industria harinera derivadas de la innovación del sector obtentor, así como el impacto que ha tenido para el sector harinero los aumentos de rendimiento percibidos en la producción de trigo según el escenario conservador (escenario 1) y según el escenario de la media europea (escenario 2) identificado en el apartado 4.1.**

De igual manera que en el apartado anterior de la fase de producción, para cada impacto analizado que aporta el sector obtentor en la fase de transformación, se destacan los principales retos que da mayor respuesta de la Estrategia europea “de la granja a la mesa”

5.1. Impactos ambientales

a. Consumo de energía en la industria harinera

El sector obtentor lleva trabajando desde hace años en distintas iniciativas para **mejorar la adaptación del grano de trigo** a los procesos productivos de la industria harinera.

En este sentido, los principales cambios fenotípicos observados en las variedades de trigo blando actuales (vistos en el apartado 3.1), como la reducción del tamaño de la planta de trigo y el aumento de granos por espiga, **podrían contribuir a la reducción del consumo energético en el sector harinero**, por lo que en el marco de los trabajos se ha buscado contrastar si la siguiente hipótesis es válida.

H

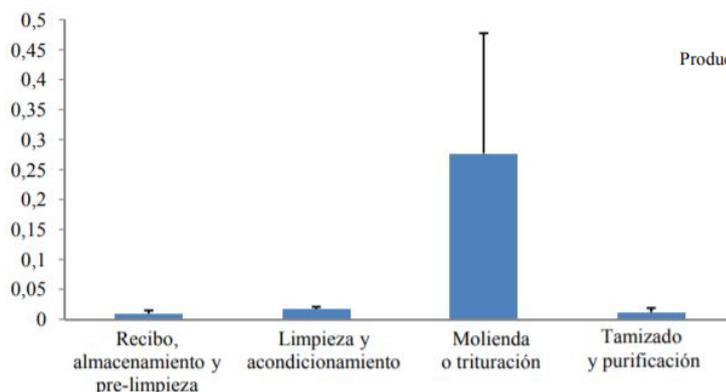
La mejora vegetal del trigo blando, y en particular sus fenotipos, han contribuido a la disminución del consumo energético de la industria harinera.

El sector harinero ha experimentado **en los últimos años un proceso de modernización**. Según datos de la Asociación de Fabricantes de Harinas y Sémolas en España (AFHSE), el proceso de

consolidación sectorial de las empresas harineras (cuyo número se ha reducido en un 90% desde los años 70) se ha traducido no únicamente en el cierre de un elevado número de industrias, sino en **importantes inversiones en aras a automatizar gran parte de sus procesos y mejorar en términos de eficiencia.**

El consumo energético en la industria harinera tiene un impacto relativamente reducido en relación con otras partes de la cadena, representando a penas el 2% del consumo total de energía. A pesar de la falta de estudios con datos representativos del sector, algunos datos específicos (Sirotiuk, Viggliuzzo, 2013) han permitido determinar que **el proceso de mayor consumo energético es el de molturación, representando aproximadamente un 87% del consumo energético.** Este proceso tritura, raspa y comprime los granos de trigo, reduciéndolos a partículas de diversos tamaños y separando al mismo tiempo el salvado (capas externas) de la almendra harinosa (endospermo).

Consumo de energía promedio (MJ Kg de pan) en cada uno de los procesos incluidos en la producción de harina de trigo



Participación relativa de cada parte de la cadena a la demanda total de energía

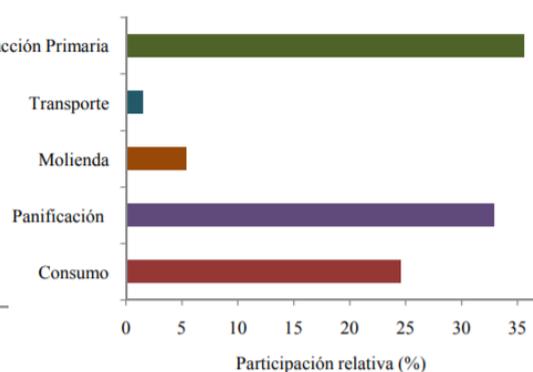


Figura 47. Consumo de energía promedio en los procesos de producción de la harina y participación relativa de cada parte de la cadena a la demanda total de energía (P. Valero, 2013)

No obstante, la información existente respecto al consumo energético en el proceso harinero no permite confirmar que la mejora vegetal de trigo blando haya contribuido a su disminución.



La falta de datos evolutivos del consumo energético de la industria harinera, y de estudios comparativos entre variedades tradicionales y mejoradas, **no permite obtener conclusiones significativas ni confirmar la hipótesis que la mejora vegetal haya contribuido a su reducción.** Por este motivo, se recomienda la realización de mayores análisis a futuro, que puedan corroborar la correlación entre las mejoras fenotípicas de las nuevas variedades y el consumo de energía en el sector harinero.



En este contexto, el Comité de Expertos estuvo de acuerdo en asumir que si bien el tiempo y la humedad durante el acondicionamiento o el ajuste de los molinos -que provocan una mayor o menor degradación del almidón- son importantes, **la variedad de trigo empleada en la fabricación y las diferencias en su composición (tamaño del grano, dureza, etc.), también pueden tener efectos -aunque menores- en el consumo energético de la industria harinera.**

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el 56% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo una **mejor adaptación a los procesos productivos en la transformación del trigo**. En concreto esperan que 5 tengan un impacto alto o muy alto, y 4 menor.

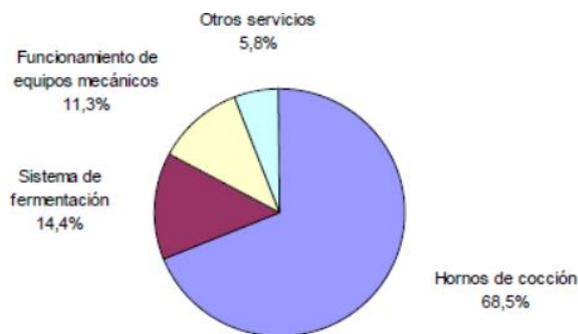
Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, se espera que a futuro la mejora en la obtención ayude a una reducción de los consumos energéticos en el procesado.

b. Consumo de energía en la industria panadera

El consumo energético en la industria panadera tiene un impacto significativo si se compara con otras partes de la cadena. A pesar de la falta de estudios representativos del sector, algunos estudios concretos han llegado a determinar que **representa aproximadamente una tercera parte del consumo total de energía del conjunto de la cadena**.

Según los únicos datos públicos disponibles en España (del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE)), el consumo energético en la industria panadera habría aumentado en la década 1995-2005. Para años posteriores, no existen datos disponibles sobre su evolución. Según la misma fuente, aproximadamente el 70% del consumo lo causarían los hornos de cocción (eléctricos, o de gas natural).

Principales puntos de consumo energético en la industria de 2ª transformación.



Evolución del consumo de energía de la industria panadera y pastelera (1995-2005).

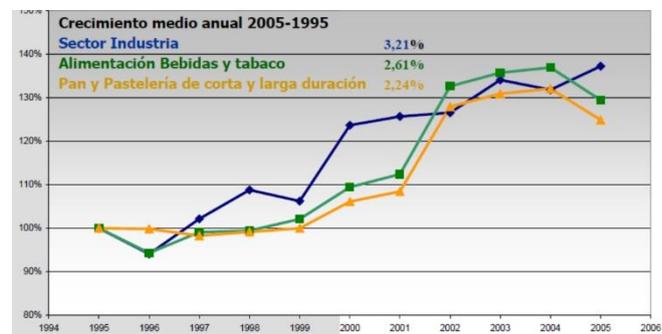


Figura 48. Principales puntos de consumo energético en la 2ª transformación y evolución del consumo de energía de la industria panadera y pastelera (IDAE, 2006)

Debido a la falta de datos evolutivos recientes y que no se conoce que la mejora vegetal incida especialmente en el proceso de cocción, **no se ha podido establecer ninguna relación entre la I+D+i del sector obtentor y el consumo de energía en la segunda transformación**.

5.2. Impactos socioeconómicos

a. Producción de harina

i. Cantidad producida de harina

La producción de harina de trigo blando se incrementó desde el año 1995 desde en torno a 2,5 millones de toneladas a 3,6 millones de toneladas el año 2019. Esto supone un **incremento en términos de producción de un 44% en los últimos 24 años**.

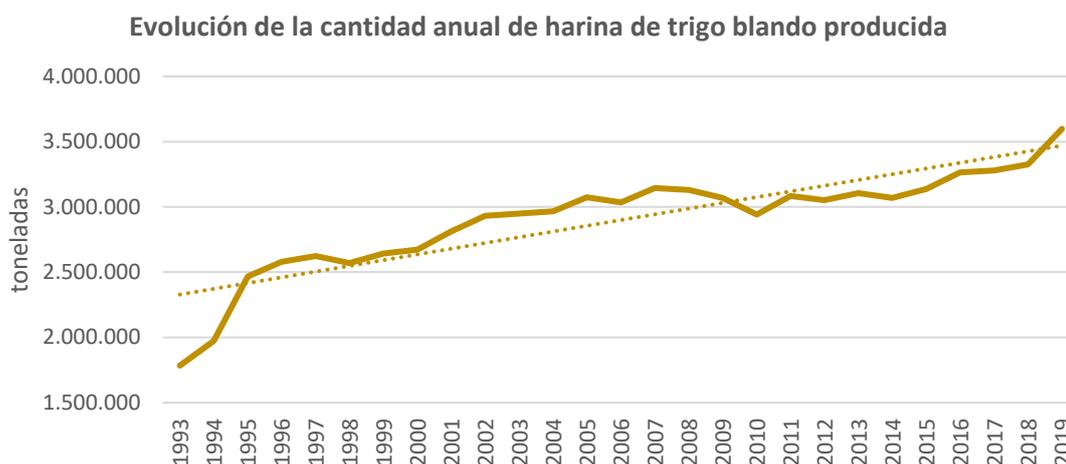


Figura 49. Evolución de la cantidad anual de harina de trigo blando producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020)

Según fuentes del sector, el incremento de producción apreciado en la industria harinera en los últimos años se ha debido principalmente a un uso más eficiente de las instalaciones en activo. 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 trigo blando ha contribuido al aumento de la producción de harina y, por ende, a mejorar el rendimiento de la industria harinera.

Para poder verificar esta hipótesis, resulta necesario entender el impacto de la internacionalización, y en particular, del comercio exterior. Por ello, a continuación, se aportan algunos datos sobre el abastecimiento de la industria harinera y el destino de la producción de harina.

Respecto al abastecimiento de la industria harinera:



Según el Comité Técnico reunido en el marco de este trabajo **aproximadamente un 50% del trigo blando que moltura la industria harinera proviene del exterior**.

La industria considera el trigo una *commodity*. La decisión de la industria harinera sobre el mercado de abastecimiento (español o exterior) obedece al análisis de múltiples factores, entre los que priman:

- La calidad de la materia prima.
- La estabilidad en la contratación (posibilidad de formalizar contratos a doce meses) y la homogeneidad de los lotes adquiridos.
- El déficit comercial español en cereales (y en particular en trigo).
- La dificultad de asegurar suministros homogéneos de miles de toneladas con proveedores locales.

Por este motivo, el Comité Técnico de este proyecto coincide en que es difícil pensar que las mejoras derivadas del sector obtentor puedan tener un impacto en el incremento de la producción de harina de los últimos años. Sin embargo, sí confirmó que el incremento del rendimiento y la producción del trigo tiene un impacto directo en la transformación y en el incremento de producción de la harina.

Respecto al destino de la producción de harina:

El destino de esta producción de harina es, principalmente, el mercado interior, si bien el sector tiene en su conjunto un excedente con el que abastece al mercado exterior. En este sentido, a pesar de que España es un país con un déficit estructural en producción de trigo blando, la harina que se produce de dicho cereal ha constituido tradicionalmente el primer producto exportable del sector.

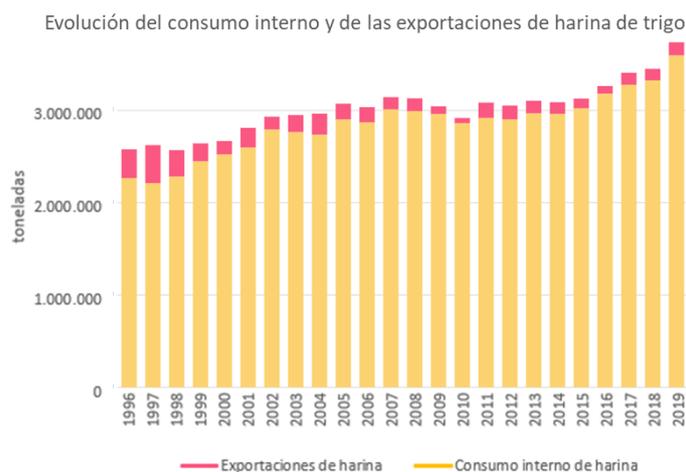


Figura 50. Evolución del consumo interno y de las exportaciones de harina de trigo entre 1996 y 2019 (INE 2020)

Los datos del INE arrojan un **aumento sostenido del consumo total de harina en España** durante los últimos veinte años, a pesar de registrar un ligero retroceso del consumo coincidiendo con el inicio de la crisis económica (2008-2010).

Respecto al volumen de exportaciones, se aprecia una **contracción de las exportaciones de harina**, pasando de representar en torno al 6-7% de la producción total a finales de la década de los noventa, a un 4% de la producción en 2019. Esta tendencia también ha afectado al resto de países de la UE que, en las últimas décadas, han visto **decrecer sus exportaciones debido a la instalación de nueva capacidad productiva en países en vías de desarrollo**, que sustituyen importaciones de harina por compras de trigo blando.



El incremento del rendimiento y la producción del trigo en España tiene un impacto directo en la transformación y en el incremento de producción de la harina.

En este sentido, si no hubiera podido incrementarse la producción de trigo blando 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 harinero¹⁹. Por ello, se realizan las siguientes hipótesis:



En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, **hubiera sido necesario importar, entre 1990 y 2018, 14,7 millones de toneladas de trigo, con un coste de 267 millones de euros según el Escenario 1**
77 millones de toneladas de trigo, con un coste de 400 millones de euros según el Escenario 2

En promedio, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector harinero **un sobrecoste anual asociado al transporte de trigo de 9,4 millones de euros según el Escenario 1**
14,2 millones de euros según 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 trigo blando tiene **efectos a nivel global, que trascienden en la cadena de valor del trigo**. La falta de investigación, desarrollo e innovación del sector obtentor hubiera tenido distintos impactos:

- La productividad de trigo blando en el resto del mundo hubiera sido más baja, lo que habría impactado tanto en la **cantidad de trigo disponible en el mercado** (que sería más baja), **como en su precio** (que sería más caro, al existir menos oferta).
- En caso de que la cantidad de trigo blando 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 trigo blando** en el mundo.
- 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?

INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR TRANSFORMADOR



CONTENCIÓN DE PRECIOS



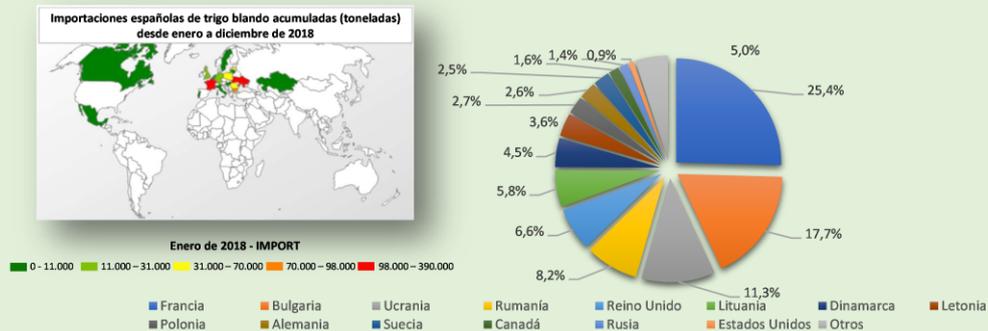
¹⁹ La metodología utilizada para inferir el número de importaciones adicionales necesarias y el sobrecoste anual asociado a la falta de actividad del sector obtentor es el mismo que el detallado en el Apartado 4.3.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XII)

Se ha cuantificado la **cantidad de trigo blando 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 (VII)”, en la página 59.

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:

- 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 **un coste transporte promedio por tonelada, que es de 18,2 €/t importada**. Por lo que el cálculo del **coste total de la importación** es el siguiente:

$$CTI = TBI \times CTP$$

Donde:

- CTI = Coste total de la importación entre los años 1990-2018 [€]
- TBI = Trigo Blando que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VII)” en la página 59*
- CTP= Coste transporte promedio que tiene un valor de 18,2 €/tonelada importada

ii. Valor de la producción

En términos monetarios, la evolución del valor de la producción de harina de trigo blando ha aumentado, aunque de manera desigual, en los últimos 25 años. El precio de la harina se ha visto marcado en el tiempo por la **fuerte volatilidad en las cotizaciones de las materias primas**. En este sentido, las tasaciones de trigo -que representan más del 80% de los costes totales- han llegado a duplicarse en pocos meses o a desplomarse en sentido contrario. De la misma manera, el **alto índice de importaciones que requiere la industria** – debido al déficit estructural en la producción de cereales en España- también ha marcado significativamente la evolución de este indicador.

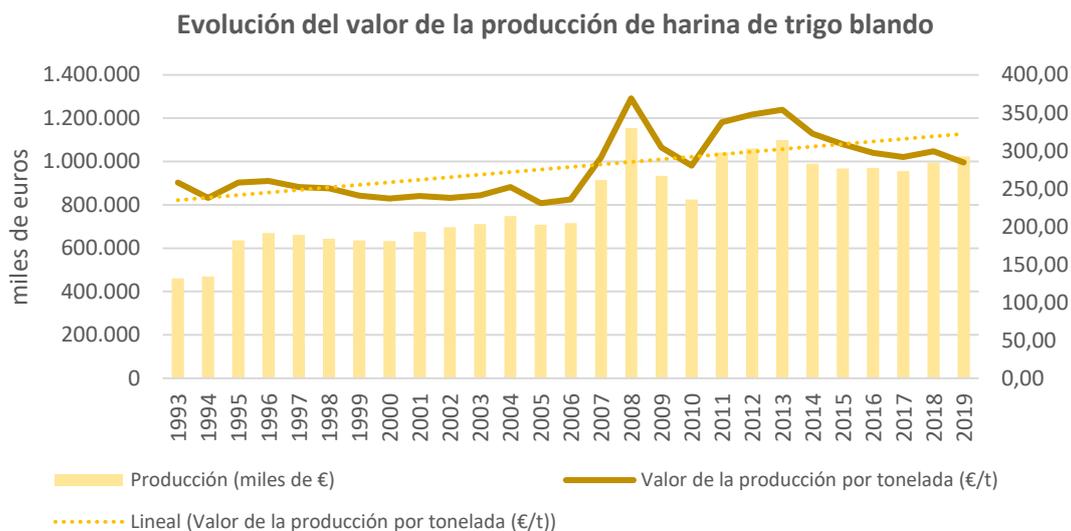


Figura 51. Evolución del valor de la producción de harina de trigo blando entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020)

En este contexto, en el marco del presente estudio se ha querido comprobar la validez de la siguiente hipótesis:

H

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

No obstante, la falta de estudios comparativos entre variedades tradicionales y mejoradas ligadas al incremento de productividad de la harina, no ha permitido obtener conclusiones significativas ni confirmar nuestra hipótesis.

Sin embargo, **sí puede afirmarse que el incremento del rendimiento y la producción del trigo tiene un impacto directo en el incremento de producción de la harina 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 harinero un **extracoste, asociado a la importación de trigo, de: 4,6 €/tonelada de harina**, lo que hubiera supuesto un **encarecimiento del producto de un 1,4%** según el Escenario 1

6,8 €/tonelada de harina, lo que hubiera supuesto un **encarecimiento del producto de un 2,2%** según el Escenario 2

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XIII)

La **contención del precio de la harina atribuible a las aportaciones del sector obtentor** se ha cuantificado en base a la siguiente metodología:

En primer lugar, se ha tenido en cuenta la **producción total de trigo blando entre 2008 y 2018 atribuible a la aportación del sector obtentor y el coste de la exportación**. La metodología es análoga a la detallada en el recuadro de “Metodología de cálculo (VIII)”, en la página 61 únicamente que en vez calcular la producción y el coste de la importación durante el período 1990-2018, se ha tenido en cuenta el período de 2008-2018.

Para el cálculo del extracoste por tonelada de harina derivada de la necesidad de importación del trigo blando se ha considerado la producción total de harina entre 2008 y 2018 [PTH]

$$ETH = \frac{CTI}{PTH}$$

Donde:

- ETH = Extracoste por tonelada de harina [€/t]
- CTI = Coste total de la importación del trigo blando entre los años 2008-2018 [€] *Calculado según metodología explicada en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VIII)” en la página 61*
- PTH = Producción total de harina entre 2008-2018 [t] *Fuente: INE*

Finalmente, para calcular el incremento del precio de la harina se ha calculado el promedio del valor de la producción de harina por tonelada [PVPH] entre 2008 y 2018

$$PVPH = \text{PROMEDIO} \left[\frac{PH}{CPH} \right]$$

Donde:

- PVPH = Promedio del valor de la producción de harina por tonelada entre 2008 y 2018 (€/t)
- PH = Producción de harina entre 2008 y 2018(t). *Fuente: INE*
- CPH = Coste de la producción de harina (€) entre 2008 y 2018. *Fuente: INE*

Así pues, el incremento del precio de la harina teniendo en cuenta la importación de la cantidad de trigo blando atribuible a la mejora vegetal:

$$IPH = \frac{ETH}{PVPH}$$

Donde:

- IPH = Incremento del precio de la harina [%]
- ETH = Extracoste por tonelada de harina [€/t]
- PVPH = Promedio del valor de la producción de harina por tonelada entre 2008 y 2018 [€/t]

iii. Calidad de la harina

La calidad es uno de los valores añadidos de los que puede dotarse la producción convencional de trigo blando, así como uno de los parámetros de compra que más valoran los transformadores. Más allá de la variedad de trigo plantada por el productor (y de su calidad intrínseca), existen otros factores de producción que también pueden afectar a la calidad harinera:

- **La aplicación de fertilización nitrogenada** durante la cosecha (dentro de los límites establecidos por la legislación), así como la aportación de nitrógeno por vía foliar en estadios avanzados del cultivo, puede contribuir a aumentar los rendimientos del cultivo, así como la concentración de proteínas y de gluten húmedo en el grano.
- **El mantenimiento del cultivo en niveles óptimos de sanidad vegetal**, y en particular el seguimiento de los protocolos de control biológico es imprescindible para cortar el ciclo vital de los insectos transmisores de enfermedades a los cultivos e impedir la reproducción y multiplicación de las plagas.
- **La presentación de una oferta de producción atractiva para la industria** (cantidad, calidad y homogeneidad elevadas) también puede afectar la calidad y, por ende, la decisión de compra de los transformadores.



Figura 52. Principales factores que afectan la calidad del trigo blando en la producción

En el marco del estudio se ha evaluado si el sector obtentor ha contribuido, en alguna medida, al aumento de calidad de la harina en los últimos años.

H

La mejora vegetal en trigo blando, y en particular la introducción de nuevas variedades, han contribuido al aumento de la calidad harinera.

Para contrastar esta hipótesis, ha sido necesario entender previamente qué parámetros de calidad considera el sector.

Para definir los diferentes tipos de calidad del trigo blando en España, el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)** consensuó (al igual que otros países de la UE) una **norma con el sector productor y la industria transformadora**. El Real Decreto 190/2013 estableció, en este sentido, una categorización en grupos y grados²⁰. La norma, no obstante, es cuestionada por una importante parte de los actores en el mercado y no es utilizada en todas las lonjas -según se ha podido comprobar durante la realización de este estudio-.

²⁰ Para más información sobre la norma, consultar el Anexo 3.

Según el propio sector, **la calidad, y, por ende, el precio que la industria de primera transformación está dispuesta a pagar por el trigo no depende de los elementos identificados en la norma, sino de otros parámetros. En este sentido**, más allá del tipo de variedad, la industria valora:

- La posibilidad de contar con **lotes de trigo grandes y homogéneos**, siendo uno de los requisitos de los transformadores la constancia en la homogeneidad de la harina.
- El **bajo contenido en impurezas y micotoxinas**. La semilla certificada juega en este sentido, un papel importante.
- Las **especificaciones de compra por la industria panadera** y por ende del consumidor.
- Las **variedades que mejor se adaptan a los nuevos procesos de producción** (masas congeladas, pan precocido congelado, panificación industrial, etc.). Las variedades con mayor proteína (y W) son en este sentido cada vez más demandadas.



Figura 53. Factores que afectan la decisión de compra del trigo por parte de la industria transformadora



La introducción de nuevas variedades de trigo es, en este sentido, un factor que **puede contribuir tanto a la obtención de un bajo contenido de la harina en impurezas, como a una mejor adaptación a los procesos de producción de los productos de segunda transformación**. Así, ante una demanda de harina muy amplia y heterogénea, la cadena de producción trigo blando → Harina → Productos transformados, se conforma desde la demanda final de los consumidores.

El sector obtentor juega un papel fundamental en el **desarrollo de nuevas variedades que se ajusten a estas demandas**.

En este contexto, para valorar la evolución de la calidad y en particular, la adaptación de la harina a las demandas de la industria de segunda transformación, en función de la variedad de trigo empleada, se han comparado los resultados de los ensayos que realiza periódicamente la red GENVCE²¹ sobre variedades mejoradas, con datos sobre variedades locales tradicionales del Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario.²²

²¹ La red GENVCE realiza periódicamente ensayos de distintas variedades de cereal (entre ellas el trigo blando) en distintas regiones cerealistas de España, tanto desde un punto de vista productivo como teniendo en cuenta sus características de calidad.

²² Datos del ensayo "Caracterización morfológica y evaluación de calidad de variedades locales de trigo del país vasco en producción ecológica" realizado por el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario sobre las calidades registradas en variedades tradicionales locales de la región en ensayos realizados durante el año 2013.

En la siguiente tabla, se presentan las variedades estudiadas en ambos estudios.

	Variedad	(W) Fuerza	(P/L) Equilibrio
Variedades locales tradicionales (País Vasco)	BG011959	76	0,35
	BG014283	78	0,42
	BG012115	46	0,31
	BG012238	80	0,57
	BG013801	71	0,38
	BG012214	86	0,42
	BG012194	90	0,39
	BG012191	110	0,38
	BG018233	71	0,28
	BG012292	120	0,38
	BG011944	34	0,36
	BG011960	47	0,32
	BG012216	97	0,27
	BG012110	69	0,29
	BG011966	130	0,21
	BG013174	80	0,89
	BG012203	170	0,35
	BG012890	53	0,62
	BG012201	130	0,23
	BG012892	140	0,36
BG012118	70	0,98	
BG018356	43	0,37	
BG012891	120	0,49	

	Variedad	(W) Fuerza	(P/L) Equilibrio
Variedades mejoradas cultivadas en clima frío (GENVCE)	AKIM	128	0,36
	ALHAMBRA	213	0,9
	ALTAMIRA	213	0,84
	ARABELLA	231	1,48
	BELSITO	271	0,66
	CALABRO	229	0,6
	CANDELO	257	1,29
	CCB INGENIO	312	1,06
	CIPRES	345	1,25
	DIAMENTO	185	1,29
	LAZARO	237	0,53
	MARCOPOLO	201	1,17
	NOGAL	306	1,1
	PALEDOR	117	0,3
	RIMBAUD	206	1,08
	SOFRU	274	1,32
SUBLIM	216	0,56	
SY ALTEO	186	0,57	
SY MOISSONS	249	0,68	



Figura 54. Comparativa de las principales propiedades de las variedades locales y mejoradas. Fuente: GENVCE y Estudio.

La comparativa permite afirmar que **las variedades mejoradas registran una mayor cantidad de fuerza (casi tres veces más), derivada de una mayor cantidad de gluten, así como un mayor equilibrio (P/L), concretamente el doble, que las variedades tradicionales.**

Estos datos, coinciden con las mejoras identificadas en distintos parámetros de calidad estudiados por el IRTA (Sanchez-García et al., 2014) en 16 tipos de harina mejoradas, las más representativas en España durante el siglo XX.

Si bien las evidencias existentes son todavía reducidas, la comparativa sí permite observar que las variedades de nueva obtención **tienen un mejor comportamiento respecto a fuerza (W) y equilibrio (P/L)**, pudiéndose afirmar que presentan unas mejores características para su transformación en harina.

iv. Trazabilidad y seguridad alimentaria

El valor añadido de la semilla certificada trasciende al propio eslabón de producción del trigo. Así, si bien supone distintos beneficios para el agricultor (como un ahorro significativo en la dosis de siembra de trigo y en la preparación de la semilla, un incremento de su rendimiento o una mejor adaptación ambiental del cultivo) ya citados en anteriores apartados, la certificación también es valorada por la industria de primera transformación, más allá de por permitir una mejor adecuación a los requerimientos de la industria transformadora, por permitir una mayor trazabilidad de la materia prima y por lo tanto una mayor garantía de seguridad alimentaria.

- La semilla certificada es **garante de seguridad alimentaria**, al asegurar desde su origen la trazabilidad del trigo adquirido tanto por el agricultor como por la industria transformadora. En este sentido, la semilla certificada es producida y comercializada con arreglo a la normativa vigente, que establece una serie de cuidados, preparaciones, requisitos y controles estrictos que proceden de directivas comunitarias. Este aspecto es altamente valorado por las pequeñas y medianas empresas de la industria harinera que se aprovisionan de trigo cultivado en España.



El compromiso por parte de las grandes empresas de comprometerse con prácticas sostenibles y la seguridad alimentaria y, por ende, con el uso de semilla certificada (entre otras prácticas), abre la puerta a la extensión de la certificación, asegurando así no solo un cultivo responsable, sino el compromiso con la investigación y la mejora constante de las variedades vegetales.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



b. Producción de pan

La industria harinera atiende a un amplio número de subsectores. Según datos de la AFHSE, **aproximadamente un 70% de la harina producida por los molineros españoles se destina a la industria panificadora**. El 30% restante abastece a otras industrias de segunda transformación como las industrias de pastelería, bollería, galletas y de masas congeladas (entre otras) que, a pesar de haber experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, no son objeto de este estudio.



Figura 55. Subsectores que atiende la industria de la harina (AFHSE)

En este contexto, el presente informe se ha focalizado en evaluar el impacto de la mejora vegetal en la industria panadera.

i. Cantidad producida de pan y valor de la producción

De acuerdo con el Anuario de Estadística del MAPA, la producción de pan se ha incrementado -de manera desigual- desde el año 2006 desde entorno 1,2 millones de toneladas a 1,5 millones de toneladas el año 2019. Esto supone un **incremento en términos de producción de un 25% en los últimos 13 años**, respondiendo al aumento de la demanda por parte de los consumidores.

El valor de producción, en cambio, muestra una tendencia decreciente en el tiempo, que se explica principalmente por el aumento de la oferta y en particular, por el aumento en el uso de masas congeladas en los últimos años.

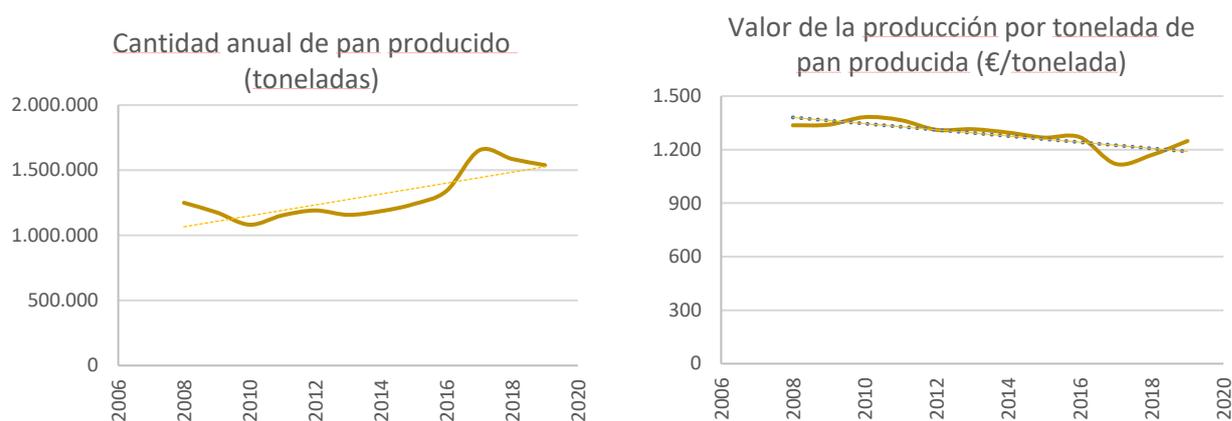


Figura 56. Cantidad anual de pan producido y valor de la producción por tonelada de pan producida (Anuario de Estadística del MAPA, 2020)

En este contexto, los análisis realizados no han permitido afirmar que la actividad del sector obtentor haya impactado en la cantidad de pan producida, ni en el valor de la producción.

ii. Mejor adaptación a los procesos productivos

La elaboración de pan se realiza a partir de cuatro ingredientes: harina de trigo, principal materia prima, sal, levadura y agua. La elaboración de panes especiales (integrales, de cereales, de huevo, etc.) puede sin embargo añadir algún aditivo o coadyuvante especial por el tipo de harina o la adición de ingredientes especiales.

El hecho de que el pan sea un producto transformado, para el cual se recurre a otros ingredientes más allá de la harina y que puede recurrir al empleo de mejorantes, dificulta la medición de las mejoras derivadas de la obtención vegetal. No obstante, en el marco del presente estudio se ha analizado si las mejoras del trigo han contribuido a una mejora de los procesos productivos de la industria para su segunda transformación.

H

La mejora vegetal en trigo blando, y en particular la introducción de nuevas variedades, han contribuido a una mejor adaptación de la harina a los procesos productivos y a las demandas de la industria de segunda transformación.

En este contexto, la bibliografía científica ha estudiado la posible causalidad entre la mejora vegetal del trigo y el proceso de fermentación, y en particular el aumento de su tolerancia. La

tolerancia de fermentación es el período de tiempo que la masa puede tolerar entre el tiempo de madurez y el momento del formado, sin efectos negativos en la calidad del producto correspondiente. La tolerancia puede verse aumentada por tres factores:

- **El uso de harina fuerte (alta en gluten), y por lo tanto de trigo mejorado.**
- La preparación de la masa en ambiente frío.
- El uso de levaduras y aditivos que contengan emulsificantes.

Para valorar el efecto que puede tener el uso de trigo blando mejorado en el tiempo de fermentación del pan, el IRTA (Sanchez-García, et al., 2014) realizó en 2014 un ensayo con 16 tipos de harina de trigo mejorado, las más representativas en España durante el siglo XX. Los resultados obtenidos permiten afirmar que **las variedades mejoradas registran una mayor tolerancia a la fermentación gracias a su mayor contenido de gluten**. En particular, el colapso de la masa durante de la fermentación se evitaba en las harinas con una fuerza (W) $>159 \text{ J} \times 10^{-4}$ y un equilibrio (P/L) $>0,56 \text{ mm H}_2\text{O mm}^{-1}$.



Los estudios disponibles permiten afirmar que **las variedades con obtención tienen una mejor tolerancia a la fermentación gracias a su mayor contenido en gluten**, pudiéndose afirmar que presentan unas mejores características para la producción de pan.

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

El sector de la panadería ocupa **una posición muy destacada en la cadena agroalimentaria** y tiene un peso significativo en la economía nacional. Está configurado por **más de 31.500 empresas**, de las que una tercera parte se dedican a la fabricación, y el resto, a la comercialización. El sector **ocupa a más de 142.000 trabajadores** (77.000 en fabricación y 65.000 en comercialización) y representa una **cifra de negocios de 9.048 millones de euros**.



Figura 57. Radiografía del sector de producción y comercialización de la panadería. Fuente: INE, 2018

Los productos de **panadería son consumidos a diario** por la gran mayoría de la población española, concretamente por **el 86% de la población**, según la Encuesta de hábitos de consumo en España de 2019, y **representan más del 12% del gasto alimentario de los españoles**.

6.1. Impactos ambientales

Los impactos ambientales identificados en el eslabón de la distribución y el consumo están relacionados con el **transporte de la materia prima hacia los centros de fabricación y comercialización**. Esta materia prima es principalmente el producto de la primera transformación, la harina, y el de la segunda transformación, el pan.

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 sociales

a. Adaptación a la segmentación de la demanda

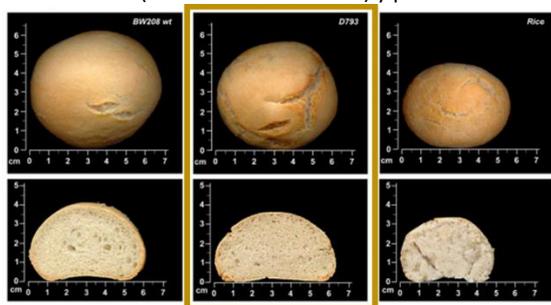
El sector obtentor ha venido desarrollando desde hace años diferentes iniciativas para **dar respuesta a la creciente segmentación de la demanda en el sector panadero**, debido a demandas de los consumidores que tradicionalmente no habían sido cubiertas -por ejemplo, en la población con trastornos alimentarios, como la población celíaca- y al cambio de hábitos que se está produciendo en el comportamiento de compra de los consumidores. En el marco del presente estudio se ha evaluado si la mejora vegetal ha permitido una mejor adaptación de la oferta a las necesidades de la población.

H

La mejora vegetal contribuye a dar respuesta a la demanda de los consumidores del sector panadero a través de la investigación y desarrollo de nuevas variedades de trigo blando

El sector obtentor ha desarrollado en los últimos años programas específicos de mejora vegetal para poder cubrir las demandas de aquella población con intolerancias alimentarias, como por ejemplo al gluten. En este sentido **destaca la investigación llevada a cabo en España por un grupo de investigadores (Gil-Humanes et al., 2014) que durante años han desarrollado una nueva variedad de trigo (BW208) que busca ser apta para la población celíaca** y que cuenta con los mismos aportes nutricionales y características harino-panaderas de elasticidad y resistencia comparables.

Panes y rodajas de pan de trigo BW208 de tipo salvaje, pan de trigo de la nueva variedad línea D793 de gliadina reducida (destacado en amarillo) y pan de arroz



Propiedades físicas de las tres variedades anteriores. Las líneas con la misma letra indican que no existen diferencias significativas entre ellas

Line	Bread volume (ml)	Bread weight (g)	Bread specific volume (ml/g)	Width/Height ratio
BW208 wt	100.3 a	40.3 ab	2.49 a	1.4 b
D793	69.7 b	40.1 ab	1.74 b	1.5 ab
D894	73.7 b	40.1 ab	1.84 b	1.5 b
E82	77.2 b	40.2 ab	1.92 b	1.7 a
E33	77.3 b	40.0 ab	1.94 b	1.5 b
BW2003 wt	94.5 a	40.7 a	2.32 a	1.4 b
D874	70.0 b	40.5 a	1.73 b	1.5 b
E93	76.5 b	40.6 a	1.89 b	1.5 b
E140	71.8 b	40.8 a	1.76 b	1.5 b
Rice	43.0 c	39.0 b	1.10 c	1.4 b

Figura 58. Resultados de la investigación con una nueva variedad de trigo apta para el segmento de población celíaca (Barro, F., 2014)

El desarrollo de la variedad BW208 de trigo blando busca así dar respuesta a las demandas más habituales del segmento de población celíaca en el sector de la panadería, sin alterar la textura ni la pérdida de sabor que sufren los productos elaborados cuando se sustituye el trigo por otras harinas que no contienen gluten²³.

En esta línea, otras empresas ya han anunciado en los últimos años el desarrollo de iniciativas de **investigación ligadas a nuevas demandas del consumidor, como la obtención de variedades de trigo blando ecológico, con propiedades y estándares de calidad adaptados a los requerimientos de la industria panadera.**



Las investigaciones en **nuevas variedades de trigo blando adaptadas a las necesidades del segmento de la población celíaca o la investigación y desarrollo de trigo blando ecológico** son ejemplos de cómo el sector obtentor contribuye a **dar respuesta a la demanda de los consumidores** en el sector de la panadería.

²³ Según Francisco Barro, investigador del IAS y autor del artículo citado anteriormente.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Los datos obtenidos de la encuesta propia a las compañías del sector obtentor sobre el eslabón de la distribución y el consumo de la cadena agroalimentaria indican que **las iniciativas en I+D+i están orientadas hacia una diferenciación respecto a otros productos y a una mayor diversidad de producto**. Esta orientación de la I+D+i da respuesta a la necesidad del sector panadero de diversificar el producto para satisfacer las nuevas demandas de los consumidores.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



b. Trazabilidad del origen del pan y seguridad alimentaria

El consumidor cada vez está más informado y da importancia a factores que van más allá de los criterios económicos, **como la salud y la sostenibilidad**. En este sentido el consumidor exige cada vez una mayor trazabilidad del producto como garantía de diversos factores como la calidad, la proximidad o la seguridad alimentaria. En este sentido, en el marco del presente estudio se ha analizado la validez de la siguiente hipótesis.

H

El sector obtentor facilita la trazabilidad del origen del pan para dar respuesta a una demanda creciente por parte de los consumidores del sector panadero

Cada vez son más las industrias que buscan garantizar la trazabilidad de los productos que consumen para poder conocer su origen y disponer así de una garantía de seguridad alimentaria. **El desarrollo de semilla certificada por el sector obtentor es clave, en este sentido, a la hora de asegurar la estandarización y la trazabilidad de la harina** que utilizan los panaderos como garantía de su calidad. La semilla certificada es la única que tiene garantizada su calidad por medio de los controles oficiales que realizan las autoridades competentes, lo que permite asegurar su trazabilidad y pureza varietal.

A su vez, esta trazabilidad permite a todos los operadores de la cadena agroalimentaria optimizar sus procesos productivos y mejorar la comercialización de sus productos. En este sentido, actualmente se asiste a la puesta en marcha de **iniciativas empresariales en el ámbito de los cereales que buscan modelos productivos con un formato “from farm to fork”** donde las variedades, procedentes de semilla certificada, constituyen el inicio de la cadena.

El sector obtentor, al promover y desarrollar semilla certificada permite dar respuesta a las demandas de un segmento creciente de la población que exige una mayor trazabilidad del producto.



El Comité Técnico del proyecto coincidió en la importancia del sector obtentor y su rol en el impulso de las semillas certificadas, en aras a **garantizar la trazabilidad a lo largo de la cadena y ofrecer una mayor transparencia al consumidor**. Sin embargo, el Comité indicó de forma consensuada que aún queda mucho recorrido que hacer para garantizar la trazabilidad a lo largo de la cadena en el sector panadero y para que esta información llegue al consumidor.

Esta **creciente demanda por parte de algunos segmentos de población supone un reto importante para el sector panadero**, dado que históricamente la compra de harina se ha realizado sin tener en cuenta la variedad de trigo.

6.3. Impactos económicos

a. Contención del precio del pan

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, las aportaciones del sector obtentor son especialmente perceptibles en términos de productividad. Entre la década de los 70 y el año 2000, y en particular para el trigo blando, los incrementos de productividad pueden cuantificarse en crecimientos entre el 1 y el 3% anuales. En este sentido, en el marco del estudio se ha evaluado si los incrementos de productividad observados han permitido una contención el precio de la harina y en consecuencia el precio de los productos panaderos.



En promedio anual, **la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector harinero un extracoste**, asociado al transporte de trigo, que hubiera supuesto un encarecimiento del precio de la harina y que se hubiera transmitido a un **incremento del precio del pan de:**

1,4% según el Escenario 1

2,1% según el Escenario 2

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XIX)

Se ha **considerado una contención del precio del pan igual a la del precio de la harina**, dado que es la principal fuente de materia primera. Pueden consultarse los cálculos en el recuadro de la "Metodología de cálculo (XIII)", en la página 76.

¿Qué dicen otros estudios?

Según un **estudio de la HFFA**, la mejora genética de los últimos 15 años en la Unión Europea **ha permitido incrementar la producción de trigo en más de 22 millones de toneladas**. Esto supone 32 mil millones de panes o lo que es lo mismo, 64 panes por persona en la Unión Europea.

El aumento de la productividad también puede contener el precio de los productos facilitando que gran parte de la población pueda acceder a ellos. Para el caso del trigo, la mejora vegetal ha conseguido aumentar la producción un 15% en los últimos 15 años disminuyendo los costes de este. Así, se ha visto como **el coste del pan ha disminuido en torno a un 7%** y también ha disminuido el precio del pienso animal.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

CONTENCIÓN DE PRECIOS



7. Principales conclusiones

La semilla es el primer eslabón de la cadena alimentaria, y, por lo tanto, **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 trigo se domesticó hace más de 10.000 años para su uso en la agricultura, **siendo desde entonces un elemento básico de la alimentación humana**. 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 un impulso importante para la selección y desarrollo de 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 datos públicos en cuanto a superficie cultivada y uso de semilla mejorada en España, así como de estudios disponibles en el ámbito estatal que estimen el impacto de la mejora genética en este sentido, **ha permitido identificar y cuantificar la trascendencia de la investigación y el desarrollo de nuevas variedades de trigo**, y en particular, del trigo blando, 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 herramienta 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 50% 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 un 75%** 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 trigo blando en el sector agrícola (producción).

El impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en trigo blando se da en su producción. A continuación, se destacan los principales impactos del sector obtentor en el eslabón de la producción en el Escenario conservador (Escenario 1) y el Escenario promedio europeo (Escenario 2):

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 trigo cercanos al 220% en los últimos 50 años, y del 37% en los últimos 30**. En 1965, la productividad media del

trigo blando en España se situaba en 1,12 toneladas por hectárea, mientras que en 2019 se alcanzaron 3,08 toneladas por hectárea.

- ▶ Si se considera **el escenario conservador**, se estima que el incremento de la productividad del trigo blando ha supuesto una **producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 14,7 millones de toneladas**, un 11,5% de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación promedio anual sería de 523.776 toneladas de trigo 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 2018, unos ingresos adicionales para el campo de 2.617,5 millones de euros, un 11,3% de sus ingresos en este periodo.** Esto supone una aportación promedio anual de 93,5 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 trigo blando habría supuesto una **producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 22 millones de toneladas**, un 17,2% de la producción en este periodo. En este sentido, la aportación anual sería de 785.664 toneladas de trigo adicionales gracias a la mejora vegetal. Estos incrementos de rendimientos habrían supuesto unos **ingresos para los agricultores entre 1990 y 2018 de 3.926 millones de euros, un 17% de sus ingresos en este periodo.** Lo que supone una aportación promedio anual a los ingresos agrícolas de 140 millones de euros/año, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

En este contexto, cabe destacar que **la genética del trigo blando sigue teniendo margen de mejora para llegar a su productividad óptima.** Distintos aspectos, como la tolerancia al calor o a la sequía, estructura óptima en el dosel de la planta y su fenología, mejora en la absorción de agua y reducir la senescencia de las hojas podrían ser aspectos claves en la mejora vegetal del trigo blando en los próximos años (Sepanati y Semenov, 2020) cuyo rendimiento podría aumentar entre 3 o 4 toneladas más por hectárea gracias a la mejora vegetal. 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. 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.

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

2. Incremento de la resiliencia del subsector del trigo

El incremento de demanda de trigo blando a nivel mundial esperado para las próximas décadas (hasta de un 60% para 2050 según la FAO), sucederá principalmente en otros países del mundo donde se esperan crecimientos demográficos en los próximos años. En un contexto de mercado cada vez más globalizado y complejo, este hecho podría acabar teniendo consecuencias en el precio del trigo, que al ser una *commodity*, **viene marcado por los mercados internacionales.**

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

Incrementar la productividad del trigo blando en España, teniendo estos hechos en cuenta, no solo incrementa la competitividad del campo español, sino que **hace que la cadena de valor del**

trigo blando sea más resiliente a las posibles subidas de precio a nivel global del trigo blando, especialmente en un contexto en el que España es deficitaria en este cultivo.

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 de trigo blando, 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 trigo blando, la actividad obtentora **en el escenario conservador (Escenario 1)** ha generado en España **3.431 puestos de trabajo anuales** equivalentes durante el periodo 1990-2018, de los cuales 861 fueron creados de manera directa, 1.704 indirecta y 866 inducida. Y en el escenario promedio europeo (Escenario 2), el sector obtentor ha generado 5.146 puestos de trabajo anuales durante el mismo período de los cuales 1.291 creados de manera directa, 2.556 indirecta y 1.299 inducida.

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

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”, 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 y el riesgo de los fitosanitarios y reducir las pérdidas de nutrientes un 50%, sin alterar la fertilidad del suelo, además de reducir un 20% el uso de fertilizantes. Asimismo, 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 de trigo blando 656.144 kg de fitosanitarios según el Escenario 1 y 984.216 según el Escenario 2**. Según los cuestionarios realizados, gran parte de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo (un 86%) 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, parte de las iniciativas desarrolladas actualmente tienen la disminución en el uso de fertilizantes uno de sus objetivos. En este aspecto, cabe destacar que el **trigo blando tiene margen de mejora en cuanto a la eficiencia en la absorción y uso de nutrientes**, como, por ejemplo, mediante el desarrollo de trigos con un mayor sistema de raíces sin afectar al rendimiento en grano (Lammerts y Struik, 2017).
- ▶ En el ámbito energético y de emisiones, la mejora vegetal en trigo blando contribuye a la **disminución del consumo energético y de las emisiones de efecto invernadero en su cultivo**. En particular, el ahorro energético total varía según el escenario entre los **1.100 – 1.650 millones de MJ/año** y el de emisiones entre **96.650 – 145.000 t de CO₂eq/año** correspondiente a la suma de los ahorros en la producción, y en el transporte asociado a la importación de trigo. Este consumo energético ahorrado es equivalente al **consumo anual efectuado por entre 30.700 – 46.200 hogares** y el ahorro en emisiones es equivalente a **las emisiones anuales de entre 57.000 – 85.500 coches**.
- ▶ Asimismo, la mejora vegetal del trigo blando 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 186.100 y 335.600 ha más cada año según el Escenario 1 y 2 respectivamente, para obtener la producción existente de trigo blando, el equivalente a 266.000 y 480.000 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 6% en trigo blando** (Zhao et al., 2017). Por otro lado, según la FAO, las zonas áridas y semiáridas del sur de la Unión Europea, entre las que se encuentra España, tendrán que hacer frente a una reducción significativa de las precipitaciones, una intensificación de la frecuencia y severidad de los fenómenos extremos de sequías e inundaciones y una fuerte reducción de la disponibilidad de recursos hídricos. En este contexto global, España, por su ubicación y condición peninsular, es uno de los países con un mayor grado de vulnerabilidad al cambio climático, por lo que la adaptación de sus cultivos al nuevo contexto climático es uno de los principales retos a los que se enfrenta el país.

En este aspecto, **el sector obtentor tiene la capacidad de crear variedades de trigo blando mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas** (Nazim Ud Dowla et al., 2018) de manera que el descenso en lluvias y la subida de temperaturas no afecte a su rendimiento, por lo que la innovación en este campo se vuelve imprescindible. Por ello, un 75% de las iniciativas de

innovación del sector obtentor identificadas en relación al trigo blando van encaminadas hacia la adaptación y compensación de los efectos del cambio climático.

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 trigo blando en las industrias harineras y panaderas (transformación).

Los principales impactos que aporta el sector obtentor al eslabón de la transformación del trigo blando según el Escenario conservador (Escenario 1) y el Escenario promedio europeo (Escenario 2) son los siguientes.

1. Aumento de la calidad harinera y mejor ajuste a las demandas de la cadena

La mejora vegetal en trigo blando, y en particular la introducción de nuevas variedades, han contribuido al aumento de la calidad harinera y al desarrollo de nuevas variedades que tienen una mejor aptitud para la panificación y se ajustan a las demandas de la cadena. Distintos estudios han demostrado que las variedades mejoradas cuentan con un bajo contenido de la harina en impurezas, así como a una mejor adaptación a los procesos de producción de los productos de segunda transformación. En este sentido, si bien la información existente es todavía reducida, la comparativa sí permite observar que las variedades mejoradas tienen un mejor comportamiento respecto a fuerza (W) y equilibrio (P/L) que las tradicionales, pudiéndose afirmar que presentan unas mejores características para su transformación en harina.

Los estudios disponibles también permiten afirmar que las variedades mejoradas tienen una **mejor tolerancia a la fermentación gracias a su mayor contenido en gluten y sobre todo a la calidad de ese gluten, presentando unas mejores características para la producción de pan.** En este sentido, gracias al sector obtentor se ha podido reducir el uso de aditivos para conseguir las calidades óptimas para su panificación. Asimismo, el uso de semilla certificada en el trigo blando permite al agricultor conseguir lotes de trigo homogéneos, demandados por la industria harinera.

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

- Aumento de los atributos sensoriales de calidad: aspecto, textura y sabor
- Incrementar la competitividad del sector transformador

2. Contención de los precios de la harina

Adicionalmente, **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, entre 1990 y 2018 hubiera sido necesario importar por parte del sector harinero entre 14,7 - 22 millones de toneladas de trigo adicionales, con un **coste de 267 - 400 millones de euros**, según Escenario 1 - 2 respectivamente. En promedio, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector harinero **un sobrecoste mínimo anual asociado al transporte de trigo de 9,5 – 14,3 millones de euros**, según Escenario 1 y 2 respectivamente.
- ▶ **Se estima también que el incremento de la producción ha permitido contener los precios de la harina, manteniendo los ingresos y los puestos de trabajo del sector, en un contexto de reducción del precio de la tonelada de harina.** En promedio anual, se

estima que la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para el sector harinero un extracoste, asociado al transporte de trigo, **de 4,6 – 6,8 €/tonelada de harina**, según Escenario 1 y 2 respectivamente.

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

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

Otro de los aspectos a destacar que aporta el sector obtentor al sector harinero está relacionado con la **trazabilidad de los productos y la seguridad alimentaria**. El valor añadido de la semilla certificada trasciende al propio eslabón de producción. La certificación también es valorada 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.

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 trigo blando 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.

1. Mejor de la adaptación del sector a las demandas del consumidor final

Las investigaciones en nuevas variedades de trigo blando adaptadas a las necesidades del segmento de la población celíaca (Barro, F., 2014) o la investigación y desarrollo de trigo blando ecológico son ejemplos de cómo el sector obtentor **contribuye a dar respuesta a la demanda de los consumidores en el sector de la panadería**.

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

2. Contención de los precios de los productos panaderos

La mejora vegetal, y en particular, el aumento del rendimiento del trigo, han permitido contener el precio de la harina y en consecuencia el precio de los productos panaderos. En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto para un **incremento del precio del pan de un 1,4% - 2,1%** según Escenario 1 y 2 respectivamente.

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

- Contención de precios



En definitiva, la mejora vegetal y el sector obtentor en el trigo blando 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 calidad de la harina.
- Satisfacer las demandas de los consumidores en cuanto a diversidad de producto, a la trazabilidad de los alimentos y a la seguridad alimentaria.

8. Referencias

- AFHSE (2018). Análisis de la demanda de trigo blando de la industria harinera (28 de abril de 2020).
- Ciemat (2005). Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España.
- Cormier, F., *et al.* (2016). Breeding for increased nitrogen-use efficiency: a review for wheat (*T. aestivum* L.). *Plant Breeding*, 135 (3): 255 – 278.
- CPVO (2021). (16 de agosto de 2020). Registro de variedades de trigo blando en la UE. Recuperado de: <https://cpvo.europa.eu/en>
- ECREA (Varios años). Resultados técnico-económicos de Cultivos herbáceos. Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). FAOSTAT statistical database. Roma: FAO
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2016). Ahorrar para crecer en la práctica (Guía para la producción sostenible de cereales). Roma: FAO
- Gil-Humanes, J., Pistón, F., Altamirano-Fortoul, R., Real, A., Comino, I., Sousa, C., Rosell, C. M., & Barro, F. (2014). Reduced-gliadin wheat bread: An alternative to the gluten-free diet for consumers suffering gluten-related pathologies. *PloS one*, 9(3).
- Innovatrigo (2020). Mejora de la sostenibilidad ambiental y económica de la producción de trigo en España (20 de mayo de 2020). Recuperado de: <https://www.innovagri.es/>
- 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.
- INTIA. (Varios años). Resultados de experimentación (27 de mayo de 2020). Recuperado de: <https://www.intiasa.es/es/component/content/article/39-explotaciones-agricolas/1024-plan-de-experimentacion.html>
- Lammerts van Bueren, E. T., & Struik, P. C. (2017). Diverse concepts of breeding for nitrogen use efficiency. a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5)
- Ley 3/2000 de 7 de enero de 2000 de régimen jurídico de la protección de las obtenciones vegetales. Boletín Oficial del Estado, núm. 8, de 10 de enero de 2000, pp. 885 a 898. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/l/2000/01/07/3/dof/spa/pdf>.
- MAPA (Varios años). Anuario de Estadística del MAPA. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- Martínez–Moreno F., Solís I.(2019) Wheat rust evolution in Spain: an historical review. *Phytopathologia Mediterranea* 58(1): 3-16. doi: 10.13128/Phytopathol_Mediterr-22561

- Nazim Ud Dowla, M., Edwards, I., O'Hara, G., Islam, S., & Ma, W. (2018). Developing wheat for improved yield and adaptation under a changing climate: Optimization of a few key genes. *Engineering*, 4(4), 514-522.
- Noleppa, S. (2016). The economic, social and environmental value of plant breeding in European Union. An ex post evaluation and ex ante assessment. Berlin: HFFA Research GmbH.
- Pujol-Andreu, J. (2011). Wheat varieties and technological change in Europe, 19th and 20th centuries: New issues in economic history. *Historia Agraria*, 54: 71 – 103.
- OEVV (2021). Oficina Española de variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (7 de septiembre de 2020). Recuperado de: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura>
- Salim, N., Raza, A. (2019). Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43 (2): 297 – 315.
- Sánchez-García, M. (2013). Genetic gains and changes in the pattern of adaptation of bread wheat varieties in Spain during 20th century. *Journal of Agricultural Science*, 151: 105 – 118.
- Sánchez-García, M. (2015). Changes in bread-making quality attributes of bread wheat varieties cultivated in Spain during the 20th century. *European Journal of Agronomy*, 63: 79 – 88.
- Senapati, N., & Semenov, M. A. (2020). Large genetic yield potential and genetic yield Gap estimated for wheat in Europe. *Global Food Security*, 24, 100340.
- Sirotiuk, P.V., Viglizzo, E.F. (2013). Estimación de la huella de carbono del proceso de panificación en la cadena agroindustrial del trigo. *RIA*, 39 (3).
- Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales y Aceite de Oliva (2020). Balance de cereales en España: Campaña 2019 – 2020. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- Tadesse, W., et al. (2019). Genetic gains in wheat breeding and its role in feeding the world. *Hapres*, 1 (1): e190005.
- Venske, E., Schreinert dos Santos, R., Busanello, C., Gustafson, P., Costa de Oliveira, A. (2019). Bread wheat: a role model for plant domestication and breeding. *Hereditas*, 156:16.
- 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.



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



IMPACTOS EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA

2021

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>

Índice del documento

RESUMEN EJECUTIVO	9
1. Introducción	13
1.1. El maíz	13
1.2. El sector obtentor.....	19
1.3. Objetivo del estudio	21
2. Metodología	22
3. Mejoras introducidas por el sector obtentor	24
3.1. Evolución del cultivo de maíz y mejoras	24
3.2. Caracterización de la I+D+i del sector obtentor en el cultivo del maíz	31
4. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de producción	40
4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor consideradas	40
4.2. Impactos ambientales	46
4.3. Impactos económicos.....	60
4.4. Impactos sociales	66
5. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de transformación.....	69
5.1. Impactos ambientales	72
5.2. Impactos socioeconómicos	72
6. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de distribución y consumo.....	80
6.1. Impactos ambientales	80
6.2. Impactos socioeconómicos	81
7. Principales conclusiones	85
8. Referencias	91



Índice de Figuras

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del maíz (FAO, 2019).	13
Figura 2. Previsión de las necesidades de producción para 2029 (FAO, 2019).....	14
Figura 3. Morfología del maíz.....	14
Figura 4. Superficie y producción de maíz en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).	15
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).	15
Figura 6. Evolución de la superficie y producción de maíz en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019).	16
Figura 7. Importación de maíz en España y porcentaje de procedencia del país de origen (Data Comex, 2020).	16
Figura 8. Morfología del grano de maíz.	17
Figura 9. Principales aportaciones de la semilla certificada	20
Figura 10. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria des de la producción hasta el consumo.	21
Figura 11. Principales tipologías de impactos analizadas en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria en este documento.	22
Figura 12. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.	22
Figura 13. Entidades y miembros que han formado parte de los Comités de Expertos del maíz para la elaboración de este documento.	23
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).	24
Figura 15. Origen de las variedades del Corn Belt Estadounidense.....	25
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).	25
Figura 17. Diferencias entre métodos de producción de híbridos a gran escala.....	26
Figura 18. Evolución del rendimiento del cultivo de maíz en EE. UU. (Nielsen, 2020).	26
Figura 19. Principales mejoras incorporadas en la planta y la mazorca del maíz para su incremento de rendimiento.....	27
Figura 20. Productividad del maíz en España. Adaptado de IRTA (2004) y Anuario de Estadística del MAPA (Varios años).....	28
Figura 21. Evolución del registro de variedades de maíz en la UE (Community Plant Variety Office, 2021).....	30
Figura 22. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del maíz en España en 2019 (encuesta propia).....	31
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).	31
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.....	32
Figura 25. Evolución del registro de variedades de maíz en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).	33

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.	33
<i>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</i>	33
Figura 28. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i.....	34
Figura 29. Puntuación total de las 17 iniciativas para cada eslabón de la cadena (sobre 10). ...	34
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).	38
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).	39
Figura 32. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento.....	40
Figura 33. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.	41
Figura 34. Este estudio ha optado por considerar que los inputs han permanecido constantes en los últimos años.....	41
Figura 35. Factores considerados ligados a la innovación.	42
Figura 36. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del siglo XX según distintas fuentes consultadas.....	42
<i>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.</i>	43
Figura 38. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.	44
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).	47
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).	49
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).....	54
Figura 42. Superficie dedicada al cultivo de maíz (grano) en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de MAPA (Varios años).....	60
<i>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.</i>	61
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.	62
Figura 45. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora según escenarios 1 y 2.....	64
Figura 46. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora según Escenarios 1 y 2.....	66
Figura 47. Radiografía del sector de la transformación de pienso compuesto (CESFAC, 2019). 69	

Figura 48. Principales componentes del pienso compuesto y tipologías (Reglamento (CE) 767/2009).....	70
Figura 49. Principales materias primas en la fabricación de piensos compuestos. Fuente: CESFAC (2019).	71
Figura 50. Evolución de la cantidad anual de pienso producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).....	72
Figura 51. Evolución del valor de la producción de pienso entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).	75
Figura 52. Especificaciones técnicas de análisis del grano de maíz para piensos. Fuente: FEDNA, 2000.....	76
Figura 53. Porcentaje de cada grupo de aditivos utilizados directamente en la fabricación de piensos. (CESFAC, 2019)	77
Figura 54. Guía de aplicación y etiquetado de Alimentos y Piensos Modificados Genéticamente	79
Figura 55. Porcentaje de pienso compuesto con OGMs. Fuente: CESFAC a partir de datos de FEFAC (Díaz Yubero, 2014)	79
Figura 56. Radiografía del sector de la ganadería, principal consumidor de pienso en España (INE, CESFAC, 2020).....	80
Figura 57. Mazorcas de maíz afectadas por hongos (Agroavances, 2018).	82
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.....	84
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.	84



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 euros¹. 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 energético 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:

 <h3>1 PRODUCTIVIDAD</h3> <p>Incrementos de productividad del 320% en los últimos 50 años, y del 85% en los últimos 30</p> <p><i>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.</i></p>	 <h3>2 PRODUCCIÓN</h3> <p>Producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 11,3 – 17 millones de toneladas²</p> <p><i>Supone un 10,5% - 16% de la producción en este periodo.</i></p> <p><i>En este sentido, la aportación promedio anual sería de 404.089 – 612.257 toneladas de maíz adicionales gracias a la mejora vegetal.</i></p>
 <h3>3 INGRESOS</h3> <p>Ingresos adicionales para el campo entre 1990 y 2017 entre 1.980 – 3.330 millones de euros</p> <p><i>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 periodo.</i></p>	 <h3>4 PUESTOS DE TRABAJO</h3> <p>2.691 – 4.526 puestos de trabajo anuales equivalentes en España durante el 1990-2017</p> <p><i>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.</i></p>
 <h3>5 REDUCCIÓN DE INPUTS</h3> <p>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.</p> <p><i>Exigido por la estrategia europea “De la granja a la mesa” (<i>From farm to fork</i>), 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.</i></p>	
 <h3>6 FITOSANITARIOS</h3> <p>Ahorros entre 2011 y 2015 de 614.280 kg de fitosanitarios</p> <p><i>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.</i></p>	 <h3>7 FERTILIZANTES</h3> <p>Según los datos disponibles y la opinión del comité técnico, no se aprecia una reducción en su uso</p> <p><i>No obstante, el 65% de las iniciativas de innovación desarrolladas actualmente tienen la disminución en el uso de fertilizantes como uno de sus objetivos.</i></p>

² Todos los datos del informe se muestran según los dos escenarios. En este caso la producción adicional acumulada sería 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)

<p>8 CONSUMO HÍDRICO </p> <p>Ahorros de 19,3 – 29,2 millones de m³ de agua anuales en el cultivo del maíz</p> <p><i>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.</i></p>	<p>9 ENERGÍA </p> <p>Ahorro energético total es de 984 – 1.490 millones de MJ/año</p> <p><i>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.</i></p>
<p>10 EMISIONES </p> <p>Ahorro de emisiones de 68.000 – 103.000 t de CO₂eq/año</p> <p><i>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.</i></p>	<p>11 DEFORESTACIÓN </p> <p>Se hubiera necesitado 44.900 – 73.400 ha más cada año para obtener la producción existente de maíz</p> <p><i>Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido</i></p>
<p>12 CAMBIO CLIMÁTICO </p> <p>Capacidad de crear variedades mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas</p> <p><i>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.</i></p>	<p>13 DESPOBLACIÓN </p> <p>Se afronta el envejecimiento y la despoblación rural que está viviendo España en las últimas décadas</p> <p><i>Gracias a la creación de puestos de trabajo, al desarrollo y a la mejora de la competitividad rural del campo español</i></p>
<p>14 RESILIENCIA </p> <p>Incremento de la resiliencia de la cadena de valor a las posibles subidas de precio a nivel global del maíz</p> <p><i>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</i></p>	

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.

<p>1 DIGESTIBILIDAD </p> <p>Mejora de la digestibilidad de los piensos compuestos a base de maíz</p> <p><i>Mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes y mayor capacidad de producción de leche.</i></p>	<p>2 MICOTOXINAS </p> <p>Reducción significativa de la presencia de micotoxinas en los cultivos de maíz</p> <p><i>La obtención de la variedad de maíz resistente al taladro evita que se produzcan daños en la planta</i></p>
<p>3 AHORROS SECTOR DEL PIENSO </p> <p>La falta de innovaciones hubiera supuesto un sobrecoste mínimo anual asociado al transporte del maíz de 9,4 – 14,2 M€</p> <p><i>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€.</i></p>	
<p>5 SEMILLA CERTIFICADA </p> <p>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.</p> <p><i>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</i></p>	

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 forraje³. Su elevado aporte energético 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.

La producción de maíz necesita incrementarse para 2029 en un

 **16%**

para alimentar a ganado y a una población creciente

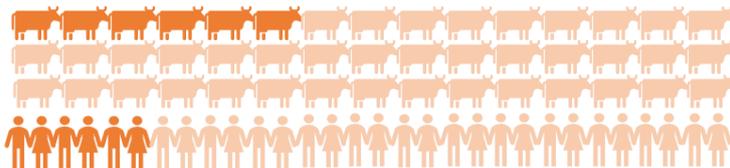


Figura 2. Previsión de las necesidades de producción para 2029 (FAO, 2019).

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).

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

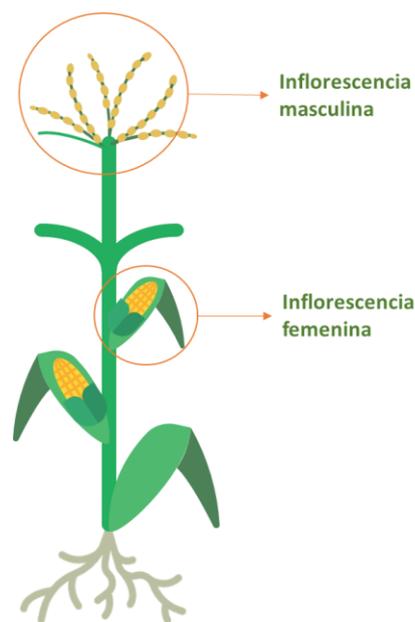


Figura 3. Morfología del maíz.

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.

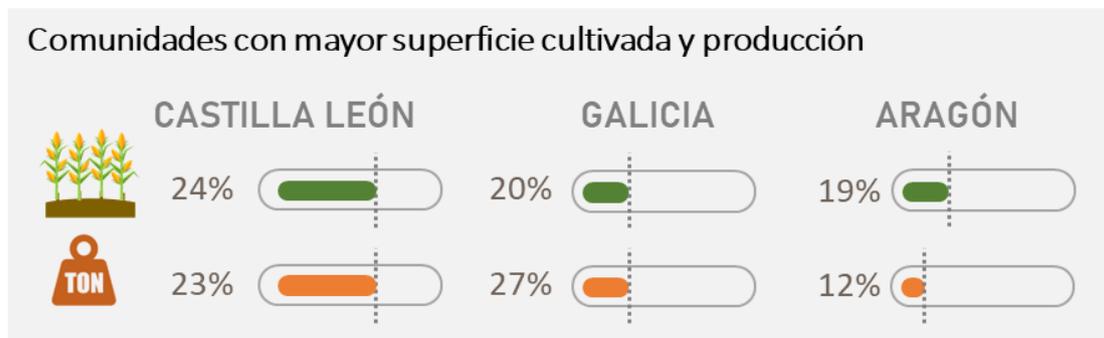


Figura 5. Distribución de la superficie y la producción de maíz (en grano y forrajero) en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (MAPA, 2019).

Respecto a la evolución de la superficie 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 últimos 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 situándose alrededor de los 11.040kg/ha en los últimos 10 años.

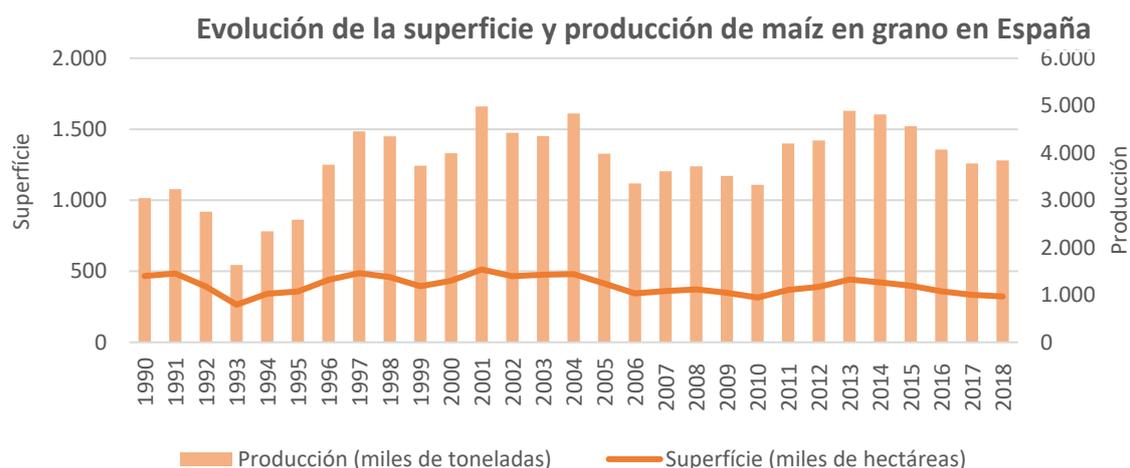


Figura 6. Evolución de la superficie y producción de maíz en España entre 1990 y 2018 (Anuario de estadística MAPA, 2019).

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.

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

Anatomía del grano de maíz

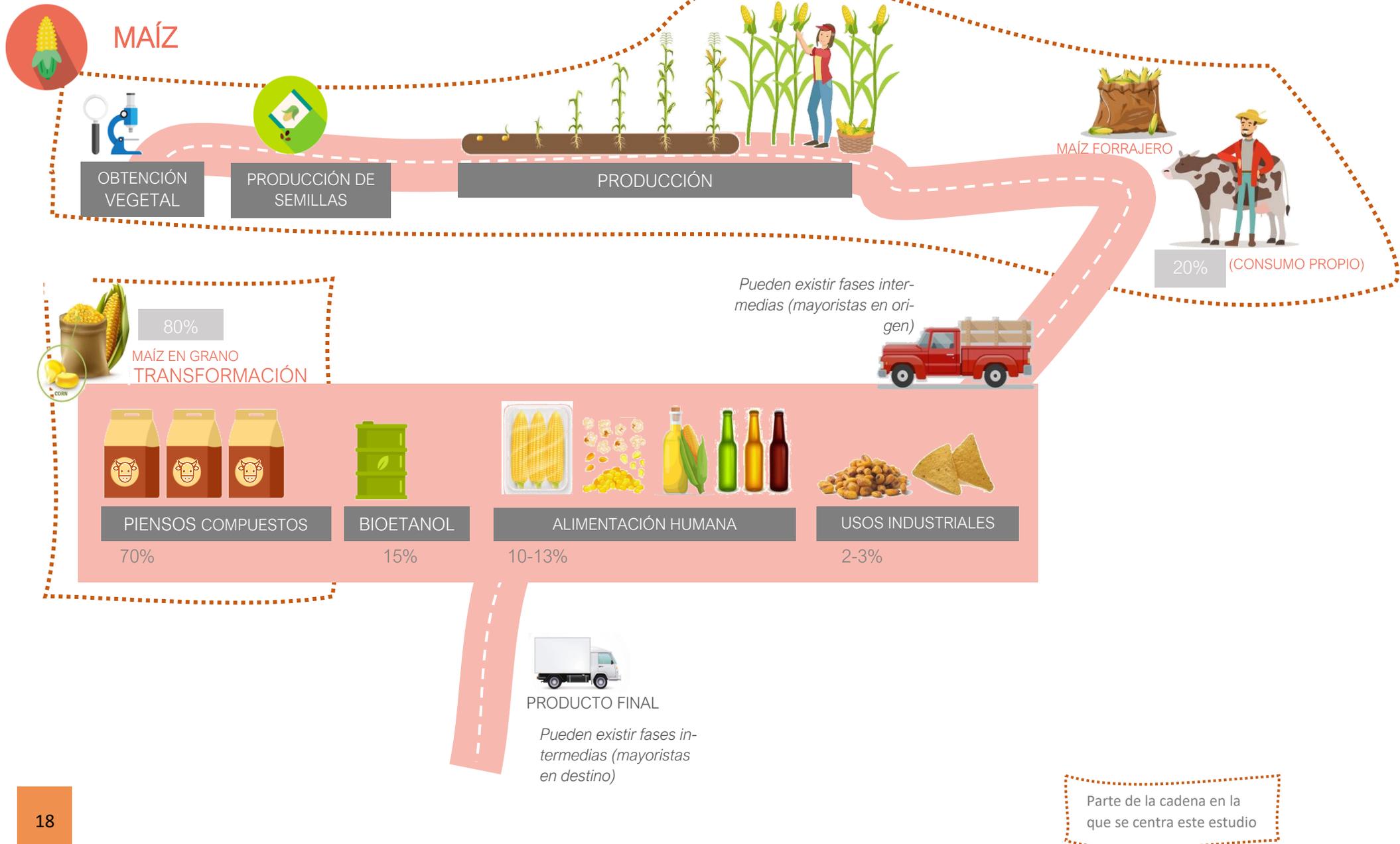


Figura 8. Morfología del grano de maíz.

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.



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 trasciende 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).

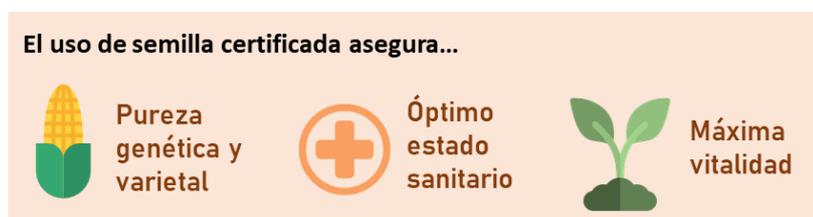


Figura 9. Principales aportaciones de la semilla certificada

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
	Producción	Pedro Gallardo
	Producción	José Luis Romeo
	Transformación	Carlos Lapetra Alberto Moreno
	Transformación	Jorge de Saja
	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 observar 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.

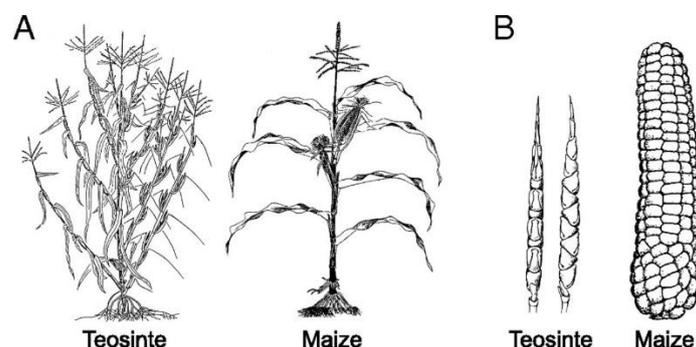


Figura 14. Morfología del teosinte y el maíz. A. Diferencias en la morfología de la planta. B. Diferencias en la 'oreja' o inflorescencia femenina (Yang et al., 2019).

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 zona⁷ (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).

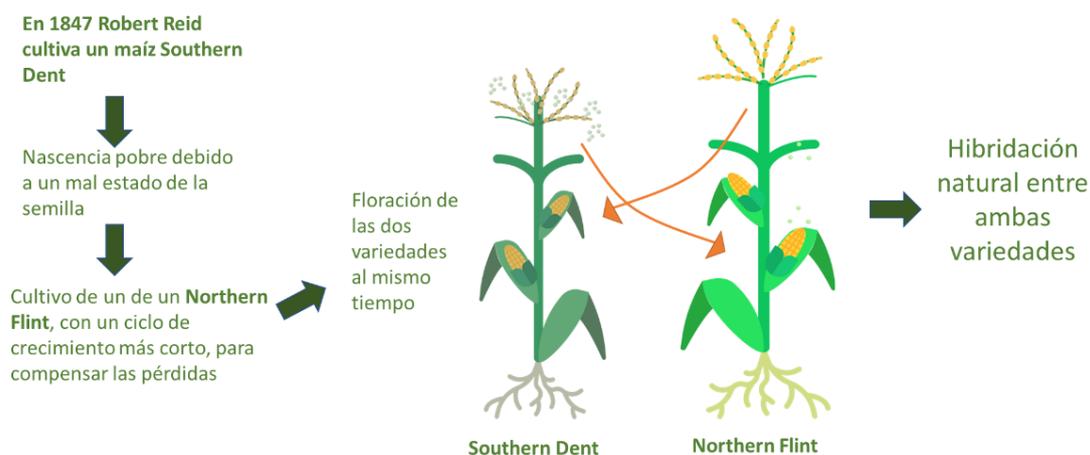


Figura 15. Origen de las variedades del Corn Belt Estadounidense

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.

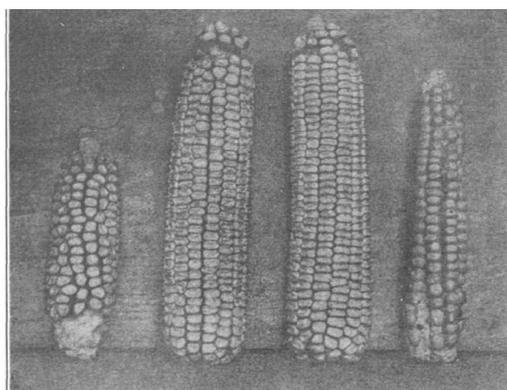


Figura 16. Vigor híbrido en maíz. Las mazorcas de los extremos proceden de líneas endogámicas (es decir, reproducidas a partir de sí mismas). Las mazorcas situadas en la parte central son resultado de la hibridación de las mazorcas de los laterales. Cada híbrido está situado junto a su variedad madre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

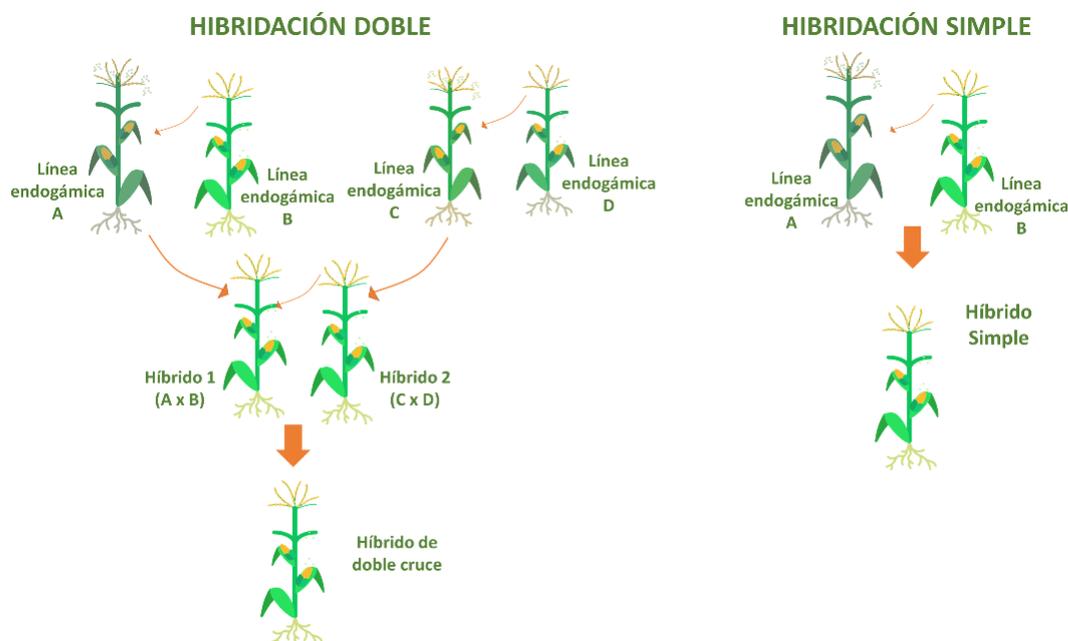


Figura 17. Diferencias entre métodos de producción de híbridos a gran escala

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).

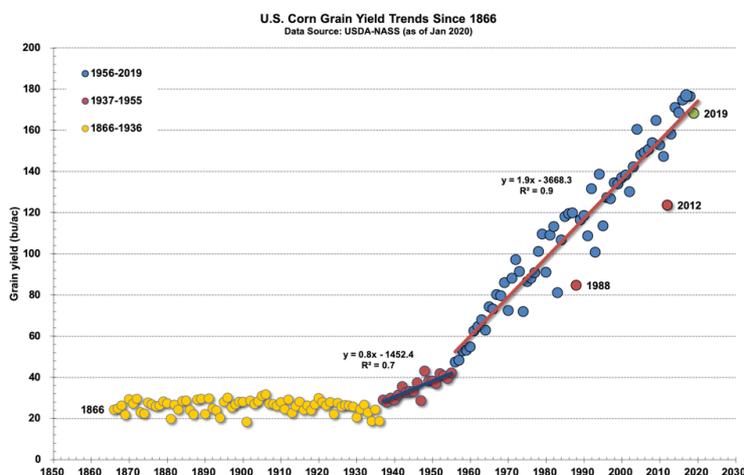


Figura 18. Evolución del rendimiento del cultivo de maíz en EE. UU. (Nielsen, 2020).



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. (Cai-cedo 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).

Principales mejoras incorporadas en el maíz



- Reducción en el tamaño del penacho (parte superior donde se encuentra la flor masculina)
- Resistencia al encamado
- Mayor densidad de siembra
- Retraso de la senescencia foliar
- Resistencia a estreses bióticos y abióticos



- Mazorca más grande
- Granos más grandes y con mayor cantidad de almidón

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.

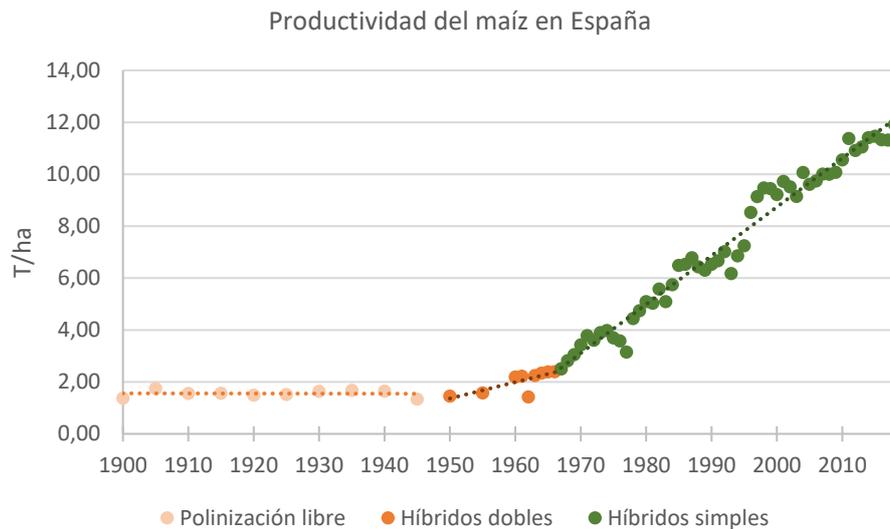


Figura 20. Productividad del maíz en España. Adaptado de IRTA (2004) y Anuario de Estadística del MAPA (Varios años).

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 Bt⁸. 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 diabrotica, 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 a 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.

Evolución del registro de variedades maíz de la UE

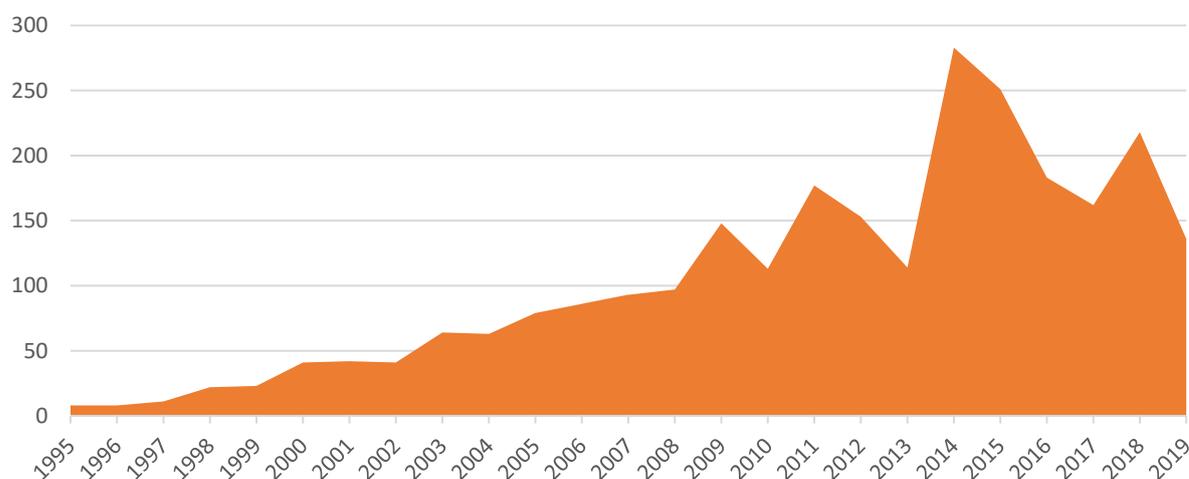


Figura 21. Evolución del registro de variedades de maíz en la UE (Community Plant Variety Office, 2021)

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 rellena 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**.

Proporción del volumen de negocio en el cultivo del maíz de las compañías obtentoras (%)

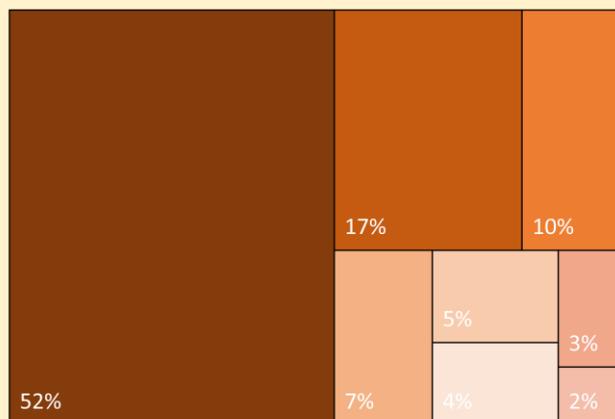


Figura 22. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del maíz en España en 2019 (encuesta propia).

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 investigación⁹ 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 innovación¹⁰ 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 estudio¹¹. 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 semilla¹², 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.

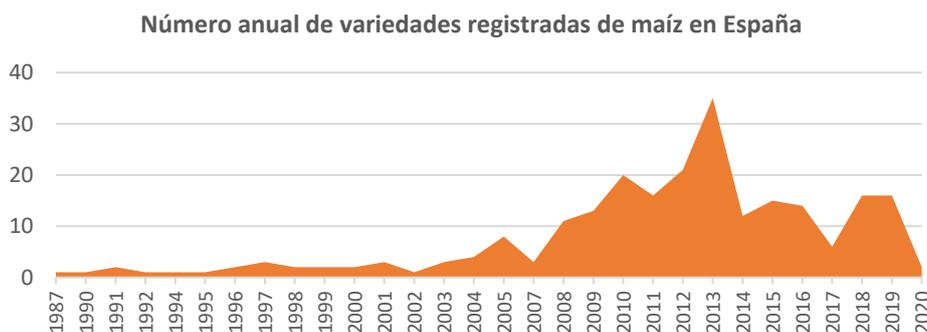


Figura 25. Evolución del registro de variedades de maíz en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).



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.

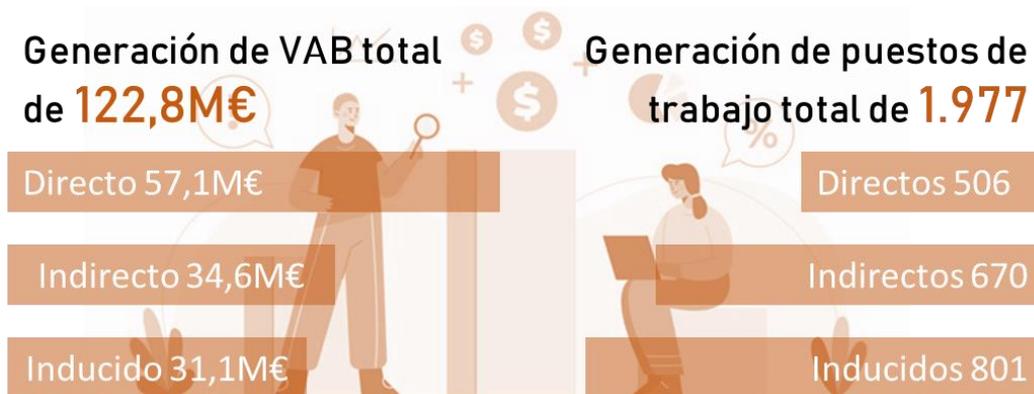


Figura 27. VAB y puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos aportados al conjunto de la economía española por parte de las empresas del sector obtentor del cultivo del maíz durante el año 2019

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 rellenos 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.

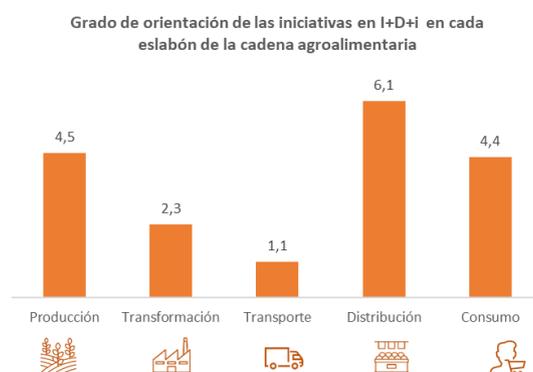


Figura 29. Puntuación total de las 17 iniciativas para cada eslabón de la cadena (sobre 10)¹⁴.

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	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
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	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
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	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
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	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
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	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
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 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.

Inversión interna y compra externa de I+D+i por parte de las empresas obtentoras del cultivo del maíz en 2019

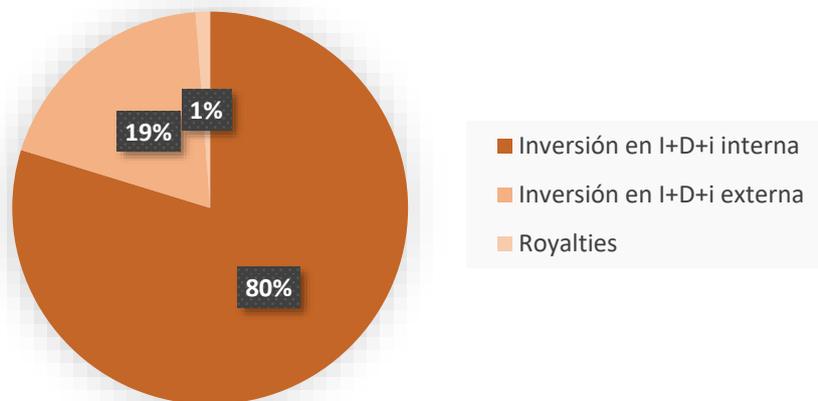


Figura 30. Inversión interna, inversión externa y compra de I+D+i (Royalties) por parte de las empresas obtentoras del subsector del maíz en 2019 (encuesta propia).



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 encuestadas¹⁵. 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**.

Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones



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).

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 identificadas 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 cumplimiento 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.

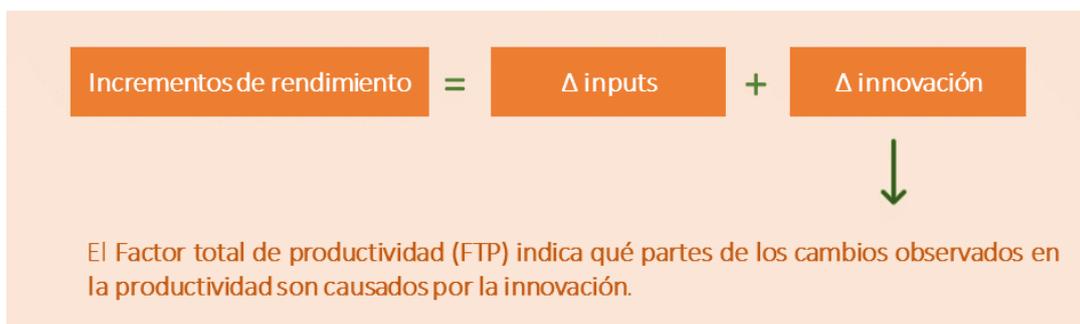


Figura 33. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.

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, **la 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 a una mejor adaptación a condiciones de estrés (tanto abióticas, como bióticas), 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.**

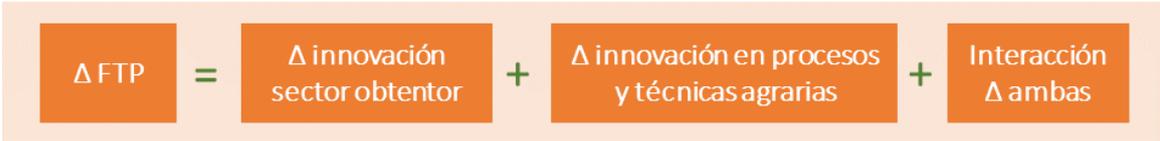


Figura 35. Factores considerados ligados a la innovación.



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	<i>Aproximadamente un 50% del incremento de la productividad en el último siglo es atribuible a mejores genotipos</i>	40 -50%
 2015	<i>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</i>	50%
	<i>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).</i>	50%
 2000	<i>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.</i>	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	<p>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.</p>	55%
 1991	<p>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%.</p>	66%
 1997	<p>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.</p>	51%
2010	<p>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.</p>	66%
2006	<p>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.</p>	75%
 2018	<p>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.</p>	39%
 2016	<p>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.</p>	70%
 2007	<p>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.</p>	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



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

Impacto de la mejora vegetal

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 empaque
- 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.

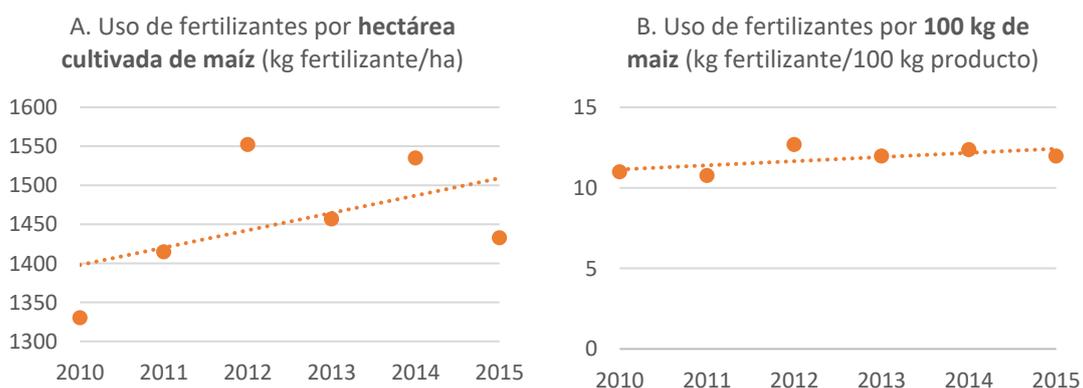
Algunos estudios europeos (HFFA) indican que el consumo de fertilizantes para la agricultura ha ido disminuyendo de forma sostenida en las regiones mediterráneas. En este contexto, podría argumentarse que la mejora vegetal ha tenido un papel en la disminución del consumo de fertilizantes, al dar lugar 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.



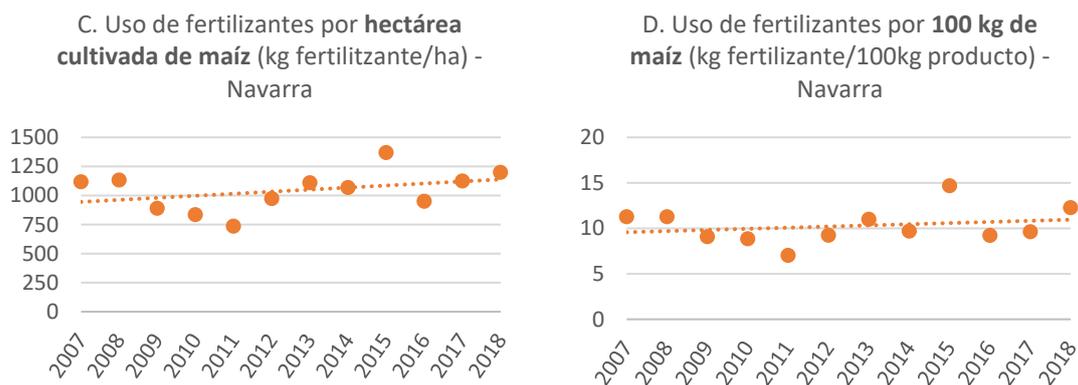


Figura 39. Uso de fertilizantes en el cultivo del maíz. A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D. Cálculos propios a partir del Análisis de la economía de los sistemas de producción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

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



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.

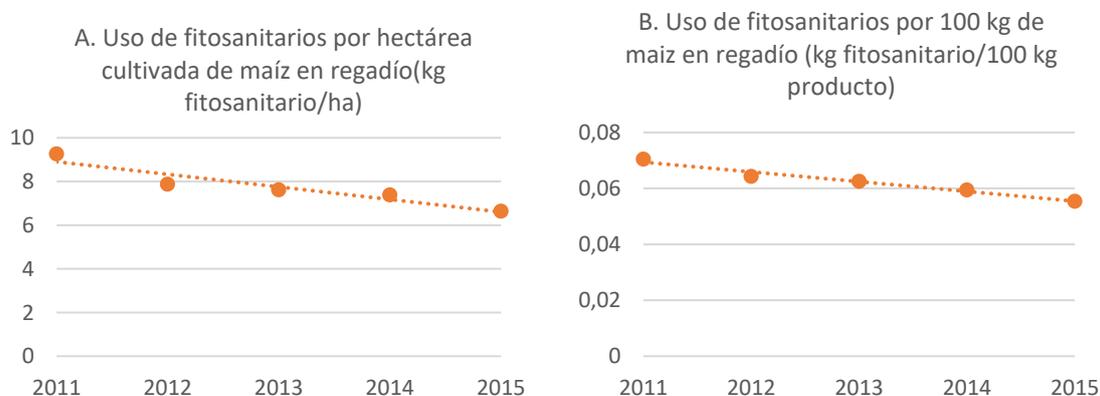
Como se ha expuesto anteriormente, **uno de los principales ejes clave en la investigación en la mejora del maíz es la resistencia a enfermedades y plagas**, destacando, por ejemplo, las resistencias a los hongos *Fusarium* o *Exerohilum turcicum* o a diferentes virus (MRDV y MDMV), incluido el maíz 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**.



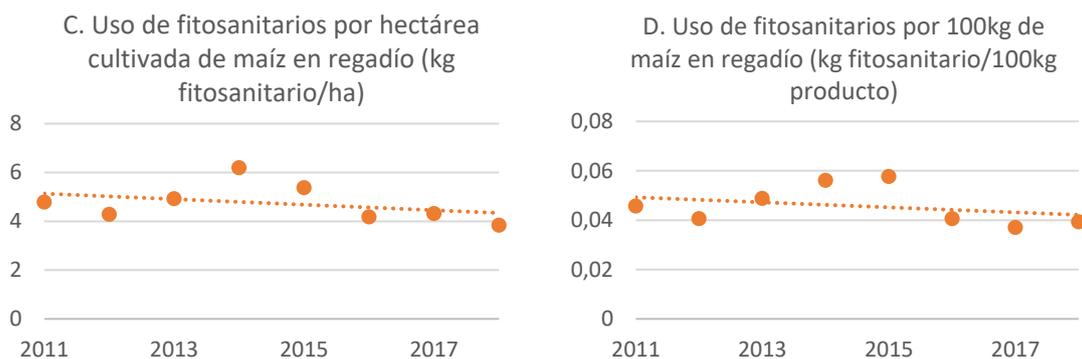


Figura 40. Uso de fitosanitarios en el cultivo del maíz. Fuente: A y B. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Aragón, CyL, C-LM y Extremadura) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores). C y D Análisis de la economía de los sistemas de producción Navarra y MAPA (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]
- FS_i = Fitosanitarios usados en el año i [kg fitosanitario/kg producido] Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA
- FS₂₀₁₁ = Fitosanitarios usados en el año 2011 [kg fitosanitario/kg producido] Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA
- P_i = 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?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



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** respecto al 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/período]
- 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

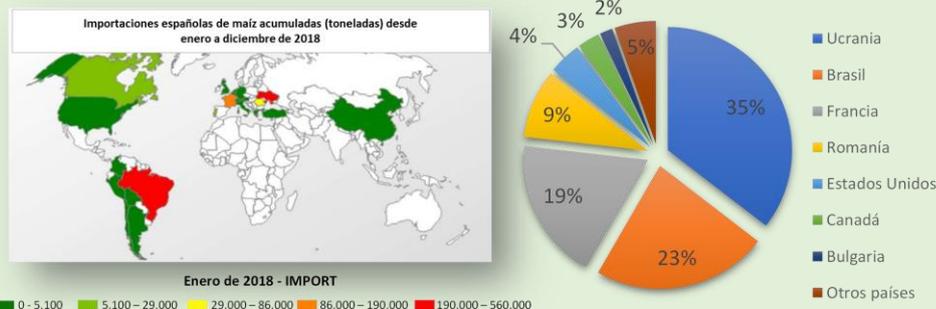
Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia al consumo energético adicional en ausencia de obtención vegetal en caso de que la producción de este maíz adicional se hubiera producido en España. Sin embargo, en ausencia de obtención, el escenario más probable es que **este maíz no hubiese 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 detallado 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**.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

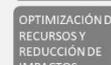
INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



DAR RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO



OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



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.

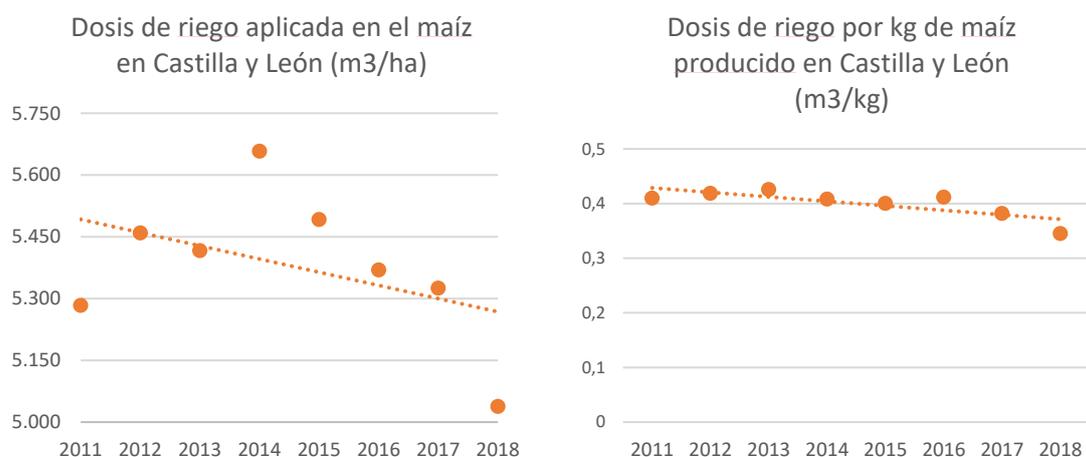


Figura 41. Evolución de las dosis de riego aplicada en el maíz en Castilla y León por superficie y por kg de maíz entre 2011 y 2018 (Inforiego Castilla y León).



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 [m³]
- CEA_i = Consumo específico de agua en el año *i* [m³ agua/kg producido] Fuente: *InfoRiego Castilla y León*
- CEA₂₀₁₁ = Consumo específico de agua en el año 2011 [m³ agua/kg producido] Fuente: *InfoRiego Castilla y León*
- P_i = 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?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ por kg de maíz producido [tCO₂/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 CO₂ por kg de maíz producido entre 2012 y 2020** se puede obtener el ahorro promedio anual de la siguiente manera:

$$AH\ CO_2 = (PPR \times \%AP) \times (EM_{2012} - EM_{2018})$$

Donde:

- AH CO₂ = Ahorro promedio anual de emisiones de CO₂ debido al incremento de producción del maíz gracias a las innovaciones del sector obtentor [tCO₂/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 CO₂ adicionales:**

38.600 toneladas de CO₂ anuales según el Escenario 1

58.400 toneladas de CO₂ 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 CO₂eq adicionales** en el Escenario 1

6,4 millones de toneladas de maíz, con unas emisiones de **312.000 t de CO₂eq 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 CO₂eq/año según el Escenario 1

44.600 t de CO₂eq/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 CO₂eq/año según el Escenario 1

103.000 t de CO₂eq/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.

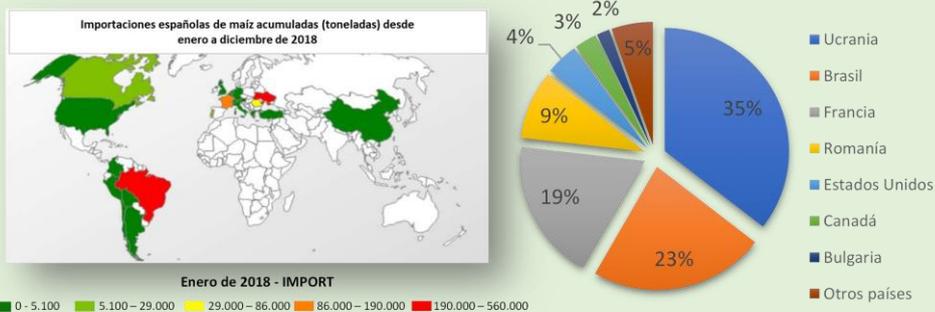
¹⁷ Para el cálculo del promedio de emisiones de un coche se han tenido en consideración:

- 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 CO₂/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 CO₂ 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.



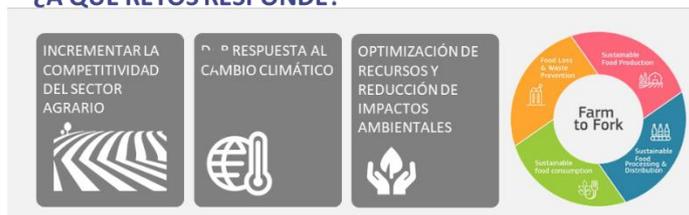
Estos cálculos han permitido **obtener las emisiones de CO₂ promedio por tonelada debido al transporte (ECO2P)**, que son de 48,8 kg CO₂/t importada. Por lo que el cálculo de las emisiones totales de la importación es el siguiente:

$$ETI = PPAA \times ECO2P$$

Donde:

- ETI = Emisiones de CO₂ totales de la importación entre los años 2005-2018 [€]
- PPAA = Promedio de la producción adicional de maíz entre 2012-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)"*
- ECO2P = Emisiones de CO₂ promedio, que tiene un valor de 48,8 kg CO₂/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:

$$SPI = \sum_{i=1990}^{2018} \frac{(PR_i - PR_{1990}) \times SP_i \times \%AP}{PR_i - (PR_i - PR_{1990}) \times \%AP} = \frac{PMA_i}{PR_{ii}}$$

Donde:

- SPI = Superficie adicional de maíz que hubiera sido necesaria cultivar entre 1990 y 2018
- PMA_i = Producción de maíz adicional gracias a la mejora en el año *i* [t] *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VIII)”*
- PR_{ii} = Productividad año *i* sin la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA y cálculos propios*
- PR_i = Productividad año *i* con la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA y cálculos propios*
- PR_i = Productividad año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SP_i = 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 fútbol

73.400 ha más en el Escenario 2, equivalente a 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 externas, en el caso que se hubiera optado por importarlas.

Superficie dedicada al cultivo de maíz en España

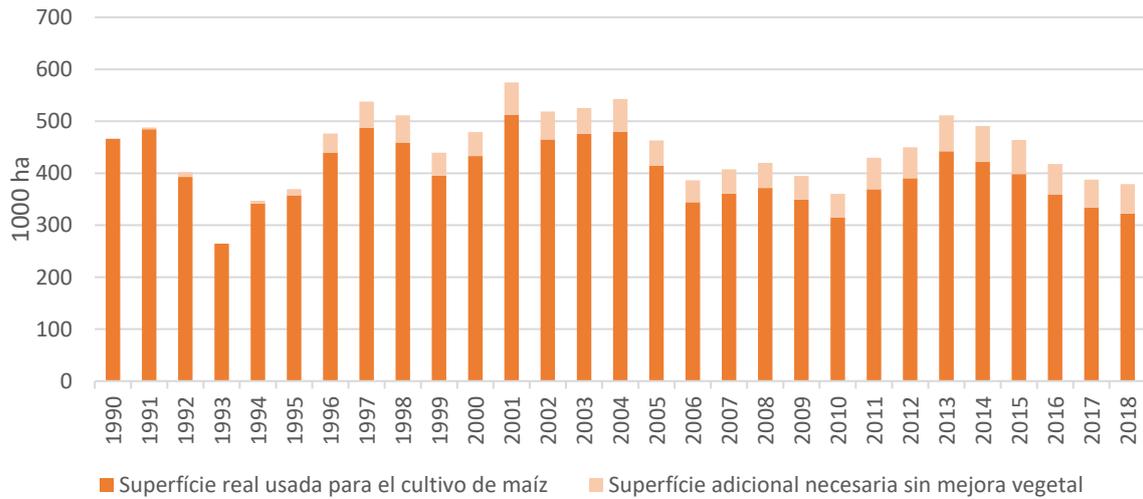


Figura 42. Superficie dedicada al cultivo de maíz (grano) en España entre 1990 y 2018. Cálculos propios a partir de MAPA (Varios años).

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



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:

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

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

Donde:

- PMA = Producción de maíz adicional que hubiera sido necesario importar entre 1990-2018 [t]
- PR_i = Productividad año *i* [t/ha] Fuente: Anuario Estadística MAPA
- SP_i = 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:

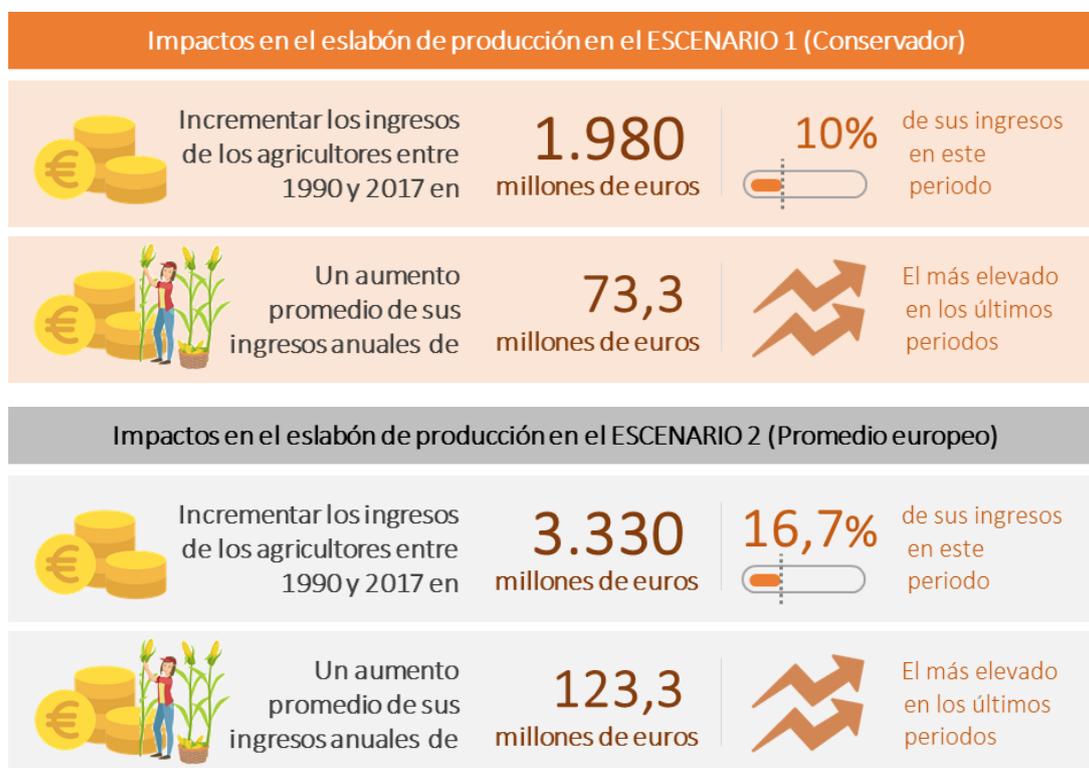


Figura 44. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores en el escenario conservador y el de promedio europeo entre los años 1990 y 2017 y anual.



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 **augmentar 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 **augmentar 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?

INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



AFRONTAR EL ENVEJECIMIENTO Y LA DESPOBLACIÓN RURAL



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:

$$MNI_i = (PR_i - PR_{1990}) \times SP_i$$

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 = 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:

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

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).

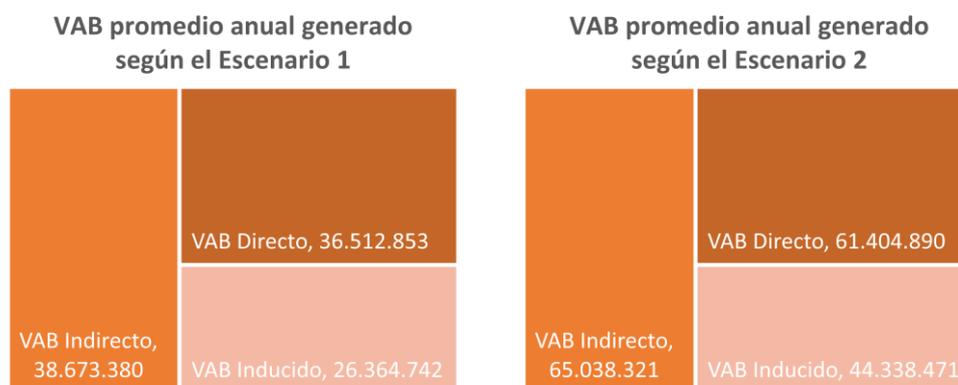


Figura 45. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora según escenarios 1 y 2.

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

$$\text{VAB directo} = \text{Factor multiplicador de la producción del VAB} + \text{Incremento de ingresos}$$

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.

$$\text{Incremento de ingresos} + \text{Factor multiplicador sectorial del VAB} = \text{VAB directo + indirecto}$$

$$\text{VAB indirecto} = \text{VAB directo + indirecto} - \text{VAB directo}$$

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

$$\text{VAB total} = \text{VAB directo} + \text{VAB indirecto} + \text{VAB inducido}$$

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**.

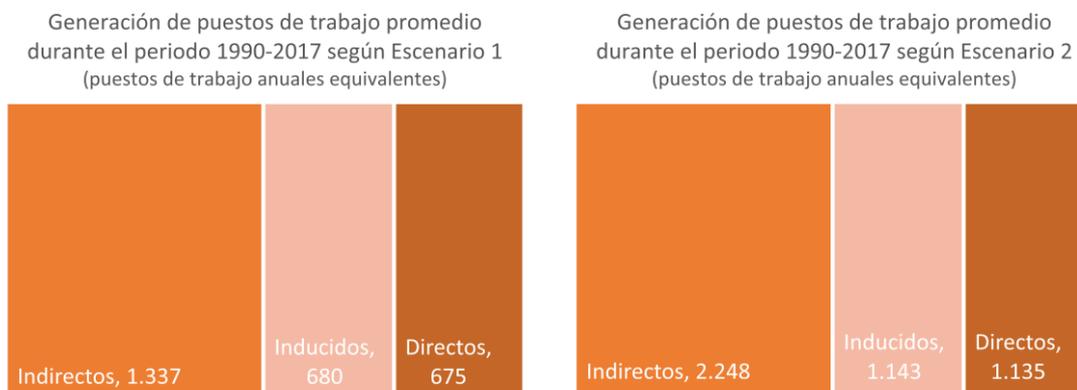


Figura 46. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora según Escenarios 1 y 2

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



Reconocimiento y apoyo financiero a las iniciativas rurales de emprendimiento por parte de mujeres.



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



Financiación y colaboración con la Universidad de Sevilla para el desarrollo de la agricultura de precisión y la sostenibilidad agrícola.



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.



Cátedra de Sostenibilidad y Medio Ambiente

Financiación y colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid para el estudio de la sostenibilidad rural.

Donaciones



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



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 autoconsumo¹⁹) 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.

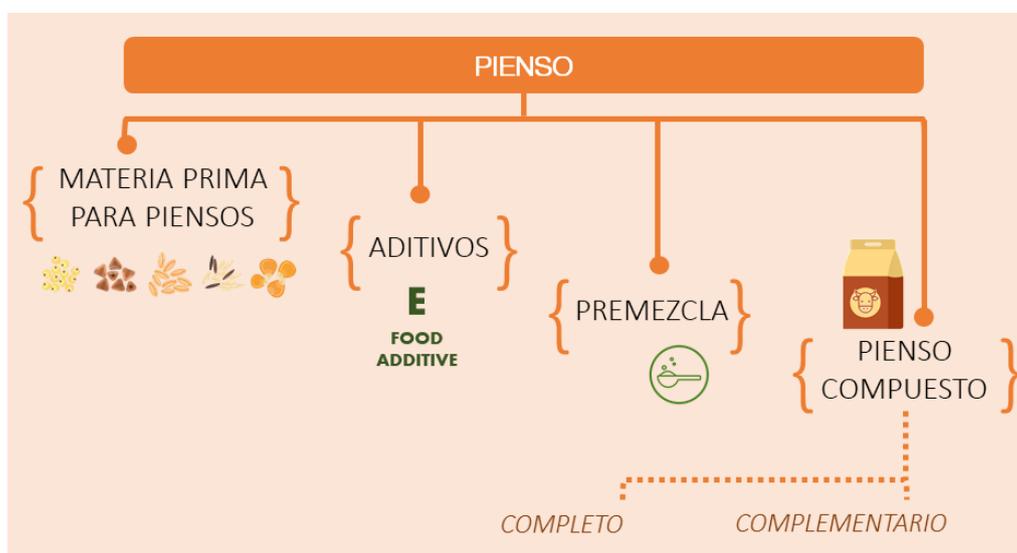


Figura 48. Principales componentes del pienso compuesto y tipologías (Reglamento (CE) 767/2009).

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.

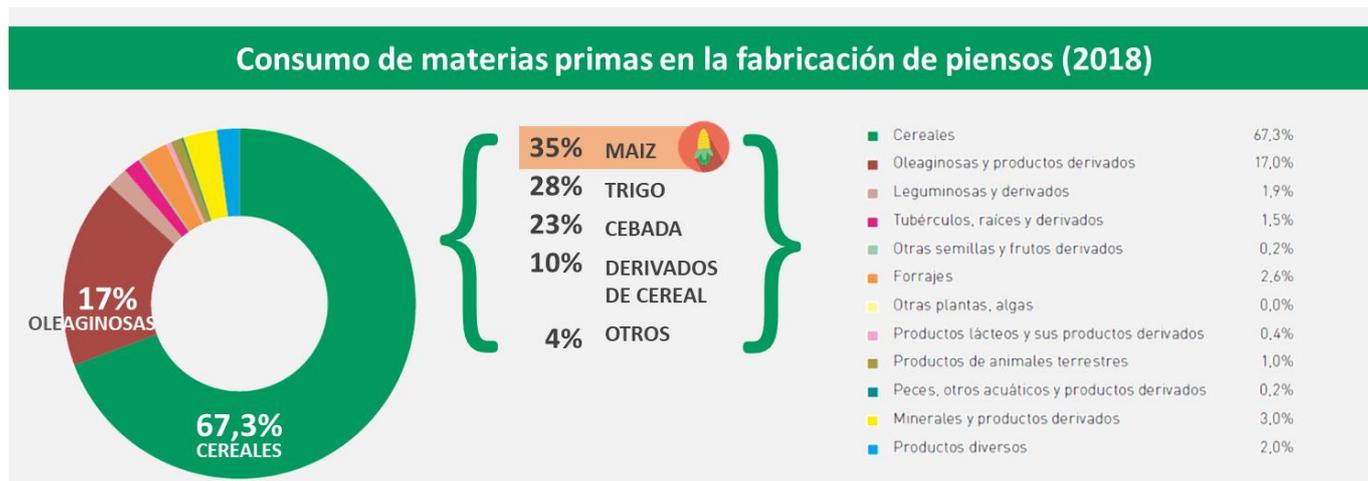


Figura 49. Principales materias primas en la fabricación de piensos compuestos. Fuente: CESFAC (2019).



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.**

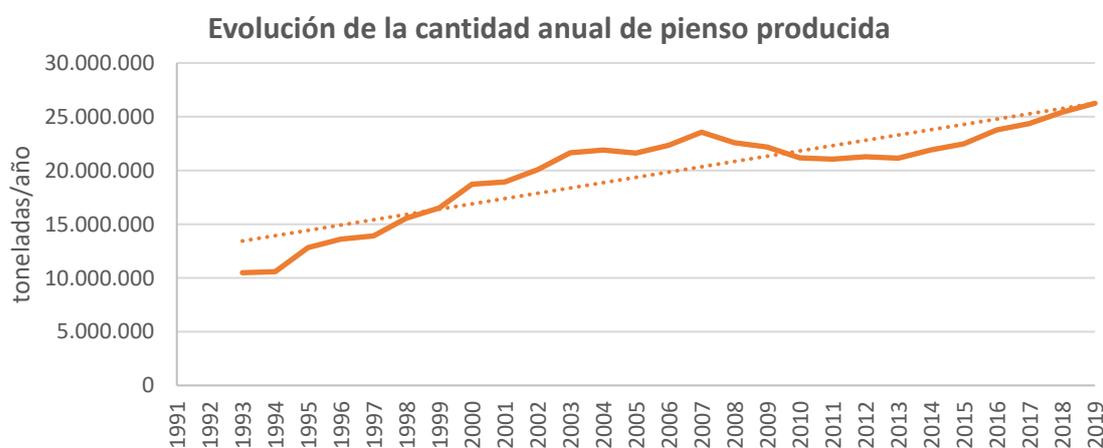


Figura 50. Evolución de la cantidad anual de pienso producida entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).

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 pienso²⁰. 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?

INCREMENTAR LA
COMPETITIVIDAD
DEL SECTOR
TRANSFORMADOR



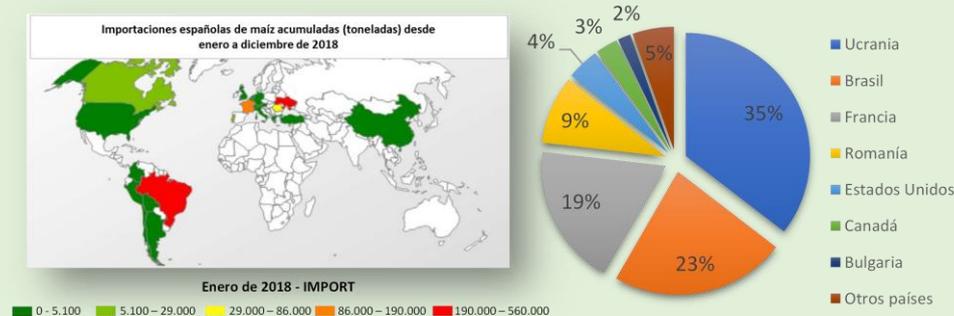
²⁰ La metodología utilizada para inferir el número de importaciones adicionales necesarias y el sobrecoste anual asociado a la falta de actividad del sector obtentor es el mismo que el detallado en el Apartado 4.3.

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 61.

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.

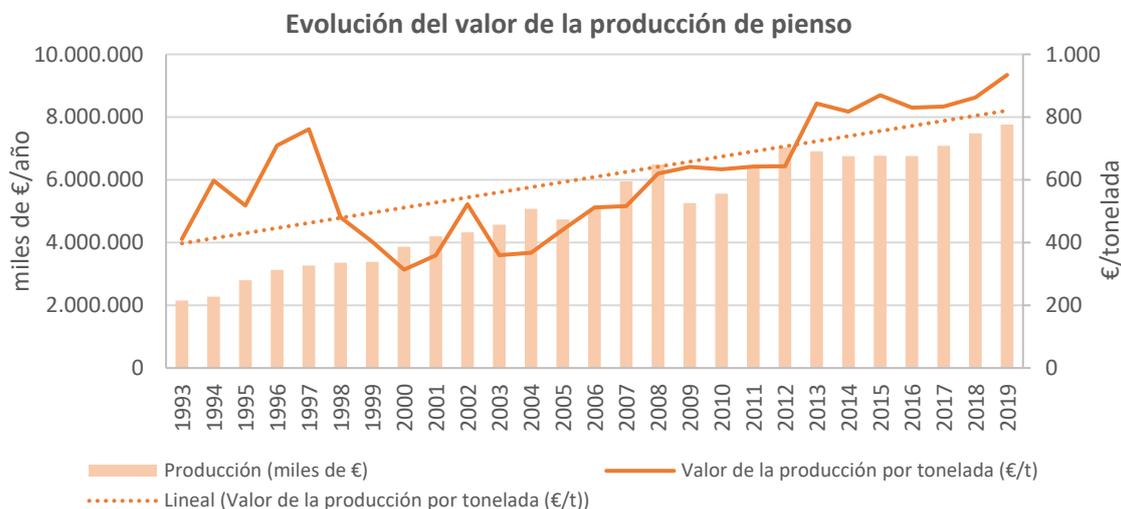


Figura 51. Evolución del valor de la producción de pienso entre 1993 y 2019 (INE Encuesta industrial anual de productos, 2020).

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 el 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 a 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.

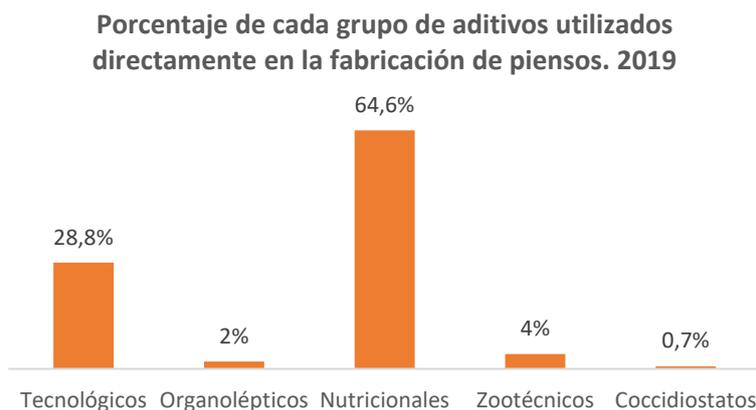


Figura 53. Porcentaje de cada grupo de aditivos utilizados directamente en la fabricación de piensos. (CESFAC, 2019)

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 Fumonisinias (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 taldro) 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 menor 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.

Adicionalmente, en el caso particular de los transgénicos, 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)

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)

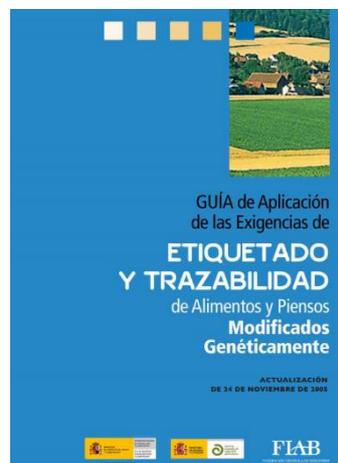


Figura 54. Guía de aplicación y etiquetado de Alimentos y Piensos Modificados Genéticamente

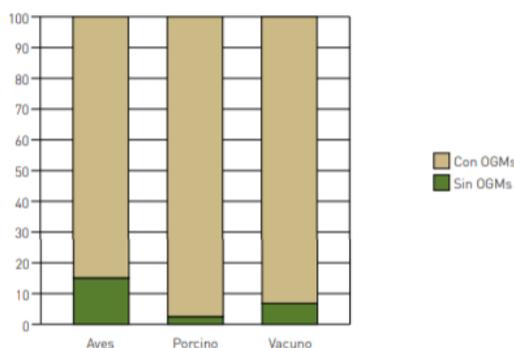


Figura 55. Porcentaje de pienso compuesto con OGMs. Fuente: CESFAC a partir de datos de FEFAC (Díaz Yubero, 2014)

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



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.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



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.

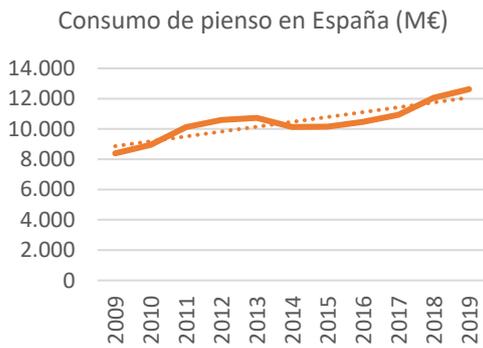


Figura 58. Evolución del consumo de pienso en España entre 2009 y 2019 en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020.

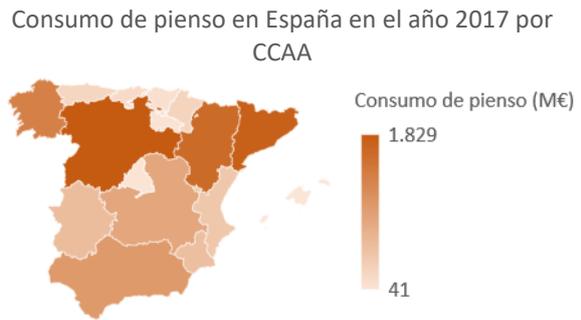


Figura 59. Distribución del consumo de pienso en España en 2017 por comunidades autónomas en valores corrientes a precios básicos. Fuente: Anuario de Estadística 2019, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2020.

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.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



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 **herramienta 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 CO₂eq/año según el Escenario 1 y de 103.000 t de CO₂eq/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>
- Barrière Y., Guillea 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 Agriculture 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". Universidad 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. Interál, 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 Organization). (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). Guía 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 prevención, 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 evaluation 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.

IV. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del tomate



IMPACTOS EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA

2021



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>



Índice del documento

RESUMEN EJECUTIVO	9
1. Introducción.....	13
1.1. El tomate	13
1.2. El sector obtentor.....	17
1.3. Objetivo del estudio	19
2. Metodología	20
3. Mejoras introducidas por el sector obtentor	22
3.1. Evolución del cultivo y mejoras.....	22
3.2. Inversión efectuada en I+D+i en el subsector en los últimos años.....	28
4. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de producción	36
4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor consideradas	36
4.2. Impactos ambientales	42
4.3. Impactos económicos.....	56
4.4. Impactos sociales	61
5. Impactos ambientales, sociales y económicos en la fase de distribución y consumo	64
5.1. Impactos ambientales	65
5.2. Impactos socioeconómicos	65
6. Principales conclusiones	77
7. Referencias	83



Índice de Figuras

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del tomate (FAO y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).	13
Figura 2. Consumo y gasto de tomate por persona en España (Panel de Consumo Alimentario, MAPA, 2019a).....	14
Figura 3. Superficie y producción de tomate en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).	14
Figura 4. Distribución de la superficie y la producción de tomate en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (MAPA, 2019).....	15
Figura 5. Evolución de la superficie y producción de tomate en España entre 1990 y 2018 (MAPA, 2019b)	15
Figura 6. Exportación media de tomate en España y país de destino en los últimos 5 años (Data Comex, 2020).	15
Figura 7. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria desde la producción hasta el consumo.	19
Figura 8. Principales tipologías de impactos analizadas en los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria en este documento.....	20
Figura 9. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.	20
Figura 10. Entidades y miembros que han formado parte del Comité de Expertos del tomate para la elaboración de este documento.	21
Figura 11. Diferencias de tamaño en los antecesores del tomate. (Gramazio et al.,2020).....	22
Figura 12. Proceso de hibridación en la obtención de tomate (simplificado).	23
Figura 13. Principales objetivos de la mejora vegetal del tomate. Adaptado de Bergougroux (2014).	24
Figura 14. Evolución de la productividad del cultivo de tomate en España (MAPA, 2020).....	24
Figura 15. Uso de portainjertos en tomate. Elaboración propia.	26
Figura 16. Evolución del registro de variedades de tomate de la UE (CPVO, 2021).	27
Figura 17. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del tomate en España en 2019 (encuesta propia).	28
Figura 18. Radiografía de las 11 compañías del sector obtentor en el cultivo del tomate en España (cuestionarios enviados a las compañías asociadas a ANOVE que trabajan en el cultivo del tomate).....	28
Figura 19. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan en el cultivo del tomate.	29
Figura 20. Evolución del registro de variedades de tomate en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).	29
Figura 21. Nuevas variedades de tomate registradas en total desde 2003 y por parte de las empresas del cultivo del tomate encuestadas en este estudio, durante los ejercicios 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 (encuesta propia).	29
Figura 22. 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 tomate durante el año 2019.....	30



Figura 23. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i.....	30
Figura 24. Puntuación total de las 25 iniciativas para cada eslabón de la cadena agroalimentaria (sobre 10).	31
Figura 25. Inversión interna e inversión externa en I+D+i por parte de las empresas obtentoras del cultivo del tomate en 2019 (encuesta propia).	34
Figura 26. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obtentoras del cultivo del tomate en 2019 (encuesta propia).....	35
Figura 27. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento.....	36
Figura 28. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.	37
Figura 29. La innovación se relaciona con el factor total de productividad.	37
Figura 30. Factores considerados ligados a la innovación.	37
Figura 31. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del s.XX, según distintas fuentes consultadas	38
Figura 32. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del tomate durante la segunda mitad del siglo XX y en las últimas décadas según distintas fuentes consultadas.	39
Figura 33. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.	40
Figura 34. Uso de fertilizantes en el cultivo del tomate. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, CyL, C-LM, Extremadura, Murcia y C. Valenciana) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).....	42
Figura 35. Uso de fitosanitarios en el cultivo del tomate. Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Castilla y León, Castilla-la Mancha, Extremadura, Murcia y Comunidad Valenciana) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).	44
Figura 36. Superficie dedicada al cultivo de tomate en España entre 1990 y 2018.	55
Figura 37. Impactos en el eslabón de producción y promedio en toneladas de tomate entre los años 1990 y 2018 y anual.....	56
Figura 38. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores y de promedio entre los años 1990 y 2017 y anual.	58
Figura 39. Valor Añadido Bruto durante el período 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora.....	59
Figura 40. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora.	61
Figura 41. Principales canales de comercialización del tomate fresco. Fuente: MAPA, 2019....	64
Figura 42. Radiografía del consumo de tomate fresco en España. Fuente: MAPA, 2019.....	64
Figura 43. Evolución del consumo de tomate fresco en los hogares (MAPA, 2019)	65
Figura 44. Evolución del consumo interno y de las exportaciones de tomate fresco (Panel de consumo alimentario en Hogares y Anuario de Estadística, MAPA 2019).....	66
Figura 45. Evolución consumo de tomate para consumo en fresco en los hogares, y de las exportaciones en España (MAPA, 2019b; MICT, Datacomex, 2019)	66
Figura 46. Evolución del consumo de tomate fresco en los hogares en valor y cantidad (MAPA, 2019)	67
Figura 47. Comparativa entre la evolución de la exportación anual de tomate en España y la parte proporcional de la producción adicional de tomate atribuible al sector obtentor que	



estaría destinada a la exportación, según el porcentaje de exportación anual del tomate de los últimos años (Panel de consumo alimentario en Hogares y Anuario de Estadística, MAPA 2019) 68

Figura 48. Parámetros de calidad del tomate apreciados por el consumidor. Fuente: elaboración propia 71

Figura 49.. Evolución de la diversidad del tomate en el noreste europeo. El H-índice fue calculado mediante la frecuencia de SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) en cada época (Schouten, 2019). 72

Figura 50. Ejemplos sobre líneas de investigación del sabor por parte del sector obtentor..... 74





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 mejoradas en España en 2019 fue de 733 millones de euros¹. 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 tomate, por la importancia** de este cultivo en España.

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en el mundo y la de mayor valor económico. Con **más de 20.000 variedades de tomate en el mundo**, el valor de su producción mundial alcanzó los 40.083 millones de euros en 2018 y se estima que el precio medio de un kilo de sus semillas ya supera en la actualidad al del oro. También es uno de los alimentos más característicos de la dieta mediterránea. Su consumo en sus diferentes versiones (en fresco o transformado -industrial-) es **una importante fuente de vitaminas y nutrientes** y está asociado a la prevención de enfermedades crónicas. **España es un país exportador de tomate fresco.** Su producción nacional cubre prácticamente las necesidades internas y le permite exportar en torno al 20% de la producción. No obstante, el incremento de la demanda mundial en el actual contexto de emergencia climática hace que **la apuesta por la investigación en mejora vegetal devenga imprescindible.**

A continuación, se destacan los principales impactos de la obtención vegetal en los principales eslabones de la cadena alimentaria (producción 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, comité técnico) 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 tomate se explicaría **por lo menos en un 50% por la actividad obtentora en un escenario conservador.** Esta hipótesis ha sido contrastada por el Comité de Expertos, que indicó en distintas iteraciones que la innovación varietal podría explicar un aumento de los rendimientos superior al 50%. No obstante, por prudencia, este estudio

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

tiene en cuenta la hipótesis de los estudios de referencia para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos. Este cálculo debería ser revisado en la medida que exista una mayor evidencia científica.

El estudio analiza los impactos del sector obtentor en toda la cadena de valor agroalimentaria: producción, transformación, distribución y consumo, según el **escenario conservador** 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 DE TOMATE EN LA PRODUCCIÓN

El impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en tomate 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:

<p>1 PRODUCTIVIDAD</p>  <p>Incrementos de productividad del 240% en los últimos 50 años, y del 88% en los últimos 30</p> <p><i>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 el escenario más conservador, en por lo menos un 50% por la actividad obtentora.</i></p>	<p>2 PRODUCCIÓN</p>  <p>Producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 36,4 millones de toneladas</p> <p><i>Supone un 32% de la producción en este periodo.</i></p> <p><i>La aportación promedio anual sería de 1,26 millones de toneladas de tomate adicionales gracias a la mejora vegetal.</i></p>
<p>3 INGRESOS</p>  <p>Ingresos adicionales para el campo entre 1990 y 2018 de 12.058 millones de euros</p> <p><i>Supone un 31,2% de sus ingresos en este periodo, y una aportación promedio anual de 430,7 millones de euros, siendo más elevada en los últimos años del período.</i></p>	<p>4 PUESTOS DE TRABAJO</p>  <p>15.804 puestos de trabajo anuales equivalentes en España durante el periodo 1990-2017</p> <p><i>De los cuales 3.964 fueron creados de manera directa, 7.849 indirecta y 3.991 inducida. Estos puestos han tenido un impacto más concentrado en zonas rurales productoras de tomate (Andalucía y Extremadura), representando un 5% del empleo agrícola generado.</i></p>
<p>5 REDUCCIÓN DE INPUTS</p>  <p>La obtención vegetal se torna imprescindible para mantener e incrementar la producción en un contexto de reducción de inputs, permitiendo la transición del actual sistema alimentario de la UE hacia un modelo más sostenible.</p> <p><i>La estrategia europea “De la granja a la mesa” (From farm to fork), junto a la “Estrategia sobre Biodiversidad para 2030”, cuentan con un objetivo común: contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050.</i></p>	
<p>6 FITOSANITARIOS</p>  <p>Ahorros entre 2011 y 2016 de 1.715.494 kg de fitosanitarios</p> <p><i>Según los cuestionarios realizados, un 36% de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal cuentan con este objetivo.</i></p>	<p>7 FERTILIZANTES</p>  <p>Ahorros entre 2011 y 2016 de 375.378 kg de fertilizantes</p> <p><i>Equivalente al 1,3% del total de fertilizantes consumidos en España durante este periodo.</i></p>



<p>8 CONSUMO HÍDRICO </p> <p>Ahorro de 15,3 millones de m³ de agua anuales en el cultivo de tomate</p> <p><i>Equivalente al consumo de una ciudad de 294.400 habitantes. Actualmente, el 56% de las iniciativas de innovación tienen como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico.</i></p>	<p>9 ENERGÍA </p> <p>Ahorro energético total de 1.480 millones de MJ/año</p> <p><i>Equivalente al consumo anual efectuado por 41.500 hogares. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción y en el transporte de tomate.</i></p>
<p>10 EMISIONES </p> <p>Ahorro de emisiones de 90.250 t de CO₂eq/año</p> <p><i>Equivalente a las emisiones anuales de 57.500 coches. Correspondiente a la suma de los ahorros en la producción y en el transporte (por importación) de tomate.</i></p>	<p>11 DEFORESTACIÓN </p> <p>Se hubieran necesitado 28.000 ha más cada año para obtener la producción existente de tomate</p> <p><i>Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido.</i></p>
<p>12 CAMBIO CLIMÁTICO </p> <p>Capacidad de crear variedades mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas</p> <p><i>Por ello, un 56% de las iniciativas de innovación en relación con el tomate van encaminadas hacia la adaptación de los efectos del cambio climático.</i></p>	<p>13 DESPOBLACIÓN </p> <p>Se afronta el envejecimiento y la despoblación rural que está viviendo España en las últimas décadas</p> <p><i>Gracias a la creación de puestos de trabajo, al desarrollo y a la mejora de la competitividad rural del campo español</i></p>
<p>14 RESILIENCIA </p> <p>Incremento de la resiliencia de la cadena de valor a las posibles subidas de precio a nivel global del tomate</p>	

Además, la genética del tomate tiene **margen de mejora para llegar a obtener productividades mayores** en función del fenotipo de la planta. Estudios recientes muestran el potencial de mejoras centradas en la genética de la ramificación o en la eficiencia en la absorción y uso de nutrientes -como en el caso de la mejora de portainjertos con raíces vigorosas-.

2. IMPACTOS DE LA MEJORA DEL TOMATE EN LA DISTRIBUCIÓN Y EL CONSUMO

El sector obtentor también ha desarrollado distintas iniciativas para dar respuesta a las nuevas demandas de los consumidores.

<p>1 MAYOR VIDA POSTCOSECHA </p> <p>La afectación al proceso de maduración ha permitido obtener variedades de larga vida</p> <p><i>Alargando la vida postcosecha hasta los 30 días -en relación con las variedades tradicionales, con una vida de 5 a 9 días- disminuyendo el desperdicio alimentario.</i></p>	<p>2 MAYOR DIVERSIDAD GENÉTICA </p> <p>La diversidad genética de los tomates se ha multiplicado por ocho en las últimas 7 décadas</p> <p><i>Permitiendo abrir mercados nicho para satisfacer la demanda de consumidores concretos.</i></p>
---	---

3 MEJORES CALIDADES ORGANOLÉPTICAS



La mejora genética ha permitido notables mejoras en relación con el sabor

Particularmente a partir de los años 90 y para dar respuesta a las demandas por parte de los consumidores.

4 MAYOR CALIDAD NUTRICIONAL



Los avances en mejora vegetal están permitiendo desarrollar variedades con mayor contenido en antioxidantes

Pese al camino que queda aún por recorrer, se está trabajando para que estas mejoras sean factibles sin afectar al rendimiento de su producción.

5 MAYOR TRAZABILIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA



El uso de semillas y plantas derivadas de la mejora vegetal evita la introducción de patógenos en la cadena de valor

Y es clave para garantizar la trazabilidad del producto final desde el inicio de la cadena.

6 CONTENCIÓN DEL PRECIO DEL TOMATE



En un contexto de aumento de precios, propiciado por el aumento de las exportaciones

El incremento de rendimiento obtenido gracias a la mejora varietal ha contribuido a aumentar el consumo en hogares y a contener su precio.

En definitiva, la mejora vegetal y el sector obtentor en el tomate 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 organoléptica o sensorial y la calidad nutricional** para satisfacer las expectativas del consumidor.
- Satisfacer las demandas de los consumidores y del mercado internacional en cuanto a **diversidad de producto y a la trazabilidad del producto.**
- **Alargar la vida postcosecha** del tomate.

Además, 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 tomate

a. La importancia del tomate en el mundo

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en el mundo y la de mayor valor económico. El valor de su producción mundial alcanzó los 40.083 millones de euros en 2018 según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el precio medio de un kilo de sus semillas ya supera en la actualidad al del oro. Según la misma fuente, en 2019 el tomate constituyó aproximadamente el 30% de la producción hortícola, con más de 5 millones de hectáreas sembradas y 180 millones de toneladas cosechadas a nivel global.

Originario de América, su utilización como planta agrícola es relativamente reciente (s.XIX), aunque no fue hasta principios del s.XX que su cultivo empezó a ser importante en Europa. China, India, Turquía y Estados Unidos son los mayores productores a nivel global.

En la actualidad, el tomate es uno de los alimentos característicos de la dieta mediterránea. Su consumo en sus diferentes versiones (en fresco o transformado -industrial-) es una importante fuente de vitaminas y nutrientes y está asociado a la prevención de enfermedades crónicas. En media, un tomate cubre el 38 % de la cantidad diaria recomendada de vitamina C, el 13% de la de vitamina B6 y el 17 % de hierro. Italia y España lideran su producción en Europa, representando juntos más del 65% de la producción comunitaria.

Con más de 20.000 variedades de tomate en el mundo, su demanda ha aumentado de manera continua y con ella su cultivo, producción y comercio en los últimos años. Su incremento responde a un aumento de la demanda mundial, que ya alcanza consumos medios mundiales de 23,46 kg/persona/año.



La producción de tomate se ha incrementado a consecuencia del crecimiento de su demanda mundial, y se prevé que continúe aumentando en los próximos años...



Figura 1. Principales datos macroeconómicos del tomate (FAO y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).

b. La importancia socioeconómica del tomate en nuestro país

El tomate es un producto básico de la horticultura española. **La mayor producción hortícola en España en 2018 fue la del tomate, con casi 5 millones de toneladas producidas** (4.768.595) entre producción para el consumo en fresco y en conserva. También fue la hortaliza más consumida entre los españoles y la más costosa en términos de gasto. Según el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), en 2018 se consumieron una media de **13,3 kilos de tomate por persona y año -representando un 23,4% del consumo total de hortalizas frescas-**. Las cebollas (7,1 kilos per cápita y 12% del consumo total) y los pimientos (4,8 kilos per cápita y 8% de consumo) ocuparon la segunda y tercera posición. En términos de gasto, **los tomates concentraron el 20% del gasto de los hogares en hortalizas, con un total de 22,5 euros por persona**, seguidos por las lechugas, escarolas y endivias, con el 10% y un total de 10,9 euros por persona.



Figura 2. Consumo y gasto de tomate por persona en España (Panel de Consumo Alimentario, MAPA, 2019a).

Respecto a su producción, la mayor parte de la superficie de tomate se cultiva en regadío; concretamente el 99% de las plantaciones de tomate del país requieren de recursos hídricos, siendo seis de cada diez plantaciones al aire libre. La primavera y el verano son la mejor época para su siembra, aunque su cultivo en entornos protegidos (invernaderos) permite disponer de tomate fresco en todas las estaciones.



Figura 3. Superficie y producción de tomate en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).

Andalucía y Extremadura concentran el 80% de la superficie cultivada y el 81% de la producción de tomate, extendiéndose el cultivo a lo largo de 44.528 hectáreas y produciendo 3.892.967 toneladas de tomate en todo el país (según los últimos datos publicados por el MAPA, de 2019). Lo siguen con una amplia diferencia la región de Murcia (con 4% de superficie y 5% de la producción estatal) y la comunidad de Navarra (3% de superficie y 3% de la producción). Comunidad Valenciana, Galicia, Castilla la Mancha y Cataluña se encuentran en quinta, sexta, séptima y octava posición respectivamente, con alrededor del 2% de la producción cada una.

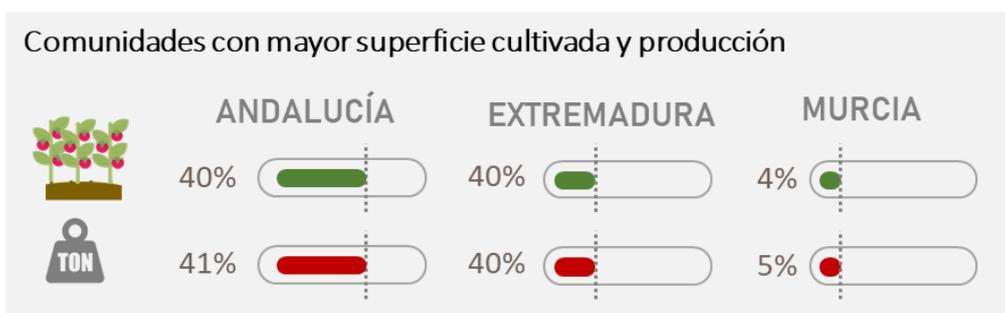


Figura 4. Distribución de la superficie y la producción de tomate en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (MAPA, 2019).

Respecto a la evolución de la superficie cultivada y producción, **España muestra una tendencia al alza en el cultivo y producción de tomate en los últimos 30 años, aunque con una fuerte variabilidad.** La productividad media también ha aumentado en consecuencia, siendo de 81,28kg/ha en los últimos 10 años.

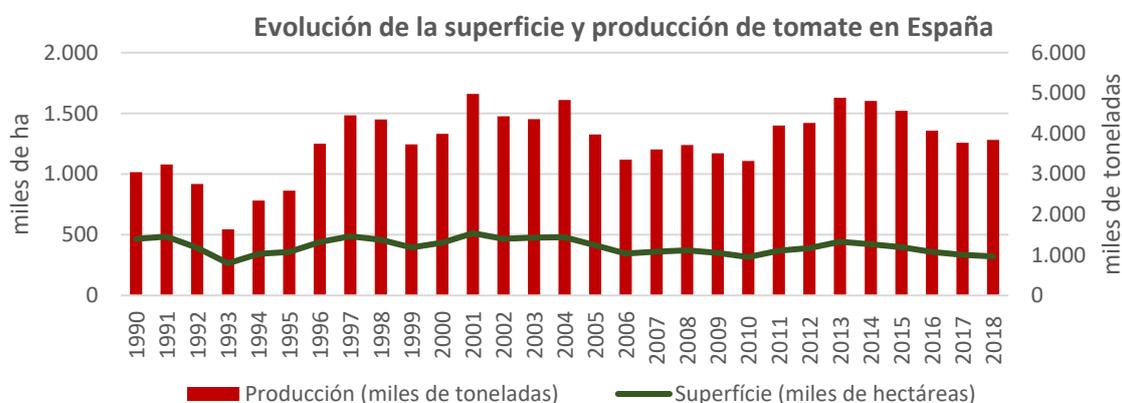


Figura 5. Evolución de la superficie y producción de tomate en España entre 1990 y 2018 (MAPA, 2019b)

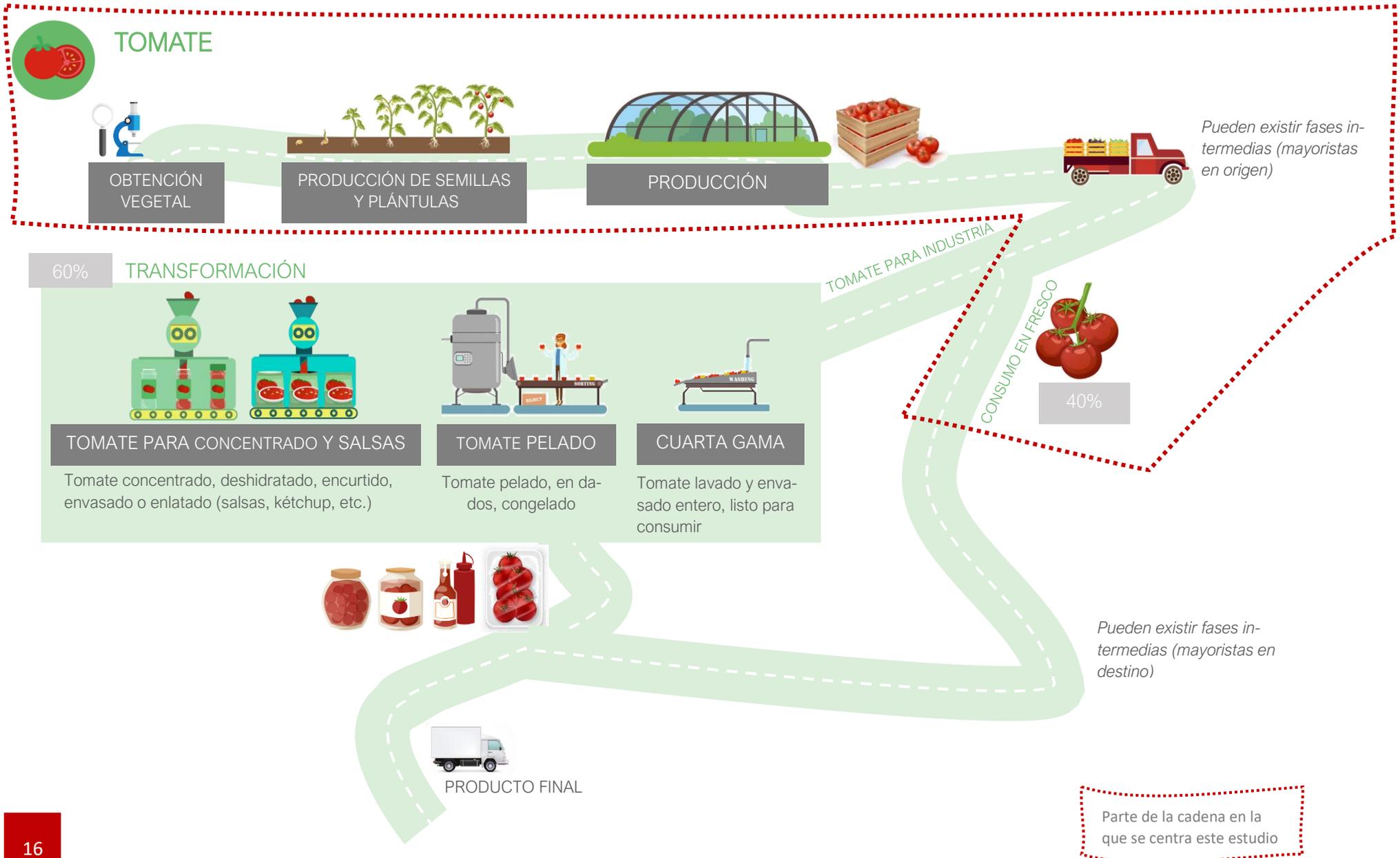
España es un país exportador de tomate fresco. Su producción nacional cubre prácticamente las necesidades internas, presentando así una balanza comercial positiva. Según datos de Datacomex, en torno al 20% de la producción española se destina a exportación de tomate fresco, ascendiendo a una media 0,85 millones de toneladas en las últimas 5 campañas. El principal socio comercial de España es la Unión Europea. En las últimas cinco campañas **más del 85% de las exportaciones tuvieron como destino la comunidad europea**, siendo Alemania y Francia los principales países destino de esta hortaliza, representando conjuntamente el 40% de las exportaciones españolas (25% y 15% respectivamente). El Reino Unido es el tercer país al cual más tomate exporta España, acumulando el 15% de las exportaciones.



Figura 6. Exportación media de tomate en España y país de destino en los últimos 5 años (Data Comex, 2020).

c. La cadena de valor del tomate

En este estudio se ha tomado como referencia la siguiente cadena de valor:



Con el objetivo de acotar el alcance del presente estudio de impacto, el trabajo se ha centrado en aquellas partes de la cadena en las que ha tenido un mayor impacto el proceso de mejora varietal de tomate. En consecuencia, **el estudio se centra en el tomate en fresco, que representa aproximadamente el 40% del destino de la producción en España.**

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 tomate -en exclusiva o bien en combinación con otras especies hortícolas-.
- **TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN y CONSUMO EN FRESCO:** operadores que integran las plataformas logísticas de transporte y distribución de tomate fresco. Son los agentes que intervienen en la distribución hasta la venta en minorista, estando en contacto directo con el cliente final.

1.2. El sector obtentor

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.

Los avances en herramientas **biotecnológicas y técnicas de edición genética** desarrollados los últimos años, tienen la capacidad de acelerar los resultados de la I+D+i en la mejora vegetal, permitiendo generar variedades con las características deseadas de forma más efectiva.

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 trasciende 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 puede pasar un tiempo de 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**². 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.

² 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 tomate, por la importancia de este cultivo en España. En particular, el presente análisis tiene como objetivos:

1. Analizar las mejoras introducidas en el cultivo del tomate por parte del sector obtentor.
2. Desarrollar una metodología analítica y participativa para evaluar los impactos de la mejora vegetal en el tomate, 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 tomate que realiza el sector y sus efectos en los diversos eslabones de la cadena de valor, desde la producción hasta el consumo.



Figura 7. Esquema de la cadena de valor agroalimentaria desde la producción hasta el consumo.

2. Metodología

Los resultados del presente estudio se basan en el análisis de **datos evolutivos** de obtención, producción, transporte, distribución y consumo de tomate 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 tomate en España, a lo que se han añadido las aportaciones recibidas a través del 98% de las empresas de obtención de tomate en España, en términos de volumen de facturación.

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 8. 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 el cultivo del tomate 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 al cultivo del tomate en los últimos años han tenido una relación directa en el aumento de su productividad de manera sostenida en el tiempo.

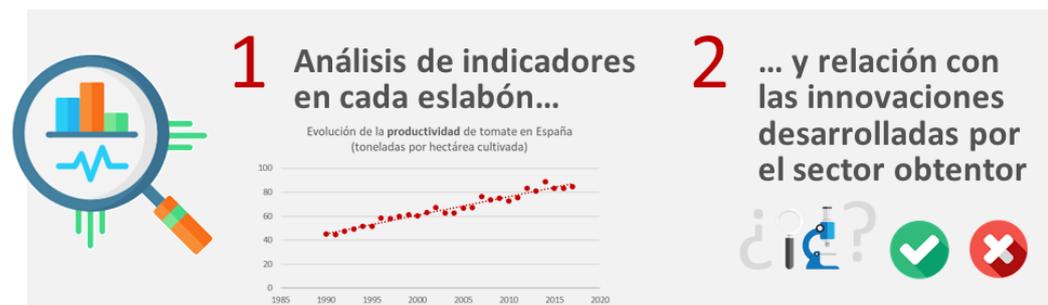


Figura 9. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.

- **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 tomate, que ha aportado conocimiento técnico 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
	Producción	Santiago Diaz
	Producción	Fernando de la Torre
	Producción	Jose Manuel Fernández
	Distribución (exportación)	Isidoro Carricondo
	Consumidores	Francesco Trunfio

Figura 10. Entidades y miembros que han formado parte del Comité de Expertos del tomate 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 y mejoras

a. Origen y domesticación del tomate

El tomate que conocemos y cultivamos actualmente proviene de un complejo proceso de evolución y domesticación. Su origen se localiza en la región de los Andes, donde surgió la especie *S. lycopersicum* L. var. *Cerasiforme*, que alcanzaba entonces el tamaño de un tomate cherry, a partir de la especie de tomate salvaje *Solanum pimpinellifolium* L., del tamaño de un guisante. Esta variedad se extendió hasta México, donde hace aproximadamente 7.000 años, un segundo proceso de selección y domesticación dio lugar a la especie que conocemos hoy en día: *S. Lycopersicum* L. var. *Lycopersicum* (Razifard et al., 2020). Las principales consecuencias que ha tenido la domesticación en el tomate han sido un mayor tamaño del fruto, una mayor variabilidad de su morfología, así como un mayor tamaño y peso de sus semillas (Bai y Lindhout, 2007).

DIFERENCIAS DE TAMAÑO EN LOS ANTECESORES DEL TOMATE

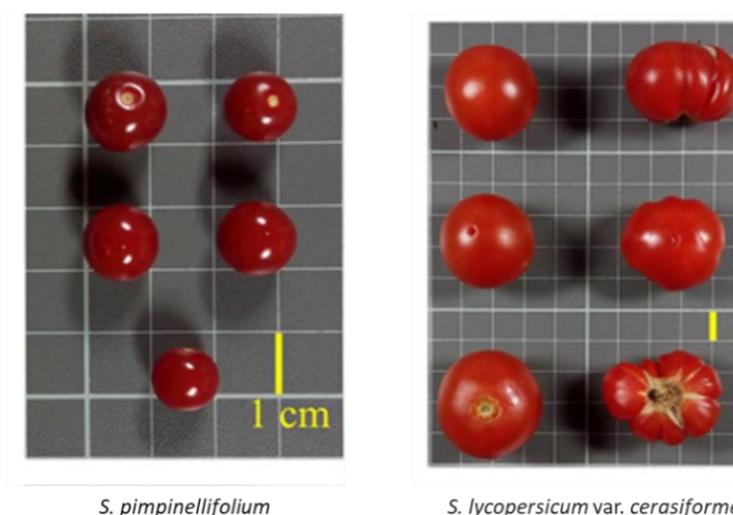


Figura 11. Diferencias de tamaño en los antecesores del tomate. (Gramazio et al., 2020)

No fue hasta el siglo XVI, tras las expediciones de Hernan Cortés en México, que el tomate llegó a España, para extenderse progresivamente al resto de Europa. El tomate probablemente se utilizó para el consumo humano muy pronto después de su introducción, ya que los libros de cocina se referían a su uso en el gazpacho a principios del siglo XVII. No obstante, en ciertos países como Italia y Francia, su primer uso fue decorativo (como planta ornamental), hasta bien entrado el siglo XVIII, momento en que se empezó a popularizar también como alimento. Desde Inglaterra, a mitades del siglo XVIII, su cultivo se exportó hacia Medio Oriente y Asia, además de ser reintroducido a Norte América (Bergounoux, 2014; Peralta y Spooner, 2007).

b. Variedades locales y tradicionales

Desde su introducción a Europa y hasta principios del siglo XX, toda la mejora vegetal del tomate fue llevada a cabo por los agricultores y semilleros, que obtenían las semillas de los frutos para las siguientes generaciones, dando lugar a variedades de polinización libre de diferentes tamaños, formas y color (Bai y Lindhout, 2007). En este sentido, rara vez se producían cruces entre diferentes individuos de la misma especie, resultando en que normalmente las plantas desarrollaran a partir de estas semillas tenían un fenotipo muy similar al parental.

A lo largo de 400 años de cultivo, las variedades tradicionales cultivadas en Europa fueron diferenciándose entre sí, dando lugar a una **gran variabilidad fenotípica**, pese a la relativa reducida variedad genética en comparación con las especies silvestres. En este aspecto, existen algunas variedades de tomate que muestran como determinadas mutaciones podrían haber aparecido en el Mediterráneo y fueron seleccionadas por ser útiles para los productores y consumidores de la zona. A modo de ejemplo, una adaptación a condiciones de altas temperaturas y pocas lluvias se observa en el ‘tomate de colgar’ en Cataluña, Comunidad Valenciana y en Islas Baleares, y en el tomate ‘Piennolo’ y ‘Da serbo’ de Italia. Estas mutaciones suelen estar ligadas a que los frutos tengan una vida postcosecha larga. También se puede observar cierta variabilidad en la zona mediterránea en cuanto a mutaciones que producen frutos alargados, como las variedades ‘Cor de Bou’ o ‘San Marzano’ (Ruralcat, 2018). Cabe destacar en este sentido que las variedades tradicionales siguen teniendo mucha relevancia hoy en día, siendo la principal fuente de diversidad para introducir nuevas características en los programas de mejora.

c. Mejora vegetal del tomate en el siglo XX

Con la expansión del consumo de tomate por todo el mundo durante los siglos XVIII y XIX, el siglo XX estuvo marcado por el **desarrollo de las industrias de producción de semillas y plántones**, que empezaron a utilizar los principios de la hibridación (Bergougnoux, 2014), por el cual se cruzan líneas de diferentes variedades con características concretas, con el objetivo de obtener una variedad con las cualidades de los dos parentales. En 1946, fue lanzado al mercado el primer tomate híbrido de cruce simple. A partir de ese momento, la adopción de los híbridos en tomate fue cada vez mayor, gracias a **su potencial en cuanto a rendimientos, la facilidad para introducir resistencias bióticas y su uniformidad** (Cheema y Dhaliwal, 2005). En la actualidad prácticamente todos los cultivos de tomate para consumo en fresco son híbridos, así como una gran mayoría de tomates usados para industria (Bergougnoux, 2014).

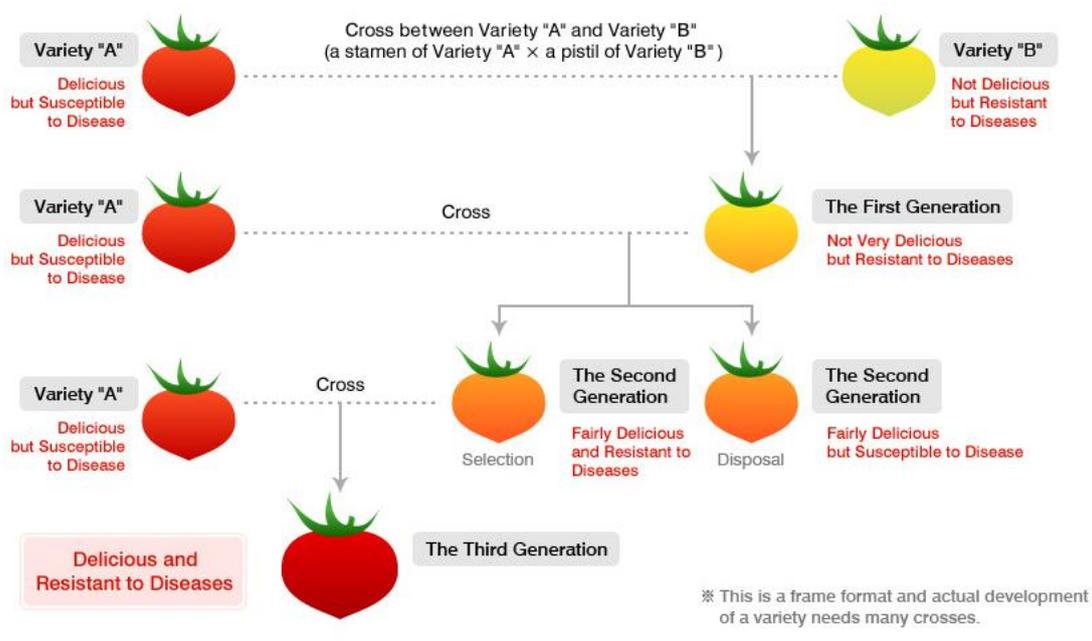


Figura 12. Proceso de hibridación en la obtención de tomate (simplificado).

Como consecuencia, la endogamia y la selección de variedades tradicionales para la creación de híbridos con alto rendimiento dio lugar a variedades comerciales con muy poca diversidad genética y comercial (Schouten, 2019). No obstante, a partir de los años 60, la tendencia se revirtió dando lugar a una nueva explosión de diversidad en el cultivo de tomate, mediante la



introgresión genética de especies salvajes, es decir, aprovechando el germoplasma de tomate para crear nuevos híbridos con las características deseadas.

PRINCIPALES OBJETIVOS DE LA MEJORA VEGETAL DEL TOMATE

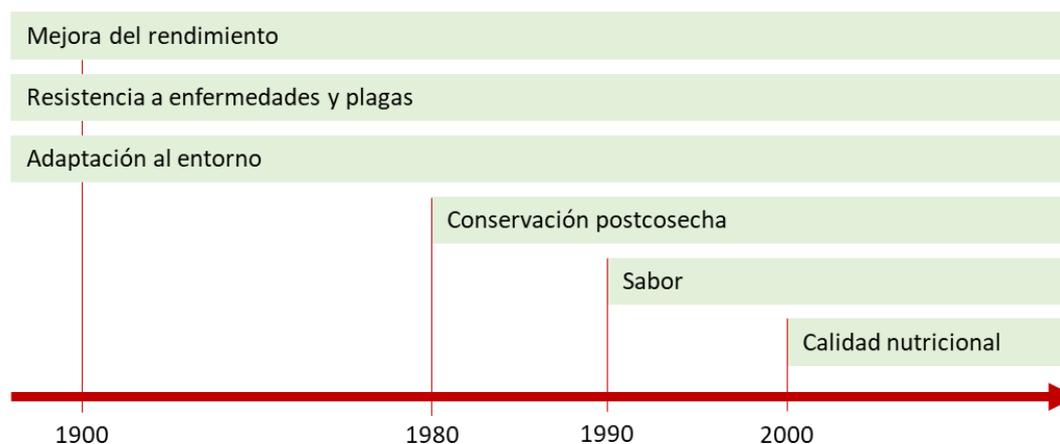


Figura 13. Principales objetivos de la mejora vegetal del tomate. Adaptado de Bergougroux (2014).

En este sentido, **los objetivos de la mejora vegetal han variado en función de la década**, sin dejar de lado los incrementos en rendimiento, las resistencias a plagas y enfermedades, y la adaptación al entorno, piezas clave para que las variedades sean exitosas (Figura 13).

Uno de los hechos más destacables del impacto de la mejora vegetal ha sido la **mejora del rendimiento en tomate**. Si bien el rendimiento no es una característica aislada y depende en gran medida de la adaptación al entorno y la resistencia a plagas y enfermedades, a nivel fenotípico, la mejora varietal ha incidido en diferentes características de la planta de tomate como su ramificación o altura, para dar lugar a un mayor número de frutos por planta. El aumento del tamaño de sus frutos también ha impulsado en este sentido su rendimiento.

En lo relativo a España, a partir de la evolución en el rendimiento del cultivo (Figura 14) se puede ver el impacto de la introducción de híbridos en los años 50 y 60. En el gráfico también inciden las mejoras en el manejo de los cultivos y la tecnificación de los invernaderos durante estos años.

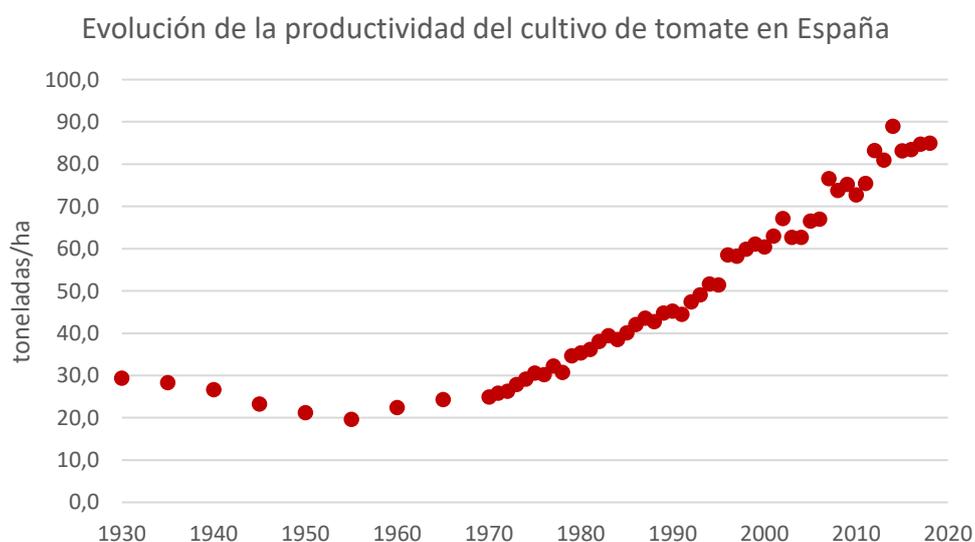


Figura 14. Evolución de la productividad del cultivo de tomate en España (MAPA, 2020)

La **resistencia a estreses bióticos** también fue una de las principales líneas de investigación a principios del s.XX, una línea que se explica por el hecho de que el tomate es objetivo de más de 200 plagas y enfermedades (Bay y Lindhout, 2007). En este sentido, un gran aliado para la inclusión de resistencias son las especies de tomate silvestre (Ferrero, 2020), a partir de las cuales se pueden incluir resistencias en los tomates modernos mediante hibridaciones. En el caso concreto de España, **actualmente un 88% de las variedades de tomate disponibles en el mercado tienen una o más resistencias**, mientras que cerca del **97% de las plántulas de tomate destinadas a producción son resistentes a uno o más virus, hongos, nemátodos o bacterias**. Concretamente, actualmente en el ámbito español la mayoría de los tomates son resistentes a hongos como *Fusarium* y *Vertillicium*, que causan marchitamiento, además de incluir muchos de ellos resistencia al virus del mosaico (ToMV) (Jansen, 2016, García-Martínez et al., 2020). Este virus fue introducido en España debido a la globalización de la agricultura, de manera que todas las variedades tradicionales cultivadas en el estado son susceptibles a él (RuralCat, 2014).

En cuanto a **resistencias a estreses abióticos**, como puede ser adaptación a altas y bajas temperaturas y sequías, así como a una la salinidad del suelo, diversas especies salvajes de tomates (como por ejemplo *L. pimpinellifolium* y *L. hirsutum*), así como variedades tradicionales locales, son fuente de genes que se han explotado para el desarrollo de variedades comerciales con alto rendimiento y mejor adaptación a diferentes entornos (Bergougnoux, 2014).

A nivel más cualitativo, otro de los aspectos donde empezó a incidir la mejora vegetal a partir de los 80, es la **conservación postcosecha** (Bergougnoux, 2014). Hasta ese momento, la selección para esa característica solo ocurría en las fases finales de las estrategias de mejora (Jones, 1986). Gracias al estudio de la genética del tomate y las técnicas de mejora, ha sido posible obtener tomates con una larga vida postcosecha realizando hibridaciones con tomates que incluían mutaciones espontáneas en genes, concretamente las mutaciones *nor* (*non-ripening*) y *rin* (*ripenin inhibitor*), que alteran la maduración del fruto (Bay y Lindhout, 2007; Wang, 2020).

En los 90, además de las características mencionadas anteriormente, la **búsqueda de mejores cualidades organolépticas (sabor)** se convirtió en otro de los principales objetivos de la mejora (Bergougnoux, 2014; Causse et al., 2010). El sabor del tomate viene dado principalmente por la ratio entre sustancias ácidas y dulces y los tipos de compuestos volátiles presentes en el fruto. En el caso concreto de cultivos del noreste europeo, se ha observado una disminución de sustancias ácidas y un aumento de sustancias dulces en las variedades más recientes (en relación con las lanzadas en los años 60). En cuanto a la presencia de compuestos volátiles, está principalmente influenciada por el genotipo de la planta y no tanto por su manejo o el ambiente (Cebolla-Cornejo et al., 2011). En el caso concreto de los cultivos del noreste europeo, la composición de compuestos volátiles en tomate se ha diversificado significativamente, además de aumentar de forma cuantitativa en las nuevas variedades los compuestos volátiles asociados con aromas florales y dulces (Schouten, 2019).

La mejora del **valor nutricional** del tomate también ha sido una de las líneas de mejora en los últimos años. El tomate es una de las principales fuentes de licopenos, componente que además de conferir el color rojo del fruto, tiene un alto valor como antioxidante y ayuda a minimizar la incidencia de ciertos tipos de cáncer (Bay y Lindhout, 2007; Bergougnoux, 2014). La presencia de vitamina A (B-caroteno) y de vitamina C (ácido ascórbico) en su fruto también es fuente de antioxidantes. En este sentido, un estudio español evaluó recientemente la influencia del genotipo en las cantidades de estos tres antioxidantes en tomate, llegando a la conclusión de que la acumulación de licopenos y vitamina A está fuertemente influenciada por la genética de la planta, mientras que la acumulación de ácido ascórbico es más compleja y está muy influenciada por el entorno (Roselló et al., 2011). En este aspecto y a modo de ejemplo, en EE. UU. se han

desarrollado líneas de tomate con mayor contenido en Vitamina A y B-carotenos, gracias al cruce del tomate comercial con un tomate salvaje cercano (*S. galapense*) (Bergougnoux, 2014).

d. La mejora vegetal orientada a diferentes partes de la planta de tomate: el uso de portainjertos

Desde los años 60, el sector obtentor también ha trabajado en la mejora vegetal de portainjertos de tomate. Los injertos permiten usar la parte de la raíz de una planta (portainjerto) y unirla a la parte aérea de otra (en este caso, la variedad de tomate deseada). El uso de portainjertos permite una mayor resistencia a patógenos del suelo, además de resistencias a sequías, inundaciones y salinidad (Singh et al., 2020; Schwarz et al., 2010; Keatinge et al., 2014), manteniendo la variabilidad del tomate obtenida gracias a la mejora vegetal.

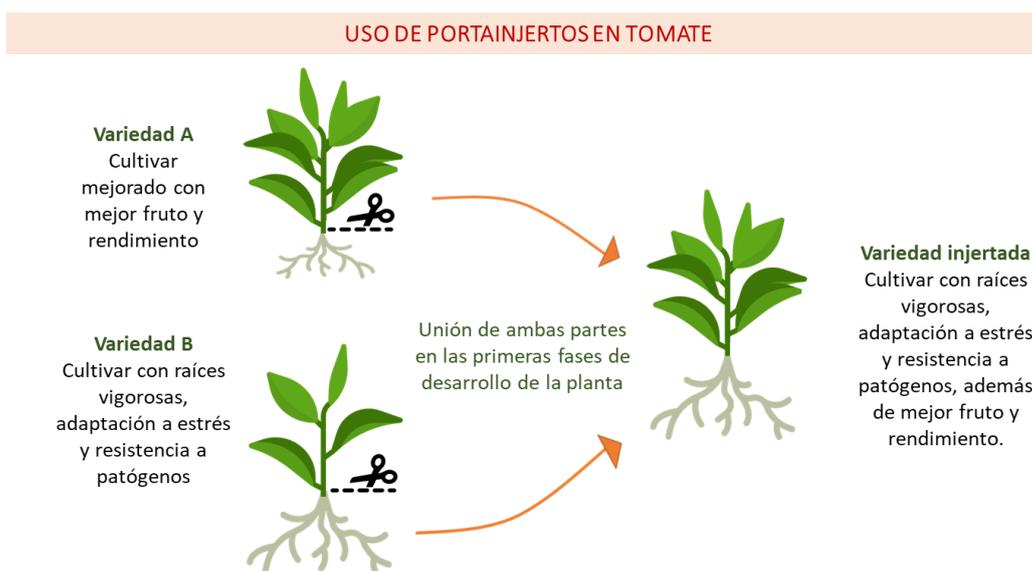


Figura 15. Uso de portainjertos en tomate. Elaboración propia.

En este ámbito, mediante los cuestionarios realizados a empresas se han detectado 5 iniciativas destinadas a la obtención de portainjertos.

- Cuatro de estas iniciativas esperan tener un impacto muy alto sobre **la resistencia a patógenos**, obteniendo una puntuación de 5 sobre 5 en el cuestionario.
- Asimismo, tres de las iniciativas esperan obtener también un impacto muy alto (5 sobre 5 en la puntuación del cuestionario) en el **rendimiento del cultivo**.

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.



Los avances científicos y la inversión en I+D+i del sector obtentor, unido a los conocimientos en genética y genómica han permitido entender y usar la diversidad genética para la mejora del cultivo.

Como resultado de esta apuesta por la investigación científica, desde los años 90 se han registrado más de 800 nuevas variedades de tomate en la Unión Europea (Figura 16), cada una con características concretas, que han contribuido al aumento y la diversidad de este cultivo. Se trata, por tanto, de un sector en constante evolución, que se adapta a las necesidades de los agricultores y el consumidor en cada momento.

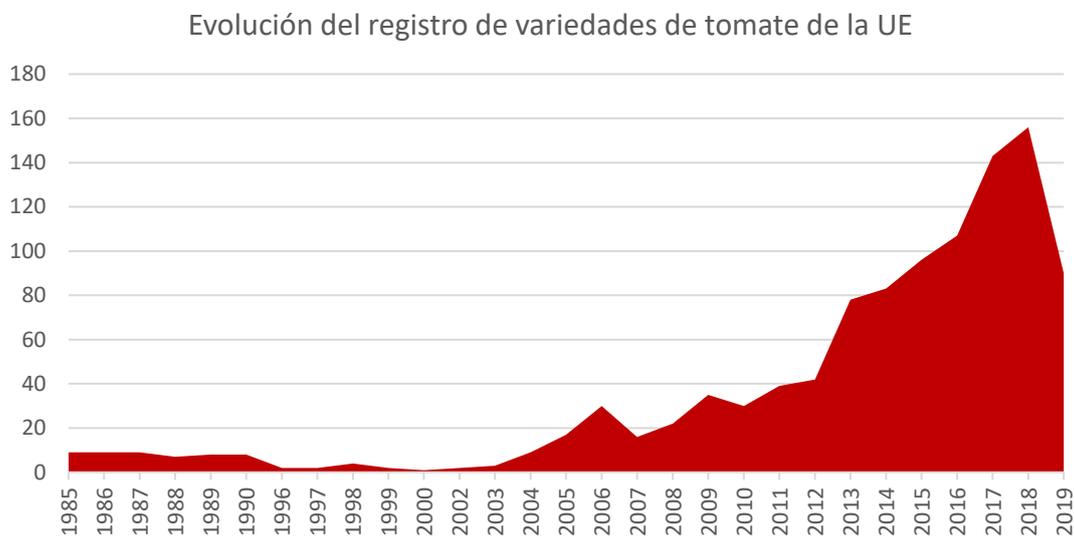


Figura 16. Evolución del registro de variedades de tomate de la UE (CPVO, 2021).

3.2. Inversión efectuada en I+D+i en el subsector en los últimos años

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

Este estudio recoge los datos de 11 compañías que realizan mejora vegetal de tomate en España que **representan el 98% de las empresas del subsector del tomate en volumen de la facturación y que concentran la mayor parte de la actividad de I+D+i de este cultivo.**

Todas las empresas están especializadas en otros tipos de cultivos más allá del tomate, principalmente hortícolas. Este apartado **se centra en los datos de estas compañías correspondientes exclusivamente al cultivo del tomate.**

Proporción del volumen de negocio de las compañías obtentoras dedicadas al cultivo del tomate (%)

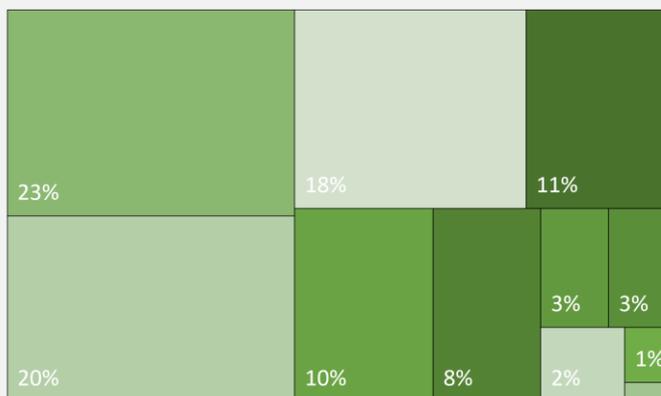


Figura 17. Distribución del volumen de negocio de las organizaciones del sector obtentor en el cultivo del tomate en España en 2019 (encuesta propia).

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

El **volumen de negocio** de las compañías relativo al cultivo del tomate en España en 2019 es de **88 millones de euros**. La **generación de empleo específica del cultivo de las 11 empresas obtentoras es de unos 200 puestos de trabajo directos** en el país. De estos puestos de trabajo, 150 están directamente relacionados con empleos en el ámbito de la investigación y el desarrollo.



Figura 18. Radiografía de las 11 compañías del sector obtentor en el cultivo del tomate en España (cuestionarios enviados a las compañías asociadas a ANOVE que trabajan en el cultivo del tomate).

Todas las compañías del sector obtentor en el cultivo del tomate **realizan actividades de investigación, desarrollo e innovación en España mediante programas de mejora vegetal propios**. Solo una empresa realiza actividades de investigación de forma externa en otras sedes del mismo grupo en otros países, 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.).

La mayor parte de estas compañías del cultivo del tomate se concentran en las Comunidades Autónomas de Murcia, Andalucía, Comunidad Valenciana, Cataluña y Aragón, donde están ubicadas sus sedes y sus centros de investigación y desarrollo.



Figura 19. Distribución geográfica de los centros de investigación y/o desarrollo de las compañías del sector obtentor que trabajan en el cultivo del tomate.

El desarrollo de actividades de I+D+i ha permitido al sector incrementar el número de variedades de tomate disponibles en el mercado en los últimos años, aumentando su actividad significativamente a partir de 2003 y registrando un pico de variedades especialmente alto en los últimos años. En este sentido, las compañías obtentoras han registrado 450 nuevas variedades de tomate desde 2003 en España, de las cuales más de 108 fueron registradas entre los años 2017 y 2019. De estas, 91 fueron registradas por las empresas analizadas en este estudio.

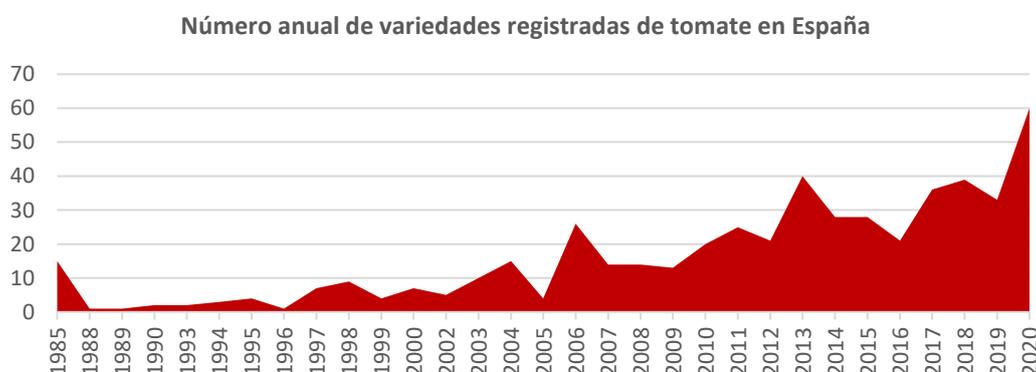


Figura 20. Evolución del registro de variedades de tomate en España (Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).



Figura 21. Nuevas variedades de tomate registradas en total desde 2003 y por parte de las empresas del cultivo del tomate encuestadas en este estudio, durante los ejercicios 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 (encuesta propia).

El valor socioeconómico que estas empresas del sector obtentor del cultivo del tomate **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 tomate se ha cuantificado en base a esta metodología a partir de la información de base publicada en el marco input-output de España (INE)³, desagregando los impactos directos, indirectos e inducidos que se derivan de esta actividad.

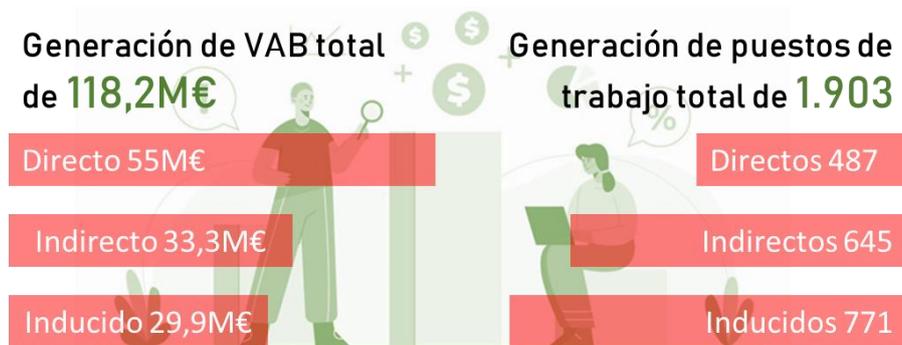


Figura 22. VAB y puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos aportados al conjunto de la economía española por parte de las empresas del sector obtentor del cultivo del tomate durante el año 2019

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

Los cuestionarios rellenados por las empresas han permitido **conocer el detalle de 25 iniciativas** en el ámbito de la I+D+i de la mejora del tomate **desarrolladas entre los años 2017 y 2019**. Todas estas iniciativas en I+D+i buscan incorporar mejoras en tomate 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 tomate 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 **21 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 23. Principales eslabones de la cadena agroalimentaria considerados para determinar los principales impactos de las iniciativas en I+D+i.

Se han distinguido **3 subsectores de especialización para las iniciativas desarrolladas** en el ámbito de la I+D+i, que son los siguientes:

- **Tomate para consumo en fresco**
- Tomate para industria
- Portainjertos

³ 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.

En este apartado se analiza el **impacto que buscan las iniciativas en cada eslabón de la cadena agroalimentaria** y en particular para el subsector de especialización destinado **al tomate para consumo en fresco**. 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 producción, la distribución y el consumo. No se analiza el eslabón de la transformación dado que se considera únicamente el subsector de especialización del tomate para consumo en fresco y, en este subsector, **no existe ningún proceso de transformación**.

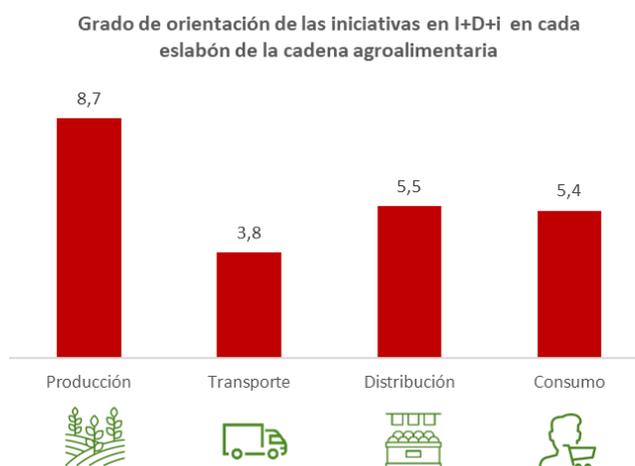


Figura 24. Puntuación total de las 25 iniciativas para cada eslabón de la cadena agroalimentaria (sobre 10)⁴.

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

Producción

El **eslabón de la Producción es en el que se orientan la mayoría de las iniciativas en I+D+i del tomate**. 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 25 iniciativas:

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

⁴ 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.



Los resultados de las encuestas muestran que el **factor con una mayor orientación** en el eslabón de la Producción es el **incremento de las exportaciones del tomate**. Lo siguen, con una menor orientación, los factores relativos al incremento de los rendimientos del cultivo, la mejora del manejo y el incremento de la resistencia a plagas y enfermedades.

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 maquinaria para su producción, con la reducción de la mano de obra y con la compensación de los efectos del cambio climático.

Distribución

El eslabón de la Distribución es el segundo con una mayor orientación global de las iniciativas en I+D+i del tomate. 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 25 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón de la Distribución	<i>Grado de impacto promedio (sobre 10)</i>
1. Diferenciación respecto a otros productos	6,9
2. Mayor disponibilidad de variedades durante el año	6,3
3. Mayor diversidad de producto . Por ejemplo, que una misma especie pueda usarse para ofrecer diferentes productos según las necesidades del distribuidor	5,1



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 la **diferenciación respecto a otros productos**. Los factores con menor orientación son la mayor disponibilidad de variedades durante el año y la mayor diversidad de producto.

Consumo

El eslabón del Consumo ocupa la **tercera posición en la orientación global de las iniciativas en I+D+i del tomate**, con una valoración media muy similar al eslabón de distribución. Es por eso que en el apartado de impactos del sector obtentor en la cadena de valor, estos dos eslabones se analizan de forma conjunta. 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 25 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.	5,8
2. Mayor disponibilidad de variedades durante el año	5,1
3. Mejores condiciones organolépticas , en cuanto a sabor, textura, olor, color o temperatura	4,9
4. Mayor diversidad de producto . Por ejemplo, que una misma especie permita ofrecer diferentes productos en función de la demanda del consumidor	4,9



Los resultados de las puntuaciones muestran como los factores donde **más se está orientando la I+D+i** en el cultivo del tomate en el eslabón del Consumo son la mejora en términos de **calidad y valor nutritivo del producto final** y la **mayor disponibilidad de variedades** durante el año. Se consideran con una menor orientación las iniciativas en I+D+i relacionadas con una mejora de las condiciones organolépticas y de la diversidad del producto.

Transporte y logística

El eslabón del Transporte y Logística es al que **las iniciativas en I+D+i del tomate están menos orientadas**. Las puntuaciones en los 3 factores considerados en este eslabón han sido de las más bajas en comparación con los factores de los eslabones anteriores. Los factores considerados, 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 25 iniciativas:

Factores analizados en las iniciativas de I+D+i en el eslabón del Transporte	Grado de impacto promedio (sobre 10)
1. Mejora de la resistencia del producto durante el transporte sin resentirse la calidad.	4,3
2. Optimización del envasado . Por ejemplo, obtención de variedades que por sus características minimicen la necesidad de embalajes para su transporte.	3,8
3. 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.	2,1



Los resultados de las de las encuestas a las compañías del cultivo del tomate 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 tomate en el año 2019 fue de 16,7 millones de euros.** El 88% de esta inversión es la que realizan las empresas obtentoras en sus programas de investigación y desarrollo internos de mejora vegetal en España. El 12% de la inversión económica es en concepto de inversión en I+D+i externa, subcontratada a otras empresas del mismo grupo. A diferencia de otros cultivos en el sector del tomate no existen inversiones en I+D+i en concepto de pago de royalties por innovaciones ya realizadas y patentadas por otras organizaciones.

Inversión interna y compra externa de I+D+i por parte de las empresas obtentoras del cultivo del tomate en 2019

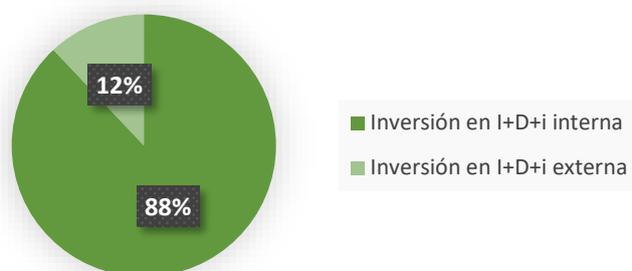


Figura 25. Inversión interna e inversión externa en I+D+i por parte de las empresas obtentoras del cultivo del tomate en 2019 (encuesta propia).



La **inversión en I+D+i que realizan las empresas obtentoras** españolas en el cultivo del tomate es de 16,7 millones de euros. **Esta cifra supone un promedio del 24,4% del volumen de negocio** anual que generan las empresas obtentoras en el subsector del tomate en España.

Durante el año 2020 se han identificado **25 iniciativas de I+D+i interna en marcha** en el cultivo del tomate en España por parte de las diferentes empresas encuestadas⁵. Se han tenido en cuenta únicamente las iniciativas en investigación y desarrollo directamente **relacionadas con la mejora del tomate para consumo en fresco.** Cinco de las 25 iniciativas identificadas también están orientadas a la mejora de portainjertos en el cultivo del tomate. 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.

Algunas de las compañías encuestadas optan por complementar su I+D+i externalizando una parte de estas actividades. Concretamente, la inversión externa por parte de las **empresas obtentoras españolas del cultivo del tomate en el año 2019 fue de 2 millones de euros.** Esta inversión externa se destinó a otras empresas que pertenecen al mismo grupo dentro y fuera de España. En el año 2019 la mayor parte de la **inversión externa en I+D+i por parte de compañías**

⁵ Las 25 iniciativas están identificadas y caracterizadas a través de los cuestionarios propios.



obtentoras en el cultivo del tomate se destinó a otras empresas del mismo grupo dentro de España.



Figura 26. Porcentajes de compra externa de I+D+i a otras organizaciones por parte de las empresas obtentoras del cultivo del tomate en 2019 (encuesta propia).

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 cumplimiento 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 27. 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 tomate, los incrementos de productividad pueden cuantificarse en crecimientos medios del 2% anual. Esto ha supuesto un **aumento de la productividad global en este periodo cercano al 132%**. En los últimos 30 años (desde el año 90), el incremento ha sido de un 88%.

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 28. 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 también las que compensan la pérdida de productividad causada por el decremento en el uso de *inputs* en la agricultura.

En el caso concreto del tomate, ha podido identificarse una disminución del empleo de fertilizantes, fitosanitarios y de la utilización de capital humano. Por otro lado, se ha producido un incremento de la mecanización. En este sentido, en términos globales se considera que se ha producido una disminución de los *inputs* en este cultivo. Por este motivo, **la evolución del factor total de productividad sería, en consecuencia, un 1% superior a la evolución del rendimiento de este cultivo, y por lo tanto a la introducción de innovaciones.**



Figura 29. La innovación se relaciona con el factor total de productividad.

El aumento registrado en términos de rendimiento ligado a la innovación 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 30. 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 tomate.



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%**. No obstante, la aportación se habría incrementado en las últimas décadas oscilando alrededor del 80% de los incrementos de productividad, según distintas fuentes europeas.

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

 2010	<p>Aproximadamente un 50% del incremento de la productividad en el último siglo es atribuible a mejores genotipos</p>	<p>40 -50%</p>
 2015	<p>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</p>	<p>50%</p>
	<p>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).</p>	<p>50%</p>
 2000	<p>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.</p>	<p>30-47%</p>
 2014	<p>Björnstad, 2014. En las tierras cultivadas de Finlandia, Noruega y Suecia, la obtención vegetal sería responsable de un 29% de los incrementos de los rendimientos observados entre 1946 y 1960, del 43% de los observados entre 1960 y 1980 y del 89% de los observados entre 1980 y 2005.</p>	<p>89%</p>
 2013	<p>Noleppa y von Witke, 2013. Antes del cambio de milenio la importancia promedio de la obtención vegetal en el incremento de productividad en los cultivos de Alemania se encontraba en el 50%, habiéndose incrementado hasta el 75% desde el cambio de siglo.</p>	<p>75%</p>

Figura 31. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad de los cultivos durante la segunda mitad del s.XX, según distintas fuentes consultadas

En el caso del tomate, si bien no existen muchos estudios específicos, los existentes coinciden en sus conclusiones en relación con la aportación del sector obtentor en las últimas décadas.

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

 2007	Fooland, 2007. En promedio, en el caso del tomate la mitad de los incrementos de la productividad son atribuibles a mejoras aportadas por el sector obtentor.	50%
 2012	Nikola et al, 2012. El estudio estimó que en torno al 50% de la mejora de la productividad del cultivo de tomate en la región de Lushnja, era atribuible a la aportación del sector obtentor	50%
 2016	El estudio, tomando como referencia los dos anteriormente mencionados, también consideró que un 50% de los incrementos de productividad observados en el tomate eran atribuibles al sector obtentor.	50%

Figura 32. Aportación del sector obtentor al incremento de productividad del tomate 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 el 50% del aumento de los rendimientos de tomate (y por lo tanto de las toneladas producidas) en España en los últimos 30 años.**

Esta hipótesis ha sido contrastada por el Comité de Expertos, que indicó en distintas iteraciones que la innovación varietal podría explicar un aumento de los rendimientos superior al 50%. No obstante, por prudencia, este estudio tiene en cuenta la hipótesis de los estudios de referencia para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos. Este cálculo debería ser revisado 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 la semilla y sus plántulas. No obstante, las innovaciones del sector obtentor (vistas en el apartado 3) buscan ir más allá, y tienen en cuenta impactos ambientales, sociales y económicos en el cultivo de tomate, así como los procesos de transporte, distribución y consumo de tomate fresco.

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 tomate. 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 32 para posteriormente poder analizar si las mismas eran correctas o los datos evolutivos no lograban demostrarlo.

H

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

Figura 33. Ejemplo de hipótesis recogida en el documento.

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



IMPACTO DE LA MEJORA VEGETAL (innovación en semilla)

Hipótesis (H): Δ 50% del rendimiento del tomate...

+ 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 transporte y distribución

Impacto de la mejora vegetal

↑ 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
- Embalaje
- Condiciones de transporte
- Atractivo del embalaje
- Otros componentes del producto final

4.2. Impactos ambientales

a. Insumos del cultivo del tomate

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

- 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 tomate ha contribuido a la disminución del consumo de fertilizantes.

Según datos del Anuario de Estadística (MAPA, 2019b), 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 que **no se dispone de 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 2011 a 2016 recogen datos sobre gasto de fertilizantes por hectárea en cultivos de tomate para las comunidades autónomas de Andalucía, Castilla y León, Castilla-la Mancha, Extremadura, Murcia y Comunidad Valenciana.

Asimismo, también se ha obtenido el promedio del precio anual de los fertilizantes pagados por los agricultores según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 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 tomate, así como del uso de fertilizantes por 100 kg de tomate producido.

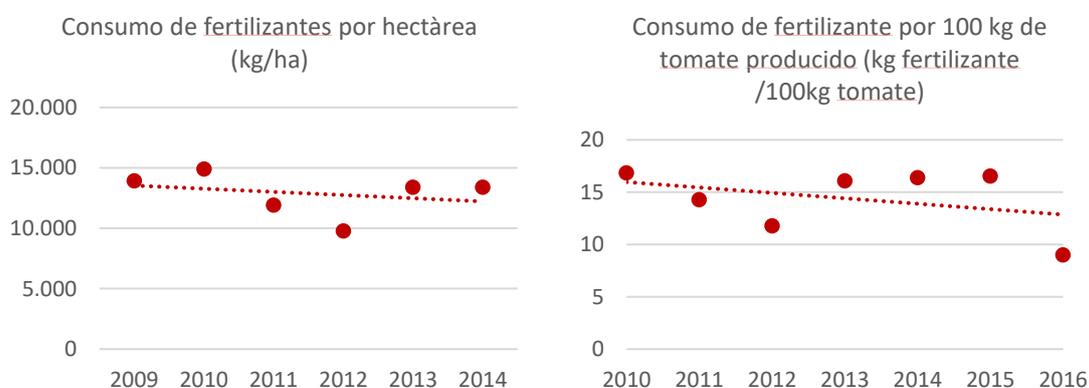


Figura 34. Uso de fertilizantes en el cultivo del tomate. Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, CyL, C-LM, Extremadura, Murcia y C. Valenciana) y MAPA (fertilizantes: precios medios anuales pagados por los agricultores).

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



El consumo de fertilizantes se ha reducido, tanto por hectárea como por kg producido. A partir de los datos disponibles se puede estimar que **la actividad obtentora permitió ahorrar 375.378 kg de fertilizantes** entre 2011 y 2016, una cifra equivalente al 1,3% del total de fertilizantes consumidos en España durante este periodo.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (I)

El **ahorro de fertilizantes** durante el período comprendido entre 2011 y 2016, gracias al impacto del sector obtentor, se ha calculado en base a la tendencia en el consumo de fertilizantes por hectárea, teniendo en cuenta lo siguiente:

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

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

$$FRTA = \sum_{i=2010}^{2016} (FRT_i - FRT_{2010}) * P_i * \%AP$$

Donde:

- FRTA = Fertilizantes ahorrados entre 2011-2016 [kg]
- FRT_i = Fertilizantes usados en el año *i* [kg fertilizante/100 kg tomate producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- FRT₂₀₁₀ = Fertilizantes usados en el año 2010 [kg fertilizante/100 kg tomate producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- P_i = Producción de cultivo de tomate en el año *i* en España [kg] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, **el 60% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la disminución del uso de fertilizantes**. En concreto se espera que 4 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 11, 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?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



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 indicado anteriormente, uno de los principales ejes clave de la investigación en la mejora del tomate es la resistencia a enfermedades y plagas. En este sentido, la mayoría de tomates comercializados en España son resistentes a hongos como *Fusarium* (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*) y *Verticillium* (*V. dahliae* y *V. albo-atrum*). Asimismo, muchas de las plantas de tomate incluyen resistencia al virus del mosaico del tomate (ToMV). Por ello, en el marco de este informe se realiza la siguiente hipótesis.

H

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

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 2011 a 2016 recogen **datos sobre gasto de fitosanitarios por hectárea en cultivos de tomate para las comunidades autónomas** de Andalucía, Castilla y León, Castilla-la Mancha, Extremadura, Murcia y Comunidad Valenciana. 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 tomate, así como el uso de fitosanitarios por 100 kg de tomate producido. En este caso, los datos disponibles permiten afirmar que el consumo de fitosanitarios se **ha mantenido constante por hectárea, habiendo disminuido por kg de tomate producido en el periodo analizado.**

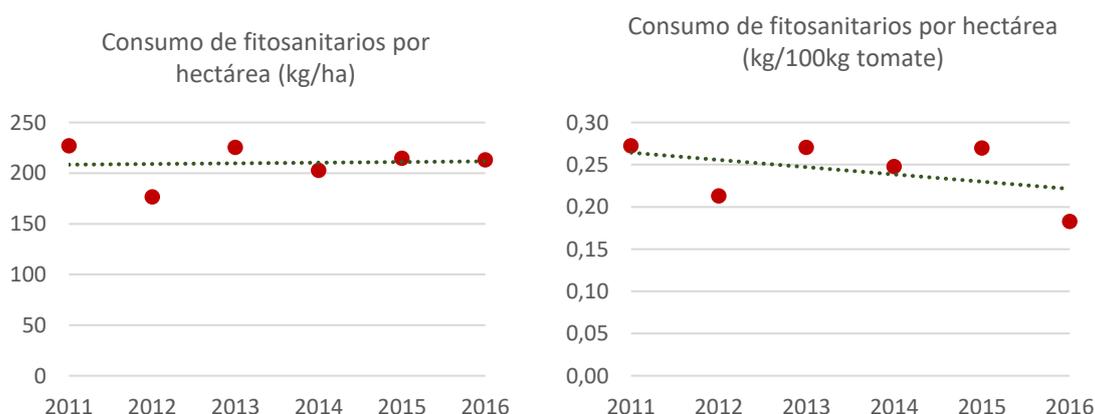


Figura 35. Uso de fitosanitarios en el cultivo del tomate. Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA (Andalucía, Castilla y León, Castilla-la Mancha, Extremadura, Murcia y Comunidad Valenciana) y MAPA (fitosanitarios: precios medios anuales pagados por los agricultores).

Esta disminución en el consumo de fitosanitarios no es solo 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, incluido el incremento en el uso de fauna auxiliar. 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 1.715.494 kg de fitosanitarios entre 2011 y 2016**, una cifra equivalente al 4,7 % del total de fitosanitarios consumidos en España durante este periodo.

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 (II)

El **ahorro de fitosanitarios** durante el período comprendido entre 2011 y 2016, 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 tomate producido de ECREA, debido a que toma como base comunidades autónomas representativas en el cultivo de tomate.

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]
- FS_i = Fitosanitarios usados en el año *i* [kg fitosanitario/kg de tomate producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- FS₂₀₁₁ = Fitosanitarios usados en el año 2011 [kg fitosanitario/kg de tomate producido] *Fuente: Cálculos propios a partir de ECREA y Anuario Estadística MAPA*
- P_i = Producción de cultivo de tomate en el año *i* en España [kg] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el 52% de las iniciativas de innovación del sector obtentor **tienen como objetivo incorporar resistencias a distintas plagas y enfermedades del tomate**. En concreto esperan que 9 tengan un impacto muy alto (5 sobre una escala de 1 a 5), y 4 menor, según los datos 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?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



iii. Consumo de energía

Los cambios fenotípicos introducidos por la mejora vegetal en el tomate, 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 este informe parte de la siguiente hipótesis:

H La mejora vegetal del tomate, 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 tomate. La información de detalle existente fue elaborada por el IRTA y Cajamar en el año 2012 con datos de valores medios de consumo de energía por superficie de cultivo de tomate en España (Torrellas et al., 2012).

 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 tomate producida ha permanecido constante desde el año 2012.

Considerando que el consumo energético por hectárea ha permanecido constante desde el año 2012 y que la productividad del cultivo del tomate se ha incrementado entre 2012 y 2018, gracias a la actividad del sector obtentor, **durante el periodo 2012-2018 el consumo de energía por kg de tomate fue un 2% inferior a la existente durante 2012**. En consecuencia:

 En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de tomate durante el periodo 2012-2018, **hubieran sido necesarios 1.599 millones de MJ adicionales, con un promedio anual de 228 millones de MJ.**



Esto equivale al consumo anual efectuado por **6.400 hogares**⁶.

⁶ 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 (III)

Para el cálculo del ahorro energético se ha considerado un valor medio de necesidades de energía global (NEG) para la producción de tomate de 66MJ/m², según el estudio de Cajamar **con datos de valores medios de consumo de energía por superficie de cultivo de tomate en España** (Torrellas et al., 2012).

A partir de aquí se ha calculado por un lado el **consumo de energía necesaria para la producción de tomate en España sin tener en cuenta la aportación del sector obtentor** entre 2012 y 2018:

$$CESSO = \frac{NEG}{PRT_{2012}} \times \sum_{2012}^{2018} PRC_i$$

Donde:

- CESSO = Consumo de energía entre 2012 y 2018 sin la aportación del sector obtentor [GJ]
- NEG = Necesidades de energía global para la producción de tomate (MJ/m²). *Fuente: Estudio Cajamar (Torrellas et al., 2012)*
- PRT = Productividad del tomate en el año 2012 [t/ha]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PRC_i = Producción de tomate en el año i [t]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

Y por el otro lado se ha calculado el consumo de energía necesaria para la producción de tomate **considerando la aportación del sector obtentor** entre 2012 y 2018:

$$CECSO = NEG \times \sum_{2012}^{2018} \frac{PRC_i}{PRT_i}$$

Donde:

- CECSO = Consumo de energía entre 2012 y 2018 con la aportación del sector obtentor [GJ]
- NEG = Necesidades de energía global para la producción de tomate (MJ/m²). *Fuente: Estudio Cajamar (Torrellas et al., 2013)*
- PRT_i = Productividad del tomate en el año i [t/ha]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PRC_i = Producción de tomate en el año i [t]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

El **ahorro energético durante el período 2012-2018** se obtiene mediante la diferencia del Consumo energético con y sin el sector obtentor y aplicando el porcentaje de aportación del sector considerado, a través del siguiente cálculo:

$$E_{AH} = (CESSO - CECSO) \times \%AP$$

Donde:

- E_{AH} = Energía ahorrada durante el período 2012-2018 debido al incremento de productividad asociado al sector obtentor [GJ]
- CESSO = Consumo de energía entre 2012 y 2018 sin la aportación del sector obtentor [GJ]
- CECSO = Consumo de energía entre 2012 y 2018 con la aportación del sector obtentor [GJ]
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*

Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia al consumo energético adicional en ausencia de obtención vegetal, en caso de que la producción de este tomate adicional se hubiera producido en España. Sin embargo, **en ausencia de obtención, no se hubiera podido mantener el volumen de exportaciones de tomate** que se ha producido en los últimos años en España. De modo que para el cálculo del ahorro energético se considera también el consumo energético asociado al transporte de tomate que hubiera sido necesario importar en caso de no haberse querido alterar el volumen de exportaciones.

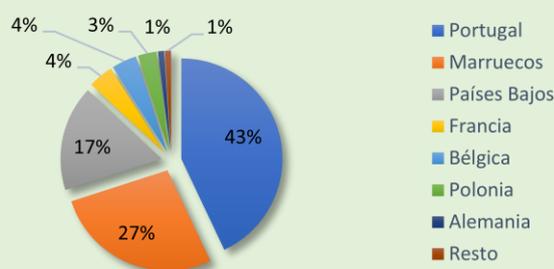
El cálculo de la cantidad de tomate que hubiera sido necesario importar durante el período comprendido entre 1990 y 2018, sin el impacto del sector obtentor, está detallado en el siguiente cuadro de metodología de cálculo.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (IV)

Las estimaciones anteriores hacen referencia al consumo energético adicional en ausencia de obtención **en caso de que la producción de este tomate se hubiera producido en España**. En caso de que hubiera sido necesario importar este tomate, con objeto de no reducir las exportaciones españolas, a los consumos anteriores deben añadirse los asociados al traslado de este tomate importado.

A partir del valor de la **cantidad de tomate que hubiera sido necesario importar** durante el período comprendido entre 1990 y 2018, calculado según el recuadro de la “Metodología de cálculo (VIII)”, 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 997 MJ/t importada. Por lo que el cálculo del consumo energético total de la importación es el siguiente:

$$CETI = PTASO \times CEP$$

Donde:

- CETI = Consumo energético total de la importación entre los años 1990-2018 [MJ]
- PTASO = Producción de tomate atribuible al sector obtentor i [t]. *Calculado en el recuadro de la “Metodología de cálculo (VIII)”*
- CEP= Consumo energético promedio que tiene un valor de 997 MJ/tonelada importada



En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, y no haberse querido alterar el volumen de las exportaciones, **hubiera sido necesario importar, entre 1990 y 2018, 36,4 millones de toneladas de tomate.**

Esta importación adicional de tomate 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 de 36.330 millones de MJ asociado a los gastos energéticos del transporte** en la fase de importación.

En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto un **consumo de energía promedio anual en el transporte de 1.250 millones de MJ/anales.**



Esto equivale al consumo anual efectuado por **35.100 hogares.**



Por lo tanto, el **ahorro energético total es de 1.480 millones de MJ/anales** correspondiente a la suma de los **ahorros energéticos en la producción, y en la importación** de tomate que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor.



En total esto equivale al consumo anual efectuado por **41.500 hogares**

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el 36% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como **objetivo disminuir el uso de maquinaria para su producción**, aunque no se espera que tengan un impacto alto en este objetivo, según datos obtenidos a través de los cuestionarios rellenados por las empresas obtentoras.

Por otro lado, el 84% de las iniciativas aspiran a **mejorar el manejo del cultivo**. En concreto, esperan que diez tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y once, 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.**

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



iv. Consumo hídrico

El consumo hídrico de tomate corresponde al suministro de las necesarias cantidades de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego. Este tipo de agricultura requiere de inversiones de capital y una cuidada infraestructura hídrica en función de si se trata de cultivo al aire libre o invernadero, exigiendo, a su vez, un desarrollo técnico avanzado.

Por ello, en el marco de este informe se ha establecido la siguiente hipótesis:

H

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

Según datos de IFAPA para tomate en invernadero en Almería, las dosis de riego aplicadas para el tomate en invernadero por hectárea han disminuido considerablemente desde 1982. En este sentido, Almería es la comunidad con una mayor superficie de cultivo de tomate en invernadero en España con una superficie en regadío de 88.279 ha en 2017, según el *Anuario de estadística* (MAPA, 2019b). Teniendo este hecho en cuenta, se ha calculado la dosis de riego de tomate en invernadero ahorrada gracias a la mejora vegetal. Cabe destacar que gran parte de la reducción del uso de agua por hectárea en invernaderos vienen dada por la innovación tecnológica en este ámbito, mientras que la reducción del uso de agua por kg producido viene dada principalmente gracias a los aumentos de productividad derivados de la mejora vegetal.



El Comité de Expertos atribuye parte de esta disminución del consumo de agua por kg de tomate producido en regadío 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 tomate producido.



Los resultados de las dosis de consumo de agua por hectárea producida de tomate **tienden a disminuir en los últimos años**. A partir de los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora de 1990 a 2017 **ha permitido ahorrar 15,3 millones de metros cúbicos de agua anuales** en el cultivo del tomate en invernadero.



El ahorro de agua es el equivalente **al consumo anual de una ciudad de 294.400 habitantes**.

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

METODOLOGIA DE CÁLCULO (V)

El **ahorro en el consumo de agua** durante el período comprendido entre 1999 y 2018, gracias al impacto del sector obtentor, se ha calculado en base a la tendencia en el consumo de agua por ha de cultivo de tomate en invernadero, teniendo en cuenta lo siguiente:

- ▶ **Se ha tomado como referencia datos del IFAPA (2017)** donde se indica una reducción del consumo de agua de 7.000 m³/ha año a 4.500 m³ en 2017 en Almería, la provincia española con mayor superficie cultivada de tomate en invernadero y se han extrapolado dichos datos a la producción de tomate en invernadero en todo el estado. Se ha tomado como referencia datos del IFAPA (2017) donde se indica una reducción del consumo de agua de 7.000 m³/ha en 1982 año a 4.500 m³ en 2017 en Almería, la provincia española con mayor superficie cultivada de tomate en invernadero
- ▶ Se ha asumido que **la reducción del consumo de agua ha sido constante** entre 1982 y 2017, reduciendo el consumo 128,57 m³/ha cada año. En este contexto, se asume que en 1990 se consumieron 5.971,43 m³/ha en invernadero, valor tomado como referencia para el cálculo del ahorro.
- ▶ Se han **extrapolado dichos datos a la producción de tomate** en invernadero en todo el estado.

El cálculo del **consumo hídrico ahorrado gracias al sector obtentor** es el siguiente:

$$ACH = \sum_{i=1990}^{2017} (STH_i * 5.971,43 - [STH_i * 5.971,43 - 128,57i]) * \%AP$$

Donde:

- ACH = Ahorro en el consumo hídrico entre 1999-2017 [m³]
- STH_i = Superficie dedicada a la producción de tomate en invernadero en España [ha]
Fuente: Anuario Estadística MAPA
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor (en función del escenario) [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Según los datos obtenidos a través de los cuestionarios rellenados por las empresas obtentoras, actualmente no existen iniciativas de innovación del sector obtentor que tengan como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico de forma directa. Aun así, **un 56% de las iniciativas tiene como objetivo compensar los efectos del cambio climático**, que incluye el desarrollo de nuevas variedades con una mayor adaptabilidad a escenarios de más sequías.

La innovación en este campo cobrará una especial importancia futura, teniendo en cuenta que el cultivo es de regadío y que las previsiones climáticas apuntan a un aumento de los períodos de sequía en los próximos años, siendo España uno de los primeros países europeos en percibir estos efectos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGRARIO



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 2012, 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 tomate ha contribuido a la disminución de emisión de gases de efecto invernadero en su cultivo.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VI)

El cálculo de las emisiones de CO₂ ahorradas es análogo al del ahorro energético. En este caso se ha considerado unas emisiones (EM) de 0,25 kg CO₂/kg según el estudio de Cajamar **con datos de valores medios de emisiones por quilogramo de producción de tomate en España**.

De modo que a partir de la suma de la **diferencia entre emisiones de CO₂ por kg de tomate producido entre 2012 y 2020** se puede obtener el ahorro de la siguiente manera:

$$AH\ CO_2 = EM \times PRT_{2012} \left(\frac{1}{PRT_{2012}} \times \sum_{2012}^{2018} PRC_i - \sum_{2012}^{2018} \frac{PRC_i}{PRT_i} \right) \times \%AP$$

Donde:

- AH CO₂ = Ahorro promedio anual de emisiones de CO₂ debido al incremento de producción del tomate gracias a las innovaciones del sector obtentor [tCO₂]
- EM = Emisiones de CO₂ por quilogramo de tomate producido (kgCO₂/kg tomate). *Fuente: Estudio Cajamar (Torrellas et al., 2013)*
- PRT_i = Productividad del tomate en el año i [t/ha]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PRC_i = Producción de tomate en el año i [t]. *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- %AP = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*



En caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, para obtener la misma producción de tomate durante el periodo 2012-2018, se hubieran emitido **50.420 toneladas de CO₂ adicionales**. Es decir, unas emisiones promedio de **7.200 toneladas de CO₂ anuales**.



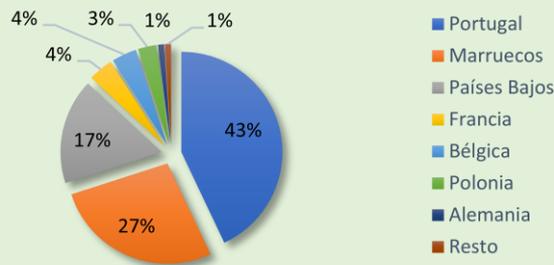
Esto equivale a las emisiones anuales de **4.300 coches**.

Adicionalmente, las estimaciones anteriores hacen referencia a las emisiones de gases de efecto invernadero adicionales que, en ausencia de sector obtentor, se hubieran producido en España **para obtener las mismas cantidades de tomate que se produjeron en el periodo**. No obstante, en caso de que hubiera sido necesario importar este tomate (con objeto de no reducir las exportaciones españolas), a las emisiones anteriores **deberían añadirse las asociadas al traslado de este tomate importado**, calculadas en el cuadro de Metodología de cálculo VII.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VII)

A partir del promedio de la cantidad anual adicional producida de tomate gracias al sector obtentor entre 2012 y 2018, se estima las emisiones de CO2 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 CO2 promedio por tonelada debido al transporte (ECO2P)**, que son de 0,07 kg CO2/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 CO2 totales de la importación entre los años 2012-2018 [€]
- PPAA = Promedio de la producción adicional anual de tomate entre 2012-2018 [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (IX)"* **Error! Marcador no definido.**
- ECO2P = Emisiones de CO2 promedio, que tiene un valor de 0,07 kg CO2/tonelada importada



En caso de no haberse implantado las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, y no haberse querido alterar el volumen de las exportaciones, **hubiera sido necesario importar**, entre 2012 y 2018, 15,2 millones de toneladas de tomate, con unas **emisiones de gases de efecto invernadero de 1,1 millones de toneladas de CO_{2eq}**.

En promedio anual, la falta de innovaciones del sector obtentor hubiera supuesto unas **emisiones adicionales promedio anuales asociadas al transporte de 90.250 t de CO_{2eq}/año**.



Esto equivale a las emisiones anuales de **53.200 coches**.

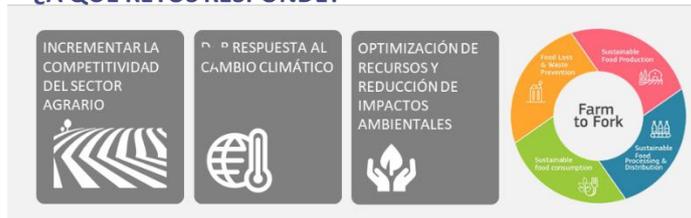


Por lo tanto, el **ahorro de emisiones total es de 97.450 t de CO_{2eq}/año** correspondiente a la suma de los **ahorros de emisiones en la producción, y en la importación** de tomate que hubiera sido necesario obtener en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor.



En total esto equivale a las emisiones anuales de **57.500 coches**

¿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 tomate 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 tomate 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 siguiente cuadro.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (VIII)

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:

$$SPI = \sum_{i=1990}^{2018} \frac{PTAi}{PRT - \left(\frac{PTAi}{SPi}\right)} = \frac{PTAi}{PRi}$$

Donde:

- SPI = Superficie adicional de tomate que hubiera sido necesaria cultivar entre 1990 y 2018
- PTAi = Producción de tomate adicional gracias a la mejora en el año *i* [t] *Calculado en el recuadro de la "Metodología de cálculo (VIII)"* **Error! Marcador no definido.**
- PRii = Productividad año *i* sin la aportación de la mejora vegetal [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA y cálculos propios*
- PRT = Productividad año *i* [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- SPi = Superficie de cultivo de tomate en el año *i* [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*



Si los incrementos de rendimiento gracias a la mejora desde 1990 no se hubieran producido, se hubiera necesitado una media de 28.079 ha más cada año, (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.35) para obtener la producción obtenida anualmente de tomate, el equivalente a 40.113 campos de fútbol. 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.

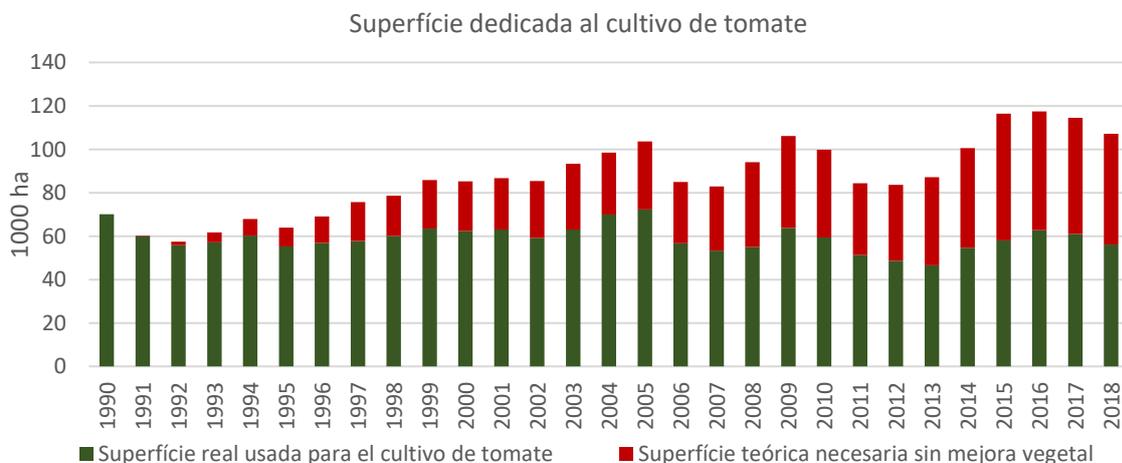


Figura 36. Superficie dedicada al cultivo de tomate en España entre 1990 y 2018.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



4.3. Impactos económicos

a. Incremento de las toneladas de tomate 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 tomate producidas**. Teniendo en cuenta los incrementos de producción derivados de las mejoras en el sector obtentor, se estima que la mejora vegetal ha permitido obtener...



Figura 37. Impactos en el eslabón de producción y promedio en toneladas de tomate entre los años 1990 y 2018 y anual.



La producción acumulada adicional **entre 1990 y 2018 ha sido de 36,4 millones de toneladas, un 32% de la producción en este periodo**. En este sentido, la aportación anual sería de 1,26 millones de toneladas de tomate adicionales gracias a la mejora vegetal.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



METODOLOGIA DE CÁLCULO (IX)

La **cantidad de tomate adicional producida** entre 1990 y 2018 gracias a las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, se calcula en base a la suma de la producción atribuible a la mejora vegetal, considerando las siguientes hipótesis explicadas de forma más amplia en el apartado 4.1 de este documento:

- ▶ Se considera que la mejora vegetal aún no tenía efectos sobre la productividad en el año 1990.
- ▶ Dado que el uso global de inputs en el cultivo de tomate ha disminuido en los últimos años, el factor total de productividad del tomate es un 1% anual superior a los incrementos anuales de rendimiento observados en este cultivo.
- ▶ Se considera el escenario conservador en el que considera que el 50% de la mejora de productividad es atribuible al sector obtentor (hipótesis validada por el Comité de expertos).

Para el cálculo de la **cantidad de tomate adicional** en primer lugar se calcula el porcentaje de incremento anual atribuido a la mejora vegetal:

$$\%IMV_i = \left(\frac{PR_i - PR_{i-1}}{PR_{i-1}} + 1\% \right) \times \%AP$$

Donde:

- $\%IMV_i$ = Porcentaje de incremento atribuido a la mejora vegetal en el año “i” respecto el año “i-1” [%]
- PR_i = Productividad año i [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PR_{i-1} = Productividad año i-1 [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- $\%AP$ = Porcentaje de aportación del sector obtentor [%] *Se considera el escenario conservador del 50% (hipótesis validada por el Comité de expertos)*

A partir de aquí se calcula la **producción de tomate atribuible al sector obtentor entre 1990 y 2018** de la siguiente manera:

$$PTASO = \sum_{i=1991}^{2018} [(PR_{i-1} \times (1 + \%IMV_i) - PR_{1990}) \times SP_i]$$

Donde:

- $PTASO$ = Producción de tomate atribuible al sector obtentor i [t]
- PR_{1990} = Productividad año 1990 [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- PR_{i-1} = Productividad año i-1 [t/ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*
- $\%IMV_i$ = Porcentaje de incremento atribuido a la mejora vegetal en el año “i” respecto el año “i-1” [%]
- SP_i = Superficie de cultivo de tomate en el año i [ha] *Fuente: Anuario Estadística MAPA*

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

El incremento de la productividad y de la calidad del tomate 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 la mejora varietal, se estima que la actividad del sector obtentor ha permitido:



Figura 38. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores y de promedio entre los años 1990 y 2017 y anual.



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 12.058 millones de euros, un 31,2% de sus ingresos de este periodo**. Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 430,7 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (X)

El incremento de los ingresos de los agricultores atribuibles a la mejora vegetal entre 1990 y 2017 se calcula en base a **(1) el valor a precios básicos por tonelada** de tomate producida y a **(2) la producción atribuible a la mejora vegetal** explicada en el cuadro de "Metodología de cálculo IX.

- El cálculo del valor a **precios básicos por tonelada** de tomate 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*

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

$$IIA = \sum_{i=1990}^{2018} [PBT_i \times PTASO_i]$$

Donde:

1. IIA = Incremento de los ingresos de los agricultores atribuibles a la mejora vegetal [€]
2. PBT_i = Valores a precios básicos por tonelada producida en el año i [€/t]
3. $PTASO_i$ = Producción de tomate atribuible al sector obtentor i [t] *Calculado en el cuadro de "Metodología de cálculo IX"*

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



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)**. 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 añadido bruto que aporta el sector.



La actividad obtentora **ha permitido incrementar el VAB total** durante el periodo comprendido entre 1990 y 2017 **en 16.697 millones de euros**. Lo que **supone una aportación al VAB total anual en promedio de 596 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo

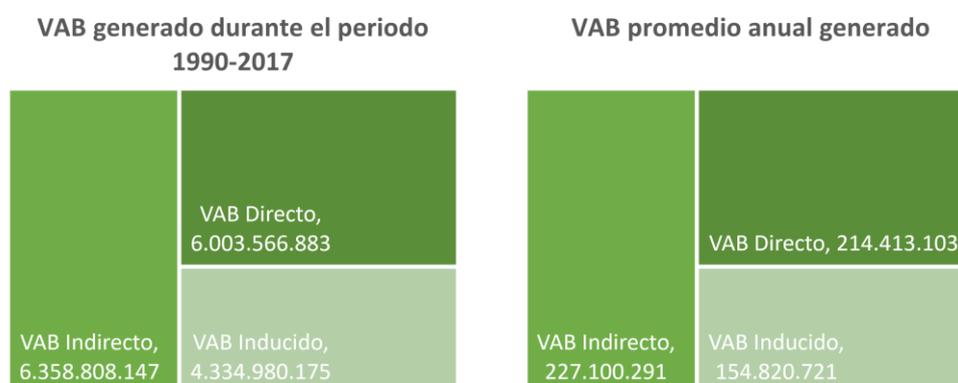


Figura 39. Valor Añadido Bruto durante el periodo 1990 y 2017 y anual generado por la actividad obtentora.

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).

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XI)

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

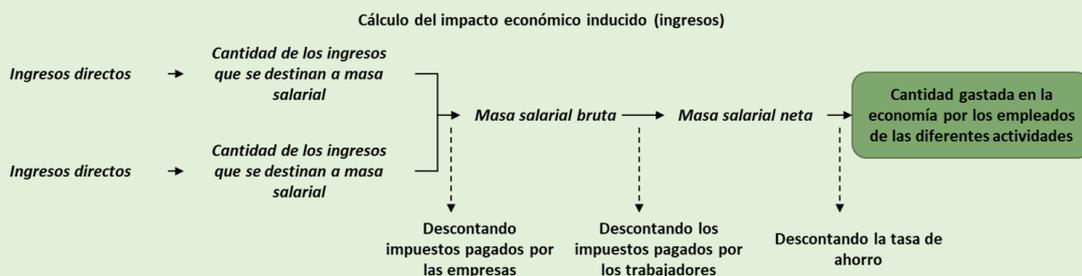
$$\text{VAB directo} = \text{Factor multiplicador de la producción del VAB} + \text{Incremento de ingresos}$$

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.

$$\text{Incremento de ingresos} + \text{Factor multiplicador sectorial del VAB} = \text{VAB directo + indirecto}$$

$$\text{VAB indirecto} = \text{VAB directo + indirecto} - \text{VAB directo}$$

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

$$\text{VAB total} = \text{VAB directo} + \text{VAB indirecto} + \text{VAB inducido}$$

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**.

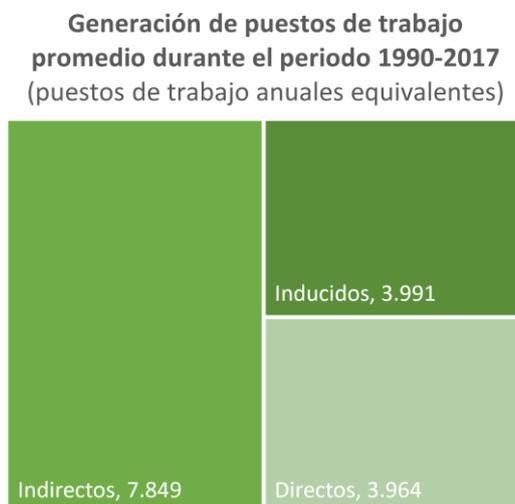


Figura 40. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1990-2017 generados por la actividad obtentora.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (XII)

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, se han generado **15.804 puestos de trabajo anuales equivalentes durante el periodo 1990-2017**.

Este impacto económico y social es aún más relevante si se tiene en cuenta que **donde se han generado mayoritariamente es en las zonas rurales de España.**

Andalucía y Extremadura son las CC.AA. con mayor superficie de cultivo de tomate en España (40% cada una en 2019), y 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, las comunidades autónomas mencionadas sumaron un total de 303.925 ocupados en la agricultura. En este aspecto, los puestos de trabajo anuales equivalentes generados gracias a la aportación del sector obtentor sería de un 5%.

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 tomate, 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 tomate.

A continuación, se destacan algunas de ellas.

Iniciativas de apoyo del sector primario y al medio rural



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.



Herramienta digital para la protección y conservación del suelo y agua

La iniciativa pone a disposición de agricultores y técnicos una nueva herramienta digital para proteger el suelo y el agua en entornos agrarios.



Cruz Roja Responde

Donación a la iniciativa Cruz Roja Responde, que da soporte a zonas rurales tras la pandemia del covid 19.

Iniciativas para promover la alimentación saludable



Summersun, niños y deporte

Campaña de sensibilización. Carpa en campos de rugby de niños con tomate cherry *summersun* para incentivar la ingesta de tomate cherry después de los partidos como snack.



Acercar a los niños a las plantas

Desplazamiento de excursión de colegios al invernadero con charlas por parte de los técnicos de la compañía



Sapiens del Tomate

Campaña de sensibilización. Escribir y editar un libro que reúna la mayor información sobre el tomate



La Pandi

Taller para niños de 4 a 8 años para introducirles las hortalizas y mejorar sus hábitos alimenticios.

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

El tomate es la hortaliza fresca más consumida entre los españoles y la más costosa en términos de gasto. En 2019 se consumieron una media de **13,3 kilos de tomate por persona y año**, representando un 23,4% del consumo total de hortalizas frescas en los hogares y un 2% del consumo total. El consumo per cápita anual, no obstante, ha decrecido en los últimos cinco años (-5 puntos, entre 2015 y 2019). El consumo fuera del hogar, por su parte, alcanzó los 0,98 kilos por persona. En términos de gasto, los tomates concentraron el 20% del gasto de los hogares en hortalizas, con un total de **22,5 euros por persona y año**, según datos del Panel de Consumo Alimentario del MAPA. El gasto per cápita muestra una tendencia creciente en los últimos cinco años, debido al encarecimiento registrado.

Los supermercados y la tienda tradicional son las plataformas donde más se compra este producto, llegando entre ambas a tener una cuota superior al 60%.



Figura 41. Principales canales de comercialización del tomate fresco. Fuente: MAPA, 2019

España es el segundo exportador de tomate para consumo en fresco. En 2019, un 62,5% de la producción de tomate para consumo en fresco (1.078 miles de toneladas) se destinó a la exportación, alcanzando un valor de 921,7 millones de euros. Tras varios años de liderazgo, el tomate dejó de ser en 2019 la hortaliza más exportada. La masiva oferta marroquí a bajos precios y la mayor eficiencia productiva de los invernaderos de otros países comunitarios donde España coloca sus exportaciones, son las principales causas.



Figura 42. Radiografía del consumo de tomate fresco en España. Fuente: MAPA, 2019

5.1. Impactos ambientales

Los impactos ambientales identificados en el eslabón de la distribución y el consumo están relacionados con el **transporte del tomate fresco hacia las centrales hortofrutícolas y los centros de distribución y comercialización.**

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.

5.2. Impactos socioeconómicos

a. Incremento del consumo interno y contención de precios

El consumo de tomate fresco en hogares se incrementó desde el año 1999 desde entorno las 500.000 toneladas a 615.000 toneladas el año 2019. Esto supone un **incremento en términos de producción de un 22% en los últimos 19 años.**

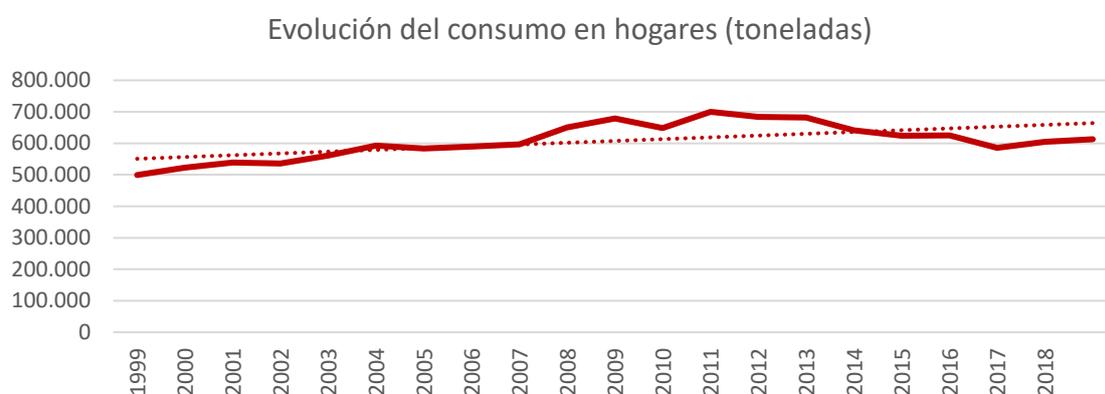


Figura 43. Evolución del consumo de tomate fresco en los hogares (MAPA, 2019)

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

H

La mejora vegetal del tomate ha contribuido al aumento de la producción de tomate fresco y, por ende, a contener el precio del tomate para el consumo interno.

Para poder verificar esta hipótesis, resulta necesario entender el impacto de la internacionalización, y en particular, del comercio exterior. El consumo interno de tomate fresco representa aproximadamente entre un 30 y un 50% del total de la producción anual en los últimos 20 años⁷. El resto, se destina a la exportación.

⁷ El consumo en hogares representa la mayor parte de este consumo. El consumo extradoméstico representa aproximadamente el 1% de la producción total.

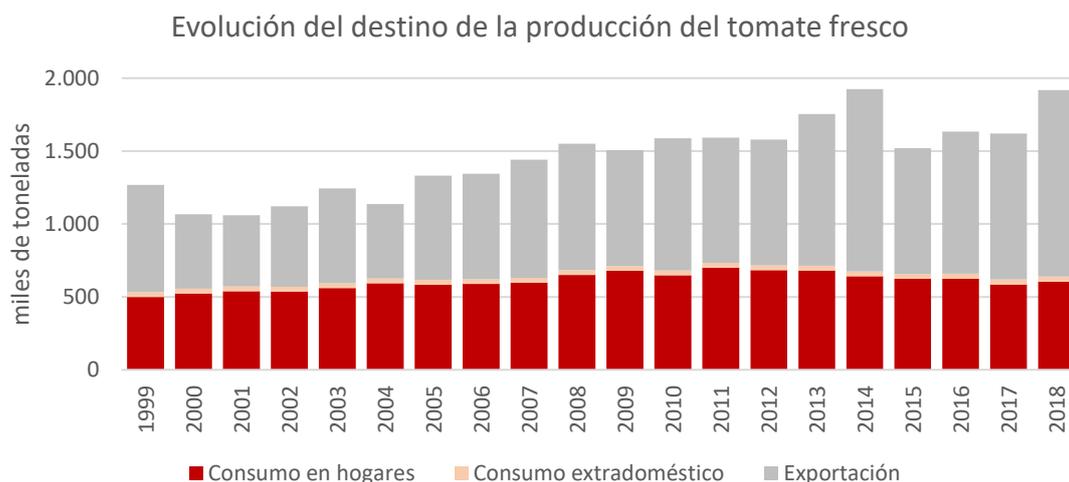


Figura 44. Evolución del consumo interno y de las exportaciones de tomate fresco (Panel de consumo alimentario en Hogares y Anuario de Estadística, MAPA 2019)

Si bien se observa en los últimos años una tendencia positiva en los **incrementos de la producción total del tomate fresco y de las exportaciones, en el caso del consumo de tomate en hogares ha habido más variabilidad**. Si se compara el consumo en hogares y las exportaciones respecto a la producción, se puede observar como el consumo interno tiende a disminuir, mientras que las exportaciones tienden a aumentar en los últimos 20 años (Figura 45).

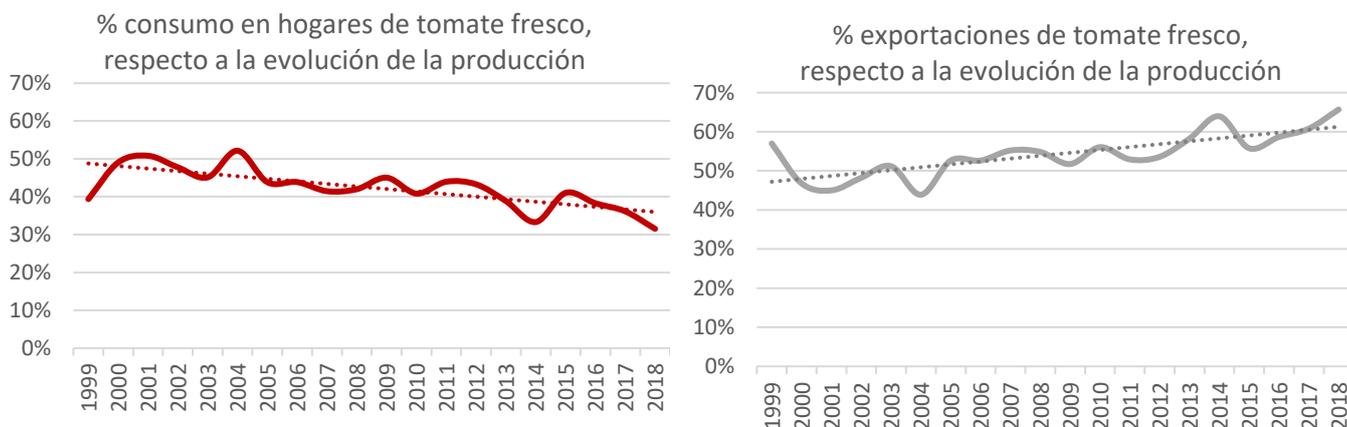


Figura 45. Evolución consumo de tomate para consumo en fresco en los hogares, y de las exportaciones en España (MAPA, 2019b; MICT, Datacomex, 2019)

En términos monetarios, la evolución del consumo en hogares de tomate ha aumentado significativamente en los últimos 20 años, pasando desde los 440 millones de euros en 1999 a más de 1.000 millones de euros el año 2019. Esto supone un **incremento del consumo (en valor) de un 136% en los últimos 19 años**.



Figura 46. Evolución del consumo de tomate fresco en los hogares en valor y cantidad (MAPA, 2019)

Si bien este estudio evalúa el impacto de la mejora vegetal del tomate fresco en España, la mejora vegetal de este cultivo tiene **efectos a nivel global, que trascienden en la cadena de valor del tomate**. La falta de investigación, desarrollo e innovación del sector obtentor en términos globales hubiera tenido distintos impactos:

- La productividad de tomate en el resto del mundo hubiera sido más baja, lo que habría impactado tanto en la **cantidad de tomate disponible en el mercado** (que sería más baja), **como en su precio** (que sería más caro, al existir menos oferta).
- En caso de que la cantidad de tomate 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 tomate** en el mundo.
- En cualquiera de los dos casos, los costes por kg producido habrían sido más elevados que los actuales.



El incremento de rendimiento conseguido en el cultivo del tomate gracias al sector obtentor ha permitido **contener el aumento del precio del tomate en fresco para consumo en hogares**, en un contexto de aumento de precios propiciado por el aumento de las exportaciones en los últimos 20 años.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



b. Incremento de las exportaciones.

Tal y como se ha comentado en el anterior apartado, una parte importante del tomate que se produce en España para consumo en fresco tiene como destino la exportación. El tomate exportado ha representado alrededor del 50% de la producción anual de tomate en los últimos años. En este contexto, el presente informe asume la siguiente hipótesis.

H

La mejora vegetal del tomate ha contribuido al aumento de las exportaciones de tomate fresco y, por ende, a aumentar las ventas y los ingresos de los agricultores.

Teniendo en cuenta que la producción total de tomate atribuible a la mejora vegetal entre los años 1999 y 2018 es de 33,1 millones de toneladas (visto en el apartado 4) y considerando el porcentaje de exportación anual de tomate producido durante este periodo, podemos estimar que **en los últimos 20 años se han podido exportar 18,7 millones de toneladas de tomate gracias a la mejora vegetal**. Esta cantidad es similar a la cantidad total de tomate exportada desde España durante este mismo periodo (tal y como muestra la Figura 46).

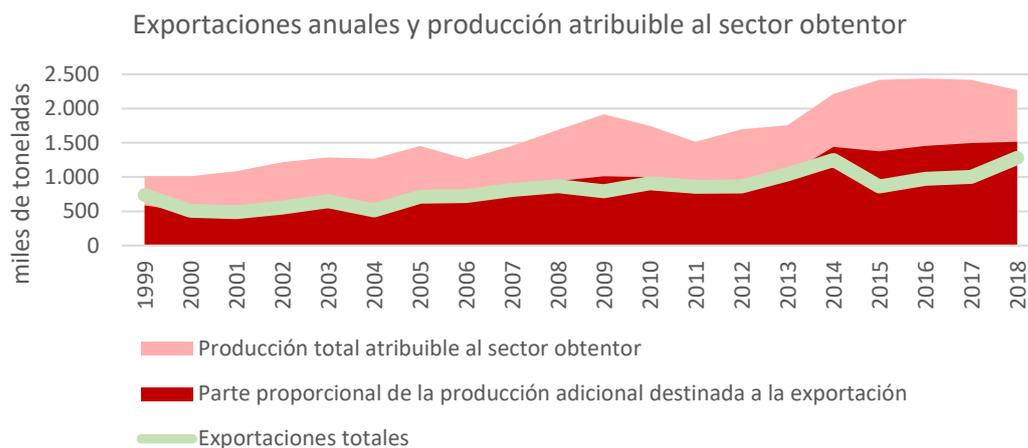


Figura 47. Comparativa entre la evolución de la exportación anual de tomate en España y la parte proporcional de la producción adicional de tomate atribuible al sector obtentor que estaría destinada a la exportación, según el porcentaje de exportación anual del tomate de los últimos años (Panel de consumo alimentario en Hogares y Anuario de Estadística, MAPA 2019)

Las empresas del sector obtentor encuestadas han considerado que la mayoría de las iniciativas en I+D+i que están desarrollando están orientadas a mejorar determinados factores (como el rendimiento del cultivo, la resistencia a enfermedades, etc.) pero en paralelo también consideran que están orientadas al incremento de la exportación del cultivo. Por lo que la exportación supone un incentivo importante en el diseño y la ejecución de los programas de I+D+i de las empresas obtentoras.



Si no hubiera podido **incrementarse la producción de tomate gracias al sector obtentor** (cuantificada en el apartado 4), estas cantidades hubieran tenido que dejar de exportarse, repercutiendo de manera directa en los **ingresos de los agricultores**.

En este contexto, **las posibilidades y el potencial de exportación del tomate es una de las palancas que incentiva la innovación** constante en este cultivo.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

El incremento de las exportaciones del tomate es el factor al que las empresas del sector obtentor consideran estar más orientadas en sus programas de I+D+i. Actualmente, **17 de las 25 iniciativas de innovación buscan, de alguna manera, el incremento de las exportaciones de tomate.**

c. Calidad del tomate (según el distribuidor)

La calidad es un concepto heterogéneo, que acepta distintos matices según la parte de la cadena implicada. Para el comercializador, intermediario, mayorista o responsable de las cadenas de supermercados, la calidad puede entenderse de acuerdo con los siguientes parámetros...



En términos de coste: cuanto más bajo es el precio que pagar al agricultor, mayor margen comercial consigue el operador en destino.



Vida postcosecha: cuanta mayor resistencia tenga el tomate a la manipulación, menores serán las pérdidas de manipulado. Ello permitirá maximizar el tiempo del producto en perfecto estado en las instalaciones del distribuidor, racionalizar sus stocks y adaptarlos a demandas concretas de sus clientes.



Apariencia visual: la apariencia del fruto es uno de los principales factores que condicionan la decisión de compra del consumidor, constituyendo una exigencia básica para este agente.

En el marco de este informe se ha considerado la hipótesis de que el sector obtentor ha contribuido, en alguna medida, a aumentar la vida postcosecha del tomate.



La mejora vegetal del tomate ha contribuido a alargar la conservación y, por ende, la vida media del tomate.

Actualmente, según la FAO, casi la mitad del desperdicio alimentario corresponde a los desechos de frutas y hortalizas a lo largo de toda la cadena. Si bien los factores ambientales y en particular, las enfermedades fúngicas, son responsables de las mayores pérdidas y desperdicios tanto en el campo como en post cosecha, el momento de la recolección, su almacenamiento o la genética de las distintas variedades también pueden explicar las diferencias en las conservaciones observadas.

En este contexto y tomando como referencia el tomate, su fruto es perecedero y cuenta con una vida postcosecha corta. La mayoría de **las variedades de tomate tradicionales tienen una vida útil muy limitada (de 5 a 9 días)** cuando el fruto se cosecha maduro. No obstante, en los últimos años, los mejoradores han desarrollado variedades de larga vida que han afectado al proceso de maduración y permitido **alargar la postcosecha desde los 15 hasta los 30 días** (RuralCat, 2018).

A continuación, se muestran dos ejemplos en los que la mejora genética ha permitido alargar la vida postcosecha de variedades concretas.

Tomate en rama



El tomate en rama se diferencia del resto de variedades por recolectarse cuando el fruto está maduro y por almacenarse sin refrigeración. En estas condiciones, puede llegar a tener una vida postcosecha superior a los seis meses.

Su larga conservación está relacionada directamente con la presencia de la **mutación alcobaça (alc.)**, que permite retardar la maduración, la senescencia y el decaimiento postcosecha. Se estima que esta mutación es responsable de un 26% de la variabilidad de esta variedad (Bota *et. al*, 2014).

Tomate cherry



Según datos aportados por Syngenta, se calcula que el **desperdicio** derivado del suministro de tomate desde el productor hasta el consumidor final **con variedades baby plum mejoradas podría reducirse en hasta un 25%** respecto a las variedades convencionales.



La mejora genética ha permitido **obtener tomates cada vez más firmes y de mayor vida postcosecha**, gracias a la incorporación de genes que alteran la maduración del fruto.



Al mismo también el alargamiento de la vida postcosecha del tomate **contribuye a disminuir el desperdicio alimentario**.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el **57% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la mejora de la resistencia del producto en la cadena y la reducción del desperdicio**. En concreto se espera que 10 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 6, menor.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, cabe esperar que la innovación en este campo cobre una especial importancia en el futuro, en un contexto de aumento demográfico y de limitación de los recursos.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES



ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES DE LOS CONSUMIDORES



d. Calidad del tomate (según el consumidor)

Si bien la calidad para el distribuidor puede entenderse a partir de los anteriores matices, para el consumidor la calidad se aprecia principalmente de acuerdo con tres parámetros...

 **Apariencia visual.** La apariencia visual (imagen, tamaño, forma, color, etc.) es uno de los principales factores que condicionan la decisión de compra, constituyendo una exigencia básica en la elección inicial del fruto por parte del consumidor (Weaver et al, 1992).

 **Variedad.** Más allá de la apariencia visual, las expectativas de los consumidores, su lugar de origen, su comportamiento respecto al medio ambiente, su poder adquisitivo o su estilo de vida requieren de un amplio abanico de variedades que satisfaga a todas las demandas y a todos los tipos de consumidores.

 **Atributos internos.** La calidad interna del tomate es más compleja y abarca desde la firmeza, la textura y la jugosidad, entre las características físicas del fruto, hasta el sabor y su valor nutricional/funcional, entre sus características químicas. Estos factores son los que más influyen en la fidelización y en la repetición de compra (Maul et al. 1997).

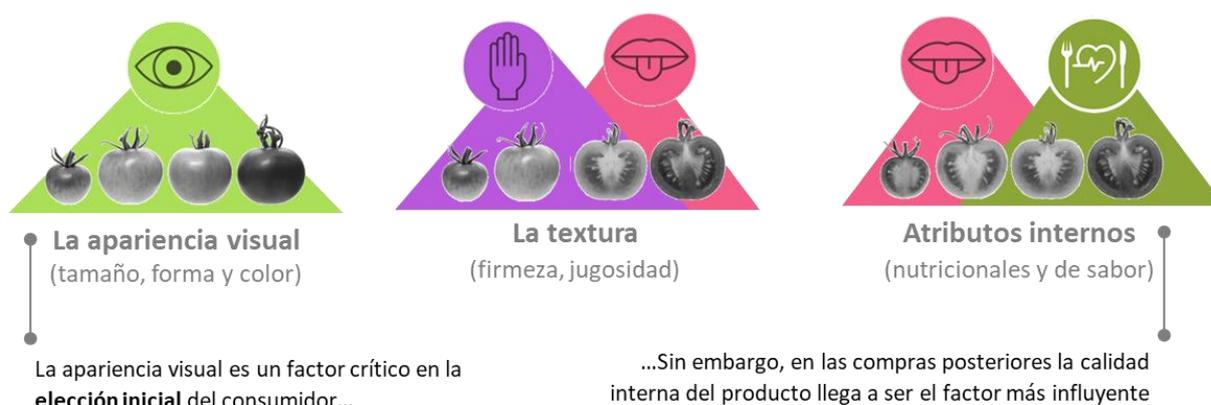


Figura 48. Parámetros de calidad del tomate apreciados por el consumidor. Fuente: elaboración propia

Por todo ello, en el marco de este informe se han considerado las siguientes hipótesis:

H La mejora vegetal del tomate ha contribuido a:

- Aumentar la diversidad del tomate
- Mejorar sus cualidades organolépticas
- Mejorar su valor nutricional.

i. Aumento de la diversidad del tomate

El tomate cuenta con una **gran variabilidad en lo que se refiere a tamaños, formas y colores de sus frutos**. A pesar de ello, distintos estudios sobre la domesticación del tomate han apuntado, durante años, que su domesticación y en particular la mejora de los cultivos para obtener rendimiento y productividad, han erosionado su variabilidad genética, especialmente si tenemos en cuenta las variedades silvestres y tradicionales. En consecuencia, rasgos de las especies silvestres como la resistencia a enfermedades y la tolerancia al estrés se han perdido (Ruiz Rubio, 2016).

Si bien hasta hace poco no había estudios estadísticos al respecto, un grupo de investigadores ha proporcionado evidencias de que la mejora ha aumentado considerablemente la diversidad de variedades de tomate desde la década de los 70 (Schouten et al., 2019). El estudio, que tiene en cuenta la diversidad de 90 variedades de tomate de invernadero en el noroeste de Europa (especialmente en los Países Bajos) durante las últimas siete décadas, muestra que **la diversidad genética fue muy baja durante los años 60 pero que actualmente es ocho veces mayor que en aquel momento.**

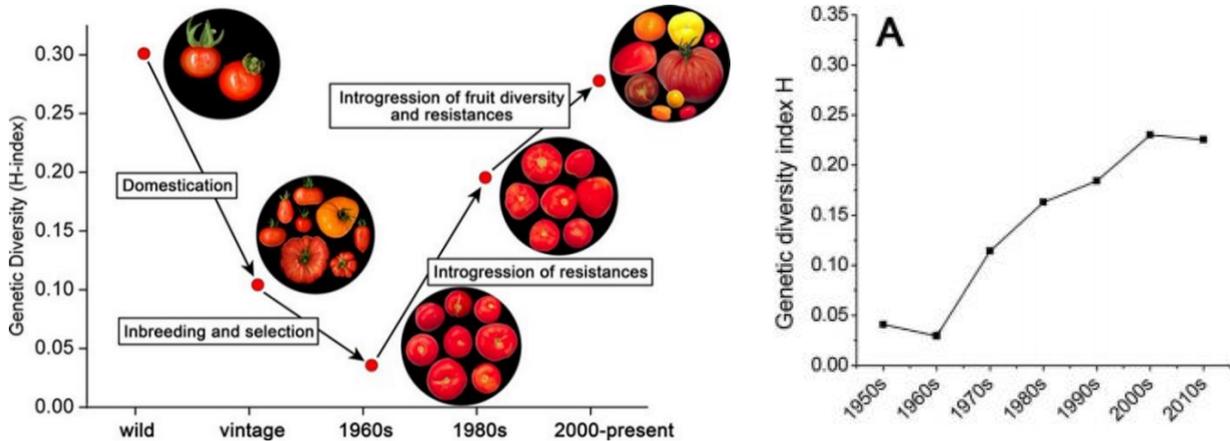


Figura 49.. Evolución de la diversidad del tomate en el noreste europeo. El H-index fue calculado mediante la frecuencia de SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) en cada época (Schouten, 2019).

El estudio diferencia distintos momentos clave que han impulsado el aumento de la diversidad genética del tomate en las últimas décadas. Destacan el **aumento del número de resistencias a plagas y enfermedades por variedad** (a partir de los años 70) y la mejora de los rasgos más visibles del fruto como el tamaño, el color y su sabor (desarrollados a partir de los años 80). En este sentido en el ámbito español **la gran diversidad de tomates ofertada ha permitido abrir mercados nicho**, satisfaciendo la demanda de consumidores concretos.



La mejora genética ha permitido aumentar la diversidad genética de los tomates, que **se ha multiplicado por ocho en las últimas siete décadas.**



El Comité de Expertos estuvo de acuerdo en que la mejora vegetal ha contribuido al aumento de la diversidad de tomates ofertados. Distintos expertos apuntaron que el sector de la producción de híbridos trabajaba hace 15 años con unas 20-25 variedades, mientras que en la actualidad trabajan con más de 800 variedades diferentes.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el **79% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la obtención de una mayor diversidad de producto**. En concreto se espera que 14 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 8, menor.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de tener resultados en una innovación es de 10 años, cabe esperar que la innovación en este campo cobre una especial importancia en el futuro en un contexto en el que el consumidor es cada vez más exigente y marca las decisiones de la cadena aguas arriba.

ii. Mejora de las cualidades organolépticas

A pesar de que el consumo de tomate ha aumentado significativamente en las últimas décadas, distintos autores han observado desde los años 90 que **los consumidores tienden a quejarse del sabor del tomate culpando a los cultivares modernos de falta de sabor**. Algunos autores justifican este impacto de acuerdo con distintos factores (Ruiz Rubio, 2016) ...

- **La mejora genética.** La búsqueda de la disponibilidad de tomate durante todo el año o la tendencia de obtener un fruto cada vez más grande y firme afectan negativamente el sabor de tomate. En este sentido y a modo de ejemplo, el aumento de azúcares (uno de los principales componentes del sabor) reduce el tamaño del tomate, su peso y, por ende, los ingresos de los agricultores, convirtiendo al sabor en un “inconveniente difícilmente asumible”.
- **El manejo del cultivo**, y en particular, la tendencia de adelantar la cosecha de los frutos cuando cambian de color (breaker) para aumentar la vida postcosecha del tomate.
- **Las condiciones de almacenamiento a bajas temperaturas (12-14°C)** en aras a mejorar su conservación también impactan negativamente en el sabor.

En consecuencia, **a partir de los años 90, los principales objetivos de los programas de mejora de tomate han sido la mejora de la calidad organoléptica o sensorial del tomate** (Causse et al., 2010; Bergougnoux, 2014) para satisfacer las expectativas del consumidor. Distintas empresas del sector obtentor han lanzado al mercado variedades con un alto contenido en ácidos orgánicos, jugoso en su interior y con una textura crujiente que busca responder a la “explosión de sabor” demandada por el consumidor.

El sabor del tomate se mide teniendo en cuenta los siguientes componentes:

- Percepción de dulzura, es decir, la ratio entre azúcares y ácidos.
- El aroma, determinado por compuestos volátiles.
- La firmeza del fruto.
- La jugosidad.

En este contexto, un grupo de investigadores demostró en 2019 que las variedades de tomate lanzadas al mercado neerlandés mostraron **un incremento significativo en la percepción de dulzura respecto a las variedades existentes en los años 50** (Schouten, 2019). El estudio también apuntaba que en términos relativos (y en relación con las variedades tradicionales) el sabor en las variedades modernas era una característica que no mostraba una mejoría representativa. Por ello, el sector obtentor ha trabajado (y sigue trabajando) en la **caracterización de variedades con mejor sabor**, con el objetivo de tener su germoplasma como fuente para la mejora vegetal (Rodríguez-Burruezo, 2005; Carbonell-Barranchina, 2006; Gascuel, 2017).

Una muestra de ello es el estudio publicado en 2017 en la revista Science, en el que un equipo científico **identificó 26 genes de compuestos volátiles asociados al sabor**, de los cuales tan solo 13 se encuentran en las variedades comerciales actuales. Este hallazgo supone un antes y un después en la investigación de este componente y marca la hoja de ruta de las líneas de investigación que buscan aumentar el sabor de los tomates en las variedades comerciales, manteniendo sus rendimientos y resistencia.

Los tomates ya no saben a tomate, pero tiene solución

Un equipo científico describe la ruta genética para recuperar el sabor tradicional del fruto



- **Identificado el código genético responsable de 13 compuestos químicos asociados al sabor que son abundantes en las variedades ancestrales.**
- **Se abren nuevas soluciones gracias a la mejora vegetal asistida por marcadores, o a partir de la técnica CRISPR (estatus legal no aclarado en la UE).**

Figura 50. Ejemplos sobre líneas de investigación del sabor por parte del sector obtentor



La mejora genética se ha centrado desde la década de los 90 en la **mejora de la calidad organoléptica y sensorial del tomate**, para satisfacer las expectativas de los consumidores. Los avances en ciencia, que permiten conocer con más profundidad la genética del tomate, están permitiendo desarrollar variedades con mejor sabor.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, el **77% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la mejora de las cualidades organolépticas del tomate**. En concreto se espera que 14 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 6 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. Por ello, cabe esperar que la innovación en este campo cobrará una especial importancia futura.

iii. Valor nutricional del fruto

La calidad nutricional está relacionada con la capacidad de los alimentos de proporcionar todos los nutrientes que favorezcan una buena salud y eviten la aparición de enfermedades.

El principal valor nutricional del fruto de tomate no viene dado por una gran presencia de macronutrientes como grasas, lípidos o proteínas, sino por la **presencia de antioxidantes**, como licopenos, B-carotenos y ácido ascórbico. En este aspecto, como se ha indicado en el apartado 3.1., **la presencia de licopenos y B-carotenos está determinada principalmente por la genética de la planta**, mientras que la presencia de ácido ascórbico depende de factores más complejos de interacción de la planta con su entorno (Roselló et al., 2011). Por otro lado, conviene destacar que el cultivo en invernadero (ya sea en verano o invierno) muestran un contenido menor de

carotenoides que los tomates producidos al aire libre durante los meses de verano (Cortés Olmos, 2014).

En este contexto, la mejora en el valor nutricional del fruto ha sido uno de los objetivos de mejora a partir de los años 90, junto a sus propiedades organolépticas. En este aspecto, se han analizado variedades salvajes, así como variedades tradicionales españolas, el germoplasma de las cuales, igual que en el caso del sabor, puede ser útil para su explotación y la inclusión en los programas de mejora de genes que inciden en la calidad nutricional (Cebolla-Cornejo et al., 2013; Rosello et al., 2011; Leiva-Brondo et al., 2016). En consecuencia, algunas de las líneas ricas en antioxidantes se han usado para el desarrollo de variedades comerciales, aunque en algunas ocasiones se ha identificado una disminución considerable en el rendimiento como efecto colateral (Cebolla-Cornejo et al., 2013; Leiva-Brondo et al., 2016).



La mejora genética se ha centrado desde la década de los 90 también en la **mejora de la calidad nutricional del tomate**, para satisfacer las expectativas de los consumidores y brindar productos más saludables. Los avances en ciencia, que permiten conocer en más profundidad la genética del tomate están permitiendo desarrollar variedades con mayor contenido en antioxidantes, y se está trabajando para que este tipo de mejoras no sean en detrimento del rendimiento del tomate.

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

Actualmente, **el 79% de las iniciativas de innovación del sector obtentor tienen como objetivo la mejora de la calidad y en particular, del valor nutricional del tomate**. En concreto se espera que 12 tengan un impacto alto o muy alto (4 o 5 sobre una escala de 1 a 5), y 10, 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 cobre una especial importancia futura.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?

AUMENTO DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DE CALIDAD: ASPECTO, TEXTURA Y SABOR.



ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES DE LOS CONSUMIDORES



e. Trazabilidad y seguridad alimentaria

El consumidor cada vez está más informado y da importancia a factores que van más allá de los criterios económicos, **como la salud y la sostenibilidad**. En este sentido, el consumidor exige cada vez una mayor trazabilidad del producto como garantía de diversos factores como la calidad, la proximidad o la seguridad alimentaria.

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 un origen seguro.

El uso de semillas de tomate de alta calidad derivadas del sector obtentor, así como la producción de plántulas e injertos a partir de estas semillas por parte de las empresas semilleras, son claves para asegurar la calidad y seguridad alimentaria. Estas empresas trabajan con unos estándares muy altos de higiene para no introducir patógenos en la cadena de valor del tomate. Además, la producción de semillas y plántulas de forma estandarizada facilita la trazabilidad del producto de origen a fin.



El sector obtentor, juntamente con el sector semillero, **aseguran unos estándares de calidad y seguridad alimentaria**, evitando la introducción de patógenos en la cadena de valor y contribuyendo a la trazabilidad del producto final desde el inicio de la cadena.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



6. 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 tomate se domesticó hace aproximadamente 7.000 años en México, pero no fue hasta el siglo XVI, a raíz de la colonización de América, que llegó a España, para extenderse progresivamente al resto de Europa y el mundo entero. A partir del siglo XX, **con los avances en mejora genética, es cuando se han producido cambios más significativos en su rendimiento**. 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 datos públicos en cuanto a superficie cultivada y uso de semilla mejorada en España, así como de estudios disponibles en el ámbito estatal que estimen el impacto de la mejora genética en este sentido, **ha permitido identificar y cuantificar la trascendencia de la investigación y el desarrollo de nuevas variedades de tomate**, 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 herramienta 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 los rendimientos de los cultivos, no obstante, los análisis desarrollados indican que el incremento de rendimientos en el tomate se explicaría **por lo menos en un 50% por la actividad obtentora en un escenario conservador**. Esta hipótesis ha sido contrastada por el Comité de Expertos, que indicó en distintas iteraciones que la innovación varietal podría explicar un aumento de los rendimientos superior al 50%. No obstante, por prudencia, este estudio ha tenido en cuenta la hipótesis de los estudios de referencia para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos. Este cálculo debería ser revisado en la medida que exista una mayor evidencia científica.

Por lo tanto, el estudio analiza los impactos del sector obtentor en toda la cadena de valor agroalimentaria según el **Escenario conservador** 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 tomate en el sector agrícola (producción).

El impacto más directo y estudiado de la mejora vegetal en tomate se da en su producción. A continuación, se destacan los principales impactos del sector obtentor en el eslabón de la producción en el Escenario conservador:

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 tomate superiores al 240% en los últimos 50 años, y del 88% en los últimos 30**. En 1970, la productividad media del tomate en España se situaba en 25 toneladas por hectárea, mientras que en 2018 se alcanzaron 85 toneladas por hectárea.

- ▶ En consecuencia, se estima que el incremento de la productividad del tomate ha supuesto **una producción acumulada adicional entre 1990 y 2018 de 36,4 millones de toneladas**, un 32% de la producción en este periodo. En este sentido, la **aportación promedio anual sería de 1,26 millones de toneladas de tomate adicionales gracias a la mejora vegetal**.
- ▶ Estos impactos también se encuentran asociados a los ingresos de los agricultores. La actividad obtentora habría generado, entre 1990 y 2018, unos **ingresos adicionales para el campo de 12.058 millones de euros**, un 31,2% de sus ingresos en este periodo. Esto supone una aportación promedio anual de 430,7 millones de euros, siendo más elevada en los últimos años del período.
- ▶ En este contexto, cabe destacar que la genética del tomate tiene **margen de mejora para llegar a obtener productividades mayores en función del fenotipo de la planta**. Estudios recientes, centrados en la genética de la ramificación en tomate (Soyk, 2017), muestran que una expresión mayor o menor de estos genes permitirán ramificar el tomate de forma óptima para la producción de más inflorescencias.

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 tomate

Siendo el tomate uno de los hortalizas más consumidos a nivel mundial, unido a un aumento demográfico a nivel mundial, se espera un incremento en su demanda para los próximos años. El incremento de la demanda de tomate, aunado a un escenario de incertidumbre respecto a su producción como consecuencia del cambio climático, hace esperar que la rentabilidad del cultivo disminuya en los próximos años a no ser que se apliquen nuevas innovaciones a su cultivo.

Incrementar la productividad del tomate en España, teniendo estos hechos en cuenta, no solo **incrementa la competitividad del campo español, sino que hace que su cadena de valor del sea más resiliente** y asegure las exportaciones que se realizan del tomate, situando a España como líder internacional de su cultivo.

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 tomate, 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 el ámbito laboral va más allá del impacto directo de la propia actividad. Así, gracias al incremento de rendimientos en el cultivo del tomate, la actividad obtentora ha generado en España **15.804 puestos de trabajo anuales** equivalentes durante el periodo 1990-2017, de los cuales 3.964 fueron creados de manera directa, 7.849 indirecta y 3.991 inducida. Estos puestos han tenido un impacto **más concentrado en las Comunidades Autónomas productoras de tomate (Andalucía 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 tomate, corresponderían a un 5% de los puestos de trabajo generados por el sector agrícola en estas regiones en 2019.

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 producción de tomate

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 y el riesgo de los fitosanitarios y reducir las pérdidas de nutrientes un 50%, sin alterar la fertilidad del suelo, además de reducir un 20% el uso de fertilizantes. Asimismo, 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 2016 en el cultivo del tomate 1.715.494 kg de fitosanitarios**. Según los cuestionarios realizados, gran parte de las iniciativas desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo van encaminadas a este objetivo, siendo un 36% el porcentaje de iniciativas que se espera que tengan un impacto muy alto en este objetivo.
- ▶ En cuanto al uso de fertilizantes, se ha reducido tanto por hectárea como por kg producido. A partir de los datos disponibles se puede estimar que **la actividad obtentora permitió ahorrar 375.378 millones de toneladas de fertilizantes** entre 2011 y 2016, una cifra equivalente al 1,3% del total de fertilizantes consumidos en España durante este periodo. En este aspecto, cabe destacar que el **tomate tiene margen de mejora en**

cuanto a la eficiencia en la absorción y uso de nutrientes, como, por ejemplo, mediante la mejora de portainjertos con raíces vigorosas (Venega y Elzenga, 2011). Según los cuestionarios realizados, 4 de las 25 iniciativas en I+D+i desarrolladas actualmente en la mejora vegetal de este cultivo, se espera que tengan un impacto alto o muy alto en este objetivo.

- ▶ Otro de los insumos que la aportación del sector obtentor ha permitido reducir es el consumo hídrico del cultivo del tomate. Los resultados de **consumo de agua por kg producido de tomate tienden a disminuir en los últimos años**. Con los datos disponibles se puede estimar que la actividad obtentora permite ahorrar 15,3 millones de metros cúbicos de agua anuales en el cultivo del tomate. **El ahorro de agua es el equivalente al consumo de una ciudad de 294.437 habitantes**. Actualmente no existen iniciativas de innovación del sector obtentor que tengan como objetivo mejorar la tolerancia del cultivo al estrés hídrico de forma directa. Aun así, un 56% de las iniciativas tiene como objetivo compensar los efectos del cambio climático, que incluye el desarrollo de nuevas variedades con una mayor adaptabilidad al estrés hídrico provocado por sequías y por la baja disponibilidad de agua en un futuro.
- ▶ En el ámbito energético y de emisiones, la mejora vegetal en tomate contribuye a la **disminución de las emisiones de efecto invernadero en su cultivo**. En particular, el ahorro de emisiones es de 7.203 t de CO₂eq/año correspondiente a los ahorros de emisiones en la producción, y 90.248 t de CO₂eq/año a las emisiones evitadas en el transporte de tomate que hubiera sido necesario importar en caso de no haberse producido el incremento de productividad asociado al sector obtentor, y no haberse querido alterar el volumen de las exportaciones. **Estas emisiones son equivalentes a las emisiones anuales de 57.460 coches**.
- ▶ Asimismo, la mejora vegetal del tomate 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 28.079 ha más cada año para obtener la producción existente de tomate**, el equivalente a 40.113 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. En este sentido, cabe destacar que el tomate es particularmente sensible al estrés por calor, hecho que puede reducir de forma significativa su cultivo.

En este aspecto, **el sector obtentor tiene la capacidad de crear variedades de tomate mejor adaptadas a las futuras condiciones climáticas** (Ayenan et al., 2019; Benoit, 2019; TomGEM, 2016) de manera que el descenso en lluvias y la subida de temperaturas no afecte a su

rendimiento. El sector ya está trabajando en este sentido, como se ha mencionado anteriormente, al tener un 56% de sus iniciativas el objetivo de compensar los efectos del cambio climático, incluyendo el desarrollo de nuevas variedades con una mayor adaptabilidad al aumento de temperaturas.

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 tomate 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.

1. Contención de los precios del tomate

En un contexto de aumento de precios del tomate propiciado por el aumento de las exportaciones en los últimos 20 años, el incremento de rendimiento conseguido en el cultivo del tomate gracias a la mejora varietal ha contribuido a aumentar su consumo en hogares y a **contener el aumento del precio del tomate en fresco**. Las posibilidades y el potencial de exportación del cultivo es una de las palancas que incentiva la innovación en este cultivo

2. Alargamiento de la vida postcosecha del tomate

El tomate es una hortaliza perecedera, con una vida postcosecha corta. La mayoría de **las variedades de tomate tradicionales tienen una vida útil muy limitada (de 5 a 9 días)** cuando el fruto se cosecha maduro. No obstante, la mejora vegetal desarrollada en los últimos años ha permitido obtener variedades de larga vida que han afectado al proceso de maduración y permitido **alargar la postcosecha desde los 15 hasta los 30 días**. Al mismo el alargamiento de la vida postcosecha del tomate **contribuye a disminuir el desperdicio alimentario**.

3. Aumento de la diversidad genética del tomate

La mejora genética también ha permitido **aumentar la diversidad genética de los tomates, que se ha multiplicado por ocho** en las últimas siete décadas. En este sentido, en el ámbito español la gran diversidad de tomates ofertada ha permitido abrir mercados nicho, satisfaciendo la demanda de consumidores concretos.

4. Mejora de las propiedades organolépticas y sensoriales del tomate

A partir de los años 90, los principales objetivos de los **programas de mejora de tomate han sido la mejora de la calidad organoléptica o sensorial** para satisfacer las expectativas del consumidor. Los avances en ciencia, que permiten conocer en más profundidad la genética del tomate están permitiendo desarrollar variedades con mejor sabor.

5. Mejora de la calidad nutricional del tomate

A su vez, la mejora genética también se ha centrado desde la década de los 90 en la **mejora de la calidad nutricional del tomate**, para satisfacer las expectativas de los consumidores y brindar productos más saludables. Los avances en ciencia están permitiendo **desarrollar variedades con mayor contenido en antioxidantes**, y se está trabajando para que este tipo de mejoras no vayan en detrimento del rendimiento del tomate.

6. Garantizar la seguridad alimentaria

Por último, cabe destacar que el uso de semillas de tomate de alta calidad derivadas del sector obtentor, así como la producción de plántones e injertos a partir de estas semillas por parte de las empresas semilleras, **son clave para asegurar la calidad y seguridad alimentaria**, evitando la introducción de patógenos en la cadena de valor y contribuyendo a la **trazabilidad del producto final** desde el inicio de la cadena.

Todos estos impactos y aportaciones de la actividad obtentora dan respuesta a los siguientes retos de la estrategia europea de la granja a la mesa:

- Incrementa la competitividad del sector agrario
- Afrontar el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos
- Mejorar la calidad nutricional en un contexto de crecimiento demográfico
- Seguridad alimentaria
- Aumento de los atributos sensoriales de calidad: aspecto, textura y sabor
- Contención de precios
- Adaptación a las necesidades de los consumidores

En definitiva, la mejora vegetal y el sector obtentor en el tomate 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 organoléptica o sensorial y la calidad nutricional para satisfacer las expectativas del consumidor.**
- **Satisfacer las demandas de los consumidores y del mercado internacional en cuanto a diversidad de producto y a la trazabilidad del producto.**
- **Alargar la vida postcosecha del tomate.**

7. Referencias

- Adalid A. M., Roselló S., Nuez F., (2010). Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum section Lycopersicon*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 23, Issue 6, Pages 613-618.
- Andersen, S.B., et al. (2015). An análisis of the potential for breeding better plant varieties. Copenhagen: FVM
- Ansedo, M. (2017). Los tomates ya no saben a tomate, pero tiene solución. *Revista El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2017/01/26/ciencia/1485452921_120896.html
- Araus, J.L., et al. (1998). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, 27, 377-412.
- Ayenán, M. A. T., Danquah, A., Hanson, P., Ampomah-Dwamena, C., Sodedji, F. A. K., Asante, I. K., y Danquah, E. Y. (2019). Accelerating Breeding for Heat Tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An Integrated Approach. *Agronomy*, 9(11), 720.
- Benoit, M., Drost, H.-G., Catoni, M., Gouil, Q., Lopez-Gomollon, S., Baulcombe, D., y Paszkowski, J. (2019). Environmental and epigenetic regulation of Rider retrotransposons in tomato. *PLOS Genetics*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008370>
- Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: From domestication to biopharming. *Biotechnology Advances*, 32(1), 170-189.
- Björnstadt, A. (2014). Impact on Nordic plant production from the use of genetic resources in plant breeding – past, present and future. NMBU.
- Bota, J., Conesa, M., Ochogavía, J.M., Medrano, H., Francis, D., y Cifre, J. (2014). Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61, 1131-1146.
- Carbonell-Barrachina, A. A., Agustí, A., y Ruiz, J. J. (2005). Analysis of flavor volatile compounds by dynamic headspace in traditional and hybrid cultivars of Spanish tomatoes. *European Food Research and Technology*, 222(5-6), 536–542. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0131-x>
- Cajamar Caja Rural (Varios años). Análisis de la campaña hortofrutícola. Almería: Cajamar Caja Rural.
- Campos Serrano, J.F., (2015). La Caracterización Funcional de un Mutante de Inserción de Tomate (*Solanum Lycopersicum*) Identifica un Factor de Transcripción MYB Implicado en el Cierre Estomático y Transporte de Na⁺ en Condiciones Salinas (Tesis doctoral, Universidad de Murcia, 2015). Murcia: Universidad de Murcia.
- Cause, M., Damidaux, R., y Rouselle, P. (2006). Traditional and enhanced breeding for quality traits in tomato. In M. K. Razdan y A. K. Matto (Authors), *Genetic improvement of solanaceous crops* (Vol. 2, pp. 153-180). Boca Raton, FL: Taylor Francis Group.

- Cause, M., Friguet, C., Coiret, C., L Picier, M., Navez, B., Lee, M., et al. (2010). Consumer preferences for fresh tomato at the European scale: a common segmentation on taste and firmness. *J. Food Sci.* 75, S531–S541.
- Cebolla-Cornejo, J., Roselló, S., Valc rcel, M., Serrano, E., Beltrán, J., y Nuez, F. (2011). Evaluation of genotype and environment effects on taste and aroma flavor components of Spanish fresh tomato varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(6), 2440–2450.
- Cebolla-Cornejo J., Roselló S., Nuez F. (2013) Selection of Tomato Rich in Nutritional Terpenes. In: Ramawat K., M rillon JM. (eds) *Natural Products*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi-org.are.uab.cat/10.1007/978-3-642-22144-6_127
- Cheema D. S. y Dhaliwal M. S. (2005). Hybrid Tomato Breeding, *Journal of New Seeds*, 6:2-3, 1-14
- Cortés Olmos, C. (2014). Puesta en valor de variedades tradicionales de tomate. Memoria Tesis Doctoral. Valencia: Universitat Polit cnica de València
- CPVO (2021). Variety Database. France: Community Plant Variety Office of the European Union.
- Datacomex (2020). Estad sticas del comercio exterior. Madrid: Secretaría de Estado de Comercio.
- Dorais, M., Ehret, D.L. y Papadopoulos, A.P (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochem Rev* 7, 231.
- Duvick, D.N., Cassman, K.G. (1999). Post green revolution trends in yield potential of temperate maize in north-central USA. *Crop Sciences*, 39, 1622-1630.
- Eurostat. (Varios años). Cuentas Econ micas de la Agricultura (AACT_EAA01). Bruselas: Eurostat.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). FAOSTAT statistical database. Roma: FAO
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2009): High level expert f rum: How to feed the world in 2040. Roma: FAO.
- FEPEX (2020). Exportación/importación españolas de frutas y hortalizas. Madrid: Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas Vivas.
- Ferrero, V., et al. (2020). Complex patterns in tolerance and resistance to pests and diseases underpin the domestication of tomato. *New Phytologist*, 226(1), 254-266.
- Fooland, M.R. (2007): Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* 2007.
- Friedt, W., y Ordon, F. (1998): Von Menden zum Gentransfer. Bonn: Verlag Thomas Mann.
- Galiana Balaguer, J. (2017) Aprovechamiento de la diversidad en *Solanum L.* sección *Lycopersicon* para la mejora genética de la calidad organoléptica en tomate. (Tesis doctoral, Universitat Polit cnica de Valencia, 2017). Valencia: Universitat Polit cnica de València.

- García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Carbonell, P., Salinas, J., Cabrera, J., y Ruiz, J. J. (2020). UMH1209 and UMH1155: New 'Moruno Pera' Tomato Breeding Lines Resistant to Virus, *HortScience horts*, 55(6), 959-960.
- Garrido, A. et al. (2012). Indicadores de sostenibilidad de la agricultura y ganadería españolas. Madrid: Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible. Ed. Fundación Cajamar.
- Gascuel, Q., Diretto, G., Monforte, A. J., Fortes, A. M., y Granell, A. (2017). Use of Natural Diversity and Biotechnology to Increase the Quality and Nutritional Content of Tomato and Grape. *Frontiers in plant science*, 8, 652.
- Gramazio, P., Pereira-Dias, L., Vilanova, S., Prohens, J., Soler, S., Esteras, J., Garmendia, A., y Díez, M. J. (2020). Morphoagronomic characterization and whole-genome resequencing of eight highly diverse wild and weedy *S. pimpinellifolium* and *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* accessions used for the first interspecific tomato MAGIC population. *Horticulture research*, 7(1), 174.
- Huarte, E., Giner, C., y Gallar, Á. (2014). El gusto por la genética en un fruto de tomate. Acceso 7 de julio, 2020, desde <https://umhsapiens.com/el-gusto-por-la-genetica-en-un-fruto-de-tomate/>
- IFAPA (2017). Avance de recomendaciones de riego para cultivo de tomate en invernadero en la vega de almería (almería). ciclo otoño-invierno. Sevilla: instituto andaluz de investigación y formación agraria, pesquera, alimentaria y de la Producción Ecológica de la Junta de Andalucía.
- Junta de Andalucía (Varios años). Observatorio de Precios y Mercados. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Keatinge J.D.H., Lin L.-J., Ebert A.W., Chen W.Y., Hughes J.d'A., Luther G.C., Wang J.-F. y Ravishankar M. (2014) Overcoming biotic and abiotic stresses in the Solanaceae through grafting: current status and future perspectives, *Biological Agriculture y Horticulture*, 30:4, 272-287.
- Leiva-Brondo, M.; Valcárcel Germes, M.; Martí Renau, R; Roselló Ripollés, Salvador; Cebolla Cornejo, J. (2016). New opportunities for developing tomato varieties with enhanced carotenoid content. *Scientia Agricola*, v. 73, n. 9, pp. 512-519
- MAPA (2019a). Panel de consumo alimentario. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- MAPA (2019b). Anuario de Estadística del MAPA. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- MAPA (2020). Estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- MAPA (2021). Oficina Española de Variedades Vegetales. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.
- Maul, F., Sargent, S.A., Huber, D.J., Balaban, M.O., Luzuriaga, D.A., y Baldwin, E.A. (1997). Non-destructive quality screening of tomato fruit using "electronic nose" technology. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 110, 188–194.

- McLaren, J.S. (2000). The importance of genomics to the future of crop production. *Pest Management Science*, 56, 573-579.
- Mercasa (Varios años). Alimentación en España. Producción, Industria, Distribución y Consumo. Madrid: Mercasa.
- Monneveux P., Ortix, P. y Merah, O. (2013). Is crop breeding the first step to fill the yield gap? Understanding the impact and constraints of developing new improved varieties. *Secheresse*, 24, 254-260.
- Nikola M., Kapaj I., Kapaj, A., Mulliri, J. y Harizaj, A. (2012): Measuring the effect of production factor on yield of greenhouse tomato production using multivariate models. *European Scientific Journal* 8, 93-104.
- Noleppa, S. (2016). The economic, social and environmental value of plant breeding in European Union. An ex post evaluation and ex ante assessment. Berlin: HFFA Research GmbH.
- Noleppa, S. y von Witzke, H. (2013). Die gesellschaftliche Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Deutschland: Einfluss auf soziale Wohlfahrt, Ernährungssicherung, Klima- und Ressourcenschutz. HFFA Working Paper 02/2013. Berlin: HFFA Research GmbH.
- Observatorio de Precios de los Alimentos MARM (2009). Estudio de la cadena de valor y formación de precios del tomate. Madrid: Ministerio de Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Panthee, D. R., y Gardner, R. G. (2011). Genetic improvement of fresh market tomatoes for yield and fruit quality over 35 years in north carolina. *International Journal of Vegetable Science*, 17(3), 259-273.
- Peralta, I.E., y Spooner D.M. (2007). History, Origin and Early Cultivation of Tomato (Solanaceae). *Genetic Improvement of Solanaceous Crops Volume 2: Tomato* (1st ed.). CRC Press.
- Rao, A. V., y Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological research*, 55(3), 207–216.
- Razifard, H., Ramos, A., Della Valle, A. L., Bodary, C., Goetz, E., Manser, E. J., Li, X., Zhang, L., Visa, S., Tieman, D., van der Knaap, E., y Caicedo, A. L. (2020). Genomic Evidence for Complex Domestication History of the Cultivated Tomato in Latin America. *Molecular biology and evolution*, 37(4), 1118–1132.
- Reilly, J.M., Fuglie, K.o. (1998) Future yield growth in field crops: what evidence exists? *Soil & Tillage Research* 47 (1998) 275±290
- Rodríguez-Burruezo, S., Prohens, J., Roselló, J., y Nuez, F. (2005). “Heirloom” varieties as sources of variation for the improvement of fruit quality in greenhouse-grown tomatoes. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(4), 453–460.
- Roselló, S., Adalid, A. M., Cebolla-Cornejo, J., y Nuez, F. (2011). Evaluation of the genotype, environment and their interaction on carotenoid and ascorbic acid accumulation in tomato germplasm. *Journal of the science of food and agriculture*, 91(6), 1014–1021.

- Ruiz Rubio, C. (2016). Genética de la fisiopatía de la mancha solar del fruto de tomate (Tesis doctoral, Universidad de Málaga, 2016). Málaga: Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea "La Mayora" (IHSM UMA-CSIC).
- RuralCat (2018). Dossier Tècnic Núm.94. El tomàquet de Penjar. Barcelona: Direcció General d'Alimentació, Qualitat i Indústries Agroalimentàries.
- Schouten, H. J., et al. (2019). Breeding has increased the diversity of cultivated tomato in the Netherlands. *Frontiers in Plant Science*, 10.
- Schwarz, D., Roupshael, Y., Colla, G., y Venema, J. H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 162–171.
- Scott, J.W. (2002). A Breeder's Perspective on the Use of Molecular Techniques for Improving Fruit Quality, *HortScience HortSci*, 37(3), 464-467.
- Scott R. K. y Jaggard, K. W. (2000). Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugarbeet grown in the UK since 1970. *The Journal of Agricultural Science*, 134(4), 341–352.
- Seo, E., Kim, S., Yeom, S. , y Choi, D. (2016). Genome-wide comparative analyses reveal the dynamic evolution of nucleotide-binding leucine-rich repeat gene family among solanaceae plants. *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Singh, H., Kumar, P., Kumar, A., Kyriacou, M., Colla, G., y Roupshael, Y. (2020). Grafting Tomato as a Tool to Improve Salt Tolerance. *Agronomy*, 10(2), 263.
- Soyk, S., et al. (2017). Bypassing negative epistasis on yield in tomato imposed by a domestication gene. *Cell*, 169(6).
- Tieman, D., Zhu, G., Resende, M. F., Jr, Lin, T., Nguyen, C., Bies, D., Rambla, J. L., Beltran, K. S., Taylor, M., Zhang, B., Ikeda, H., Liu, Z., Fisher, J., Zemach, I., Monforte, A., Zamir, D., Granell, A., Kirst, M., Huang, S., y Klee, H. (2017). A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science (New York, N.Y.)*, 355(6323), 391–394.
- TomGEM (2016). Improving tomato yield and quality in the face of climate change. Research group. Recuperado de: <https://tomgem.eu/>
- Torrellas, M., Antón, A., López, J. C., Baeza, E. J., Parra, J. P., Muñoz, P., y Montero, J. I. (2012). LCA of a tomato crop in a multi-tunnel greenhouse in almeria. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(7), 863-875.
- Van Der Ploeg, A., Van Der Meer, M., y Heuvelink, E. (2007). Breeding for a more energy efficient greenhouse tomato: Past and future perspectives. *Euphytica*, 158(1-2), 129-138.
- Van Poppel, G., y Goldbohm, R. A. (1995). Epidemiologic evidence for beta-carotene and cancer prevention. *The American journal of clinical nutrition*, 62(6 Suppl), 1393S–1402S.
- Venema, J. H., Elzenga, J. T. M., y Bouwmeester, H. J. (2011). Selection and Breeding of Robust Rootstocks as a tool to improve nutrient-use efficiency and abiotic stress tolerance in tomato. *Acta Horticulturae*, (915), 109–115.

Wang, R., Lammers, M., Tikunov, Y., Bovy, A. G., Angenent, G. C., yde Maagd, R. A. (2020). The rin, nor and Cnr spontaneous mutations inhibit tomato fruit ripening in additive and epistatic manners. *Plant science : an international journal of experimental plant biology*, 294, 110436.

Weaver Robert D., Evans David J. y Luloff A. E., (1992). Pesticide use in tomato production: Consumer concerns and willingness-to-pay. *Agribusiness*, John Wiley y Sons, Ltd., vol. 8(2), pages 131-142.

V. Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor al cultivo, distribución y consumo del arándano



IMPACTOS EN LA CADENA DE VALOR AGROALIMENTARIA

2021

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>



Índice del documento

RESUMEN EJECUTIVO	7
1. Introducción	9
1.1. El arándano	9
1.2. El sector obtentor.....	14
1.3. Objetivo del estudio	15
2. Metodología	16
3. Mejoras introducidas por el sector obtentor	17
3.1. Evolución del cultivo y mejoras.....	17
3.2. Variedades de arándano cultivadas en España.....	17
4. Impactos sociales y económicos	21
4.1. Hipótesis de aportación del sector obtentor considerada.....	21
4.2. Impactos económicos.....	24
4.3. Impactos sociales	30
5. Principales conclusiones	32
6. Referencias	34



Índice de Figuras

Figura 1. Principales datos macroeconómicos del arándano (FAO y MAPA, 2019).....	9
Figura 2. Superficie y producción de arándano en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).	10
Figura 3. Distribución de la superficie y la producción de arándano en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (SERIDA y Junta de Andalucía, 2019).	10
Figura 4. Evolución de la superficie y producción de arándano en España entre 1990 y 2018 (MAPA, 2019)	11
Figura 5. Perspectivas de crecimiento del arándano (V Jornada Técnica del Cultivo de Arándano en la provincia de Huelva, 2020)	11
Figura 6. Exportación de arándano en España y país de destino (Data Comex, 2020).....	12
Figura 7. Destino de la producción de arándano en España (MAPA, 2020)	12
Figura 8. Principales tipologías de impactos analizadas en este documento.	16
Figura 9. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.	16
Figura 10. Evolución del registro de variedades de arándano de la UE (CPVO, 2021).	19
Figura 11. Principales retos de la cadena agroalimentaria que afronta el sector obtentor en los impactos analizados en este documento.....	21
Figura 12. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.	22
Figura 13. Impactos en el eslabón de producción y promedio en toneladas de arándano entre los años 1995 y 2018.	24
Figura 14. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores entre los años 1995 y 2018 y promedio anual.	26
Figura 15. Valor Añadido Bruto durante el período 1995 y 2018 y promedio anual generado gracias a la actividad obtentora.	28
Figura 16. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1995-2018 generados por la actividad obtentora.	30



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 euros¹. 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 arándano, por la creciente expansión de este cultivo en España durante los últimos años.

El arándano es **una de las especies de más reciente introducción en la fruticultura mundial, y de mayor crecimiento.** La rápida evolución en la obtención de variedades de arándano en los últimos años, junto a su importancia biológica, ha despertado el interés de numerosos países en establecer plantaciones de su arbusto, impulsando su consumo y a la vez, la expansión de su área de cultivo. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial alcanzó las 823.328 toneladas en 2019, con más de 119.472 hectáreas sembradas. **España es el principal productor de arándano de la Unión Europea** con una producción de 43.516 toneladas, el 41% de la producción comunitaria. La producción nacional se exporta prácticamente en su totalidad.

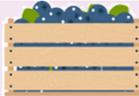
A continuación, se destacan los **principales impactos de la obtención vegetal en el cultivo del arándano.** Los datos son resultado del análisis de datos evolutivos proporcionados por agentes públicos y privados del sector español, y de distintos procesos participativos realizados con distintos agentes de la cadena.

Debido a que el **subsector del arándano es de muy reciente creación en España y que agrupa a productores altamente integrados**, que centralizan desde la mejora varietal (I+D+i), hasta su producción y comercialización, **este estudio se ha centrado en el eslabón de la producción.** Además, sin la mejora genética el cultivo del arándano no hubiera sido posible en España, por lo que en este estudio **se ha optado por considerar que el 100% de la producción obtenida entre 1995 y 2018, es gracias a la obtención vegetal.**

Para cada impacto y aportación del sector obtentor identificado se destacan los **principales retos de la Estrategia europea “de la granja a la mesa” (From farm to fork)** a los que da respuesta.

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



<h2>1 CULTIVO RECIENTE</h2>  <p>La superficie total de arándano en España se multiplicó por 6 entre 2012 y 2018 <i>En términos de superficie cosechable, se produjo un boom a partir de la introducción de nuevas variedades adaptadas a climas más cálidos pasando de 572 hectáreas en 2012 a 3.722 hectáreas en 2018.</i></p>	<h2>2 ATRIBUCIÓN MEJORA</h2>  <p>El 100% de la producción de arándano en España se atribuye a la mejora vegetal <i>Debido a que sin la mejora genética el cultivo del arándano no hubiera sido posible en España.</i></p>
<h2>3 PRODUCCIÓN</h2>  <p>La producción acumulada adicional entre 1995 y 2018 fue de 159.498 toneladas <i>De las cuales el 61% se han producido durante los últimos 6 años que se dispone de datos. En este sentido, la aportación anual es de 10.812 toneladas de arándano gracias a la mejora vegetal.</i></p>	<h2>4 INGRESOS</h2>  <p>Los ingresos adicionales para el campo entre 1995 y 2018 fueron de 1.088 millones de euros <i>Esto supone una aportación a los ingresos anuales en promedio de 45 millones de euros/año, siendo más elevada en los últimos años del periodo</i></p>
<h2>5 PUESTOS DE TRABAJO</h2>  <p>Se crearon 1.664 puestos de trabajo anuales equivalentes durante el periodo 1995-2018 <i>De los cuales 827 fueron creados de manera directa, 420 indirecta y 417 inducida. Estos puestos han tenido un impacto más concentrado en zonas rurales productoras de arándano de Andalucía, Asturias y Cantabria.</i></p>	<h2>6 INVESTIGACIÓN</h2>  <p>La mayoría de iniciativas en I+D+i identificadas son para mejorar la calidad de la fruta <i>La mejora vegetal del cultivo está focalizada en la mejora de aspectos como el incremento de la vida post-cosecha, la firmeza o el sabor.</i></p>

A nivel nacional, el arándano es uno de los frutos rojos cuyas cifras más están aumentando en el país. **El mercado de las berries está viviendo un crecimiento muy importante.** En cinco años el sector ha incrementado su facturación en torno a un 300% y la posición de los frutos rojos como sector clave en la exportación agroalimentaria de España es indiscutible.

Este incremento de la producción de arándano está generando **impactos socioeconómicos especialmente importantes en determinadas provincias**, como Huelva, una de las regiones con la renta per cápita más baja de España. Además, el arándano ha permitido cubrir el hueco dejado por otros cultivos en declive que históricamente se han producido en la región, como la flor cortada o la fresa.

Todos los impactos que aporta el sector obtentor contribuyen a afrontar los **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 arándano

a. La importancia del arándano en el mundo

El arándano es una de las especies de más reciente introducción en la fruticultura mundial, y de mayor crecimiento. Su cultivo, propio de zonas frías y húmedas del hemisferio norte, es originario de América del Norte. La rápida evolución en la obtención de variedades de arándano en los últimos años, junto a su importancia biológica, ha despertado el interés de numerosos países en establecer plantaciones de su arbusto, impulsando su consumo y a la vez, la expansión de su área de cultivo.

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial alcanzó las 823.328 toneladas en 2019, con más de 119.472 hectáreas sembradas. Estados Unidos y Canadá concentran actualmente el 60% de la producción mundial, con 308.760 y 176.127 toneladas producidas respectivamente. España es el cuarto país con mayor producción y concentra el 6% de la producción mundial.

Sus frutos son bayas de color oscuro, azuladas o rojizas, ricas en antocianos y minerales, a las que se les atribuye un alto valor medicinal y nutricional. Estudios realizados en la Universidad de Clemson y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos han calificado al arándano como el **alimento de mayor poder antioxidante** entre 40 vegetales analizados convirtiéndolo en la "fruta del siglo XXI". El pigmento que le confiere el color azul al fruto (las antocianinas), interviene en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer.

El rápido incremento de su consumo hace esperar que en los próximos 7 a 10 años la producción mundial de sus frutos pueda duplicarse y alcanzar las 2 millones de toneladas anuales.



Figura 1. Principales datos macroeconómicos del arándano (FAO y MAPA, 2019).

b. La importancia socioeconómica del arándano en nuestro país

España es el **principal productor de arándano de la Unión Europea**. Según datos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), en 2018 se produjeron en España 43.516 toneladas de su fruto, el 41% de la producción comunitaria. Polonia y Alemania se sitúan en segunda y tercera posición con una cuota del 27% y 11% respectivamente.

La mayor parte de la superficie de arándano se cultiva en regadío; concretamente el 99% de las plantaciones de arándano del país, que se extienden a lo largo de 3.722 hectáreas, requieren de recursos hídricos, siendo en su mayoría plantaciones al aire libre o protegidas con plástico en macro túneles. El arándano es un cultivo estacional; su recolección tiene lugar entre los meses de febrero y junio, concentrándose en su mayoría en los meses de abril y mayo.



Figura 2. Superficie y producción de arándano en España (Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2019).

Andalucía y en particular, **la provincia de Huelva es la primera región productora de arándano de España**. A pesar de no disponer de datos públicos al respecto², según estimaciones autonómicas, Huelva concentra el 82% de la superficie cultivada y el 97% de la producción de arándano del país, extendiéndose su cultivo a lo largo de más de 3.000 hectáreas y produciendo 42.000 toneladas en 2018. Lo siguen con una amplia diferencia el principado de Asturias (300 hectáreas), Cantabria (200 hectáreas), y la comunidad autónoma de Galicia (150 hectáreas).

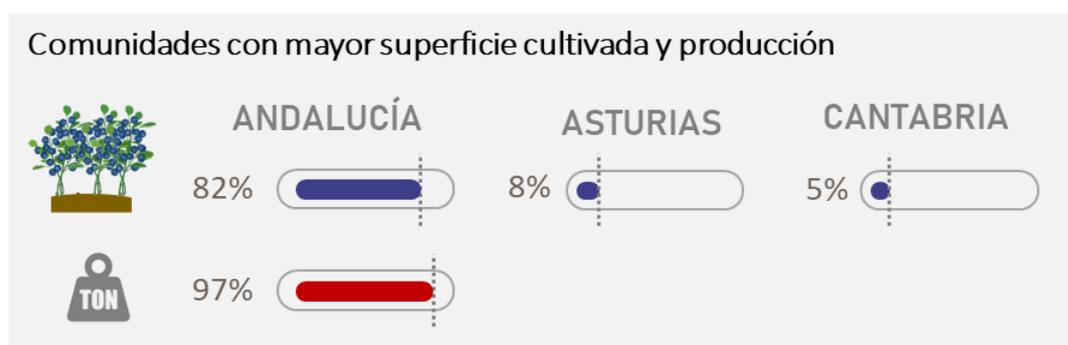


Figura 3. Distribución de la superficie y la producción de arándano en las tres comunidades autónomas con mayor presencia del cultivo (SERIDA y Junta de Andalucía, 2019).

Respecto a la evolución de la superficie cultivada y la producción de sus frutos en el conjunto del país, **España muestra una tendencia al alza en el cultivo y producción de arándano, especialmente a partir de 2013**. El rendimiento medio anual también ha aumentado en consecuencia, siendo de 12,02kg/ha en los últimos 10 años.

² El Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación no dispone de datos de producción y superficie por provincia. Los datos públicos disponibles son de ámbito comunitario (Junta de Andalucía y Principado de Asturias).



Figura 4. Evolución de la superficie y producción de arándano en España entre 1990 y 2018 (MAPA, 2019)

En este sentido, y a pesar de su limitada producción y extensión en relación con otros frutos rojos como la fresa, el arándano es **uno de los cultivos que más ha crecido en los últimos años y con más perspectivas de crecimiento**. Distintos estudios de mercado indican que en Europa y en España el consumo de arándanos se multiplicará por cuatro en los próximos 10 años, pasando de los 0,180 kilos por persona y año actuales a casi un kilo, llegando a ser de 0,860 kilos por habitante y año. Un incremento exponencial que sitúa al arándano como uno de los productos con más perspectivas de crecimiento, aunque esta cifra se queda todavía lejos del consumo de otras zonas del mundo como EE. UU. y Canadá, que demandan más de un kilo de arándano por persona y año, alrededor de 1,15 kilos.



Figura 5. Perspectivas de crecimiento del arándano (V Jornada Técnica del Cultivo de Arándano en la provincia de Huelva, 2020)

España es un país exportador de arándano, presentando así una balanza comercial positiva. La producción nacional se exporta prácticamente en su totalidad. Según datos de Data Comex, las exportaciones en 2018 ascendieron hasta las 58.772 toneladas (135% de la producción³). El principal socio comercial de España es la Unión Europea. En las últimas cinco campañas **el 73% de las exportaciones tuvieron como destino la comunidad europea** y el 97% el continente

³ Este informe explica este porcentaje por el hecho de que algunas empresas españolas, realizan su producción en Marruecos, importando su cosecha para el consumo interno y/o su exportación. En este sentido, en las últimas cinco campañas, Marruecos fue el país desde el que procedieron el 75% de las importaciones, seguido de Perú (7%) y Argentina (7%).

europeo, siendo Alemania, Reino Unido y Países Bajos los principales países destino de este fruto, representando el 75% de las exportaciones españolas (37%, 23% y 14% respectivamente).



Figura 6. Exportación de arándano en España y país de destino (Data Comex, 2020).

c. La cadena de valor del arándano

Según datos del MAPA, en España, en los últimos 4 años el 96% de la producción de arándano se ha destinado al mercado en fresco, un porcentaje algo superior a la media europea (94%) y muy lejos de la tendencia mundial, donde 2/3 de los frutos cosechados se destinan a la industria de transformación. En paralelo, la mayoría de las iniciativas de mejora varietal también se han dirigido a este mercado.

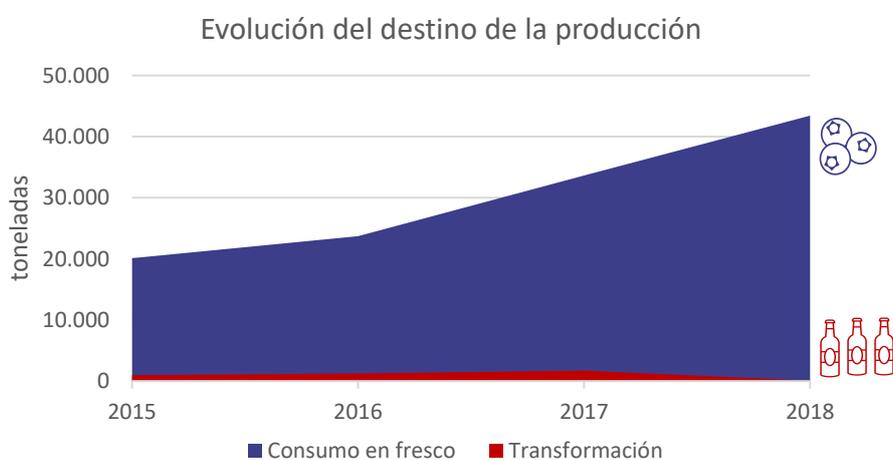
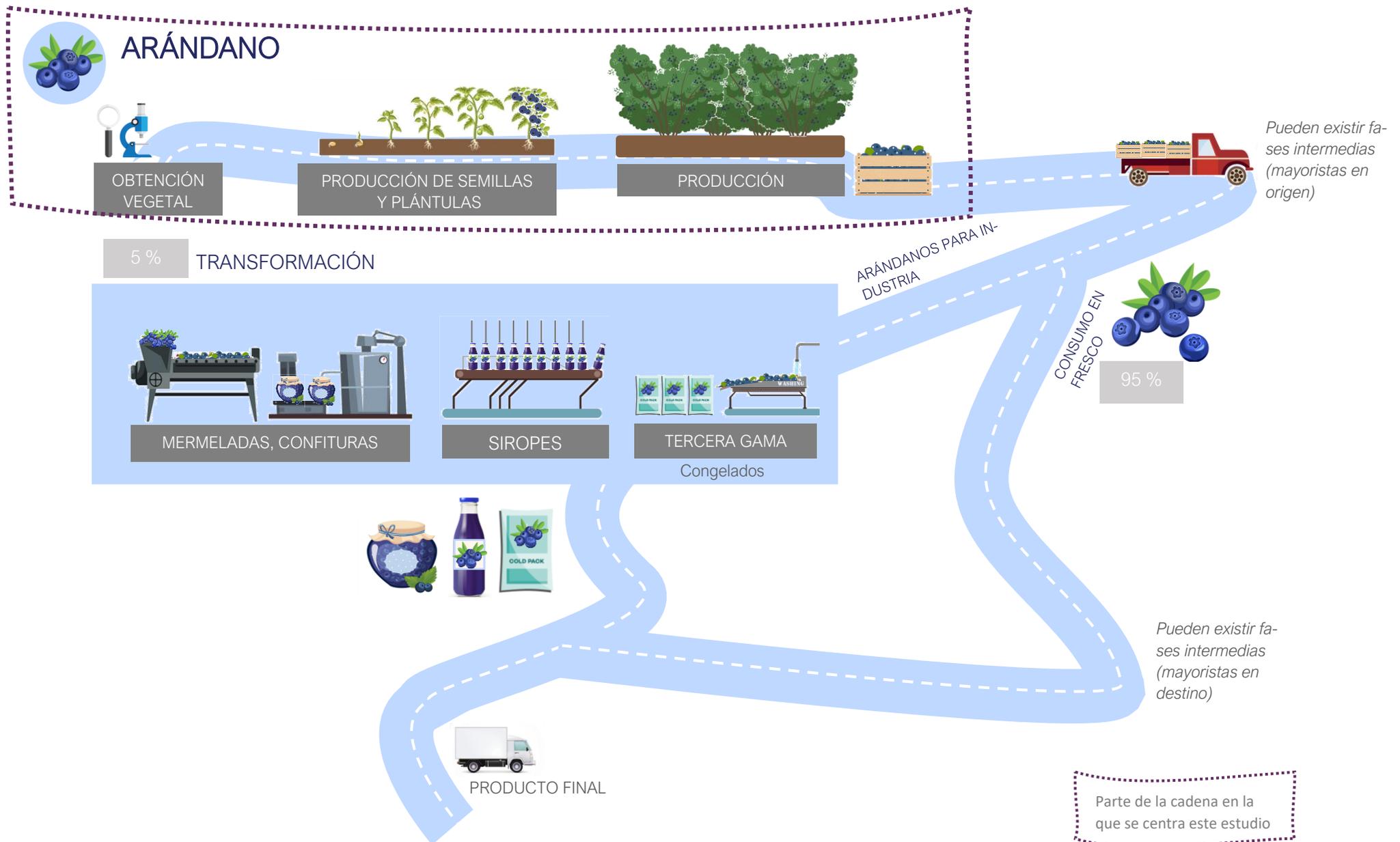


Figura 7. Destino de la producción de arándano en España (MAPA, 2020)

Debido a lo reciente que es la expansión del cultivo, y, en consecuencia, la baja disponibilidad de datos en los diferentes eslabones de la cadena de valor, este estudio se centra en el eslabón de la **PRODUCCIÓN**, que agrupa a **productores altamente integrados**, que centralizan desde la mejora varietal (I+D+i), hasta su producción y comercialización.

En este estudio se ha tomado como referencia la siguiente cadena de valor:



1.2. El sector obtentor

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.

Los avances en herramientas **biotecnológicas y técnicas de edición genética** desarrollados los últimos años, tienen la capacidad de acelerar los resultados de la I+D+i en la mejora vegetal, permitiendo generar variedades con las características deseadas de forma más efectiva.

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 trasciende 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 un tiempo de 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 mejora vegetal, la mayoría personal altamente cualificado**⁴. 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.

⁴ Datos de 2020. 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 arándano, por la creciente expansión de este cultivo en España. En particular, el presente análisis tiene como objetivos:

- 1. Analizar las mejoras introducidas en el cultivo del arándano** por parte del sector obtentor.
- 2. Evaluar la aportación en las últimas décadas del sector obtentor** al medio ambiente, la sociedad, la economía y el territorio.
- 3. Caracterizar y dimensionar los impactos económicos y sociales de la I+D+i del arándano** que realiza el sector y sus efectos en su entorno.



2. Metodología

Los resultados del presente estudio se basan en el análisis de **datos evolutivos** de obtención y producción de arándano en España proporcionados por agentes públicos y privados del sector. El estudio también ha contado con la implicación de agentes especializados en las actividades de investigación y desarrollo de arándano, con el objetivo de elaborar un documento fruto de un proceso lo más participativo posible.

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

- **ENTREVISTAS 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 arándano en España. Las entrevistas han sido una de las fuentes de información utilizada para entender los objetivos de la mejora varietal en los últimos años. Se distinguen dos tipos de impactos, que vertebran el presente documento: sociales y económicos. Los impactos ambientales no han podido ser cuantificados, debido a la falta de datos disponibles.



Figura 8. Principales tipologías de impactos analizadas en este documento.

- **ANÁLISIS EVOLUTIVO DE INDICADORES:** con el fin de identificar el impacto que tiene la I+D+i en el cultivo del arándano y en el conjunto de la cadena alimentaria, se han estudiado distintas series de datos. Este análisis ha permitido identificar patrones de evolución de la variedad, 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 al cultivo del arándano en los últimos años han tenido una relación directa en la extensión del cultivo de arándano en los últimos años



Figura 9. Este documento analiza los datos evolutivos y la relación con las innovaciones del sector obtentor.

3. Mejoras introducidas por el sector obtentor

3.1. Evolución del cultivo y mejoras

Los arándanos son un conjunto de especies pertenecientes al género *Vaccinium* sección *Cyanococcus*, nativos del Norte de América, Europa y Asia. Sus frutos se consumían a partir de los arbustos salvajes hasta principios del siglo XX, cuando se inició su domesticación y cultivo en Estados Unidos. Tras años tratando de realizar cultivos controlados sin éxito, en 1910 el científico estadounidense Frederick Coville logró descifrar el tipo de suelo requerido por los arándanos para crecer adecuadamente. Además, descubrió que necesitaba de polinización cruzada (hibridación) con otras variedades de arándanos para mantener su vigor y requería frío para florecer y dar fruto. A partir de estos descubrimientos, Elizabeth White empezó a colaborar con él, realizando cruces entre distintas variedades para desarrollar arándanos cultivables, hasta que en 1916 lograron lanzar los primeros arándanos al mercado (Minick, 2016; García Rubio et al., 2018).

En España, pese a existir ciertas variedades de arándanos silvestres (*V. myrtillus* L.) endémicos de la cornisa cantábrica, **no es hasta 1967 que se realizaron las primeras plantaciones de arándano**, concretamente en Asturias, a partir de las variedades híbridas obtenidas de las especies de arándano *V. corymbosu* y *V. ashei* en Estados Unidos.

Tras realizar durante diversos años ensayos sobre arándano, bajo un programa de investigación y adaptación de frutos pequeños por parte del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Gobierno de Asturias (SERIDA), **a finales de los 80 y principios de los 90 se realizan en Asturias las primeras plantaciones comerciales**. De forma paralela se inició su cultivo en Huelva, a partir de variedades híbridas de *V. corymbosum* obtenidas por la universidad de Florida de EE. UU. sin requerimientos de frío y con una floración más temprana, siendo de las primeras del año en todo el continente europeo (García Rubio et al., 2018).

En la actualidad, todas las variedades de arándanos cultivadas en Huelva -principal región productora del país- provienen directa o indirectamente de las variedades mejoradas genéticamente en Florida desde hace más de 60 años.

3.2. Variedades de arándano cultivadas en España

En el plano varietal se han producido grandes cambios desde que se obtuvieron las primeras variedades de arándano a principios del siglo XX. Actualmente la situación e interés por el cultivo del arándano ha permitido cultivarlo prácticamente en todo el mundo, en latitudes y tipos de suelos que hasta hace muy pocas décadas era difícil de imaginar. En gran medida, ha sido posible gracias a la selección de nuevas variedades adaptadas a casi todo tipo de climas y a las nuevas técnicas de cultivo.

A la hora de realizar una plantación debe elegirse cuales son las variedades más adecuadas teniendo en cuenta una serie de consideraciones importantes como las condiciones climáticas, la época de maduración, el destino de la fruta, la resistencia del fruto a la manipulación, el tipo de recolección, la productividad, la buena conservación post cosecha, la resistencia a plagas y enfermedades y la calidad del fruto entre otras.

Las distintas especies y grupos varietales comerciales del arándano en el mundo **se clasifican tradicionalmente de acuerdo con sus hábitos de crecimiento y requerimientos de frío** como se menciona a continuación (Intagri, 2017):



- **Lowbush.** Son arbustos pequeños que van de 30 a 50 cm y frutos pequeños de buen sabor. Se localizan en regiones muy frías, llegando a tolerar hasta $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que al menos requieren de 1.000 “horas frío”⁵ para su desarrollo floral normal. En los últimos años, este tipo de arbustos han sido sometidos a mejoramiento genético, a partir de los cuales se han obtenido las variedades comerciales *Early Sweet* y *Bloodstone*.
- **Northern highbush.** Grupo de variedades adaptadas a bajas temperaturas y con requerimientos de horas frío para florecer de entre 650 hasta 1.200 HF. Normalmente se plantan en latitudes mayores a los 45 grados, soportando temperaturas inferiores a los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando se encuentran en reposo las plantas y llegando a tener alturas de entre 1,5 a 7 metros. Son el grupo de variedades más cultivadas en el mundo. Existen más de 100 variedades, algunas de ellas son: *Aurora*, *Elliott*, *Toro*, *Ozarkblue*, *Duke* y *Bluecrop*. Se caracterizan por tener una producción concentrada de floración y cosecha a diferencia de otras variedades. El fruto de esta variedad es grande, con poca semilla, de piel muy fina y la pulpa de todas ellas es blanca.
- **Intermediate highbush.** Contempla a las variedades que no exceden 1,5 metros de altura. Tolerante a temperaturas bajas y con requerimientos de horas frío por debajo de las 550 horas. Algunas variedades son: *Friendship*, *Northblue*, *Sunrise* y *Chippewa*. Normalmente se plantan en latitudes de entre 35 y 40 grados, donde los inviernos no son tan extremos y pueden sobrevivir. Se desarrollan en zonas particularmente del sur de EE. UU. como California, zona centro de Chile, la zona sur de Europa, norte de España, sur de Francia o lugares donde los inviernos no son tan duros.
- **Southern highbush.** Variedades obtenidas por cruzamiento con especies de zonas cálidas del género “*Vaccinium*”. Están adaptados a climas más templados, soportando temperaturas más elevadas con requerimientos de entre 200 y 600 horas frío. Su principal zona de cultivo está en Florida, Georgia del sur, norte de Chile, zona sur de España y en el norte de África, donde existe un bajo riesgo de helada que pueda afectar la floración o fructificación. Son variedades que se comportan como tempranas, la mayoría de ellas tienen un periodo de cosecha bastante extendido, tienen una floración y brotación muy precoz, así como temprana por lo cual una helada primaveral fuera de tiempo tiene mucho riesgo de dañar sus flores. Algunas variedades son; *Star*, *Ventura*, *Windsor*, *Suziblue*, *Snowchser*, *Rocío*. Sus frutos son de tamaño medio, precoces en su maduración, con buen color, firmeza y sabor. Por su precocidad en la floración, necesitan protección a heladas en primavera.
- **Rabbiteye.** Este grupo son arbustos vigorosos que pueden alcanzar de 5 a 6 metros de altura. Son más vigorosos que los *Highbush* soportando pH de suelos más altos, temperaturas más elevadas respecto a los otros grupos, además de tolerar condiciones de sequía. El fruto es más pequeño y la calidad no es tan buena como la que tienen los otros grupos varietales. Han sido reemplazados por los *Southern highbush*. Requieren de entre 350 a 600 horas frío. Se cultivan principalmente en Georgia y Florida, donde algunas de las variedades de este grupo son *Columbus*, *Powderblue*, *Premier*, *Tifblue*, *Ochlockonee* y *Alapaha*. Estas variedades también se pueden encontrar en la cornisa Cantábrica.

⁵ Las “horas frío” (HF) se refieren a la cantidad de tiempo (horas) en que la planta ha estado por debajo de una temperatura de 7°C .



Los tres últimos grupos son los que se cultivan en España; en particular los arándanos *Intermediate highbush* y *Rabbiteye* están mejor adaptados a las condiciones climáticas del Norte de España y el *Southern Highbush* incluye las variedades cultivadas en la provincia de Huelva

Históricamente la I+D+i de arándano se realizaba en los EE.UU., al localizarse el cultivo inicialmente en zonas de América del Norte, y extendiéndose a estados de EE.UU. del sur con climas más cálidos. En Europa se producía, especialmente y a menor escala, en Alemania y Polonia. No obstante, en los últimos años **se ha intensificado la actividad investigadora en el cultivo del arándano en Europa** para adaptarlo a las condiciones climáticas de las distintas regiones del continente.

En la actualidad, el cultivo se extiende por casi toda Europa, en países como Holanda, Bélgica, Reino Unido, Italia, Francia, Rumania, Portugal y España -entre otros-. Paulatinamente, a medida que ha ido aumentando su consumo, **han ido apareciendo en el mercado variedades con nuevas características, que permiten el cultivo en otras latitudes** y por consiguiente en otras fechas de producción, facilitando la ocupación de nuevos nichos de mercado. **En este sentido, en los últimos 15 años se han registrado más de 300 variedades de arándano en la Unión Europea.**

Evolución del registro de variedades de arándano en la UE

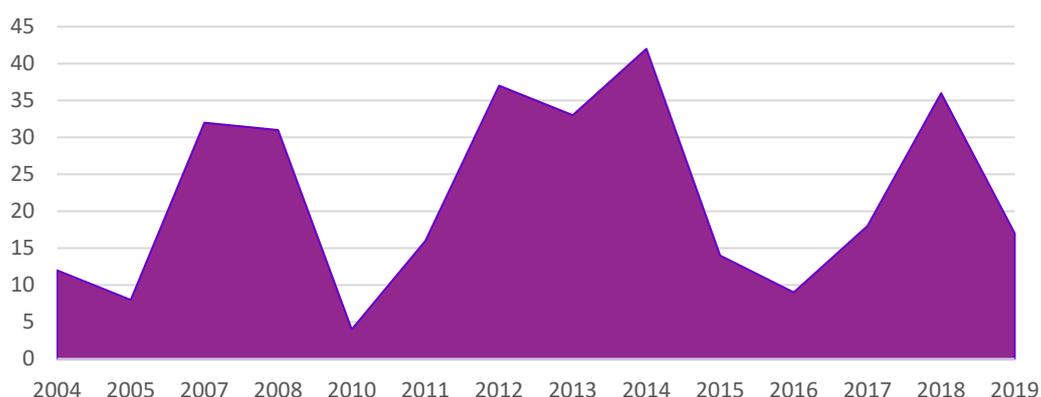


Figura 10. Evolución del registro de variedades de arándano de la UE (CPVO, 2021).

El interés por los blueberries en el mercado español y la posibilidad de importarlos a Europa Central y del Norte, donde existe la costumbre de consumirlos durante todo el año, ha llevado a que **este cultivo se asiente en zonas de frutales tradicionales de España**, como Andalucía -mayoritariamente Huelva-, y, al norte, en Galicia, Cantabria y Asturias, donde los gobiernos autonómicos han subvencionado la conversión a esta producción.

Po ejemplo, en el caso de Asturias la historia de este cultivo comenzó en 1964 cuando la Diputación Regional de Asturias, hoy el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, SERIDA, **decidió asentar una parcela experimental en el núcleo rural de Borres**, concejo de Tineo. En 1974 se plantaron 860 plantas en nueve variedades diferentes -se añadieron dos más en 2014- con una superficie total de 10.000 metros cuadrados. **A finales de los 80 y principios de los 90 se empezaron a implantar las primeras explotaciones comerciales** y a partir del año 2005 se expandieron por todo el territorio. En su mayoría, son fincas pequeñas, de entre una y tres hectáreas.

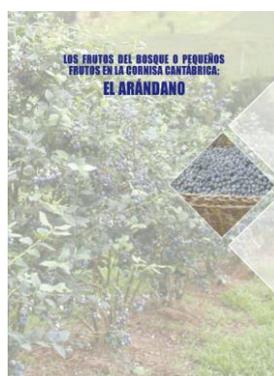
En el caso del cultivo del arándano en la región de Huelva tiene sus inicios a principios de los 90 con una plantación de poco más de 3 hectáreas. El compromiso de cultivadores y firmas comercializadoras **han conseguido que esta superficie inicial haya ido aumentando de forma constante** hasta alcanzar los miles de hectáreas existentes hoy en día, convirtiéndola en la mayor zona productora de arándano en Europa para cosecha temprana de primavera.

Otro ejemplo más reciente es el del caso de una empresa productora y exportadora de fruta en la región de Huelva que **inició en 2013 un programa de investigación para generar sus propias variedades de plantas de arándanos en España**. El proyecto ya está dando sus primeros resultados, y en el corto plazo la empresa **lanzará al mercado seis variedades exclusivas de arándanos** que le permitirán ampliar su oferta, y extender así el periodo de comercialización en Europa, desde noviembre en adelante, durante nueve meses de manera continua hasta julio o agosto.

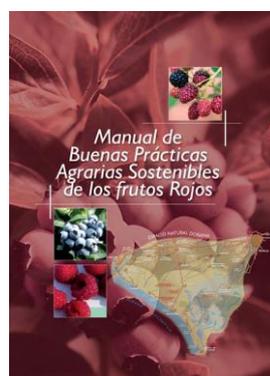
Existen numerosas guías sobre **el cultivo del arándano en España**. A continuación, se muestran cuatro de ellas:



[SERIDA, 2018](#)



[Gobierno de Cantabria, 2010](#)



[Fundación Doñana 21, 2008](#)



[SERIDA, 2006](#)

¿Cuál será la tendencia en los próximos años?

La mayoría de las iniciativas en I+D+i identificadas están enfocadas a mejorar la calidad de la fruta, mediante la mejora de aspectos como el incremento de la vida post-cosecha, la firmeza o el sabor. Aunque también se han identificado iniciativas enfocadas a la mejora de la productividad y el rendimiento del cultivo.

Las empresas de mejora varietal han identificado en este sentido, que la reciente introducción del cultivo en nuestro país hace que las innovaciones en el cultivo sean generalistas, y no estén centradas en aspectos concretos, como el rendimiento o la reducción de inputs -a diferencia de otros cultivos-.

4. Impactos sociales y económicos

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 cumplimiento 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 11. 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 considerada

Las aportaciones del sector obtentor (ya resumidas en el apartado 3) son especialmente perceptibles, ya que el cultivo de arándano en España no existía de forma previa a la introducción de variedades mejoradas por el sector obtentor. En términos de la superficie cosechable del cultivo en España, se produjo un *boom* a partir de la introducción de nuevas variedades adaptadas a climas más cálidos pasando de 572 hectáreas en 2012 a 3.722 hectáreas en 2018. En este aspecto, al ser un cultivo muy reciente en España, no se han observado incrementos de rendimiento, aspecto en el que está trabajando actualmente el sector obtentor, adaptando las variedades obtenidas en EE. UU. a las peculiaridades del entorno español.

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.

$$\text{Incrementos de rendimiento} = \Delta \text{ inputs} + \Delta \text{ innovación}$$

El Factor total de productividad (FTP) indica qué partes de los cambios observados en la productividad son causados por la innovación.

Figura 12. Elementos que influyen en el incremento de rendimiento.

Debido a la reciente introducción del cultivo del arándano en España, todavía **no son perceptibles incrementos de rendimiento gracias a la innovación en arándano**. Sin embargo, sin la aportación de la mejora vegetal, no se hubiera podido realizar su cultivo en España, donde los arándanos solo existían como plantas salvajes en pequeñas regiones de la cornisa cantábrica. Por ello, este estudio realiza la siguiente hipótesis:



Debido a que sin la mejora genética el cultivo del arándano no hubiera sido posible en España, este estudio ha optado por considerar que **el 100% de la producción** obtenida entre 1995 y 2018, y, por tanto, de los ingresos generados, es gracias a la obtención vegetal.

Partiendo de esta hipótesis, en los siguientes subapartados se han calculado los impactos que la actividad de mejora varietal ha generado en la producción de arándano en España.

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



IMPACTO DE LA MEJORA VEGETAL (innovación en variedades)

Hipótesis (H): Δ 100% de la producción del arándano...

+ Otros impactos ambientales, sociales y económicos

... 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 producción

 impacto en transporte y distribución

 impacto en consumidor

Impacto de la mejora vegetal

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

- Embalaje
- Condiciones de transporte

- Atractivo del embalaje
- Otros componentes del producto final

4.2. Impactos económicos

a. Incremento de las toneladas de arándano producidas

El incremento de la superficie de los cultivos que ha aportado el sector obtentor en los últimos años ha supuesto **un incremento de las toneladas de arándano producidas**. Teniendo en cuenta los incrementos de producción derivados de las mejoras en el sector obtentor, se estima que la mejora vegetal ha permitido obtener...



Figura 13. Impactos en el eslabón de producción y promedio en toneladas de arándano entre los años 1995 y 2018.



La producción acumulada de arándano **entre 1995 y 2018 ha sido de 159.498 toneladas**, de las cuales el 61% se han producido durante los últimos 6 años de los que se dispone de datos (periodo de 2013 a 2018). En este sentido, la aportación anual es de **10.812 toneladas de arándano gracias a la mejora vegetal**.

METODOLOGIA DE CÁLCULO (I)

La **cantidad de arándano producida** en España entre 1995 y 2018 gracias a las innovaciones desarrolladas por el sector obtentor, se obtienen directamente de los datos evolutivos de producción de arándano en España disponibles en la base de datos de FAOSTAT (FAOSTAT, 2019), considerando la hipótesis explicada de forma más amplia en el apartado 4.1 de este documento:

- ▶ Se considera que **el 100% de la producción obtenida de arándano entre 1995 y 2018 es gracias a la obtención vegetal**, debido a que sin la mejora genética el cultivo del arándano no hubiera sido posible en España.

En los últimos seis años el interés hacía las berries en general y **el arándano en particular ha experimentado un incremento muy relevante**. Ello se debe principalmente a las nuevas tendencias de consumo saludable que están surgiendo con cada vez más fuerza y que ahora predominan en la sociedad.

El caso de la expansión de la producción de arándano en la región de Huelva

A nivel nacional, el arándano es uno de los frutos rojos cuyas cifras más están aumentando en el país. La clave del éxito de la producción de arándanos en España es su comercialización. **El mercado de las berries está viviendo un crecimiento muy importante**. En cinco años el sector

ha incrementado su facturación en torno a un 300% y la posición de los frutos rojos como sector clave en la exportación agroalimentaria de España es indiscutible.

Huelva, por su parte, sigue siendo la provincia con mayor producción de arándanos en España. También es **la mayor zona productora de Europa**. En 2019, la superficie plantada de arándano en la provincia de Huelva ha aumentado un 7%, pasando de 2.858 hectáreas en la campaña 2017/2018 a 3.059 hectáreas en 2018/2019. En 2020 cuenta con un total de 3.610 hectáreas en cultivo, lo que ya **representa casi el 31% de la superficie total de frutos rojos de la región**⁶. Este incremento de representatividad del arándano frente a los otros frutos rojos, es un indicador de como este fruto está representando cada vez más un **cultivo alternativo a otros que históricamente se han cultivado en la región de Huelva**, principalmente la fresa.



La producción de arándano **está generando un impacto socioeconómico especialmente importante en provincias como Huelva**, una de las regiones con la renta per cápita más baja de España. Además, el arándano ha permitido **cubrir el hueco dejado por otros cultivos en declive** que históricamente se han producido en la región, como la flor cortada o la fresa.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



⁶ Según datos de las “V Jornadas Técnicas del Cultivo del Arándano en la Provincia de Huelva”, organizadas por la delegación onubense del Colegio de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Andalucía Occidental el 4 de marzo de 2020

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

El incremento de la superficie de cultivo 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 derivados de las mejoras en el sector obtentor, se estima que la mejora vegetal ha permitido:



Figura 14. Impactos en el eslabón de producción en los ingresos de los agricultores entre los años 1995 y 2018 y promedio anual.



El incremento de la superficie de cultivo asociada a la actividad del sector obtentor ha permitido **aumentar los ingresos de los agricultores entre 1995 y 2018 en 1.088 millones de euros**, un 61% de sus ingresos en el periodo de 2013 a 2018. Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 45 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



METODOLOGIA DE CÁLCULO (II)

Para el cálculo de los ingresos de los agricultores entre 1995 y 2018 se ha tenido en cuenta la hipótesis de que el 100% de la producción obtenida es **gracias a la obtención vegetal, y, por tanto, también el 100% de los ingresos generados**.

En este caso para poder calcular los ingresos que han obtenido los agricultores (IA) se ha tenido que **calcular los ingresos por kilogramo de arándano**. Para realizar este cálculo se ha tenido en cuenta:

- La evolución de la **exportación anual de arándano** en términos monetarios (EAM) y en términos productivos (EAP), para obtener los €/kg anuales en la exportación (EAE)
- Y a este valor se le ha aplicado un porcentaje para **tener únicamente en cuenta los ingresos de los agricultores**, quitando la parte del precio que corresponde específicamente a la exportación del arándano (PEA).

Los €/kg anuales en la exportación (EAE) se obtienen a través de la siguiente fórmula:

$$EAE_i = \frac{EAM_i}{EAP_i}$$

Donde:

- EAE_i = Precio por kilogramo en la exportación de arándano en el año *i* [€/kg].
- EAM_i = Exportación de arándano en España el año *i* [€]. *Fuente: DATACOMEX*
- EAP_i = Exportación de arándano en España el año *i* [kg]. *Fuente: DATACOMEX*

El cálculo de la proporción de los €/kg que no corresponden específicamente al precio de exportación del arándano (PEA) se ha realizado a partir del valor promedio de los €/kg anuales en origen (PAO) respecto los €/kg anuales en la exportación (EAE). El PEA se ha calculado en base a un valor promedio dado que únicamente se dispone de datos sobre precios en origen entre los años 2016 y 2019. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para el cálculo:

$$PEA = \text{PROMEDIO} \left[\frac{PAO_i}{EAE_i} \right]_{i \text{ entre } 2016 \text{ y } 2019}$$

Donde:

- PEA = Proporción del precio del arándano no correspondiente a la exportación [€/kg].
- PAO_i = Precio por kg en origen del arándano en el año *i* [€/kg] *Fuente: Observatorio de precios y mercados de la Junta de Andalucía (Datos Básicos de Arándano. Campaña 2019/20)*
- EAE_i = Precio por kg en la exportación de arándano en el año *i* [€/kg]. *Calculado más arriba*

De modo que los **ingresos de los agricultores (IA) atribuibles a la mejora vegetal entre los años 1995 y 2018** se calculan del siguiente modo:

$$IA = \sum_{i=1995}^{2018} [PRA_i \times EAE_i \times PEA]$$

Donde:

- IA = Incremento de los ingresos de los agricultores atribuibles a la mejora vegetal [€]
- PRA_i = Producción de arándano en el año *i* [€/t]. *Fuente: FAOSTAT, 2019*
- EAE_i = Precio por kilogramo en la exportación de arándano en el año *i* [€/kg]. *Calculado más arriba*
- PEA = Proporción del precio del arándano no correspondiente a la exportación [€/kg]. *Calculado más arriba*

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

Los ingresos generados a los agricultores derivados de la producción de arándano han 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 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 del sector agrario gracias a las aportaciones de las compañías obtentoras, se ha obtenido el valor añadido bruto que aporta el sector.



La actividad obtentora **ha permitido generar un VAB total** durante el periodo comprendido entre 1995 y 2018 **de 1.507 millones de euros**. Lo que supone una **aportación al VAB total anual en promedio de 62,8 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo

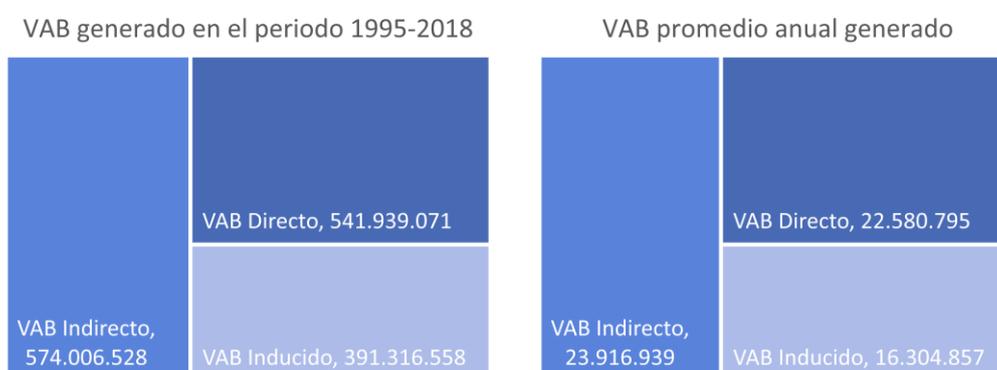


Figura 15. Valor Añadido Bruto durante el período 1995 y 2018 y promedio anual generado gracias a la actividad obtentora.

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).



METODOLOGIA DE CÁLCULO (III)

El cálculo del Valor Añadido Bruto (VAB) **parte de los ingresos generados a los agricultores derivados de la producción de arándano gracias a la aportación del sector obtentor**. Estos ingresos han 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 y el VAB directo se calcula con la información de base publicada en el marco input-output de España (INE).

$$\text{VAB directo} = \text{Factor multiplicador de la producción del VAB} + \text{Ingresos derivados de la producción de arándano}$$

De forma análoga el **cálculo del VAB indirecto generado a partir de los 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.

$$\text{Ingresos derivados de la producción de arándano} + \text{Factor multiplicador sectorial del VAB} = \text{VAB directo + indirecto}$$

$$\text{VAB indirecto} = \text{VAB directo + indirecto} - \text{VAB directo}$$

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 generados por la actividad **del sector obtentor** se calcula a partir de la suma del VAB directo, indirecto e inducido

$$\text{VAB total} = \text{VAB directo} + \text{VAB indirecto} + \text{VAB inducido}$$

4.3. Impactos sociales

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**.

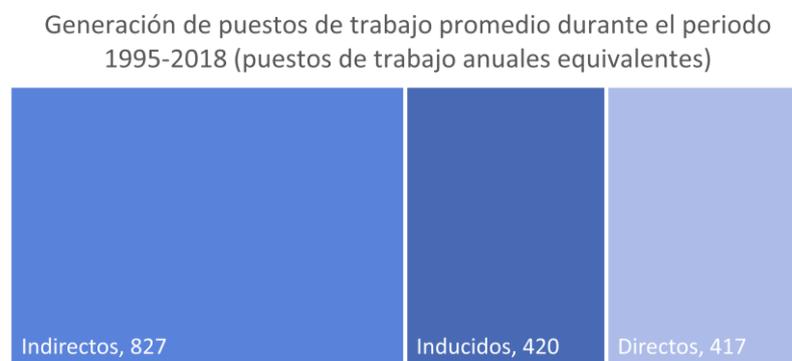
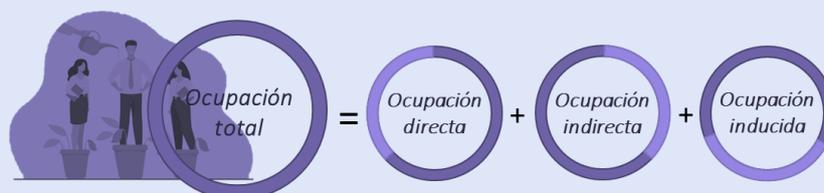


Figura 16. Puestos de trabajo anuales promedio durante el periodo 1995-2018 generados por la actividad obtentora.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO (IV)

El cálculo de **los puestos de trabajo generados de forma directa, indirecta e inducida derivados de los ingresos del sector agrario gracias a la actividad del sector obtentor** es análogo a los 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, se han generado una media de **1.664 puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos anuales equivalentes durante el periodo 1995-2018**.

El impacto económico social de los puestos de trabajo generados gracias a la producción del arándano es importante si se tiene en cuenta que estos se han creado mayoritariamente en zonas rurales de la península.

En este sentido, Andalucía es la CC.AA. con mayor superficie de cultivo de arándano en España (82% en 2019), seguida de Asturias (8%) y Cantabria (5%) 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.

Al mismo tiempo el cultivo del arándano ha supuesto una **solución alternativa para los agricultores de otros cultivos** que están experimentando una reducción de la demanda. Por ejemplo, el caso de la flor cortada que, por su bajada de la demanda en los últimos años, ha obligado a muchos productores a abandonar sus infraestructuras de vivero. Ahora, algunos de ellos han podido **adaptar la producción del arándano aprovechando las infraestructuras anteriores** y generando una actividad económica nueva y muy rentable.

¿A QUÉ RETOS RESPONDE?



5. Principales conclusiones

El arándano es una de las especies de más **reciente introducción** en la fruticultura mundial, y de mayor crecimiento. Su cultivo, propio de zonas frías y húmedas del hemisferio norte, es originario de América del Norte. La rápida evolución en la obtención de variedades de arándano en los últimos años, junto a su importancia biológica, ha despertado el interés de numerosos países en establecer plantaciones de su arbusto, impulsando su consumo y a la vez, la expansión de su área de cultivo.

En España, pese a existir ciertas variedades de arándanos silvestres endémicos de la cornisa cantábrica, **no es hasta finales de la década de 1960 que se realizaron las primeras plantaciones de arándano**, concretamente en Asturias. Tras realizar durante diversos años ensayos sobre arándano, a finales de los 80 y principios de los 90 se realizan en Asturias las primeras plantaciones comerciales. De forma paralela se inició su cultivo en Huelva, a partir de variedades obtenidas por la universidad de Florida de EE. UU. sin requerimientos de frío y con una floración más temprana, siendo de las primeras del año en todo el continente europeo.

Estados Unidos y Canadá concentran actualmente el 60% de la producción mundial. España es el **principal productor de arándano de la Unión Europea** y el cuarto país a escala mundial, con una producción que supone el 6% del cultivo total. Andalucía y en particular, **la provincia de Huelva es la primera región productora de arándano de España** ya que concentra el 82% de la superficie cultivada y el 97% de la producción de arándano del país. Lo siguen con una amplia diferencia el principado de Asturias, Cantabria, y Galicia.

Sus frutos son bayas de color oscuro, azuladas o rojizas, ricas en antocianos y minerales, a las que se les atribuye un alto valor medicinal y nutricional. Diversos estudios han calificado al arándano como el **alimento de mayor poder antioxidante** entre 40 vegetales analizados convirtiéndolo en la “fruta del siglo XXI”. El rápido incremento de su consumo hace esperar que en los próximos 7 a 10 años la producción mundial de sus frutos pueda duplicarse y alcanzar las 2 millones de toneladas anuales.

Debido a lo reciente que es la expansión del cultivo, y, en consecuencia, la baja disponibilidad de datos en los diferentes eslabones de la cadena de valor, **este estudio se ha centrado en el eslabón de la producción**, que agrupa a **productores altamente integrados**, que centralizan desde la mejora varietal (I+D+i), hasta su producción y comercialización.



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

Las aportaciones en mejora vegetal son especialmente perceptibles para este cultivo, ya que el arándano en España no existía de forma previa a la introducción de las variedades mejoradas por el sector obtentor. En términos de superficie cosechable del cultivo en España, se produjo un *boom* a partir de la introducción de nuevas variedades adaptadas a climas más cálidos **pasando de 572 hectáreas en 2012 a 3.722 hectáreas en 2018**. En este aspecto, al ser un cultivo muy reciente en España, no se han observado incrementos de rendimiento, aspecto en el que está trabajando actualmente el sector obtentor, adaptando las variedades obtenidas en EE. UU. a las peculiaridades del entorno español.

La mayoría de las iniciativas en I+D+i identificadas están **enfocadas a mejorar la calidad de la fruta**, mediante la mejora de aspectos como el incremento de la vida postcosecha, la firmeza o el sabor. Aunque también se han identificado iniciativas enfocadas a la mejora de la productividad y el rendimiento del cultivo.

Debido a que sin la mejora genética el cultivo del arándano no hubiera sido posible en España, **este estudio ha optado por considerar que el 100% de la producción** obtenida entre 1995 y 2018, y, por tanto, de los ingresos generados, es gracias a la obtención vegetal. Partiendo de esta hipótesis, a continuación, se destacan las principales aportaciones del sector obtentor:

- ▶ El incremento de la superficie de cultivo asociado a la actividad del sector obtentor **entre 1995 y 2018 ha permitido que la producción durante estos años haya sido de 159.498 toneladas**, de las cuales el 61% se han producido durante los últimos 6 años que se dispone de datos, en el periodo de 2013 a 2018. En este sentido, la aportación anual es de **10.812 toneladas de arándano gracias a la mejora vegetal**.
- ▶ El incremento de la superficie de cultivo también ha permitido **aumentar los ingresos de los agricultores entre 1995 y 2018 en 1.088 millones de euros**, un 61% de sus ingresos durante los 6 últimos años que se dispone de datos, en el periodo de 2013 a 2018. Esto supone una aportación a los **ingresos anuales en promedio de 45 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.
- ▶ La actividad obtentora **ha permitido generar un VAB total** durante el periodo comprendido entre 1995 y 2018 **de 1.507 millones de euros**. Lo que **supone una aportación al VAB total anual en promedio de 62,8 millones de euros/año**, siendo más elevada en los últimos años del periodo.
- ▶ Más allá del impacto económico generado, la obtención vegetal también tiene una gran trascendencia en el desarrollo agrario en términos de ocupación. En este sentido, se han generado una media de **1.664 puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos anuales equivalentes durante el periodo 1995-2018**.
- ▶ El impacto económico social de los puestos de trabajo generados gracias a la producción del arándano es importante si se tiene en cuenta que **estos se han creado mayoritariamente en zonas rurales de la península** concentradas en las Comunidades Autónomas de Andalucía principalmente y también en Cantabria y Asturias **por su estrecho vínculo con la actividad obtentora**, contribuyendo al crecimiento socioeconómico en las mismas.

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 fitosanitarios y la reducción de las pérdidas de nutrientes en un 50%, sin alterar la fertilidad del suelo, además de reducir un 20% el uso de fertilizantes. En este sentido, una intensificación sostenible de la agricultura debe ir ligada a una reducción de las emisiones generadas por el sector. El sector obtentor será en este sentido un agente clave para garantizar esta transición.

En este sentido todos los impactos del sector obtentor identificados dan 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
- Afrontar el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos
- Incrementar la competitividad de los sectores económicos
- Optimización de recursos y reducción de impactos ambientales

6. Referencias

- CPVO (2021). Variety Database. France: Community Plant Variety Office of the European Union.
- ECA (2020). El consumo de arándano en Europa y en España se multiplicará por 4 en los próximos años. E Comercio Agrario. Recuperado desde <https://ecomercioagrario.com/el-consumo-de-arandano-en-europa-y-en-espana-se-multiplicara-por-4-en-proximos-anos/>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). FAOSTAT statistical database. Roma: FAO
- García Rubio, J.C., García Gonzalez de Lena, G. G., Ciordia Ara, M. (2013) Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Serida. Recuperado de: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5566>
- García Rubio, J.C., García Gonzalez de Lena, G. G., Ciordia Ara, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España. Serida. Recuperado de: <http://www.serida.org/pdfs/7452.pdf>
- INTAGRI. 2017. Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Serie Frutillas Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/variedades-comerciales-de-arandanos-en-el-mundo>
- Junta de Andalucía (Varios años). Observatorio de Precios y Mercados. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Junta de Andalucía (2020). Caracterización del sector agrario y pesquero de Andalucía. Recuperado de: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios_informes/19/12/Fichas%2020_publicable.pdf
- Minick, J. (2016). The Delicious Origins of the Domesticated Blueberry. JSTOR Daily. Recuperado de: <https://daily.jstor.org/delicious-origins-of-domesticated-blueberry/>
- Podymniak M. (2020) Cambios en el mercado del arándano en Europa. Poscosecha. Recuperado de: https://www.poscosecha.com/es/noticias/cambios-en-el-mercado-del-arandano-en-europa/_id:80887/
- Vitamejor (2019). El arándano, la super fruta del siglo XXI. Recuperado de: <http://vitamejor.com/blog/el-arandano-la-super-fruta-del-siglo-xxi--b31.html>

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